

Repository Universitas Brawijaya  
**STUDI OPTIMASI POLA TATA TANAM UNTUK  
MENGOPTIMALKAN LUAS LAHAN SAWAH DAN KEUNTUNGAN**

**KABUPATEN MALANG**

**SKRIPSI**

**TEKNIK PENGAIRAN**

**KONSENTRASI PEMANFAATAN DAN PENDAYAGUNAAN  
SUMBER DAYA AIR**

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan

memperoleh gelar Sarjana Teknik



**ARIS NOPEBRIAN**  
**NIM. 125060407111009**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**FAKULTAS TEKNIK**

**MALANG**

**2017**

## LEMBAR PENGESAHAN

# STUDI OPTIMASI POLA TATA TANAM UNTUK MENGOPTIMALKAN LUAS LAHAN SAWAH DAN KEUNTUNGAN DI DAERAH IRIGASI KARANG ANYAR (436 HA) KABUPATEN MALANG

## SKRIPSI

### TEKNIK PENGAIRAN KONSENTRASI PEMANFAATAN DAN PENDAYAGUNAAN SUMBER DAYA AIR

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik

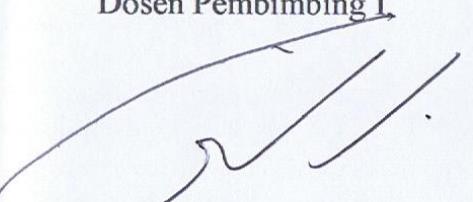


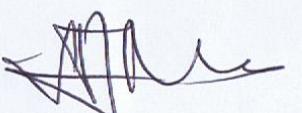
**ARIS NOPEBRIAN**  
**NIM. 125060407111009**

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing  
pada tanggal 2 Agustus 2017

Dosen Pembimbing I,

Dosen Pembimbing II,

  
Dr. Ir. Widandi Soetopo, M.Eng.  
NIP. 195502261985031002

  
Prof. Dr. Ir. Lily Montarcih Limantara, M.Sc.  
NIP. 196209171987012001

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Pengairan  
  
Ir. Moh. Sholihin, M.T., Ph.D.  
NIP. 196706021998021001

## **PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI**

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

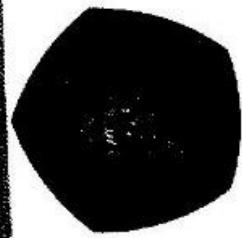
Apabila ternyata di dalam Naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Skripsi ini digugurkan dan gelar akademik yang telah saya peroleh (Sarjana Teknik) dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Republik Indonesia No. 17 Tahun 2010 mengenai Pencegahan dan Penanggulangan Plagiat di Perguruan Tinggi, Pasal 12 dan Pasal 13).

Malang, 2 Agustus 2017  
Mahasiswa



Aris Nopebrian  
NIM. 125060407111009

# TURNITIN



UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM SARJANA



## SERTIFIKAT BEBAS PLAGIASI

Nomor : 6039/UN10.F07.14.11/TU/2017

Sertifikat ini diberikan kepada :

ARIS NOPEBRIAN

Dengan Judul Skripsi :

STUDI OPTIMASI POLA TATA TANAM UNTUK MENGOPTIMALKAN LUAS LAHAK SAWAH  
DAN KEUNTUNGAN DI DAERAH IRIGASI KARANG ANYAR (436 HA)  
KABUPATEN MALANG

Telah dideteksi tingkat plagiatsinya dengan kriteria toleransi  $\leq 20\%$ , dan  
dinyatakan Bebas dari Plagiasi pada tanggal 31 Mei 2017



Ir. M. Sholichin, MT., Ph.D  
NIP. 19670602 199802 1 001



## **RINGKASAN**

**Aris Nopebrian**, 12506040711009, Jurusan Teknik Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Agustus 2017. *Studi Optimasi Pola Tata Tanam untuk Mengoptimalkan Luas Lahan Sawah dan Keuntungan di Daerah Irigasi Karang Anyar (436 ha) Kabupaten Malang*. Dosen Pembimbing: Dr. Ir. Widandi Soetopo, M.Eng. dan Prof. Dr. Ir. Lily Montarcih Limantara, M.Sc.

Pengadaan pangan di Indonesia harus dipersiapkan guna memenuhi kebutuhan pangan untuk penduduk yang jumlahnya bertambah dengan pesat. Namun, DI Karang Anyar memiliki masalah dimana pola tanam dan luas tanam yang tidak sesuai dengan ketersediaan air irigasi sehingga berdampak terhadap kurang maksimalnya pemberian air irigasi dan pada konklusinya berpengaruh kepada hasil produksi pertanian yang kurang maksimal pula.

Studi ini dimaksudkan untuk mengetahui pola tata tanam terbaik yang sesuai dengan ketersediaan air irigasi dimana pola tata tanam yang baik dilihat berdasarkan intensitas tanam dan keuntungan produksi hasil usaha tani tertinggi selama satu tahun atau tiga musim tanam.

Tahap awal pada studi ini adalah melakukan analisa hidrologi dimana secara terurut meliputi perhitungan evapotranspirasi potensial dengan metode Penman Modifikasi, pemeriksaan konsistensi data curah hujan dengan metode *double mass curve*, perhitungan curah hujan andalan, perhitungan curah hujan efektif dan penentuan debit andalan dengan metode *Weibull*. Selanjutnya, melakukan analisa penentuan nilai-nilai yang mempengaruhi kebutuhan air irigasi dimana meliputi perhitungan persiapan lahan dengan metode *Van de Goor* dan *Zijlstra*, perhitungan nilai pergantian lapisan air (*WLR*), koefisien tanaman sesuai jenis tanaman dan efisiensi irigasi sesuai kriteria saluran irigasi. Hasil analisa di atas kemudian digunakan untuk perhitungan guna mengetahui kebutuhan air tanaman dengan menentukan skenario alternatif pola tata tanam (PTT) yang disesuaikan dengan jadwal tanam yang berlaku di DI Karang Anyar. Selanjutnya, menentukan model matematika linier sesuai dengan skenario alternatif PTT yang meliputi fungsi kendala (luas baku, kebutuhan air tanaman, dan debit air andalan) dan fungsi tujuan (luas tanam optimal dan keuntungan maksimal hasil usaha tani). Berdasarkan model matematika tersebut, kemudian digunakan sebagai masukan (*input*) pada fasilitas *Solver* dari *Microsoft Excel* guna mengetahui luas tanam optimal dan keuntungan hasil usaha tani maksimal.

Dari hasil perhitungan yang dilakukan, hasil optimasi dengan debit air andalan pada kondisi rendah ( $Q_p = 0,80$ ) dan normal ( $Q_p = 50$ ) diperoleh pola tata tanam terbaik pada Alternatif ke-5 (padi, tebu – palawija, tebu – padi, tebu) dengan intensitas tanam untuk masing-masing kondisi sebesar 190,46% dan 231,14% serta keuntungan hasil usaha tani untuk masing-masing kondisi sebesar Rp10.895.973.582,- dan Rp13.539.099.637,-. Selain itu, hasil optimasi dengan debit air andalan pada kondisi cukup ( $Q_p = 0,25$ ) diperoleh pola tata tanam terbaik pada Alternatif ke-3 (padi, palawija, tebu – padi, palawija, tebu – palawija, tebu) dengan intensitas tanam sebesar 262,99% dan keuntungan hasil usaha tani sebesar Rp15.951.971.409,-.

Kata kunci: irigasi, optimasi, pola tata tanam, program linier, *Solver Microsoft Excel*

**Aris Nopebrian**, 125060407111009, Department of Water Resources Engineering, Faculty of Engineering, University of Brawijaya, August 2017, Optimization Study of Cropping Pattern for Optimizing Irrigation Field and Profit in Karanganyar Irrigation Area (436 ha) Malang Regency. Academic Supervisor: Dr. Ir. Widandi Soetopo, M.Eng. and Prof. Dr. Ir. Lily Montarcih Limantara, M.Sc.

*Food supply in Indonesia must be prepared to fulfill the food needs of the population which is growing rapidly. However, Karang Anyar Irrigation Area had a problem where the availability of irrigation water were not sufficient for the cropping pattern and planting area. So that, it had impact to the lack of maximum irrigation water supply. The conclusion, it had effects on agricultural production results those were not maximum.*

This study was to find out the best cropping pattern which was sufficient with the availability of irrigation water. The best cropping pattern was seen based on the plant intensity and the profit of agricultural production of a year or three planting seasons. The first phase of this study was hydrological analysis which included the calculation of potential evapotranspiration with Modified Penman method, consistency checking of rainfall data by double mass curve method, calculation of reliable rainfall, effective rainfall calculation and determination of dependable discharge by Weibull method. The second phase was to analize the values affecting irrigation water requirements which included calculation of land preparation by Van de Goor and Zijlstra methods, calculation of water layer requirement (WLR), plant coefficient based on plant type and irrigation efficiency according to criteria of irrigation channel. Then, the results of the above analysis which were used for calculations to determine the needs of crop water by determining alternative scenarios of cropping patterns those were adjusted to the applied planting schedule in Karang Anyar Irrigation Area. The third phase was to determine the linear mathematical model according to the alternative scenario of cropping pattern which was included the constraint function (standard area, crop water requirement, and dependable discharge) and the purpose function (optimal planting area and maximum profit of agricultural production).

Based on the mathematical models, then it was used as input at Solver facility from Microsoft Excel to know optimal planting area and maximum profit of agricultural production.

From the results of calculation, optimum results with dependable discharge at low condition ( $Q_p = 0,80$ ) and normal condition ( $Q_p = 50$ ) obtained best cropping pattern on 5th Alternative (rice, cane - palawija, cane - rice, cane) with planting intensity for each conditions which were 190,46% and 231,14% and also profit of agricultural production for each condition which was amount to Rp10.895.973.582,- and Rp13.539.099.637,-. In addition, optimization results with dependable discharge at adequate conditions ( $Q_p = 0,25$ ) obtained the best planting pattern on 3rd Alternative (rice, palawija, cane - rice, palawija, cane - palawija, cane) with planting intensity was 262,99% and profit of agricultural production which was amount to Rp15.951.071.409,-.

**Keywords:** irrigation, optimization, cropping pattern, linear program, Solver, Microsoft Excel

## KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, berkah serta hidayah-Nya sehingga saya selaku Penulis dapat menyelesaikan Skripsi dengan judul “Studi Optimasi Pola Tata Tanam untuk Mengoptimalkan Luas Lahan Sawah dan Keuntungan di Daerah Irigasi Karang Anyar (436 ha) Kabupaten Malang”. Skripsi ini disusun guna memenuhi syarat untuk memproleh gelar Sarjana Teknik di Jurusan Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.

Studi saya tidak akan bisa saya selesaikan sendiri. Oleh karena itu, dengan rasa kesungguhan dan rendah hati, saya mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Mohammad Bisri selaku Rektor Universitas Brawijaya.
  2. Dr. Pitojo Tri Juwono selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya sekaligus Dosen Pengaji yang telah memberikan kritik dan saran dalam penyusunan Skripsi ini.
  3. Moh. Sholichin, Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
  4. Dr. Widandi Soetopo selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan arahan dan bimbingan dalam penyusunan Skripsi ini.
  5. Prof. Lily Montarcih Limantara selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan arahan dan bimbingan dalam penyusunan Skripsi ini.
  6. Rini Wahyu Sayekti, M.S. selaku Dosen Pengaji yang telah memberikan kritik dan saran dalam penyusunan Skripsi ini.
  7. Dosen-dosen Teknik Pengairan yang telah memberikan pendidikan dengan baik kepada saya serta seluruh mahasiswa Teknik Pengairan.
  8. Dinas Pekerjaan Umum Sumber Daya Air Kabupaten Malang, UPTD SDA Tumpang serta Dinas Tanaman Pangan Hortikultura dan Perkebunan yang telah memberikan dukungan berupa data-data penunjang guna penyelesaian Skripsi ini.
  9. Keluarga Besar Mahasiswa Pengairan (KBMP).
  10. Teman-teman sesama mahasiswa Teknik Pengairan dari Angkatan 2009 sampai dengan Angkatan 2015.

11. Teman-teman Teknik Pengairan Angkatan 2012 yang telah bersama-sama belajar dari awal kuliah dan memberikan cerita-cerita kehidupan yang sukar untuk dilupakan sampai dengan penyelesaian Skripsi ini.
12. Teman-teman Kelas D-2012 yang dari awal kuliah sampai saat ini selalu menyempatkan waktu untuk berkumpul bersama dan telah memberikan cerita serta kesan yang juga sukar untuk dilupakan.
13. Nadia Ulfah yang selalu mendoakan, memberikan semangat serta pesan, baik secara moral maupun emosional sehingga Skripsi ini dapat selesai sebagaimana mestinya.
14. *The last for the best*, bapak saya (Ir. Abdul Muis, M.T.), mama saya (Arnia), kakak saya (Ekky Rizkianda), saudara serta keluarga saya yang berada di "Rumah" yang mana selalu mendoakan, memberikan dukungan, semangat serta nasihat sehingga saya dapat menyelesaikan studi saya di salah satu perguruan tinggi terbaik di Indonesia, Universitas Brawijaya.

Saya menyadari bahwa Skripsi ini masih terdapat banyak sekali kekurangan dalam penulisannya. Oleh karena itu, masukan berupa kritik dan saran dengan sangat terbuka saya harapkan dari para pembaca demi kesempurnaan Skripsi ini.

Akhir kata, saya harapkan semoga Skripsi ini dapat memberikan manfaat yang baik serta berguna bagi pembaca, baik kepada para mahasiswa maupun masyarakat pada umumnya.

Malang, Agustus 2017

Penulis

<b>KATA PENGANTAR</b>	Halaman
<b>DAFTAR ISI</b>	i
<b>DAFTAR TABEL</b>	iii
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	v
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b>	ix
<b>DAFTAR SIMBOL</b>	xii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Identifikasi Masalah	2
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Rumusan Masalah	3
1.5. Tujuan dan Manfaat	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	5
2.1. Umum	5
2.2. Analisa Curah Hujan	5
2.2.1. Penentuan Curah Hujan Daerah	5
2.2.2. Pemeriksaan Konsistensi Data Curah Hujan	6
2.2.3. Curah Hujan Andalan	8
2.2.4. Curah Hujan Efektif	8
2.3. Debit Andalan	9
2.4. Kebutuhan Air Irigasi	10
2.4.1. Evapotranspirasi	10
2.4.1.1. Evaporasi	10
2.4.1.2. Transpirasi	11
2.4.1.3. Evapotranspirasi Potensial	12
2.4.1.4. Metode Penman Modifikasi	12
2.4.2. Kebutuhan Air Tanaman	14
2.4.3. Perkolasi	16
2.4.4. Kebutuhan Air untuk Penyiapan Lahan	17
2.4.5. Pergantian Lapisan Air ( <i>Water Layer Requirement</i> )	19
2.4.6. Kebutuhan Air di Sawah	19
2.4.7. Efisiensi Irigasi	20
2.5. Pola Tata Tanam	21
2.6. Neraca Air	22
2.7. Optimasi	23
2.7.1. Optimasi dengan Program Linier	23
2.7.2. Penyelesaian Optimasi dengan Program Linier	26

Repository Universitas Brawijaya	Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya	Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya	Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya	Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya	Repository Universitas Brawijaya
2.7.3. Optimasi dengan Program Linier melalui Fasilitas <i>Solver</i> dari Microsoft Excel .....	26
<b>BAB III METODOLOGI STUDI</b> .....	29
3.1. Daerah Studi .....	29
3.2. Pengumpulan Data .....	36
3.3. Tahapan Studi .....	37
3.3.1. Tahapan Studi Secara Umum .....	37
3.3.2. Tahapan Optimasi Pola Tata Tanam melalui Program Linier .....	37
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	41
4.1. Analisa Hidrologi .....	41
4.1.1. Perhitungan Evapotranspirasi Potensial .....	41
4.1.2. Perhitungan Curah Hujan .....	44
4.1.2.1. Pemeriksaan Konsistensi Data Curah Hujan .....	44
4.1.2.2. Perhitungan Curah Hujan Rerata Daerah .....	48
4.1.2.3. Curah Hujan Andalan dan Curah Hujan Efektif .....	50
4.1.3. Perhitungan Debit Ketersediaan Air Irrigasi .....	56
4.2. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Kebutuhan Air Irrigasi .....	60
4.2.1. Evapotranspirasi Potensial .....	60
4.2.2. Curah Hujan Efektif .....	60
4.2.3. Perkolasi .....	60
4.2.4. Penyiapan Lahan ( <i>Land Preparation</i> ) .....	60
4.2.5. Pergantian Lapisan Air ( <i>Water Layer Requirement</i> ) .....	62
4.2.6. Koefisien Tanaman .....	62
4.2.7. Efisiensi Irrigasi .....	62
4.3. Perhitungan Kebutuhan Air Irrigasi pada Pola Tata Tanam Eksisting .....	62
4.4. Perhitungan Optimasi Pola Tata Tanam .....	73
4.4.1. Perhitungan Kebutuhan Air Tanaman .....	73
4.4.2. Hasil Usaha Tani .....	74
4.4.3. Optimasi dengan menggunakan Program Linier .....	80
4.4.3.1. Model Matematika untuk Optimasi .....	80
4.4.3.2. Optimasi dengan Program Linear menggunakan Fasilitas <i>Solver</i> dari Microsoft Excel .....	109
4.4.4. Rekapitulasi Hasil Optimasi .....	115
4.4.4.1. Kebutuhan Air Irrigasi pada Pola Tata Tanam Alternatif .....	115
4.4.4.2. Luas Lahan dan Keuntungan pada Pola Tata Tanam Alternatif .....	122
<b>BAB V PENUTUP</b> .....	129
5.1. Kesimpulan .....	129
5.2. Saran .....	131
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	132
<b>LAMPIRAN</b> .....	133

**DAFTAR TABEL**

No.	Judul	Halaman
Tabel 2. 1	Nilai curah hujan efektif bulanan dengan mengaitkan evapotranspirasi rerata bulanan ( $ET_0$ ) dan curah hujan rerata bulanan (R) .....	9
Tabel 2. 2	Besar keandalan debit untuk beberapa macam proyek .....	10
Tabel 2. 3	Harga-harga koefisien tanaman padi .....	16
Tabel 2. 4	Koefisien beberapa tanaman $\frac{1}{2}$ bulanan menurut FAO .....	16
Tabel 2. 5	Koefisien tanaman tebu .....	16
Tabel 2. 6	Laju perkolasi untuk berbagai jenis tekstur tanah .....	17
Tabel 2. 7	Kebutuhan air selama penyiapan lahan .....	18
Tabel 3. 1	Data yang dibutuhkan dalam studi .....	36
Tabel 4. 1	Data klimatologi rerata dari tahun 2007 s.d. 2016 .....	41
Tabel 4. 2	Hasil perhitungan nilai evapotranspirasi potensial dengan menggunakan metode Penman Modifikasi .....	43
Tabel 4. 3	Nilai koefisien determinasi pada setiap pos hujan .....	44
Tabel 4. 4	Hasil perhitungan pemeriksaan konsistensi data curah hujan antara Pos Hujan Jabung dengan Pos Hujan Tumpang dan Pos Hujan Poncokusumo .....	45
Tabel 4. 5	Hasil perhitungan pemeriksaan konsistensi data curah hujan antara Pos Hujan Tumpang dengan Pos Hujan Jabung dan Pos Hujan Poncokusumo .....	46
Tabel 4. 6	Hasil perhitungan pemeriksaan konsistensi data curah hujan antara Pos Hujan Poncokusumo dengan Pos Hujan Jabung dan Pos Hujan Tumpang .....	47
Tabel 4. 7	Hasil perhitungan curah hujan rerata daerah pada tahun 2016 .....	49
Tabel 4. 8	Rekapitulasi hasil perhitungan curah hujan rerata daerah selama 10 tahun .....	50
Tabel 4. 9	Hasil perhitungan curah hujan andalan .....	52
Tabel 4.10	Hasil perhitungan curah hujan efektif untuk tanaman padi dan tebu .....	53
Tabel 4.11	Hasil perhitungan curah hujan efektif untuk tanaman palawija .....	54
Tabel 4.12	Rekapitulasi hasil perhitungan curah hujan efektif untuk tanaman padi, palawija dan tebu .....	55
Tabel 4.13	Debit air irrigasi rerata 10 harian yang masuk ke pintu pengambilan saluran utama DI Karang Anyar dari tahun 2007 s.d. tahun 2016 .....	57
Tabel 4.14	Hasil perhitungan debit air irrigasi andalan .....	58
Tabel 4.15	Hasil perhitungan volume debit air irrigasi andalan pada kondisi rendah, normal dan cukup .....	59

Tabel 4.16	Hasil perhitungan kebutuhan air untuk penyiapan lahan ( <i>land preparation</i> ) .....	61
Tabel 4.17	Luas tanam eksisting pada setiap musim tanam di DI Karang Anyar .....	63
Tabel 4.18	Rekapitulasi hasil perhitungan debit kebutuhan air irigasi untuk pola tata tanam eksisting .....	66
Tabel 4.19	Hasil perhitungan neraca air pada kondisi musim tanam eksisting tahun 2015 – 2016 .....	67
Tabel 4.20	Hasil perhitungan neraca air antara kondisi debit air rendah ( $Q_P = 0,80$ ) dengan kebutuhan air irigasi PTT Eksisting .....	69
Tabel 4.21	Hasil perhitungan neraca air antara kondisi debit air normal ( $Q_P = 0,50$ ) dengan kebutuhan air irigasi PTT Eksisting .....	70
Tabel 4.22	Hasil perhitungan neraca air antara kondisi debit air cukup ( $Q_P = 0,25$ ) dengan kebutuhan air irigasi PTT Eksisting .....	71
Tabel 4.23	Skenario optimasi pola tata tanam .....	73
Tabel 4.24	Hasil usaha tani di Kabupaten Malang untuk komoditas padi, palawija (jagung) dan tebu tahun 2015 .....	74
Tabel 4.25	Rekapitulasi hasil perhitungan kebutuhan air tanaman per satuan luas untuk Alternatif ke-1 .....	75
Tabel 4.26	Rekapitulasi hasil perhitungan kebutuhan air tanaman per satuan luas untuk Alternatif ke-2 .....	76
Tabel 4.27	Rekapitulasi hasil perhitungan kebutuhan air tanaman per satuan luas untuk Alternatif ke-3 .....	77
Tabel 4.28	Rekapitulasi hasil perhitungan kebutuhan air tanaman per satuan luas untuk Alternatif ke-4 .....	78
Tabel 4.29	Rekapitulasi hasil perhitungan kebutuhan air tanaman per satuan luas untuk Alternatif ke-5 .....	79
Tabel 4.30	Model matematika luas tanam dengan luas lahan total untuk Alternatif ke-1 .....	85
Tabel 4.31	Model matematika antara volume kebutuhan air tanaman dengan volume ketersediaan air irigasi kondisi rendah ( $Q_P = 0,80$ ) untuk Alternatif ke-1 .....	86
Tabel 4.32	Model matematika antara volume kebutuhan air tanaman dengan volume ketersediaan air irigasi kondisi normal ( $Q_P = 0,50$ ) untuk Alternatif ke-1 .....	87
Tabel 4.33	Model matematika antara volume kebutuhan air tanaman dengan volume ketersediaan air irigasi kondisi cukup ( $Q_P = 0,25$ ) untuk Alternatif ke-1 .....	88
Tabel 4.34	Model matematika luas tanam dengan luas lahan total untuk Alternatif ke-2 .....	90
Tabel 4.35	Model matematika antara volume kebutuhan air tanaman dengan volume ketersediaan air irigasi kondisi rendah ( $Q_P = 0,80$ ) untuk Alternatif ke-2 .....	91

Tabel 4.36 Model matematika antara volume kebutuhan air tanaman dengan volume ketersediaan air irigasi kondisi normal ( $Q_P = 0,50$ ) untuk Alternatif ke-2 .....	92
Tabel 4.37 Model matematika antara volume kebutuhan air tanaman dengan volume ketersediaan air irigasi kondisi cukup ( $Q_P = 0,25$ ) untuk Alternatif ke-2 .....	93
Tabel 4.38 Model matematika luas tanam dengan luas lahan total untuk Alternatif ke-3 .....	95
Tabel 4.39 Model matematika antara volume kebutuhan air tanaman dengan volume ketersediaan air irigasi kondisi rendah ( $Q_P = 0,80$ ) untuk Alternatif ke-3 .....	96
Tabel 4.40 Model matematika antara volume kebutuhan air tanaman dengan volume ketersediaan air irigasi kondisi normal ( $Q_P = 0,50$ ) untuk Alternatif ke-3 .....	97
Tabel 4.41 Model matematika antara volume kebutuhan air tanaman dengan volume ketersediaan air irigasi kondisi cukup ( $Q_P = 0,25$ ) untuk Alternatif ke-3 .....	98
Tabel 4.42 Model matematika luas tanam dengan luas lahan total untuk Alternatif ke-4 .....	100
Tabel 4.43 Model matematika antara volume kebutuhan air tanaman dengan volume ketersediaan air irigasi kondisi rendah ( $Q_P = 0,80$ ) untuk Alternatif ke-4 .....	101
Tabel 4.44 Model matematika antara volume kebutuhan air tanaman dengan volume ketersediaan air irigasi kondisi normal ( $Q_P = 0,50$ ) untuk Alternatif ke-4 .....	102
Tabel 4.45 Model matematika antara volume kebutuhan air tanaman dengan volume ketersediaan air irigasi kondisi cukup ( $Q_P = 0,25$ ) untuk Alternatif ke-4 .....	103
Tabel 4.46 Model matematika luas tanam dengan luas lahan total untuk Alternatif ke-5 .....	105
Tabel 4.47 Model matematika antara volume kebutuhan air tanaman dengan volume ketersediaan air irigasi kondisi rendah ( $Q_P = 0,80$ ) untuk Alternatif ke-5 .....	106
Tabel 4.48 Model matematika antara volume kebutuhan air tanaman dengan volume ketersediaan air irigasi kondisi normal ( $Q_P = 0,50$ ) untuk Alternatif ke-5 .....	107
Tabel 4.49 Model matematika antara volume kebutuhan air tanaman dengan volume ketersediaan air irigasi kondisi cukup ( $Q_P = 0,25$ ) untuk Alternatif ke-5 .....	108
Tabel 4.50 Hasil perhitungan optimasi pola tata tanam Alternatif ke-1 dengan kondisi debit air rendah ( $Q_P = 0,80$ ) .....	114
Tabel 4.51 Rekapitulasi kebutuhan air irigasi PTT Alternatif hasil optimasi dengan debit air irigasi kondisi rendah ( $Q_P = 0,80$ ) .....	115

Tabel 4.52	Rekapitulasi kebutuhan air irigasi PTT Alternatif hasil optimasi dengan debit air irigasi kondisi normal ( $Q_P = 0,50$ ).....	117
Tabel 4.53	Rekapitulasi kebutuhan air irigasi PTT Alternatif hasil optimasi dengan debit air irigasi kondisi cukup ( $Q_P = 0,25$ ) .....	119
Tabel 4.54	Rekapitulasi persentase penggunaan air irigasi selama satu tahun pada kondisi rendah ( $Q_P = 0,80$ ) .....	121
Tabel 4.55	Rekapitulasi persentase penggunaan air irigasi selama satu tahun pada kondisi normal ( $Q_P = 0,50$ ) .....	121
Tabel 4.56	Rekapitulasi persentase penggunaan air irigasi selama satu tahun pada kondisi cukup ( $Q_P = 0,25$ ) .....	121
Tabel 4.57	Rekapitulasi luas tanam dan intensitas tanam hasil optimasi pada kondisi ketersediaan debit air irigasi rendah ( $Q_P = 0,80$ ).....	123
Tabel 4.58	Rekapitulasi luas tanam dan intensitas tanam hasil optimasi pada kondisi ketersediaan debit air irigasi normal ( $Q_P = 0,50$ ).....	123
Tabel 4.59	Rekapitulasi luas tanam dan intensitas tanam hasil optimasi pada kondisi ketersediaan debit air irigasi cukup ( $Q_P = 0,25$ ) .....	124
Tabel 4.60	Rekapitulasi keuntungan hasil optimasi pada kondisi ketersediaan debit air irigasi rendah ( $Q_P = 0,80$ ).....	124
Tabel 4.61	Rekapitulasi keuntungan hasil optimasi pada kondisi ketersediaan debit air irigasi normal ( $Q_P = 0,50$ ) .....	125
Tabel 4.62	Rekapitulasi keuntungan hasil optimasi pada kondisi ketersediaan debit air irigasi cukup ( $Q_P = 0,25$ ).....	125
Tabel 4.63	Rekapitulasi persentase intensitas tanam dan keuntungan hasil optimasi dengan kondisi rendah ( $Q_P = 0,80$ ) .....	126
Tabel 4.64	Rekapitulasi persentase intensitas tanam dan keuntungan hasil optimasi dengan kondisi normal ( $Q_P = 0,50$ ) .....	126
Tabel 4.65	Rekapitulasi persentase intensitas tanam dan keuntungan hasil optimasi dengan kondisi cukup ( $Q_P = 0,25$ ) .....	126

**DAFTAR GAMBAR**

No.	Judul	Halaman
Gambar 2. 1	Grafik metode kurva massa ganda .....	7
Gambar 2. 2	Diagram alir untuk kebutuhan air tanaman .....	15
Gambar 2. 3	Tampilan fasilitas <i>Solver</i> dari <i>Microsoft Excel</i> .....	27
Gambar 3. 1	Peta administrasi Kecamatan Pocokusumo, Kabupaten Malang .....	30
Gambar 3. 2	Peta administratif dan wilayah kerja UPTD SDA Tumpang .....	31
Gambar 3. 3	Peta wilayah Juru Pengairan Wates .....	31
Gambar 3. 4	Peta citra DI Karang Anyar .....	32
Gambar 3. 5	Skema jaringan irigasi di DI Karang Anyar .....	33
Gambar 3. 6	Bendung Karang Anyar .....	34
Gambar 3. 7	Bangunan pengambilan utama di Bendung Karang Anyar .....	34
Gambar 3. 8	Pintu pengambilan di petak tersier KA.1B Ki .....	35
Gambar 3. 9	Lahan sawah di DI Karang Anyar .....	35
Gambar 3.10	Diagram alur untuk pengerjaan studi secara umum .....	39
Gambar 3.11	Diagram alur untuk studi pengerjaan optimasi melalui program linier .....	40
Gambar 4. 1	Hasil pemeriksaan konsistensi data curah hujan antara Pos Hujan Jabung dengan Pos Hujan Tumpang dan Pos Hujan Poncokusumo .....	45
Gambar 4. 2	Hasil pemeriksaan konsistensi data curah hujan antara Pos Hujan Tumpang dengan Pos Hujan Jabung dan Pos Hujan Poncokusumo .....	46
Gambar 4. 3	Hasil pemeriksaan konsistensi data curah hujan antara Pos Hujan Poncokusumo dengan Pos Hujan Jabung dan Pos Hujan Tumpang .....	47
Gambar 4. 4	Neraca air antara kondisi debit air pada kondisi musim tanam eksisiting tahun 2015 – 2016 .....	68
Gambar 4. 5	Neraca air antara kondisi debit air rendah ( $Q_P = 0,80$ ) dengan kebutuhan air irrigasi PTT eksisiting .....	72
Gambar 4. 6	Neraca air antara kondisi debit air normal ( $Q_P = 0,50$ ) dengan kebutuhan air irrigasi PTT eksisiting .....	72
Gambar 4. 7	Neraca air antara kondisi debit air cukup ( $Q_P = 0,25$ ) dengan kebutuhan air irrigasi PTT eksisiting .....	72
Gambar 4. 8	Tabel nilai luas tanam pada setiap petak lahan sawah untuk pola tata tanam Alternatif ke-1 sebelum optimasi .....	109
Gambar 4. 9	Tabel nilai luas lahan untuk pola tata tanam Alternatif ke-1 sebelum optimasi .....	109
Gambar 4.10	Tabel nilai volume kebutuhan air tanaman untuk pola tata tanam Alternatif ke-1 sebelum optimasi .....	110
Gambar 4.11	Tabel nilai hasil optimasi berupa nilai luas lahan dan keuntungan untuk pola tata tanam Alternatif ke-1 sebelum optimasi .....	110

Gambar 4.12	Fungsi kendala yang dimasukkan ke fasilitas <i>Solver</i> untuk pola tata tanam Alternatif ke-1 .....	111
Gambar 4.13	Tampilan fasilitas <i>Solver</i> setelah memasukkan nilai parameter .....	111
Gambar 4.14	Jendela ( <i>window</i> ) dari <i>Solve Results</i> .....	112
Gambar 4.15	Tabel nilai luas tanam pada setiap petak lahan sawah untuk pola tata tanam Alternatif ke-1 setelah proses optimasi.....	112
Gambar 4.16	Tabel nilai luas lahan untuk pola tata tanam Alternatif ke-1 setelah proses optimasi .....	112
Gambar 4.17	Tabel nilai volume kebutuhan air tanaman untuk pola tata tanam Alternatif ke-1 setelah proses optimasi .....	113
Gambar 4.18	Tabel nilai hasil optimasi berupa nilai luas lahan dan keuntungan untuk pola tata tanam Alternatif ke-1 setelah proses optimasi .....	113
Gambar 4.19	Neraca air antara debit air irigasi kondisi rendah ( $Q_P = 0,80$ ) dengan kebutuhan air irigasi PTT Alternatif hasil optimasi .....	116
Gambar 4.20	Neraca air antara debit air irigasi kondisi normal ( $Q_P = 0,50$ ) dengan kebutuhan air irigasi PTT Alternatif hasil optimasi .....	118
Gambar 4.21	Neraca air antara debit air irigasi kondisi cukup ( $Q_P = 0,25$ ) dengan kebutuhan air irigasi PTT Alternatif hasil optimasi .....	120

**DAFTAR LAMPIRAN**

No.	Judul	Halaman
Lampiran 1	Data curah hujan harian Pos Hujan Jabung, Tumpang dan Poncokusumo .....	133
Lampiran 2	Data klimatologi rerata bulanan tahun 2007 s.d. 2016 Stasiun Klimatologi Karangploso .....	163
Lampiran 3	Data luas tanam per musim tanam DI Karanganyar periode tahun 2015/2016 .....	165
Lampiran 4	Data analisa hasil usaha tanaman padi, palawija (jagung) dan tebu Kecamatan Poncokusumo, Kabupaten Malang .....	166
Lampiran 5	Tabel bantu untuk perhitungan evapotranspirasi metode Penman Modifikasi .....	169
Lampiran 6	Hasil perhitungan curah hujan rerata daerah tahun 2007 s.d. tahun 2016 .....	170
Lampiran 7	Hasil perhitungan kebutuhan air irrigasi berdasarkan pola tata tanam eksisting DI Karang Anyar .....	181
Lampiran 8	Hasil perhitungan kebutuhan air irrigasi per satuan luas untuk pola tata tanam Alternatif ke-1 s.d. Alternatif ke-5 .....	183
Lampiran 9	Hasil perhitungan optimasi Alternatif ke-1 s.d. Alternatif ke-5 kondisi debit air rendah ( $Q_P = 0,80$ ), normal ( $Q_P = 0,50$ ) dan cukup ( $Q_P = 0,25$ ).....	193



**DAFTAR SIMBOL****Besaran dasar**

Curah hujan efektif

Curah hujan andalan sesuai

probabilitas terjadi

Debit air

Debit andalan sesuai

probabilitas terjadi

Evapotranspirasi potensial,

Kebutuhan air untuk penyiapannya

lahanya

Kebutuhan neto air tanaman

Kebutuhan neto air irigasi

Kecepatan angin

Luas

Penggunaan air konsumtif

Pergantian lapisan air

Perkolasi

Radiasi gelombang

*Saturation deficit*

Tekanan uap jenuh

Temperatur dalam Celcius

Jumlah tinggi hujan

Volume air

Volume air per satuan luas

**Satuan dan singkatannya**

milimeter per hari atau mm/hari

milimeter atau mm

meter kubik per detik atau  $m^3/dt$ meter kubik per detik atau  $m^3/d$ 

milimeter per hari atau mm/hari

milimeter per hari atau mm/harias

milimeter per hari atau mm/harias

milimeter per hari atau mm/harias

kilometer per hari atau km/harias

hektar atau ha

milimeter per hari atau mm/harias

milibar atau mbar

milibar atau mbar

derajat Celcius atau  $^{\circ}C$ 

milimeter atau mm

meter kubik atau  $m^3$ liter per detik per hektar atau  $l/dt/ha$ meter kubik per hektar atau  $m^3/ha$ **Simbol** $Re$  $R_{80}$  $Q$  $Q_p$  $ET_0$  $LP_a$  $NFR$  $DRA$  $U$  $PAK$  $WLR$  $P$  $R$  $es-ea$  $ea$  $T$  $CH$  $V$  $-$

## **BAB I**

# **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Pertumbuhan jumlah penduduk di Indonesia meningkat pesat merupakan tantangan yang harus dihadapi. Hal ini menimbulkan salah satu masalah, yakni perihal pengadaan pangan yang harus dipersiapkan guna memenuhi kebutuhan akan pangan untuk penduduk di Indonesia. Oleh karena itu, keberadaan sumber-sumber pangan di Indonesia harus tetap terjaga dan terus dikembangkan. Untuk menanggulangi permasalahan tersebut, maka perlu dilakukannya pengembangan dalam beragam bidang yang erat kaitannya dengan produksi pangan.

Salah satu upaya pada sektor pertanian untuk meningkatkan hasil produksi pangan adalah dengan dilakukannya usaha untuk menyediakan air untuk keperluan irigasi. Hal ini sesuai dengan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat RI nomor 14/PRT/M/2015 tentang Kriteria dan Penetapan Status Daerah Irigasi pada Pasal 1 ayat 3 yang isinya adalah “Irigasi adalah usaha penyediaan, pengaturan, dan pembuangan air irigasi untuk menunjang pertanian yang jenisnya meliputi irigasi permukaan, irigasi rawa, irigasi air bawah tanah, irigasi pompa, dan irigasi tambak”. Namun, ketersediaan sumber daya air yang kurang masih menjadi masalah untuk keperluan pertanian. Walaupun pada saat musim hujan air tersedia dalam jumlah yang melimpah, namun bukan hal yang mustahil ketika musim kering (kemarau) datang ketersediaan air akan menurun, sehingga perlu adanya pengelolaan sistem pemberian air irigasi yang baik.

Pola tata tanam merupakan salah satu sistem di dalam bidang irigasi guna menentukan jumlah kebutuhan air irigasi dimana di dalamnya meliputi luas tanam, jadwal tanam dan jenis tanaman yang disusun sedemikian rupa pada suatu daerah irigasi. Masalah yang sering dialami dalam pola tata tanam ini adalah ketidakseimbangan antara ketersediaan air irigasi dengan kebutuhan air irigasi yang salah satunya disebabkan oleh penyimpangan pelaksanaan tata tanam di suatu daerah irigasi serta tidak sesuai dengan luas tanam rencana yang diusulkan yang pada akhirnya berimbas kepada hasil panen yang kurang maksimal.

Sehubungan dengan masalah yang disebutkan di atas, maka diperlukan perencanaan pola tata tanam yang sinkron dimana pola tata tanam yang berkaitan dengan kebutuhan

2

air irigasi dapat sesuai dengan ketersediaan debit air untuk keperluan irigasi. Salah satu pendekatan yang dapat dilakukan adalah dengan optimasi pola tata tanam dimana hal ini mampu membantu mengoptimalkan luas lahan sawah beserta keuntungan hasil produksi pertanian sehingga dapat diperoleh rekomendasi untuk pelaksanaan tata tanam serta luas tanam yang bisa diterapkan serta keuntungan bersih yang mampu diperoleh dari hasil produksi tanaman.

### **1.2. Identifikasi Masalah**

Darah Irigasi (DI) Karang Anyar, terletak di Kabupaten Malang, Provinsi Jawa Timur. Pada DI Karang Anyar, memiliki masalah dimana debit air masih belum cukup untuk mengairi lahan sawah pada musim kering (kemarau). Hal ini terjadi salah satunya adalah karena pola tata tanam serta luas tanam yang diterapkan membutuhkan debit air irigasi yang cukup tinggi pada musim kemarau, sedangkan kebutuhan air irigasi justru berada diatas ketersediaan air irigasi sehingga hal ini berdampak terhadap kurang maksimalnya pemberian air irigasi dan pada konklusinya berpengaruh kepada hasil produksi pertanian yang kurang maksimal pula.

Oleh karena itu, perlu dilakukannya perencanaan pola tanam yang sesuai dengan ketersediaan air irigasi di DI Karang Anyar. Salah satu upaya untuk meningkatkan hasil pertanian adalah dengan melakukan pengaturan pemberian air irigasi dan penentuan pola tata tanam yang optimal. Salah satu pendekatan yang dapat dilakukan adalah dengan studi optimasi pola tata tanam dengan pendekatan menentukan skenario alternatif pola tata tanam yang sesuai dengan luas lahan irigasi dan debit air irigasi yang tersedia. Dalam hal ini, diharapkan dapat diketahui pola tata tanam terbaik untuk DI Karang Anyar yang memberikan intensitas tanam yang optimal dan keuntungan yang maksimal serta dapat diterapkan di DI Karang Anyar.

### **1.3. Batasan Masalah**

Dengan maksud untuk lebih memfokuskan pada studi ini dan mencegah agar tidak keluar dari pokok permasalahan, maka dibuat batasan masalah sebagai berikut:

1. Studi dilakukan pada DI Karang Anyar, terletak di Kabupaten Malang, Provinsi Jawa Timur, dimana air irigasi berasal dari Bendung Karang Anyar dengan lahan irigasi yang diairi seluas 436 ha.
2. Ketersediaan air hanya untuk irigasi lahan pertanian tanaman pangan.

3. Studi hanya meliputi perencanaan skenario alternatif pola tata tanam di DI Karang Anyar.

4. Analisa optimasi melalui program linier menggunakan fasilitas *Solver* dari *Microsoft Excel* untuk memperoleh nilai luas lahan optimal dan nilai keuntungan maksimal.

5. Kajian perhitungan optimal dilakukan berdasarkan ketersediaan air irigasi, luas irigasi baku, kebutuhan air tanaman dan keuntungan produksi hasil pertanian.

6. Tidak membahas perihal penyebab kehilangan air di saluran, ketersediaan air tanah, rencana sistem penjadwalan distribusi air, pemeliharaan sarana irigasi, konstruksi saluran irigasi dan AMDAL.

#### **1.4. Rumusan Masalah**

Guna memperjelas pekerjaan dan tujuan awal dari studi ini, maka dibuat rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana kondisi neraca air irigasi yang terjadi DI Karang Anyar?

2. Berapa jumlah kebutuhan air irigasi berdasarkan pola tata tanam skenario hasil optimasi di DI Karang Anyar?

3. Berapa intensitas tanam optimal dan keuntungan maksimal hasil usaha tani dalam tiga musim tanam (satu tahun) di DI Karang Anyar setelah dilakukan optimasi menggunakan program linier?

#### **1.5. Tujuan dan Manfaat**

Beberapa tujuan dari studi ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui kondisi neraca air yang ada di DI Karang Anyar.

2. Mengetahui jumlah kebutuhan air irigasi di DI Karang Anyar berdasarkan pola tata tanam eksisting dan skenario.

3. Mengetahui nilai intensitas tanam yang mampu diairi serta keuntungan maksimum hasil usaha pertanian yang dapat diperoleh melalui optimasi menggunakan program linier.

Manfaat yang diharapkan bisa diperoleh dari studi ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui penerapan program linier dengan keterkaitannya pada penentuan kebutuhan air irigasi di DI Karang Anyar.

2. Menjadi bahan pertimbangan dalam pengambilan keputusan guna pengelolaan air irigasi serta penentuan pola tata tanam yang baik berdasarkan kendala yang ada di DI Karang Anyar.



## 2.1. Umum

Irigasi secara umum didefinisikan sebagai cara-cara pengelolaan dan pemanfaatan air guna keperluan mencukupi pertumbuhan dan tumbuhnya tanam-tanaman terutama bagi tanaman pokok (di Indonesia yang utama ditujukan untuk tanaman padi dan palawija) (Bardan, 2014:9).

Irigasi adalah penyaluran air yang dibutuhkan guna pertumbuhan tanaman di atas tanah yang diolah dan pendistribusiannya adalah secara sistematis. Perancangan irigasi disusun terutama didasarkan kepada kondisi meteorologi di daerah yang bersangkutan dan kadar air yang diperlukan untuk pertumbuhan tanaman (Sosrodarsono, 1978).

Untuk memperoleh hasil produksi yang optimal pemberian air harus mencukupi dengan jumlah dan waktu yang diperlukan tanaman. Optimasi pola tata tanam dimaksudkan sebagai pengaturan pola tata tanam sehingga air dapat dimanfaatkan seoptimal mungkin pada waktu yang tertentu. Dalam irigasi, jumlah kebutuhan air untuk pertanian perlu diketahui dengan tepat, sehingga pembagian air irigasi dapat seefisien mungkin serta dapat memperoleh keuntungan hasil usaha tani yang lebih besar.

## 2.2. Analisa Curah Hujan

### **2.2.1. Penentuan Curah Hujan Daerah**

Curah hujan yang dibutuhkan guna penyusunan suatu perencanaan pemanfaatan air yang salah satunya seperti alokasi air irigasi adalah pada curah hujan rerata di seluruh daerah yang bersangkutan, bukan curah hujan yang hanya pada satu titik tertentu. Curah hujan ini yang dimaksud adalah curah hujan wilayah/daerah (Sosrodarsono, 1978:51).

Stasiun penakar hujan hanya memberikan kedalaman hujan di titik di mana stasiun tersebut berada, sehingga hujan yang terjadi pada satu luasan harus di perkirakan dari titik pengukuran tersebut. Apabila pada satu daerah terdapat lebih dari satu stasiun pengukuran yang ditempatkan secara terpencar, hujan yang tercatat di masing-masing stasiun dapat tidak sama (Triatmojo, 2008:31).

Dalam analisis hidrologi sering diperlukan untuk menentukan hujan rerata pada daerah tersebut, yang bisa dikerjakan dengan tiga metode berikut, yaitu (Hadisusanto, 2010:17):

6

a. Metode rerata aritmatik, baik digunakan pada daerah datar dan penyebaran stasiun hujan merata.

b. Metode poligon *Thiessen*, baik digunakan untuk daerah yang stasiun hujannya tidak merata.

c. Metode isohiet, baik digunakan untuk daerah pegunungan.

Pada umumnya untuk menghitung curah hujan daerah dapat digunakan standar luas daerah sebagai berikut (Sosrodarsono, 1978:51) :

1. Daerah dengan luas sama dengan 250 ha yang memiliki variasi topografi yang kecil, dimana dapat diwakili oleh sebuah alat ukur hujan.

2. Daerah dengan luas 250 ha sampai 50.000 ha dengan dua atau tiga titik pengamatan hujan dapat digunakan metode rerata aritmatik.

3. Daerah dengan luas 120.000 ha sampai 500.000 ha yang memiliki titik pengamatan yang tersebar cukup merata dan dimana data curah hujannya tidak terlalu dipengaruhi kondisi topografi, dapat digunakan cara rerata aljabar. Jika titik-titik pengamatan tidak tersebar merata maka digunakan metode poligon *Thiessen*.

4. Daerah dengan luas lebih atau diatas dari 500.000 Ha dapat digunakan metode isohiet.

Jumlah stasiun penakar yang digunakan pada studi ini adalah sebanyak tiga stasiun dimana lokasi ketiga stasiun penakar hujan yaitu Stasiun Hujan Jabung, Stasiun Hujan Poncokusumo dan Stasiun Hujan Tumpang dengan lahan irigasi seluas 436 ha, sehingga dipilih metode rerata aritmatik. Metode rerata aritmatik memiliki persamaan sebagai berikut:

$$\bar{p} = \frac{p_1 + p_2 + p_3 + \dots + p_n}{n} \quad (2-1)$$

dengan:

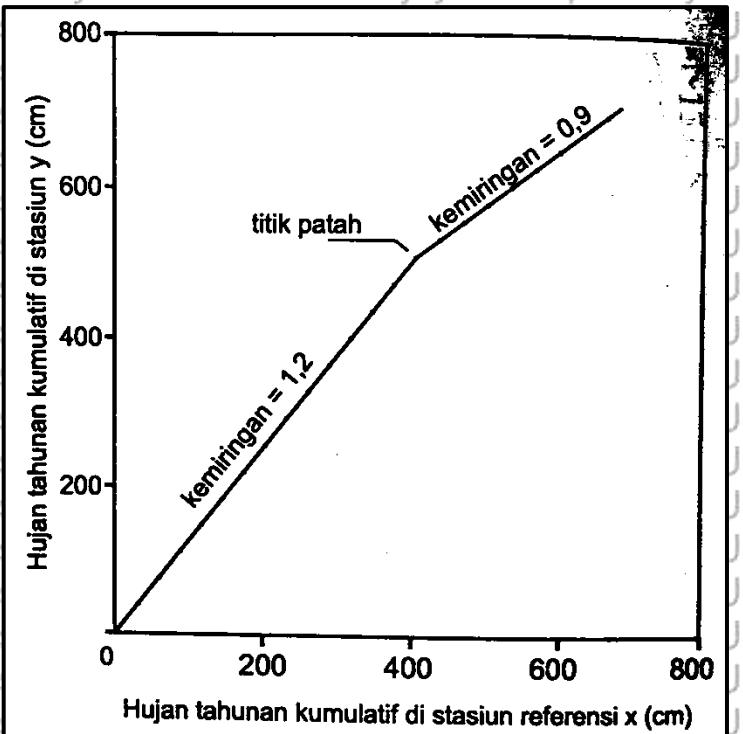
$p$  = hujan rerata kawasan

$p_1, p_2, \dots, p_n$  = hujan di stasiun 1, 2, ..., n

n = jumlah stasiun

## 2.2.2. Pemeriksaan Konsistensi Data Curah Hujan

Perubahan lokasi stasiun hujan atau memberikan pengaruh yang cukup besar terhadap jumlah hujan yang terukur, sehingga dapat menyebabkan terjadinya kesalahan. Konsistensi dari pencatatan hujan diperiksa dengan metode kurva massa ganda (*double mass curve*) (Triatmojo, 2008:41).



**Gambar 2.1.** Grafik metode kurva massa ganda

Sumber: Triatmodjo (2008: 42)

Jika ada data curah hujan tahunan dengan jangka waktu pengamatan yang panjang, maka kurva massa ganda itu dapat dimanfaatkan untuk memperbaiki kesalahan pengamatan yang terjadi yang disebabkan oleh perubahan posisi atau cara pemasangan yang tidak baik dari alat ukur curah hujan. Kesalahan-kesalahan pengamatan tidak bisa ditentukan dari setiap data pengamatan. Data curah hujan tahunan dengan jangka waktu yang panjang alat yang bersangkutan harus dibandingkan dengan data curah hujan rerata sekelompok alat-alat kuat dalam periode yang sama (Sosrodarsono, 1978:52). Contoh gambar kurva massa ganda hasil analisa dapat dilihat pada Gambar 2.1.

Jika terjadi kesalahan pada garis, maka data hujan dari stasiun penakar yang diuji harus dikoreksi sehingga sesuai dengan perbedaan kemiringan garisnya, dengan rumus sebagai berikut :

H<sub>z</sub> = Fk x Ho ..... Repository Universitas Brawijaya (2-2)

Repository Universitas Brawijaya (23)

History U

dengan : Universitas Brawijaya

*Hz* = data hujan yang diperbaiki

*Ho* = data hujan hasil

Ek = faktor koreksi

Situs Universitas Brawijaya

Tan  $\alpha$  = keliru lagi garis sebelum ada perubahan

$\tan \alpha_o$  = kemiringan garis sesudah ada perubahan

### 2.2.3. Curah Hujan Andalan

Curah hujan andalan adalah curah hujan yang dapat diandalkan dan tersedia pada beberapa tahun sekali, dimana disesuaikan bersamaan dengan nilai kala ulang yang diambil dan kemungkinan terpenuhi yang sudah ditentukan dengan resiko ketidakberhasilan yang diperhitungkan. Probabilitas keandalan yang digunakan pada bidang irigasi yaitu 80% ( $R_{80}$ ).

Perhitungan curah hujan andalan adalah dengan menggunakan metode tahun dasar perencanaan (*Basic Year*) dengan persamaan sebagai berikut (Limantara, 2010.a:93):

$$R_{80} = \frac{n}{\frac{100\%}{100\%-X}} + 1 \quad (2-4)$$

dimana:

$R_{80}$  = Curah hujan historis dengan tingkat kepercayaan yang diinginkan (mm);

$n$  = Durasi pengamatan curah hujan (tahun)

$X$  = Probabilitas keandalan yang diinginkan ( $R80\%$ )

Langkah-langkah penentuan curah hujan andalan adalah sebagai berikut:

1. Data curah hujan selama  $n$  tahun diatur dengan mengurutkan dari yang terkecil ke yang terbesar.
2. Hasil dari pengurutan data curah hujan kemudian dilanjutkan dengan menggunakan persamaan 2-4, dapat diketahui data curah hujan yang sesuai dengan keandalan yang diinginkan.

### 2.2.4. Curah Hujan Efektif

Hujan efektif adalah curah hujan yang secara efektif dapat difungsikan oleh tanaman.

Untuk tanaman padi, curah hujan efektif diambil sebesar 80% dari curah hujan rerata 1/3 bulanan dengan probabilitas tidak terpenuhi adalah sebesar 20%. Hal di atas dilakukan dengan mengingat tidak seluruh hujan yang turun diserap oleh tanah dan dimanfaatkan oleh tanaman, tetapi menjadi air permukaan (*run off*) (Bardan, 2014:70).

$$Re = 0,7 \times R_{80} \quad (2-5)$$

Keterangan:

$Re$  = Curah hujan efektif (mm/hari)

$R_{80}$  = Curah hujan rerata 10 harian dengan 20% peluang tidak terpenuhi

Sedangkan untuk irigasi pada tanaman palawija, curah hujan efektif ditentukan dengan curah hujan rerata bulanan dengan probabilitas 50% terpenuhi yang dihubungkan dengan evapotranspirasi rata-rata bulanan (Bardan, 2014:71). Curah hujan efektif untuk tanaman palawija dapat diketahui dengan persamaan seperti berikut:

Repository Universitas Brawijaya  
 $Re = R_{80} \times 0,5$ .....(2-6)

yang selanjutkan dihubungkan dengan Tabel 2.1.

**Tabel 2.1.** Nilai curah hujan efektif bulanan dengan mengaitkan evapotranspirasi rerata bulanan ( $ET_0$ ) dan curah hujan rerata bulanan (R)

R (mm/bulan)	12,5	25	37,5	50	62,5	75	87,5	100	113	125	138	150	163	175	188
$ET_0$ (mm/bulan)	25	8	16	24	32	39	46	56	62	69	73	80	87	94	100
50	8	17	25	32	39	46	53	63	70	76	85	92	98	107	116
75	9	18	27	34	41	48	56	62	69	73	80	87	94	100	120
100	9	19	28	35	43	52	60	66	73	79	87	94	100	116	127
125	10	20	30	37	46	54	62	70	76	85	92	98	107	116	134
150	10	21	31	39	49	57	66	74	81	89	97	104	112	119	142
175	11	23	32	42	52	61	69	78	86	95	103	111	118	126	150
200	11	24	33	44	54	64	73	82	91	100	109	117	125	134	158
225	12	25	35	47	57	68	78	87	96	106	115	124	132	141	150
250	12	25	38	50	61	72	84	92	102	112	121	132	140	150	158

Sumber: KP-01 Lampiran II (2013:176)

### 2.3. Debit Andalan

Debit andalan adalah debit minimum yang tersedia guna mencukupi kebutuhan air irigasi dengan probabilitas kegagalan yang diperhitungkan (Limantara, 2010:a:87). Dalam perencanaan proyek-proyek penyediaan air, harus dicari debit andalan (*dependable discharge*) terlebih dahulu, dimana tujuan dari ini adalah untuk menentukan debit perencanaan yang diharapkan selalu tersedia (Soemarto, 1987:213).

Jadi, kalau misalnya diterapkan andalan sebesar 80%, berarti akan dihadapi resik adanya debit-debit lebih kecil dari debit andalan sebesar 20% banyaknya pengamatan (Soemarto, 1987:214).

Menurut pengamatan, besarnya andalan yang diambil untuk penyelesaian optimum penggunaan air di beberapa macam proyek adalah seperti pada Tabel 2.2.

Data debit diperoleh dari pengukuran debit yang masuk ke daerah irigasi dengan periode 10 harian selama 10 tahun. Dengan data ini, dapat dihitung debit andalan untuk irigasi yang dianalisis sebesar 80% kejadian dipenuhi atau dilampaui. Debit tersebut digunakan sebagai acuan nilai ketersediaan debit air irigasi yang masuk. Untuk

**Tabel 2.2.** Besar keandalan debit untuk beberapa macam proyek

Keperluan	Keandalan (%)
Persediaan air minum	99
Penyediaan air industri	95-98
Penyediaan air irigasi untuk:	
■ daerah beriklim setengah lembab	70-85
■ daerah beriklim kering	80-95
PLTA	85-90

Sumber: Soemarto (1987:214)

menghitung debit andalan tersebut dihitung peluang 80% dari debit rata-rata sumber air pada pencatatan debit setiap jaringan irigasi dengan periode rerata 10 harian.

Prosedur penentuan debit andalan adalah sebagai berikut :

1. Memperhitungkan total debit andalan dalam satu tahun untuk tiap tahun data hasil pencatatan di suatu daerah irigasi yang diketahui.
2. Meranking data mulai dari yang besar hingga kecil.
3. Menghitung probabilitas untuk setiap data debit air dengan menggunakan persamaan

*Weibull*, dengan rumus:

$$P = \frac{m}{n+1} \times 100\% \quad (2-7)$$

dimana :

$P$  = probabilitas (%) ;  $m$  = urut nomor data debit ;  $n$  = jumlah tahun data debit

## 2.4. Kebutuhan Air Irigasi

### 2.4.1. Evapotranspirasi

#### 2.4.1.1. Evaporasi

Evaporasi adalah merupakan proses fisik yang merubah bentuk cairan menjadi bentuk gas atau uap. Istilah ini juga dapat diartikan sebagai jumlah uap air yang diuapkan dari satu permukaan, baik tanah ataupun air. Adapun proses evaporasi dibedakan menjadi dua, antara lain (Hadisusanto, 2010: 79).

1. Evaporasi aktual, yaitu proses evaporasi yang berlangsung pada kondisi alami terjadi pada keadaan daerah pada waktu tertentu, sehingga nilainya sangat bergantung pada kondisi lingkungan yang berlaku pada saat itu.
2. Evaporasi potensial, yaitu proses evaporasi yang terjadi pada suatu permukaan penguapan yang berada dalam kondisi kelebihan air, evaporasi sering disebut sebagai kemampuan dari suatu permukaan dalam penguapan air.

Faktor meteorologi yang mempengaruhi besarnya evaporasi adalah sebagai berikut

(Triatmojo, 2008:51):

#### 1. Radiasi matahari

Panas laten untuk penguapan bersumber dari radiasi matahari dan tanah. Radiasi matahari adalah sumber daya yang mengasilkan panas utama dan memberikan dampak pada jumlah evapotranspirasi (penguapan) di atas permukaan bumi, dimana tergantung pada letak pada garis lintang pada suatu lokasi serta musim.

#### 2. Temperatur

Temperatur udara pada permukaan evapotranspirasi sangat terpengaruh terhadap evapotranspirasi.

Temperatur yang semakin tinggi akan berpengaruh kepada besarnya kemampuan udara untuk menerima air.

#### 3. Kelembaban

Ketika penguapan terjadi, tekanan udara di lapisan udara yang tepat berada di permukaan air akan lebih rendah dibanding tekanan pada permukaan air. Perbedaan tekanan tersebut menyebabkan terjadinya penguapan. Pada saat terjadi penguapan, udara bergabung dengan uap air di permukaan air; sehingga menyebabkan udara memiliki kandungan uap air. Udara lembab adalah perpaduan dari uap air dan udara kering. Apabila udara yang ada di atas permukaan air sudah jenuh uap air tekanan udara telah mencapai tekanan uap jenuh, dimana pada saat tersebut penguapan terhenti. Kelembaban udara dinyatakan dengan kelembaban relatif.

#### 4. Kecepatan angin

Faktor penting dalam evapotranspirasi adalah kecepatan angin, dikarenakan angin berfungsi sebagai pembantu dalam pergantian udara yang telah jenuh yang disebabkan proses penguapan yang berjalan terus terhadap uap air. Di daerah terbuka dan banyak angin penguapan akan lebih besar daripada di daerah yang terlindungi dari udara diam.

#### 2.4.1.2. Transpirasi

Transpirasi adalah peristiwa hilangnya air dari dalam jaringan tanaman dan apabila kondisi di sekitar daun sangat rendah maka pelepasan uap air dari proses transpirasi ini akan mengembun di permukaan daun yang biasanya disebut gutasi. (Hadisusanto, 2010: 79).

Proses transpirasi dapat dikategorikan sebagai dua kelompok, antara lain:

1. Transpirasi aktual, yaitu peristiwa transpirasi dimana terjadi pada suatu jenis tanaman tanaman yang tumbuh pada waktu tertentu dan kondisi tertentu pula.

12

2. Transpirasi potensial, yaitu peristiwa traspirasi yang dialami pada suatu tanaman yang tumbuh pada kondisi yang tidak pernah mengalami defisit air selama pertumbuhannya.

#### **2.4.1.3. Evapotranspirasi Potensial**

Evapotranspirasi merupakan kombinasi dari proses penguapan air bebas (evaporasi) dan penguapan melalui tanaman (transpirasi). Evaporasi potensial (ET<sub>0</sub>) penguapan air yang melalui muka tanah dimana untuk perkembangan suatu tanaman tergantung pada besar jumlah air yang akan dikonsumsi tanaman (Sosrodarsono, 1978:57).

Evapotranspirasi potensial oleh Penman telah diartikan sebagai suatu proses evapotranspirasi yang dialami pada jenis tanaman yang berwarna hijau, mempunyai ketinggian pendek dan seragam serta menutup permukaan tanah secara sempurna dan tidak pernah mengalami kekurangan air selama pertumbuhannya. (Hadisusanto, 2010:80)

Faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya evaporasi secara global bisa dijelaskan bahwa laju evaporasi yang terjadi di permukaan bumi banyak ditentukan oleh bermacam-macam faktor, yang pada dasarnya dikelompokkan dalam dua komponen, diantaranya kondisi permukaan dan kondisi lingkungan. Faktor-faktor kondisi permukaan mencakup jenis permukaan, sifat dari permukaan dan status air yang ada di permukaan. Faktor-faktor kondisi lingkungan mencakup temperatur udara, kelembaban relatif, kecepatan angin dan tekanan uap udara.

Kondisi meteorologi setiap saat selalu berubah-ubah disebakan oleh pengaruh kondisi permukaan dan kondisi lingkungan, sehingga untuk mendapatkan data yang teliti diperlukan pengamatan meteorologi yang kontinyu.

Evaporasi dan evapotranspirasi sangat penting sebagai faktor kehilangan air dalam perencanaan ekspansi sumber daya air. Sehingga untuk mengukur besarnya evaporasi dan evapotranspirasi perlu dipilih metode yang cocok berdasarkan data klimatologi dan meteorologi yang tersedia.

#### **2.4.1.4. Metode Penman Modifikasi**

Pedoman untuk Memprediksi Kebutuhan Air untuk Tanaman (*Guidelines for Predicting Crop Water Requirement*) tahun 1997 dari *Food and Agriculture of The United Nation* (FAO), telah sedikit memodifikasi persamaan Penman untuk perhitungan penetapan nilai evapotranspirasi (ET<sub>0</sub>), termasuk revisi bagian fungsi kecepatan angin. Metode ini memerlukan data seperti rerata iklim, kondisi klimatologi selama siang dan malam hari dimana diperkirakan yang memiliki akibat terhadap evapotranspirasi.

Prosedur untuk perhitungan evapotranspirasi disini kelihatan agak kompleks, dikarenakan rumus persamaannya berisi komponen yang dibutuhkan demikian jika data pengukuran tidak tersedia, dapat dilakukan langkah perhitungan dengan variabel-variabel yang ada. Sebagai contoh apabila suatu tempat tidak tersedia pengukuran langsung *net radiation* ( $R_n$ ), variebelnya dapat dipenuhi dari data pengukuran radiasi matahari, durasi penyinaran matahari atau observasi awan, bersamaan dengan pengukuran *humidity* dan temperatur udara (Hadisusanto, 2010:92). Teknik perhitungan dari tabel-tabel biasanya juga disediakan untuk memfasilitasi perhitungan apabila diperlukan. Format untuk perhitungan evapotranspirasi juga dapat diberikan sebagai berikut:

$$ETo = c [ (W.Rn + (1-W).f(U).(es-ea)) ] \quad (2-8)$$

dimana :

$ETo$  = evapotranspirasi (mm/hari)

$W$  = temperatur yang berkaitan dengan faktor penimbang

$R_n$  = net radiasi ekuivalen evaporasi (mm/hari)

$f(U)$  = fungsi kecepatan angin

$es-ea$  = saturation deficit (mbar)

$$ea = es \times \frac{RH}{100} \quad (2-9)$$

$RH$  = kelembaban relatif

$c$  = angka koreksi bulanan untuk metode Penman

Fungsi kecepatan angin pada evapotranspirasi telah ditetapkan untuk berbagai perbedaan iklim yang dirumuskan sebagai berikut:

$$f(U) = 0,27 \left( 1 + \frac{U}{100} \right) \quad (2-10)$$

dimana:

$f(U)$  = fungsi kecepatan angin

$U$  = kecepatan angin rerata (km/hari)

Untuk efek tekanan udara terhadap radiasi gelombang panjang, dapat ditetapkan rumusan sebagai berikut:

$$f(ea) = 0,34 - 0,044 \sqrt{ea} \quad (2-11)$$

dimana:  $ea$  = tekanan udara (mbar)

Untuk efek  $\frac{n}{N}$  pada radiasi gelombang panjang, juga dapat ditetapkan persamaan seperti berikut:

$$f\left(\frac{n}{N}\right) = 0,10 + 0,90 \frac{n}{N} \quad (2-12)$$

14

dimana :  $\frac{n}{N} = \text{durasi penyinaran matahari (\%)}$

Untuk mengetahui nilai  $R_n$ , dapat diketahui dengan menggunakan data durasi penyinaran matahari ( $R_a$ ), hasil perhitungan  $f(T)$  (lihat Lampiran 2, Tabel 1),  $f(ea)$ , dan  $f(\frac{n}{N})$  dengan menggunakan rumusan seperti berikut:

$$Rs = Ra (0,25 + 0,50 \frac{n}{N}) \quad (2-13)$$

$$Rns = (1 - \alpha) Rs \quad (2-14)$$

$$Rnl = f(T) \cdot f(ea) \cdot f(\frac{n}{N}) \quad (2-15)$$

$$Rn = Rns - Rnl \quad (2-16)$$

dimana:

$R_a$  = nilai radiasi matahari berdasarkan koordinat lokasi (lihat Lampiran 2, Tabel 2)  
(mm/hari)

$\alpha$  = nilai albedo radiasi gelombang pendek (*short wave radiation*), untuk tanah lempung ditetapkan 0,25.

$Rns$  = radiasi gelombang pendek, dalam satuan evaporasi ekuivalen (mm/hari)

$Rnl$  = radiasi gelombang panjang bersih (mm/hari)

#### 2.4.2. Kebutuhan Air Tanaman

Kebutuhan air tanaman merupakan sejumlah air yang dibutuhkan guna mengantikan air yang hilang yang akibat oleh proses penguapan. Penguapan pada air dapat melalui permukaan air maupun melalui daun-daun tanaman. Besar penguapan air permukaan (evaporasi) sangat erat berhubungan dengan faktor iklim yaitu (Suhardjono, 1994:13):

- a. Suhu udara
- b. Kecepatan angin
- c. Kelembaban udara
- d. Kecerahan penyinaran matahari

Sedangkan besarnya air yang menguap melalui daun-daun tanaman (transpirasi), selain dipengaruhi oleh keadaan iklim, juga erat berhubungan dengan faktor tanaman, yaitu (Suhardjono, 1994:13):

- a. Jenis tanaman
- b. Varitas (macam) tanaman
- c. Umur pertumbuhan tanaman

Dengan jumlah kebutuhan air tanaman adalah sejumlah air yang hilang karena proses evapotranspirasi. Kebutuhan air tanaman dapat dirumuskan sebagai berikut (Suhardjono, 1994:13):

$$ETc = kc \cdot ET_0 \quad (2-17)$$

Repository Universitas Brawijaya  
dengan :

$ETe$  = kebutuhan air tanaman (mm/hr)

$kc$  = koefisien tanaman, yang besarnya tergantung pada jenis, macam, dan umur tanaman

$ETO$  = evapotranspirasi potensial (mm/hr)

Koefisien tanaman ( $kc$ ) menggambarkan hasil evapotranspirasi tertentu yang tumbuh dalam keadaan optimum (Wilson, 1993:82), koefisien tanaman untuk bermacam jenis tanaman sangat berbeda dan tergantung pada:

1. macam tanaman (padi, palawija, tebu dan lainnya)

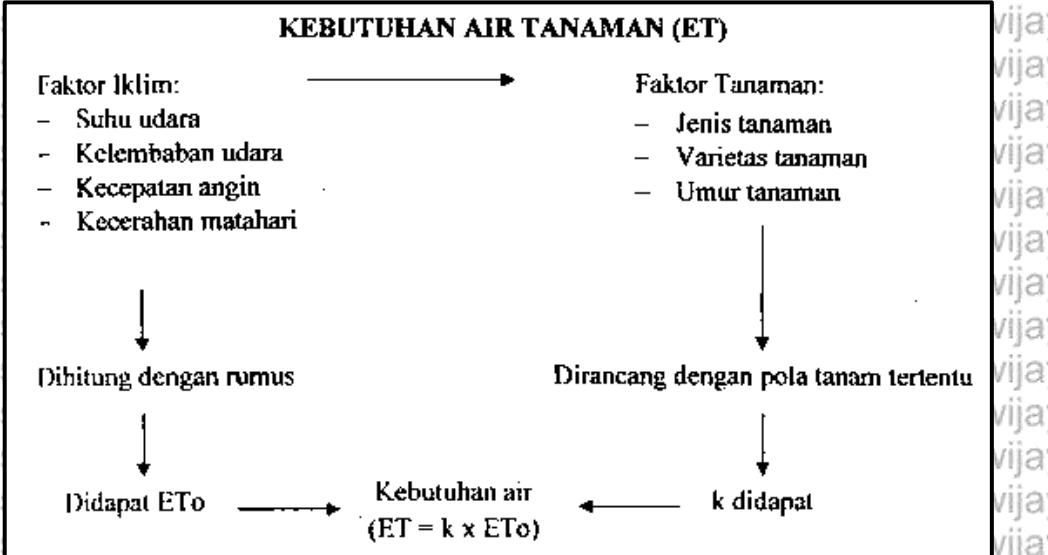
2. macam varietas dan usia tanaman

3. masa pertumbuhan

Berdasarkan koefisien tanaman padi ( $kc$ ), menurut Edison dik. 1997 sesuai dengan

Standar Perencanaan Irigasi, disajikan dalam Tabel 2.3 untuk padi varietas unggul dan biasa menurut NDECO dan FAO sedangkan untuk beberapa tanaman tersaji dalam Tabel

2.4.



Gambar 2.2. Diagram alir untuk kebutuhan air tanaman

Sumber: Suhardjono (1994:13)

**Tabel 2.3.** Harga-harga koefisien tanaman padi

Bulan	Ndeco/Prosida		FAO		
	Varietas Biasa	Varietas Unggul	Varietas Biasa	Varietas Biasa	Varietas Unggul
0,5	1,20	1,20	1,10	1,10	
1,0	1,20	1,27	1,10	1,10	
1,5	1,32	1,33	1,10	1,05	
2,0	1,40	1,30	1,10	1,05	
2,5	1,35	1,30	1,10	0,95	
3,0	1,24	0	1,05	0	
3,5	1,12		0,95		
4,0	0		0		

Sumber: KP-01 Lampiran II (2013:167)

**Tabel 2.4.** Koefisien beberapa tanaman ½ bulanan menurut FAO

Tanaman	Jml hari	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Kedelai	85	0,5	0,75	1	1	0,82	0,45*							
Jagung	80	0,5	0,59	0,96	1,05	1,02	0,95*							
K. Tanah	130	0,5	0,51	0,66	0,85	0,95	0,95	0,95	0,55*					
Bawang	70	0,5	0,51	0,69	0,9	0,95*								
Buncis	75	0,5	0,64	0,89	0,95	0,88								
Kapas	195	0,5	0,5	0,58	0,75	0,91	1,04	1,05	1,05	1,05	0,78	0,65	0,65	0

Keterangan: \* untuk sisa kurang dari ½ bulan

Sumber: KP-01 Lampiran II (2013:175)

**Tabel 2.5.** Koefisien tanaman tebu

Umur tanaman	12 bulan	24 bulan	Tahap pertumbuhan	$RH_{min} < 70\%$		$RH_{min} < 20\%$	
				angin kecil sampai sedang	angin kencang	angin kecil sampai sedang	angin kencang
0 - 1	0 – 2,5		Saat tanam sampai 0,25 rimbun *)	0,55	0,60	0,40	0,45
1 - 2	2,5 – 3,5		0,25 – 0,5 rimbun	0,80	0,85	0,75	0,80
2 – 2,5	3,5 – 4,5		0,5 – 0,75 rimbun	0,90	0,95	0,95	1,00
2,5 - 4	4,5 - 6		0,75 sampai air puncak	1,00	1,10	1,10	1,20
4 - 10	6 - 17		Penggunaan air puncak	1,05	1,15	1,25	1,30
10 - 11	17 - 22		Awal berbunga	0,80	0,85	0,95	1,05
11 - 12	22 - 24		Menjadi masak	0,60	0,65	0,70	0,75

Sumber: KP-01 Lampiran II (2013:175)

#### 2.4.3. Perkolasi

Perkolasi adalah pergerakan air menuju ke zona tidak jenuh (di antara permukaan tanah menuju ke permukaan airtanah) ke dalam zona jenuh (daerah di bawah permukaan air tanah). Daya perkolasi ( $P_p$ ) merupakan laju perkolasi maksimum yang diasumsikan dan besarnya dipengaruhi oleh kondisi tanah serta muka airtanah. Perkolasi terjadi saat daerah tak jenuh mencapai daya medan (*field capacity*) (Limantara, 2010.a:15).

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

Laju perkolasi sangat bergantung kepada sifat-sifat tanah. Pada tanah-tanah lempung berat yang memiliki karakteristik pengolahan yang baik, laju perkolasi dapat memiliki nilai sekitar 1-3 mm/hari. Pada tanah-tanah yang ringan, laju perkolasi dapat lebih tinggi (Anonim/KP 01, 1986).

Laju perkolasi lahan dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain;

1. Tekstur tanah, halus dan kasarnya tekstur tanah mempengaruhi angka perkolasi, tekstur tanah halus mempunyai nilai perkolasi yang kecil pula, begitu juga sebaliknya.
2. Permeabilitas tanah, merupakan gaya untuk rembesan melewati ruang antarbutir tanah. Tinggi rendahnya nilai permeabilitas tanah, nilai permeabilitas tanah yang tinggi akan memberikan tingginya tingkat perkolasi, begitu pula sebaliknya.
3. Tebal lapisan tanah atas, tipisnya lapisan tanah bagian atas, maka berpengaruh pada kecilnya daya perkolasi.
4. Tanaman penutup, tumbuh-tumbuhan lindung yang padat mengakibatkan daya infiltrasi yang semakin besar, dapat dikatakan daya perkolasi semakin besar.

Berdasarkan besarnya perkolasi, pada Tabel 2.5 berikut macam tanah dan tingkat perkolasinya,

**Tabel 2.6.** Laju perkolasi untuk berbagai jenis tekstur tanah

Tekstur Tanah	Perkolasi (mm/hari)
Liat Lempung	1 – 2
Lempung	2 – 3
Lempung berpasir	3 – 6

Sumber: Wirosodarmo (1985: 94)

#### 2.4.4. Kebutuhan Air untuk Penyiapan Lahan

Penyiapan lahan (IR atau LP = *Irrigation Requirement* atau *Land Preparation*) umumnya menentukan kebutuhan maksimum air irigasi guna penyiapan lahan di suatu proyek irigasi (Bardan, 2014:57). Faktor-faktor penting yang menentukan besarnya kebutuhan air irigasi untuk penyiapan lahan adalah (Dirjen Pengairan, Dep. PU, 1986:157):

- a. Durasi waktu yang diperlukan guna menuntaskan pekerjaan penyiapan lahan.
- b. Jumlah air yang dibutuhkan untuk penyiapan lahan.

Untuk perhitungan kebutuhan air irigasi selama dilakukannya penyiapan lahan, metode yang digunakan adalah metode yang telah dikembangkan oleh *van de Goor* dan *Zijlstra*, dalam Dirjen Pengairan, Departemen Pekerjaan Umum, 1986. Dikemukakan

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

keterangan:

$IR$  = kebutuhan air irrigasi di tingkat persawahan (mm/hari)

$M$  = kebutuhan air pengganti hilangnya air akibat proses evaporasi serta perkolasikan di sawah yang telah jenuh

$Eo$  = evapotranspirasi di daerah terbuka, diambil  $1,1 \times ET_0$  selama waktu penyiapan lahan (mm/hari)

$P$  = perkolasian

$T$  = durasi penyiapan lahan (hari)

$S$  = kebutuhan air guna penjenuhan (mm)

$e$  = bilangan dasar ( $2,718281828$ )

Kebutuhan air irrigasi selama masa penyiapan lahan, diberikan oleh Dirjen Pengairan Dep. PU seperti pada Tabel 2.6.

**Tabel 2.7. Kebutuhan air selama penyiapan lahan**

$Eo + P$ (mm/hari)	$T = 30$ hari		$T = 45$ hari	
	$S = 250$	$S = 300$	$S = 250$	$S = 300$
5,0	11,00	12,70	8,40	9,50
5,5	11,40	13,00	8,80	9,80
6,0	11,70	13,30	9,10	10,10
6,5	12,00	13,60	9,40	10,40
7,0	12,30	13,90	9,80	10,80
7,5	12,60	14,20	10,10	11,10
8,0	13,00	14,50	10,50	11,40
8,5	13,30	14,80	10,80	11,80
9,0	13,60	15,20	11,20	12,10
9,5	14,00	15,50	11,60	12,50
10,0	14,30	15,80	12,00	12,90
10,5	14,70	16,20	12,40	13,20
11,0	15,00	16,50	12,80	13,60

Sumber: KP-01 Lampiran IP (2013:165)

lebih lanjut, bahwa metode tersebut didasarkan pada laju air konstan dalam  $l/t$  selama periode penyiapan lahan serta menghasilkan rumus sebagai berikut:

$$IR = \frac{Me^k}{(e^k - 1)} \quad (2-18)$$

$$M = Eo - P \quad (2-19)$$

$$K = \frac{MT}{S} \quad (2-20)$$

#### **2.4.5. Pengantian Lapisan Air (*Water Land Requirement*)**

Pengantian lapisan air erat kaitannya pada kesuburan tanah. Air yang digenangkan di permukaan sawah setelah penanaman tentunya mengandung zat-zat yang tidak dibutuhkan bahkan akan merusak tanaman. Air genangan ini perlu diganti dengan air baru yang bersih agar tidak mengakibatkan rusaknya tanaman di lahan (Hirjanto dkk., 2013:59).

Pergantian lapisan air (*WLR*) diberikan setelah masa pemupukan selasan, diusahakan untuk menjadwalkan dan menggantikan lapisan air menurut atau sesuai kebutuhan.

Apabila tidak ada pengaturan jadwal semacam itu, dilakukan pengantian sebanyak 2 kali, masing-masing sebanyak 50 mm/bulan (sebanyak 1,7 mm/hari selama satu bulan), diberikan sebulan setelah tanam dan 2 bulan setelah transplantasi (Bardan, 2014:68).

#### **2.4.6. Kebutuhan Air di Sawah**

Tanaman memerlukan air sehingga dapat tumbuh dan berproduksi dengan baik. Air tersebut bisa berasal dari air yang turun dari hujan maupun air irigasi. Air irigasi merupakan banyaknya jumlah air yang secara umum pengambilannya bersumber dari sungai atau waduk dan kemudian dialirkan melalui jaringan sistem irigasi, guna menjaga keseimbangan ketersediaan jumlah air di lahan pertanian (Suhardjono, 1994).

Kebutuhan air untuk tanaman sangat dipengaruhi oleh (Bardan, 2014:45):

- a. jenis tanaman,
- b. jenis tanah,
- c. kehilangan air, dan
- d. pemakaian air yang ekonomis (cara pemakaian atau pemberian air),

Dapat dijabarkan bahwa jenis tanaman begitu menentukan jumlah kebutuhan air yang dibutuhkan, misal seperti tanaman padi yang membutuhkan jumlah air yang lebih banyak bila dibandingkan dari tanaman yang lain seperti tebu atau palawija.

Kebutuhan air bagi tanaman atau biasa disebut kebutuhan bersih air atau NFR (*Netto Farm Requirement*) ditentukan oleh (Bardan, 2014:56):

1. persiapan lahan (*LP*),
2. penggunaan konsumtif (*ET<sub>c</sub>*),
3. perkolasasi (*P*),
4. pergantian lapisan air (*WLR*),
5. curah hujan efektif (*Re*),
6. efisiensi irigasi (*ef*), dan
7. pola tanam.

Kebutuhan air total di sawah atau GFR (*Gross Farm Requirement*) mencakup faktor 1 sampai 4, sedangkan kebutuhan air bersih di sawah (NFR) juga memperhitungkan curah hujan efektif (Dirjen Pengairan, Dep. PU, 1986:157). Kebutuhan air bersih di sawah

dinyatakan dalam mm/hari atau  $l/dt/ha$  dan selanjutnya efisiensi mencakup pula dalam memperhitungkan kebutuhan pengambilan air dari sumbernya dalam  $m^3/dt$ .

Besarnya perkiraan kebutuhan air irigasi dinyatakan sebagai berikut (Dirjen Pengairan, Dep PU Bagian Penunjang Standar Perencanaan, 1986:6):

1. Kebutuhan bersih air di sawah untuk padi

$$NFR = LP + ETc + P - Re + WLR \dots \dots \dots \quad (2-21)$$

2. Kebutuhan bersih air di sawah untuk palawija

- Kebutuhan bersih air dipintu pengambilan

DB - NER / ref Repository Universitas Brawijaya (2-23)

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya  
ETo = penggunaan air konsumsi (mm/hari)

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Drawijaya  
Bersama-sama menciptakan masa depan yang lebih baik

247 Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya  
Banyaknya Penelitian dan Karya Ilmiah

Efisiensi irigasi merupakan faktor penentu utama dari unjuk kerja satu sistem jaringan irigasi. Efisiensi irigasi yang terdiri atas efisiensi pengaliran dimana secara umum terjadi pada jaringan primer jaringan sekunder (dari bangunan bagi hingga petak sawah). Didasarkan asumsi, efisiensi irigasi dinyatakan sebagai beberapa atau sebagian dari air irigasi yang ditangkap akan terjadi kehilangan, baik pada saluran irigasi maupun pada petak sawah. Kehilangan ini disebabkan oleh beberapa kegiatan seperti evaporasi, eksplorasi serta rembesan. Kehilangan air yang disebabkan oleh evaporasi serta rembesan pada umumnya dapat dikatakan relatif kecil jika diperbandingkan kepada kehilangan air yang diakibatkan eksplorasi, sehingga pembagian air irigasi di bangunan pengambilan harus lebih besar dari kebutuhan air di petak sawah (Triatmodjo, 2008:322).

Kalau mengacu pada Bagian Penunjang untuk Standar Perencanaan Irigasi, Dep. PU

1986:10, besarnya efisiensi irigasi adalah:

- Saluran primer sebesar 90%
  - Saluran sekunder sebesar 90%
  - Saluran tersier sebesar 80%

Repository Universitas Brawijaya  
Repository Universitas Brawijaya

## **2.5. Pola Tata Tanam**

Pola tata tanam adalah pengaturan penggunaan lahan pertanaman dalam kurun waktu tertentu. Pola tanam ini diterapkan dengan tujuan memanfaatkan air irigasi seefisien mungkin, sehingga tanaman dapat tumbuh baik. Pola tanam dapat digunakan sebagai landasan untuk meningkatkan produktivitas lahan (Patirajawane, 2016:25).

Penyusunan rencana tata tanam meliputi pola tanam, luas tanam dan jadwal tanam berdasarkan debit andalan, juga jadwal pengeringan saluran dalam waktu satu tahun atau lebih. Mengacu pada tujuan pola tata tanam, terdapat empat faktor yang perlu diperhatikan guna perencanaan pola tata tanam, yaitu:

### 1. Pengaturan waktu awal tanam

Wilayah Indonesia mempunyai dua musim, yaitu musim basah atau musim hujan dan musim kering atau musim kemarau. Pengaturan awal masa tanam merupakan hal yang pokok untuk direncanakan. Biasanya, hujan belum turun pada awal musim tanam, sehingga mengakibatkan penyediaan air relatif kecil. Urutan tata tanam pada saat penyiapan lahan, perlu diatur sebaik-baiknya untuk menghindari adanya kekurangan air.

### 2. Pengaturan jenis tanaman

Setiap jenis tanaman mempunyai tingkat kebutuhan air yang berbeda-beda. Mengacu pada hal tersebut, maka jenis tanaman yang diusahakan harus diatur agar kebutuhan air dapat terpenuhi.

#### a. Tanaman padi

Padi merupakan tanaman yang memerlukan banyak air selama pertumbuhannya.

#### b. Tanaman tebu

Selain taman padi, tanaman lain yang perlu diperhatikan dalam hal pengairan adalah tanaman tebu. Tanaman tebu diberi air secukupnya pada musim kemarau tetapi tebu tidak perlu diairi pada musim hujan.

#### c. Tanaman palawija

Palawija merupakan berbagai jenis tanaman yang dapat ditanam di sawah pada musim kemarau ataupun pada saat kekurangan air. Menurut buku Irigasi dan Drainase (2013:192) palawija dapat dibedakan menjadi tiga jenis menurut jumlah air yang dibutuhkan, yaitu:

- Palawija yang membutuhkan banyak air, seperti bawang, kacang tanah dan ketela.
- Palawija yang membutuhkan sedikit air, misalnya cabai, jagung, tembakau dan

Repository Universitas Brawijaya  
Repository Universitas Brawijaya

Repository  
Repository  
Repository  
Repository  
Repository  
Repository

kedelai.

- Palawija yang membutuhkan sangat sedikit air, misalnya ketimun dan kacang panjang.

### 3. Pengaturan luas areal pertanian

Kebutuhan air irigasi semakin banyak seiring dengan semakin luasnya areal pertanian yang diairi. Pengaturan luas tanaman akan membatasi besarnya kebutuhan air tanaman. Pengaturan ini hanya terjadi pada daerah yang airnya terbatas. Luas tanam juga mempengaruhi besarnya intensitas tanam. Intensitas tanam adalah perbandingan antara luas tanam per tahun dengan luas lahan.

#### 4. Debit yang tersedia

Hampir semua jenis tanaman dapat dipenuhi kebutuhannya apabila debit yang Keseperti ini. Penentuan jenis pola tata tanam disesuaikan dengan debit air yang tersedia pada setiap musim tanam.

## 2.6. Neraca Air

Neraca air dibuat untuk mengetahui selisih antara kebutuhan air irigasi dengan debit andalan yang tersedia pada suatu daerah irigasi. Kekurangan dan kelebihan air yang terlihat dari hasil neraca air digunakan sebagai langkah evaluasi terhadap kegiatan penyediaan air irigasi eksisting (Patirajawane, 2016: 27).

Neraca air merupakan neraca pemasukan dan pengeluaran air pada suatu tempat di saat periode tertentu, sehingga dapat diketahui jumlah air tersebut kelebihan (*surplus*) atau kekurangan (*defisit*) pada periode tertentu. Kegunaan mengetahui kondisi jumlah air dapat mengantisipasi masalah yang bisa saja terjadi, serta dapat pula untuk mendayagunakan serta memanfaatkan air sebaik-baiknya.

Manfaat yang umumnya dapat diperoleh berdasarkan analisa neraca air adalah dasar pemanfaatan air untuk keperluan pertanian tanaman pangan, hortikultura, perkebunan, kehutanan hingga perikanan.

Kebutuhan pengambilan yang dihasilkan dari neraca air untuk pola tanam yang digunakan kemudian dibandingkan dengan debit andalan yang ada dan kebutuhan air irigasi dari pola tata tanam dan jadwal tanam yang diterapkan. Apabila debit sungai melimpah atau cukup, maka luas area irigasi adalah tetap kerena luas maksimum daerah irigasi yang dilayani dan proyek yang direncanakan sesuai dengan pola tata tanam yang digunakan. Jika debit dari sungai kurang, maka terjadi kekurangan air irigasi, maka ada dua pilihan yang perlu dipertimbangkan sebagai berikut:

1. Luas daerah irigasi yang dikurangi

Beberapa daerah tertentu yang biasa diairi (luas maksimum daerah layanan) tidak akan diairi.

2. Melakukan modifikasi pola tata tanam

Perubahan dalam pemilihan tanaman atau tanggal tanam akan dilakukan untuk mengurangi kebutuhan air irigasi di sawah (l/dt/ha) agar ada kemungkinan untuk mengairi area yang cakupannya lebih luas dengan debit yang tersedia.

## **2.7. Optimasi**

Pengertian optimasi berhubungan erat dengan memaksimasi tetapi dengan batasan (*constraint*). Mengoptimalkan identik dengan memaksimalkan sesuatu dengan sumberdaya yang terbatas. Optimasi dalam pengelolaan dan pemanfaatan sumber daya air dibedakan dalam dua kategori, yaitu sebelum bangunan air ada dan sesudah bangunan air ada (Limantara, 2010.b:15).

Dalam studi ini, bahasan perihal optimasi adalah pada saat atau sesudah bangunan air ada. Bagian yang dioptimaskan adalah pola pemberian air dengan merubah luas tanam sehingga tujuan untuk memaksimalkan manfaat (*net benefit*) dapat diperoleh.

Secara umum, model optimasi adalah suatu proses pemilihan alternatif yang terbaik diantara beberapa alternatif-alternatif solusi yang tersedia. Jadi, suatu alternatif solusi menerima masukan (*input*) berupa sejumlah nilai-nilai dari variabel keputusan (*decision variable*) dan menghasilkan suatu nilai keluaran (*output*) yang merupakan ukuran kinerja dari alternatif solusi yang bersangkutan. Nilai *output* bisa merupakan keuntungan (misal: produksi PLTA atau produksi daerah irigasi) ataupun merupakan kerugian (misal: kerusakan akibat banjir) (Soetopo, 2012:71).

### **2.7.1. Optimasi dengan Program Linier**

Salah satu metode untuk menyelesaikan model optimasi adalah Program Linier (*Linear Programming*). Program linier digunakan guna menyelesaikan kasus-kasus yang mana semua hubungan antar variabelnya adalah linier, baik pada persamaan dan ketidaksamaan kendala (*constraint*) maupun pada fungsi sasaran atau fungsi objektif (*objective function*) (Limantara, 2010.b:19).

Perumusan masalah dalam optimasi dengan program linier memiliki tiga macam variabel, yaitu variabel keputusan, tujuan dan variabel kendala.

1. Variabel keputusan, merupakan variabel yang akan ditentukan dan dapat memberi nilai. Nilai pada variabel keputusan ini sebagai *input* bagi alternatif solusi dan akan

mengasilkan suatu nilai *output* paling baik untuk tujuan yang akan dicapai. Dalam studi ini, variabel keputusan yang dipakai adalah pada penentuan luas tanam untuk setiap jenis tanaman dalam suatu daerah irigasi.

2. Variabel tujuan, merupakan fungsi atau model matematika yang harus dimaksimumkan atau diminimumkan dan mencerminkan tujuan yang akan dicapai.

Dalam studi ini, variabel tujuan yang ingin dicapai adalah memaksimalkan nilai keuntungan dari luas tanam selama satu tahun pada setiap musim tanam serta mengatasi masalah ketidakterpenuhan air irigasi.

3. Variabel kendala, merupakan fungsi matematika yang menjadi kendala bagi usaha untuk memaksimumkan dan/atau meminimumkan fungsi tujuan. Dalam berbagai analisa optimasi, sumber daya yang akan dianalisa harus dalam keadaan terbatas.

Keterbatasan sumber daya ini dinamakan sebagai syarat kendala. Variabel kendala ini dalam bentuk persamaan yang akan membatasi tujuan utama. Variabel kendala dalam studi ini meliputi:

- Total luas baku lahan irigasi, dari luas baku tersebut menjadi batasan luas lahan yang bisa ditanami oleh tanaman untuk setiap musim tanam selama satu tahun.
- Ketersediaan air irigasi, menjadi batasan untuk kebutuhan air irigasi yang bisa diberikan pada setiap musim tanam selama satu tahun.
- Kebutuhan air tanaman, menjadi batasan berupa konstanta serta memberikan hasil berupa jumlah kebutuhan air irigasi yang dapat diberikan berdasarkan luas tanam pada setiap musim tanam selama satu tahun.

Program linier menjadi salah satu solusi untuk perencanaan aktivitas-aktivitas guna mendapatkan suatu hasil yang optimal dimana suatu hasil yang hendak dicapai dapat mencapai tujuan terbaik diantara seluruh alternatif.

Model matematis yang digunakan sebagai pengemukaan suatu permasalahan pemrograman linier adalah dengan memakai persamaan seperti berikut (Limantara, 2008:48):

Fungsi tujuan:

$$Z = C_1 \cdot X_{11} + C_2 \cdot X_{21} + C_3 \cdot X_{31} + \dots + C_m \cdot X_{m1} \quad (2-24)$$

Fungsi kendala:

$$1. \quad a_{11} \cdot X_{11} + a_{21} \cdot X_{21} + \dots + a_{m1} \cdot X_{m1} \leq b_1; \quad (2-25)$$

$$2. \quad a_{12} \cdot X_{12} + a_{22} \cdot X_{22} + \dots + a_{m2} \cdot X_{m2} \leq b_2; \quad (2-26)$$

$$3. \quad a_{1m} \cdot X_{1m} + a_{2m} \cdot X_{2m} + \dots + a_{mm} \cdot X_{mm} \leq b_m; \text{ dan} \quad (2-27)$$

$$4. \quad X_{11} + X_{21} + \dots + X_{m1} \leq X_{std}. \quad (2-28)$$

Persamaan di atas juga dapat dinyatakan serta disederhanakan dalam persamaan sebagai berikut:

Fungsi tujuan untuk memaksimumkan:

Fungsi kendala:

dan

$$\sum_{n=1}^N X_{nn} \leq X_{std} \quad (2-31)$$

fitu

Repository Universitas Brawijaya

$m = 1, 2, 3, \dots, m$

n = 1, 2, 3, ..., n Repository Universitas Brawijaya

dim

Z<sub>1</sub> = fungsi tujuan (jumlah keuntungan maksimum hasil usaha tani) (Rp)

repository U

$V_{\text{tanam}}$  = variabel keputusan (luas tanam pada setiap jenis tanaman) (Rp./ha)

*A<sub>mn</sub>* – Variabel keputusan luas tanam pada setiap musim

X<sub>std</sub> = variabel kendala (luas tanam baku) (ha)

repository

$b_m$  = variabel kendala (ketersediaan air irigasi pada setiap musim tanam) ( $\text{m}^3$ )

Repository Universitas Brawijaya  
Universitas Brawijaya

**m** = musim tanam Repository Universitas Brawijaya  
Universitas Brawijaya

*n* = jenis tanaman

Fungsi tujuan dalam program linier ini menggambarkan tujuan yang akan dicapai dalam

pemecahan suatu masalah dari program linier.

Kelompok analisa studi optimasi pola

program linier antara lain seperti berikut:

1. variabel keputusan hasil dari metode program linier dapat dipakai guna penyelesaian sistem dengan pengubah adalah fungsi kendala sehingga variabel keputusan dapat memenuhi syarat dari variabel kendala;
  2. penggunaan metode ini mudah dan cukup akurat;
  3. fungsi matematika yang sederhana; dan
  4. hasil yang cukup baik.

2.7.2 Penerapan Optimasi melalui Program Linier

Untuk penyelesaian optimasi dengan program linier, dimulai dengan menentukan variabel-variabel keputusan yang disertai dengan fungsi tujuan dalam bentuk model matematika. Selanjutnya ditentukan fungsi kendala yang dihadapi dan dinyatakan secara

fungsional berupa persamaan atau pertidaksamaan. Setelah permodelan matematika yang berisikan variabel keputusan, variabel tujuan dan variabel kendala selesai dibentuk, dilakukan perhitungan serta iterasi untuk mencapai kondisi yang optimal.

Untuk sebagian besar khususnya dalam bidang sumber daya air biasanya memiliki variabel keputusan, variabel tujuan dan variabel kendala yang cukup banyak, dan cara penyelesaian yang tepat adalah dengan cara matematis atau analitis. Untuk membantu penyelesaian optimasi secara matematis atau analitis dalam studi ini dengan variabel-variabel yang telah disebutkan sebelumnya, maka digunakan fasilitas *Solver* yang ada di dalam perangkat lunak *Microsoft Excel*. Dengan penggunaan fasilitas *Solver* diharapkan dapat memberikan hasil berupa variabel keputusan yang terbaik pada saat optimasi dilakukan.

### **2.7.3. Optimasi dengan Program Linier melalui Fasilitas *Solver* dari Microsoft Excel**

*Solver* merupakan fasilitas pencari solusi yang ada dalam perangkat lunak *Microsoft Excel*. Apabila fasilitas *Solver* di *Microsoft Excel* belum tersedia, maka dapat dilakukan pemasangan (*install*) di *add-ins* yang ada pada menu pilihan (*options*) di *Microsoft Excel*.

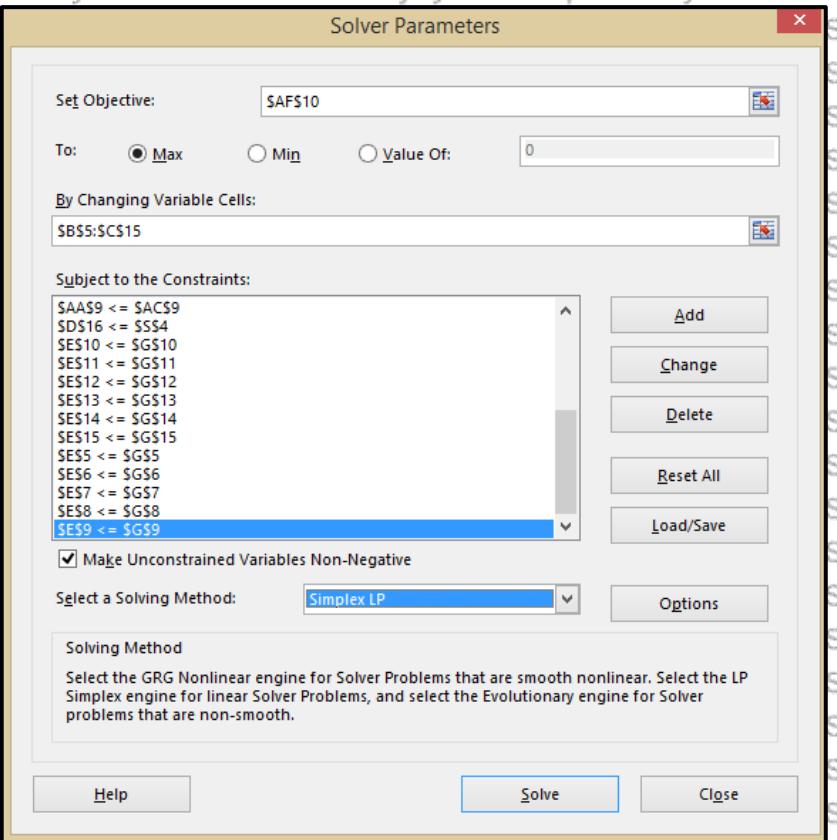
Perhitungan optimasi dengan program linier melalui fasilitas *Solver* sebelumnya harus memenuhi tiga hal, yaitu:

1. Target yang ingin dicapai;
2. Sel-sel yang hendak dilakukan perhitungan atau iterasi, terlebih dahulu ditentukan persamaan serta nilai-nilanya; dan
3. Kendala yang harus dipenuhi dimasukkan ke dalam sel-sel pada perhitungan.

Langkah pertama yang perlu dilakukan yaitu menentukan nilai rekaan pada sel yang akan diubah nilainya. Selanjutnya, *Solver* akan melakukan proses iterasi (*trial and error*) untuk mendapatkan nilai yang memenuhi kriteria kendala dan tujuan.

Tahap-tahap dalam penggunaan fasilitas *Solver* antara lain :

1. Masuk ke program *Microsoft Excel* dan buat lembar kerja.
2. Menentukan nilai tujuan berupa nilai keuntungan dan nilai kendala berupa luas baku, ketersediaan air irigasi dan kebutuhan air tanaman.

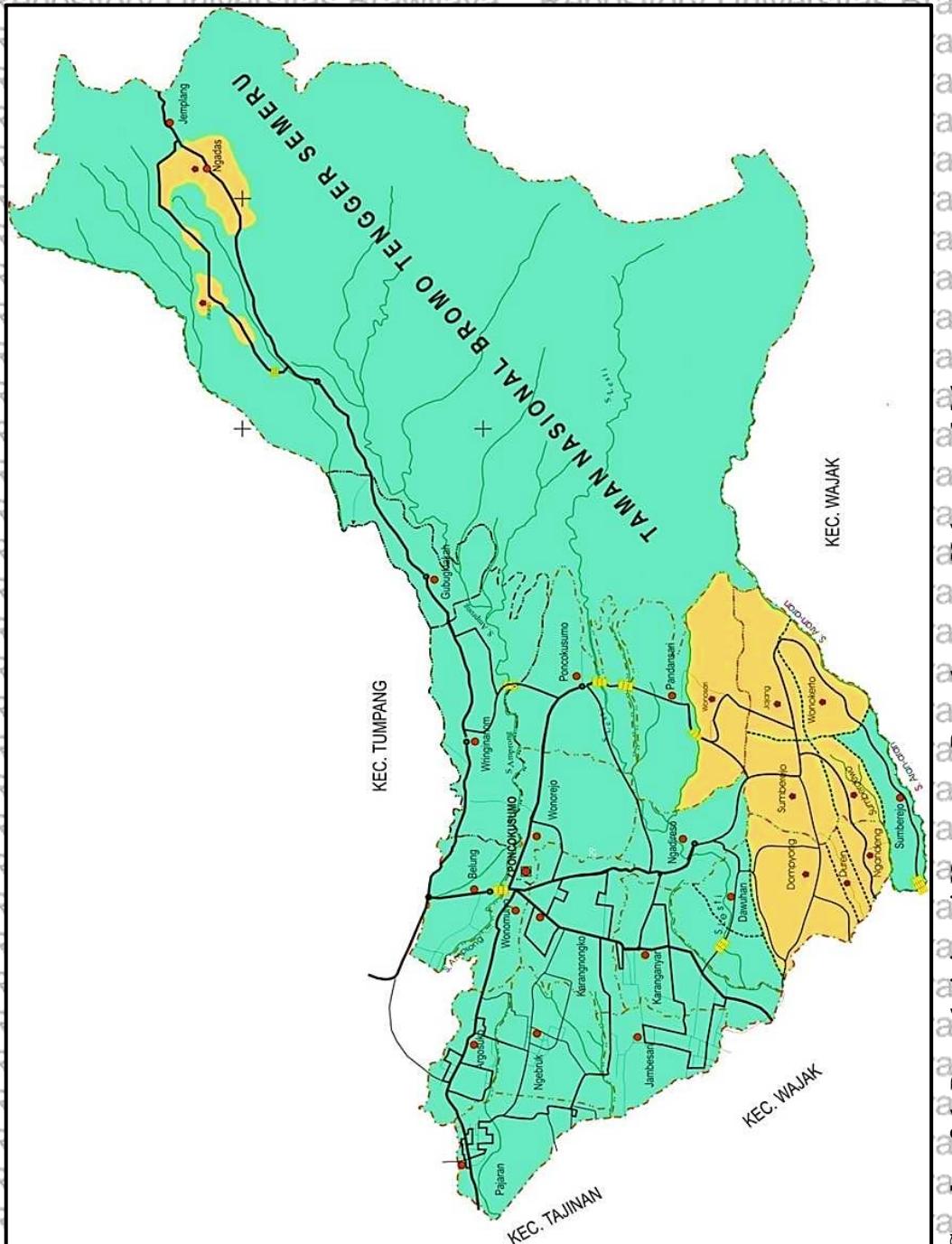


Gambar 2.3. Tampilan fasilitas *Solver* dari *Microsoft Excel*

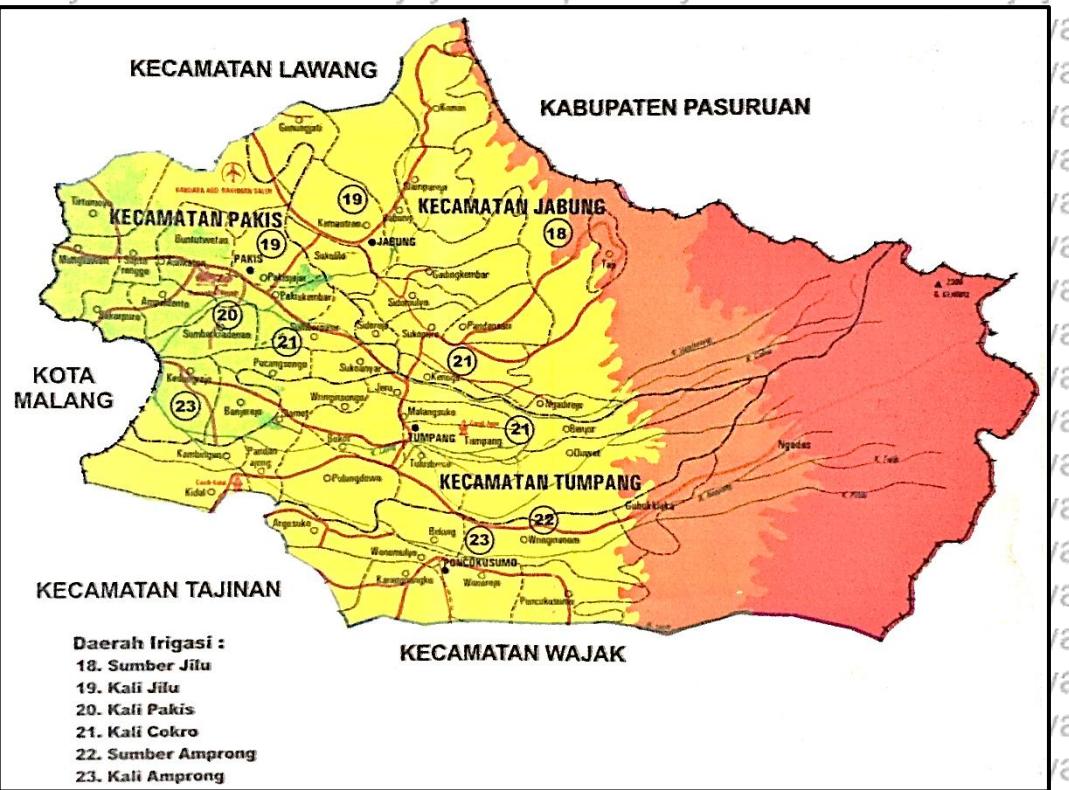
3. Nilai  $X_1, X_2, \dots, X_n$  yang merupakan variabel keputusan diberi nilai rekaan untuk coba-coba.
4. Tulis rumus tujuan, kendala dan keputusan, lalu sesuaikan dengan perhitungan optimasi setiap musim tanam pada *Microsoft Excel*.
5. Beri perintah *tools* pada *Solver* sesuai dengan rumusan matematika fungsi tujuan dan kendala.
6. Masukan fungsi tujuan utama ke *set objective*, variabel keputusan ke *by changing variable cells* dan fungsi kendala ke *subject to the constraints*.
7. Pilih kotak *text by changing cells*, masukkan *range* yang ingin diubah.
8. Masukkan nilai untuk fungsi kendala, dengan memilih *add*, kotak dialog akan tampil dan diakhiri dengan *ok*.
9. Pilih *Solve* atau tekan *enter*.
10. Setelah melakukan perhitungan sejenak, *Microsoft Excel* akan menampilkan kotak dialog *Solve Result* yang memberitahu jika solusi telah ditemukan.
11. Pilih *OK*, dan diperoleh nilai  $X_1, X_2$  dan nilai tujuan akan berubah dan menjadi nilai optimal)





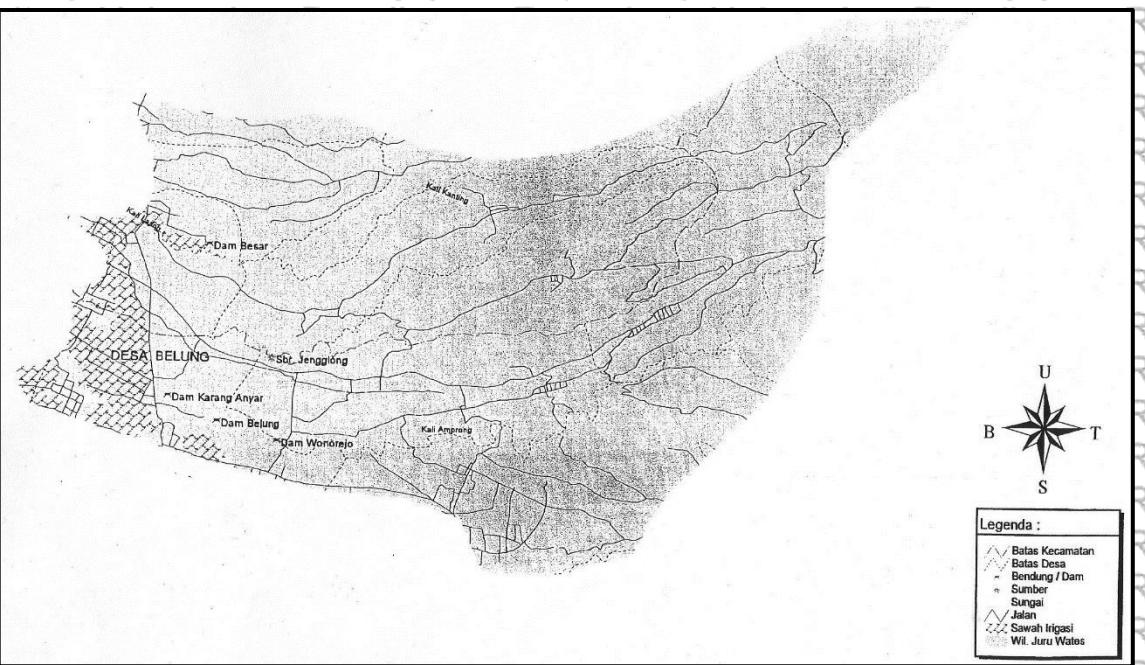


**Gambar 3.1** Peta administrasi Kecamatan Poncokusumo, Kabupaten Malang  
Sumber: [poncokusumo.malangkab.go.id](http://poncokusumo.malangkab.go.id)



**Gambar 3.2.** Peta administratif dan wilayah kerja UPTD SDA Tumpang

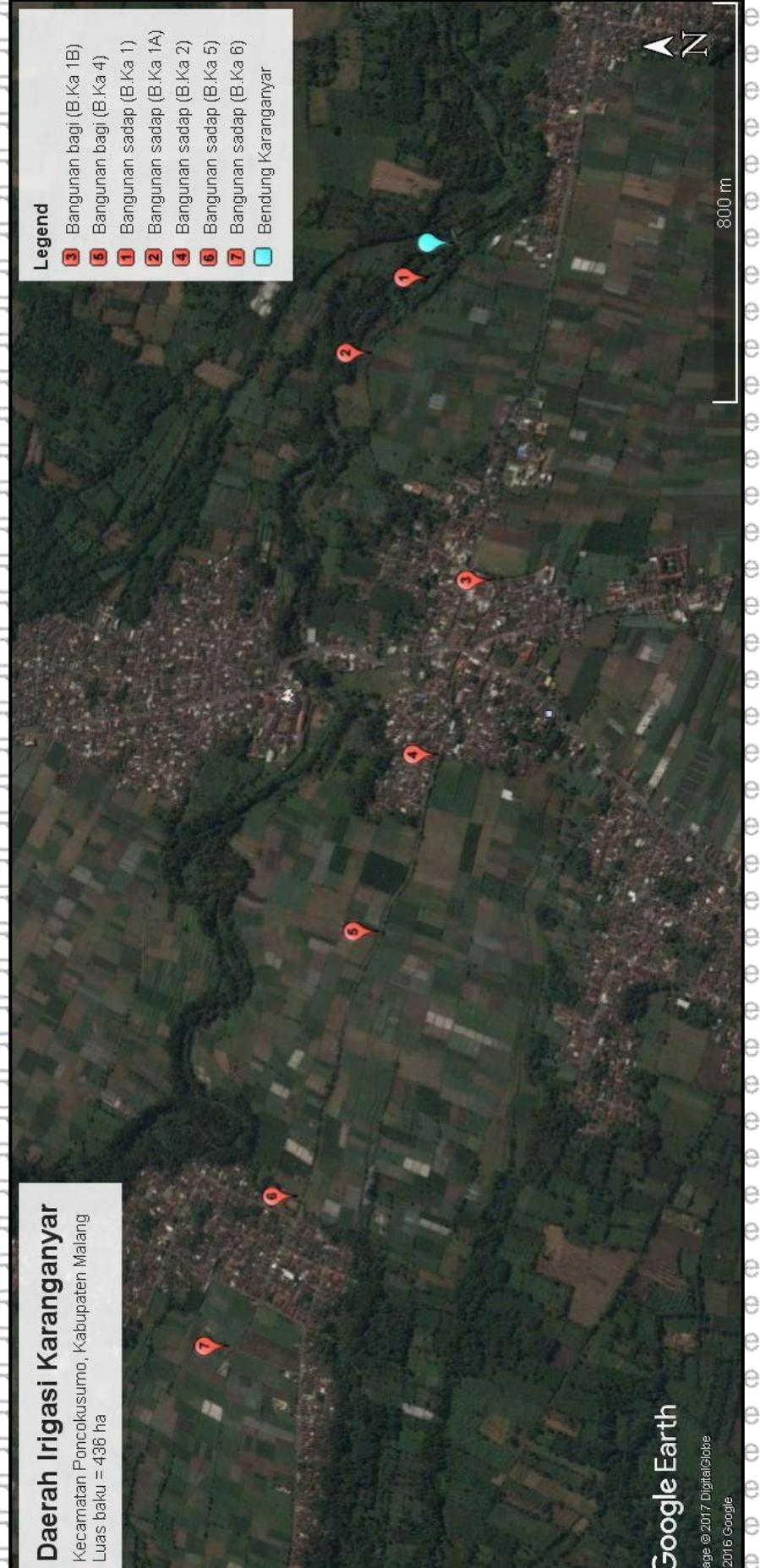
Sumber: Dinas PU SDA Kabupaten Malang



### **Gambar 3.3. Peta wilayah Juru Pengairan Wates**

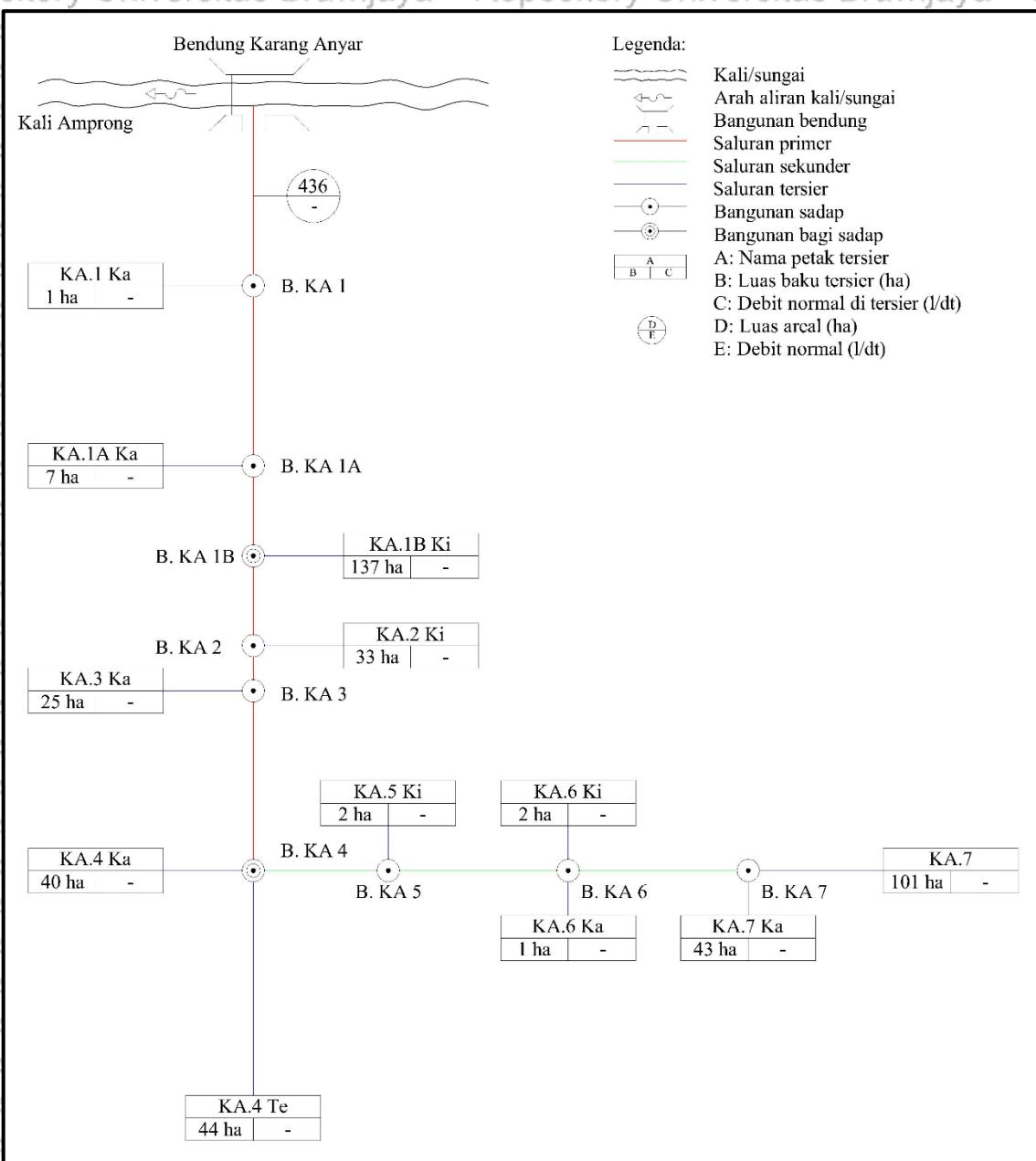
Sumber: UPTD SDA Tumpang, Kabupaten Malang

**Daerah Irigasi Karang Anyar**  
Kecamatan Poncokusumo, Kabupaten Malang  
Luas baku = 436 ha



Gambar 3.4. Peta citra DI Karang Anyar

Sumber: *GoogleEarth* (2017)



**Gambar 3.5.** Skema jaringan irigasi di DI Karang Anyar

Sumber: Dinas PU SDA Kabupaten Malang



**Gambar 3.6.** Bendung Karang Anyar

Sumber: Dokumentasi (2017)



**Gambar 3.7.** Bangunan pengambilan utama di Bendung Karang Anyar

Sumber: Dokumentasi (2017)



**Gambar 3.8.** Pintu pengambilan di petak tersier KA.1B Ki  
Sumber: Dokumentasi (2017)

Sumber: Dokumentasi (2017)



**Gambar 3.9.** Lahan sawah di DI Karang Anyar

Sumber: Dokumentasi (2017)

### 3.2. Pengumpulan Data

Dalam studi ini dibutuhkan ketersediaan data-data yang mendukung guna analisa secara hidrologi serta perencanaan pola tata tanam dalam studi optimasi pola tata tanam di DI Karang Anyar.

Adapun data-data yang dibutuhkan dalam studi ini adalah berupa data sekunder, dimana antara lain dapat dilihat pada Tabel 3.1.

**Tabel 3.1.** Data yang dibutuhkan dalam studi

No.	Jenis Data	Sumber	Kegunaan Data dalam Studi
1.	Skema jaringan irigasi DI Karang Anyar	Dinas PU SDA Kabupaten Malang	<ul style="list-style-type: none"><li>Fungsi kendala serta variabel keputusan dalam optimasi berupa luas lahan baku</li></ul>
2.	Hasil pencatatan curah hujan harian di pos hujan Jabung, Tumpang dan Poncokusumo tahun 2007 s.d. tahun 2016	BMKG Stasiun Klimatologi Karangploso, Kabupaten Malang	<ul style="list-style-type: none"><li>Perhitungan nilai curah hujan rerata daerah</li><li>Perhitungan nilai curah hujan andalan</li><li>Perhitungan nilai curah hujan efektif</li><li>Perhitungan kebutuhan bersih air irigasi</li><li>Perhitungan nilai evapotranspirasi potensial</li><li>Perhitungan nilai curah hujan efektif</li><li>Perhitungan nilai <i>Land Preparation</i></li><li>Perhitungan nilai penggunaan air konsumtif (PAK)</li></ul>
4.	Pencatatan debit air rerata 10 harian saluran utama DI Karang Anyar tahun 2007 s.d. tahun 2016	UPTD SDA Tumpang Kabupaten Malang	<ul style="list-style-type: none"><li>Perhitungan debit andalan</li><li>Perhitungan neraca air</li><li>Variabel kendala dalam optimasi</li></ul> <p>Mengetahui:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>Jadwal dan pola tanam</li><li>kondisi kebutuhan air irigasi eksisting</li><li>luas baku tanaman tebu</li></ul>
5.	Luas tanam tanaman di DI Karang Anyar musim tanam tahun 2015/2016	Dinas Tanaman Pangan, Hortikultura dan Perkebunan Kabupaten Malang	Variabel pada fungsi tujuan dalam optimasi berupa keuntungan hasil usaha tani per musim tanam
6.	Data analisa hasil usaha tani (padi, palawija dan tebu) per musim tanam di Kecamatan Poncokusumo tahun 2016		

### **3.3. Tahapan Studi**

#### **3.3.1. Tahapan Pengerjaan secara Umum**

Untuk memperlancar langkah-langkah pengerjaan selama studi ini, maka diperlukan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Pengolahan data klimatologi untuk mengetahui nilai  $ET_0$  atau evapotranspirasi potensial dengan menggunakan metode Penman Modifikasi.
2. Pengolahan data hujan secara bertahap yang meliputi:
  - a. pemeriksaan konsistensi data curah hujan dengan metode *double mass curve*;
  - b. perhitungan curah hujan daerah dengan metode rerata arimatik;
  - c. perentuan curah hujan andalan dengan menggunakan metode *basic year*; dan
  - d. perhitungan curah hujan efektif untuk setiap tanaman, dimana setelah melakukan perhitungan curah hujan andalan maka hasilnya digunakan untuk mengetahui nilai curah hujan efektif yang disesuaikan dengan jenis tanaman.
3. Menentukan debit andalan sesuai dengan persentase keandalan yang ditentukan sehingga diketahui ketersediaan debit air irigasi dalam kondisi rendah, normal dan cukup dengan menggunakan persamaan *Weibull*.
4. Menetukan nilai-nilai yang mempengaruhi kebutuhan air irigasi yang meliputi evapotranspirasi potensial (metode Penman Modifikasi), curah hujan efektif, perkolasasi, kebutuhan air untuk penyiapan lahan (metode *Van de Goor* dan *Zijlstra*), pergantian lapisan air (untuk tanaman padi), koefisien jenis tanaman dan efisiensi irigasi.
5. Menentukan nilai kebutuhan air tanaman sesuai dengan nilai-nilai yang mempengaruhi kebutuhan air irigasi dengan membuat pola tata tanam yang sesuai dengan jadwal tanam yang berlaku di DI Karang Anyar dan skenario pola tata tanam.
6. Perhitungan optimasi pola tata tanam melalui program linier dengan bantuan fasilitas *Solver* dari *Microsoft Excel* sehingga diperoleh luas lahan optimal dan keuntungan maksimal yang sesuai dengan ketersediaan debit air irigasi dalam kondisi rendah, normal dan cukup.

#### **3.3.2. Tahapan Optimasi Pola Tata Tanam melalui Program Linier**

Dalam melakukan optimasi pola tata tanam melalui program linier, maka dilakukan langkah-langkah seperti berikut:

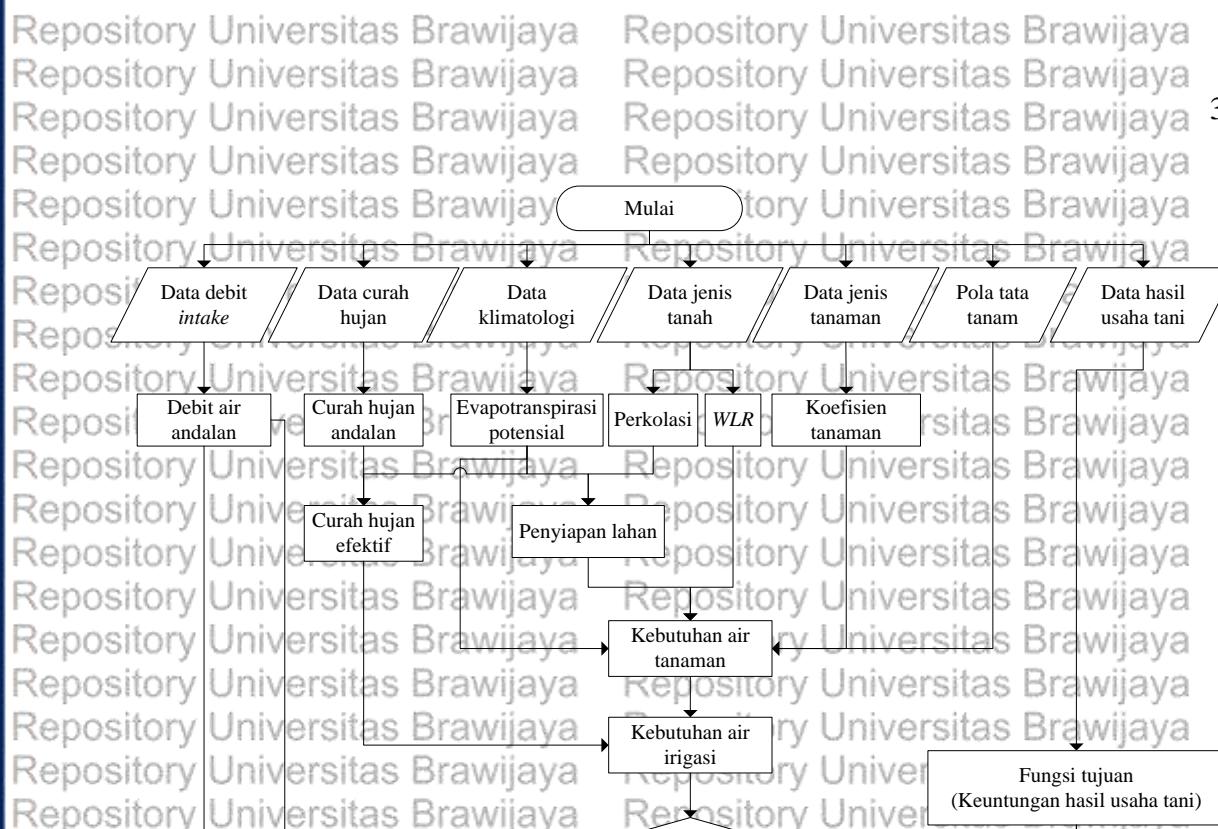
1. Menentukan skenario pola tata tanam dimana yang akan ditentukan adalah jenis tanaman selama satu tahun atau tiga musim tanam.

2. Menghitung volume kebutuhan air tanaman yang sesuai dengan skenario pola tata tanam yang telah ditentukan.
  3. Menentukan persamaan atau model matematika linier dimana meliputi variabel keputusan, fungsi kendala dan fungsi tujuan yang disesuaikan dengan luas tanam baku, volume ketersediaan air irigasi, skenario pola tata tanam dan volume kebutuhan air tanaman.
  4. Melakukan perhitungan optimasi pada setiap musim tanam untuk setiap skenario pola tata tanam melalui program linier dengan menggunakan fasilitas *Solver* dari

Mirosoft Excel. Universitas Brawijaya

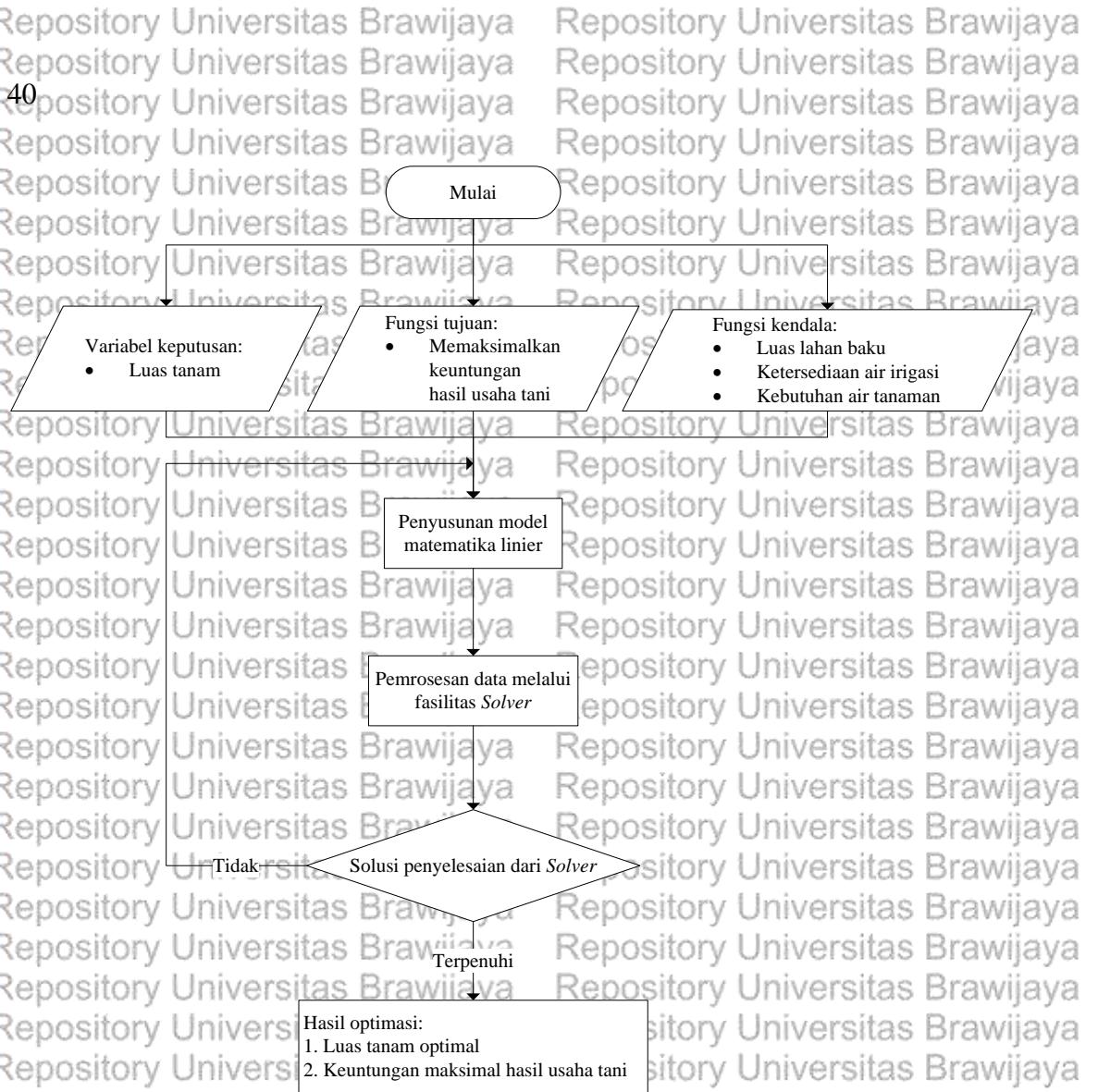
5. Memasukkan nilai-nilai parameter yang sesuai dengan model matematika linier yang meliputi variabel keputusan, fungsi kendala dan fungsi tujuan ke fasilitas *Solver* pada setiap musim tanam dari skenario pola tata tanam dan kondisi ketersediaan air irigasi. Dari hasil optimasi melalui program linier dengan fasilitas *Solver*, dapat diketahui luas lahan optimal dan keuntungan maksimal pada setiap skenario pola tata tanam.

Hasil optimasi melalui program liner dengan fasilitas Solver, dapat diketahui luas lahan optimal dan keuntungan maksimal pada setiap skenario pola tata tanam.



**Gambar 3.10.** Diagram alur untuk pengerajan studi secara umum

40

**Gambar 3.11.** Diagram alur pengajaran studi optimasi melalui program linier

Selesai

# **HASIL DAN PEMBAHASAN**

## **4.1. Analisa Hidrologi**

### **4.1.1. Perhitungan Evapotranspirasi**

Untuk mengetahui serta memperoleh informasi mengenai karakteristik iklim suatu lokasi studi, maka diperlukan data klimatik yang mencakup temperatur, angin, kelembaban udara dan lama hari. Untuk mendapatkan data iklim di suatu lokasi, dapat digunakan tersebut berasal dari BMKG (Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika) yang berada di Malang.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1. Analisa Hidrologi**

#### 4.1.1. Perhitungan Evapotranspirasi Potensial

Untuk mengetahui serta memperoleh besarnya nilai evapotranspirasi potensial di lokasi studi, maka diperlukan data klimatologi yang meliputi temperatur udara, kecepatan angin, kelembaban udara dan lama penyinaran matahari. Data klimatologi yang digunakan tersebut berasal dari BMKG Stasiun Klimatologi Karangploso Kabupaten Malang.

**Tabel 4.1.** Data klimatologi rerata dari tahun 2007 s.d. 2016

No.	Uraian	Satuan	Bulan											
			Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu	Sep	Okt	Nov	Des
1	Suhu udara	°C	23,92	23,87	23,93	24,06	23,97	23,20	22,46	22,05	23,25	24,56	24,59	24,19
2	Kecepatan Angin (U)	km/hari	123,20	121,12	110,82	157,48	149,19	114,53	147,56	161,42	171,18	158,72	125,52	98,05
3	Kelembaban Udara (RH)	%	82,13	82,40	82,14	80,89	77,85	74,82	74,22	73,55	70,34	70,31	76,90	81,86
4	Penyinaran Matahari (n/N)	%	48,21	45,48	49,44	62,52	74,06	76,49	75,72	81,78	82,34	76,42	64,90	45,34

Sumber: BMKG Stasiun Klimatologi Karangploso Kabupaten Malang

Contoh perhitungan untuk evapotransporasi potensial pada bulan Januari adalah sebagai berikut:

Diketahui:

Lokasi DJ Karangasem =  $8^{\circ}0'1''$  LS

Temperatur (T) = 23,92°C

Kecepatan angin (U) = 123,20 km/hari

Penyelesaian:

- Menentukan nilai tekanan uap jenuh ( $es$ ), nilai  $w$ , dan nilai  $f(T)$  berdasarkan temperatur dari Lampiran 5 Tabel 1. Dari nilai temperatur sebesar  $23,92^\circ\text{C}$ , diperoleh nilai  $es = 29,57 \text{ mbar}$ ;  $w = 0,74$ ; dan  $f(T) = 15,38$ .
  - Menhitung nilai perbedaan tekanan uap jenuh dengan tekanan uap Fang sebenarnya.

Menghitung nilai perbedaan tekanan uap jenuh atau *saturation deficit* (sd) menggunakan rumus

$$sd = es - ea \quad PH = 29.57 - 82.13\% = 24.29 \text{ mbar}$$

$\Delta d = 12.4 \text{ cm} = 20.57 - 24.29 = -5.28 \text{ mbar}$

42

3. Menentukan nilai radiasi gelombang pendek ( $R_a$ ) sesuai dengan letak lintang  $8^{\circ}0'1''$

LS. Dari hasil interpolasi pada Tabel 2 pada Lampiran 5, diperoleh nilai  $R_a$  sebesar  $16,10 \text{ mm/hari}$ .

4. Menghitung nilai radiasi gelombang pendek yang dipancarkan ( $R_{ns}$ ) berdasarkan nilai-nilai radiasi gelombang pendek ( $R_a$ ) dan lama penyinaran matahari ( $\frac{n}{N}$ ) menggunakan rumus 2-13 dan 2-14. Untuk nilai  $R_a$  sebesar  $16,10$  dan  $\frac{n}{N}$  sebesar  $48,21\%$ , maka:

$$R_s = R_a (0,25 + 0,50 \frac{n}{N}) = 16,10 (0,25 + 0,50 \times 48,21\%) = 8,22 \text{ mm/hari}$$

$$R_{ns} = (1 - 0,25) R_s = (1 - 0,25) 8,22 = 6,16 \text{ mm/hari}$$

5. Menghitung nilai efek tekanan udara pada radiasi gelombang panjang dengan menggunakan rumus 2-11.

$$f(ea) = 0,34 + 0,044 \sqrt{ea} = 0,34 + 0,044 \sqrt{24,29} = 0,12$$

6. Menghitung nilai fungsi kecerahan matahari  $f(\frac{n}{N})$  dengan menggunakan rumus 2-12.

Dari nilai  $\frac{n}{N}$  sebesar  $48,21\%$ , maka:

$$f(\frac{n}{N}) = 0,1 + 0,9 (\frac{n}{N}) = 0,1 + 0,9 (48,21\%) = 0,53$$

7. Menghitung nilai fungsi kecepatan angin  $f(U)$  dengan menggunakan rumus 2-10.

Diketahui kecepatan angin rerata sebesar  $123,20 \text{ km/detik}$ , maka:

$$f(U) = 0,27 \left(1 + \frac{U}{100}\right) = 0,27 \left(1 + \frac{123,20}{100}\right) = 0,60$$

8. Menghitung nilai radiasi gelombang panjang bersih ( $R_{nl}$ ) dan nilai net radiasi ekuivalen evaporasi ( $R_n$ ) berdasarkan hasil perhitungan nilai  $f(T)$ ,  $f(ea)$  dan nilai  $f(\frac{n}{N})$

dengan menggunakan rumus 2-15 dan rumus 2-16.

$$R_{nl} = f(T) \times f(ea) \times f(\frac{n}{N}) = 15,38 \times 0,12 \times 0,42 = 1,01 \text{ mm/hari}$$

$$R_n = R_{ns} - R_{nl} = 6,16 - 1,01 = 5,15 \text{ mm/hari}$$

9. Menghitung nilai evapotranspirasi potensial dengan mencari angka koreksi ( $C$ ) untuk bulan Januari sebesar  $1,10$  yang selanjutnya dihitung dengan rumus:

$$ET_0 = c [w \cdot R_n + (1-w) \cdot f(U) \cdot (ea - es)] \\ = 1,10 [0,74 (5,15) + (1-0,74) \times 0,60 (5,28)] \\ = 5,11 \text{ mm/hari}$$

Untuk hasil perhitungan pada bulan yang lainnya, dapat dilihat pada Tabel 4.2.

**Tabel 4.2.** Hasil perhitungan nilai evapotranspirasi potensial dengan menggunakan metode Penman Modifikasi

No.	DATA	Sabtu	Jumat	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Okttober	November	Desember
1	Suhu udara (T) °C	23,92	23,87	23,93	24,06	23,97	23,20	22,46	22,05	23,25	24,56	24,59	24,19	
2	Kecepatan angin (U) km/hari	123,20	121,12	110,82	157,48	149,19	114,53	147,56	161,42	171,18	158,72	125,52	98,05	
3	Kelembaban udara relatif (RH) %	82,13	82,40	82,14	80,89	77,85	74,82	73,55	70,34	70,31	76,90	81,86	45,34	
4	Penyinaran matahari (n/N)	48,21	45,48	49,44	62,52	74,06	75,72	81,78	82,34	76,42	64,90	30,08	30,08	
<b>II ANALISA DATA</b>														
1	Tekanan uap jenuh (es) mbat	29,57	29,09	29,58	29,80	29,66	28,36	27,11	26,44	28,45	30,77	Brawijaya	Brawijaya	
2	w	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,73	0,72	0,74	0,75	Brawijaya	Brawijaya	
3	(1 - w)	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,27	0,28	0,26	0,25	Brawijaya	Brawijaya	
4	Fungsi suhu [f(T)]	15,38	15,37	15,39	15,41	15,40	15,24	15,09	15,00	15,25	15,54	Brawijaya	Brawijaya	
5	Tekanan uap jenuh (ea)	24,29	23,97	24,30	24,11	23,09	21,22	20,12	19,45	20,01	21,64	Brawijaya	Brawijaya	
6	Tekanan uap sebenarnya (sd)	5,28	5,12	5,28	5,70	6,57	7,14	6,99	6,99	8,44	9,14	Brawijaya	Brawijaya	
7	Nilai radiasi matahari (Ra)	16,10	15,50	14,40	13,10	12,40	12,70	13,70	14,90	14,90	16,00	Brawijaya	Brawijaya	
8	Nilai radiasi gelombang pendek (Rs)	8,22	7,98	8,01	8,46	8,51	8,22	8,37	9,48	10,35	9,87	Brawijaya	Brawijaya	
9	Nilai radiasi gelombang pendek yang dipancarkan (Rns)	6,16	5,98	6,01	6,35	6,39	6,17	6,28	7,11	7,76	7,41	Brawijaya	Brawijaya	
10	Fungsi tekanan uap jenuh [f(sea)]	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,13	0,14	0,14	0,15	0,14	Brawijaya	Brawijaya	
11	Fungsi penyinaran matahari (Rn/N)	0,53	0,51	0,54	0,56	0,77	0,79	0,78	0,84	0,84	0,79	Brawijaya	Brawijaya	
12	Fungsi kecepatan angin [f(U)]	0,60	0,60	0,57	0,70	0,67	0,58	0,67	0,71	0,73	0,70	Brawijaya	Brawijaya	
13	Nilai radiasi gelombang panjang bersih (Rnl)	1,01	0,98	1,03	1,27	1,52	1,65	1,68	1,83	1,84	1,66	Brawijaya	Brawijaya	
14	Net radiasi ekivalen evaporasi (Rn)	5,15	5,01	4,98	5,08	4,87	4,52	4,59	5,28	5,93	5,75	Brawijaya	Brawijaya	
15	Koefisien bulan Penman (C)	5,11	1,10	1,10	1,00	0,90	0,90	0,90	1,00	1,10	1,10	Brawijaya	Brawijaya	
16	Evapotranspirasi potensial (ET <sub>0</sub> )	158,42	143,76	138,62	129,44	132,62	119,22	128,75	160,64	197,74	201,44	Brawijaya	Brawijaya	

Keterangan:

**I. Data**

1. Diketahui dari Lampiran 4-Tabel 4.3

2. Diketahui dari Tabel 4.3

3. Diketahui dari Tabel 4.3

4. Diketahui dari Tabel 4.3

5. ea = es . (RH/100)

6. sd = es - ea

7. Analisa data

8. Rs = Ra [0,25 + 0,50 (n/N)]

9. Rns = (1 - 0,25)Rs

10. f(cea) = 0,34 - 0,044 √ ea

11. f(n/N) = 0,1 + [0,9 x (n/N)]

12. f(U) = 0,27 x [1 + (U/100)]

13. Rnl = f(U) x f(ed) x f(n/N)

14. Rn = Rns Rnl

15. Koefisien koreksi untuk metode Penman

16. ET<sub>0</sub> = C [(w . Rn) + (1-w) . ea-es]

#### 4.1.2. Perhitungan Curah Hujan

##### 4.1.2.1. Pemeriksaan Konsistensi Data Curah Hujan

Pemeriksaan ini dilakukan untuk mengetahui kekonsistenan data curah hujan yang digunakan di setiap stasiun hujan yang berdekatan apakah konsisten atau tidak. Metode uji konsistensi yang digunakan adalah metode lengkung massa ganda (*double mass curve*) dimana metode ini membandingkan data curah hujan kumulatif selama satu tahun di suatu stasiun hujan dengan data curah hujan kumulatif tahunan di stasiun hujan sekitarnya.

Data curah hujan yang digunakan merupakan data hasil pencatatan curah hujan harian selama 10 tahun yang telah dikumulatifkan menjadi curah hujan tahunan untuk mempermudah proses pemeriksaan konsistensi. Untuk data curah hujan tahunan sampai dengan hasil perhitungan curah hujan untuk dilakukan pemeriksaan konsistensi dapat dilihat pada Tabel 4.4 sampai dengan Tabel 4.6. Gambar 4.1 sampai dengan Gambar 4.3 menunjukkan grafik hasil uji konsistensi data.

Berdasarkan hasil uji konsistensi dari pos hujan Jabung, Tumpang dan Poncokusumo menunjukkan nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) dari 99,60% hingga 99,95%. Selain itu, terlihat dari grafik setiap hasil uji konsistensi bahwa hasil uji tidak terlalu menyimpang. Hal ini menunjukkan bahwa satu pos curah hujan terhadap pos curah hujan lainnya memiliki korelasi sangat kuat, terlihat dari angka koefisien determinasi yang hampir mendekati 100%. Oleh karena hal tersebut, data curah hujan dari ketiga pos yang digunakan tidak terlalu menyimpang akibat pengaruh lingkungan maupun kesalahan pencatatan sehingga dapat digunakan untuk perhitungan selanjutnya dengan menggunakan data curah hujan dari ketiga pos hujan tersebut. Hasil uji konsistensi yang telah dilakukan pada tiga pos curah hujan di atas dapat dilihat pada Tabel 4.3.

**Tabel 4.3.** Nilai koefisien determinasi pada setiap pos hujan

Nama Pos Hujan	Nilai Koefisien Determinasi ( $R^2$ )
Jabung (Pos Hujan A)	0,9960
Tumpang (Pos Hujan B)	0,9995
Poncokusumo (Pos Hujan C)	0,9969

Sumber: Hasil perhitungan (2017)

Repository Universitas Brawijaya  
Repository Universitas Brawijaya

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

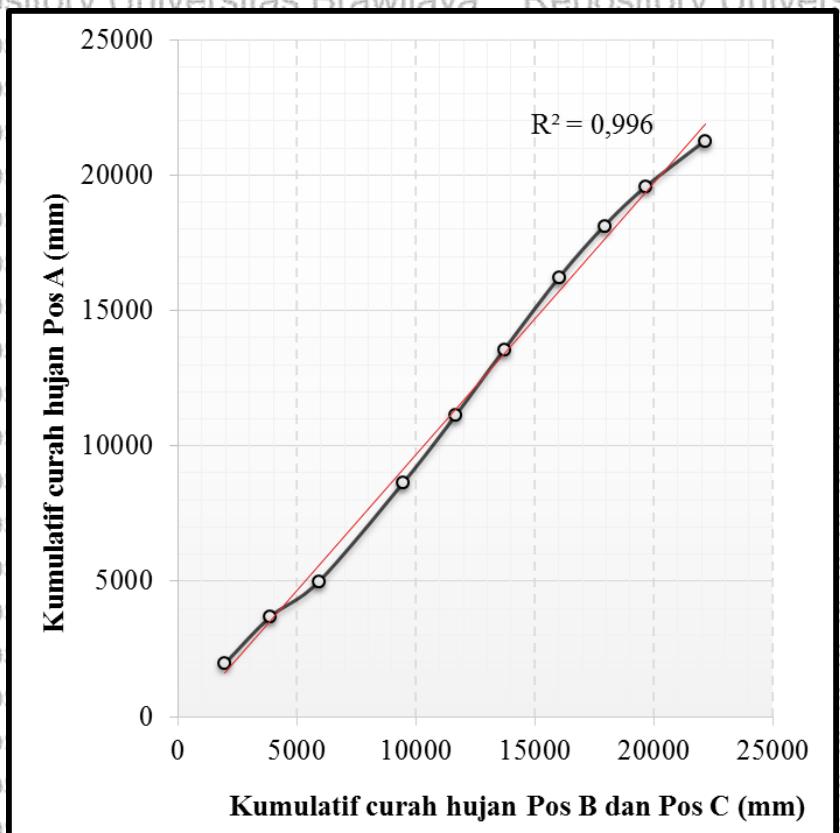
Repository  
Repository  
Repository  
Repository  
Repository  
Repository

45

**Tabel 4.4.** Hasil perhitungan pemeriksaan konsistensi data curah hujan antara Pos Hujan Jabung dengan Pos Hujan Tumpang dan Pos Hujan Poncokusumo

Tahun	Jumlah curah hujan tahunan (mm)			CH Pos A (mm)	CH Pos B dan Pos C (mm)	
	Jabung (Pos A)	Tumpang (Pos B)	Poncokusumo (Pos C)		Kumulatif	Rerata
2007	1983,00	2087,00	1790,00	1983,00	1938,50	1938,50
2008	1726,20	1938,00	1889,00	3709,20	1913,50	3852,00
2009	1307,00	1890,00	2203,00	5016,20	2046,50	5898,50
2010	3632,00	3714,00	3357,00	8648,20	3535,50	9434,00
2011	2509,00	2538,00	1911,00	11157,20	2224,50	11658,50
2012	2418,00	2203,00	1864,00	13575,20	2033,50	13692,00
2013	2664,00	2320,00	2312,00	16239,20	2316,00	16008,00
2014	1897,00	2020,00	1771,00	18136,20	1895,50	17903,50
2015	1440,00	1979,00	1488,00	19576,20	1733,50	19637,00
2016	1704,00	2356,00	2670,00	21280,20	2513,00	22150,00

Sumber: Hasil perhitungan (2017)



**Gambar 4.1.** Hasil pemeriksaan konsistensi data curah hujan antara Pos Hujan Jabung dengan Pos Hujan Tumpang dan Pos Hujan Poncokusumo

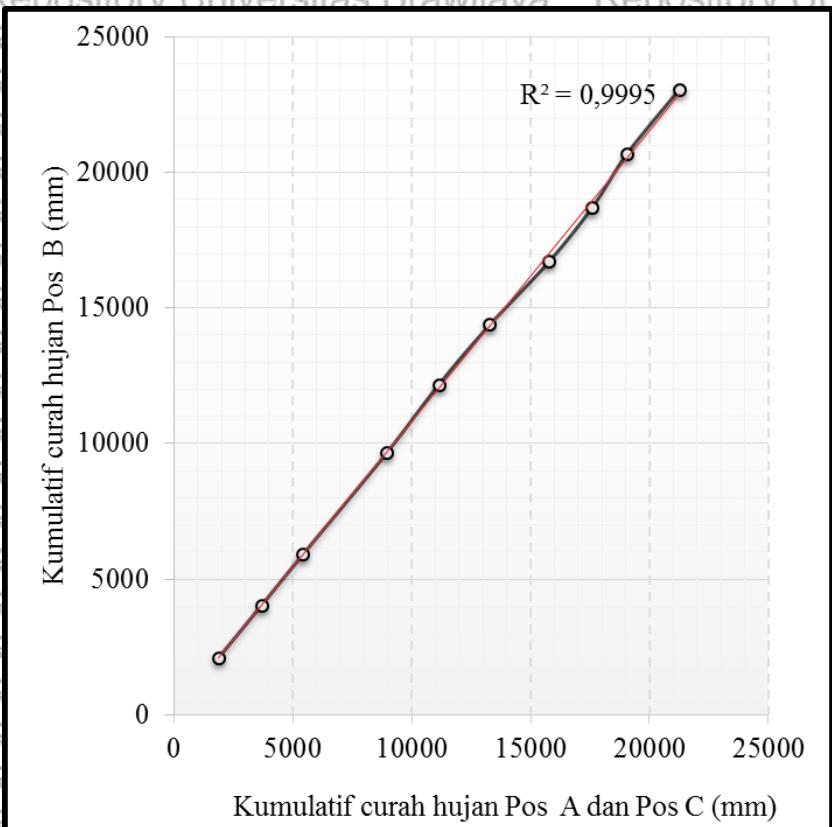
Sumber: Hasil perhitungan (2017)

46

**Tabel 4.5.** Hasil perhitungan pemeriksaan konsistensi data curah hujan antara Pos Hujan Tumpang dengan Pos Hujan Jabung dan Pos Hujan Poncokusumo

Tahun	Jumlah curah hujan tahunan (mm)			CH Pos B (mm)	CH Pos A dan Pos C (mm)	
	Jabung (Pos A)	Tumpang (Pos B)	Poncokusumo (Pos C)		Kumulatif	Rerata
2007	1983,00	2087,00	1790,00	2087,00	1886,50	1886,50
2008	1726,20	1938,00	1889,00	4025,00	1807,60	3694,10
2009	1307,00	1890,00	2203,00	5915,00	1755,00	5449,10
2010	3632,00	3714,00	3357,00	9629,00	3494,50	8943,60
2011	2509,00	2538,00	1911,00	12167,00	2210,00	11153,60
2012	2418,00	2203,00	1864,00	14370,00	2141,00	13294,60
2013	2664,00	2320,00	2312,00	16690,00	2488,00	15782,60
2014	1897,00	2020,00	1771,00	18710,00	1834,00	17616,60
2015	1440,00	1979,00	1488,00	20689,00	1464,00	19080,60
2016	1704,00	2356,00	2670,00	23045,00	2187,00	21267,60

Sumber: Hasil perhitungan (2017)

**Gambar 4.2.** Hasil pemeriksaan konsistensi data curah hujan antara Pos Hujan Tumpang dengan Pos Hujan Jabung dan Pos Hujan Poncokusumo

Sumber: Hasil perhitungan (2017)

**Tabel 4.6.** Hasil perhitungan pemeriksaan Poncokusumo dengan Positif

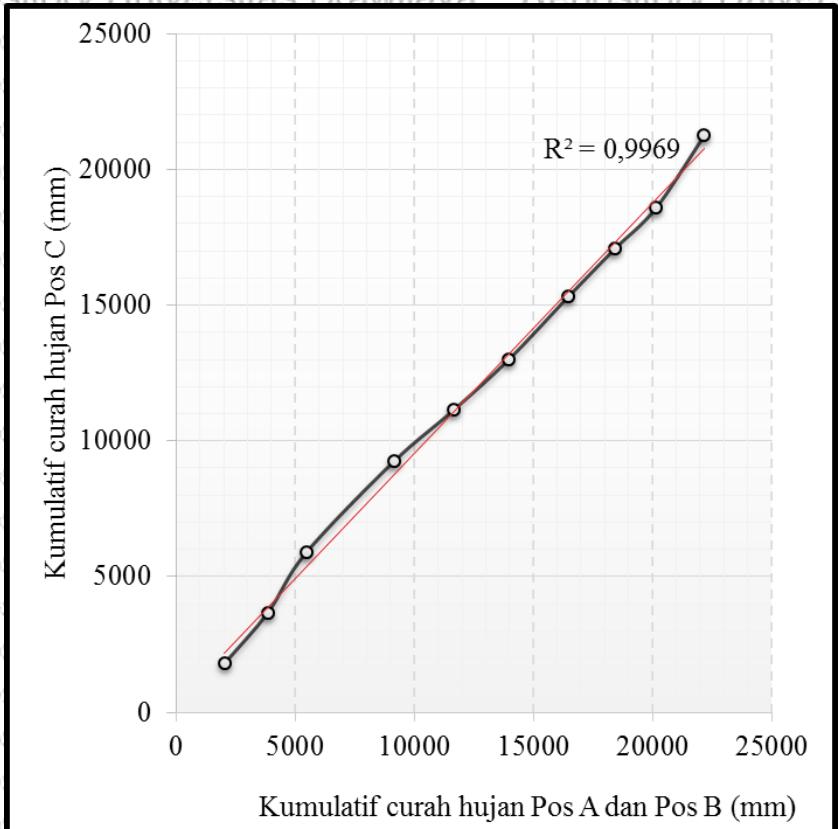
Repository Universitas Brawijaya  
an konsistensi data curah hujan antara Pos Hujan Jabung dan Pos Hujan Tumpang

47 Repository  
Repository  
Repository  
Repository  
ian Repository  
Repository

**Tabel 4.6.** Hasil perhitungan pemeriksaan konsistensi data curah hujan antara Pos Hujan Poncokusumo dengan Pos Hujan Jabung dan Pos Hujan Tumpang

Tahun	Jumlah curah hujan tahunan (mm)			CH Pos C (mm)	CH Pos A dan Pos B (mm)	
	Jabung (Pos A)	Tumpang (Pos B)	Poncokusumo (Pos C)		Kumulatif	Rerata
2007	1983,00	2087,00	1790,00	1790,00	2035,00	2035,00
2008	1726,20	1938,00	1889,00	3679,00	1832,10	3867,10
2009	1307,00	1890,00	2203,00	5882,00	1598,50	5465,60
2010	3632,00	3714,00	3357,00	9239,00	3673,00	9138,60
2011	2509,00	2538,00	1911,00	11150,00	2523,50	11662,10
2012	2418,00	2203,00	1864,00	13014,00	2310,50	13972,60
2013	2664,00	2320,00	2312,00	15326,00	2492,00	16464,60
2014	1897,00	2020,00	1771,00	17097,00	1958,50	18423,10
2015	1440,00	1979,00	1488,00	18585,00	1709,50	20132,60
2016	1704,00	2356,00	2670,00	21255,00	2030,00	22162,60

Sumber: Hasil perhitungan (2017)



**Gambar 4.3.** Hasil pemeriksaan konsistensi data curah hujan antara Pos Hujan Poncokusumo dengan Pos Hujan Jabung dan Pos Hujan Tumpang

Sumber: Hasil perhitungan (2017)

#### 4.1.2.2. Perhitungan Curah Hujan Rerata Daerah

Untuk menentukan curah hujan rerata yang ada di jaringan irigasi, digunakan data curah hujan yang tercatat di pos hujan hujan terdekat dengan DI Karang Anyar dimana meliputi pos hujan Jabung, pos hujan Tumpang dan pos hujan Poncokusumo.

Data curah hujan harian yang digunakan adalah hasil pencatatan curah hujan harian selama 10 tahun yang dimulai dari tahun 2007 sampai dengan tahun 2016. Data curah hujan harian setiap tahun tersebut kemudian direkapitulasi menjadi data curah hujan 10 harian untuk setiap masing-masing pos curah hujan. Setelah rekapitulasi data setiap tahun dan setiap pos curah hujan selesai dilakukan, selanjutnya dapat dilakukan perhitungan curah hujan daerah.

Perlu diketahui bahwa analisa data hujan ditujukan guna memperoleh besaran curah hujan daerah. Perlunya menghitung curah hujan daerah adalah untuk menyusun suatu perancangan pemanfaatan air. Metode perhitungan yang dilakukan dalam menentukan curah hujan rerata daerah ini adalah metode rerata arimatik.

Contoh perhitungan curah hujan daerah pada bulan Januari tahun 2016 periode I adalah sebagai berikut:

Diketahui:

- Jumlah stasiun hujan ( $n$ )
- Curah hujan di pos hujan Jabung
- Curah hujan di pos hujan Tumpang
- Curah hujan di pos hujan Poncokusumo

Maka, curah hujan rerata daerah ( $\bar{p}$ ) adalah:

$$\bar{p} = \frac{p_1 + p_2 + p_3}{n} = \frac{25+35+66}{3} = 42,00 \text{ mm}$$

Salah satu hasil perhitungan curah hujan rerata pada tahun 2016 dapat dilihat pada

Tabel 4.7. Untuk hasil perhitungan curah hujan rerata daerah lainnya dapat dilihat pada Lampiran 6. Hasil perhitungan curah hujan rerata daerah per 10 harian tersebut selama 10 tahun kemudian di rekapitulasi pada Tabel 4.8.

**Tabel 4.7.** Hasil perhitungan curah hujan rerata daerah pada tahun 2016

Bulan	Periode	Curah hujan 10 harian (mm)			Rerata (mm)
		Jabung	Tumpang	Poncokusumo	
Januari	I	25	35	66	42,00
	II	7	45	57	36,33
	III	13	73	106	64,00
Februari	I	102	206	184	164,00
	II	94	53	68	71,67
	III	248	249	301	266,00
Maret	I	55	33	64	50,67
	II	21	111	92	74,67
	III	64	78	150	97,33
April	I	42	75	145	87,33
	II	44	62	68	58,00
	III	11	5	33	16,33
Mei	I	9	177	58	81,33
	II	65	77	35	59,00
	III	66	96	77	79,67
Juni	I	31	37	36	34,67
	II	118	38	50	68,67
	III	53	133	49	78,33
Juli	I	0	37	23	20,00
	II	0	3	10	4,33
	III	4	29	2	11,67
Agustus	I	0	12	24	12,00
	II	7	33	22	20,67
	III	0	22	9	9,00
September	I	24	1	8	11,00
	II	0	0	0	0,00
	III	24	19	31	24,67
Oktober	I	119	120	147	128,67
	II	13	11	21	15,00
	III	25	61	65	50,33
November	I	59	90	118	89,00
	II	50	99	172	107,00
	III	95	75	154	108,00
Desember	I	71	117	86	91,33
	II	93	48	99	80,00
	III	52	13	27	30,67

Sumber: Hasil perhitungan (2017)

**Tabel 4.8.** Rekapitulasi hasil perhitungan curah hujan rerata daerah selama 10 tahun

Bulan	Periode	Curah hujan rerata 10 harian (mm)									
		2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Januari	I	0,00	138,33	46,33	119,67	64,00	237,67	64,00	301,33	42,33	42,00
	II	21,33	53,07	211,67	82,33	51,67	161,33	64,33	72,67	81,67	36,33
	III	39,67	67,00	199,67	251,33	59,67	71,00	235,33	111,67	119,67	64,00
Februari	I	110,33	82,33	111,00	149,67	108,00	107,00	120,33	81,00	162,67	164,00
	II	187,67	18,67	154,00	183,67	58,00	143,00	151,33	24,33	54,67	71,67
	III	46,33	44,67	177,00	76,67	32,33	93,00	55,00	77,33	118,33	266,00
Maret	I	32,67	93,33	96,00	73,67	86,67	209,33	101,00	81,67	106,67	50,67
	II	121,67	139,67	76,00	67,33	90,33	82,33	72,67	153,67	97,33	74,67
	III	200,33	173,00	28,00	126,00	216,67	39,33	43,33	35,33	113,67	97,33
April	I	71,00	41,67	124,67	192,67	189,67	44,33	109,67	28,67	102,00	87,33
	II	117,67	0,00	89,00	186,67	78,67	66,67	121,00	120,33	73,33	58,00
	III	48,33	15,33	48,00	226,00	116,67	27,67	56,00	112,67	28,33	16,33
Mei	I	1,00	41,00	15,33	81,67	149,67	36,33	6,00	27,67	55,33	81,33
	II	36,00	1,00	62,00	54,33	35,67	108,33	22,00	22,67	44,67	59,00
	III	48,67	2,00	76,67	48,67	32,33	3,33	110,67	14,33	13,67	79,67
Juni	I	42,67	0,00	53,67	53,00	0,00	10,00	172,67	0,67	12,67	34,67
	II	0,00	0,00	0,00	42,67	0,00	0,00	14,67	10,67	0,00	68,67
	III	30,33	0,00	0,00	51,00	1,00	0,00	4,67	12,67	0,00	78,33
Juli	I	0,00	0,00	0,00	20,33	0,00	0,00	15,67	1,33	0,00	20,00
	II	0,00	0,00	0,00	49,00	0,00	0,00	48,67	3,00	0,00	4,33
	III	0,00	0,00	3,67	46,33	0,00	0,00	21,67	0,00	0,00	11,67
Agustus	I	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,00	0,00	12,00
	II	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	20,67
	III	0,00	0,00	0,00	83,33	0,00	0,00	2,00	0,33	0,00	9,00
September	I	0,00	0,00	0,00	78,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	11,00
	II	0,00	0,00	0,00	114,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	III	0,00	0,00	0,00	126,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	24,67
Oktober	I	0,00	55,33	6,67	62,67	0,00	8,67	0,00	0,00	0,00	128,67
	II	0,00	60,00	0,00	48,67	0,00	27,33	0,00	10,00	0,00	15,00
	III	31,67	66,67	3,33	122,33	0,00	40,33	57,33	7,67	0,00	50,33
November	I	171,00	91,67	22,00	239,00	123,00	36,33	41,67	28,67	8,67	89,00
	II	0,00	126,00	55,33	30,33	147,67	102,00	109,33	51,67	60,00	107,00
	III	48,67	80,67	55,00	128,67	61,33	70,33	92,67	67,33	64,67	108,00
Desember	I	169,00	214,00	28,33	167,00	176,33	127,33	201,67	153,33	100,33	91,33
	II	155,00	168,67	0,00	145,67	154,33	79,67	198,33	99,67	141,00	80,00
	III	222,33	77,00	56,67	39,00	285,67	229,00	118,33	176,67	34,00	30,67

Sumber: Hasil Perhitungan (2016)

#### 4.1.2.3. Curah Hujan Andalan dan Curah Hujan Efektif

Curah hujan andalan adalah curah hujan yang memiliki peluang dapat terjadi dan dapat dimanfaatkan bagi tanaman sesuai dengan probabilitas atau kemungkinan terjadi yang ditentukan. Dalam analisa curah hujan andalan pada studi ini, menggunakan kondisi probabilitas rendah: 80%. Data yang digunakan untuk menentukan curah hujan andalan adalah data hasil perhitungan curah hujan rerata daerah berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel 4.8.

Setelah menentukan curah hujan andalan dengan tingkat probabilitas yang ditentukan, maka langkah selanjutnya adalah menentukan curah hujan efektif. Curah

hujan efektif merupakan salah satu faktor penentu dalam menentukan kebutuhan air irigasi. Tahapan perhitungan curah hujan efektif adalah sebagai berikut:

- Menghitung curah hujan rerata daerah (Tabel 4.8)
- Mengurutkan hasil perhitungan curah hujan rerata daerah untuk setiap tahun dengan urutan angka curah hujan rerata daerah yang terkecil hingga terbesar.

- Menghitung curah hujan andalan dengan probabilitas 80% dengan rumus 2-4 atau seperti berikut:

$$R_X = \frac{n}{\frac{100\%}{100\%-X}} + 1$$

dengan:

$n$  = jumlah tahun hujan (10 tahun); dan

$X$  = probabilitas yang diinginkan (80%)

$$R_{80} = \frac{10}{\frac{100\%}{100\%-80\%}} + 1 \approx 3$$

- Dari hasil pengurutan data selama 10 tahun dan hasil perhitungan pada poin c.,

diperoleh diambil data curah hujan urutan ke-3 untuk curah hujan andalan  $R_{80}$ . Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 4.9.

- Menghitung curah hujan efektif ( $R_e$ ) untuk masing-masing tanaman dengan rumus:

$$R_{epadi} = (70\% \times R_{80})/10 \text{ (mm/hari)}$$

$$R_{tebu} = (60\% \times R_{80})/10 \text{ (mm/hari)}$$

$$R_{palawija} = (50\% \times R_{80})/10 \text{ (mm/hari)}, \text{ dihubungkan dengan Tabel 2.1.}$$

Contoh perhitungan curah hujan efektif untuk tanaman palawija pada bulan Januari:

- Diketahui curah hujan pada bulan Januari

$$\text{Periode I} = 42,33 \text{ mm}$$

$$\text{Periode II} = 51,67 \text{ mm}$$

$$\text{Periode III} = 64,00 \text{ mm}$$

- Perhitungan untuk curah hujan efektif palawija ( $R_{palawija}$ )

$$R_{palawija} \text{ Periode I} = 50\% \times 42,33 = 21,17 \text{ mm}$$

$$R_{palawija} \text{ Periode II} = 50\% \times 51,67 = 25,83 \text{ mm}$$

$$R_{palawija} \text{ Periode III} = 50\% \times 64,00 = 32,00 \text{ mm}$$

**Tabel 4.9.** Hasil perhitungan curah hujan andalan

Bulan	Periode	Curah hujan rata 10 harian (mm) peringkat ke-									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Januari	I	0,00	42,00	42,33	46,33	64,00	64,00	119,67	138,33	237,67	301,33
	II	21,33	36,33	51,67	53,07	64,33	72,67	81,67	82,33	161,33	211,67
	III	39,67	59,67	64,00	67,00	71,00	111,67	119,67	199,67	235,33	251,33
Februari	I	81,00	82,33	107,00	108,00	110,33	111,00	120,33	149,67	162,67	164,00
	II	18,67	24,33	54,67	58,00	71,67	143,00	151,33	154,00	183,67	187,67
	III	32,33	44,67	46,33	55,00	76,67	77,33	93,00	118,33	177,00	266,00
Maret	I	32,67	50,67	73,67	81,67	86,67	93,33	96,00	101,00	106,67	209,33
	II	67,33	72,67	74,67	76,00	82,33	90,33	97,33	121,67	139,67	153,67
	III	28,00	35,33	39,33	43,33	97,33	113,67	126,00	173,00	200,33	216,67
April	I	28,67	41,67	44,33	71,00	87,33	102,00	109,67	124,67	189,67	192,67
	II	0,00	58,00	66,67	73,33	78,67	89,00	117,67	120,33	121,00	186,67
	III	15,33	16,33	27,67	28,33	48,00	48,33	56,00	112,67	116,67	226,00
Mei	I	1,00	6,00	15,33	27,67	36,33	41,00	55,33	81,33	81,67	149,67
	II	1,00	22,00	22,67	35,67	36,00	44,67	54,33	59,00	62,00	108,33
	III	2,00	3,33	13,67	14,33	32,33	48,67	48,67	76,67	79,67	110,67
Juni	I	0,00	0,00	0,67	10,00	12,67	34,67	42,67	53,00	53,67	172,67
	II	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10,67	14,67	42,67	68,67
	III	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	4,67	12,67	30,33	51,00	78,33
Juli	I	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,33	15,67	20,00	20,33
	II	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,00	4,33	48,67	49,00
	III	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,67	11,67	21,67	46,33
Agustus	I	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,00	12,00
	II	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	20,67
	III	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	2,00	9,00	83,33
September	I	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	11,00	78,00
	II	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	114,33
	III	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	24,67	126,00
Oktober	I	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,67	8,67	55,33	62,67
	II	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10,00	15,00	27,33	48,67
	III	0,00	0,00	3,33	7,67	31,67	40,33	50,33	57,33	66,67	122,33
November	I	8,67	22,00	28,67	36,33	41,67	89,00	91,67	123,00	171,00	239,00
	II	0,00	30,33	51,67	55,33	60,00	102,00	107,00	109,33	126,00	147,67
	III	48,67	55,00	61,33	64,67	67,33	70,33	80,67	92,67	108,00	128,67
Desember	I	28,33	91,33	100,33	127,33	153,33	167,00	169,00	176,33	201,67	214,00
	II	0,00	79,67	80,00	99,67	141,00	145,67	154,33	155,00	168,67	198,33
	III	30,67	34,00	39,00	56,67	77,00	118,33	176,67	222,33	229,00	285,67
<b>Tingkat keandalan</b>		<b>R80</b>									

Sumber: Hasil perhitungan (2017)

**Tabel 4.10.** Hasil perhitungan curah hujan efektif untuk tanaman padi dan tebu

<b>Bulan</b>	<b>Periode</b>	<b>Curah hujan andalan (mm)</b>	<b>Re Padi</b>		<b>Re Tebu</b>	
			<b>(mm)</b>	<b>(mm/hari)</b>	<b>(mm)</b>	<b>(mm/hari)</b>
Januari	I	42,33	29,63	2,96	25,40	2,54
	II	51,67	36,17	3,62	31,00	3,10
	III	64,00	44,80	4,07	38,40	3,49
Februari	I	107,00	74,90	7,49	64,20	6,42
	II	54,67	38,27	3,83	32,80	3,28
	III	46,33	32,43	3,60	27,80	3,09
Maret	I	73,67	51,57	5,16	44,20	4,42
	II	74,67	52,27	5,23	44,80	4,48
	III	39,33	27,53	2,50	23,60	2,15
April	I	44,33	31,03	3,10	26,60	2,66
	II	66,67	46,67	4,67	40,00	4,00
	III	27,67	19,37	1,94	16,60	1,66
Mei	I	15,33	10,73	1,07	9,20	0,92
	II	22,67	15,87	1,59	13,60	1,36
	III	13,67	9,57	0,87	8,20	0,75
Juni	I	0,67	0,47	0,05	0,40	0,04
	II	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	III	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Juli	I	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	II	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	III	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Agustus	I	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	II	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	III	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
September	I	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	II	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	III	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Okttober	I	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	II	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	III	3,33	2,33	0,23	2,00	0,20
November	I	28,67	20,07	1,82	17,20	1,56
	II	51,67	36,17	3,62	31,00	3,10
	III	61,33	42,93	4,29	36,80	3,68
Desember	I	100,33	70,23	7,02	60,20	6,02
	II	80,00	56,00	5,60	48,00	4,80
	III	39,00	27,30	2,48	23,40	2,13

Sumber: Hasil perhitungan (2017)

54

- c. Kemudian, curah hujan efektif pada kedua periode tersebut dijumlahkan menjadi curah hujan bulan Januari yakni sebesar 79,00 mm/bulan.
- d. Dari hasil perhitungan evapotranspirasi potensial ( $ET_0$ ) pada Tabel 4.5, digunakan angka evapotranspirasi potensial bulanan pada bulan Januari sebesar 158,42 mm/bulan.
- e. Dengan melakukan pendekatan antara nilai curah hujan bulanan dan evapotranspirasi bulanan dengan menggunakan Tabel 2.1, diperoleh nilai curah hujan efektif sebesar 61,24 mm/bulan dan kemudian dibagi dengan jumlah hari pada bulan Januari yakni 31 menjadi 1,98 mm/hari.

Untuk hasil perhitungan curah hujan efektif untuk palawija selanjutnya, dilihat pada Tabel 4.11. Sedangkan untuk rekapitulasi hasil perhitungan curah hujan efektif untuk tanaman padi, palawija dan tebu dapat dilihat pada Tabel 4.12.

**Tabel 4.11.** Hasil perhitungan curah hujan efektif untuk tanaman palawija

<b>Bulan</b>	<b>Periode</b>	<b>50% R80</b>	<b>Re</b> (mm)	<b>ET<sub>0</sub></b> (mm/bulan)	<b>Re Palawija</b>	
					<b>(mm/bulan)</b>	<b>(mm/hari)</b>
Januari	I	21,17	79,00	158,42	61,24	1,98
	II	25,83				
	III	32,00				
Februari	I	53,50	104,00	143,76	75,08	2,59
	II	27,33				
	III	23,17				
Maret	I	36,83	93,83	138,62	68,10	2,20
	II	37,33				
	III	19,67				
April	I	22,17	69,33	129,44	50,95	1,70
	II	33,33				
	III	13,83				
Mei	I	7,67	25,83	132,62	21,11	0,68
	II	11,33				
	III	6,83				
Juni	I	0,33	0,33	119,22	0,26	0,01
	II	0,00				
	III	0,00				
Juli	I	0,00	0,00	128,75	0,00	0,00
	II	0,00				
	III	0,00				

lanjutan Tabel 4.11

Sumber: Hasil perhitungan (2017)

**Tabel 4.12.** Rekapitulasi hasil perhitungan curah hujan efektif untuk tanaman padi, palawija dan tebu

Bulan	Periode	Curah hujan efektif (mm/hari)			Bulan	Periode	Curah hujan efektif (mm/hari)		
		Padi	Palawija	Tebu			Padi	Palawija	Tebu
Januari	I	2,96		2,54	Juli	I	0,00		0,00
	II	3,62	1,98	3,10		II	0,00	0,00	0,00
	III	4,07		3,49		III	0,00		0,00
Februari	I	7,49		6,42	Agustus	I	0,00		0,00
	II	3,83	2,59	3,28		II	0,00	0,00	0,00
	III	3,60		3,09		III	0,00		0,00
Maret	I	5,16		4,42	September	I	0,00		0,00
	II	5,23	2,20	4,48		II	0,00	0,00	0,00
	III	2,50		2,15		III	0,00		0,00
April	I	3,10		2,66	Okttober	I	0,00		0,00
	II	4,67	1,70	4,00		II	0,00	0,05	0,00
	III	1,94		1,66		III	0,23		0,20
Mei	I	1,07		0,92	November	I	1,82		1,56
	II	1,59	0,68	1,36		II	3,62	1,95	3,10
	III	0,87		0,75		III	4,29		3,68
Juni	I	0,05		0,04	Desember	I	7,02		6,02
	II	0,00	0,01	0,00		II	5,60	2,57	4,80
	III	0,00		0,00		III	2,48		2,13

Sumber: Hasil perhitungan (2017)

#### 4.1.3. Perhitungan Debit Ketersediaan Air Irigasi

Untuk mengetahui jumlah ketersediaan air irigasi sesuai dengan kondisi, maka dilakukan dengan menentukan debit andalan 10 harian selama 1 tahun dengan tiga kondisi yakni kondisi rendah ( $Q_p = 0,80$ ), normal ( $Q_p = 0,50$ ) dan cukup ( $Q_p = 0,25$ ) dengan tingkat probabilitas keandalan masing-masing sebesar 80%, 50% dan 25%. Dalam menentukan debit andalan, digunakan data pencatatan debit air irigasi harian yang masuk melalui pintu pengambilan saluran utama Karang Anyar selama 10 tahun dengan waktu pengamatan mulai tahun 2007 hingga 2016. Data debit air rerata 10 harian dapat dilihat pada Tabel 4.13.

Sebagai contoh, debit andalan kondisi rendah dengan probabilitas 80% merupakan debit dengan kemungkinan terpenuhi adalah 80% atau dengan probabilitas resiko debit andalan tidak terpenuhi adalah 20%. Untuk menentukan debit andalan, data debit air pada Tabel 4.13 terlebih dahulu diurutkan dari terbesar ke terkecil terlebih dahulu untuk setiap tahun pengamatan dari tahun 2007 hingga tahun 2016.

Setelah mengurutkan data debit, selanjutnya menggunakan Persamaan Weibull (2-7) untuk menentukan debit andalan dengan probabilitas terpenuhi sebesar 80% dengan perhitungan sebagai berikut:

$$m = P \times (n+1) / 100\% = 80\% \times (10+1) / 100\% = 8,8 \approx 9$$

Dari perhitungan di atas, dapat ditarik kesimpulan bahwa data debit dengan peringkat 10 merupakan data debit dengan probabilitas 80% atau probabilitas kegagalan 20%.

Untuk hasil perhitungan selanjutnya, dapat dilihat pada Tabel 4.14.

Selanjutnya, dilakukan perhitungan volume ketersediaan air irigasi dengan mengkonversi hasil perhitungan pada Tabel 4.14 dari debit rerata 10 harian menjadi volume debit rerata 10 harian.

Contoh perhitungan untuk debit air kondisi rendah ( $Q_p = 0,80$ ) bulan Januari periode I.

Diketahui:  $Q = 0,38 \text{ m}^3/\text{dt}$  ;

$$\text{Volume} = Q \times 24 \times 60 \times 60 = 0,38 \times 24 \times 60 \times 60 = 33.177,60 \text{ m}^3$$

Untuk hasil perhitungan selengkapnya, dapat dilihat pada Tabel 4.15.

**Tabel 4.13.** Debit air irigasi rerata 10 harian yang masuk ke pintu pengambilan saluran utama DI Karang Anyar dari tahun 2007 s.d. tahun 2016

<b>Bulan</b>	<b>Periode</b>	<b>Debit air (m<sup>3</sup>/dt)</b>									
		<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>
Januari	I	0,38	0,44	0,38	0,38	0,58	0,45	0,48	0,53	0,51	0,56
	II	0,38	0,33	0,38	0,38	0,58	0,43	0,63	0,53	0,51	0,56
	III	0,38	0,33	0,38	0,58	0,53	0,43	0,51	0,53	0,55	0,56
Februari	I	0,34	0,33	0,38	0,58	0,53	0,40	0,51	0,53	0,49	0,56
	II	0,34	0,33	0,38	0,58	0,53	0,40	0,51	0,53	0,49	0,56
	III	0,34	0,33	0,38	0,58	0,53	0,40	0,51	0,53	0,49	0,56
Maret	I	0,34	0,33	0,38	0,58	0,42	0,50	0,51	0,49	0,49	0,51
	II	0,34	0,33	0,38	0,36	0,42	0,44	0,51	0,49	0,49	0,46
	III	0,34	0,31	0,35	0,49	0,55	0,44	0,51	0,49	0,44	0,46
April	I	0,34	0,33	0,40	0,49	0,55	0,44	0,51	0,49	0,44	0,46
	II	0,34	0,33	0,15	0,52	0,49	0,40	0,42	0,62	0,44	0,46
	III	0,19	0,36	0,31	0,43	0,51	0,40	0,53	0,60	0,44	0,46
Mei	I	0,19	0,31	0,28	0,42	0,51	0,40	0,53	0,58	0,44	0,46
	II	0,32	0,31	0,28	0,42	0,51	0,40	0,40	0,58	0,44	0,46
	III	0,32	0,31	0,28	0,42	0,51	0,40	0,40	0,58	0,40	0,46
Juni	I	0,47	0,31	0,28	0,42	0,49	0,40	0,40	0,58	0,40	0,46
	II	0,47	0,31	0,28	0,42	0,49	0,40	0,40	0,58	0,40	0,46
	III	0,37	0,31	0,28	0,42	0,49	0,39	0,40	0,58	0,40	0,27
Juli	I	0,37	0,32	0,29	0,42	0,46	0,39	0,32	0,58	0,40	0,27
	II	0,37	0,32	0,29	0,42	0,38	0,39	0,32	0,58	0,40	0,27
	III	0,30	0,32	0,29	0,42	0,38	0,39	0,32	0,58	0,40	0,24
Agustus	I	0,14	0,32	0,29	0,42	0,38	0,39	0,32	0,58	0,40	0,24
	II	0,14	0,23	0,19	0,28	0,38	0,39	0,34	0,53	0,40	0,24
	III	0,13	0,29	0,19	0,28	0,32	0,39	0,32	0,53	0,46	0,24
September	I	0,13	0,13	0,19	0,19	0,32	0,39	0,32	0,53	0,44	0,24
	II	0,13	0,16	0,19	0,19	0,32	0,39	0,26	0,42	0,44	0,24
	III	0,13	0,16	0,19	0,19	0,32	0,40	0,26	0,42	0,40	0,24
Oktober	I	0,13	0,16	0,19	0,19	0,32	0,39	0,26	0,38	0,40	0,22
	II	0,13	0,16	0,19	0,32	0,34	0,39	0,26	0,38	0,40	0,22
	III	0,13	0,16	0,19	0,32	0,38	0,40	0,26	0,38	0,40	0,22
November	I	0,13	0,16	0,16	0,36	0,38	0,48	0,26	0,38	0,40	0,22
	II	0,13	0,13	0,16	0,45	0,49	0,44	0,42	0,38	0,40	0,39
	III	0,23	0,13	0,35	0,56	0,46	0,44	0,42	0,38	0,42	0,39
Desember	I	0,23	0,57	0,75	0,53	0,56	0,41	0,42	0,38	0,46	0,51
	II	0,30	0,57	0,75	0,58	0,61	0,48	0,42	0,38	0,54	0,53
	III	0,30	0,38	0,79	0,58	0,61	0,48	0,42	0,42	0,50	0,55
<b>Jumlah</b>		9,73	10,62	11,60	15,15	16,70	14,73	14,71	18,07	15,98	14,65

Sumber: UPTD SDA Kecamatan Tumpang Kabupaten Malang

**Tabel 4.14.** Hasil perhitungan debit air irigasi andalan

Bulan	Periode	Debit air rata-rata 10 harian ( $m^3/dt$ ) peringkat ke-									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Januari	I	0,58	0,56	0,53	0,51	0,48	0,45	0,44	0,38	0,38	0,38
	II	0,63	0,58	0,56	0,53	0,51	0,43	0,38	0,38	0,38	0,33
	III	0,58	0,56	0,55	0,53	0,53	0,51	0,43	0,38	0,38	0,33
Februari	I	0,58	0,56	0,53	0,53	0,51	0,49	0,40	0,38	0,34	0,33
	II	0,58	0,56	0,53	0,53	0,51	0,49	0,40	0,38	0,34	0,33
	III	0,58	0,56	0,53	0,53	0,51	0,49	0,40	0,38	0,34	0,33
Maret	I	0,66	0,58	0,53	0,53	0,51	0,49	0,38	0,34	0,34	0,33
	II	0,58	0,51	0,51	0,50	0,49	0,49	0,42	0,38	0,34	0,33
	III	0,51	0,49	0,49	0,46	0,44	0,42	0,36	0,35	0,34	0,31
April	I	0,55	0,51	0,49	0,49	0,46	0,44	0,44	0,40	0,34	0,31
	II	0,62	0,52	0,49	0,46	0,44	0,42	0,40	0,34	0,33	0,15
	III	0,60	0,53	0,51	0,46	0,44	0,43	0,40	0,36	0,31	0,19
Mei	I	0,58	0,53	0,51	0,46	0,44	0,42	0,40	0,31	0,28	0,19
	II	0,58	0,51	0,46	0,44	0,42	0,40	0,40	0,32	0,31	0,28
	III	0,58	0,51	0,46	0,42	0,40	0,40	0,40	0,32	0,31	0,28
Juni	I	0,58	0,49	0,47	0,46	0,42	0,40	0,40	0,40	0,31	0,28
	II	0,58	0,49	0,47	0,46	0,42	0,40	0,40	0,40	0,31	0,28
	III	0,58	0,49	0,46	0,42	0,40	0,40	0,40	0,37	0,31	0,28
Juli	I	0,58	0,49	0,42	0,40	0,40	0,39	0,37	0,31	0,29	0,27
	II	0,58	0,46	0,42	0,40	0,39	0,38	0,32	0,32	0,30	0,27
	III	0,58	0,42	0,40	0,39	0,38	0,32	0,32	0,30	0,29	0,27
Agustus	I	0,58	0,42	0,40	0,39	0,38	0,32	0,32	0,29	0,24	0,14
	II	0,53	0,40	0,39	0,38	0,34	0,28	0,24	0,23	0,19	0,14
	III	0,53	0,46	0,39	0,32	0,32	0,29	0,28	0,24	0,19	0,13
September	I	0,53	0,44	0,39	0,32	0,32	0,24	0,19	0,19	0,13	0,13
	II	0,44	0,42	0,39	0,32	0,26	0,24	0,19	0,19	0,16	0,13
	III	0,42	0,40	0,40	0,32	0,26	0,24	0,19	0,19	0,16	0,13
Oktober	I	0,40	0,39	0,38	0,34	0,32	0,26	0,22	0,19	0,16	0,13
	II	0,40	0,40	0,38	0,38	0,32	0,26	0,22	0,19	0,16	0,13
	III	0,40	0,40	0,38	0,38	0,36	0,26	0,22	0,19	0,16	0,13
November	I	0,48	0,40	0,38	0,38	0,40	0,39	0,38	0,16	0,13	0,13
	II	0,49	0,45	0,44	0,42	0,40	0,39	0,38	0,16	0,13	0,13
	III	0,56	0,46	0,44	0,42	0,42	0,39	0,38	0,35	0,23	0,13
Desember	I	0,75	0,57	0,56	0,53	0,51	0,46	0,42	0,41	0,38	0,23
	II	0,75	0,61	0,58	0,57	0,54	0,53	0,42	0,38	0,38	0,30
	III	0,79	0,61	0,58	0,55	0,50	0,48	0,42	0,42	0,38	0,30
<b>Jumlah</b>		20,28	17,72	16,77	15,87	14,99	13,92	12,53	11,28	10,12	8,46
<b>Probabilitas keandalan</b>		<b>9,09</b>	<b>18,18</b>	<b>27,27</b>	<b>36,36</b>	<b>45,45</b>	<b>54,55</b>	<b>63,64</b>	<b>72,73</b>	<b>81,82</b>	<b>90,91</b>
		$Q_D = 0,25$				$Q_p = 0,50$				$Q_D = 0,80$	

Sumber: Hasil Perhitungan (2017)

**Tabel 4.15.** Hasil perhitungan volume debit air irigasi andalan pada kondisi rendah, normal dan cukup

<b>Bulan</b>	<b>Periode</b>	<b>Volume ketersediaan air (<math>m^3</math>)</b>		
		<b>Kondisi rendah</b> $(Q_p = 0,80)$	<b>Kondisi normal</b> $(Q_p = 0,50)$	<b>Kondisi cukup</b> $(Q_p = 0,25)$
Januari	I	33.177,60	39.225,60	45.887,04
	II	33.004,80	37.238,40	48.470,40
	III	33.004,80	43.977,60	47.865,60
Februari	I	29.548,80	42.007,68	45.887,04
	II	29.548,80	42.007,68	45.887,04
	III	29.548,80	42.007,68	45.887,04
Maret	I	29.462,40	42.007,68	45.887,04
	II	29.548,80	42.007,68	43.977,60
	III	29.548,80	36.374,40	42.007,68
April	I	29.548,80	38.249,28	42.007,68
	II	28.512,00	36.374,40	41.990,40
	III	26.784,00	36.979,20	43.977,60
Mei	I	24.537,60	35.856,00	43.977,60
	II	26.956,80	34.646,40	39.744,00
	III	26.956,80	34.611,84	39.744,00
Juni	I	26.956,80	34.646,40	40.780,80
	II	26.956,80	34.646,40	40.780,80
	III	26.956,80	34.611,84	39.744,00
Juli	I	25.142,40	33.523,20	35.856,00
	II	25.142,40	31.968,00	35.856,00
	III	25.142,40	27.820,80	34.611,84
Agustus	I	20.908,80	27.820,80	34.611,84
	II	16.070,40	24.451,20	33.523,20
	III	16.070,40	24.883,20	33.523,20
September	I	11.145,60	20.908,80	33.696,00
	II	14.169,60	20.908,80	33.696,00
	III	14.169,60	20.908,80	34.611,84
Okttober	I	14.169,60	19.008,00	32.832,00
	II	14.169,60	22.870,08	32.832,00
	III	14.169,60	22.870,08	32.832,00
November	I	13.564,80	22.870,08	32.832,00
	II	11.318,40	33.523,20	37.584,00
	III	19.699,20	33.868,80	37.929,60
Desember	I	32.832,00	39.657,60	48.124,80
	II	32.832,00	45.887,04	49.878,72
	III	33.177,60	41.299,20	49.878,72

Sumber: Hasil perhitungan (2017)

## 4.2. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Kebutuhan Air Irigasi

Dalam menentukan jumlah kebutuhan air irigasi, ada beberapa faktor yang mempengaruhi hal tersebut antara lain evapotranspirasi potensial, curah hujan efektif, perkolasi, penyiapatan lahan, pergantian lapisan air, koefisien tanaman dan efisiensi irigasi.

#### 4.2.1. Evapotranspirasi Potensial

Evapotranspirasi merupakan proses gabungan antara kehilangan air dari permukaan tanah (evaporasi) dan kehilangan air melalui tanaman (transpirasi) yang dipakai sebagai proses pertumbuhan tanaman. Besarnya nilai evapotranspirasi potensial dipengaruhi oleh faktor klimatologi yang meliputi temperatur udara, kecepatan angin, kelembaban udara dan lama penyinaran matahari. Nilai evapotranspirasi potensial ini digunakan untuk memperkirakan jumlah kehilangan air serta kebutuhan air tanaman di sawah. Untuk hasil perhitungan evapotranspirasi potensial dapat dilihat pada Tabel 4.1.

#### **4.2.2. Curah Hujan Efektif**

Adanya curah hujan yang turun di suatu daerah irigasi dapat berpengaruh bagi pertumbuhan tanaman di daerah tersebut. Curah hujan efektif merupakan curah hujan yang dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan air tanaman guna pertumbuhannya.

Curah hujan tersebut dapat mengantikan kehilangan air yang disebabkan oleh evapotranspirasi, perkolasi, penyiapan lahan dan pergantian lapisan air yang ada di suatu daerah irigasi. Untuk hasil perhitungan curah hujan efektif untuk tanaman padi, palawija dan tebu dapat dilihat pada Tabel 4.12.

### 4.2.3. Perkolasi

Perkolasi yang merupakan peresapan air dari permukaan tanah ke dalam air tanah dipengaruhi oleh tekstur tanah dan permeabilitasnya. Untuk tanah dengan tekstur lempung, laju perkolasi yang terjadi berkisar antara 2 sampai dengan 3 mm/hari. Dalam perhitungan selanjutnya, nilai laju perkolasi yang digunakan adalah sebesar 2 mm/hari dimana mengikuti kondisi tanah di lapangan yang terdiri atas lempung.

#### **4.2.4. Penyiapan Lahan (*Land Preparation*)**

Penyiapan lahan merupakan pengolahan lahan pada tahap awal persiapan tanah untuk keperluan tanaman sehingga pertumbuhannya dapat sesuai. Kebutuhan air untuk penyiapan lahan termasuk dalam menentukan kebutuhan air irigasi untuk perencanaan pemberian air irigasi. Faktor yang menentukan besarnya kebutuhan air untuk penyiapan lahan adalah lamanya waktu penyiapan lahan dan jumlah air yang diperlukan untuk penyiapan lahan.

Perhitungan jumlah kebutuhan air untuk penyiapan lahan menggunakan metode yang

dikembangkan oleh *Van de Goor* dan *Zijlstra*. Kebutuhan air untuk penyiapan lahan dipengaruhi oleh evapotranspirasi potensial dan perkolasai yang terjadi di lapangan, sebagaimana yang dijelaskan pada subbab 2.4.4 dan rumus 2-18, 2-19 dan 2-20.

Contoh perhitungan kebutuhan air untuk penyiapan lahan pada bulan Januari adalah

seperti berikut:

$$\bullet \quad ET_0 = 5,11 \text{ mm/hari}$$

$$\bullet \quad E_0 = 1,1 ET_0 = 1,1 (5,11) = 5,62 \text{ mm/hari}$$

$$\bullet \quad P = 300 \text{ mm/hari}$$

$$\bullet \quad M = E_0 + P = 5,62 + 3,00 = 8,62 \text{ mm/hari}$$

$$\bullet \quad T = 31 \text{ hari}$$

$$\bullet \quad S = 300 \text{ mm}$$

$$\bullet \quad k = (M \cdot T) / S = (8,62) (31) / 300 = 0,89$$

$$\bullet \quad PL = \frac{Me^k}{(e^k - 1)} = \frac{8,62 e^{0,89}}{(e^{0,89} - 1)} = 14,62 \text{ mm/hari} = 1,69 \text{ l/dt/ha}$$

**Tabel 4.16.** Hasil perhitungan kebutuhan air untuk penyiapan lahan (*land preparation*)

<b>Parameter</b>	<b>Satuan</b>	<b>Bulan</b>											
		<b>Jan</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Apr</b>	<b>Mei</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Agu</b>	<b>Sep</b>	<b>Okt</b>	<b>Nov</b>	<b>Des</b>
$ET_0$	mm/hari	5,11	4,96	4,47	4,31	4,28	3,97	4,15	5,18	6,59	6,50	6,03	4,90
$E_0 = 1,1 ET_0$	mm/hari	5,62	5,45	4,92	4,75	4,71	4,37	4,57	5,70	7,25	7,15	6,64	5,39
P	mm/hari	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
$M = E_0 + P$	mm/hari	7,62	7,45	6,92	6,75	6,71	6,37	6,57	7,70	9,25	9,15	8,64	7,39
T	hari	31	29	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
Penjenaman (S)	mm	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
$k = M \cdot T / S$		0,79	0,72	0,71	0,67	0,69	0,64	0,68	0,80	0,93	0,95	0,86	0,76
$PL = M \times e^k / (e^k - 1)$	mm/hari	13,98	14,52	13,55	13,75	13,42	13,52	13,33	14,03	15,33	14,96	14,93	13,84
	l/dt/ha	1,62	1,68	1,57	1,59	1,55	1,56	1,54	1,62	1,77	1,73	1,73	1,60

Sumber: Hasil perhitungan (2017)

Keterangan:

$ET_0$  = evapotranspirasi potensial

$E_0$  = evaporasi potensial

P = perkolasai

M = kebutuhan air untuk menggantikan kehilangan air akibat evaporasi dan perkolasai

T = waktu pengolahan dalam satu bulan

S = kebutuhan air untuk penjenaman lapisan atas

k = konstanta

e = bilangan eksponensial (2,71828)

**PL** = kebutuhan air untuk penyiapan lahan

#### **4.2.5. Pergantian Lapisan Air (*Water Layer Requirement*)**

Pergantian lapis air membutuhkan genangan air setinggi 50 mm selama 1 bulan atau 30 hari dan diberikan saat 30 hari setelah pemindahan tanaman. Proses tersebut hanya diperlukan untuk tanaman padi, sedangkan pada palawija proses tersebut tidak diperlukan.

Untuk kebutuhan pergantian lapisan air dalam bentuk harian, dijabarkan dalam rumus berikut:  $WLR = \frac{50 \text{ mm}}{30 \text{ hari}} = 1,67 \text{ mm/hari}$

#### **4.2.6. Koefisien Tanaman**

Hubungan antara koefisien tanaman dan evapotranspirasi potensial menentukan besarnya penggunaan air konsumtif (ET<sub>C</sub>) untuk tanaman tanaman. Penggunaan air konsumtif merupakan kedalaman air yang dibutuhkan guna memenuhi evapotranspirasi tanaman.

Berdasarkan data Rencana Tata Tanam Global yang diterapkan di DI Karang Anyar, jenis tanaman yang diterapkan adalah tanaman padi (varietas biasa) dan palawija (jagung) dan tebu. Untuk koefisien pada masing-masing tanaman dapat dilihat pada Tabel 2.3,

4.2.7 Efisiensi Irrigasi

Agar air irigasi memenuhi kebutuhan air tanaman agar sesuai dengan rencana, maka air yang melalui pintu pengambilan harus lebih besar dari kebutuhan air tanaman sebenarnya. Air yang hilang selama mengalir menuju setiap petak dan jenis material pada saluran mempengaruhi besar efisiensi irigasi sehingga efisiensi pada saluran primer, sekunder dan tersier memiliki perbedaan pada jaringan irigasi. Besar efisiensi irigasi berdasarkan Kriteria Perencanaan Irigasi (KP-01) untuk saluran primer dan sekunder 90% dan saluran tersier 80%, sehingga efisiensi irigasi secara keseluruhan adalah sebesar 72%.

#### 4.3. Perhitungan Kebutuhan Air Irrigasi pada Pola Tata Tanam Eksisting

Dalam menentukan kebutuhan air irigasi tanaman, dilakukan perhitungan kebutuhan yang berdasarkan pola tata tanam yang dipengaruhi oleh faktor seperti evapotranspirasi potensial, perkolasi, penyiapan lahan, pergantian lapisan air dan efisiensi irigasi.

Di lokasi studi DI Karang Anyar, tanaman yang diterapkan pada DI tersebut adalah padi, palawija dan tebu. Luas tanam eksisting pada DI tersebut dapat dilihat pada Tabel

147 Repository | Universitas Brawijaya Repository | Universitas Brawijaya

4.17. Repository Universitas Brawijaya  
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya  
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya  
Repositori Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya  
Repositori Universitas Brawijaya

**Tabel 4.17.** Luas tanam eksisting pada setiap musim tanam di DI Karang Anyar

Tanaman	Luas tanam (ha)		
	Musim hujan	Musim kering I	Musim kering II
Padi	329	230	82
Palawija	87	150	177
Tebu	20	20	20
<b>Percentase</b>	<b>100,00%</b>	<b>91,74%</b>	<b>63,99%</b>

Sumber: UPTD PSDA Kecamatan Tumpang Kabupaten Malang

Dalam satu tahun, musim tanam di DI Karanganyar ada tiga musim tanam dimana setiap musim memiliki waktu selama empat bulan dan di setiap bulannya terdapat tiga periode atau 30 hari. Musim tanam di lokasi studi dimulai pada bulan Desember sampai dengan bulan Maret (musim hujan), selanjutnya bulan April sampai dengan bulan Juli (musim kering I) dan bulan Agustus sampai dengan bulan Oktober (musim kering II).

Pola tata tanam pada kondisi eksisting selama tiga musim berturut-turut adalah padi-palawija-tebu.

Sebagai contoh, dibawah ini dijabarkan perhitungan kebutuhan air irigasi pada musim tanam hujan, yakni bulan Desember periode I.

- Data yang diketahui:
  - usia tanaman padi dan palawija masing-masing adalah 90 hari;
  - musim tanam dimulai pada bulan Desember periode I;
  - sistem pola tata tanam adalah selama tiga periode dalam satu bulan dimana masing-masing periode adalah selama 10 hari;
  - nilai koefisien tanaman (Tabel 2.3, Tabel 2.4 dan Tabel 2.5);
  - nilai evapotranspirasi potensial adalah sebesar 4,90 mm/hari (Tabel 4.1);
  - nilai perkolasi untuk jenis tanah lempung adalah sebesar 2 mm/hari (Tabel 2.6);
  - nilai kebutuhan air untuk penyiapan lahan (*land preparation*) adalah sebesar 13,86 mm/hari (Tabel 4.16) dan memiliki durasi selama 30 hari atau tiga periode sebelum musim tanam dimulai;
  - pergantian lapisan air (*water layer requirement*) memiliki durasi selama 30 hari atau tiga periode dan dimulai 30 hari atau tiga periode setelah waktu awal tanaman padi, nilai untuk *WLR* adalah sebesar 1,67 mm/hari (Subbab 4.2.5);
  - nilai curah hujan efektif pada bulan Desember periode I untuk tanaman padi, palawija dan tebu dimana nilai masing-masing adalah sebesar 7,02 mm/hari, 2,57 mm/hari dan 6,02 mm/hari (Tabel 4.12); dan
  - luas tanam eksisting untuk tanaman padi, palawija dan tebu (Tabel 4.17);

Tahapan perhitungan dengan menggunakan metode KP PU adalah seperti berikut:

1. Menggambarkan pola tata tanam sesuai dengan jenis tanaman, durasi penyiapan lahan, durasi sesuai usia tanaman dan durasi WLR untuk tanaman padi.
2. Menentukan koefisien tanaman sesuai dengan gambar pola tata tanam dan usia tanaman.

3. Menghitung rerata koefisien tanaman padi;

$$\text{Rerata} = \frac{\text{Koefisien}}{\text{Jumlah koefisien}} = \frac{1,10}{1} = 1,10$$

Untuk rerata koefisien tanaman palawija (jagung) dan tebu masing-masing adalah sebesar 0,50 dan 0,55.

4. Memasukkan nilai evapotranspirasi potensial pada bulan Desember yakni sebesar 4,90 mm/hari.
5. Mengitung penggunaan air konsumtif (PAK) dengan mengalikan nilai koefisien masing-masing tanaman dengan nilai evapotranspirasi potensial, untuk tanaman padi:

$$\text{PAK} = \text{Koefisien} \times \text{ET}_0 = 1,10 \times 4,90 = 5,39 \text{ mm/hari}$$

Nilai PAK untuk tanaman palawija (jagung) dan tebu masing-masing adalah sebesar 2,45 mm/hari dan 2,70 mm/hari.

6. Menentukan rasio luas tanam pada bulan Desember periode I berdasarkan gambar pola tata tanam. Nilai rasio luas tanam untuk tanaman padi dan palawija adalah sebesar 0,17. Sedangkan nilai rasio luas tanam untuk tanaman tebu adalah 1,00.

7. Menghitung kebutuhan air tanaman dengan mengalikan nilai PAK dengan rasio luas tanam:

$$\text{Kebutuhan air tanaman padi} = \text{PAK} \times \text{Rasio luas tanam} = 5,39 \times 0,17 = 0,90 \text{ mm/hari}$$

Nilai kebutuhan air tanaman untuk tanaman palawija (jagung) dan tebu masing-masing adalah sebesar 0,41 mm/hari dan 2,70 mm/hari.

8. Memasukkan nilai perkolasai untuk tanaman padi, palawija dan tebu dimana sebesar 2,00 mm/hari.

9. Menentukan nilai rasio luas perkolasai pada bulan Desember periode I sesuai dengan gambar pola tata tanam untuk tanaman padi dan palawija, yakni sebesar 0,17.

10. Menghitung nilai perkolasai dengan rasio luas perkolasai:

$$= \text{Perkolasi} \times \text{Rasio luas perkolasai} = 2,00 \times 0,17 = 0,33 \text{ mm/hari}$$

11. Memasukkan nilai kebutuhan air untuk penyiapan lahan (*LP*) untuk tanaman padi pada bulan Desember dimana sebesar 13,84 mm/hari.

12. Menentukan rasio luas *LP* pada bulan Desember periode I sesuai dengan gambar pola tata tanam padi, yakni sebesar 0,83.
  13. Menghitung nilai *LP* dengan rasio luas *LP*:  

$$= LP \times \text{rasio luas } LP = 13,84 \times 0,83 = 11,53 \text{ mm/hari.}$$
  14. Pergantian lapisan air (*WLR*) dimulai 30 hari atau 3 periode setelah awal musim tanam padi.
  15. Menentukan rasio luas *WLR* berdasarkan gambar pola tata tanam dan terhitung setelah 30 hari atau 3 periode setelah awal musim tanam padi.
  16. Menghitung nilai *WLR* dengan rasio luas *WLR*:  

$$= WLR \times \text{Rasio luas } WLR$$
  17. Menghitung kebutuhan bruto air tanaman padi dengan menjumlahkan hasil perhitungan dari tahapan nomor 7, 10, 13 dan 16. Untuk kebutuhan bruto air tanaman palawija, dengan menjumlahkan hasil perhitungan dari tahapan nomor 7 dan 10. Untuk kebutuhan bruto air tanaman tebu, dengan menjumlahkan hasil perhitungan dari tahapan 7 dan 8. Dari hasil perhitungan pada bulan Desember periode I, untuk tanaman padi, palawija dan tebu diperoleh nilai masing-masing sebesar 12,77 mm/hari, 0,74 mm/hari dan 4,70 mm/hari.
  18. Memasukkan nilai curah hujan efektif untuk tanaman padi, palawija dan tebu untuk bulan Desember periode I dimana masing-masing adalah sebesar 7,02 mm/hari, 2,57 mm/hari dan 6,02 mm/hari.
  19. Menghitung kebutuhan neto air tanaman (*netto farm requirement* atau *NFR*) dengan mengurangkan nilai kebutuhan bruto tanaman dengan nilai curah hujan efektif. Dari hasil perhitungan, diperoleh nilai *NFR* untuk tanaman padi, palawija dan tebu masing-masing adalah sebesar 5,74 mm/hari, 0,00 mm/hari dan 0,00 mm/hari. Selanjutnya, nilai hasil perhitungan *NFR* dikonversi dari mm/hari ke l/dt/ha, sehingga nilai *NFR* untuk masing-masing tanaman tersebut menjadi 0,66 l/dt/ha, 0 l/dt/ha dan 0 l/dt/ha.
  20. Menghitung nilai efisiensi saluran irigasi untuk saluran primer, sekunder dan tersier dimana masing-masing adalah sebesar 90% dan 80%:  

$$= 90\% \times 80\% = 72\%$$
  21. Menghitung nilai kebutuhan neto air irigasi (*demand requirement* atau *DR*) per satuan luas dengan contoh perhitungan untuk tanaman padi adalah seperti berikut:
- DR per satuan luas 
$$= \frac{NFR \text{ padi}}{\text{Efisiensi saluran irigasi}} = \frac{0,66}{72\%} = 0,92 \text{ l/dt/ha}$$

Selanjutnya, nilai DR per satuan luas dikalikan dengan luas tanam padi eksisting dengan luas 329 ha dan dikonversi dari 1/dt ke m<sup>3</sup>/dt.

$$DR = \frac{DR \text{ per satuan luas} \times \text{luas tanam padi}}{1000} = 0,08 \text{ m}^3/\text{dt}$$

Berdasarkan hasil perhitungan DR untuk tanaman palawija dan tebu dengan masing-masing luas tanam eksisting seluas 87 ha dan 20 ha, diperoleh nilai DR untuk masing-masing tanaman adalah sebesar 0,00 m<sup>3</sup>/dt.

22. Menghitung jumlah kebutuhan air irigasi di pintu pengambilan dengan menjumlahkan nilai DR dari ketiga tanaman tersebut. Berdasarkan hasil perhitungan untuk bulan Desember periode I, diperoleh jumlah kebutuhan air irigasi sebesar 0,08 m<sup>3</sup>/dt.  
Untuk hasil perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 7. Sedangkan untuk rekapitulasi hasil perhitungan kebutuhan air irigasi pada pola tata tanam eksisting dapat dilihat pada Tabel 4.18.

**Tabel 4.18.** Rekapitulasi hasil perhitungan debit kebutuhan air irigasi untuk pola tata tanam eksisting

Musim hujan			Musim kering I			Musim kering II		
Bulan	Periode	Debit (m <sup>3</sup> /dt)	Bulan	Periode	Debit (m <sup>3</sup> /dt)	Bulan	Periode	Debit (m <sup>3</sup> /dt)
Desember	I	0,30	April	I	0,36	Agustus	I	0,22
	II	0,27		II	0,23		II	0,24
	III	0,35		III	0,29		III	0,26
Januari	I	0,32	Mei	I	0,34	September	I	0,35
	II	0,32		II	0,35		II	0,38
	III	0,33		III	0,41		III	0,40
Februari	I	0,11	Juni	I	0,43	Okttober	I	0,39
	II	0,27		II	0,40		II	0,37
	III	0,18		III	0,33		III	0,31
Maret	I	0,09	Juli	I	0,34	November	I	0,17
	II	0,20		II	0,39		II	0,11
	III	0,50		III	0,46		III	0,12

Sumber: Hasil perhitungan (2017)

Selanjutnya, untuk mengetahui apakah debit yang tersedia dapat memenuhi kebutuhan air irigasi pada pola tata tanam eksisting, maka dilakukan perhitungan neraca air dengan membandingkan debit air pada kondisi rendah, normal dan cukup (Tabel 4.14) dengan jumlah kebutuhan air irigasi pada pola tata tanam eksisting. Dari hasil perhitungan tersebut, dapat diketahui bahwa pada bulan dan periode terjadi ketidakcukupan air irigasi.

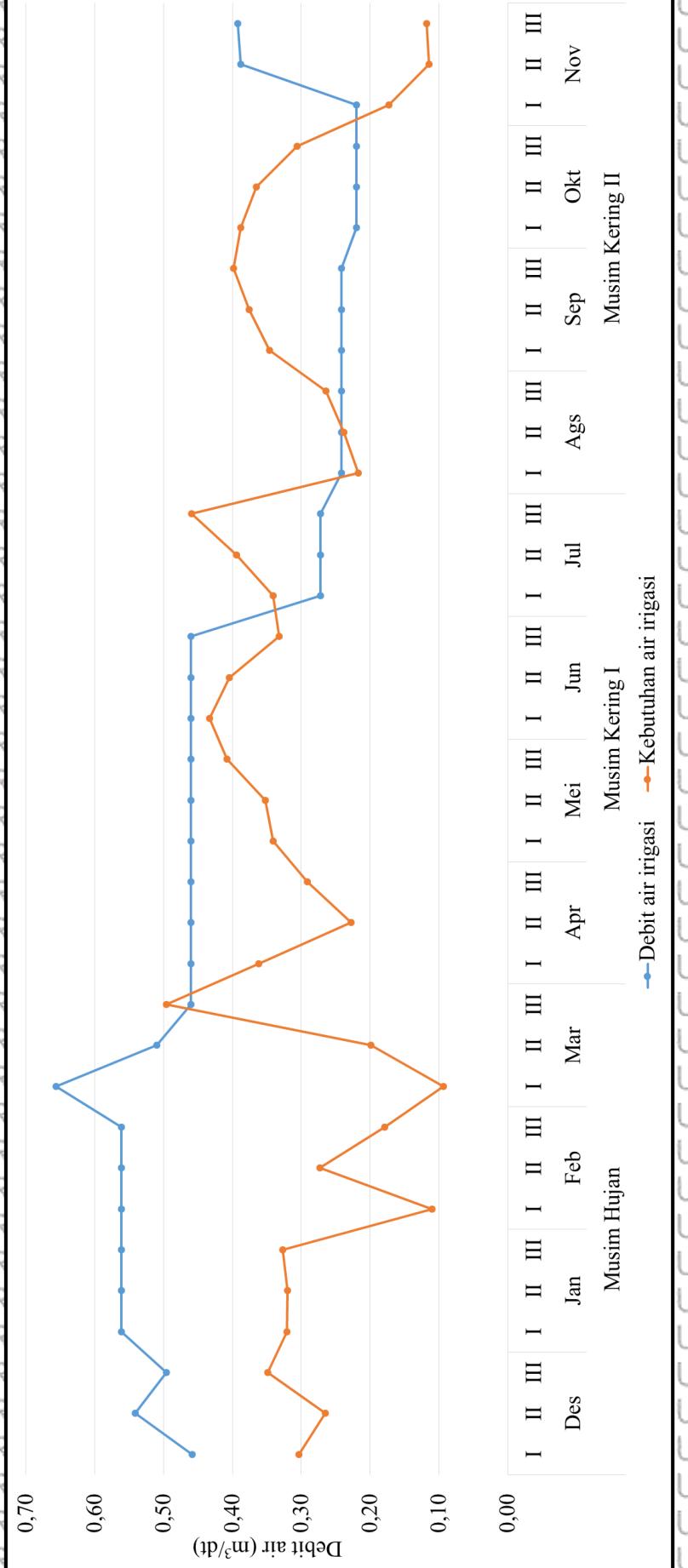
Hasil perhitungan neraca air pada kondisi eksisiting dapat dilihat pada Tabel 4.19, sedangkan untuk kondisi rendah, normal dan cukup dapat dilihat pada Tabel 2.20 sampai dengan Tabel 2.22.

**Tabel 4.19.** Hasil perhitungan neraca air pada kondisi musim tanam eksisting tahun 2015-2016

67

<b>Bulan</b>	<b>Periode</b>	<b>Musim Tanam</b>	<b>Debit air irigasi (m<sup>3</sup>/dt)</b>	<b>Kebutuhan air irigasi (m<sup>3</sup>/dt)</b>	<b>Kelebihan (+) / Kekurangan (-) (m<sup>3</sup>/dt)</b>	<b>Keterangan</b>
Desember	I		0,46	0,30	0,16	Terpenuhi
	II		0,54	0,27	0,28	Terpenuhi
	III		0,50	0,35	0,15	Terpenuhi
Januari	I		0,56	0,32	0,24	Terpenuhi
	II		0,56	0,32	0,24	Terpenuhi
	III	Musim Hujan	0,56	0,33	0,23	Terpenuhi
	I	Hujan	0,56	0,11	0,45	Terpenuhi
Februari	II		0,56	0,27	0,29	Terpenuhi
	III		0,56	0,18	0,38	Terpenuhi
	I		0,66	0,09	0,56	Terpenuhi
Maret	II		0,51	0,20	0,31	Terpenuhi
	III		0,46	0,50	-0,04	Tidak terpenuhi
	I		0,46	0,36	0,10	Terpenuhi
April	II		0,46	0,23	0,23	Terpenuhi
	III		0,46	0,29	0,17	Terpenuhi
	I		0,46	0,34	0,12	Terpenuhi
Mei	II		0,46	0,35	0,11	Terpenuhi
	III	Musim Kering I	0,46	0,41	0,05	Terpenuhi
	I	Kering I	0,46	0,43	0,03	Terpenuhi
Juni	II		0,46	0,40	0,06	Terpenuhi
	III		0,46	0,33	0,13	Terpenuhi
	I		0,27	0,34	-0,07	Tidak terpenuhi
Juli	II		0,27	0,39	-0,12	Tidak terpenuhi
	III		0,27	0,46	-0,19	Tidak terpenuhi
	I		0,24	0,22	0,03	Terpenuhi
Agustus	II		0,24	0,24	0,00	Terpenuhi
	III		0,24	0,26	-0,02	Tidak terpenuhi
	I		0,24	0,35	-0,10	Tidak terpenuhi
September	II		0,24	0,38	-0,13	Tidak terpenuhi
	III	Musim Kering II	0,24	0,40	-0,16	Tidak terpenuhi
	I	Kering II	0,22	0,39	-0,17	Tidak terpenuhi
Oktober	II		0,22	0,37	-0,15	Tidak terpenuhi
	III		0,22	0,31	-0,09	Tidak terpenuhi
	I		0,22	0,17	0,05	Terpenuhi
November	II		0,39	0,11	0,27	Terpenuhi
	III		0,39	0,12	0,27	Terpenuhi

Sumber: Hasil perhitungan (2017)



Gambar 4.4. Neraca air antara kondisi debit air pada kondisi musim tanam eksisting tahun 2015 – 2016

Sumber: Hasil perhitungan (2017)

**Tabel 4.20.** Hasil perhitungan neraca air antara kondisi debit air rendah ( $Q_p = 0,80$ ) dengan kebutuhan air irigasi PTT Eksisting

Bulan	Periode	Musim Tanam	Debit air $Q_p = 0,80$ (m <sup>3</sup> /dt)	Kebutuhan air irigasi (m <sup>3</sup> /dt)	Kelebihan (+) / Kekurangan (-) (m <sup>3</sup> /dt)	Keterangan
Desember	I	Musim Hujan	0,38	0,30	0,08	Terpenuhi
	II		0,38	0,27	0,11	Terpenuhi
	III		0,38	0,35	0,04	Terpenuhi
Januari	I	Musim Hujan	0,38	0,32	0,06	Terpenuhi
	II		0,38	0,32	0,06	Terpenuhi
	III		0,38	0,33	0,06	Terpenuhi
Februari	I	Musim Hujan	0,34	0,11	0,23	Terpenuhi
	II		0,34	0,27	0,07	Terpenuhi
	III		0,34	0,18	0,16	Terpenuhi
Maret	I	Musim Kering I	0,34	0,09	0,25	Terpenuhi
	II		0,34	0,20	0,14	Terpenuhi
	III		0,34	0,50	-0,15	Tidak terpenuhi
April	I	Musim Kering I	0,34	0,36	-0,02	Tidak terpenuhi
	II		0,33	0,23	0,10	Terpenuhi
	III		0,31	0,29	0,02	Terpenuhi
Mei	I	Musim Kering I	0,28	0,34	-0,06	Tidak terpenuhi
	II		0,31	0,35	-0,04	Tidak terpenuhi
	III		0,31	0,41	-0,10	Tidak terpenuhi
Juni	I	Musim Kering II	0,31	0,43	-0,12	Tidak terpenuhi
	II		0,31	0,40	-0,09	Tidak terpenuhi
	III		0,31	0,33	-0,02	Tidak terpenuhi
Juli	I	Musim Kering II	0,29	0,34	-0,05	Tidak terpenuhi
	II		0,29	0,39	-0,10	Tidak terpenuhi
	III		0,29	0,46	-0,17	Tidak terpenuhi
Agustus	I	Musim Kering II	0,24	0,22	0,03	Terpenuhi
	II		0,19	0,24	-0,05	Tidak terpenuhi
	III		0,19	0,26	-0,08	Tidak terpenuhi
September	I	Musim Kering II	0,13	0,35	-0,22	Tidak terpenuhi
	II		0,16	0,38	-0,21	Tidak terpenuhi
	III		0,16	0,40	-0,23	Tidak terpenuhi
Oktober	I	Musim Kering II	0,16	0,39	-0,22	Tidak terpenuhi
	II		0,16	0,37	-0,20	Tidak terpenuhi
	III		0,16	0,31	-0,14	Tidak terpenuhi
November	I	Musim Kering II	0,16	0,17	-0,02	Tidak terpenuhi
	II		0,13	0,11	0,02	Terpenuhi
	III		0,23	0,12	0,11	Terpenuhi

Sumber: Hasil perhitungan (2017)

**Tabel 4.21.** Hasil perhitungan neraca air antara kondisi debit air normal ( $Q_p = 0,50$ ) dengan kebutuhan air irigasi PTT Eksisting

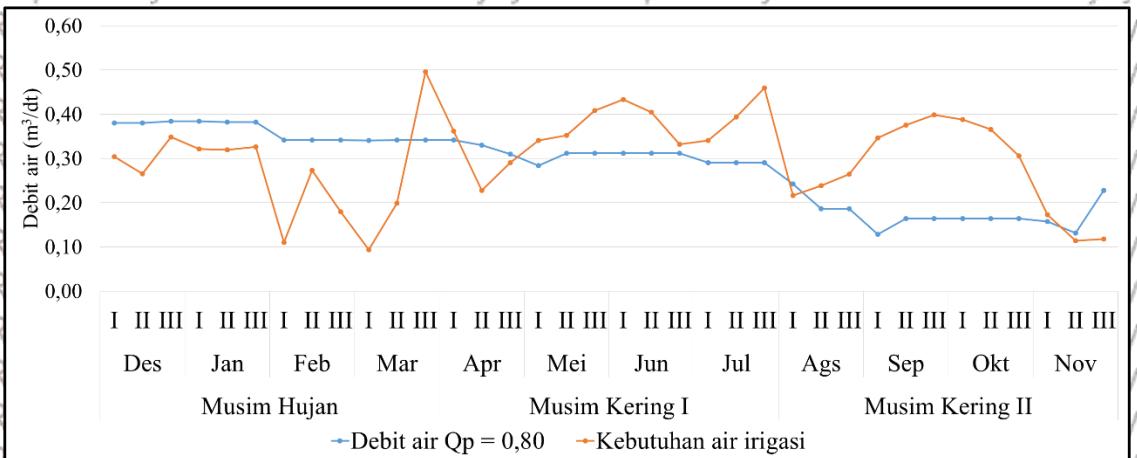
<b>Bulan</b>	<b>Periode</b>	<b>Musim Tanam</b>	<b>Debit air <math>Q_p = 0,50</math> (m<sup>3</sup>/dt)</b>	<b>Kebutuhan air irigasi (m<sup>3</sup>/dt)</b>	<b>Kelebihan (+) / Kekurangan (-) (m<sup>3</sup>/dt)</b>	<b>Keterangan</b>
Desember	I	Universitas Brawijaya	0,46	0,30	0,16	Terpenuhi
	II	Universitas Brawijaya	0,53	0,27	0,27	Terpenuhi
	III	Universitas Brawijaya	0,48	0,35	0,13	Terpenuhi
Januari	I	Universitas Brawijaya	0,45	0,32	0,13	Terpenuhi
	II	Universitas Brawijaya	0,43	0,32	0,11	Terpenuhi
	III	Musim Hujan	0,51	0,33	0,18	Terpenuhi
Februari	I	Universitas Brawijaya	0,49	0,11	0,38	Terpenuhi
	II	Universitas Brawijaya	0,49	0,27	0,21	Terpenuhi
	III	Universitas Brawijaya	0,49	0,18	0,31	Terpenuhi
Maret	I	Universitas Brawijaya	0,49	0,09	0,39	Terpenuhi
	II	Universitas Brawijaya	0,49	0,20	0,29	Terpenuhi
	III	Universitas Brawijaya	0,42	0,50	-0,08	Tidak terpenuhi
April	I	Universitas Brawijaya	0,44	0,36	0,08	Terpenuhi
	II	Universitas Brawijaya	0,42	0,23	0,19	Terpenuhi
	III	Universitas Brawijaya	0,43	0,29	0,14	Terpenuhi
Mei	I	Universitas Brawijaya	0,42	0,34	0,07	Terpenuhi
	II	Universitas Brawijaya	0,40	0,35	0,05	Terpenuhi
	III	Musim Kering I	0,40	0,41	-0,01	Tidak terpenuhi
Juni	I	Universitas Brawijaya	0,40	0,43	-0,03	Tidak terpenuhi
	II	Universitas Brawijaya	0,40	0,40	0,00	Tidak terpenuhi
	III	Universitas Brawijaya	0,40	0,33	0,07	Terpenuhi
Juli	I	Universitas Brawijaya	0,39	0,34	0,05	Terpenuhi
	II	Universitas Brawijaya	0,37	0,39	-0,02	Tidak terpenuhi
	III	Universitas Brawijaya	0,32	0,46	-0,14	Tidak terpenuhi
Agustus	I	Universitas Brawijaya	0,32	0,22	0,11	Terpenuhi
	II	Universitas Brawijaya	0,28	0,24	0,04	Terpenuhi
	III	Universitas Brawijaya	0,29	0,26	0,02	Terpenuhi
September	I	Universitas Brawijaya	0,24	0,35	-0,10	Tidak terpenuhi
	II	Universitas Brawijaya	0,24	0,38	-0,13	Tidak terpenuhi
	III	Musim Kering II	0,24	0,40	-0,16	Tidak terpenuhi
Oktober	I	Universitas Brawijaya	0,22	0,39	-0,17	Tidak terpenuhi
	II	Universitas Brawijaya	0,26	0,37	-0,10	Tidak terpenuhi
	III	Universitas Brawijaya	0,26	0,31	-0,04	Tidak terpenuhi
November	I	Universitas Brawijaya	0,26	0,17	0,09	Terpenuhi
	II	Universitas Brawijaya	0,39	0,11	0,27	Terpenuhi
	III	Universitas Brawijaya	0,39	0,12	0,27	Terpenuhi

Sumber: Hasil perhitungan (2017)

**Tabel 4.22.** Hasil perhitungan neraca air antara kondisi debit air cukup ( $Q_p = 0,25$ ) dengan kebutuhan air irigasi PTT Eksisting

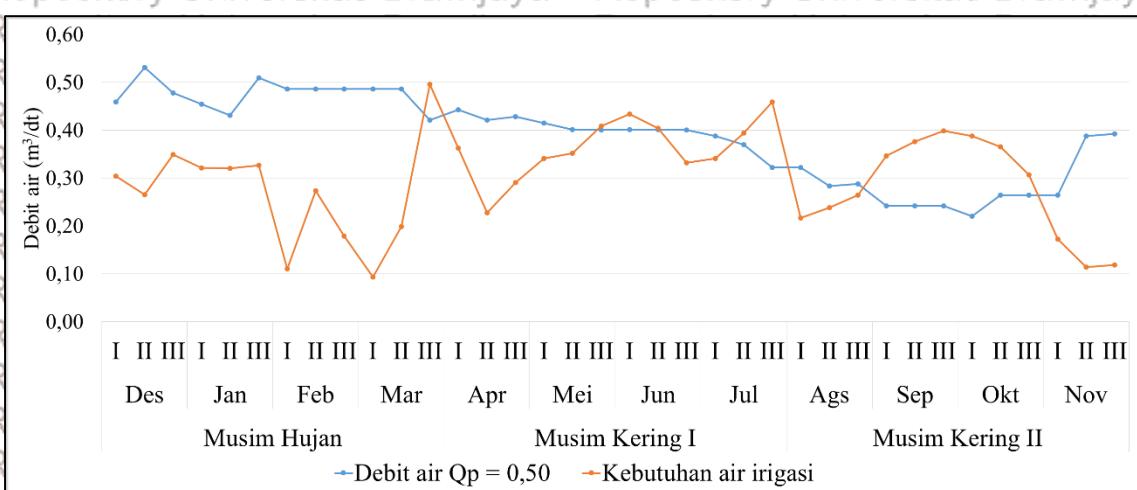
Bulan	Periode	Musim Tanam	Debit air $Q_p = 0,25$ (m <sup>3</sup> /dt)	Kebutuhan air irigasi (m <sup>3</sup> /dt)	Kelebihan (+) / Kekurangan (-) (m <sup>3</sup> /dt)	Keterangan
Desember	I	Musim Hujan	0,53	0,30	0,23	Terpenuhi
	II		0,56	0,27	0,30	Terpenuhi
	III		0,55	0,35	0,21	Terpenuhi
	I		0,53	0,32	0,21	Terpenuhi
	II		0,53	0,32	0,21	Terpenuhi
	III		0,53	0,33	0,20	Terpenuhi
	I		0,53	0,11	0,42	Terpenuhi
	II		0,51	0,27	0,24	Terpenuhi
	III		0,49	0,18	0,31	Terpenuhi
Januari	I	Musim Hujan	0,49	0,09	0,39	Terpenuhi
	II		0,49	0,20	0,29	Terpenuhi
	III		0,51	0,50	0,01	Terpenuhi
	I		0,51	0,36	0,15	Terpenuhi
	II		0,46	0,23	0,23	Terpenuhi
	III		0,46	0,29	0,17	Terpenuhi
Februari	I	Musim Hujan	0,47	0,34	0,13	Terpenuhi
	II		0,47	0,35	0,12	Terpenuhi
	III		0,46	0,41	0,05	Terpenuhi
	I		0,42	0,43	-0,02	Tidak terpenuhi
	II		0,42	0,40	0,01	Terpenuhi
	III		0,40	0,33	0,07	Terpenuhi
Maret	I	Musim Kering I	0,40	0,34	0,06	Terpenuhi
	II		0,39	0,39	-0,01	Tidak terpenuhi
	III		0,39	0,46	-0,07	Tidak terpenuhi
	I		0,39	0,22	0,17	Terpenuhi
	II		0,39	0,24	0,15	Terpenuhi
	III		0,40	0,26	0,14	Terpenuhi
April	I	Musim Kering I	0,38	0,35	0,03	Terpenuhi
	II		0,38	0,38	0,00	Terpenuhi
	III		0,38	0,40	-0,02	Tidak terpenuhi
	I		0,38	0,39	-0,01	Tidak terpenuhi
	II		0,38	0,39	-0,01	Tidak terpenuhi
	III		0,39	0,46	-0,07	Tidak terpenuhi
Mei	I	Musim Kering II	0,39	0,22	0,17	Terpenuhi
	II		0,39	0,24	0,15	Terpenuhi
	III		0,40	0,26	0,14	Terpenuhi
	I		0,38	0,35	0,03	Terpenuhi
	II		0,38	0,38	0,00	Terpenuhi
	III		0,38	0,40	-0,02	Tidak terpenuhi
Juni	I	Musim Kering II	0,38	0,39	-0,01	Tidak terpenuhi
	II		0,39	0,40	0,01	Terpenuhi
	III		0,40	0,33	0,07	Terpenuhi
	I		0,40	0,34	0,06	Terpenuhi
	II		0,39	0,39	-0,01	Tidak terpenuhi
	III		0,39	0,46	-0,07	Tidak terpenuhi
Juli	I	Musim Kering II	0,39	0,22	0,17	Terpenuhi
	II		0,39	0,24	0,15	Terpenuhi
	III		0,40	0,26	0,14	Terpenuhi
	I		0,38	0,35	0,03	Terpenuhi
	II		0,38	0,38	0,00	Terpenuhi
	III		0,38	0,40	-0,02	Tidak terpenuhi
Agustus	I	Musim Kering II	0,39	0,22	0,17	Terpenuhi
	II		0,39	0,24	0,15	Terpenuhi
	III		0,40	0,26	0,14	Terpenuhi
	I		0,38	0,35	0,03	Terpenuhi
	II		0,38	0,38	0,00	Terpenuhi
	III		0,38	0,40	-0,02	Tidak terpenuhi
September	I	Musim Kering II	0,38	0,39	-0,01	Tidak terpenuhi
	II		0,38	0,38	0,00	Terpenuhi
	III		0,38	0,40	-0,02	Tidak terpenuhi
	I		0,38	0,39	-0,01	Tidak terpenuhi
	II		0,38	0,39	-0,01	Tidak terpenuhi
	III		0,39	0,46	-0,07	Tidak terpenuhi
Oktober	I	Musim Kering II	0,39	0,22	0,17	Terpenuhi
	II		0,44	0,37	0,07	Terpenuhi
	III		0,44	0,31	0,13	Terpenuhi
	I		0,56	0,17	0,38	Terpenuhi
	II		0,58	0,11	0,46	Terpenuhi
	III		0,58	0,12	0,46	Terpenuhi
November	I	Musim Kering II	0,39	0,22	0,17	Terpenuhi
	II		0,39	0,24	0,15	Terpenuhi
	III		0,40	0,26	0,14	Terpenuhi
	I		0,38	0,35	0,03	Terpenuhi
	II		0,38	0,38	0,00	Terpenuhi
	III		0,38	0,40	-0,02	Tidak terpenuhi

Sumber: Hasil perhitungan (2017)



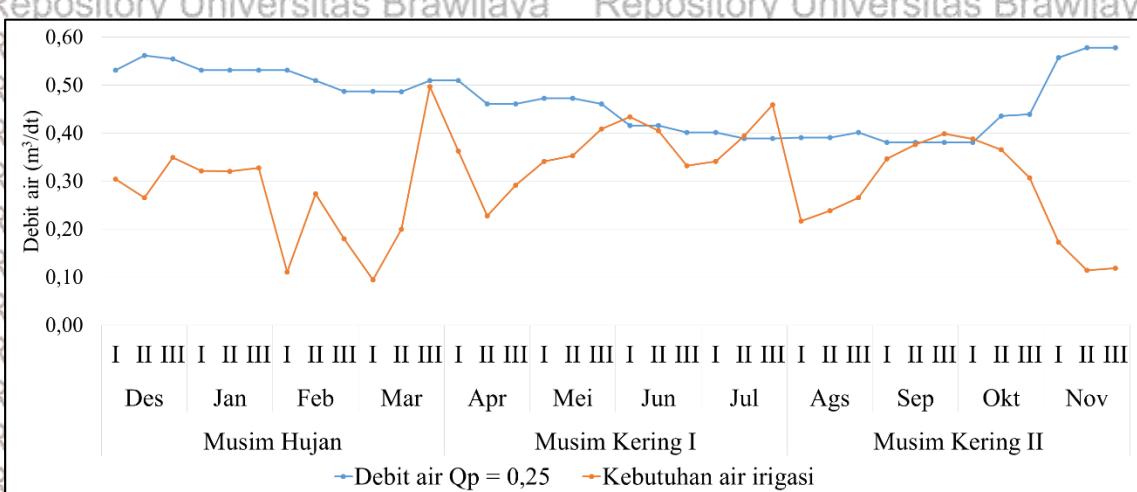
**Gambar 4.5.** Neraca air antara kondisi debit air rendah ( $Q_p = 0.80$ ) dengan kebutuhan air irigasi PTT eksisiting

Sumber: Hasil perhitungan (2017)



**Gambar 4.6.** Neraca air antara kondisi debit air normal ( $Q_p = 0,50$ ) dengan kebutuhan air irigasi PTT eksisting

Sumber: Hasil perhitungan (2017)



**Gambar 4.7.** Neraca air antara kondisi debit air cukup ( $Q_p = 0,25$ ) dengan kebutuhan air irigasi PTT eksisiting

Sumber: Hasil perhitungan (2017)

#### **4.4. Perhitungan Optimasi Pola Tata Tanam**

Berdasarkan hasil perhitungan perhitungan pada subbab 4.3, diketahui bahwa terjadi ketidakcukupan air irigasi di kondisi debit air eksisting serta kondisi debit air rendah, normal dan cukup pada musim tanam kering I dan musim tanam kering II. Ketidakcukupan tersebut salah satunya dipengaruhi oleh luas tanam yang belum sesuai dengan debit air irigasi yang tersedia.

Oleh karena hal tersebut diatas, maka pada subbab ini akan dilakukan proses optimasi pola tata tanam untuk mengetahui luas tanam lahan yang dapat dipenuhi oleh debit air irigasi serta mengetahui keuntungan yang dapat diperoleh berdasarkan luas tanam. Selain itu, pada subbab ini juga akan mencoba beberapa alternatif optimasi pola tata tanam untuk mengetahui pola tata tanam manakah yang dapat memberikan intensitas tanam dan keuntungan yang tertinggi.

##### **4.4.1. Perhitungan Kebutuhan Air Tanaman**

Untuk mengetahui pola tata tanam yang optimal dan menguntungkan, maka dilakukan dengan menentukan alternatif pola tata tanam. Alternatif pola tata tanam ini akan dijadikan skenario optimasi pola tata tanam dimana untuk mengetahui luas lahan yang optimal berdasarkan debit air yang tersedia dalam tiga kondisi berdasarkan hasil perhitungan pada subbab 4.1.3 (rendah, normal dan cukup).

Dalam skenario optimasi ini, ditentukan 5 (lima) alternatif pola tata tanam yang dapat dilihat pada Tabel 4.23.

**Tabel 4.23.** Skenario optimasi pola tata tanam

<b>Skenario pola tanam</b>	<b>Musim tanam</b>		
	<b>Musim hujan</b>	<b>Musim kering I</b>	<b>Musim kering II</b>
Alternatif 1	Padi	Padi	Padi
	Palawija	Palawija	Palawija
Alternatif 2	Tebu	Tebu	Tebu
	Padi	Padi	-
Alternatif 3	-	-	Padi
	Tebu	Tebu	Tebu
Alternatif 4	Padi	Padi	-
	Palawija	Palawija	Palawija
Alternatif 5	Tebu	Tebu	Tebu
	Padi	-	Padi
	Palawija	-	Palawija
	-	Palawija	Palawija
	Tebu	Tebu	Tebu
	-	Tebu	Tebu

Keterangan: (-) = Bero atau tidak ditanami

Berdasarkan skenario optimasi tersebut, selanjutnya akan diteruskan dengan perhitungan kebutuhan air irigasi. Perhitungan kebutuhan air irigasi pada setiap alternatif hanya sebatas sampai dengan perhitungan kebutuhan neto air irigasi (DR) per satuan luas (Subbab 4.3.2, nomor 21). Hasil perhitungan untuk setiap alternatif selangkapnya dapat dilihat pada Lampiran 8. Selanjutnya, hasil perhitungan tersebut dengan satuan debit (l/dt/ha) dikonversi menjadi volume (m<sup>3</sup>/ha). Contoh perhitungan untuk Alternatif 1 bulan Desember periode I untuk tanaman padi: Diketahui: Q padi = 0,92 l/dt/ha;

$$\text{Volume} = Q \text{ padi} \times 24 \times 60 \times 60 = 0,92 \times 24 \times 60 \times 60 = 79,75 \text{ m}^3/\text{ha}$$

Untuk rekapitulasi hasil perhitungan DR per satuan luas pada setiap alternatif sekaligus hasil konversinya, dapat dilihat pada Tabel 4.25 sampai dengan Tabel 4.29.

#### 4.4.2. Hasil Usaha Tani

Dalam studi ini, hasil optimasi pola tata tanam pada setiap alternatif diikuti dengan keuntungan yang dapat diperoleh dari hasil optimasi tersebut. Hasil usaha tani adalah pendapatan bersih yang diperoleh dari biaya produksi petani yang dikurangkan dengan pendapatan bersih untuk setiap komoditas setiap hektarnya.

Data analisa hasil usaha tani yang diperoleh berupa pendapatan bersih untuk masing-masing komoditas tanaman dimana selanjutnya akan digunakan sebagai fungsi tujuan pada perhitungan keuntungan yang hendak dicapai. Data hasil usaha tani tersebut meliputi komoditas tanaman padi, jagung dan tebu di wilayah Kabupaten Malang tahun 2015. Untuk analisa hasil usaha tani untuk setiap komoditas selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 4. Sedangkan untuk lebih ringkasnya, dapat dilihat pada Tabel 4.29.

**Tabel 4.24.** Hasil usaha tani di Kecamatan Poncokusumo Kabupaten Malang untuk komoditas padi, palawija (jagung) dan tebu tahun 2016

Komoditas Tanaman	Total keuntungan (Rp/ha)	Biaya produksi (Rp/ha)	Keuntungan bersih (Rp/ha)
Padi	Rp29.429.400	Rp12.751.000	Rp16.678.400
Palawija (Jagung)	Rp16.530.000	Rp7.160.000	Rp9.370.000
Tebu	Rp43.200.000	Rp20.450.000	Rp22.750.000

Sumber: Dinas Tanaman Pangan, Hortikultura dan Perkebunan Kabupaten Malang (2017)

**Tabel 4.25.** Rekapitulasi hasil perhitungan kebutuhan air tanaman per satuan luas untuk

Alternatif ke-1

Bulan	Periode	Musim Tanam	Kebutuhan air irigasi					
			(l/dt/ha)			(m <sup>3</sup> /ha)		
			Padi	Palawija	Tebu	Padat	Palawija	Tebu
Desember	I		0,92	0,00	0,00	79,75	0,00	0,00
	II		0,81	0,00	0,00	69,70	0,00	0,00
	III		0,96	0,27	0,41	83,22	23,43	35,70
Januari	I		0,78	0,60	0,57	67,67	51,80	49,28
	II		0,76	0,70	0,48	65,42	60,67	41,51
	III	Musim Hujan	0,76	0,77	0,42	65,92	66,88	36,08
Februari	I		0,16	0,67	0,01	13,61	57,57	0,58
	II		0,64	0,61	0,51	55,05	52,75	44,19
	III		0,37	0,50	0,62	32,36	43,29	53,73
Maret	I		0,18	0,31	0,33	15,72	26,96	28,50
	II		0,58	0,02	0,32	50,12	1,55	27,66
	III		1,47	0,00	0,70	126,65	0,00	60,09
April	I		1,52	0,00	0,59	131,63	0,00	50,76
	II		0,90	0,09	0,41	77,52	7,53	35,14
	III		0,96	0,36	0,78	83,06	31,18	67,64
Mei	I		0,94	0,71	0,90	81,35	61,40	77,39
	II		0,94	0,80	0,82	81,19	68,82	71,28
	III	Musim Kering I	1,14	0,86	0,92	98,12	74,02	79,81
Juni	I	Kering I	1,19	0,93	0,99	103,00	80,37	85,18
	II		1,09	0,89	0,99	94,55	76,51	85,73
	III		0,84	0,80	0,99	72,34	68,92	85,73
Juli	I		0,98	0,64	1,02	84,50	55,03	88,35
	II		1,39	0,36	1,02	120,17	30,76	88,35
	III		1,84	0,10	1,02	158,93	8,96	88,35
Agustus	I		2,09	0,12	1,20	180,22	10,65	103,35
	II		1,75	0,40	1,20	150,93	34,58	103,35
	III		1,41	0,71	1,20	121,66	61,12	103,35
September	I		1,52	1,09	1,43	131,19	94,15	123,90
	II		1,59	1,22	1,43	137,77	105,59	123,90
	III	Musim Kering II	1,67	1,31	1,43	144,34	113,60	123,90
Okttober	I	Kering II	1,62	1,31	1,16	139,58	113,31	99,98
	II		1,50	1,24	1,16	129,60	106,99	99,98
	III		1,10	1,09	1,13	94,96	94,58	97,20
November	I		0,89	0,49	0,65	76,66	42,31	56,34
	II		1,01	0,13	0,41	87,26	11,25	35,00
	III		1,36	0,00	0,31	117,84	0,00	26,94

Sumber: Hasil perhitungan (2017)

**Tabel 4.26.** Rekapitulasi hasil perhitungan kebutuhan air tanaman per satuan luas untuk Alternatif ke-2

<b>Bulan</b>	<b>Periode</b>	<b>Musim Tanam</b>	<b>Kebutuhan air irigasi</b>			
			(l/dt/ha)	(m <sup>3</sup> /ha)	Padi	Tebu
Januari	I	Musim Hujan	0,92	0,00	79,75	0,00
	II		0,81	0,00	69,70	0,00
	III		0,96	0,41	83,22	35,70
	I	Musim Hujan	0,78	0,57	67,67	49,28
	II		0,76	0,48	65,42	41,51
	III		0,76	0,42	65,92	36,08
	I	Kering I	0,16	0,01	13,61	0,58
	II		0,64	0,51	55,05	44,19
	III		0,37	0,62	32,36	53,73
Februari	I		0,18	0,33	15,72	28,50
Maret	II		0,58	0,32	50,12	27,66
	III		1,47	0,70	126,65	60,09
	I		1,52	0,59	131,63	50,76
	II		0,90	0,41	77,52	35,14
	III		0,96	0,78	83,06	67,64
	I	Musim Kering I	0,94	0,90	81,35	77,39
	II		0,94	0,82	81,19	71,28
	III		1,14	0,92	98,12	79,81
Juni	I	Kering II	1,19	0,99	103,00	85,18
	II		1,09	0,99	94,55	85,73
	III		0,84	0,99	72,34	85,73
	I		0,98	1,02	84,50	88,35
	II		1,39	1,02	120,17	88,35
	III		1,84	1,02	158,93	88,35
	I		2,09	1,20	180,22	103,35
	II		1,75	1,20	150,93	103,35
	III		1,41	1,20	121,66	103,35
September	I	Musim Kering II	1,52	1,43	131,19	123,90
	II		1,59	1,43	137,77	123,90
	III		1,67	1,43	144,34	123,90
	I	Kering II	1,62	1,16	139,58	99,98
	II		1,50	1,16	129,60	99,98
	III		1,10	1,13	94,96	97,20
	I		0,89	0,65	76,66	56,34
	II		1,01	0,41	87,26	35,00
	III		1,36	0,31	117,84	26,94

Sumber: Hasil perhitungan (2017)

**Tabel 4.27.** Rekapitulasi hasil perhitungan kebutuhan air tanaman per satuan luas untuk Alternatif ke-3

<b>Bulan</b>	<b>Periode</b>	<b>Musim Tanam</b>	<b>Kebutuhan air irigasi</b>					
			<b>(l/dt/ha)</b>	<b>Padi</b>	<b>Palawija</b>	<b>Tebu</b>	<b>(m<sup>3</sup>/ha)</b>	<b>Padi</b>
Desember	I		0,92	0,00	0,00	79,75	0,00	0,00
	II		0,81	0,00	0,00	69,70	0,00	0,00
	III		0,96	0,27	0,41	83,22	23,43	35,70
Januari	I		0,78	0,60	0,57	67,67	51,80	49,28
	II		0,76	0,70	0,48	65,42	60,67	41,51
	III	Musim Hujan	0,76	0,77	0,42	65,92	66,88	36,08
	I		0,16	0,67	0,01	13,61	57,57	0,58
Februari	II		0,64	0,61	0,51	55,05	52,75	44,19
	III		0,37	0,50	0,62	32,36	43,29	53,73
	I		0,18	0,31	0,33	15,72	26,96	28,50
Maret	II		0,58	0,02	0,32	50,12	1,55	27,66
	III		1,47	0,00	0,70	126,65	0,00	60,09
	I		1,52	0,00	0,59	131,63	0,00	50,76
April	II		0,90	0,09	0,41	77,52	7,53	35,14
	III		0,96	0,36	0,78	83,06	31,18	67,64
	I		0,94	0,71	0,90	81,35	61,40	77,39
Mei	II		0,94	0,80	0,82	81,19	68,82	71,28
	III	Musim Kering I	1,14	0,86	0,92	98,12	74,02	79,81
	I	Kering I	1,19	0,93	0,99	103,00	80,37	85,18
Juni	II		1,09	0,89	0,99	94,55	76,51	85,73
	III		0,84	0,80	0,99	72,34	68,92	85,73
	I		0,62	0,64	1,02	53,58	55,03	88,35
Juli	II		0,32	0,36	1,02	27,59	30,76	88,35
	III		0,05	0,10	1,02	4,63	8,96	88,35
	I			0,12	1,20		10,65	103,35
Agustus	II			0,40	1,20		34,58	103,35
	III			0,71	1,20		61,12	103,35
	I			1,09	1,43		94,15	123,90
September	II			1,22	1,43		105,59	123,90
	III	Musim Kering II		1,31	1,43		113,60	123,90
	I	Kering II		1,31	1,16		113,31	99,98
Okttober	II			1,24	1,16		106,99	99,98
	III			1,09	1,13		94,58	97,20
	I			0,49	0,65		42,31	56,34
November	II			0,13	0,41		11,25	35,00
	III			0,00	0,31		0,00	26,94

Sumber: Hasil perhitungan (2017)

**Tabel 4.28.** Rekapitulasi hasil perhitungan kebutuhan air tanaman per satuan luas untuk Alternatif ke-4

Bulan	Periode	Musim Tanam	Kebutuhan air irigasi					
			(l/dt/ha)			(m <sup>3</sup> /ha)		
			Padi	Palawija	Tebu	Padi	Palawija	Tebu
Desember	I	Musim Hujan	0,92	0,00	0,00	79,75	0,00	0,00
	II		0,81	0,00	0,00	69,70	0,00	0,00
	III		0,96	0,27	0,41	83,22	23,43	35,70
Januari	I	Musim Hujan	0,78	0,60	0,57	67,67	51,80	49,28
	II		0,76	0,70	0,48	65,42	60,67	41,51
	III		0,76	0,77	0,42	65,92	66,88	36,08
Februari	I	Musim Hujan	0,16	0,67	0,01	13,61	57,57	0,58
	II		0,64	0,61	0,51	55,05	52,75	44,19
	III		0,37	0,50	0,62	32,36	43,29	53,73
Maret	I	Musim Kering I	0,18	0,31	0,33	15,72	26,96	28,50
	II		0,58	0,02	0,32	50,12	1,55	27,66
	III		1,47	0,00	0,70	126,65	0,00	60,09
April	I	Musim Kering II	1,52	-	0,59	131,63	-	50,76
	II		0,90	-	0,41	77,52	-	35,14
	III		0,96	-	0,78	83,06	-	67,64
Mei	I	Musim Kering III	0,94	-	0,90	81,35	-	77,39
	II		0,94	-	0,82	81,19	-	71,28
	III		1,14	-	0,92	98,12	-	79,81
Juni	I	Kering I	1,19	-	0,99	103,00	-	85,18
	II		1,09	-	0,99	94,55	-	85,73
	III		0,84	-	0,99	72,34	-	85,73
Juli	I	Kering II	0,62	-	1,02	53,58	-	88,35
	II		0,32	-	1,02	27,59	-	88,35
	III		0,05	-	1,02	4,63	-	88,35
Agustus	I	Musim Kering III	0,12	1,20	-	10,65	103,35	
	II		0,40	1,20	-	34,58	103,35	
	III		0,71	1,20	-	61,12	103,35	
September	I	Musim Kering IV	1,09	1,43	-	94,15	123,90	
	II		1,22	1,43	-	105,59	123,90	
	III		1,31	1,43	-	113,60	123,90	
Oktober	I	Kering II	1,31	1,16	-	113,31	99,98	
	II		1,24	1,16	-	106,99	99,98	
	III		1,09	1,13	-	94,58	97,20	
November	I	Kering III	0,49	0,65	-	42,31	56,34	
	II		0,13	0,41	-	11,25	35,00	
	III		0,00	0,31	-	0,00	26,94	

Sumber: Hasil perhitungan (2017)

**Tabel 4.29.** Rekapitulasi hasil perhitungan kebutuhan air tanaman per satuan luas untuk Alternatif ke-5

Bulan	Periode	Musim Tanam	Kebutuhan air irigasi					
			(l/dt/ha)			(m <sup>3</sup> /ha)		
			Padi	Palawija	Tebu	Padat	Palawija	Tebu
Desember	I	Musim Hujan	0,92	0,00	79,75	0,00	0,00	0,00
	II		0,81	0,00	69,70	0,00	0,00	0,00
	III		0,96	0,41	83,22	35,70	35,70	49,28
Januari	I	Musim Hujan	0,78	0,57	67,67	41,51	41,51	41,51
	II		0,76	0,48	65,42	36,08	36,08	36,08
	III		0,76	0,42	65,92	0,58	0,58	0,58
Februari	I	Musim Hujan	0,16	0,01	13,61	0,00	0,00	0,00
	II		0,64	0,51	55,05	44,19	44,19	44,19
	III		0,37	0,62	32,36	53,73	53,73	53,73
Maret	I	Musim Kering I	0,00	0,33	0,00	28,50	28,50	28,50
	II		0,00	0,32	0,00	27,66	27,66	27,66
	III		0,00	0,70	0,00	60,09	60,09	60,09
April	I	Musim Kering I	0,00	0,59	0,00	50,76	50,76	50,76
	II		0,09	0,41	0,00	7,53	35,14	35,14
	III		0,36	0,78	0,00	31,18	67,64	67,64
Mei	I	Musim Kering I	0,71	0,90	0,00	61,40	77,39	77,39
	II		0,80	0,82	0,00	68,82	71,28	71,28
	III		0,86	0,92	0,00	74,02	79,81	79,81
Juni	I	Musim Kering II	0,93	0,99	0,00	80,37	85,18	85,18
	II		0,89	0,99	0,00	76,51	85,73	85,73
	III		0,80	0,99	0,00	68,92	85,73	85,73
Juli	I	Musim Kering II	0,64	1,02	0,00	55,03	88,35	88,35
	II		0,36	1,02	0,00	30,76	88,35	88,35
	III		0,10	1,02	0,00	8,96	88,35	88,35
Agustus	I	Musim Kering II	2,09	0,12	1,20	180,22	10,65	103,35
	II		1,75	0,40	1,20	150,93	34,58	103,35
	III		1,41	0,71	1,20	121,66	61,12	103,35
September	I	Musim Kering II	1,52	1,09	1,43	131,19	94,15	123,90
	II		1,59	1,22	1,43	137,77	105,59	123,90
	III		1,67	1,31	1,43	144,34	113,60	123,90
Okttober	I	Musim Kering II	1,62	1,31	1,16	139,58	113,31	99,98
	II		1,50	1,24	1,16	129,60	106,99	99,98
	III		1,10	1,09	1,13	94,96	94,58	97,20
November	I	Musim Kering II	0,89	0,49	0,65	76,66	42,31	56,34
	II		1,01	0,13	0,41	87,26	11,25	35,00
	III		1,36	0,00	0,31	117,84	0,00	26,94

Sumber: Hasil perhitungan (2017)

#### 4.4.3. Optimasi dengan menggunakan Program Linear

Optimasi merupakan salah satu usaha guna mengatasi masalah perihal pengelolaan dan pemanfaatan sumber daya air. Dalam hal ini, optimasi juga dimaksudkan untuk memaksimalkan debit air yang tersedia sehingga suatu daerah irigasi dapat menghasilkan luas tanam dan keuntungan yang optimal.

Optimasi menjadi cara untuk membuat nilai fungsi agar beberapa variabel yang ada menjadi maksimum, minimum atau nilai tertentu dengan memperhatikan kendala yang ada. Berdasarkan hasil perhitungan kebutuhan air irigasi pada subbab 4.3.1, terjadi ketidakcukupan air irigasi pada musim kering I dan musim kering II. Oleh karena masalah tersebut, maka pendekatan yang dapat dilakukan yaitu dengan menentukan luas tanam yang dapat dipenuhi oleh debit air yang tersedia dengan melakukan optimasi menggunakan program linear. Selain itu, pendekatan juga dilakukan dengan mencoba lima alternatif pola tata tanam untuk mengetahui nilai intensitas tanam dan keuntungan yang optimal.

##### 4.4.3.1. Model Matematika untuk Optimasi

Untuk mendapatkan hasil yang mendekati dan sesuai dengan kondisi lapangan dengan metode yang digunakan, maka analisa ini dilakukan dengan menentukan model matematika berupa fungsi tujuan dan fungsi kendala dimana mengacu pada persyaratan yang sesuai kondisi di lapangan.

Untuk model matematika dalam analisa optimasi ini antara lain:

- **Fungsi Tujuan**

Fungsi tujuan merupakan persamaan dari tujuan utama dimana keterkaitannya dengan variabel keputusan yang akan berubah-ubah untuk dioptimalkan. Studi optimasi ini memiliki tujuan untuk mengoptimalkan luas tanam untuk masing-masing tanaman dan nilai keuntungan pada setiap musim tanam selama satu tahun. Selain tujuan tersebut, juga dapat mengatasi masalah pada neraca air irigasi berdasarkan hasil perhitungan neraca air pada subbab sebelumnya.

- **Fungsi kendala**

Fungsi kendala merupakan yang membatasi fungsi tujuan dimana meliputi :

- Luas baku sawah di DI Karang Anyar seluas 436 ha.

- Luas tanam maksimal untuk tanaman tebu di DI Karang Anyar seluas 20 ha.

- Volume kebutuhan air tanaman per satuan luas 10 harian pada setiap alternatif (Tabel 4.25 s.d. Tabel 4.29).

Repository Universitas Brawijaya  
Volume ketersediaan air irigaasi andalan 10 harian dalam kondisi rendah, normal dan cukup (Tabel 4.15).

Model matematika tersebut untuk selanjutnya digunakan pada setiap alternatif pola tata tanam sesuai dengan skenario optimasi pola tata tanam pada Tabel 4.23 untuk proses optimasi melalui program linear dengan menggunakan fasilitas *Solver* dari *Microsoft Excel*. Persamaan secara model matematika pada setiap alternatif pola tata tanam dapat dijabarkan sebagai berikut. (Catatan: Pada PTT Alternatif ke-1, diberikan keterangan mengenai variabel keputusan, fungsi tujuan dan nilai fungsi kendala. Pada PTT alternatif lainnya, keterangan mengenai hal tersebut dianggap sama, yang berbeda adalah persamaan yang digunakan pada setiap skenario pola tata tanam)

### **1. Pola tata tanam Alternatif ke-1**

Contoh: Awal musim tanam pada Musim Hujan (Desember periode I), Musim Kering I (April periode I) dan Musim Kering II (Agustus periode I)

Pola tata tanam pada setiap musim tanam:

Musim hujan : padi, palawija, tebu

Musim kering I : padi, palawija, tebu

Musim kering II : padi, palawija, tebu

#### **a. Variabel keputusan**

$X_{1p}$  = luas tanam padi pada musim hujan (ha)

$X_{1j}$  = luas tanam palawija (jagung) pada musim hujan (ha)

$X_{1t}$  = luas tanam tebu pada musim hujan (ha)

$X_{2p}$  = luas tanam padi pada musim kering I (ha)

$X_{2j}$  = luas tanam palawija (jagung) pada musim kering I (ha)

$X_{2t}$  = luas tanam tebu pada musim kering I (ha)

$X_{3p}$  = luas tanam padi pada musim kering II (ha)

$X_{3j}$  = luas tanam palawija (jagung) pada musim kering II (ha)

$X_{3t}$  = luas tanam tebu pada musim kering II (ha)

#### **b. Fungsi tujuan:**

$$Z_1 = A.X_{1p} + B.X_{1j} + C.X_{1t}$$

$$= \text{Rp}16.678.400 . X_{1p} + \text{Rp}9.370.000 . X_{1j} + \text{Rp}22.750.000 . X_{1t}$$

$$Z_2 = A.X_{2p} + B.X_{2j} + C.X_{2t}$$

$$= \text{Rp}16.678.400 . X_{2p} + \text{Rp}9.370.000 . X_{2j} + \text{Rp}22.750.000 . X_{2t}$$

$$Z_3 = A.X_{3p} + B.X_{3j} + C.X_{3t}$$

$$= \text{Rp}16.678.400 . X_{3p} + \text{Rp}9.370.000 . X_{3j} + \text{Rp}22.750.000 . X_{3t}$$

82

dimana:

$Z_m = \text{Nilai tujuan pada setiap musim tanam yang hendak dicapai berupa keuntungan maksimal (Rp)}$

Diketahui nilai fungsi tujuan (Tabel 4.24):

$A = \text{pendapatan bersih hasil usaha tani per musim tanam dari komoditas padi (Rp/ha)}$

$B = \text{pendapatan bersih hasil usaha tani per musim tanam dari komoditas palawija (jagung) (Rp/ha)}$

$C = \text{pendapatan bersih hasil usaha tani per musim tanam dari komoditas tebu (Rp/ha)}$

### c. Fungsi kendala

#### 1) Luas baku sawah

$$X_{1p} + X_{1j} + X_{1t} \leq X_{total}$$

$$\Leftrightarrow X_{1p} + X_{1j} + X_{1t} \leq 436$$

$$X_{2p} + X_{2j} + X_{2t} \leq X_{total}$$

$$\Leftrightarrow X_{2p} + X_{2j} + X_{2t} \leq 436$$

$$X_{3p} + X_{3j} + X_{3t} \leq X_{total}$$

$$\Leftrightarrow X_{3p} + X_{3j} + X_{3t} \leq 436$$

Diketahui :

$X_{total} = \text{luas baku sawah di DI Karang Anyar pada setiap musim tanam} = 436 \text{ ha}$

#### 2) Luas baku tanam untuk tanaman tebu

$$X_{1t} \leq X_{tebu}$$

$$\Leftrightarrow X_{1t} \leq 20$$

$$X_{2t} \leq X_{tebu}$$

$$\Leftrightarrow X_{2t} \leq 20$$

$$X_{3t} \leq X_{tebu}$$

$$\Leftrightarrow X_{3t} \leq 20$$

Dengan ketentuan nilai  $X_{1t} = X_{2t} = X_{3t}$

Diketahui :

$X_{tebu} = \text{Luas tanam maksimal tanaman tebu pada setiap musim tanam} = 20 \text{ Ha}$

#### 3) Volume kebutuhan air tanaman dengan volume ketersediaan debit air irigasi andalan

Kondisi rendah ( $Q_p = 80$ ):

$$V_{1p} \cdot X_{1p} + V_{1j} \cdot X_{1j} + V_{1t} \cdot X_{1t} \leq V_{1r}$$

$$\Leftrightarrow 79,75 \cdot X_{1p} + 0,00 \cdot X_{1j} + 0,00 \cdot X_{1t} \leq 32.932,00$$



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

$$\bullet V_{2p} \cdot X_{2p} + V_{2j} \cdot X_{2j} + V_{2t} \cdot X_{2t} \leq V_{2r}$$

$$\Leftrightarrow 131,63 \cdot X_{2p} + 0,00 \cdot X_{2j} + 50,76 \cdot X_{2t} \leq 29.548,80$$

$$\bullet V_{3p} \cdot X_{3p} + V_{3j} \cdot X_{3j} + V_{3t} \cdot X_{3t} \leq V_{3r}$$

$$\Leftrightarrow 180,22 \cdot X_{3p} + 10,65 \cdot X_{3j} + 103,35 \cdot X_{3t} \leq 20.908,80$$

Kondisi normal ( $Q_p = 0,50$ ):

$$\bullet V_{1p} \cdot X_{1p} + V_{1j} \cdot X_{1j} + V_{1t} \cdot X_{1t} \leq V_{1c}$$

$$\Leftrightarrow 79,75 \cdot X_{1p} + 0,00 \cdot X_{1j} + 0,00 \cdot X_{1t} \leq 39.657,00$$

$$\bullet V_{2p} \cdot X_{2p} + V_{2j} \cdot X_{2j} + V_{2t} \cdot X_{2t} \leq V_{2c}$$

$$\Leftrightarrow 131,63 \cdot X_{2p} + 0,00 \cdot X_{2j} + 50,76 \cdot X_{2t} \leq 38.249,80$$

$$\bullet V_{3p} \cdot X_{3p} + V_{3j} \cdot X_{3j} + V_{3t} \cdot X_{3t} \leq V_{3c}$$

$$\Leftrightarrow 180,22 \cdot X_{3p} + 10,65 \cdot X_{3j} + 103,35 \cdot X_{3t} \leq 27.820,80$$

Kondisi Cukup ( $Q_p = 0,25$ ):

$$\bullet V_{1p} \cdot X_{1p} + V_{1j} \cdot X_{1j} + V_{1t} \cdot X_{1t} \leq V_{1c}$$

$$\Leftrightarrow 79,75 \cdot X_{1p} + 0,00 \cdot X_{1j} + 0,00 \cdot X_{1t} \leq 48.124,80$$

$$\bullet V_{2p} \cdot X_{2p} + V_{2j} \cdot X_{2j} + V_{2t} \cdot X_{2t} \leq V_{2c}$$

$$\Leftrightarrow 131,63 \cdot X_{2p} + 0,00 \cdot X_{2j} + 50,76 \cdot X_{2t} \leq 42.007,68$$

$$\bullet V_{3p} \cdot X_{3p} + V_{3j} \cdot X_{3j} + V_{3t} \cdot X_{3t} \leq V_{3c}$$

$$\Leftrightarrow 180,22 \cdot X_{3p} + 10,65 \cdot X_{3j} + 103,35 \cdot X_{3t} \leq 34.611,84$$

Diketahui:

♦ nilai fungsi kendala kebutuhan air tanaman untuk Alternatif ke-1 (Tabel 4.25):

$V_{1p} =$  Volume kebutuhan air tanaman padi 10 harian per satuan luas pada musim hujan (Desember periode I) ( $m^3/ha$ )

$V_{1j} =$  Volume kebutuhan air tanaman palawija (jagung) 10 harian per satuan luas pada musim hujan (Desember periode I) ( $m^3/ha$ )

$V_{1t} =$  Volume kebutuhan air tanaman tebu 10 harian per satuan luas pada musim hujan (Desember periode I) ( $m^3/ha$ )

$V_{2p} =$  Volume kebutuhan air tanaman padi 10 harian per satuan luas pada musim kering I (April periode I) ( $m^3/ha$ )

$V_{2j} =$  Volume kebutuhan air tanaman palawija (jagung) 10 harian per satuan luas pada musim kering I (April periode I) ( $m^3/ha$ )

$V_{2t} =$  Volume kebutuhan air tanaman tebu 10 harian per satuan luas pada musim kering I (April periode I) ( $m^3/ha$ )



**Tabel 4.30.** Model matematika luas tanam dengan luas lahan total untuk Alternatif ke-1

Bulan	Periode	Musim Tanam	Luas tanam			Luas Lahan Total
			Padi	Palawija	Tebu	
Desember	I	Musim Hujan	$X_{1p}$	$+ X_{1j} + X_{1t}$	$\leq$	$X_{total}$
	II		$X_{1p}$	$+ X_{1j} + X_{1t}$	$\leq$	$X_{total}$
	III		$X_{1p}$	$+ X_{1j} + X_{1t}$	$\leq$	$X_{total}$
Januari	I	Musim Hujan	$X_{1p}$	$+ X_{1j} + X_{1t}$	$\leq$	$X_{total}$
	II		$X_{1p}$	$+ X_{1j} + X_{1t}$	$\leq$	$X_{total}$
	III		$X_{1p}$	$+ X_{1j} + X_{1t}$	$\leq$	$X_{total}$
Februari	I	Musim Hujan	$X_{1p}$	$+ X_{1j} + X_{1t}$	$\leq$	$X_{total}$
	II		$X_{1p}$	$+ X_{1j} + X_{1t}$	$\leq$	$X_{total}$
	III		$X_{1p}$	$+ X_{1j} + X_{1t}$	$\leq$	$X_{total}$
Maret	I	Musim Kering I	$X_{1p}$	$+ X_{1j} + X_{1t}$	$\leq$	$X_{total}$
	II		$X_{1p}$	$+ X_{1j} + X_{1t}$	$\leq$	$X_{total}$
	III		$X_{1p}$	$+ X_{1j} + X_{1t}$	$\leq$	$X_{total}$
April	I	Musim Kering II	$X_{2p}$	$+ X_{2j} + X_{2t}$	$\leq$	$X_{total}$
	II		$X_{2p}$	$+ X_{2j} + X_{2t}$	$\leq$	$X_{total}$
	III		$X_{2p}$	$+ X_{2j} + X_{2t}$	$\leq$	$X_{total}$
Mei	I	Musim Kering I	$X_{2p}$	$+ X_{2j} + X_{2t}$	$\leq$	$X_{total}$
	II		$X_{2p}$	$+ X_{2j} + X_{2t}$	$\leq$	$X_{total}$
	III		$X_{2p}$	$+ X_{2j} + X_{2t}$	$\leq$	$X_{total}$
Juni	I	Musim Kering II	$X_{2p}$	$+ X_{2j} + X_{2t}$	$\leq$	$X_{total}$
	II		$X_{2p}$	$+ X_{2j} + X_{2t}$	$\leq$	$X_{total}$
	III		$X_{2p}$	$+ X_{2j} + X_{2t}$	$\leq$	$X_{total}$
Juli	I	Musim Hujan	$X_{2p}$	$+ X_{2j} + X_{2t}$	$\leq$	$X_{total}$
	II		$X_{2p}$	$+ X_{2j} + X_{2t}$	$\leq$	$X_{total}$
	III		$X_{2p}$	$+ X_{2j} + X_{2t}$	$\leq$	$X_{total}$
Agustus	I	Musim Hujan	$X_{3p}$	$+ X_{3j} + X_{3t}$	$\leq$	$X_{total}$
	II		$X_{3p}$	$+ X_{3j} + X_{3t}$	$\leq$	$X_{total}$
	III		$X_{3p}$	$+ X_{3j} + X_{3t}$	$\leq$	$X_{total}$
September	I	Musim Kering I	$X_{3p}$	$+ X_{3j} + X_{3t}$	$\leq$	$X_{total}$
	II		$X_{3p}$	$+ X_{3j} + X_{3t}$	$\leq$	$X_{total}$
	III		$X_{3p}$	$+ X_{3j} + X_{3t}$	$\leq$	$X_{total}$
Okttober	I	Musim Kering II	$X_{3p}$	$+ X_{3j} + X_{3t}$	$\leq$	$X_{total}$
	II		$X_{3p}$	$+ X_{3j} + X_{3t}$	$\leq$	$X_{total}$
	III		$X_{3p}$	$+ X_{3j} + X_{3t}$	$\leq$	$X_{total}$
November	I	Musim Hujan	$X_{3p}$	$+ X_{3j} + X_{3t}$	$\leq$	$X_{total}$
	II		$X_{3p}$	$+ X_{3j} + X_{3t}$	$\leq$	$X_{total}$
	III		$X_{3p}$	$+ X_{3j} + X_{3t}$	$\leq$	$X_{total}$

Sumber: Hasil perhitungan (2017)

**Tabel 4.31.** Model matematika antara volume kebutuhan air tanaman dengan volume ketersediaan air irigasi kondisi rendah ( $Q_p = 0,80$ ) untuk Alternatif ke-1

Bulan	Periode	Musim Tanam	Volume kebutuhan air tanaman			Volume ketersediaan air irrigasi
			Padi	Palawija	Tebu	
Desember	I	Musim Hujan	$V_{1p} \cdot X_{1p} + V_{1j} \cdot X_{1j} + V_{1t} \cdot X_{1t}$	$\leq$	$\leq$	$V_{1r}$
	II		$V_{1p} \cdot X_{1p} + V_{1j} \cdot X_{1j} + V_{1t} \cdot X_{1t}$	$\leq$	$\leq$	$V_{1r}$
	III		$V_{1p} \cdot X_{1p} + V_{1j} \cdot X_{1j} + V_{1t} \cdot X_{1t}$	$\leq$	$\leq$	$V_{1r}$
Januari	I	Musim Hujan	$V_{1p} \cdot X_{1p} + V_{1j} \cdot X_{1j} + V_{1t} \cdot X_{1t}$	$\leq$	$\leq$	$V_{1r}$
	II		$V_{1p} \cdot X_{1p} + V_{1j} \cdot X_{1j} + V_{1t} \cdot X_{1t}$	$\leq$	$\leq$	$V_{1r}$
	III		$V_{1p} \cdot X_{1p} + V_{1j} \cdot X_{1j} + V_{1t} \cdot X_{1t}$	$\leq$	$\leq$	$V_{1r}$
Februari	I	Musim Kering I	$V_{1p} \cdot X_{1p} + V_{1j} \cdot X_{1j} + V_{1t} \cdot X_{1t}$	$\leq$	$\leq$	$V_{1r}$
	II		$V_{1p} \cdot X_{1p} + V_{1j} \cdot X_{1j} + V_{1t} \cdot X_{1t}$	$\leq$	$\leq$	$V_{1r}$
	III		$V_{1p} \cdot X_{1p} + V_{1j} \cdot X_{1j} + V_{1t} \cdot X_{1t}$	$\leq$	$\leq$	$V_{1r}$
Maret	I	Musim Kering II	$V_{1p} \cdot X_{1p} + V_{1j} \cdot X_{1j} + V_{1t} \cdot X_{1t}$	$\leq$	$\leq$	$V_{1r}$
	II		$V_{1p} \cdot X_{1p} + V_{1j} \cdot X_{1j} + V_{1t} \cdot X_{1t}$	$\leq$	$\leq$	$V_{1r}$
	III		$V_{1p} \cdot X_{1p} + V_{1j} \cdot X_{1j} + V_{1t} \cdot X_{1t}$	$\leq$	$\leq$	$V_{1r}$
April	I	Musim Kering III	$V_{2p} \cdot X_{2p} + V_{2j} \cdot X_{2j} + V_{2t} \cdot X_{2t}$	$\leq$	$\leq$	$V_{2r}$
	II		$V_{2p} \cdot X_{2p} + V_{2j} \cdot X_{2j} + V_{2t} \cdot X_{2t}$	$\leq$	$\leq$	$V_{2r}$
	III		$V_{2p} \cdot X_{2p} + V_{2j} \cdot X_{2j} + V_{2t} \cdot X_{2t}$	$\leq$	$\leq$	$V_{2r}$
Mei	I	Musim Kering IV	$V_{2p} \cdot X_{2p} + V_{2j} \cdot X_{2j} + V_{2t} \cdot X_{2t}$	$\leq$	$\leq$	$V_{2r}$
	II		$V_{2p} \cdot X_{2p} + V_{2j} \cdot X_{2j} + V_{2t} \cdot X_{2t}$	$\leq$	$\leq$	$V_{2r}$
	III		$V_{2p} \cdot X_{2p} + V_{2j} \cdot X_{2j} + V_{2t} \cdot X_{2t}$	$\leq$	$\leq$	$V_{2r}$
Juni	I	Musim Kering V	$V_{2p} \cdot X_{2p} + V_{2j} \cdot X_{2j} + V_{2t} \cdot X_{2t}$	$\leq$	$\leq$	$V_{2r}$
	II		$V_{2p} \cdot X_{2p} + V_{2j} \cdot X_{2j} + V_{2t} \cdot X_{2t}$	$\leq$	$\leq$	$V_{2r}$
	III		$V_{2p} \cdot X_{2p} + V_{2j} \cdot X_{2j} + V_{2t} \cdot X_{2t}$	$\leq$	$\leq$	$V_{2r}$
Juli	I	Musim Kering VI	$V_{2p} \cdot X_{2p} + V_{2j} \cdot X_{2j} + V_{2t} \cdot X_{2t}$	$\leq$	$\leq$	$V_{2r}$
	II		$V_{2p} \cdot X_{2p} + V_{2j} \cdot X_{2j} + V_{2t} \cdot X_{2t}$	$\leq$	$\leq$	$V_{2r}$
	III		$V_{2p} \cdot X_{2p} + V_{2j} \cdot X_{2j} + V_{2t} \cdot X_{2t}$	$\leq$	$\leq$	$V_{2r}$
Agustus	I	Musim Kering VII	$V_{3p} \cdot X_{3p} + V_{3j} \cdot X_{3j} + V_{3t} \cdot X_{3t}$	$\leq$	$\leq$	$V_{3r}$
	II		$V_{3p} \cdot X_{3p} + V_{3j} \cdot X_{3j} + V_{3t} \cdot X_{3t}$	$\leq$	$\leq$	$V_{3r}$
	III		$V_{3p} \cdot X_{3p} + V_{3j} \cdot X_{3j} + V_{3t} \cdot X_{3t}$	$\leq$	$\leq$	$V_{3r}$
September	I	Musim Kering VIII	$V_{3p} \cdot X_{3p} + V_{3j} \cdot X_{3j} + V_{3t} \cdot X_{3t}$	$\leq$	$\leq$	$V_{3r}$
	II		$V_{3p} \cdot X_{3p} + V_{3j} \cdot X_{3j} + V_{3t} \cdot X_{3t}$	$\leq$	$\leq$	$V_{3r}$
	III		$V_{3p} \cdot X_{3p} + V_{3j} \cdot X_{3j} + V_{3t} \cdot X_{3t}$	$\leq$	$\leq$	$V_{3r}$
Oktober	I	Musim Kering IX	$V_{3p} \cdot X_{3p} + V_{3j} \cdot X_{3j} + V_{3t} \cdot X_{3t}$	$\leq$	$\leq$	$V_{3r}$
	II		$V_{3p} \cdot X_{3p} + V_{3j} \cdot X_{3j} + V_{3t} \cdot X_{3t}$	$\leq$	$\leq$	$V_{3r}$
	III		$V_{3p} \cdot X_{3p} + V_{3j} \cdot X_{3j} + V_{3t} \cdot X_{3t}$	$\leq$	$\leq$	$V_{3r}$
November	I	Musim Kering X	$V_{3p} \cdot X_{3p} + V_{3j} \cdot X_{3j} + V_{3t} \cdot X_{3t}$	$\leq$	$\leq$	$V_{3r}$
	II		$V_{3p} \cdot X_{3p} + V_{3j} \cdot X_{3j} + V_{3t} \cdot X_{3t}$	$\leq$	$\leq$	$V_{3r}$
	III		$V_{3p} \cdot X_{3p} + V_{3j} \cdot X_{3j} + V_{3t} \cdot X_{3t}$	$\leq$	$\leq$	$V_{3r}$

Sumber: Hasil perhitungan (2017)

**Tabel 4.32.** Model matematika antara volume kebutuhan air tanaman dengan volume ketersediaan air irigasi kondisi normal ( $Q_p=0,50$ ) untuk Alternatif ke-1

<b>Bulan</b>	<b>Periode</b>	<b>Musim Tanam</b>	<b>Volume kebutuhan air tanaman</b>			<b>Volume ketersediaan air irigasi</b>
			<b>Padi</b>	<b>Palawija</b>	<b>Tebu</b>	
Desember	I		$V_{1p} \cdot X_{1p} + V_{1j} \cdot X_{1j} + V_{1t} \cdot X_{1t}$			$V_{1n}$
	II		$V_{1p} \cdot X_{1p} + V_{1j} \cdot X_{1j} + V_{1t} \cdot X_{1t}$			$V_{1n}$
	III		$V_{1p} \cdot X_{1p} + V_{1j} \cdot X_{1j} + V_{1t} \cdot X_{1t}$			$V_{1n}$
Januari	I		$V_{1p} \cdot X_{1p} + V_{1j} \cdot X_{1j} + V_{1t} \cdot X_{1t}$			$V_{1n}$
	II		$V_{1p} \cdot X_{1p} + V_{1j} \cdot X_{1j} + V_{1t} \cdot X_{1t}$			$V_{1n}$
	III	Musim Hujan	$V_{1p} \cdot X_{1p} + V_{1j} \cdot X_{1j} + V_{1t} \cdot X_{1t}$			$V_{1n}$
Februari	I		$V_{1p} \cdot X_{1p} + V_{1j} \cdot X_{1j} + V_{1t} \cdot X_{1t}$			$V_{1n}$
	II		$V_{1p} \cdot X_{1p} + V_{1j} \cdot X_{1j} + V_{1t} \cdot X_{1t}$			$V_{1n}$
	III		$V_{1p} \cdot X_{1p} + V_{1j} \cdot X_{1j} + V_{1t} \cdot X_{1t}$			$V_{1n}$
Maret	I		$V_{1p} \cdot X_{1p} + V_{1j} \cdot X_{1j} + V_{1t} \cdot X_{1t}$			$V_{1n}$
	II		$V_{1p} \cdot X_{1p} + V_{1j} \cdot X_{1j} + V_{1t} \cdot X_{1t}$			$V_{1n}$
	III		$V_{1p} \cdot X_{1p} + V_{1j} \cdot X_{1j} + V_{1t} \cdot X_{1t}$			$V_{1n}$
April	I		$V_{2p} \cdot X_{2p} + V_{2j} \cdot X_{2j} + V_{2t} \cdot X_{2t}$			$V_{2n}$
	II		$V_{2p} \cdot X_{2p} + V_{2j} \cdot X_{2j} + V_{2t} \cdot X_{2t}$			$V_{2n}$
	III		$V_{2p} \cdot X_{2p} + V_{2j} \cdot X_{2j} + V_{2t} \cdot X_{2t}$			$V_{2n}$
Mei	I		$V_{2p} \cdot X_{2p} + V_{2j} \cdot X_{2j} + V_{2t} \cdot X_{2t}$			$V_{2n}$
	II		$V_{2p} \cdot X_{2p} + V_{2j} \cdot X_{2j} + V_{2t} \cdot X_{2t}$			$V_{2n}$
	III	Musim Kering I	$V_{2p} \cdot X_{2p} + V_{2j} \cdot X_{2j} + V_{2t} \cdot X_{2t}$			$V_{2n}$
Juni	I		$V_{2p} \cdot X_{2p} + V_{2j} \cdot X_{2j} + V_{2t} \cdot X_{2t}$			$V_{2n}$
	II		$V_{2p} \cdot X_{2p} + V_{2j} \cdot X_{2j} + V_{2t} \cdot X_{2t}$			$V_{2n}$
	III		$V_{2p} \cdot X_{2p} + V_{2j} \cdot X_{2j} + V_{2t} \cdot X_{2t}$			$V_{2n}$
Juli	I		$V_{2p} \cdot X_{2p} + V_{2j} \cdot X_{2j} + V_{2t} \cdot X_{2t}$			$V_{2n}$
	II		$V_{2p} \cdot X_{2p} + V_{2j} \cdot X_{2j} + V_{2t} \cdot X_{2t}$			$V_{2n}$
	III		$V_{2p} \cdot X_{2p} + V_{2j} \cdot X_{2j} + V_{2t} \cdot X_{2t}$			$V_{2n}$
Agustus	I		$V_{3p} \cdot X_{3p} + V_{3j} \cdot X_{3j} + V_{3t} \cdot X_{3t}$			$V_{3n}$
	II		$V_{3p} \cdot X_{3p} + V_{3j} \cdot X_{3j} + V_{3t} \cdot X_{3t}$			$V_{3n}$
	III		$V_{3p} \cdot X_{3p} + V_{3j} \cdot X_{3j} + V_{3t} \cdot X_{3t}$			$V_{3n}$
September	I		$V_{3p} \cdot X_{3p} + V_{3j} \cdot X_{3j} + V_{3t} \cdot X_{3t}$			$V_{3n}$
	II		$V_{3p} \cdot X_{3p} + V_{3j} \cdot X_{3j} + V_{3t} \cdot X_{3t}$			$V_{3n}$
	III	Musim Kering II	$V_{3p} \cdot X_{3p} + V_{3j} \cdot X_{3j} + V_{3t} \cdot X_{3t}$			$V_{3n}$
Oktober	I		$V_{3p} \cdot X_{3p} + V_{3j} \cdot X_{3j} + V_{3t} \cdot X_{3t}$			$V_{3n}$
	II		$V_{3p} \cdot X_{3p} + V_{3j} \cdot X_{3j} + V_{3t} \cdot X_{3t}$			$V_{3n}$
	III		$V_{3p} \cdot X_{3p} + V_{3j} \cdot X_{3j} + V_{3t} \cdot X_{3t}$			$V_{3n}$
November	I		$V_{3p} \cdot X_{3p} + V_{3j} \cdot X_{3j} + V_{3t} \cdot X_{3t}$			$V_{3n}$
	II		$V_{3p} \cdot X_{3p} + V_{3j} \cdot X_{3j} + V_{3t} \cdot X_{3t}$			$V_{3n}$
	III		$V_{3p} \cdot X_{3p} + V_{3j} \cdot X_{3j} + V_{3t} \cdot X_{3t}$			$V_{3n}$

Sumber: Hasil perhitungan (2017)

**Tabel 4.33.** Model matematika antara volume kebutuhan air tanaman dengan volume ketersediaan air irigasi kondisi cukup ( $Q_p = 0,25$ ) untuk Alternatif ke-1

<b>Bulan</b>	<b>Periode</b>	<b>Musim Tanam</b>	<b>Volume kebutuhan air tanaman</b>			<b>Volume ketersediaan air irigasi</b>
			<b>Padi</b>	<b>Palawija</b>	<b>Tebu</b>	
Desember	I		$V_{1p} \cdot X_{1p} + V_{1j} \cdot X_{1j} + V_{1t} \cdot X_{1t}$			$V_{1c}$
	II		$V_{1p} \cdot X_{1p} + V_{1j} \cdot X_{1j} + V_{1t} \cdot X_{1t}$			$V_{1c}$
	III		$V_{1p} \cdot X_{1p} + V_{1j} \cdot X_{1j} + V_{1t} \cdot X_{1t}$			$V_{1c}$
Januari	I		$V_{1p} \cdot X_{1p} + V_{1j} \cdot X_{1j} + V_{1t} \cdot X_{1t}$			$V_{1c}$
	II		$V_{1p} \cdot X_{1p} + V_{1j} \cdot X_{1j} + V_{1t} \cdot X_{1t}$			$V_{1c}$
	III	Musim Hujan	$V_{1p} \cdot X_{1p} + V_{1j} \cdot X_{1j} + V_{1t} \cdot X_{1t}$			$V_{1c}$
Februari	I		$V_{1p} \cdot X_{1p} + V_{1j} \cdot X_{1j} + V_{1t} \cdot X_{1t}$			$V_{1c}$
	II		$V_{1p} \cdot X_{1p} + V_{1j} \cdot X_{1j} + V_{1t} \cdot X_{1t}$			$V_{1c}$
	III		$V_{1p} \cdot X_{1p} + V_{1j} \cdot X_{1j} + V_{1t} \cdot X_{1t}$			$V_{1c}$
Maret	I		$V_{1p} \cdot X_{1p} + V_{1j} \cdot X_{1j} + V_{1t} \cdot X_{1t}$			$V_{1c}$
	II		$V_{1p} \cdot X_{1p} + V_{1j} \cdot X_{1j} + V_{1t} \cdot X_{1t}$			$V_{1c}$
	III		$V_{1p} \cdot X_{1p} + V_{1j} \cdot X_{1j} + V_{1t} \cdot X_{1t}$			$V_{1c}$
April	I		$V_{2p} \cdot X_{2p} + V_{2j} \cdot X_{2j} + V_{2t} \cdot X_{2t}$			$V_{2c}$
	II		$V_{2p} \cdot X_{2p} + V_{2j} \cdot X_{2j} + V_{2t} \cdot X_{2t}$			$V_{2c}$
	III		$V_{2p} \cdot X_{2p} + V_{2j} \cdot X_{2j} + V_{2t} \cdot X_{2t}$			$V_{2c}$
Mei	I		$V_{2p} \cdot X_{2p} + V_{2j} \cdot X_{2j} + V_{2t} \cdot X_{2t}$			$V_{2c}$
	II		$V_{2p} \cdot X_{2p} + V_{2j} \cdot X_{2j} + V_{2t} \cdot X_{2t}$			$V_{2c}$
	III	Musim Kering I	$V_{2p} \cdot X_{2p} + V_{2j} \cdot X_{2j} + V_{2t} \cdot X_{2t}$			$V_{2c}$
Juni	I		$V_{2p} \cdot X_{2p} + V_{2j} \cdot X_{2j} + V_{2t} \cdot X_{2t}$			$V_{2c}$
	II		$V_{2p} \cdot X_{2p} + V_{2j} \cdot X_{2j} + V_{2t} \cdot X_{2t}$			$V_{2c}$
	III		$V_{2p} \cdot X_{2p} + V_{2j} \cdot X_{2j} + V_{2t} \cdot X_{2t}$			$V_{2c}$
Juli	I		$V_{2p} \cdot X_{2p} + V_{2j} \cdot X_{2j} + V_{2t} \cdot X_{2t}$			$V_{2c}$
	II		$V_{2p} \cdot X_{2p} + V_{2j} \cdot X_{2j} + V_{2t} \cdot X_{2t}$			$V_{2c}$
	III		$V_{2p} \cdot X_{2p} + V_{2j} \cdot X_{2j} + V_{2t} \cdot X_{2t}$			$V_{2c}$
Agustus	I		$V_{3p} \cdot X_{3p} + V_{3j} \cdot X_{3j} + V_{3t} \cdot X_{3t}$			$V_{3c}$
	II		$V_{3p} \cdot X_{3p} + V_{3j} \cdot X_{3j} + V_{3t} \cdot X_{3t}$			$V_{3c}$
	III		$V_{3p} \cdot X_{3p} + V_{3j} \cdot X_{3j} + V_{3t} \cdot X_{3t}$			$V_{3c}$
September	I		$V_{3p} \cdot X_{3p} + V_{3j} \cdot X_{3j} + V_{3t} \cdot X_{3t}$			$V_{3c}$
	II		$V_{3p} \cdot X_{3p} + V_{3j} \cdot X_{3j} + V_{3t} \cdot X_{3t}$			$V_{3c}$
	III	Musim Kering II	$V_{3p} \cdot X_{3p} + V_{3j} \cdot X_{3j} + V_{3t} \cdot X_{3t}$			$V_{3c}$
Oktober	I		$V_{3p} \cdot X_{3p} + V_{3j} \cdot X_{3j} + V_{3t} \cdot X_{3t}$			$V_{3c}$
	II		$V_{3p} \cdot X_{3p} + V_{3j} \cdot X_{3j} + V_{3t} \cdot X_{3t}$			$V_{3c}$
	III		$V_{3p} \cdot X_{3p} + V_{3j} \cdot X_{3j} + V_{3t} \cdot X_{3t}$			$V_{3c}$
November	I		$V_{3p} \cdot X_{3p} + V_{3j} \cdot X_{3j} + V_{3t} \cdot X_{3t}$			$V_{3c}$
	II		$V_{3p} \cdot X_{3p} + V_{3j} \cdot X_{3j} + V_{3t} \cdot X_{3t}$			$V_{3c}$
	III		$V_{3p} \cdot X_{3p} + V_{3j} \cdot X_{3j} + V_{3t} \cdot X_{3t}$			$V_{3c}$

Sumber: Hasil perhitungan (2017)



## 2.i) Pola tata tanam Alternatif ke-2

Pola tata tanam pada setiap musim tanam:

Musim hujan : padi, tebu

Musim kering I : padi, tebu

Musim kering II : padi, tebu

### a. Fungsi tujuan:

$$Z_1 = A \cdot X_{1p} + C \cdot X_{1t}$$

$$Z_2 = A \cdot X_{2p} + C \cdot X_{2t}$$

$$Z_3 = A \cdot X_{3p} + C \cdot X_{3t}$$

### b. Fungsi kendala

1) Luas baku sawah

$$X_{1p} + X_{1t} \leq X_{total}$$

$$X_{2p} + X_{2t} \leq X_{total}$$

$$X_{3p} + X_{3t} \leq X_{total}$$

2) Luas baku tanam untuk tanaman tebu

$$X_{1t} \leq X_{tebu}$$

$$X_{2t} \leq X_{tebu}$$

$$X_{3t} \leq X_{tebu}$$

Dengan ketentuan nilai  $X_{1t} = X_{2t} = X_{3t}$

3) Volume kebutuhan air tanaman dengan volume ketersediaan debit air irigasi andalan

- Kondisi rendah ( $Q_p = 0,80$ ):

$$V_{1p} \cdot X_{1p} + V_{1t} \cdot X_{1t} \leq V_{1r}$$

$$V_{2p} \cdot X_{2p} + V_{2t} \cdot X_{2t} \leq V_{2r}$$

$$V_{3p} \cdot X_{3p} + V_{3t} \cdot X_{3t} \leq V_{3r}$$

- Kondisi normal ( $Q_p = 0,50$ ):

$$V_{1p} \cdot X_{1p} + V_{1t} \cdot X_{1t} \leq V_{1n}$$

$$V_{2p} \cdot X_{2p} + V_{2t} \cdot X_{2t} \leq V_{2n}$$

$$V_{3p} \cdot X_{3p} + V_{3t} \cdot X_{3t} \leq V_{3n}$$

Diketahui:

❖ nilai fungsi kendala kebutuhan air tanaman untuk Alternatif ke-2 (Tabel 4.26)

Repository Universitas Brawijaya

**Tabel 2.34.** Model matematika luas tanam dengan luas lahan total untuk Alternatif ke-2

<b>Bulan</b>	<b>Periode</b>	<b>Musim Tanam</b>	<b>Luas tanam</b>		<b>Luas Lahan Total</b>
			<b>Padi</b>	<b>Tebu</b>	
Desember	I	Universitas Brawijaya	$X_{1p}$	$X_{1t}$	$\leq X_{total}$
	II	Universitas Brawijaya	$X_{1p}$	$X_{1t}$	$\leq X_{total}$
	III	Universitas Brawijaya	$X_{1p}$	$X_{1t}$	$\leq X_{total}$
Januari	I	Universitas Brawijaya	$X_{1p}$	$X_{1t}$	$\leq X_{total}$
	II	Universitas Brawijaya	$X_{1p}$	$X_{1t}$	$\leq X_{total}$
	III	Musim Hujan	$X_{1p}$	$X_{1t}$	$\leq X_{total}$
Februari	I	Universitas Brawijaya	$X_{1p}$	$X_{1t}$	$\leq X_{total}$
	II	Universitas Brawijaya	$X_{1p}$	$X_{1t}$	$\leq X_{total}$
	III	Universitas Brawijaya	$X_{1p}$	$X_{1t}$	$\leq X_{total}$
Maret	I	Universitas Brawijaya	$X_{1p}$	$X_{1t}$	$\leq X_{total}$
	II	Universitas Brawijaya	$X_{1p}$	$X_{1t}$	$\leq X_{total}$
	III	Universitas Brawijaya	$X_{1p}$	$X_{1t}$	$\leq X_{total}$
April	I	Universitas Brawijaya	$X_{2p}$	$X_{2t}$	$\leq X_{total}$
	II	Universitas Brawijaya	$X_{2p}$	$X_{2t}$	$\leq X_{total}$
	III	Universitas Brawijaya	$X_{2p}$	$X_{2t}$	$\leq X_{total}$
Mei	I	Universitas Brawijaya	$X_{2p}$	$X_{2t}$	$\leq X_{total}$
	II	Universitas Brawijaya	$X_{2p}$	$X_{2t}$	$\leq X_{total}$
	III	Musim Kering I	$X_{2p}$	$X_{2t}$	$\leq X_{total}$
Juni	I	Universitas Brawijaya	$X_{2p}$	$X_{2t}$	$\leq X_{total}$
	II	Universitas Brawijaya	$X_{2p}$	$X_{2t}$	$\leq X_{total}$
	III	Universitas Brawijaya	$X_{2p}$	$X_{2t}$	$\leq X_{total}$
July	I	Universitas Brawijaya	$X_{2p}$	$X_{2t}$	$\leq X_{total}$
	II	Universitas Brawijaya	$X_{2p}$	$X_{2t}$	$\leq X_{total}$
	III	Universitas Brawijaya	$X_{2p}$	$X_{2t}$	$\leq X_{total}$
Agustus	I	Universitas Brawijaya	$X_{3p}$	$X_{3t}$	$\leq X_{total}$
	II	Universitas Brawijaya	$X_{3p}$	$X_{3t}$	$\leq X_{total}$
	III	Universitas Brawijaya	$X_{3p}$	$X_{3t}$	$\leq X_{total}$
September	I	Universitas Brawijaya	$X_{3p}$	$X_{3t}$	$\leq X_{total}$
	II	Universitas Brawijaya	$X_{3p}$	$X_{3t}$	$\leq X_{total}$
	III	Musim Kering II	$X_{3p}$	$X_{3t}$	$\leq X_{total}$
Oktosber	I	Universitas Brawijaya	$X_{3p}$	$X_{3t}$	$\leq X_{total}$
	II	Universitas Brawijaya	$X_{3p}$	$X_{3t}$	$\leq X_{total}$
	III	Universitas Brawijaya	$X_{3p}$	$X_{3t}$	$\leq X_{total}$
November	I	Universitas Brawijaya	$X_{3p}$	$X_{3t}$	$\leq X_{total}$
	II	Universitas Brawijaya	$X_{3p}$	$X_{3t}$	$\leq X_{total}$
	III	Universitas Brawijaya	$X_{3p}$	$X_{3t}$	$\leq X_{total}$

Sumber: Hasil perhitungan (2017)



**Tabel 4.35.** Model matematika antara volume kebutuhan air tanaman dengan volume ketersediaan air irigasi kondisi rendah ( $Q_p = 0,80$ ) untuk Alternatif ke-2

<b>Bulan</b>	<b>Periode</b>	<b>Musim Tanam</b>	<b>Volume kebutuhan air tanaman</b>		<b>Volume ketersediaan air irigasi</b>
			<b>Padi</b>	<b>Tebu</b>	
Desember	I		$V_{1p} \cdot X_{1p}$	$+ V_{1t} \cdot X_{1t}$	$\leq V_{1r}$
	II		$V_{1p} \cdot X_{1p}$	$+ V_{1t} \cdot X_{1t}$	$\leq V_{1r}$
	III		$V_{1p} \cdot X_{1p}$	$+ V_{1t} \cdot X_{1t}$	$\leq V_{1r}$
Januari	I		$V_{1p} \cdot X_{1p}$	$+ V_{1t} \cdot X_{1t}$	$\leq V_{1r}$
	II		$V_{1p} \cdot X_{1p}$	$+ V_{1t} \cdot X_{1t}$	$\leq V_{1r}$
	III	Musim Hujan	$V_{1p} \cdot X_{1p}$	$+ V_{1t} \cdot X_{1t}$	$\leq V_{1r}$
Februari	I		$V_{1p} \cdot X_{1p}$	$+ V_{1t} \cdot X_{1t}$	$\leq V_{1r}$
	II		$V_{1p} \cdot X_{1p}$	$+ V_{1t} \cdot X_{1t}$	$\leq V_{1r}$
	III		$V_{1p} \cdot X_{1p}$	$+ V_{1t} \cdot X_{1t}$	$\leq V_{1r}$
Maret	I		$V_{1p} \cdot X_{1p}$	$+ V_{1t} \cdot X_{1t}$	$\leq V_{1r}$
	II		$V_{1p} \cdot X_{1p}$	$+ V_{1t} \cdot X_{1t}$	$\leq V_{1r}$
	III		$V_{1p} \cdot X_{1p}$	$+ V_{1t} \cdot X_{1t}$	$\leq V_{1r}$
April	I		$V_{2p} \cdot X_{2p}$	$+ V_{2t} \cdot X_{2t}$	$\leq V_{2r}$
	II		$V_{2p} \cdot X_{2p}$	$+ V_{2t} \cdot X_{2t}$	$\leq V_{2r}$
	III		$V_{2p} \cdot X_{2p}$	$+ V_{2t} \cdot X_{2t}$	$\leq V_{2r}$
Mei	I		$V_{2p} \cdot X_{2p}$	$+ V_{2t} \cdot X_{2t}$	$\leq V_{2r}$
	II		$V_{2p} \cdot X_{2p}$	$+ V_{2t} \cdot X_{2t}$	$\leq V_{2r}$
	III	Musim Kering I	$V_{2p} \cdot X_{2p}$	$+ V_{2t} \cdot X_{2t}$	$\leq V_{2r}$
Juni	I		$V_{2p} \cdot X_{2p}$	$+ V_{2t} \cdot X_{2t}$	$\leq V_{2r}$
	II		$V_{2p} \cdot X_{2p}$	$+ V_{2t} \cdot X_{2t}$	$\leq V_{2r}$
	III		$V_{2p} \cdot X_{2p}$	$+ V_{2t} \cdot X_{2t}$	$\leq V_{2r}$
Juli	I		$V_{2p} \cdot X_{2p}$	$+ V_{2t} \cdot X_{2t}$	$\leq V_{2r}$
	II		$V_{2p} \cdot X_{2p}$	$+ V_{2t} \cdot X_{2t}$	$\leq V_{2r}$
	III		$V_{2p} \cdot X_{2p}$	$+ V_{2t} \cdot X_{2t}$	$\leq V_{2r}$
Agustus	I		$V_{3p} \cdot X_{3p}$	$+ V_{3t} \cdot X_{3t}$	$\leq V_{3r}$
	II		$V_{3p} \cdot X_{3p}$	$+ V_{3t} \cdot X_{3t}$	$\leq V_{3r}$
	III		$V_{3p} \cdot X_{3p}$	$+ V_{3t} \cdot X_{3t}$	$\leq V_{3r}$
September	I		$V_{3p} \cdot X_{3p}$	$+ V_{3t} \cdot X_{3t}$	$\leq V_{3r}$
	II		$V_{3p} \cdot X_{3p}$	$+ V_{3t} \cdot X_{3t}$	$\leq V_{3r}$
	III	Musim Kering II	$V_{3p} \cdot X_{3p}$	$+ V_{3t} \cdot X_{3t}$	$\leq V_{3r}$
Okttober	I		$V_{3p} \cdot X_{3p}$	$+ V_{3t} \cdot X_{3t}$	$\leq V_{3r}$
	II		$V_{3p} \cdot X_{3p}$	$+ V_{3t} \cdot X_{3t}$	$\leq V_{3r}$
	III		$V_{3p} \cdot X_{3p}$	$+ V_{3t} \cdot X_{3t}$	$\leq V_{3r}$
November	I		$V_{3p} \cdot X_{3p}$	$+ V_{3t} \cdot X_{3t}$	$\leq V_{3r}$
	II		$V_{3p} \cdot X_{3p}$	$+ V_{3t} \cdot X_{3t}$	$\leq V_{3r}$
	III		$V_{3p} \cdot X_{3p}$	$+ V_{3t} \cdot X_{3t}$	$\leq V_{3r}$

Sumber: Hasil perhitungan (2017)

**Tabel 4.36.** Model matematika antara volume kebutuhan air tanaman dengan volume ketersediaan air irigasi kondisi normal ( $Q_p=0,50$ ) untuk Alternatif ke-2

<b>Bulan</b>	<b>Periode</b>	<b>Musim Tanam</b>	<b>Volume kebutuhan air tanaman</b>		<b>Volume ke tersediaan air irigasi</b>
			<b>Padi</b>	<b>Tebu</b>	
Desember	I	Musim Hujan	$V_{1p} \cdot X_{1p}$	$+ V_{1t} \cdot X_{1t}$	$V_{1n}$
	II		$V_{1p} \cdot X_{1p}$	$+ V_{1t} \cdot X_{1t}$	$V_{1n}$
	III		$V_{1p} \cdot X_{1p}$	$+ V_{1t} \cdot X_{1t}$	$V_{1n}$
Januari	I	Musim Hujan	$V_{1p} \cdot X_{1p}$	$+ V_{1t} \cdot X_{1t}$	$V_{1n}$
	II		$V_{1p} \cdot X_{1p}$	$+ V_{1t} \cdot X_{1t}$	$V_{1n}$
	III		$V_{1p} \cdot X_{1p}$	$+ V_{1t} \cdot X_{1t}$	$V_{1n}$
Februari	II	Musim Hujan	$V_{1p} \cdot X_{1p}$	$+ V_{1t} \cdot X_{1t}$	$V_{1n}$
	III		$V_{1p} \cdot X_{1p}$	$+ V_{1t} \cdot X_{1t}$	$V_{1n}$
	I		$V_{1p} \cdot X_{1p}$	$+ V_{1t} \cdot X_{1t}$	$V_{1n}$
Maret	II	Musim Hujan	$V_{1p} \cdot X_{1p}$	$+ V_{1t} \cdot X_{1t}$	$V_{1n}$
	III		$V_{1p} \cdot X_{1p}$	$+ V_{1t} \cdot X_{1t}$	$V_{1n}$
	I		$V_{2p} \cdot X_{2p}$	$+ V_{2t} \cdot X_{2t}$	$V_{2n}$
April	II	Musim Hujan	$V_{2p} \cdot X_{2p}$	$+ V_{2t} \cdot X_{2t}$	$V_{2n}$
	III		$V_{2p} \cdot X_{2p}$	$+ V_{2t} \cdot X_{2t}$	$V_{2n}$
	I		$V_{2p} \cdot X_{2p}$	$+ V_{2t} \cdot X_{2t}$	$V_{2n}$
Mei	II	Musim Kering I	$V_{2p} \cdot X_{2p}$	$+ V_{2t} \cdot X_{2t}$	$V_{2n}$
	III		$V_{2p} \cdot X_{2p}$	$+ V_{2t} \cdot X_{2t}$	$V_{2n}$
	I		$V_{2p} \cdot X_{2p}$	$+ V_{2t} \cdot X_{2t}$	$V_{2n}$
Juni	II	Musim Kering I	$V_{2p} \cdot X_{2p}$	$+ V_{2t} \cdot X_{2t}$	$V_{2n}$
	III		$V_{2p} \cdot X_{2p}$	$+ V_{2t} \cdot X_{2t}$	$V_{2n}$
	I		$V_{2p} \cdot X_{2p}$	$+ V_{2t} \cdot X_{2t}$	$V_{2n}$
Juli	II	Musim Kering I	$V_{2p} \cdot X_{2p}$	$+ V_{2t} \cdot X_{2t}$	$V_{2n}$
	III		$V_{2p} \cdot X_{2p}$	$+ V_{2t} \cdot X_{2t}$	$V_{2n}$
	I		$V_{2p} \cdot X_{2p}$	$+ V_{2t} \cdot X_{2t}$	$V_{2n}$
Agustus	II	Musim Kering II	$V_{3p} \cdot X_{3p}$	$+ V_{3t} \cdot X_{3t}$	$V_{3n}$
	III		$V_{3p} \cdot X_{3p}$	$+ V_{3t} \cdot X_{3t}$	$V_{3n}$
	I		$V_{3p} \cdot X_{3p}$	$+ V_{3t} \cdot X_{3t}$	$V_{3n}$
September	II	Musim Kering II	$V_{3p} \cdot X_{3p}$	$+ V_{3t} \cdot X_{3t}$	$V_{3n}$
	III		$V_{3p} \cdot X_{3p}$	$+ V_{3t} \cdot X_{3t}$	$V_{3n}$
	I		$V_{3p} \cdot X_{3p}$	$+ V_{3t} \cdot X_{3t}$	$V_{3n}$
Oktober	II	Musim Kering II	$V_{3p} \cdot X_{3p}$	$+ V_{3t} \cdot X_{3t}$	$V_{3n}$
	III		$V_{3p} \cdot X_{3p}$	$+ V_{3t} \cdot X_{3t}$	$V_{3n}$
	I		$V_{3p} \cdot X_{3p}$	$+ V_{3t} \cdot X_{3t}$	$V_{3n}$
November	II	Musim Kering II	$V_{3p} \cdot X_{3p}$	$+ V_{3t} \cdot X_{3t}$	$V_{3n}$
	III		$V_{3p} \cdot X_{3p}$	$+ V_{3t} \cdot X_{3t}$	$V_{3n}$
	I		$V_{3p} \cdot X_{3p}$	$+ V_{3t} \cdot X_{3t}$	$V_{3n}$

Sumber: Hasil perhitungan (2017)

**Tabel 4.37.** Model matematika antara volume kebutuhan air tanaman dengan volume ketersediaan air irigasi kondisi cukup ( $Q_p=0,25$ ) untuk Alternatif ke-2

<b>Bulan</b>	<b>Periode</b>	<b>Musim Tanam</b>	<b>Volume kebutuhan air tanaman</b>		<b>Volume ketersediaan air irigasi</b>
			<b>Padi</b>	<b>Tebu</b>	
Desember	I	V <sub>1p</sub> · X <sub>1p</sub> + V <sub>1t</sub> · X <sub>1t</sub> ≤ V <sub>1c</sub>			
	II	V <sub>1p</sub> · X <sub>1p</sub> + V <sub>1t</sub> · X <sub>1t</sub> ≤ V <sub>1c</sub>			
	III	V <sub>1p</sub> · X <sub>1p</sub> + V <sub>1t</sub> · X <sub>1t</sub> ≤ V <sub>1c</sub>			
Januari	I	V <sub>1p</sub> · X <sub>1p</sub> + V <sub>1t</sub> · X <sub>1t</sub> ≤ V <sub>1c</sub>			
	II	V <sub>1p</sub> · X <sub>1p</sub> + V <sub>1t</sub> · X <sub>1t</sub> ≤ V <sub>1c</sub>			
	III	V <sub>1p</sub> · X <sub>1p</sub> + V <sub>1t</sub> · X <sub>1t</sub> ≤ V <sub>1c</sub>			
Musim Hujan	I	V <sub>1p</sub> · X <sub>1p</sub> + V <sub>1t</sub> · X <sub>1t</sub> ≤ V <sub>1c</sub>			
	II	V <sub>1p</sub> · X <sub>1p</sub> + V <sub>1t</sub> · X <sub>1t</sub> ≤ V <sub>1c</sub>			
	III	V <sub>1p</sub> · X <sub>1p</sub> + V <sub>1t</sub> · X <sub>1t</sub> ≤ V <sub>1c</sub>			
Februari	I	V <sub>1p</sub> · X <sub>1p</sub> + V <sub>1t</sub> · X <sub>1t</sub> ≤ V <sub>1c</sub>			
	II	V <sub>1p</sub> · X <sub>1p</sub> + V <sub>1t</sub> · X <sub>1t</sub> ≤ V <sub>1c</sub>			
	III	V <sub>1p</sub> · X <sub>1p</sub> + V <sub>1t</sub> · X <sub>1t</sub> ≤ V <sub>1c</sub>			
Maret	I	V <sub>1p</sub> · X <sub>1p</sub> + V <sub>1t</sub> · X <sub>1t</sub> ≤ V <sub>1c</sub>			
	II	V <sub>1p</sub> · X <sub>1p</sub> + V <sub>1t</sub> · X <sub>1t</sub> ≤ V <sub>1c</sub>			
	III	V <sub>1p</sub> · X <sub>1p</sub> + V <sub>1t</sub> · X <sub>1t</sub> ≤ V <sub>1c</sub>			
April	I	V <sub>2p</sub> · X <sub>2p</sub> + V <sub>2t</sub> · X <sub>2t</sub> ≤ V <sub>2c</sub>			
	II	V <sub>2p</sub> · X <sub>2p</sub> + V <sub>2t</sub> · X <sub>2t</sub> ≤ V <sub>2c</sub>			
	III	V <sub>2p</sub> · X <sub>2p</sub> + V <sub>2t</sub> · X <sub>2t</sub> ≤ V <sub>2c</sub>			
Mei	I	V <sub>2p</sub> · X <sub>2p</sub> + V <sub>2t</sub> · X <sub>2t</sub> ≤ V <sub>2c</sub>			
	II	V <sub>2p</sub> · X <sub>2p</sub> + V <sub>2t</sub> · X <sub>2t</sub> ≤ V <sub>2c</sub>			
	III	V <sub>2p</sub> · X <sub>2p</sub> + V <sub>2t</sub> · X <sub>2t</sub> ≤ V <sub>2c</sub>			
Musim Kering I	I	V <sub>2p</sub> · X <sub>2p</sub> + V <sub>2t</sub> · X <sub>2t</sub> ≤ V <sub>2c</sub>			
	II	V <sub>2p</sub> · X <sub>2p</sub> + V <sub>2t</sub> · X <sub>2t</sub> ≤ V <sub>2c</sub>			
	III	V <sub>2p</sub> · X <sub>2p</sub> + V <sub>2t</sub> · X <sub>2t</sub> ≤ V <sub>2c</sub>			
Juni	I	V <sub>2p</sub> · X <sub>2p</sub> + V <sub>2t</sub> · X <sub>2t</sub> ≤ V <sub>2c</sub>			
	II	V <sub>2p</sub> · X <sub>2p</sub> + V <sub>2t</sub> · X <sub>2t</sub> ≤ V <sub>2c</sub>			
	III	V <sub>2p</sub> · X <sub>2p</sub> + V <sub>2t</sub> · X <sub>2t</sub> ≤ V <sub>2c</sub>			
Juli	I	V <sub>2p</sub> · X <sub>2p</sub> + V <sub>2t</sub> · X <sub>2t</sub> ≤ V <sub>2c</sub>			
	II	V <sub>2p</sub> · X <sub>2p</sub> + V <sub>2t</sub> · X <sub>2t</sub> ≤ V <sub>2c</sub>			
	III	V <sub>2p</sub> · X <sub>2p</sub> + V <sub>2t</sub> · X <sub>2t</sub> ≤ V <sub>2c</sub>			
Agustus	I	V <sub>3p</sub> · X <sub>3p</sub> + V <sub>3t</sub> · X <sub>3t</sub> ≤ V <sub>3c</sub>			
	II	V <sub>3p</sub> · X <sub>3p</sub> + V <sub>3t</sub> · X <sub>3t</sub> ≤ V <sub>3c</sub>			
	III	V <sub>3p</sub> · X <sub>3p</sub> + V <sub>3t</sub> · X <sub>3t</sub> ≤ V <sub>3c</sub>			
September	I	V <sub>3p</sub> · X <sub>3p</sub> + V <sub>3t</sub> · X <sub>3t</sub> ≤ V <sub>3c</sub>			
	II	V <sub>3p</sub> · X <sub>3p</sub> + V <sub>3t</sub> · X <sub>3t</sub> ≤ V <sub>3c</sub>			
	III	V <sub>3p</sub> · X <sub>3p</sub> + V <sub>3t</sub> · X <sub>3t</sub> ≤ V <sub>3c</sub>			
Kering II	I	V <sub>3p</sub> · X <sub>3p</sub> + V <sub>3t</sub> · X <sub>3t</sub> ≤ V <sub>3c</sub>			
	II	V <sub>3p</sub> · X <sub>3p</sub> + V <sub>3t</sub> · X <sub>3t</sub> ≤ V <sub>3c</sub>			
	III	V <sub>3p</sub> · X <sub>3p</sub> + V <sub>3t</sub> · X <sub>3t</sub> ≤ V <sub>3c</sub>			
Oktober	I	V <sub>3p</sub> · X <sub>3p</sub> + V <sub>3t</sub> · X <sub>3t</sub> ≤ V <sub>3c</sub>			
	II	V <sub>3p</sub> · X <sub>3p</sub> + V <sub>3t</sub> · X <sub>3t</sub> ≤ V <sub>3c</sub>			
	III	V <sub>3p</sub> · X <sub>3p</sub> + V <sub>3t</sub> · X <sub>3t</sub> ≤ V <sub>3c</sub>			
November	I	V <sub>3p</sub> · X <sub>3p</sub> + V <sub>3t</sub> · X <sub>3t</sub> ≤ V <sub>3c</sub>			
	II	V <sub>3p</sub> · X <sub>3p</sub> + V <sub>3t</sub> · X <sub>3t</sub> ≤ V <sub>3c</sub>			
	III	V <sub>3p</sub> · X <sub>3p</sub> + V <sub>3t</sub> · X <sub>3t</sub> ≤ V <sub>3c</sub>			

Sumber: Hasil perhitungan (2017)



**Tabel 2.38.** Model matematika luas tanam dengan luas lahan total untuk Alternatif ke-3

Bulan	Periode	Musim Tanam	Luas tanam			Luas Lahan Total
			Padi	Palawija	Tebu	
Desember	I	Musim Hujan	$X_{1p}$	$+ X_{1j}$	$+ X_{1t}$	$\leq X_{total}$
	II		$X_{1p}$	$+ X_{1j}$	$+ X_{1t}$	$\leq X_{total}$
	III		$X_{1p}$	$+ X_{1j}$	$+ X_{1t}$	$\leq X_{total}$
Januari	I	Musim Hujan	$X_{1p}$	$+ X_{1j}$	$+ X_{1t}$	$\leq X_{total}$
	II		$X_{1p}$	$+ X_{1j}$	$+ X_{1t}$	$\leq X_{total}$
	III		$X_{1p}$	$+ X_{1j}$	$+ X_{1t}$	$\leq X_{total}$
Februari	I	Musim Hujan	$X_{1p}$	$+ X_{1j}$	$+ X_{1t}$	$\leq X_{total}$
	II		$X_{1p}$	$+ X_{1j}$	$+ X_{1t}$	$\leq X_{total}$
	III		$X_{1p}$	$+ X_{1j}$	$+ X_{1t}$	$\leq X_{total}$
Maret	I	Musim Kering I	$X_{1p}$	$+ X_{1j}$	$+ X_{1t}$	$\leq X_{total}$
	II		$X_{1p}$	$+ X_{1j}$	$+ X_{1t}$	$\leq X_{total}$
	III		$X_{1p}$	$+ X_{1j}$	$+ X_{1t}$	$\leq X_{total}$
April	I	Musim Kering I	$X_{2p}$	$+ X_{2j}$	$+ X_{2t}$	$\leq X_{total}$
	II		$X_{2p}$	$+ X_{2j}$	$+ X_{2t}$	$\leq X_{total}$
	III		$X_{2p}$	$+ X_{2j}$	$+ X_{2t}$	$\leq X_{total}$
Mei	I	Musim Kering I	$X_{2p}$	$+ X_{2j}$	$+ X_{2t}$	$\leq X_{total}$
	II		$X_{2p}$	$+ X_{2j}$	$+ X_{2t}$	$\leq X_{total}$
	III		$X_{2p}$	$+ X_{2j}$	$+ X_{2t}$	$\leq X_{total}$
Juni	I	Musim Kering II	$X_{2p}$	$+ X_{2j}$	$+ X_{2t}$	$\leq X_{total}$
	II		$X_{2p}$	$+ X_{2j}$	$+ X_{2t}$	$\leq X_{total}$
	III		$X_{2p}$	$+ X_{2j}$	$+ X_{2t}$	$\leq X_{total}$
Juli	I	Musim Kering II	$X_{2p}$	$+ X_{2j}$	$+ X_{2t}$	$\leq X_{total}$
	II		$X_{2p}$	$+ X_{2j}$	$+ X_{2t}$	$\leq X_{total}$
	III		$X_{2p}$	$+ X_{2j}$	$+ X_{2t}$	$\leq X_{total}$
Agustus	I	Musim Kering II	$X_{3j}$	$+ X_{3t}$	$\leq X_{total}$	$\leq X_{total}$
	II		$X_{3j}$	$+ X_{3t}$	$\leq X_{total}$	$\leq X_{total}$
	III		$X_{3j}$	$+ X_{3t}$	$\leq X_{total}$	$\leq X_{total}$
September	I	Musim Kering II	$X_{3j}$	$+ X_{3t}$	$\leq X_{total}$	$\leq X_{total}$
	II		$X_{3j}$	$+ X_{3t}$	$\leq X_{total}$	$\leq X_{total}$
	III		$X_{3j}$	$+ X_{3t}$	$\leq X_{total}$	$\leq X_{total}$
Oktober	I	Musim Kering II	$X_{3j}$	$+ X_{3t}$	$\leq X_{total}$	$\leq X_{total}$
	II		$X_{3j}$	$+ X_{3t}$	$\leq X_{total}$	$\leq X_{total}$
	III		$X_{3j}$	$+ X_{3t}$	$\leq X_{total}$	$\leq X_{total}$
November	I	Musim Kering II	$X_{3j}$	$+ X_{3t}$	$\leq X_{total}$	$\leq X_{total}$
	II		$X_{3j}$	$+ X_{3t}$	$\leq X_{total}$	$\leq X_{total}$
	III		$X_{3j}$	$+ X_{3t}$	$\leq X_{total}$	$\leq X_{total}$

Sumber: Hasil perhitungan (2017)

**Tabel 4.39.** Model matematika antara volume kebutuhan air tanaman dengan volume ketersediaan air irigasi kondisi rendah ( $Q_p = 0.80$ ) untuk Alternatif ke-3

Bulan	Periode	Musim Tanam	Volume kebutuhan air tanaman			Volume ketersediaan air irrigasi
			Padi	Palawija	Tebu	
Desember	I	Musim Hujan	$V_{1p} \cdot X_{1p} + V_{1j} \cdot X_{1j} + V_{1t} \cdot X_{1t}$	$\leq$	$V_{1r}$	$V_{1r}$
	II		$V_{1p} \cdot X_{1p} + V_{1j} \cdot X_{1j} + V_{1t} \cdot X_{1t}$	$\leq$	$V_{1r}$	$V_{1r}$
	III		$V_{1p} \cdot X_{1p} + V_{1j} \cdot X_{1j} + V_{1t} \cdot X_{1t}$	$\leq$	$V_{1r}$	$V_{1r}$
Januari	I	Musim Hujan	$V_{1p} \cdot X_{1p} + V_{1j} \cdot X_{1j} + V_{1t} \cdot X_{1t}$	$\leq$	$V_{1r}$	$V_{1r}$
	II		$V_{1p} \cdot X_{1p} + V_{1j} \cdot X_{1j} + V_{1t} \cdot X_{1t}$	$\leq$	$V_{1r}$	$V_{1r}$
	III		$V_{1p} \cdot X_{1p} + V_{1j} \cdot X_{1j} + V_{1t} \cdot X_{1t}$	$\leq$	$V_{1r}$	$V_{1r}$
Februari	I	Musim Hujan	$V_{1p} \cdot X_{1p} + V_{1j} \cdot X_{1j} + V_{1t} \cdot X_{1t}$	$\leq$	$V_{1r}$	$V_{1r}$
	II		$V_{1p} \cdot X_{1p} + V_{1j} \cdot X_{1j} + V_{1t} \cdot X_{1t}$	$\leq$	$V_{1r}$	$V_{1r}$
	III		$V_{1p} \cdot X_{1p} + V_{1j} \cdot X_{1j} + V_{1t} \cdot X_{1t}$	$\leq$	$V_{1r}$	$V_{1r}$
Maret	I	Musim Hujan	$V_{1p} \cdot X_{1p} + V_{1j} \cdot X_{1j} + V_{1t} \cdot X_{1t}$	$\leq$	$V_{1r}$	$V_{1r}$
	II		$V_{1p} \cdot X_{1p} + V_{1j} \cdot X_{1j} + V_{1t} \cdot X_{1t}$	$\leq$	$V_{1r}$	$V_{1r}$
	III		$V_{1p} \cdot X_{1p} + V_{1j} \cdot X_{1j} + V_{1t} \cdot X_{1t}$	$\leq$	$V_{1r}$	$V_{1r}$
April	I	Musim Kering I	$V_{2p} \cdot X_{2p} + V_{2j} \cdot X_{2j} + V_{2t} \cdot X_{2t}$	$\leq$	$V_{2r}$	$V_{2r}$
	II		$V_{2p} \cdot X_{2p} + V_{2j} \cdot X_{2j} + V_{2t} \cdot X_{2t}$	$\leq$	$V_{2r}$	$V_{2r}$
	III		$V_{2p} \cdot X_{2p} + V_{2j} \cdot X_{2j} + V_{2t} \cdot X_{2t}$	$\leq$	$V_{2r}$	$V_{2r}$
Mei	I	Musim Kering I	$V_{2p} \cdot X_{2p} + V_{2j} \cdot X_{2j} + V_{2t} \cdot X_{2t}$	$\leq$	$V_{2r}$	$V_{2r}$
	II		$V_{2p} \cdot X_{2p} + V_{2j} \cdot X_{2j} + V_{2t} \cdot X_{2t}$	$\leq$	$V_{2r}$	$V_{2r}$
	III		$V_{2p} \cdot X_{2p} + V_{2j} \cdot X_{2j} + V_{2t} \cdot X_{2t}$	$\leq$	$V_{2r}$	$V_{2r}$
Juni	I	Musim Kering II	$V_{2p} \cdot X_{2p} + V_{2j} \cdot X_{2j} + V_{2t} \cdot X_{2t}$	$\leq$	$V_{2r}$	$V_{2r}$
	II		$V_{2p} \cdot X_{2p} + V_{2j} \cdot X_{2j} + V_{2t} \cdot X_{2t}$	$\leq$	$V_{2r}$	$V_{2r}$
	III		$V_{2p} \cdot X_{2p} + V_{2j} \cdot X_{2j} + V_{2t} \cdot X_{2t}$	$\leq$	$V_{2r}$	$V_{2r}$
Juli	I	Musim Kering II	$V_{2p} \cdot X_{2p} + V_{2j} \cdot X_{2j} + V_{2t} \cdot X_{2t}$	$\leq$	$V_{2r}$	$V_{2r}$
	II		$V_{2p} \cdot X_{2p} + V_{2j} \cdot X_{2j} + V_{2t} \cdot X_{2t}$	$\leq$	$V_{2r}$	$V_{2r}$
	III		$V_{2p} \cdot X_{2p} + V_{2j} \cdot X_{2j} + V_{2t} \cdot X_{2t}$	$\leq$	$V_{2r}$	$V_{2r}$
Agustus	I	Musim Kering II	$V_{3j} \cdot X_{3j} + V_{3t} \cdot X_{3t}$	$\leq$	$V_{3r}$	$V_{3r}$
	II		$V_{3j} \cdot X_{3j} + V_{3t} \cdot X_{3t}$	$\leq$	$V_{3r}$	$V_{3r}$
	III		$V_{3j} \cdot X_{3j} + V_{3t} \cdot X_{3t}$	$\leq$	$V_{3r}$	$V_{3r}$
September	I	Musim Kering II	$V_{3j} \cdot X_{3j} + V_{3t} \cdot X_{3t}$	$\leq$	$V_{3r}$	$V_{3r}$
	II		$V_{3j} \cdot X_{3j} + V_{3t} \cdot X_{3t}$	$\leq$	$V_{3r}$	$V_{3r}$
	III		$V_{3j} \cdot X_{3j} + V_{3t} \cdot X_{3t}$	$\leq$	$V_{3r}$	$V_{3r}$
Oktober	I	Musim Kering II	$V_{3j} \cdot X_{3j} + V_{3t} \cdot X_{3t}$	$\leq$	$V_{3r}$	$V_{3r}$
	II		$V_{3j} \cdot X_{3j} + V_{3t} \cdot X_{3t}$	$\leq$	$V_{3r}$	$V_{3r}$
	III		$V_{3j} \cdot X_{3j} + V_{3t} \cdot X_{3t}$	$\leq$	$V_{3r}$	$V_{3r}$
November	I	Musim Kering II	$V_{3j} \cdot X_{3j} + V_{3t} \cdot X_{3t}$	$\leq$	$V_{3r}$	$V_{3r}$
	II		$V_{3j} \cdot X_{3j} + V_{3t} \cdot X_{3t}$	$\leq$	$V_{3r}$	$V_{3r}$
	III		$V_{3j} \cdot X_{3j} + V_{3t} \cdot X_{3t}$	$\leq$	$V_{3r}$	$V_{3r}$

Sumber: Hasil perhitungan (2017)

**Tabel 4.40.** Model matematika antara volume kebutuhan air tanaman dengan volume ketersediaan air irigasi kondisi normal ( $Q_p=0,50$ ) untuk Alternatif ke-3

<b>Bulan</b>	<b>Periode</b>	<b>Musim Tanam</b>	<b>Volume kebutuhan air tanaman</b>			<b>Volume ketersediaan air irigasi</b>
			<b>Padi</b>	<b>Palawija</b>	<b>Tebu</b>	
Desember	I		$V_{1p} \cdot X_{1p}$	$+ V_{1j} \cdot X_{1j}$	$+ V_{1t} \cdot X_{1t}$	$\leq$
	II		$V_{1p} \cdot X_{1p}$	$+ V_{1j} \cdot X_{1j}$	$+ V_{1t} \cdot X_{1t}$	$V_{1n}$
	III		$V_{1p} \cdot X_{1p}$	$+ V_{1j} \cdot X_{1j}$	$+ V_{1t} \cdot X_{1t}$	$V_{1n}$
Januari	I		$V_{1p} \cdot X_{1p}$	$+ V_{1j} \cdot X_{1j}$	$+ V_{1t} \cdot X_{1t}$	$V_{1n}$
	II		$V_{1p} \cdot X_{1p}$	$+ V_{1j} \cdot X_{1j}$	$+ V_{1t} \cdot X_{1t}$	$V_{1n}$
	III	Musim Hujan	$V_{1p} \cdot X_{1p}$	$+ V_{1j} \cdot X_{1j}$	$+ V_{1t} \cdot X_{1t}$	$V_{1n}$
Februari	I		$V_{1p} \cdot X_{1p}$	$+ V_{1j} \cdot X_{1j}$	$+ V_{1t} \cdot X_{1t}$	$V_{1n}$
	II		$V_{1p} \cdot X_{1p}$	$+ V_{1j} \cdot X_{1j}$	$+ V_{1t} \cdot X_{1t}$	$V_{1n}$
	III		$V_{1p} \cdot X_{1p}$	$+ V_{1j} \cdot X_{1j}$	$+ V_{1t} \cdot X_{1t}$	$V_{1n}$
Maret	I		$V_{1p} \cdot X_{1p}$	$+ V_{1j} \cdot X_{1j}$	$+ V_{1t} \cdot X_{1t}$	$V_{1n}$
	II		$V_{1p} \cdot X_{1p}$	$+ V_{1j} \cdot X_{1j}$	$+ V_{1t} \cdot X_{1t}$	$V_{1n}$
	III		$V_{1p} \cdot X_{1p}$	$+ V_{1j} \cdot X_{1j}$	$+ V_{1t} \cdot X_{1t}$	$V_{1n}$
April	I		$V_{2p} \cdot X_{2p}$	$+ V_{2j} \cdot X_{2j}$	$+ V_{2t} \cdot X_{2t}$	$\leq$
	II		$V_{2p} \cdot X_{2p}$	$+ V_{2j} \cdot X_{2j}$	$+ V_{2t} \cdot X_{2t}$	$V_{2n}$
	III		$V_{2p} \cdot X_{2p}$	$+ V_{2j} \cdot X_{2j}$	$+ V_{2t} \cdot X_{2t}$	$V_{2n}$
Mei	I		$V_{2p} \cdot X_{2p}$	$+ V_{2j} \cdot X_{2j}$	$+ V_{2t} \cdot X_{2t}$	$V_{2n}$
	II		$V_{2p} \cdot X_{2p}$	$+ V_{2j} \cdot X_{2j}$	$+ V_{2t} \cdot X_{2t}$	$V_{2n}$
	III	Musim Kering I	$V_{2p} \cdot X_{2p}$	$+ V_{2j} \cdot X_{2j}$	$+ V_{2t} \cdot X_{2t}$	$V_{2n}$
Juni	I		$V_{2p} \cdot X_{2p}$	$+ V_{2j} \cdot X_{2j}$	$+ V_{2t} \cdot X_{2t}$	$V_{2n}$
	II		$V_{2p} \cdot X_{2p}$	$+ V_{2j} \cdot X_{2j}$	$+ V_{2t} \cdot X_{2t}$	$V_{2n}$
	III		$V_{2p} \cdot X_{2p}$	$+ V_{2j} \cdot X_{2j}$	$+ V_{2t} \cdot X_{2t}$	$V_{2n}$
Juli	I		$V_{2p} \cdot X_{2p}$	$+ V_{2j} \cdot X_{2j}$	$+ V_{2t} \cdot X_{2t}$	$V_{2n}$
	II		$V_{2p} \cdot X_{2p}$	$+ V_{2j} \cdot X_{2j}$	$+ V_{2t} \cdot X_{2t}$	$V_{2n}$
	III		$V_{2p} \cdot X_{2p}$	$+ V_{2j} \cdot X_{2j}$	$+ V_{2t} \cdot X_{2t}$	$V_{2n}$
Agustus	I		$V_{3j} \cdot X_{3j}$	$+ V_{3t} \cdot X_{3t}$	$\leq$	$V_{3n}$
	II		$V_{3j} \cdot X_{3j}$	$+ V_{3t} \cdot X_{3t}$	$\leq$	$V_{3n}$
	III		$V_{3j} \cdot X_{3j}$	$+ V_{3t} \cdot X_{3t}$	$\leq$	$V_{3n}$
September	I		$V_{3j} \cdot X_{3j}$	$+ V_{3t} \cdot X_{3t}$	$\leq$	$V_{3n}$
	II		$V_{3j} \cdot X_{3j}$	$+ V_{3t} \cdot X_{3t}$	$\leq$	$V_{3n}$
	III	Musim Kering II	$V_{3j} \cdot X_{3j}$	$+ V_{3t} \cdot X_{3t}$	$\leq$	$V_{3n}$
Oktober	I		$V_{3j} \cdot X_{3j}$	$+ V_{3t} \cdot X_{3t}$	$\leq$	$V_{3n}$
	II		$V_{3j} \cdot X_{3j}$	$+ V_{3t} \cdot X_{3t}$	$\leq$	$V_{3n}$
	III		$V_{3j} \cdot X_{3j}$	$+ V_{3t} \cdot X_{3t}$	$\leq$	$V_{3n}$
November	I		$V_{3j} \cdot X_{3j}$	$+ V_{3t} \cdot X_{3t}$	$\leq$	$V_{3n}$
	II		$V_{3j} \cdot X_{3j}$	$+ V_{3t} \cdot X_{3t}$	$\leq$	$V_{3n}$
	III		$V_{3j} \cdot X_{3j}$	$+ V_{3t} \cdot X_{3t}$	$\leq$	$V_{3n}$

Sumber: Hasil perhitungan (2017)

**Tabel 4.41.** Model matematika antara volume kebutuhan air tanaman dengan volume ketersediaan air irigasi kondisi cukup ( $Q_p = 0,25$ ) untuk Alternatif ke-3

<b>Bulan</b>	<b>Periode</b>	<b>Musim Tanam</b>	<b>Volume kebutuhan air tanaman</b>			<b>Volume ketersediaan air irigasi</b>
			<b>Padi</b>	<b>Palawija</b>	<b>Tebu</b>	
Desember	I		$V_{1p} \cdot X_{1p} + V_{1j} \cdot X_{1j} + V_{1t} \cdot X_{1t}$			$V_{1c}$
	II		$V_{1p} \cdot X_{1p} + V_{1j} \cdot X_{1j} + V_{1t} \cdot X_{1t}$			$V_{1c}$
	III		$V_{1p} \cdot X_{1p} + V_{1j} \cdot X_{1j} + V_{1t} \cdot X_{1t}$			$V_{1c}$
Januari	I		$V_{1p} \cdot X_{1p} + V_{1j} \cdot X_{1j} + V_{1t} \cdot X_{1t}$			$V_{1c}$
	II		$V_{1p} \cdot X_{1p} + V_{1j} \cdot X_{1j} + V_{1t} \cdot X_{1t}$			$V_{1c}$
	III	Musim Hujan	$V_{1p} \cdot X_{1p} + V_{1j} \cdot X_{1j} + V_{1t} \cdot X_{1t}$			$V_{1c}$
Februari	I		$V_{1p} \cdot X_{1p} + V_{1j} \cdot X_{1j} + V_{1t} \cdot X_{1t}$			$V_{1c}$
	II		$V_{1p} \cdot X_{1p} + V_{1j} \cdot X_{1j} + V_{1t} \cdot X_{1t}$			$V_{1c}$
	III		$V_{1p} \cdot X_{1p} + V_{1j} \cdot X_{1j} + V_{1t} \cdot X_{1t}$			$V_{1c}$
Maret	I		$V_{1p} \cdot X_{1p} + V_{1j} \cdot X_{1j} + V_{1t} \cdot X_{1t}$			$V_{1c}$
	II		$V_{1p} \cdot X_{1p} + V_{1j} \cdot X_{1j} + V_{1t} \cdot X_{1t}$			$V_{1c}$
	III		$V_{1p} \cdot X_{1p} + V_{1j} \cdot X_{1j} + V_{1t} \cdot X_{1t}$			$V_{1c}$
April	I		$V_{2p} \cdot X_{2p} + V_{2j} \cdot X_{2j} + V_{2t} \cdot X_{2t}$			$V_{2c}$
	II		$V_{2p} \cdot X_{2p} + V_{2j} \cdot X_{2j} + V_{2t} \cdot X_{2t}$			$V_{2c}$
	III		$V_{2p} \cdot X_{2p} + V_{2j} \cdot X_{2j} + V_{2t} \cdot X_{2t}$			$V_{2c}$
Mei	I		$V_{2p} \cdot X_{2p} + V_{2j} \cdot X_{2j} + V_{2t} \cdot X_{2t}$			$V_{2c}$
	II		$V_{2p} \cdot X_{2p} + V_{2j} \cdot X_{2j} + V_{2t} \cdot X_{2t}$			$V_{2c}$
	III	Musim Kering I	$V_{2p} \cdot X_{2p} + V_{2j} \cdot X_{2j} + V_{2t} \cdot X_{2t}$			$V_{2c}$
Juni	I		$V_{2p} \cdot X_{2p} + V_{2j} \cdot X_{2j} + V_{2t} \cdot X_{2t}$			$V_{2c}$
	II		$V_{2p} \cdot X_{2p} + V_{2j} \cdot X_{2j} + V_{2t} \cdot X_{2t}$			$V_{2c}$
	III		$V_{2p} \cdot X_{2p} + V_{2j} \cdot X_{2j} + V_{2t} \cdot X_{2t}$			$V_{2c}$
Juli	I		$V_{2p} \cdot X_{2p} + V_{2j} \cdot X_{2j} + V_{2t} \cdot X_{2t}$			$V_{2c}$
	II		$V_{2p} \cdot X_{2p} + V_{2j} \cdot X_{2j} + V_{2t} \cdot X_{2t}$			$V_{2c}$
	III		$V_{2p} \cdot X_{2p} + V_{2j} \cdot X_{2j} + V_{2t} \cdot X_{2t}$			$V_{2c}$
Agustus	I		$V_{3j} \cdot X_{3j} + V_{3t} \cdot X_{3t}$			$V_{3c}$
	II		$V_{3j} \cdot X_{3j} + V_{3t} \cdot X_{3t}$			$V_{3c}$
	III		$V_{3j} \cdot X_{3j} + V_{3t} \cdot X_{3t}$			$V_{3c}$
September	I		$V_{3j} \cdot X_{3j} + V_{3t} \cdot X_{3t}$			$V_{3c}$
	II		$V_{3j} \cdot X_{3j} + V_{3t} \cdot X_{3t}$			$V_{3c}$
	III	Musim Kering II	$V_{3j} \cdot X_{3j} + V_{3t} \cdot X_{3t}$			$V_{3c}$
Oktober	I		$V_{3j} \cdot X_{3j} + V_{3t} \cdot X_{3t}$			$V_{3c}$
	II		$V_{3j} \cdot X_{3j} + V_{3t} \cdot X_{3t}$			$V_{3c}$
	III		$V_{3j} \cdot X_{3j} + V_{3t} \cdot X_{3t}$			$V_{3c}$
November	I		$V_{3j} \cdot X_{3j} + V_{3t} \cdot X_{3t}$			$V_{3c}$
	II		$V_{3j} \cdot X_{3j} + V_{3t} \cdot X_{3t}$			$V_{3c}$
	III		$V_{3j} \cdot X_{3j} + V_{3t} \cdot X_{3t}$			$V_{3c}$

Sumber: Hasil perhitungan (2017)

#### 4.10 Pola tata tanam Alternatif ke-4

Pola tata tanam pada setiap musim tanam:

Musim hujan : padi, palawija, tebu

Musim kering I : padi, tebu

Musim kering II : palawija, tebu

##### a. Fungsi tujuan:

$$Z_1 = A.X_{1p} + B.X_{1j} + C.X_{1t}$$

$$Z_2 = A.X_{2p} + C.X_{2t}$$

$$Z_3 = B.X_{3j} + C.X_{3t}$$

##### b. Fungsi kendala

1) Luas baku sawah

$$X_{1p} + X_{1j} + X_{1t} \leq X_{total}$$

$$X_{2p} + X_{2t} \leq X_{total}$$

$$X_{3j} + X_{3t} \leq X_{total}$$

2) Luas baku tanam untuk tanaman tebu

$$X_{1t} \leq X_{tebu}$$

$$X_{2t} \leq X_{tebu}$$

$$X_{3t} \leq X_{tebu}$$

Dengan ketentuan nilai  $X_{1t} = X_{2t} = X_{3t}$

3) Volume kebutuhan air tanaman dengan volume ketersediaan debit air irrigasi andalan

- Kondisi rendah ( $Q_p = 0,80$ ):

$$V_{1p}.X_{1p} + V_{1j}.X_{1j} + V_{1t}.X_{1t} \leq V_{1r}$$

$$V_{2p}.X_{2p} + V_{2t}.X_{2t} \leq V_{2r}$$

$$V_{3j}.X_{3j} + V_{3t}.X_{3t} \leq V_{3r}$$

- Kondisi normal ( $Q_p = 0,50$ ):

$$V_{1p}.X_{1p} + V_{1j}.X_{1j} + V_{1t}.X_{1t} \leq V_{1n}$$

$$V_{2p}.X_{2p} + V_{2t}.X_{2t} \leq V_{2n}$$

$$V_{3j}.X_{3j} + V_{3t}.X_{3t} \leq V_{3n}$$

Diketahui:

❖ nilai fungsi kendala kebutuhan air tanaman untuk Alternatif ke-4 (Tabel 4.28):

**Tabel 4.42.** Model matematika luas tanam dengan luas lahan total untuk Alternatif ke-4

<b>Bulan</b>	<b>Periode</b>	<b>Musim Tanam</b>	<b>Luas tanam</b>			<b>Luas Lahan Total</b>
			<b>Padi</b>	<b>Palawija</b>	<b>Tebu</b>	
Desember	I		$X_{1p}$	$+ X_{1j}$	$+ X_{1t}$	$\leq X_{total}$
	II		$X_{1p}$	$+ X_{1j}$	$+ X_{1t}$	$\leq X_{total}$
	III		$X_{1p}$	$+ X_{1j}$	$+ X_{1t}$	$\leq X_{total}$
Januari	I		$X_{1p}$	$+ X_{1j}$	$+ X_{1t}$	$\leq X_{total}$
	II		$X_{1p}$	$+ X_{1j}$	$+ X_{1t}$	$\leq X_{total}$
	III	Musim Hujan	$X_{1p}$	$+ X_{1j}$	$+ X_{1t}$	$\leq X_{total}$
Februari	I		$X_{1p}$	$+ X_{1j}$	$+ X_{1t}$	$\leq X_{total}$
	II		$X_{1p}$	$+ X_{1j}$	$+ X_{1t}$	$\leq X_{total}$
	III		$X_{1p}$	$+ X_{1j}$	$+ X_{1t}$	$\leq X_{total}$
Maret	I		$X_{1p}$	$+ X_{1j}$	$+ X_{1t}$	$\leq X_{total}$
	II		$X_{1p}$	$+ X_{1j}$	$+ X_{1t}$	$\leq X_{total}$
	III		$X_{1p}$	$+ X_{1j}$	$+ X_{1t}$	$\leq X_{total}$
April	I		$X_{2p}$	$+ X_{2j}$	$+ X_{2t}$	$\leq X_{total}$
	II		$X_{2p}$	$+ X_{2j}$	$+ X_{2t}$	$\leq X_{total}$
	III		$X_{2p}$	$+ X_{2j}$	$+ X_{2t}$	$\leq X_{total}$
Mei	I		$X_{2p}$	$+ X_{2j}$	$+ X_{2t}$	$\leq X_{total}$
	II		$X_{2p}$	$+ X_{2j}$	$+ X_{2t}$	$\leq X_{total}$
	III	Musim Kering I	$X_{2p}$	$+ X_{2j}$	$+ X_{2t}$	$\leq X_{total}$
Juni	I	Kering I	$X_{2p}$	$+ X_{2j}$	$+ X_{2t}$	$\leq X_{total}$
	II		$X_{2p}$	$+ X_{2j}$	$+ X_{2t}$	$\leq X_{total}$
	III		$X_{2p}$	$+ X_{2j}$	$+ X_{2t}$	$\leq X_{total}$
Juli	I		$X_{2p}$	$+ X_{2j}$	$+ X_{2t}$	$\leq X_{total}$
	II		$X_{2p}$	$+ X_{2j}$	$+ X_{2t}$	$\leq X_{total}$
	III		$X_{2p}$	$+ X_{2j}$	$+ X_{2t}$	$\leq X_{total}$
Agustus	I		$X_{3j}$	$+ X_{3t}$	$\leq X_{total}$	
	II		$X_{3j}$	$+ X_{3t}$	$\leq X_{total}$	
	III		$X_{3j}$	$+ X_{3t}$	$\leq X_{total}$	
September	I		$X_{3j}$	$+ X_{3t}$	$\leq X_{total}$	
	II		$X_{3j}$	$+ X_{3t}$	$\leq X_{total}$	
	III	Musim Kering II	$X_{3j}$	$+ X_{3t}$	$\leq X_{total}$	
Oktober	I		$X_{3j}$	$+ X_{3t}$	$\leq X_{total}$	
	II		$X_{3j}$	$+ X_{3t}$	$\leq X_{total}$	
	III		$X_{3j}$	$+ X_{3t}$	$\leq X_{total}$	
November	I		$X_{3j}$	$+ X_{3t}$	$\leq X_{total}$	
	II		$X_{3j}$	$+ X_{3t}$	$\leq X_{total}$	
	III		$X_{3j}$	$+ X_{3t}$	$\leq X_{total}$	

Sumber: Hasil perhitungan (2017)

**Tabel 4.43.** Model matematika antara volume kebutuhan air tanaman dengan volume ketersediaan air irigasi kondisi rendah ( $Q_p = 0,80$ ) untuk Alternatif ke-4

Bulan	Periode	Musim Tanam	Volume kebutuhan air tanaman			Volume ketersediaan air irigasi
			Padi	Palawija	Tebu	
Desember	I		$V_{1p} \cdot X_{1p} + V_{1j} \cdot X_{1j} + V_{1t} \cdot X_{1t}$			$V_{1r}$
	II		$V_{1p} \cdot X_{1p} + V_{1j} \cdot X_{1j} + V_{1t} \cdot X_{1t}$			$V_{1r}$
	III		$V_{1p} \cdot X_{1p} + V_{1j} \cdot X_{1j} + V_{1t} \cdot X_{1t}$			$V_{1r}$
Januari	I		$V_{1p} \cdot X_{1p} + V_{1j} \cdot X_{1j} + V_{1t} \cdot X_{1t}$			$V_{1r}$
	II		$V_{1p} \cdot X_{1p} + V_{1j} \cdot X_{1j} + V_{1t} \cdot X_{1t}$			$V_{1r}$
	III	Musim Hujan	$V_{1p} \cdot X_{1p} + V_{1j} \cdot X_{1j} + V_{1t} \cdot X_{1t}$			$V_{1r}$
Februari	I		$V_{1p} \cdot X_{1p} + V_{1j} \cdot X_{1j} + V_{1t} \cdot X_{1t}$			$V_{1r}$
	II		$V_{1p} \cdot X_{1p} + V_{1j} \cdot X_{1j} + V_{1t} \cdot X_{1t}$			$V_{1r}$
	III		$V_{1p} \cdot X_{1p} + V_{1j} \cdot X_{1j} + V_{1t} \cdot X_{1t}$			$V_{1r}$
Maret	I		$V_{1p} \cdot X_{1p} + V_{1j} \cdot X_{1j} + V_{1t} \cdot X_{1t}$			$V_{1r}$
	II		$V_{1p} \cdot X_{1p} + V_{1j} \cdot X_{1j} + V_{1t} \cdot X_{1t}$			$V_{1r}$
	III		$V_{1p} \cdot X_{1p} + V_{1j} \cdot X_{1j} + V_{1t} \cdot X_{1t}$			$V_{1r}$
April	I		$V_{2p} \cdot X_{2p} + V_{2t} \cdot X_{2t}$			$V_{2r}$
	II		$V_{2p} \cdot X_{2p} + V_{2t} \cdot X_{2t}$			$V_{2r}$
	III		$V_{2p} \cdot X_{2p} + V_{2t} \cdot X_{2t}$			$V_{2r}$
Mei	I		$V_{2p} \cdot X_{2p} + V_{2t} \cdot X_{2t}$			$V_{2r}$
	II		$V_{2p} \cdot X_{2p} + V_{2t} \cdot X_{2t}$			$V_{2r}$
	III	Musim Kering I	$V_{2p} \cdot X_{2p} + V_{2t} \cdot X_{2t}$			$V_{2r}$
Juni	I		$V_{2p} \cdot X_{2p} + V_{2t} \cdot X_{2t}$			$V_{2r}$
	II		$V_{2p} \cdot X_{2p} + V_{2t} \cdot X_{2t}$			$V_{2r}$
	III		$V_{2p} \cdot X_{2p} + V_{2t} \cdot X_{2t}$			$V_{2r}$
Juli	I		$V_{2p} \cdot X_{2p} + V_{2t} \cdot X_{2t}$			$V_{2r}$
	II		$V_{2p} \cdot X_{2p} + V_{2t} \cdot X_{2t}$			$V_{2r}$
	III		$V_{2p} \cdot X_{2p} + V_{2t} \cdot X_{2t}$			$V_{2r}$
Agustus	I		$V_{3j} \cdot X_{3j} + V_{3t} \cdot X_{3t}$			$V_{3r}$
	II		$V_{3j} \cdot X_{3j} + V_{3t} \cdot X_{3t}$			$V_{3r}$
	III		$V_{3j} \cdot X_{3j} + V_{3t} \cdot X_{3t}$			$V_{3r}$
September	I		$V_{3j} \cdot X_{3j} + V_{3t} \cdot X_{3t}$			$V_{3r}$
	II		$V_{3j} \cdot X_{3j} + V_{3t} \cdot X_{3t}$			$V_{3r}$
	III	Musim Kering II	$V_{3j} \cdot X_{3j} + V_{3t} \cdot X_{3t}$			$V_{3r}$
Oktober	I		$V_{3j} \cdot X_{3j} + V_{3t} \cdot X_{3t}$			$V_{3r}$
	II		$V_{3j} \cdot X_{3j} + V_{3t} \cdot X_{3t}$			$V_{3r}$
	III		$V_{3j} \cdot X_{3j} + V_{3t} \cdot X_{3t}$			$V_{3r}$
November	I		$V_{3j} \cdot X_{3j} + V_{3t} \cdot X_{3t}$			$V_{3r}$
	II		$V_{3j} \cdot X_{3j} + V_{3t} \cdot X_{3t}$			$V_{3r}$
	III		$V_{3j} \cdot X_{3j} + V_{3t} \cdot X_{3t}$			$V_{3r}$

Sumber: Hasil perhitungan (2017)

**Tabel 4.44.** Model matematika antara volume kebutuhan air tanaman dengan volume ketersediaan air irigasi kondisi normal ( $Q_p=0,50$ ) untuk Alternatif ke-4

<b>Bulan</b>	<b>Periode</b>	<b>Musim Tanam</b>	<b>Volume kebutuhan air tanaman</b>			<b>Volume ketersediaan air irigasi</b>
			<b>Padi</b>	<b>Palawija</b>	<b>Tebu</b>	
Desember	I		$V_{1p} \cdot X_{1p}$	$V_{1j} \cdot X_{1j}$	$V_{1t} \cdot X_{1t}$	$\leq$
	II		$V_{1p} \cdot X_{1p}$	$V_{1j} \cdot X_{1j}$	$V_{1t} \cdot X_{1t}$	$\leq$
	III		$V_{1p} \cdot X_{1p}$	$V_{1j} \cdot X_{1j}$	$V_{1t} \cdot X_{1t}$	$\leq$
Januari	I		$V_{1p} \cdot X_{1p}$	$V_{1j} \cdot X_{1j}$	$V_{1t} \cdot X_{1t}$	$\leq$
	II		$V_{1p} \cdot X_{1p}$	$V_{1j} \cdot X_{1j}$	$V_{1t} \cdot X_{1t}$	$\leq$
	III	Musim Hujan	$V_{1p} \cdot X_{1p}$	$V_{1j} \cdot X_{1j}$	$V_{1t} \cdot X_{1t}$	$\leq$
Februari	I		$V_{1p} \cdot X_{1p}$	$V_{1j} \cdot X_{1j}$	$V_{1t} \cdot X_{1t}$	$\leq$
	II		$V_{1p} \cdot X_{1p}$	$V_{1j} \cdot X_{1j}$	$V_{1t} \cdot X_{1t}$	$\leq$
	III		$V_{1p} \cdot X_{1p}$	$V_{1j} \cdot X_{1j}$	$V_{1t} \cdot X_{1t}$	$\leq$
Maret	I		$V_{1p} \cdot X_{1p}$	$V_{1j} \cdot X_{1j}$	$V_{1t} \cdot X_{1t}$	$\leq$
	II		$V_{1p} \cdot X_{1p}$	$V_{1j} \cdot X_{1j}$	$V_{1t} \cdot X_{1t}$	$\leq$
	III		$V_{1p} \cdot X_{1p}$	$V_{1j} \cdot X_{1j}$	$V_{1t} \cdot X_{1t}$	$\leq$
April	I		$V_{2p} \cdot X_{2p}$	$V_{2j} \cdot X_{2j}$	$V_{2t} \cdot X_{2t}$	$\leq$
	II		$V_{2p} \cdot X_{2p}$	$V_{2j} \cdot X_{2j}$	$V_{2t} \cdot X_{2t}$	$\leq$
	III		$V_{2p} \cdot X_{2p}$	$V_{2j} \cdot X_{2j}$	$V_{2t} \cdot X_{2t}$	$\leq$
Mei	I		$V_{2p} \cdot X_{2p}$	$V_{2j} \cdot X_{2j}$	$V_{2t} \cdot X_{2t}$	$\leq$
	II		$V_{2p} \cdot X_{2p}$	$V_{2j} \cdot X_{2j}$	$V_{2t} \cdot X_{2t}$	$\leq$
	III	Musim Kering I	$V_{2p} \cdot X_{2p}$	$V_{2j} \cdot X_{2j}$	$V_{2t} \cdot X_{2t}$	$\leq$
Juni	I		$V_{2p} \cdot X_{2p}$	$V_{2j} \cdot X_{2j}$	$V_{2t} \cdot X_{2t}$	$\leq$
	II		$V_{2p} \cdot X_{2p}$	$V_{2j} \cdot X_{2j}$	$V_{2t} \cdot X_{2t}$	$\leq$
	III		$V_{2p} \cdot X_{2p}$	$V_{2j} \cdot X_{2j}$	$V_{2t} \cdot X_{2t}$	$\leq$
Juli	I		$V_{2p} \cdot X_{2p}$	$V_{2j} \cdot X_{2j}$	$V_{2t} \cdot X_{2t}$	$\leq$
	II		$V_{2p} \cdot X_{2p}$	$V_{2j} \cdot X_{2j}$	$V_{2t} \cdot X_{2t}$	$\leq$
	III		$V_{2p} \cdot X_{2p}$	$V_{2j} \cdot X_{2j}$	$V_{2t} \cdot X_{2t}$	$\leq$
Agustus	I		$V_{3j} \cdot X_{3j}$	$V_{3t} \cdot X_{3t}$	$V_{3n}$	$\leq$
	II		$V_{3j} \cdot X_{3j}$	$V_{3t} \cdot X_{3t}$	$V_{3n}$	$\leq$
	III		$V_{3j} \cdot X_{3j}$	$V_{3t} \cdot X_{3t}$	$V_{3n}$	$\leq$
September	I		$V_{3j} \cdot X_{3j}$	$V_{3t} \cdot X_{3t}$	$V_{3n}$	$\leq$
	II		$V_{3j} \cdot X_{3j}$	$V_{3t} \cdot X_{3t}$	$V_{3n}$	$\leq$
	III	Musim Kering II	$V_{3j} \cdot X_{3j}$	$V_{3t} \cdot X_{3t}$	$V_{3n}$	$\leq$
Oktober	I		$V_{3j} \cdot X_{3j}$	$V_{3t} \cdot X_{3t}$	$V_{3n}$	$\leq$
	II		$V_{3j} \cdot X_{3j}$	$V_{3t} \cdot X_{3t}$	$V_{3n}$	$\leq$
	III		$V_{3j} \cdot X_{3j}$	$V_{3t} \cdot X_{3t}$	$V_{3n}$	$\leq$
November	I		$V_{3j} \cdot X_{3j}$	$V_{3t} \cdot X_{3t}$	$V_{3n}$	$\leq$
	II		$V_{3j} \cdot X_{3j}$	$V_{3t} \cdot X_{3t}$	$V_{3n}$	$\leq$
	III		$V_{3j} \cdot X_{3j}$	$V_{3t} \cdot X_{3t}$	$V_{3n}$	$\leq$

Sumber: Hasil perhitungan (2017)

**Tabel 4.45.** Model matematika antara volume kebutuhan air tanaman dengan volume ketersediaan air irigasi kondisi cukup ( $Q_p = 0,25$ ) untuk Alternatif ke-4

<b>Bulan</b>	<b>Periode</b>	<b>Musim Tanam</b>	<b>Volume kebutuhan air tanaman</b>			<b>Volume ketersediaan air irigasi</b>
			<b>Padi</b>	<b>Palawija</b>	<b>Tebu</b>	
Desember	I		$V_{1p} \cdot X_{1p} + V_{1j} \cdot X_{1j} + V_{1t} \cdot X_{1t}$			$V_{1c}$
	II		$V_{1p} \cdot X_{1p} + V_{1j} \cdot X_{1j} + V_{1t} \cdot X_{1t}$			$V_{1c}$
	III		$V_{1p} \cdot X_{1p} + V_{1j} \cdot X_{1j} + V_{1t} \cdot X_{1t}$			$V_{1c}$
Januari	I		$V_{1p} \cdot X_{1p} + V_{1j} \cdot X_{1j} + V_{1t} \cdot X_{1t}$			$V_{1c}$
	II		$V_{1p} \cdot X_{1p} + V_{1j} \cdot X_{1j} + V_{1t} \cdot X_{1t}$			$V_{1c}$
	III	Musim Hujan	$V_{1p} \cdot X_{1p} + V_{1j} \cdot X_{1j} + V_{1t} \cdot X_{1t}$			$V_{1c}$
Februari	I		$V_{1p} \cdot X_{1p} + V_{1j} \cdot X_{1j} + V_{1t} \cdot X_{1t}$			$V_{1c}$
	II		$V_{1p} \cdot X_{1p} + V_{1j} \cdot X_{1j} + V_{1t} \cdot X_{1t}$			$V_{1c}$
	III		$V_{1p} \cdot X_{1p} + V_{1j} \cdot X_{1j} + V_{1t} \cdot X_{1t}$			$V_{1c}$
Maret	I		$V_{1p} \cdot X_{1p} + V_{1j} \cdot X_{1j} + V_{1t} \cdot X_{1t}$			$V_{1c}$
	II		$V_{1p} \cdot X_{1p} + V_{1j} \cdot X_{1j} + V_{1t} \cdot X_{1t}$			$V_{1c}$
	III		$V_{1p} \cdot X_{1p} + V_{1j} \cdot X_{1j} + V_{1t} \cdot X_{1t}$			$V_{1c}$
April	I		$V_{2p} \cdot X_{2p} + V_{2t} \cdot X_{2t}$			$V_{2c}$
	II		$V_{2p} \cdot X_{2p} + V_{2t} \cdot X_{2t}$			$V_{2c}$
	III		$V_{2p} \cdot X_{2p} + V_{2t} \cdot X_{2t}$			$V_{2c}$
Mei	I		$V_{2p} \cdot X_{2p} + V_{2t} \cdot X_{2t}$			$V_{2c}$
	II		$V_{2p} \cdot X_{2p} + V_{2t} \cdot X_{2t}$			$V_{2c}$
	III	Musim Kering I	$V_{2p} \cdot X_{2p} + V_{2t} \cdot X_{2t}$			$V_{2c}$
Juni	I		$V_{2p} \cdot X_{2p} + V_{2t} \cdot X_{2t}$			$V_{2c}$
	II		$V_{2p} \cdot X_{2p} + V_{2t} \cdot X_{2t}$			$V_{2c}$
	III		$V_{2p} \cdot X_{2p} + V_{2t} \cdot X_{2t}$			$V_{2c}$
Juli	I		$V_{2p} \cdot X_{2p} + V_{2t} \cdot X_{2t}$			$V_{2c}$
	II		$V_{2p} \cdot X_{2p} + V_{2t} \cdot X_{2t}$			$V_{2c}$
	III		$V_{2p} \cdot X_{2p} + V_{2t} \cdot X_{2t}$			$V_{2c}$
Agustus	I		$V_{3j} \cdot X_{3j} + V_{3t} \cdot X_{3t}$			$V_{3c}$
	II		$V_{3j} \cdot X_{3j} + V_{3t} \cdot X_{3t}$			$V_{3c}$
	III		$V_{3j} \cdot X_{3j} + V_{3t} \cdot X_{3t}$			$V_{3c}$
September	I		$V_{3j} \cdot X_{3j} + V_{3t} \cdot X_{3t}$			$V_{3c}$
	II		$V_{3j} \cdot X_{3j} + V_{3t} \cdot X_{3t}$			$V_{3c}$
	III	Musim Kering II	$V_{3j} \cdot X_{3j} + V_{3t} \cdot X_{3t}$			$V_{3c}$
Oktober	I		$V_{3j} \cdot X_{3j} + V_{3t} \cdot X_{3t}$			$V_{3c}$
	II		$V_{3j} \cdot X_{3j} + V_{3t} \cdot X_{3t}$			$V_{3c}$
	III		$V_{3j} \cdot X_{3j} + V_{3t} \cdot X_{3t}$			$V_{3c}$
November	I		$V_{3j} \cdot X_{3j} + V_{3t} \cdot X_{3t}$			$V_{3c}$
	II		$V_{3j} \cdot X_{3j} + V_{3t} \cdot X_{3t}$			$V_{3c}$
	III		$V_{3j} \cdot X_{3j} + V_{3t} \cdot X_{3t}$			$V_{3c}$

Sumber: Hasil perhitungan (2017)



**Tabel 4.46.** Model matematika luas tanam dengan luas lahan total untuk Alternatif ke-5

Bulan	Periode	Musim Tanam	Luas tanam		Luas Lahan Total
			Padi	Tebu	
Desember	I	X <sub>1p</sub>	X <sub>1t</sub>	X <sub>1t</sub>	X <sub>total</sub>
	II	X <sub>1p</sub>	X <sub>1t</sub>	X <sub>1t</sub>	X <sub>total</sub>
	III	X <sub>1p</sub>	X <sub>1t</sub>	X <sub>1t</sub>	X <sub>total</sub>
Januari	I	X <sub>1p</sub>	X <sub>1t</sub>	X <sub>1t</sub>	X <sub>total</sub>
	II	X <sub>1p</sub>	X <sub>1t</sub>	X <sub>1t</sub>	X <sub>total</sub>
	Musim Hujan	X <sub>1p</sub>	X <sub>1t</sub>	X <sub>1t</sub>	X <sub>total</sub>
Februari	I	X <sub>1p</sub>	X <sub>1t</sub>	X <sub>1t</sub>	X <sub>total</sub>
	II	X <sub>1p</sub>	X <sub>1t</sub>	X <sub>1t</sub>	X <sub>total</sub>
	III	X <sub>1p</sub>	X <sub>1t</sub>	X <sub>1t</sub>	X <sub>total</sub>
Maret	I	X <sub>1p</sub>	X <sub>1t</sub>	X <sub>1t</sub>	X <sub>total</sub>
	II	X <sub>1p</sub>	X <sub>1t</sub>	X <sub>1t</sub>	X <sub>total</sub>
	III	X <sub>1p</sub>	X <sub>1t</sub>	X <sub>1t</sub>	X <sub>total</sub>
			Palawija	Tebu	
April	I	X <sub>2p</sub>	X <sub>2t</sub>	X <sub>2t</sub>	X <sub>total</sub>
	II	X <sub>2p</sub>	X <sub>2t</sub>	X <sub>2t</sub>	X <sub>total</sub>
	III	X <sub>2p</sub>	X <sub>2t</sub>	X <sub>2t</sub>	X <sub>total</sub>
Mei	I	X <sub>2p</sub>	X <sub>2t</sub>	X <sub>2t</sub>	X <sub>total</sub>
	II	X <sub>2p</sub>	X <sub>2t</sub>	X <sub>2t</sub>	X <sub>total</sub>
	Musim Kering I	X <sub>2p</sub>	X <sub>2t</sub>	X <sub>2t</sub>	X <sub>total</sub>
Juni	I	X <sub>2p</sub>	X <sub>2t</sub>	X <sub>2t</sub>	X <sub>total</sub>
	II	X <sub>2p</sub>	X <sub>2t</sub>	X <sub>2t</sub>	X <sub>total</sub>
	III	X <sub>2p</sub>	X <sub>2t</sub>	X <sub>2t</sub>	X <sub>total</sub>
July	I	X <sub>2p</sub>	X <sub>2t</sub>	X <sub>2t</sub>	X <sub>total</sub>
	II	X <sub>2p</sub>	X <sub>2t</sub>	X <sub>2t</sub>	X <sub>total</sub>
	III	X <sub>2p</sub>	X <sub>2t</sub>	X <sub>2t</sub>	X <sub>total</sub>
			Padi	Palawija	
Agustus	I	X <sub>3p</sub>	X <sub>3t</sub>	X <sub>3t</sub>	X <sub>total</sub>
	II	X <sub>3p</sub>	X <sub>3t</sub>	X <sub>3t</sub>	X <sub>total</sub>
	III	X <sub>3p</sub>	X <sub>3t</sub>	X <sub>3t</sub>	X <sub>total</sub>
September	I	X <sub>3p</sub>	X <sub>3t</sub>	X <sub>3t</sub>	X <sub>total</sub>
	II	X <sub>3p</sub>	X <sub>3t</sub>	X <sub>3t</sub>	X <sub>total</sub>
	Musim Kering II	X <sub>3p</sub>	X <sub>3t</sub>	X <sub>3t</sub>	X <sub>total</sub>
Okttober	I	X <sub>3p</sub>	X <sub>3t</sub>	X <sub>3t</sub>	X <sub>total</sub>
	II	X <sub>3p</sub>	X <sub>3t</sub>	X <sub>3t</sub>	X <sub>total</sub>
	III	X <sub>3p</sub>	X <sub>3t</sub>	X <sub>3t</sub>	X <sub>total</sub>
November	I	X <sub>3p</sub>	X <sub>3t</sub>	X <sub>3t</sub>	X <sub>total</sub>
	II	X <sub>3p</sub>	X <sub>3t</sub>	X <sub>3t</sub>	X <sub>total</sub>
	III	X <sub>3p</sub>	X <sub>3t</sub>	X <sub>3t</sub>	X <sub>total</sub>

Sumber: Hasil perhitungan (2017)

**Tabel 4.47.** Model matematika antara volume kebutuhan air tanaman dengan volume ketersediaan air irigasi kondisi rendah ( $Q_p = 0,80$ ) untuk Alternatif ke-5

<b>Bulan</b>	<b>Periode</b>	<b>Musim Tanam</b>	<b>Volume kebutuhan air tanaman</b>		<b>Volume ketersediaan air irigasi</b>
			<b>Padi</b>	<b>Tebu</b>	
Desember	I	Musim Hujan	$V_{1p} \cdot X_{1p}$	$+ V_{1t} \cdot X_{1t}$	$\leq V_{1r}$
	II		$V_{1p} \cdot X_{1p}$	$+ V_{1t} \cdot X_{1t}$	$\leq V_{1r}$
	III		$V_{1p} \cdot X_{1p}$	$+ V_{1t} \cdot X_{1t}$	$\leq V_{1r}$
Januari	I	Musim Hujan	$V_{1p} \cdot X_{1p}$	$+ V_{1t} \cdot X_{1t}$	$\leq V_{1r}$
	II		$V_{1p} \cdot X_{1p}$	$+ V_{1t} \cdot X_{1t}$	$\leq V_{1r}$
	III		$V_{1p} \cdot X_{1p}$	$+ V_{1t} \cdot X_{1t}$	$\leq V_{1r}$
Februari	I	Musim Hujan	$V_{1p} \cdot X_{1p}$	$+ V_{1t} \cdot X_{1t}$	$\leq V_{1r}$
	II		$V_{1p} \cdot X_{1p}$	$+ V_{1t} \cdot X_{1t}$	$\leq V_{1r}$
	III		$V_{1p} \cdot X_{1p}$	$+ V_{1t} \cdot X_{1t}$	$\leq V_{1r}$
Maret	I	Musim Hujan	$V_{1p} \cdot X_{1p}$	$+ V_{1t} \cdot X_{1t}$	$\leq V_{1r}$
	II		$V_{1p} \cdot X_{1p}$	$+ V_{1t} \cdot X_{1t}$	$\leq V_{1r}$
	III		$V_{1p} \cdot X_{1p}$	$+ V_{1t} \cdot X_{1t}$	$\leq V_{1r}$
April	I	Musim Kering I	$V_{2j} \cdot X_{2j} + V_{2t} \cdot X_{2t}$	$\leq V_{2r}$	
	II		$V_{2j} \cdot X_{2j} + V_{2t} \cdot X_{2t}$	$\leq V_{2r}$	
	III		$V_{2j} \cdot X_{2j} + V_{2t} \cdot X_{2t}$	$\leq V_{2r}$	
Mei	I	Musim Kering I	$V_{2j} \cdot X_{2j} + V_{2t} \cdot X_{2t}$	$\leq V_{2r}$	
	II		$V_{2j} \cdot X_{2j} + V_{2t} \cdot X_{2t}$	$\leq V_{2r}$	
	III		$V_{2j} \cdot X_{2j} + V_{2t} \cdot X_{2t}$	$\leq V_{2r}$	
Juni	I	Musim Kering I	$V_{2j} \cdot X_{2j} + V_{2t} \cdot X_{2t}$	$\leq V_{2r}$	
	II		$V_{2j} \cdot X_{2j} + V_{2t} \cdot X_{2t}$	$\leq V_{2r}$	
	III		$V_{2j} \cdot X_{2j} + V_{2t} \cdot X_{2t}$	$\leq V_{2r}$	
Juli	I	Musim Kering I	$V_{2j} \cdot X_{2j} + V_{2t} \cdot X_{2t}$	$\leq V_{2r}$	
	II		$V_{2j} \cdot X_{2j} + V_{2t} \cdot X_{2t}$	$\leq V_{2r}$	
	III		$V_{2j} \cdot X_{2j} + V_{2t} \cdot X_{2t}$	$\leq V_{2r}$	
Agustus	I	Musim Kering II	$V_{3p} \cdot X_{3p} + V_{3j} \cdot X_{3j} + V_{3t} \cdot X_{3t}$	$\leq V_{3r}$	
	II		$V_{3p} \cdot X_{3p} + V_{3j} \cdot X_{3j} + V_{3t} \cdot X_{3t}$	$\leq V_{3r}$	
	III		$V_{3p} \cdot X_{3p} + V_{3j} \cdot X_{3j} + V_{3t} \cdot X_{3t}$	$\leq V_{3r}$	
September	I	Musim Kering II	$V_{3p} \cdot X_{3p} + V_{3j} \cdot X_{3j} + V_{3t} \cdot X_{3t}$	$\leq V_{3r}$	
	II		$V_{3p} \cdot X_{3p} + V_{3j} \cdot X_{3j} + V_{3t} \cdot X_{3t}$	$\leq V_{3r}$	
	III		$V_{3p} \cdot X_{3p} + V_{3j} \cdot X_{3j} + V_{3t} \cdot X_{3t}$	$\leq V_{3r}$	
Oktober	I	Musim Kering II	$V_{3p} \cdot X_{3p} + V_{3j} \cdot X_{3j} + V_{3t} \cdot X_{3t}$	$\leq V_{3r}$	
	II		$V_{3p} \cdot X_{3p} + V_{3j} \cdot X_{3j} + V_{3t} \cdot X_{3t}$	$\leq V_{3r}$	
	III		$V_{3p} \cdot X_{3p} + V_{3j} \cdot X_{3j} + V_{3t} \cdot X_{3t}$	$\leq V_{3r}$	
November	I	Musim Kering II	$V_{3p} \cdot X_{3p} + V_{3j} \cdot X_{3j} + V_{3t} \cdot X_{3t}$	$\leq V_{3r}$	
	II		$V_{3p} \cdot X_{3p} + V_{3j} \cdot X_{3j} + V_{3t} \cdot X_{3t}$	$\leq V_{3r}$	
	III		$V_{3p} \cdot X_{3p} + V_{3j} \cdot X_{3j} + V_{3t} \cdot X_{3t}$	$\leq V_{3r}$	

Sumber: Hasil perhitungan (2017)



**Tabel 4.48.** Model matematika antara volume kebutuhan air tanaman dengan volume ketersediaan air irigasi kondisi normal ( $Q_p=0,50$ ) untuk Alternatif ke-5

<b>Bulan</b>	<b>Periode</b>	<b>Musim Tanam</b>	<b>Volume kebutuhan air tanaman</b>		<b>Volume ketersediaan air irigasi</b>
			<b>Padi</b>	<b>Tebu</b>	
Desember	I	V <sub>1p</sub> . X <sub>1p</sub>	+ V <sub>1t</sub> . X <sub>1t</sub>	≤	V <sub>1n</sub>
	II	V <sub>1p</sub> . X <sub>1p</sub>	+ V <sub>1t</sub> . X <sub>1t</sub>	≤	V <sub>1n</sub>
	III	V <sub>1p</sub> . X <sub>1p</sub>	+ V <sub>1t</sub> . X <sub>1t</sub>	≤	V <sub>1n</sub>
Januari	I	V <sub>1p</sub> . X <sub>1p</sub>	+ V <sub>1t</sub> . X <sub>1t</sub>	≤	V <sub>1n</sub>
	II	V <sub>1p</sub> . X <sub>1p</sub>	+ V <sub>1t</sub> . X <sub>1t</sub>	≤	V <sub>1n</sub>
	III	Musim Hujan	V <sub>1p</sub> . X <sub>1p</sub>	+ V <sub>1t</sub> . X <sub>1t</sub>	≤
Februari	I	V <sub>1p</sub> . X <sub>1p</sub>	+ V <sub>1t</sub> . X <sub>1t</sub>	≤	V <sub>1n</sub>
	II	V <sub>1p</sub> . X <sub>1p</sub>	+ V <sub>1t</sub> . X <sub>1t</sub>	≤	V <sub>1n</sub>
	III	V <sub>1p</sub> . X <sub>1p</sub>	+ V <sub>1t</sub> . X <sub>1t</sub>	≤	V <sub>1n</sub>
Maret	I	V <sub>1p</sub> . X <sub>1p</sub>	+ V <sub>1t</sub> . X <sub>1t</sub>	≤	V <sub>1n</sub>
	II	V <sub>1p</sub> . X <sub>1p</sub>	+ V <sub>1t</sub> . X <sub>1t</sub>	≤	V <sub>1n</sub>
	III	V <sub>1p</sub> . X <sub>1p</sub>	+ V <sub>1t</sub> . X <sub>1t</sub>	≤	V <sub>1n</sub>
April	I				
	II				
	III				
	I				
	II				
	III	Musim Kering I	V <sub>2j</sub> . X <sub>2j</sub> + V <sub>2t</sub> . X <sub>2t</sub>	≤	V <sub>2n</sub>
	I				
	II				
	III				
	I				
	II				
	III				
Mei	I	V <sub>2j</sub> . X <sub>2j</sub> + V <sub>2t</sub> . X <sub>2t</sub>	≤	V <sub>2n</sub>	
	II	V <sub>2j</sub> . X <sub>2j</sub> + V <sub>2t</sub> . X <sub>2t</sub>	≤	V <sub>2n</sub>	
	III	V <sub>2j</sub> . X <sub>2j</sub> + V <sub>2t</sub> . X <sub>2t</sub>	≤	V <sub>2n</sub>	
Juni	I	V <sub>2j</sub> . X <sub>2j</sub> + V <sub>2t</sub> . X <sub>2t</sub>	≤	V <sub>2n</sub>	
	II	V <sub>2j</sub> . X <sub>2j</sub> + V <sub>2t</sub> . X <sub>2t</sub>	≤	V <sub>2n</sub>	
	III	V <sub>2j</sub> . X <sub>2j</sub> + V <sub>2t</sub> . X <sub>2t</sub>	≤	V <sub>2n</sub>	
Juli	I	V <sub>2j</sub> . X <sub>2j</sub> + V <sub>2t</sub> . X <sub>2t</sub>	≤	V <sub>2n</sub>	
	II	V <sub>2j</sub> . X <sub>2j</sub> + V <sub>2t</sub> . X <sub>2t</sub>	≤	V <sub>2n</sub>	
	III	V <sub>2j</sub> . X <sub>2j</sub> + V <sub>2t</sub> . X <sub>2t</sub>	≤	V <sub>2n</sub>	
Agustus	I				
	II				
	III				
	I				
	II				
	III				
	I				
	II				
	III				
	I				
	II				
	III				
September	I	V <sub>3j</sub> . X <sub>3j</sub> + V <sub>3t</sub> . X <sub>3t</sub>	≤	V <sub>3n</sub>	
	II	V <sub>3j</sub> . X <sub>3j</sub> + V <sub>3t</sub> . X <sub>3t</sub>	≤	V <sub>3n</sub>	
	III	V <sub>3j</sub> . X <sub>3j</sub> + V <sub>3t</sub> . X <sub>3t</sub>	≤	V <sub>3n</sub>	
Oktober	I	V <sub>3j</sub> . X <sub>3j</sub> + V <sub>3t</sub> . X <sub>3t</sub>	≤	V <sub>3n</sub>	
	II	V <sub>3j</sub> . X <sub>3j</sub> + V <sub>3t</sub> . X <sub>3t</sub>	≤	V <sub>3n</sub>	
	III	V <sub>3j</sub> . X <sub>3j</sub> + V <sub>3t</sub> . X <sub>3t</sub>	≤	V <sub>3n</sub>	
November	I	V <sub>3j</sub> . X <sub>3j</sub> + V <sub>3t</sub> . X <sub>3t</sub>	≤	V <sub>3n</sub>	
	II	V <sub>3j</sub> . X <sub>3j</sub> + V <sub>3t</sub> . X <sub>3t</sub>	≤	V <sub>3n</sub>	
	III	V <sub>3j</sub> . X <sub>3j</sub> + V <sub>3t</sub> . X <sub>3t</sub>	≤	V <sub>3n</sub>	

Sumber: Hasil perhitungan (2017)

**Tabel 4.49.** Model matematika antara volume kebutuhan air tanaman dengan volume ketersediaan air irigasi kondisi cukup ( $Q_p = 0,25$ ) untuk Alternatif ke-5

<b>Bulan</b>	<b>Periode</b>	<b>Musim Tanam</b>	<b>Volume kebutuhan air tanaman</b>		<b>Volume ketersediaan air irigasi</b>	
			<b>Padi</b>	<b>Tebu</b>		
Desember	I	V <sub>1p</sub> · X <sub>1p</sub>	+ V <sub>1t</sub> · X <sub>1t</sub>	≤	V <sub>1c</sub>	
	II		+ V <sub>1t</sub> · X <sub>1t</sub>	≤	V <sub>1c</sub>	
	III		+ V <sub>1t</sub> · X <sub>1t</sub>	≤	V <sub>1c</sub>	
Januari	I	V <sub>1p</sub> · X <sub>1p</sub>	+ V <sub>1t</sub> · X <sub>1t</sub>	≤	V <sub>1c</sub>	
	II		+ V <sub>1t</sub> · X <sub>1t</sub>	≤	V <sub>1c</sub>	
	III		+ V <sub>1t</sub> · X <sub>1t</sub>	≤	V <sub>1c</sub>	
	Musim Hujan	V <sub>1p</sub> · X <sub>1p</sub>	+ V <sub>1t</sub> · X <sub>1t</sub>	≤	V <sub>1c</sub>	
	I	V <sub>1p</sub> · X <sub>1p</sub>	+ V <sub>1t</sub> · X <sub>1t</sub>	≤	V <sub>1c</sub>	
	II	V <sub>1p</sub> · X <sub>1p</sub>	+ V <sub>1t</sub> · X <sub>1t</sub>	≤	V <sub>1c</sub>	
	III	V <sub>1p</sub> · X <sub>1p</sub>	+ V <sub>1t</sub> · X <sub>1t</sub>	≤	V <sub>1c</sub>	
Februari	I	V <sub>1p</sub> · X <sub>1p</sub>	+ V <sub>1t</sub> · X <sub>1t</sub>	≤	V <sub>1c</sub>	
	II		+ V <sub>1t</sub> · X <sub>1t</sub>	≤	V <sub>1c</sub>	
	III		+ V <sub>1t</sub> · X <sub>1t</sub>	≤	V <sub>1c</sub>	
Maret	I	V <sub>1p</sub> · X <sub>1p</sub>	+ V <sub>1t</sub> · X <sub>1t</sub>	≤	V <sub>1c</sub>	
	II		+ V <sub>1t</sub> · X <sub>1t</sub>	≤	V <sub>1c</sub>	
	III		+ V <sub>1t</sub> · X <sub>1t</sub>	≤	V <sub>1c</sub>	
April	I	V <sub>2j</sub> · X <sub>2j</sub>	+ V <sub>2t</sub> · X <sub>2t</sub>	≤	V <sub>2c</sub>	
	II		+ V <sub>2t</sub> · X <sub>2t</sub>	≤	V <sub>2c</sub>	
	III		+ V <sub>2t</sub> · X <sub>2t</sub>	≤	V <sub>2c</sub>	
Mei	I	V <sub>2j</sub> · X <sub>2j</sub>	+ V <sub>2t</sub> · X <sub>2t</sub>	≤	V <sub>2c</sub>	
	II		+ V <sub>2t</sub> · X <sub>2t</sub>	≤	V <sub>2c</sub>	
	III		+ V <sub>2t</sub> · X <sub>2t</sub>	≤	V <sub>2c</sub>	
Musim Kering I	I	V <sub>2j</sub> · X <sub>2j</sub>	+ V <sub>2t</sub> · X <sub>2t</sub>	≤	V <sub>2c</sub>	
	II		+ V <sub>2t</sub> · X <sub>2t</sub>	≤	V <sub>2c</sub>	
	III		+ V <sub>2t</sub> · X <sub>2t</sub>	≤	V <sub>2c</sub>	
Juni	I	V <sub>2j</sub> · X <sub>2j</sub>	+ V <sub>2t</sub> · X <sub>2t</sub>	≤	V <sub>2c</sub>	
	II		+ V <sub>2t</sub> · X <sub>2t</sub>	≤	V <sub>2c</sub>	
	III		+ V <sub>2t</sub> · X <sub>2t</sub>	≤	V <sub>2c</sub>	
Juli	I	V <sub>2j</sub> · X <sub>2j</sub>	+ V <sub>2t</sub> · X <sub>2t</sub>	≤	V <sub>2c</sub>	
	II		+ V <sub>2t</sub> · X <sub>2t</sub>	≤	V <sub>2c</sub>	
	III		+ V <sub>2t</sub> · X <sub>2t</sub>	≤	V <sub>2c</sub>	
Agustus	I	V <sub>3p</sub> · X <sub>3p</sub>	+ V <sub>3j</sub> · X <sub>3j</sub>	+ V <sub>3t</sub> · X <sub>3t</sub>	≤	V <sub>3c</sub>
	II		+ V <sub>3j</sub> · X <sub>3j</sub>	+ V <sub>3t</sub> · X <sub>3t</sub>	≤	V <sub>3c</sub>
	III		+ V <sub>3j</sub> · X <sub>3j</sub>	+ V <sub>3t</sub> · X <sub>3t</sub>	≤	V <sub>3c</sub>
September	I	V <sub>3p</sub> · X <sub>3p</sub>	+ V <sub>3j</sub> · X <sub>3j</sub>	+ V <sub>3t</sub> · X <sub>3t</sub>	≤	V <sub>3c</sub>
	II		+ V <sub>3j</sub> · X <sub>3j</sub>	+ V <sub>3t</sub> · X <sub>3t</sub>	≤	V <sub>3c</sub>
	III		+ V <sub>3j</sub> · X <sub>3j</sub>	+ V <sub>3t</sub> · X <sub>3t</sub>	≤	V <sub>3c</sub>
Musim Kering II	I	V <sub>3p</sub> · X <sub>3p</sub>	+ V <sub>3j</sub> · X <sub>3j</sub>	+ V <sub>3t</sub> · X <sub>3t</sub>	≤	V <sub>3c</sub>
	II		+ V <sub>3j</sub> · X <sub>3j</sub>	+ V <sub>3t</sub> · X <sub>3t</sub>	≤	V <sub>3c</sub>
	III		+ V <sub>3j</sub> · X <sub>3j</sub>	+ V <sub>3t</sub> · X <sub>3t</sub>	≤	V <sub>3c</sub>
Oktober	I	V <sub>3p</sub> · X <sub>3p</sub>	+ V <sub>3j</sub> · X <sub>3j</sub>	+ V <sub>3t</sub> · X <sub>3t</sub>	≤	V <sub>3c</sub>
	II		+ V <sub>3j</sub> · X <sub>3j</sub>	+ V <sub>3t</sub> · X <sub>3t</sub>	≤	V <sub>3c</sub>
	III		+ V <sub>3j</sub> · X <sub>3j</sub>	+ V <sub>3t</sub> · X <sub>3t</sub>	≤	V <sub>3c</sub>
November	I	V <sub>3p</sub> · X <sub>3p</sub>	+ V <sub>3j</sub> · X <sub>3j</sub>	+ V <sub>3t</sub> · X <sub>3t</sub>	≤	V <sub>3c</sub>
	II		+ V <sub>3j</sub> · X <sub>3j</sub>	+ V <sub>3t</sub> · X <sub>3t</sub>	≤	V <sub>3c</sub>
	III		+ V <sub>3j</sub> · X <sub>3j</sub>	+ V <sub>3t</sub> · X <sub>3t</sub>	≤	V <sub>3c</sub>

Sumber: Hasil perhitungan (2017)

#### **4.4.3.2. Optimasi dengan Program Linear menggunakan Fasilitas *Solver* dari Microsoft Excel**

Berdasarkan model matematika untuk optimasi pada setiap alternatif pola tata tanam yang telah dirumuskan pada subbab sebelumnya, maka untuk selanjutnya akan dilakukan proses optimasi untuk mengetahui luas tanam dan keuntungan yang optimal dengan menggunakan fasilitas *Solver* dari *Microsoft Excel*. Contoh penggunaan fasilitas *Solver* untuk optimasi pada pola tata tanam Alternatif 1 musim tanam hujan dengan kondisi debit air rendah ( $Q_p = 0,80$ ) adalah sebagai berikut.

1. Menghubungkan rumus-rumus yang terkait sesuai dengan model matematika pola tata tanam Alternatif ke-1 yang telah ditentukan sebelumnya dengan membuat tabel seperti berikut.

A	B	C	D	E	F	G
1	Petak Tersier	Luas tanam (ha)			Jumlah luas (ha)	baku (ha)
2		Padi	Palawija	Tebu		
4	T.KA 1 ki	1,00	1,00	1,00	3 ≤	1
5	T.KA 1a ka	1,00	1,00	1,00	3 ≤	7
6	T.KA 1b ki	1,00	1,00	1,00	3 ≤	137
7	T.KA 2 ki	1,00	1,00	1,00	3 ≤	33
8	T.KA 3 ka	1,00	1,00	1,00	3 ≤	25
9	T.KA 4 ka	1,00	1,00	1,00	3 ≤	40
10	T.KA 4 te	1,00	1,00	1,00	3 ≤	44
11	T.KA 5 ki	1,00	1,00	1,00	3 ≤	2
12	T.KA 6 ka	1,00	1,00	1,00	3 ≤	1
13	T.KA 6 ki	1,00	1,00	1,00	3 ≤	2
14	T.KA 7 ka	1,00	1,00	1,00	3 ≤	43
15	T.KA 7	1,00	1,00	1,00	3 ≤	101
16	Jumlah (ha)	12,00	12,00	12,00		436

**Gambar 4.8.** Tabel nilai luas tanam pada setiap petak lahan sawah untuk pola tata tanam Alternatif ke-1 sebelum optimasi

H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
2	Bulan	Periode	Musim Tanam	Luas tanam (ha)						Batas luas tanam tebu (ha)	luas tanam total (ha)	
3				Padi	Palawija	Tebu		Total				
4	Desember	I	Musim Hujan	12,00	+	12,00	+	12,00	=	36,00	≤	20,00 436,00
5		II		12,00	+	12,00	+	12,00	=	36,00	≤	20,00 436,00
6		III		12,00	+	12,00	+	12,00	=	36,00	≤	20,00 436,00
7	Januari	I		12,00	+	12,00	+	12,00	=	36,00	≤	20,00 436,00
8		II		12,00	+	12,00	+	12,00	=	36,00	≤	20,00 436,00
9		III		12,00	+	12,00	+	12,00	=	36,00	≤	20,00 436,00
10	Februari	I		12,00	+	12,00	+	12,00	=	36,00	≤	20,00 436,00
11		II		12,00	+	12,00	+	12,00	=	36,00	≤	20,00 436,00
12		III		12,00	+	12,00	+	12,00	=	36,00	≤	20,00 436,00
13	Maret	I		12,00	+	12,00	+	12,00	=	36,00	≤	20,00 436,00
14		II		12,00	+	12,00	+	12,00	=	36,00	≤	20,00 436,00
15		III		12,00	+	12,00	+	12,00	=	36,00	≤	20,00 436,00

**Gambar 4.9.** Tabel nilai luas lahan untuk pola tata tanam Alternatif ke-1 sebelum di optimasi

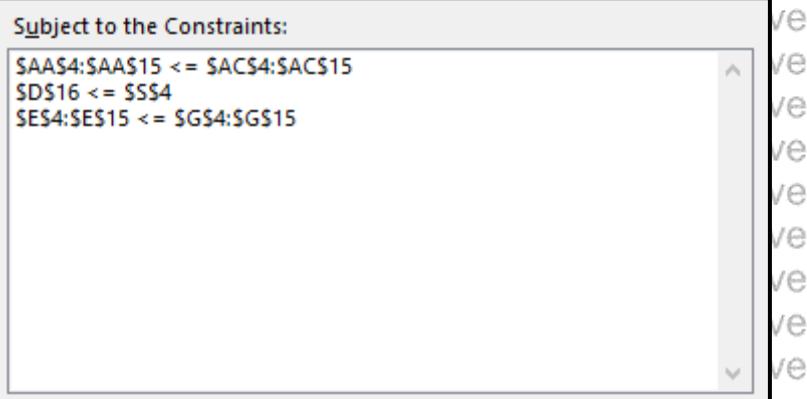
	U	V	W	X	Y	Z	AA	AI	AC
1	Volume kebutuhan air tanaman ( $m^3$ )					Batasan volume ketersediaan ( $m^3$ )			
2	Padi	Palawija	Tebu	Total					
3	957,02 +	0,00 +	0,00 =	957,02	≤	32.832,00			
4	836,41 +	0,00 +	0,00 =	836,41	≤	32.832,00			
5	998,58 +	281,16 +	428,36 =	1.708,10	≤	33.177,60			
6	812,01 +	621,60 +	591,39 =	2.025,01	≤	33.177,60			
7	785,07 +	728,07 +	498,06 =	2.011,20	≤	33.004,80			
8	791,00 +	802,60 +	432,91 =	2.026,51	≤	33.004,80			
9	163,35 +	690,88 +	6,92 =	861,15	≤	29.548,80			
10	660,66 +	633,04 +	530,26 =	1.823,96	≤	29.548,80			
11	388,34 +	519,44 +	644,73 =	1.552,51	≤	29.548,80			
12	188,62 +	323,52 +	341,96 =	854,10	≤	29.462,40			
13	601,45 +	18,54 +	331,96 =	951,95	≤	29.548,80			
14	1.519,86 +	0,00 +	721,05 =	2.240,91	≤	29.548,80			
15									

Gambar 4.10. Tabel nilai volume kebutuhan air tanaman untuk pola tata tanam Alternatif ke-1 sebelum di optimasi

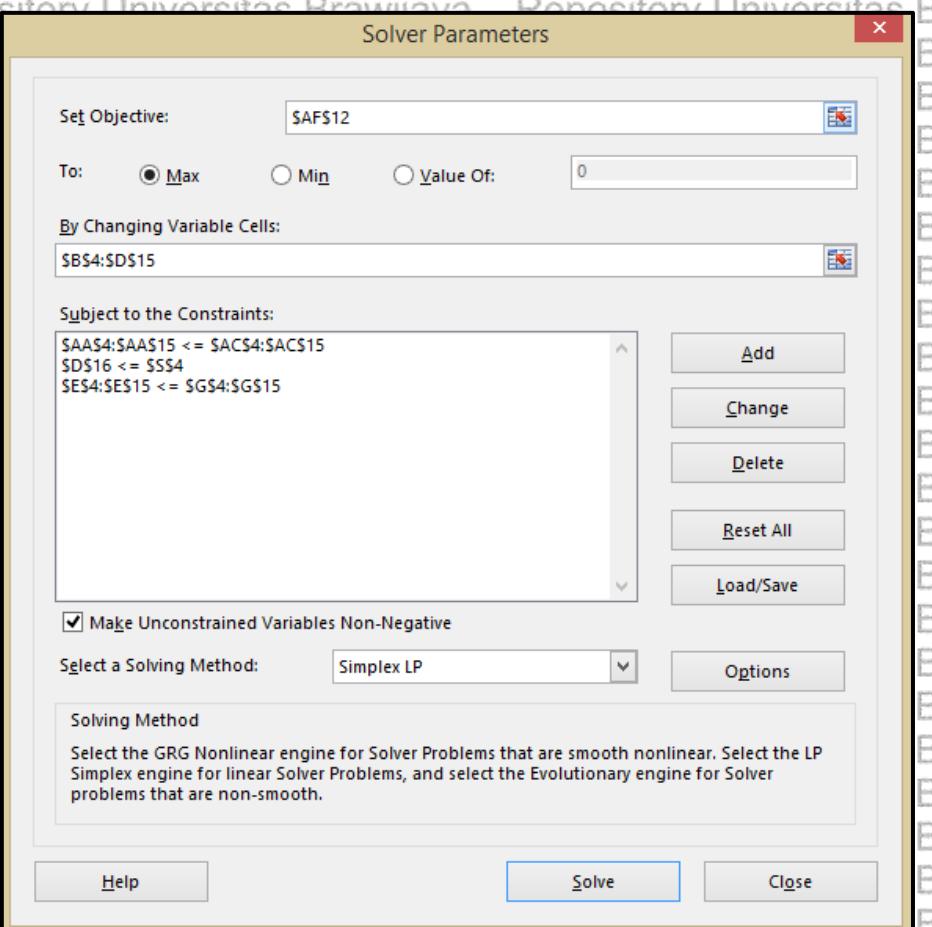
	AD	AE	AF
1			
2			
3			
4	Hasil optimasi Musim Hujan		
5			
6	Luas tanam (ha)	Padi	12,00
7		Palawija (Jagung)	12,00
8		Tebu	12,00
9	Keuntungan (Rp)	Padi	Rp200.140.800
10		Palawija (Jagung)	Rp106.440.000
11		Tebu	Rp273.000.000
12	Total keuntungan		Rp579.580.800

Gambar 4.11. Tabel nilai hasil optimasi berupa nilai luas lahan dan keuntungan untuk pola tata tanam Alternatif ke-1 sebelum di optimasi

2. Membuka fasilitas *Solver* dan selanjutnya memasukkan nilai parameter berupa fungsi tujuan (*set objective*) dengan tujuan memaksimalkan (to: *Max*), variabel keputusan (*by changing variable cells*) dan fungsi kendala (*subject to the constraints*). Untuk pilihan metode *Solver*, pilih *Simplex LP*. Setelah selesai memasukkan nilai parameter, tekan *Solve*.

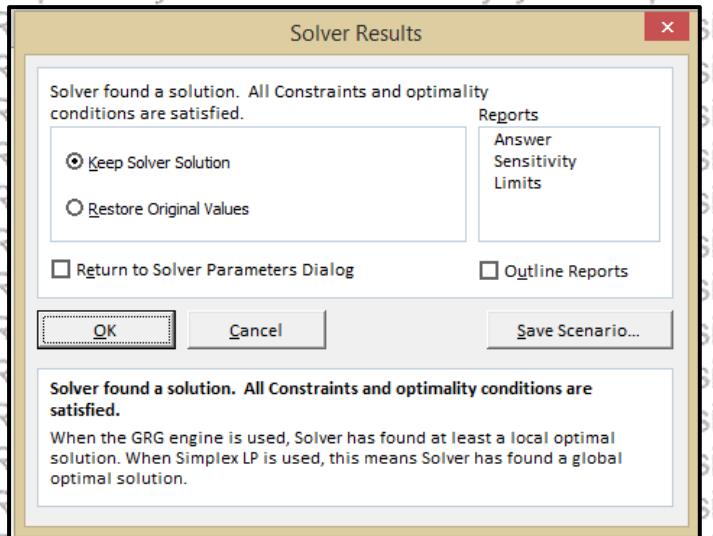


Gambar 4.12. Fungsi kendala yang dimasukkan ke fasilitas *Solver* untuk pola tata tanam Alternatif ke-1



Gambar 4.13. Tampilan fasilitas *Solver* setelah memasukkan nilai parameter

3. Setelah proses *solving* selesai, akan muncul jendela (*window*) *Solve Results*. Tekan OK. Dari hasil optimasi menggunakan fasilitas *Solver* tersebut, maka diperoleh nilai luas tanam dan keuntungan yang optimal.



Gambar 4.14. Jendela (window) dari *Solve Results*

	A	B	C	D	E	F	G
1	Petak	Luas tanam (ha)			Jumlah	baku	
2	Tersier	Padi	Palawija	Tebu	luas (ha)	(ha)	
4	T.KA 1 ki	0,00	0,00	1,00	1	≤	1
5	T.KA 1a ka	0,00	0,00	7,00	7	≤	7
6	T.KA 1b ki	125,81	0,00	11,19	137	≤	137
7	T.KA 2 ki	33,00	0,00	0,00	33	≤	33
8	T.KA 3 ka	25,00	0,00	0,00	25	≤	25
9	T.KA 4 ka	40,00	0,00	0,00	40	≤	40
10	T.KA 4 te	0,00	44,00	0,00	44	≤	44
11	T.KA 5 ki	0,00	2,00	0,00	2	≤	2
12	T.KA 6 ka	0,00	1,00	0,00	1	≤	1
13	T.Ka 6 ki	0,00	2,00	0,00	2	≤	2
14	T.KA 7 ka	0,00	43,00	0,00	43	≤	43
15	T.KA 7	0,00	100,19	0,81	101	≤	101
16	Jumlah (ha)	223,81	192,19	20,00	436		

Gambar 4.15. Tabel nilai luas tanam pada setiap petak lahan untuk pola tata tanam Alternatif ke-1 setelah proses optimasi

	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
1	Bulan	Periode	Musim Tanam	Luas tanam (ha)					Batas luas tanam tebu (ha)	luas tanam total (ha)			
2				Padi	Palawija	Tebu	Total						
4	Desember	I		223,81	+	192,19	+	20,00	=	436,00	≤	20,00	436,00
5		II		223,81	+	192,19	+	20,00	=	436,00	≤	20,00	436,00
6		III		223,81	+	192,19	+	20,00	=	436,00	≤	20,00	436,00
7	Januari	I	Musim Hujan	223,81	+	192,19	+	20,00	=	436,00	≤	20,00	436,00
8		II		223,81	+	192,19	+	20,00	=	436,00	≤	20,00	436,00
9		III		223,81	+	192,19	+	20,00	=	436,00	≤	20,00	436,00
10	Februari	I		223,81	+	192,19	+	20,00	=	436,00	≤	20,00	436,00
11		II		223,81	+	192,19	+	20,00	=	436,00	≤	20,00	436,00
12		III		223,81	+	192,19	+	20,00	=	436,00	≤	20,00	436,00
13	Maret	I		223,81	+	192,19	+	20,00	=	436,00	≤	20,00	436,00
14		II		223,81	+	192,19	+	20,00	=	436,00	≤	20,00	436,00
15		III		223,81	+	192,19	+	20,00	=	436,00	≤	20,00	436,00

Gambar 4.16. Tabel nilai lahan untuk pola tanam Alternatif ke-1 setelah proses optimasi

	U	V	W	X	Y	Z	AA	AI	AC
1	Volume kebutuhan air tanaman ( $m^3$ )						Batasan volume ketersediaan ( $m^3$ )		
2	Padi	Palawija	Tebu		Total				
4	17.849,50 +	0,00 +	0,00 =		17.849,50	$\leq$			32.832,00
5	15.600,09 +	0,00 +	0,00 =		15.600,09	$\leq$			32.832,00
6	18.624,74 +	4.502,92 +	713,93 =		23.841,59	$\leq$			33.177,60
7	15.144,95 +	9.955,30 +	985,66 =		26.085,91	$\leq$			33.177,60
8	14.642,43 +	11.660,44 +	830,10 =		27.132,97	$\leq$			33.004,80
9	14.753,13 +	12.854,04 +	721,52 =		28.328,69	$\leq$			33.004,80
10	3.046,65 +	11.064,78 +	11,54 =		14.122,97	$\leq$			29.548,80
11	12.322,00 +	10.138,53 +	883,76 =		23.344,29	$\leq$			29.548,80
12	7.243,06 +	8.319,10 +	1.074,55 =		16.636,70	$\leq$			29.548,80
13	3.517,93 +	5.181,42 +	569,93 =		9.269,28	$\leq$			29.462,40
14	11.217,65 +	296,96 +	553,26 =		12.067,87	$\leq$			29.548,80
15	28.347,05 +	0,00 +	1.201,75 =		29.548,80	$\leq$			29.548,80

Gambar 4.17. Tabel nilai volume kebutuhan air tanaman untuk pola tata tanam Alternatif ke-1 setelah proses optimasi

	AD	AE	AF
1			
2			
3			
<b>Hasil optimasi Musim Hujan</b>			
4			
5			
6	Luas tanam (ha)	Padi Palawija (Jagung) Tebu	223,81 192,19 20,00
7	Keuntungan (Rp)	Padi Palawija (Jagung) Tebu	Rp3.732.854.305 Rp1.704.692.539 Rp455.000.000
8	<b>Total keuntungan</b>		<b>Rp5.892.546.844</b>

Gambar 4.18. Tabel nilai hasil optimasi berupa nilai luas lahan dan keuntungan untuk pola tata tanam Alternatif ke-1 setelah proses optimasi

Perlu diketahui bahwa perhitungan optimasi dengan menggunakan fasilitas *Solver* dilakukan per musim tanam untuk setiap skenario alternatif pola tata tanam.

Berdasarkan hasil optimasi diatas dengan menggunakan fasilitas *Solver*, diperoleh nilai luas tanam dan keuntungan yang optimal, serta sesuai dengan ketersediaan debit air irigasi. Untuk contoh hasil perhitungan optimasi pada Alternatif ke-1 kondisi rendah ( $Q_p=0,80$ ) dapat dilihat pada Tabel 4.50, sedangkan untuk hasil optimasi pada skenario pola tanam dan kondisi debit air lainnya, dapat dilihat pada Lampiran 9.

**Tabel 4.50.** Hasil perhitungan optimasi pola tata tanam Alternatif Ke-1 dengan kondisi debit air rendah ( $Q_p = 0,80$ )

Bulan	Periode	Musim Tanam	Luas tanam (ha)			Volume kebutuhan air tanaman ( $m^3$ )			Batasan volume ketersediaan ( $m^3$ )			
			Padi	Palawija	Tebu	Total	Padi	Palawija	Tebu	Total	Padi	Palawija (Jagung)
Desember	I		223,81	+ 192,19	+ 20,00	= 436,00	≤ 436,00	17.849,50	+ 0,00	= 0,00	= 17.849,50	≤ 32.832,00
	II		223,81	+ 192,19	+ 20,00	= 436,00	≤ 436,00	15.600,09	+ 0,00	= 0,00	= 15.600,09	≤ 32.832,00
	III	Musim Hujan	223,81	+ 192,19	+ 20,00	= 436,00	≤ 436,00	18.624,74	+ 4.502,92	= 713,93	= 23.841,59	≤ 33.177,60
Januari	I		223,81	+ 192,19	+ 20,00	= 436,00	≤ 436,00	15.144,95	+ 9.955,30	= 985,66	= 26.085,91	≤ 33.177,60
	II		223,81	+ 192,19	+ 20,00	= 436,00	≤ 436,00	14.642,43	+ 11.660,44	= 830,10	= 27.132,97	≤ 33.004,80
	III	Musim Hujan	223,81	+ 192,19	+ 20,00	= 436,00	≤ 436,00	14.731,13	+ 12.854,04	= 721,52	= 28.328,69	≤ 33.004,80
Februari	I		223,81	+ 192,19	+ 20,00	= 436,00	≤ 436,00	3.046,65	+ 11.064,78	= 11,54	= 14.122,97	≤ 29.548,80
	II		223,81	+ 192,19	+ 20,00	= 436,00	≤ 436,00	12.322,00	+ 23.344,29	= 883,76	= 23.344,29	≤ 29.548,80
	III		223,81	+ 192,19	+ 20,00	= 436,00	≤ 436,00	7.243,06	+ 8.319,10	= 1.074,55	= 16.636,70	≤ 29.548,80
Maret	I		223,81	+ 192,19	+ 20,00	= 436,00	≤ 436,00	3.171,93	+ 5.181,42	= 569,93	= 9.269,28	≤ 29.462,40
	II		223,81	+ 192,19	+ 20,00	= 436,00	≤ 436,00	11.217,65	+ 28.347,05	= 553,26	= 12.067,87	≤ 29.548,80
	III		223,81	+ 192,19	+ 20,00	= 436,00	≤ 436,00	0,00	+ 1.201,75	= 1.201,75	= 29.548,80	≤ 29.548,80
April	I		139,45	+ 135,51	+ 20,00	= 294,96	≤ 436,00	18.355,14	+ 0,00	= 1.015,14	= 19.370,28	≤ 29.548,80
	II		139,45	+ 135,51	+ 20,00	= 294,96	≤ 436,00	10.809,96	+ 1.019,99	= 702,84	= 12.532,79	≤ 28.512,00
	III	Musim	139,45	+ 135,51	+ 20,00	= 294,96	≤ 436,00	11.582,94	+ 4.224,56	= 1.352,84	= 17.160,34	≤ 26.734,00
Mei	I		139,45	+ 135,51	+ 20,00	= 294,96	≤ 436,00	11.343,23	+ 8.319,72	= 1.547,77	= 21.210,72	≤ 24.527,60
	II		139,45	+ 135,51	+ 20,00	= 294,96	≤ 436,00	11.321,43	+ 9.326,17	= 1.425,55	= 22.073,16	≤ 26.956,80
	III		139,45	+ 135,51	+ 20,00	= 294,96	≤ 436,00	13.682,43	+ 10.030,69	= 1.596,25	= 25.309,37	≤ 26.956,80
Juni	I		139,45	+ 135,51	+ 20,00	= 294,96	≤ 436,00	14.362,39	+ 10.890,84	= 1.703,57	= 26.956,80	≤ 26.956,80
	II		139,45	+ 135,51	+ 20,00	= 294,96	≤ 436,00	13.184,37	+ 10.367,27	= 1.714,68	= 25.266,32	≤ 26.956,80
	III		139,45	+ 135,51	+ 20,00	= 294,96	≤ 436,00	10.087,96	+ 9.338,82	= 1.714,68	= 21.141,46	≤ 26.956,80
Juli	I		139,45	+ 135,51	+ 20,00	= 294,96	≤ 436,00	11.783,82	+ 7.456,44	= 1.766,92	= 21.007,18	≤ 25.142,40
	II		139,45	+ 135,51	+ 20,00	= 294,96	≤ 436,00	16.756,92	+ 4.168,46	= 1.766,92	= 22.692,30	≤ 25.142,40
	III		139,45	+ 135,51	+ 20,00	= 294,96	≤ 436,00	22.161,87	+ 1.213,61	= 1.766,92	= 25.142,40	≤ 25.142,40
Agustus	I		66,07	+ 0,00	+ 20,00	= 86,07	≤ 436,00	11.906,77	+ 0,00	= 2.066,99	= 13.973,76	≤ 20.908,80
	II		66,07	+ 0,00	+ 20,00	= 86,07	≤ 436,00	9.971,51	+ 0,00	= 2.066,99	= 12.038,50	≤ 16.070,40
	III		66,07	+ 0,00	+ 20,00	= 86,07	≤ 436,00	8.037,99	+ 0,00	= 2.066,99	= 10.104,97	≤ 16.070,40
September	I		66,07	+ 0,00	+ 20,00	= 86,07	≤ 436,00	6.667,55	+ 0,00	= 2.478,05	= 11.145,60	≤ 11.145,60
	II		66,07	+ 0,00	+ 20,00	= 86,07	≤ 436,00	9.101,72	+ 0,00	= 2.478,05	= 11.579,77	≤ 14.159,60
	III	Musim Kering II	66,07	+ 0,00	+ 20,00	= 86,07	≤ 436,00	9.555,89	+ 0,00	= 2.478,05	= 12.013,94	≤ 14.159,60
Oktober	I		66,07	+ 0,00	+ 20,00	= 86,07	≤ 436,00	9.221,29	+ 0,00	= 1.999,57	= 11.220,86	≤ 14.159,60
	II		66,07	+ 0,00	+ 20,00	= 86,07	≤ 436,00	8.562,45	+ 0,00	= 1.999,57	= 10.562,02	≤ 14.159,60
	III		66,07	+ 0,00	+ 20,00	= 86,07	≤ 436,00	6.273,39	+ 0,00	= 1.944,02	= 8.217,41	≤ 14.159,60
November	I		66,07	+ 0,00	+ 20,00	= 86,07	≤ 436,00	5.064,98	+ 0,00	= 1.126,76	= 6.191,73	≤ 13.564,80
	II		66,07	+ 0,00	+ 20,00	= 86,07	≤ 436,00	5.765,13	+ 0,00	= 699,99	= 6.465,12	≤ 11.338,40
	III		66,07	+ 0,00	+ 20,00	= 86,07	≤ 436,00	7.785,23	+ 0,00	= 538,88	= 8.324,11	≤ 19.699,20

Sumber: Hasil perhitungan (2017)

#### **4.4.4. Rekapitulasi Hasil Optimasi**

##### **4.4.4.1. Kebutuhan Air Irrigasi pada Pola Tata Tanam Alternatif**

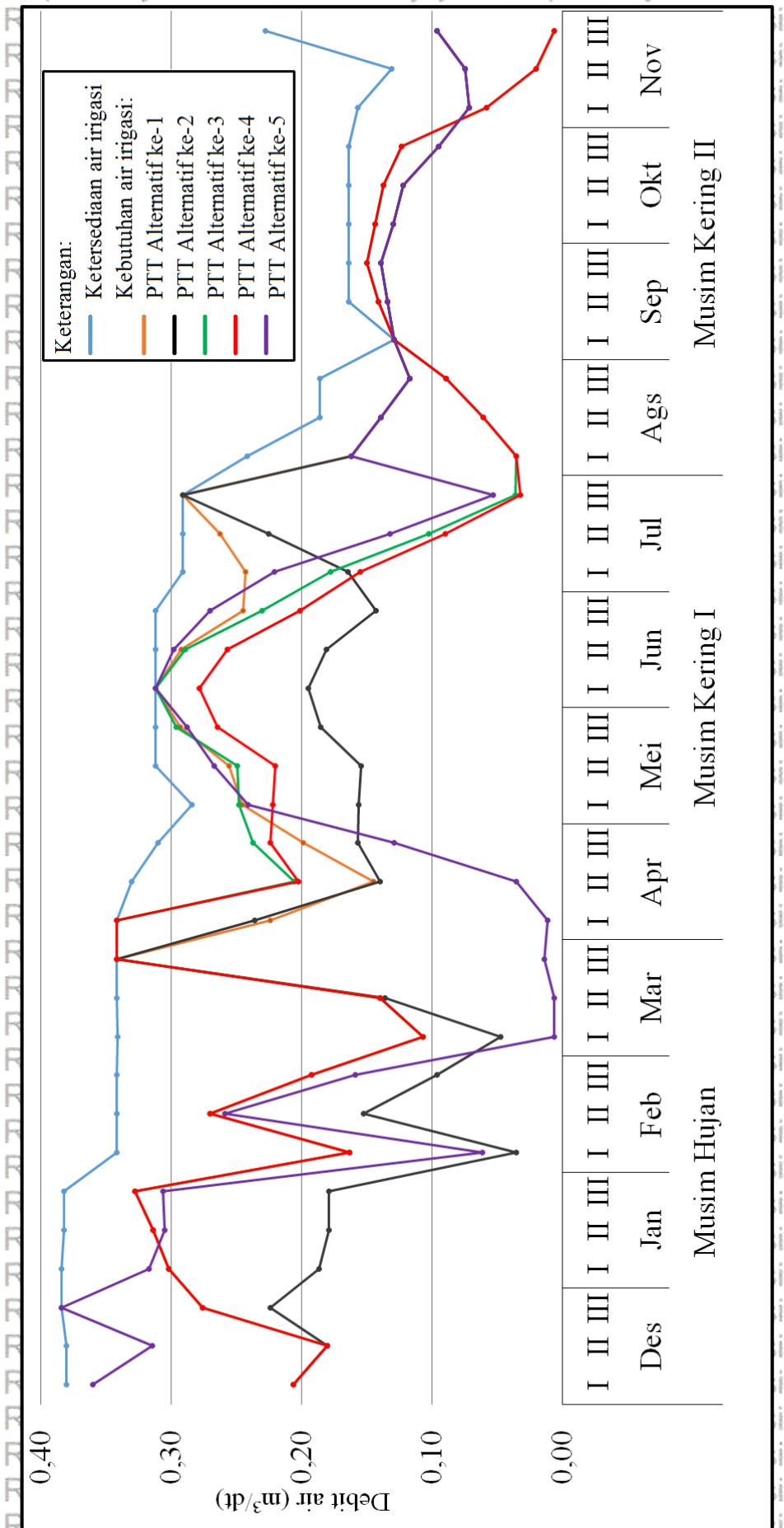
Berdasarkan hasil perhitungan optimasi, telah diketahui kebutuhan debit air irrigasi pada setiap alternatif pola tata tanam dalam kondisi debit air rendah, normal dan cukup.

Selanjutnya adalah membandingkan nilai kebutuhan air irrigasi hasil optimasi pada setiap alternatif dengan ketersediaan air irrigasi. Satuan kebutuhan air irrigasi hasil optimasi yang masih dalam satuan volume diubah menjadi satuan debit. Berikut adalah rekapitulasi kebutuhan air irrigasi pada setiap alternatif beserta neraca air dalam bentuk gambar grafik.

**Tabel 4.51.** Rekapitulasi kebutuhan air irrigasi PTT Alternatif hasil optimasi dengan debit air irrigasi kondisi rendah ( $Q_p = 0,80$ )

<b>Bulan</b>	<b>Periode</b>	<b>Musim Tanam</b>	<b>Debit kebutuhan air irrigasi (m<sup>3</sup>/dt) Alternatif ke-</b>				
			<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Desember	I		0,21	0,21	0,21	0,21	0,36
	II		0,18	0,18	0,18	0,18	0,31
	III		0,28	0,22	0,28	0,28	0,38
Januari	I		0,30	0,19	0,30	0,30	0,32
	II		0,31	0,18	0,31	0,31	0,31
	III	Musim Hujan	0,33	0,18	0,33	0,33	0,31
Februari	I		0,16	0,04	0,16	0,16	0,06
	II		0,27	0,15	0,27	0,27	0,26
	III		0,19	0,10	0,19	0,19	0,16
Maret	I		0,11	0,05	0,11	0,11	0,01
	II		0,14	0,14	0,14	0,14	0,01
	III		0,34	0,34	0,34	0,34	0,01
April	I		0,22	0,24	0,34	0,34	0,01
	II		0,15	0,14	0,21	0,20	0,04
	III		0,20	0,16	0,24	0,22	0,13
Mei	I		0,25	0,16	0,25	0,22	0,24
	II		0,26	0,15	0,25	0,22	0,27
	III	Musim Kering I	0,29	0,19	0,30	0,26	0,29
Juni	I		0,31	0,20	0,31	0,28	0,31
	II		0,29	0,18	0,29	0,26	0,30
	III		0,24	0,14	0,23	0,20	0,27
Juli	I		0,24	0,16	0,18	0,15	0,22
	II		0,26	0,23	0,10	0,09	0,13
	III		0,29	0,29	0,04	0,03	0,05
Agustus	I		0,16	0,16	0,04	0,04	0,16
	II		0,14	0,14	0,06	0,06	0,14
	III		0,12	0,12	0,09	0,09	0,12
September	I		0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
	II		0,13	0,13	0,14	0,14	0,13
	III	Musim Kering II	0,14	0,14	0,15	0,15	0,14
Oktober	I		0,13	0,13	0,14	0,14	0,13
	II		0,12	0,12	0,14	0,14	0,12
	III		0,10	0,10	0,12	0,12	0,10
November	I		0,07	0,07	0,06	0,06	0,07
	II		0,07	0,07	0,02	0,02	0,07
	III		0,10	0,10	0,01	0,01	0,10

Sumber: Hasil perhitungan (2017)

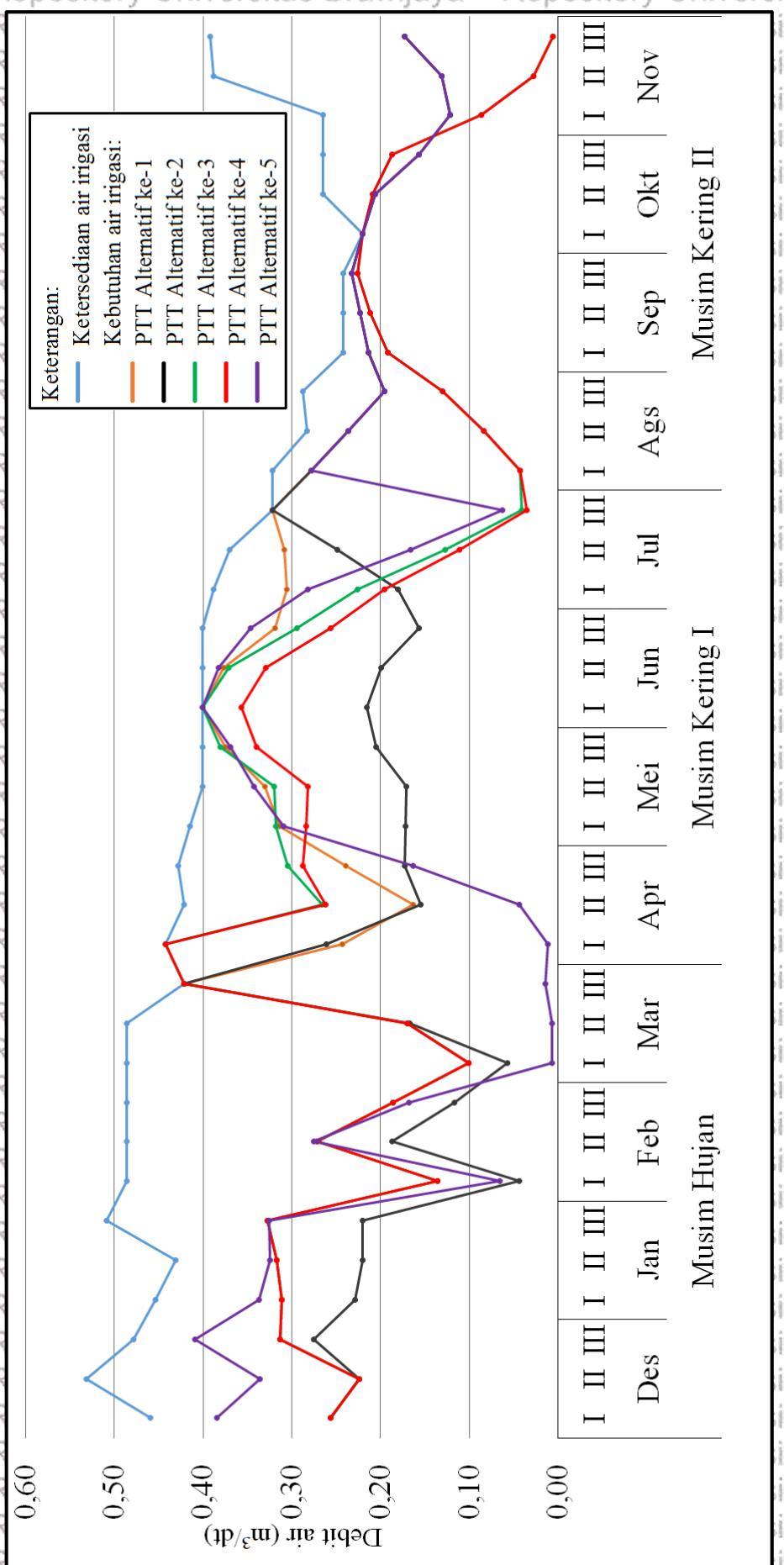


**Gambar 4.19.** Neraca air antara debit air irigasi kondisi rendah ( $Q_p=0,80$ ) dengan kebutuhan air irigasi PTT Alternatif hasil optimasi  
Sumber: Hasil perhitungan (2017)

**Tabel 4.52.** Rekapitulasi kebutuhan air irigasi PTT Alternatif hasil optimasi dengan debit air irigasi kondisi normal ( $Q_p=0,50$ )

<b>Bulan</b>	<b>Periode</b>	<b>Musim Tanam</b>	<b>Debit kebutuhan air irigasi (<math>m^3/dt</math>) Alternatif ke-</b>				
			<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Desember	I	Musim Hujan	0,26	0,26	0,26	0,26	0,38
	II		0,22	0,22	0,22	0,22	0,34
	III		0,31	0,28	0,31	0,31	0,41
Januari	I	Musim Hujan	0,31	0,23	0,31	0,31	0,34
	II		0,32	0,22	0,32	0,32	0,32
	III		0,33	0,22	0,33	0,33	0,33
Februari	I	Musim Hujan	0,14	0,04	0,14	0,14	0,07
	II		0,27	0,19	0,27	0,27	0,28
	III		0,19	0,12	0,19	0,19	0,17
Maret	I	Musim Kering I	0,10	0,06	0,10	0,10	0,01
	II		0,17	0,17	0,17	0,17	0,01
	III		0,42	0,42	0,42	0,42	0,01
April	I	Musim Kering I	0,24	0,26	0,44	0,44	0,01
	II		0,16	0,16	0,27	0,26	0,04
	III		0,24	0,17	0,30	0,29	0,16
Mei	I	Musim Kering I	0,31	0,17	0,32	0,28	0,31
	II		0,33	0,17	0,32	0,28	0,34
	III		0,38	0,20	0,38	0,34	0,37
Juni	I	Musim Kering I	0,40	0,22	0,40	0,36	0,40
	II		0,38	0,20	0,37	0,33	0,38
	III		0,32	0,16	0,29	0,26	0,35
Juli	I	Musim Kering I	0,31	0,18	0,23	0,20	0,28
	II		0,31	0,25	0,13	0,11	0,17
	III		0,32	0,32	0,04	0,04	0,06
Agustus	I	Musim Kering II	0,28	0,28	0,04	0,04	0,28
	II		0,24	0,24	0,08	0,08	0,24
	III		0,20	0,20	0,13	0,13	0,20
September	I	Musim Kering II	0,21	0,21	0,19	0,19	0,21
	II		0,22	0,22	0,21	0,21	0,22
	III		0,23	0,23	0,23	0,23	0,23
Okttober	I	Musim Kering II	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22
	II		0,21	0,21	0,21	0,21	0,21
	III		0,16	0,16	0,19	0,19	0,16
November	I	Musim Kering II	0,12	0,12	0,09	0,09	0,12
	II		0,13	0,13	0,03	0,03	0,13
	III		0,17	0,17	0,01	0,01	0,17

Sumber: Hasil perhitungan (2017)



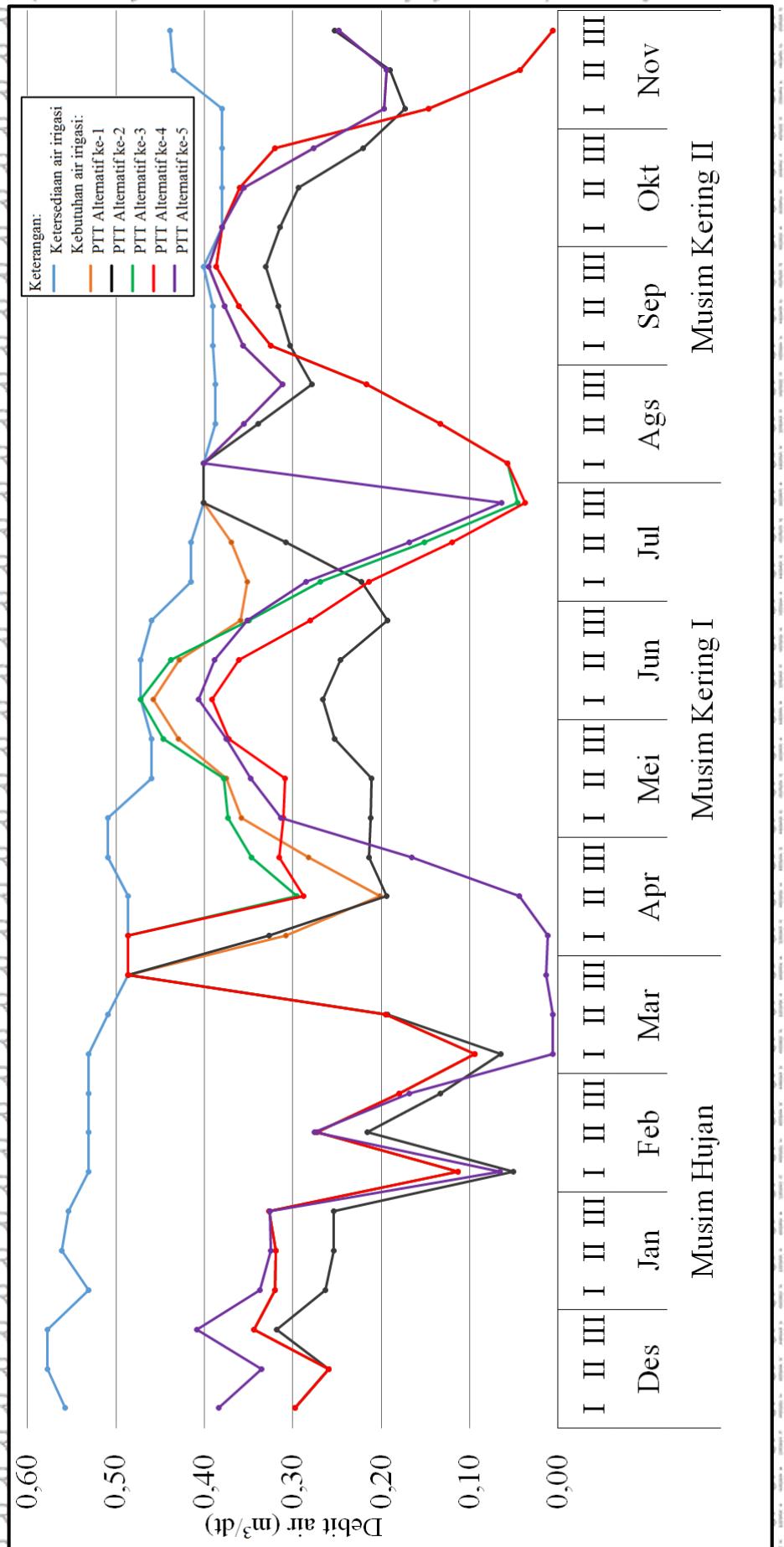
Gambar 4.20. Neraca air antara debit air irigasi kondisi normal ( $Q_p = 0,50$ ) dengan kebutuhan air irigasi

Sumber: Hasil perhitungan (2017)

**Tabel 4.53.** Rekapitulasi kebutuhan air irigasi PTT Alternatif hasil optimasi dengan debit air irigasi kondisi cukup ( $Q_p = 0,25$ )

Bulan	Periode	Musim Tanam	Debit kebutuhan air irigasi ( $m^3/dt$ ) Aternatif ke-				
			1	2	3	4	5
Desember	I	Musim Hujan	0,30	0,30	0,30	0,30	0,38
	II		0,26	0,26	0,26	0,26	0,34
	III		0,34	0,32	0,34	0,34	0,41
Januari	I	Musim Hujan	0,32	0,26	0,32	0,32	0,34
	II		0,32	0,25	0,32	0,32	0,32
	III		0,33	0,25	0,33	0,33	0,33
Februari	I	Musim Hujan	0,11	0,05	0,11	0,11	0,07
	II		0,27	0,22	0,27	0,27	0,28
	III		0,18	0,13	0,18	0,18	0,17
Maret	I	Musim Kering I	0,09	0,07	0,09	0,09	0,01
	II		0,19	0,19	0,19	0,19	0,01
	III		0,49	0,49	0,49	0,49	0,01
April	I	Musim Kering I	0,31	0,33	0,49	0,49	0,01
	II		0,20	0,19	0,30	0,29	0,04
	III		0,28	0,21	0,35	0,32	0,17
Mei	I	Musim Kering I	0,36	0,21	0,37	0,31	0,31
	II		0,38	0,21	0,38	0,31	0,35
	III		0,43	0,25	0,45	0,37	0,37
Juni	I	Musim Kering I	0,46	0,27	0,47	0,39	0,41
	II		0,43	0,25	0,44	0,36	0,39
	III		0,36	0,19	0,35	0,28	0,35
Juli	I	Musim Kering II	0,35	0,22	0,27	0,21	0,29
	II		0,37	0,31	0,15	0,12	0,17
	III		0,40	0,40	0,05	0,04	0,06
Agustus	I	Musim Kering II	0,40	0,40	0,06	0,06	0,40
	II		0,36	0,34	0,13	0,13	0,36
	III		0,31	0,28	0,22	0,22	0,31
September	I	Musim Kering II	0,36	0,30	0,33	0,33	0,36
	II		0,38	0,32	0,36	0,36	0,38
	III		0,40	0,33	0,39	0,39	0,40
Oktober	I	Musim Kering II	0,38	0,31	0,38	0,38	0,38
	II		0,36	0,29	0,36	0,36	0,36
	III		0,28	0,22	0,32	0,32	0,28
November	I	Musim Kering II	0,20	0,17	0,15	0,15	0,20
	II		0,19	0,19	0,04	0,04	0,19
	III		0,25	0,25	0,01	0,01	0,25

Sumber: Hasil perhitungan (2017)



**Gambar 4.21.** Neraca air antara debit air irigasi kondisi cukup ( $Q_p = 0,25$ ) dengan kebutuhan air irigasi PTT Alternatif hasil optimasi

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

Selain kebutuhan air irigasi dalam satuan debit ( $m^3/dt$ ), ditampilkan juga persentase penggunaan air irigasi selama tiga musim tanam atau satu tahun hasil optimasi pada kondisi rendah, normal dan cukup dalam satuan volume ( $m^3$ ) dimana dapat dilihat pada Tabel 4.54 sampai dengan Tabel 4.56. Nilai kebutuhan dan ketersediaan air irigasi pada tabel tersebut merupakan jumlah volume air irigasi dalam satu musim tanam.

Dari hasil pada tabel tersebut, dapat diketahui bahwa pola tata tanam Alternatif ke-1 memiliki persentase penggunaan air irigasi tertinggi pada kondisi debit air irigasi rendah, normal dan cukup. Dari hasil tersebut, dapat dikatakan bahwa pola tata tanam Alternatif ke-1 merupakan pola tata tanam yang paling efisien dalam penggunaan air irigasi hasil dari optimasi.

**Tabel 4.54.** Rekapitulasi persentase penggunaan air irigasi selama satu tahun pada kondisi rendah ( $Q_p = 0,80$ )

Skenario pola tanam	Kebutuhan air irigasi ( $m^3$ )				Ketersediaan air irigasi ( $m^3$ )				Percentase (5 / 9)
	MH	MK I	MK II	Jumlah (2+3+4)	MH	MK I	MK II	Jumlah (6+7+8)	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
Alternatif 1	243.828,67	259.863,14	121.837,80	625.529,61					71,53%
Alternatif 2	169.855,17	192.565,83	121.837,80	484.258,80					55,38%
Alternatif 3	243.828,67	235.542,33	94.501,52	573.872,52	375.235,20	319.593,60	179.625,60	874.454,40	65,63%
Alternatif 4	243.828,67	215.024,82	94.501,52	553.355,01					63,28%
Alternatif 5	215.362,66	195.126,52	121.837,80	532.326,98					60,88%

Sumber: Hasil perhitungan (2017)

**Tabel 4.55.** Rekapitulasi persentase penggunaan air irigasi selama satu tahun pada kondisi normal ( $Q_p = 0,50$ )

Skenario pola tanam	Kebutuhan air irigasi ( $m^3$ )				Ketersediaan air irigasi ( $m^3$ )				Percentase (5 / 9)
	MH	MK I	MK II	Jumlah (2+3+4)	MH	MK I	MK II	Jumlah (6+7+8)	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
Alternatif 1	262.167,52	319.510,50	206.195,55	787.873,56					65,52%
Alternatif 2	208.937,10	212.559,37	206.195,55	627.692,02					52,20%
Alternatif 3	262.167,52	301.778,32	140.249,83	704.195,66	493.698,24	413.933,76	294.891,84	1.202.523,84	58,56%
Alternatif 4	262.167,52	275.079,01	140.249,83	677.496,36					56,34%
Alternatif 5	229.151,02	249.038,92	206.195,55	684.385,49					56,91%

Sumber: Hasil perhitungan (2017)

**Tabel 4.56.** Rekapitulasi persentase penggunaan air irigasi selama satu tahun pada kondisi cukup ( $Q_p = 0,25$ )

Skenario pola tanam	Kebutuhan air irigasi ( $m^3$ )				Ketersediaan air irigasi ( $m^3$ )				Percentase (5 / 9)
	MH	MK I	MK II	Jumlah (2+3+4)	MH	MK I	MK II	Jumlah (6+7+8)	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
Alternatif 1	277.302,87	373.421,84	332.417,21	983.141,91					67,84%
Alternatif 2	241.192,06	263.252,68	294.984,46	799.429,20					55,16%
Alternatif 3	277.302,87	350.110,58	236.405,75	863.819,20	559.638,72	479.070,72	410.503,68	1.449.213,12	59,61%
Alternatif 4	277.302,87	301.020,99	236.405,75	814.729,61					56,22%
Alternatif 5	229.151,02	252.481,32	332.417,21	814.049,55					56,17%

Sumber: Hasil perhitungan (2017)

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

Repository  
Repository  
Repository  
Repository  
Repository

121

#### 4.4.4.2. Luas Lahan dan Keuntungan pada Pola Tata Tanam Alternatif

Dari hasil optimasi pada setiap alternatif pola tata tanam dengan menggunakan tiga kondisi debit air irigasi (rendah, normal dan cukup), diperoleh nilai luas tanam yang optimal dan keuntungan yang maksimal. Luas tanam pada setiap alternatif untuk kemudian dinyatakan sebagai nilai intensitas tanam. Selain itu, intensitas tanam dan keuntungan hasil optimasi juga dibandingkan dengan intensitas tanam dan keuntungan pada pola tata tanam eksisting. Hasil persentase perbandingan intensitas tanam antara pola tata tanam eksisting dengan pola tata tanam skenario hasil optimasi ditunjukkan pada

Tabel 4.57 sampai dengan Tabel 4.59, sedangkan hasil persentase perbandingan keuntungan antara pola tata tanam eksisting dengan pola tata tanam skenario hasil optimasi ditunjukkan pada Tabel 4.60 sampai dengan 4.62. (Keterangan: MH = Musim Hujan; MK I = Musim Kering I; MK II = Musim Kering II)

Contoh perhitungan persentase perbandingan intensitas tanam dan keuntungan antara pola tata tanam eksisting dengan pola tata tanam Alternatif ke-1 kondisi debit air rendah ( $Q_p = 0,80$ ) adalah seperti berikut:

- **Intensitas tanam**

Diketahui:

$$\text{Intensitas tanam eksisting } (IT_{\text{eksisting}}) = 255,73\%$$

$$\text{Intensitas tanam Alternatif ke-1 } (IT_{Alt}) = 187,39\%$$

$$\text{Persentase perbandingan} = \frac{IT_{Alt} - IT_{\text{eksisting}}}{IT_{\text{eksisting}}} \times 100\%$$

$$= \frac{187,39 - 255,73}{255,73} \times 100\% = -26,72\%$$

Dari hasil perhitungan diatas, dapat diketahui bahwa terjadi penurunan intensitas tanam pada Alternatif ke-1 pada kondisi debit air rendah ( $Q_p = 0,80$ ) sebesar 26,72%.

- **Keuntungan**

Diketahui:

$$\text{Keuntungan eksisting } (Profit_{\text{eksisting}}) = Rp15.728.034.400,-$$

$$\text{Keuntungan Alternatif ke-1 } (Profit_{Alt}) = Rp11.432.136.668,-$$

$$\text{Persentase perbandingan} = \frac{Profit_{Alt} - Profit_{\text{eksisting}}}{Profit_{\text{eksisting}}} \times 100\%$$

$$= \frac{Rp11.432.136.668 - Rp15.728.034.400}{Rp15.728.034.400} \times 100\% = -27,31\%$$

Dari hasil perhitungan diatas, dapat diketahui bahwa terjadi penurunan keuntungan pada Alternatif ke-1 pada kondisi debit air rendah ( $Q_p = 0,80$ ) sebesar 27,31%.

**Tabel 4.57.** Rekapitulasi luas tanam dan intensitas tanam hasil optimasi pada kondisi ketersediaan debit air irigasi rendah ( $Q_p = 0,80$ )

Skenario pola tanam	Musim tanam	Luas tanam (ha)				Intensitas tanam	Total intensitas tanam	Persentase perbandingan
		Padi	Palawija	Tebu	Total			
Eksisting	MH	329,00	87,00	20,00	436,00	100,00%	255,73%	26,72%
	MK I	230,00	150,00	20,00	400,00	91,74%		
	MK II	82,00	177,00	20,00	279,00	63,99%		
Alternatif 1	MH	223,81	192,19	20,00	436,00	100,00%	187,39%	13,45%
	MK I	139,45	135,51	20,00	294,96	67,65%		
	MK II	66,07	0,00	20,00	86,07	19,74%		
Alternatif 2	MH	223,81	-	20,00	243,81	55,92%	113,98%	55,43%
	MK I	147,08	-	20,00	167,08	38,32%		
	MK II	66,07	-	20,00	86,07	19,74%		
Alternatif 3	MH	223,81	192,19	20,00	436,00	100,00%	188,36%	26,35%
	MK I	216,77	36,41	20,00	273,19	62,66%		
	MK II	-	92,06	20,00	112,06	25,70%		
Alternatif 4	MH	223,81	192,19	20,00	436,00	100,00%	180,01%	29,61%
	MK I	216,77	-	20,00	236,77	54,31%		
	MK II	-	92,06	20,00	112,06	25,70%		
Alternatif 5	MH	390,12	-	20,00	410,12	94,06%	190,46%	25,53%
	MK I	-	314,21	20,00	334,21	76,65%		
	MK II	66,07	0,00	20,00	86,07	19,74%		

Sumber: Hasil perhitungan (2017)

**Tabel 4.58.** Rekapitulasi luas tanam dan intensitas tanam hasil optimasi pada kondisi ketersediaan debit air irigasi normal ( $Q_p = 0,50$ )

Skenario pola tanam	Musim tanam	Luas tanam (ha)				Intensitas tanam	Total intensitas tanam	Persentase perbandingan
		Padi	Palawija	Tebu	Total			
Eksisting	MH	329,00	87,00	20,00	436,00	100,00%	255,73%	26,72%
	MK I	230,00	150,00	20,00	400,00	91,74%		
	MK II	82,00	177,00	20,00	279,00	63,99%		
Alternatif 1	MH	277,71	138,29	20,00	436,00	100,00%	221,33%	13,45%
	MK I	151,80	215,36	20,00	387,16	88,80%		
	MK II	121,86	0,00	20,00	141,86	32,54%		
Alternatif 2	MH	277,71	-	20,00	297,71	68,28%	143,00%	44,08%
	MK I	163,94	-	20,00	183,94	42,19%		
	MK II	121,86	-	20,00	141,86	32,54%		
Alternatif 3	MH	277,71	138,29	20,00	436,00	100,00%	219,35%	14,23%
	MK I	282,87	47,38	20,00	350,25	80,33%		
	MK II	-	150,11	20,00	170,11	39,02%		
Alternatif 4	MH	277,71	138,29	20,00	436,00	100,00%	208,48%	18,48%
	MK I	282,87	-	20,00	302,87	69,47%		
	MK II	-	150,11	20,00	170,11	39,02%		
Alternatif 5	MH	416,00	-	20,00	436,00	100,00%	231,14%	9,62%
	MK I	-	409,89	20,00	429,89	98,60%		
	MK II	121,86	0,00	20,00	141,86	32,54%		

Sumber: Hasil perhitungan (2017)

**Tabel 4.59.** Rekapitulasi luas tanam dan intensitas tanam hasil optimasi pada kondisi ketersediaan debit air irrigasi cukup ( $Q_p = 0,25$ )

Skenario pola tanam	Musim tanam	Luas tanam (ha)			Intensitas tanam	Total intensitas tanam	Persentase perbandingan
		Padi	Palawija	Tebu			
Eksisting	MH	329,00	87,00	20,00	436,00	100,00%	-
	MK I	230,00	150,00	20,00	400,00	91,74%	255,73%
	MK II	82,00	177,00	20,00	279,00	63,99%	-
Alternatif 1	MH	322,18	93,82	20,00	436,00	100,00%	-
	MK I	194,16	221,84	20,00	436,00	100,00%	257,56% <span style="color: green;">↑ 0,72%</span>
	MK II	177,42	53,57	20,00	250,98	57,56%	-
Alternatif 2	MH	322,18	-	20,00	342,18	78,48%	-
	MK I	206,67	-	20,00	226,67	51,99%	163,01% <span style="color: red;">↓ 36,26%</span>
	MK II	121,86	-	20,00	141,86	32,54%	-
Alternatif 3	MH	322,18	93,82	20,00	436,00	100,00%	-
	MK I	311,42	87,12	20,00	418,54	96,00%	262,99% <span style="color: green;">↑ 2,84%</span>
	MK II	-	272,11	20,00	292,11	67,00%	-
Alternatif 4	MH	322,18	93,82	20,00	436,00	100,00%	-
	MK I	311,42	-	20,00	331,42	76,01%	243,01% <span style="color: red;">↓ 4,97%</span>
	MK II	-	272,11	20,00	292,11	67,00%	-
Alternatif 5	MH	416,00	-	20,00	436,00	100,00%	-
	MK I	-	416,00	20,00	436,00	100,00%	257,56% <span style="color: green;">↑ 0,72%</span>
	MK II	177,42	53,57	20,00	250,98	57,56%	-

Sumber: Hasil perhitungan (2017)

**Tabel 4.60.** Rekapitulasi keuntungan hasil optimasi pada kondisi ketersediaan debit air irrigasi rendah ( $Q_p = 0,80$ )

Skenario pola tanam	Musim tanam	Keuntungan per musim tanam	Total keuntungan	Persentase perbandingan
Eksisting	MH	Rp 6.713.883.600	Rp 15.728.034.400	-
	MK I	Rp 5.621.532.000		-
	MK II	Rp 3.392.618.800		-
Alternatif 1	MH	Rp 5.892.546.844	Rp 11.432.136.668	-
	MK I	Rp 3.982.701.514		27,31% <span style="color: red;">↓</span>
	MK II	Rp 1.556.888.310		-
Alternatif 2	MH	Rp 4.187.854.305	Rp 8.652.837.424	-
	MK I	Rp 2.908.094.809		44,98% <span style="color: red;">↓</span>
	MK II	Rp 1.556.888.310		-
Alternatif 3	MH	Rp 5.892.546.844	Rp 11.557.536.387	-
	MK I	Rp 4.393.405.651		26,52% <span style="color: red;">↓</span>
	MK II	Rp 1.271.583.892		-
Alternatif 4	MH	Rp 5.892.546.844	Rp 11.234.560.152	-
	MK I	Rp 4.070.429.417		28,57% <span style="color: red;">↓</span>
	MK II	Rp 1.271.583.892		-
Alternatif 5	MH	Rp 6.529.265.568	Rp 10.895.973.582	-
	MK I	Rp 2.809.819.704		30,72% <span style="color: red;">↓</span>
	MK II	Rp 1.556.888.310		-

Sumber: Hasil perhitungan (2017)

**Tabel 4.61.** Rekapitulasi keuntungan hasil optimasi pada kondisi ketersediaan debit air irigasi normal ( $Q_p = 0,50$ )

Skenario pola tanam	Musim tanam	Keuntungan per musim tanam	Total keuntungan	Persentase perbandingan
Eksisting	MH	Rp 6.713.883.600	Rp 15.728.034.400	
	MK I	Rp 5.621.532.000		
	MK II	Rp 3.392.618.800		
Alternatif 1	MH	Rp 6.313.352.578	Rp 13.697.731.526	↓ 12,91%
	MK I	Rp 4.896.975.185		
	MK II	Rp 2.487.403.763		
Alternatif 2	MH	Rp 5.086.676.901	Rp 10.763.255.001	↓ 31,57%
	MK I	Rp 3.189.174.338		
	MK II	Rp 2.487.403.763		
Alternatif 3	MH	Rp 6.313.352.578	Rp 13.692.933.443	↓ 12,94%
	MK I	Rp 5.593.132.648		
	MK II	Rp 1.786.448.218		
Alternatif 4	MH	Rp 6.313.352.578	Rp 13.272.646.538	↓ 15,61%
	MK I	Rp 5.172.845.742		
	MK II	Rp 1.786.448.218		
Alternatif 5	MH	Rp 7.393.214.400	Rp 13.539.099.637	↓ 13,92%
	MK I	Rp 3.658.481.475		
	MK II	Rp 2.487.403.763		

Sumber: Hasil perhitungan (2017)

**Tabel 4.62.** Rekapitulasi keuntungan hasil optimasi pada kondisi ketersediaan debit air irigasi cukup ( $Q_p = 0,25$ )

Skenario pola tanam	Musim tanam	Keuntungan per musim tanam	Total keuntungan	Persentase perbandingan
Eksisting	MH	Rp 6.713.883.600	Rp 15.728.034.400	
	MK I	Rp 5.621.532.000		
	MK II	Rp 3.392.618.800		
Alternatif 1	MH	Rp 6.660.650.475	Rp 16.210.830.822	↑ 3,07%
	MK I	Rp 5.661.033.513		
	MK II	Rp 3.889.146.833		
Alternatif 2	MH	Rp 5.828.489.980	Rp 13.197.134.504	↓ 16,09%
	MK I	Rp 3.901.846.949		
	MK II	Rp 3.466.797.575		
Alternatif 3	MH	Rp 6.660.650.475	Rp 15.951.071.409	↑ 1,42%
	MK I	Rp 6.421.806.769		
	MK II	Rp 2.868.614.165		
Alternatif 4	MH	Rp 6.660.650.475	Rp 15.178.327.961	↓ 3,50%
	MK I	Rp 5.649.063.321		
	MK II	Rp 2.868.614.165		
Alternatif 5	MH	Rp 7.393.214.400	Rp 15.427.281.233	↓ 1,91%
	MK I	Rp 4.144.920.000		
	MK II	Rp 3.889.146.833		

Sumber: Hasil perhitungan (2017)

Persentase pada tabel-tabel di atas merupakan persentase peningkatan dan penurunan nilai dari intensitas tanam dan keuntungan per tahun atau tiga musim tanam pada setiap skenario pola tata tanam hasil optimasi. Pemilihan pola tanam terbaik dilihat berdasarkan peningkatan persentase terbesar atau penurunan persentase terkecil dari intensitas tanam.

Untuk hasil perhitungan penentuan pola tata tanam terbaik, dapat dilihat pada Tabel 4.63 sampai dengan Tabel 4.65.

**Tabel 4.63.** Rekapitulasi persentase intensitas tanam dan keuntungan hasil optimasi dengan kondisi rendah ( $Q_p = 0,80$ )

<b>Percentase</b>	<b>Ske nario pola tata tanam Alternatif ke-</b>				
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Intensitas tanam	↓ 26,72%	↓ 55,43%	↓ 26,35%	↓ 29,61%	↓ 25,53%
Keuntungan	↓ 27,31%	↓ 44,98%	↓ 26,52%	↓ 28,57%	↓ 30,72%

Sumber: Hasil perhitungan (2017)

**Tabel 4.64.** Rekapitulasi persentase intensitas tanam dan keuntungan hasil optimasi dengan kondisi normal ( $Q_p = 0,50$ )

<b>Percentase</b>	<b>Ske nario pola tata tanam Alternatif ke-</b>				
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Intensitas tanam	↓ 13,45%	↓ 44,08%	↓ 14,23%	↓ 18,48%	↓ 9,62%
Keuntungan	↓ 12,91%	↓ 31,57%	↓ 12,94%	↓ 15,61%	↓ 13,92%

Sumber: Hasil perhitungan (2017)

**Tabel 4.65.** Rekapitulasi persentase intensitas tanam dan keuntungan hasil optimasi dengan kondisi cukup ( $Q_p = 0,25$ )

<b>Percentase</b>	<b>Ske nario pola tata tanam Alternatif ke-</b>				
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Intensitas tanam	↑ 0,72%	↓ 36,26%	↑ 2,84%	↓ 4,97%	↑ 0,72%
Keuntungan	↑ 3,07%	↓ 16,09%	↑ 1,42%	↓ 3,50%	↓ 1,91%

Sumber: Hasil perhitungan (2017)

Berdasarkan hasil perhitungan rerata persentase intensitas tanam-setiap skenario pola tata tanam hasil optimasi pada kondisi debit air rendah, normal dan cukup, maka dipilih hasil optimasi yang merujuk pada peningkatan persentase terbesar atau penurunan persentase terkecil pada skenario pola tata tanam terpilih sesuai dengan kondisi debit air irigasi dimana hasilnya adalah seperti berikut:



128

Berdasarkan uraian di atas, maka dapat diketahui bahwa pola tata tanam Alternatif ke-5 dapat diterapkan pada saat pada kondisi ketersediaan air irigasi berada pada kondisi rendah dan cukup. Namun, intensitas tanam pada kondisi ketersediaan air irigasi tersebut mengalami penurunan bila dibandingkan dengan pola tata tanam eksisting dimana penurunan tersebut pada masing-masing kondisi adalah sebesar 25,53% dan 9,62%. Selain itu, pola tata tanam Alternatif ke-3 dapat diterapkan jika ketersediaan air irigasi berada pada kondisi cukup. Berdasarkan rekapitulasi intensitas tanam, pola tata tanam Alternatif ke-3 mengalami peningkatan sebesar 2,84% bila dibandingkan dengan pola tata tanam eksisting.

Secara umum, dapat disimpulkan bahwa pola tata tanam Alternatif ke-5 dapat diterapkan jika ketersediaan air irigasi berada pada kondisi rendah dan normal, sedangkan pola tata tanam Alternatif ke-3 dapat diterapkan jika ketersediaan air irigasi berada pada kondisi cukup.

### 5.1. Kesimpulan

Beberapa kesimpulan yang dapat ditarik dari hasil dan pembahasan pada Bab IV antara lain sebagai berikut:

1. Neraca air pada kondisi pola tata tanam eksisiting (musim tanam tahun 2015/2016) di DI Karang Anyar menunjukkan bahwa terjadi kekurangan ketersediaan air irigasi terhadap kebutuhan air irigasi pada Musim Kering I dan Musim Kering II. Hal tersebut ditunjukkan pada hasil perhitungan neraca air. Selain itu, analisa neraca air juga dilakukan pada kondisi ketersediaan debit air irigasi rendah, normal dan cukup terhadap kebutuhan air irigasi pada kondisi eksisiting, dimana hasil analisa tersebut menunjukkan bahwa terjadi kekurangan ketersediaan air irigasi kondisi pada Musim Kering I dan Musim Kering II. Hasil dari analisa neraca air tersebut menunjukkan bahwa ketersediaan air irigasi yang ada masih belum mampu memenuhi kebutuhan air irigasi pada kondisi pola tata tanam dengan luas tanam eksisiting.

2. Berdasarkan hasil analisa optimasi, diperoleh besar kebutuhan air irigasi pada setiap skenario pola tata tanam terhadap kondisi ketersediaan debit air irigasi rendah, normal dan cukup, dimana dalam satu tahun membutuhkan jumlah air antara lain sebagai berikut:

a. Kondisi debit air rendah ( $Q_p = 0,80$ ):

Alternatif 1 =  $625.529,61 \text{ m}^3$  atau 71,53% penggunaan air irigasi

Alternatif 2 =  $484.258,80 \text{ m}^3$  atau 55,38% penggunaan air irigasi

Alternatif 3 =  $573.872,52 \text{ m}^3$  atau 65,63% penggunaan air irigasi

Alternatif 4 =  $553.355,01 \text{ m}^3$  atau 63,28% penggunaan air irigasi

Alternatif 5 =  $532.326,98 \text{ m}^3$  atau 60,88% penggunaan air irigasi

b. Kondisi debit air normal ( $Q_p = 0,50$ ):

Alternatif 1 =  $787.873,56 \text{ m}^3$  atau 65,52% penggunaan air irigasi

Alternatif 2 =  $627.692,02 \text{ m}^3$  atau 52,20% penggunaan air irigasi

Alternatif 3 =  $704.195,66 \text{ m}^3$  atau 58,60% penggunaan air irigasi

Alternatif 4 =  $677.496,36 \text{ m}^3$  atau 56,34% penggunaan air irigasi

## BAB V PENUTUP

130

Alternatif 5 =  $684.385,49 \text{ m}^3$  atau 56,91% penggunaan air irigasi

c. Kondisi debit air cukup ( $Q_p = 0,25$ ):

Alternatif 1 =  $983.141,91 \text{ m}^3$  atau 67,84% penggunaan air irigasi

Alternatif 2 =  $799.429,20 \text{ m}^3$  atau 55,16% penggunaan air irigasi

Alternatif 3 =  $863.819,20 \text{ m}^3$  atau 59,61% penggunaan air irigasi

Alternatif 4 =  $814.729,61 \text{ m}^3$  atau 56,22% penggunaan air irigasi

Alternatif 5 =  $814.049,55 \text{ m}^3$  atau 56,17% penggunaan air irigasi

3. Berdasarkan hasil analisa optimasi pada pola tata tanam skenario, diketahui pola tata tanam yang dapat memberikan nilai intensitas tanam yang optimal dan keuntungan hasil usaha tani maksimal selama satu tahun. Selain itu, pemilihan pola tata tanam terbaik dipilih dilihat berdasarkan peningkatan persentase terbesar atau penurunan persentase terkecil dari intensitas tanam berdasarkan kondisi ketersediaan debit air irigasi. Untuk kondisi ketersediaan debit air irigasi rendah ( $Q_p = 0,80$ ), dipilih pola tata tanam Alternatif ke-5 (padi, tebu – palawija, tebu – padi, tebu) dengan intensitas tanam sebesar 190,46% (menurun 25,53% dari intensitas tanam eksisting) dan keuntungan hasil usaha tani sebesar Rp10.895.973,582,- (menurun 30,72% dari keuntungan eksisting). Untuk kondisi ketersediaan debit air irigasi normal ( $Q_p = 0,50$ ), dipilih pola tata tanam Alternatif ke-5 (padi, tebu – palawija, tebu – padi, tebu) dengan intensitas tanam sebesar 231,14% (menurun 9,62% dari intensitas tanam eksisting) dan keuntungan hasil usaha tani sebesar Rp13.539.099.637,- (menurun 13,92% dari keuntungan eksisting). Untuk kondisi ketersediaan debit air irigasi cukup ( $Q_p = 0,25$ ), dipilih pola tata tanam Alternatif ke-3 (padi, palawija, tebu – padi, palawija, tebu – palawija, tebu) dengan intensitas tanam sebesar 262,99% (meningkat 2,84% dari intensitas tanam eksisting) dan keuntungan hasil usaha tani sebesar Rp15.951.071.409,- (meningkat 1,42% dari keuntungan eksisting).





## **DAFTAR PUSTAKA**

- Anonim. 2013. *Kriteria Perencanaan Irigasi Bagian Perencanaan Jaringan Irigasi (KP-01)*. Jakarta: Direktorat Irigasi dan Rawa, Kementerian Pekerjaan Umum.
- Bardan, M. 2014. *Irigasi*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Hadisusuanto, N. 2010. *Aplikasi Hidrologi*. Yogyakarta: Jogja Mediautama.
- Hirijanto, Azis dkk. 2013. *Kajian Daerah Irigasi Kabupaten Malang*. Jurnal Konferensi Nasional Teknik Sipil 7. Surakarta: Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret.
- Limantara, L.M. 2007. *Optimasi Distribusi Air Irigasi dengan Program Dinamik (Studi Kasus Daerah Irigasi Molek)*. Malang: CV. Asrori.
- Limantara, L.M. 2008. *Pengaruh Perubahan Cuaca terhadap Optimasi Irigasi dengan Program Linier (Studi Kasus Daerah Irigasi Pamotan)*. Malang: CV. Citra Malang.
- Limantara, L.M. 2010.a. *Hidrologi Praktis*. Bandung: Lubuk Agung.
- Limantara, L.M. & Soetopo, W. 2010.b. *Manajemen Sumber Daya Air*. Bandung: Lubuk Agung.
- Patirajawane, F. 2016. *Studi Optimasi Distribusi Pemanfaatan Air di Daerah Irigasi Melik, Kabupaten Jombang dengan Menggunakan Program Linear*. Malang: Fakultas Teknik Universitas Brawijaya. (Hanya dipublikasian di Perpustakaan Universitas Brawijaya).
- Soemarto, C.D. 1986. *Hidrologi Teknik Edisi 1*. Surabaya: Usaha Nasional.
- Soetopo, W. 2012. *Model-model Stokastik untuk Sistem Sumberdaya Air*. Malang: CV. Citra Malang.
- Soewarno. 1995. *Hidrologi*. Bandung: Nova.
- Sosiodarsono, S., & Takeda, K. 1978. *Hidrologi Untuk Pengairan*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- Suhardjono. 1994. *Kebutuhan Air Tanaman*. Malang: Institut Teknologi Malang.
- Triatmodjo, Bambang. 2008. *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Wilson, E.M. 1993. *Hidrologi Teknik*. Bandung: Penerbit ITB.
- Wirosoedarmo, R. 1985. *Dasar-dasar Irigasi Pertanian*. Malang: Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya.