Studi Optimasi Pemanfaatan Air Irigasi Pada Daerah Irigasi Gumbasa Kabupaten Sigi Menggunakan Program Linier

Muhammad Qurais Shihab^{1*}, Lily Montarcih L.¹, Ery Suhartanto¹

¹ Jurusan Teknik Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya,
Jalan MT. Haryono No. 167, Malang, 65145, INDONESIA

*Korespondensi Email: muhammadquraish199@gmail.com

Abstract: Gumbasa irrigated area has a total area of about 1737 hectares it is found several problems such as planting pattern that made by the Water Department which did not come along with the field condition and the water availability in the Gumbasa Dam which is not enough to fulfill the irrigation water needs, especially in the dry season. To fulfill the need for water availability, it needs to optimize the area of the zone which enables to be watered from the existing irrigation availability water by using a linear program to achieve the maximum benefit with the limited availability of resources. This study has a drought problem which solved from 33,3% of the fulfilled period on average to 100% in a year, planting intensity from 40,97% to 165,177%, and the increased net income from Rp7.815.404.895,00 to Rp32.969.542.295,00 per year with the condition of 97% of the dependable flow. while in the condition of 80% of the dependable flow from 79,17% period is fulfilled to 100%, planting intensity from 106,94% to 262,5% with the increased net income from Rp20.399.617.696,00 to Rp49.682.562,315,00 per year. for the condition of 75% of the dependable flow to 91,68% period fulfilled to 100%, planting intensity 124,58% to 247,44% with the increased net income from Rp23.765.038.614,00 to maximum income in Rp50.135.817.479,00. for the condition of 50% of dependable flow and 30% was not optimized because of the water availability fulfilled the irrigation needs.

Keywords: Irrigation Area, Irrigation Water, Net Income, Optimizing

Abstrak: Daerah Irigasi Gumbasa memiliki luas baku sawah sebesar 1737 hektar. ditemukan beberapa permasalahan seperti pola tata tanam yang dibuat oleh Dinas Pengairan tidak sejalan dengan kondisi lapangan serta air yang tersedia di Bendung Gumbasa tidak mencukupi untuk memenuhi kebutuhan air irigasi pada musim kemarau. Agar ketersediaan air dapat mencukupi kebutuhan diperlukan pengoptimalan luas areal yang dapat terairi dari ketersediaan air irigasi yang ada dengan menggunakan program linier agar dapat diperoleh manfaat maksimal dengan keterbatasan sumber daya yang ada. Studi ini mempunyai masalah kekeringan pada rata – rata dalam setahun dapat teratasi berawal dari 33,3% periode tercukupi menjadi 100%, intensitas tanam 40,97% menjadi 165,177% serta keuntungan bersih yang meningkat dari Rp. 7.815.404,895 Per tahun menjadi Rp. 32.969.542,295 dengan

kondisi debit andalan 97%. Sedangkan pada kondisi debit andalan 80% berawal dari 79,17% periode tercukupi menjadi 100%, intensitas tanam dari 106,94% menjadi 262,5% serta keuntungan bersih yang meningkat dari Rp. 20.399.617,696 per tahun menjadi Rp. 49.682.562,315. Untuk kondisi debit andalan 75% berawal dari 91,68% periode terpenuhi menjadi 100%, intensitas tanam 124,58% menjadi 247,44% serta keuntungan bersih yang meningkat dari Rp. 23.765.038,614 menjadi keuntungan maksimum yaitu Rp. 50.135.817,479. Untuk kondisi debit andalan 50% dan 30% tidak di optimasi dikarenakan ketersediaan airnya memenuhi kebutuhan air irigasi.

Kata Kunci: Air Irigasi, Daerah Irigasi, Keuntungan Bersih, Optimasi.

1. Pendahuluan

Daerah Irigasi Sungai (DAS) merupakan daerah dimana semua hujan efektif yang melimpas di atas permukaan tanah akan mengalir ke sungai yang bersangkutan. Daerah ini dibatasi oleh batas topografi (garis kontur) yang berarti ditetapkan berdasarkan limpasan dan dibatasi oleh titik kontrol *outlet* yang umumnya merupakan stasiun hidrometri atau lokasi bangunan air. DAS memiliki maksud sebagai kehidupan bagi makhluk hidup seperti manusia, hewan dan tumbuhan yang membutuhkan air sesuai dengan kebutuhannya untuk kelangsungan hidup. Manusia membutuhkan air hampir di semua sisi kehidupan, baik itu untuk menanam tanaman, minum, memasak, mencuci dan lain sebagainya, dengan berkembangnya kebutuhan air memerlukan perhitungan hidrologi untuk mengetahui ketersediaan air dan pemanfaatan air. DAS merupakan salah satu pemanfaatan air, yang dapat mensuplai air yang dibutuhkan oleh kepentingan manusia [1].

Salah satu untuk mencari kebutuhan air irigasi yaitu dengan menganalisa curah hujan, curah hujan diperlukan untuk suatu pemanfaatan air yang salah satunya seperti alokasi air irigasi dengan mencari hujan rata – rata di seluruh daerah yang bersangkutan, curah hujan ini disebut curah hujan wilayah/daerah yang harus diperkirakan dari beberapa titik pengamatan curah hujan. Curah hujan merupakan jumlah air yang jatuh di permukaan bumi selama satu periode tertentu yang bisa diukur dalam satuan milimeter (mm). tidak semua curah hujan yang jatuh ke permukaan bumi dimanfaatkan untuk pertumbuhan tanaman. Sebagian mengalir sebagai limpasan permukaan, sebagian lagi akan menguap di udara [2].

Di dalam dunia pertanian, untuk mencapai produk yang baik dan berkualitas, diperlukan dukungan dari beberapa faktor, mulai dari kualitas pupuk yang baik sampai pemberian air irigasi yang sesuai dengan kebutuhannya tidak lebih maupun tidak kurang. Untuk objek pembahasan ini penulis lebih memperdalam faktor irigasinya, dalam pemberian air yang sesuai kebutuhannya dan mencari keuntungan petani yang maksimal dengan modal yang minimal.

Menurut peraturan Pemerintah nomor 23 ayat 1 tahun 1982, tujuan irigasi disediakan dan dimanfaatkan adalah untuk memperoleh hasil produksi yang optimal dari seluruh usaha pertanian yang mendapatkan manfaat dari air irigasi. Sedangkan peraturan pemerintah nomor 23 ayat 2 tahun 1982, maksud irigasi adalah untuk dapat memenuhi air bagi usaha pertanian dalam jumlah dan waktu yang diperlukan sesuai dengan kebutuhan bagi semua tanaman menurut aturan yang telah ditetapkan. [3]

Peningkatan produktifitas serta perbaikan taraf hidup petani merupakan tujuan akhir dari pembangunan maupun rehabilitasi suatu sistem irigasi. Pada daerah dengan iklim kering, irigasi mutlak diperlukan untuk meningkatkan produktivitas daerah tersebut. Bagi daerah yang mendapatkan pengairan secara alami (hujan) secara baik, maka dengan adanya irigasi produktivitas dapat ditingkatkan. Nyata sekali bahwa sumbangan irigasi terhadap keperluan daerah pertanian sangat besar, dimana daerah yang mulanya kurang produktif akan menjadi potensial. [4]

Pengelolaan air irigasi yang baik sejalan dengan peningkatan produksi daerah irigasi. Pola tata tanam adalah sistem perdistribusian berbagai jenis tanaman yang ditanam dalam satu satuan yang

luasnya bergantung pada satu musim tanam, sedangkan pola tanam adalah susunan suatu tanaman yang akan diusahakan dalam suatu luasan pada satu tahun. Tujuan dari pola tata tanam tak lain untuk memanfaatkan persediaan air irigasi semaksimal mungkin sehingga tanaman dapat tumbuh dengan baik. Metode optimasi menjadi salah satu yang baik dalam mengatur pola tata tanam agar mencapai hasil yang ideal dalam mengoptimalkan sumber daya pertanian yang ada dengan cara merancang dan membuat pola tata tanam secara optimal dengan judul penelitian Studi Optimasi Pemanfaatan Air Irigasi pada Daerah Irigasi Gumbasa Kabupaten Sigi Menggunakan Program Linier.

Tujuan penelitian ini mengetahui jumlah pola tata tanam dan alternatifnya serta mengetahui kondisi debit andalan yang akan di analisa dengan maksud ketika terjadi defisit air pada kondisi eksisting gumbasa, dibuat alternatif – alternatif dengan maksud mengurangi atau menggantikan pola tata tanam eksisting yang tujuannya agar kondisi ketersediaan dan kebutuhannya terpenuhi di alternatif tersebut. Serta mengetahui berapa besar produksi pertanian dengan maksud mencari keuntungan paling maksimum di setiap kondisi debit andalan serta alternatif – alternatifnya.

2. Bahan dan Metode

2.1 Bahan

Penelitian ini dilakukan di Daerah Irigasi Gumbasa Kabupaten Sigi, secara Administrasi berada di 5 (lima) Wilayah Kecamatan, meliputi:

1. Kecamatan Gumbasa (Desa Pandere dan Desa Kalawara)
2. Kecamatan Tanambulava (Desa Lambara, Sibalaya, Sibalaya Selatan, Sibowi dan Desa Sidondo)
3. Kecamatan Sigi Biromaru (Desa Sidondo)
4. Kabupaten Sigi
5. Palu Selatan

Daerah Irigasi Gumbasa secara Geografis terletak di $0^{\circ} 3''$ LU dan $2^{\circ} 2''$ LS, serta antara $119^{\circ} 45''$ - $122^{\circ} 45''$ BT. Adanya endapan erosi dari tahun ke tahun menyebabkan perubahan tata guna lahan menjadi faktor yang sering di temui seiring dengan meningkatnya aktivitas manusia itu sendiri, yang mana masyarakat yang mata pencahariannya terbesar adalah petani yang membutuhkan pengembangan pertanian dan menjadikan lahan kawasan persawahan menjadi kawasan pemukiman sehingga ketika ada fluktuasi curah hujan dapat meningkatkan volume limpasan permukaan dan debit pada bagian hilir sungai. Kondisi ini menyebabkan berkurangnya daerah resapan air sehingga berpengaruh terhadap debit yang masuk ke sungai.

Kondisi Topografi Daerah Irigasi Gumbasa termasuk daerah dataran tinggi di sisi timur dan satuan pedataran ke arah barat, Kondisi Iklim di Gumbasa dengan Intensitas hujan di Kabupaten Sigi cukup tinggi yaitu rata – rata 90 hari hujan per tahun dengan curah hujan 1365 mm per tahun. Untuk Kondisi umum lokasi Studi Daerah Irigasi Gumbasa memanfaatkan sumber air dari Sungai Gumbasa melalui Bendung Gumbasa sebagai bangunan penangkap airnya, mengalirkan air dengan sistem gravitasi untuk mengalii areal pertanian pekerjaan SID Rehabilitasi daerah irigasi Gumbasa yang memiliki luas areal seluas 1.737 Ha. Daerah irigasi Gumbasa terletak di area lembah Palu. Sungai Gumbasa mengalir hingga Sungai Kawatuna di Kota Palu. Bangunan Utama pemasok air adalah Bendung Gumbasa yang terletak di Desa Gumbasa yang terletak di Desa Pandere Kecamatan Gumbasa, tempat ini dapat dicapai dengan menggunakan kendaraan roda empat karena terdapat jalan inspeksi di sepanjang saluran primer.

Dengan adanya pembangunan dan pengembangan di Kabupaten Sigi dan Kota Palu, hal ini akan berdampak pada luas areal potensial Daerah Irigasi Gumbasa, baik alih fungsi lahan maupun ketersediaan airnya. Dengan demikian diperlukan suatu kegiatan studi dan desain kembali jaringan irigasi gumbasa sesuai dengan kondisi saat ini dengan melakukan studi optimasi pada daerah irigasi ini dengan harapan mencari keuntungan paling maksimum dengan ketersediaan dan kebutuhan air yang ada pada Daerah Irigasi Gumbasa dengan dianalisa menggunakan data – data terbaru. Berikut merupakan daftar desa yang menjadi lokasi atau titik peneltian, yaitu :

Gambar 1. Peta Daerah Aliran Sungai Palu, Sulawesi Tengah

Data yang diperoleh pada penelitian ini ada dua tipe data, yaitu data primer dan sekunder untuk analisis. Data primer merupakan data yang diperoleh dari hasil pengukuran atau pengamatan, sedangkan data sekunder adalah data yang diperoleh dari mengutip berbagai sumber yang dapat dipertanggungjawabkan kebenarannya, data yang diperoleh didapatkan dari Balai Wilayah Sungai Sulawesi III yaitu :

- Data Curah Hujan dan Data Debit Intake Gumbasa yang di analisis selama 10 tahun dimulai dari tahun 2010 sampai dengan 2019.
- Data Jenis Tanah yang akan dipakai untuk mencari nilai WLR (Pergantian Lapisan Air) dan perkolasi dari Daerah irigasi sekitar yang diperlukan untuk menghitung kebutuhan air irigasi
- Data Klimatologi yang di analisis selama 10 tahun terakhir yang terdiri dari suhu rata – rata bulanan, data kecepatan angin rerata bulanan, data radiasi sinar matahari dan Kelembapan udara. Data ini diperlukan untuk menghitung besarnya evapotranspirasi potensial yang terjadi di daerah tersebut
- Data Pola Tata Tanam yang berfungsi untuk melihat jadwal tanam di setiap periode dan Tanaman apa saja yang akan di tanami di Daerah Irigasi tersebut.
- Data Ekonomi Usaha Tani berupa hasil produksi pertanian seperti (harga produk, produktivitas, biaya produksi dan keuntungan bersih) yang berfungsi untuk menganalisa optimasi dengan program linier.
- Skema Jaringan Irigasi yang bertujuan untuk mengetahui luas lahan pertanian yang akan dialiri.

Alat Bantu yang akan digunakan pada penelitian ini yaitu perangkat lunak *Microsoft Excel* yang berfungsi untuk program optimasi linier sehingga diperoleh keuntungan maksimal.

2.2 Metode

Sebelum dilakukan penelitian, dikumpulkan data berupa data curah hujan, data debit intake, data jenis tanah, data klimatologi, data pola tata tanam, data ekonomi usaha tani dan skema jaringan irigasi. Data curah hujan kemudian diolah dengan analisis kualitas data yang terdiri dari uji konsistensi, uji stasioner, uji ketidakadaan tren dan uji persistensi. Pada DAS Gumbasa, di analisis hujan rerata daerahnya menggunakan metode Rerata Arikmatika, data curah hujan tersebut dipakai untuk mencari curah hujan efektif yang berfungsi untuk menyusun pola tata tanam. Selanjutnya yaitu analisis debit andalan dengan menggunakan metode bulan dasar (*Basic Month*) yang hasilnya akan berfungsi untuk ketersediaan air dengan resiko kegagalan yang telah diperhitungkan. Kemudian menganalisis data Klimatologi yang hasilnya akan berfungsi untuk mendapatkan ETo (Evapotranspirasi Potensial) dan PL (Penyiapan Lahan) yang berfungsi untuk menentukan kebutuhan air dalam merencanakan pola tata tanam. Setelahnya menyusun pola tata tanam yang datanya didapat dari evapotranspirasi potensial, penyiapan lahan dan curah hujan efektif, setelah di analisa akan mendapatkan kebutuhan air dan dibandingkan dengan ketersediaan air yang ada. Ketika dibandingkan ketersediaan air dan kebutuhan airnya terjadi defisit air, maka dari itu perlu di optimasi agar ketersediaan air yang ada dapat mencukupi kebutuhan air irigasi sehingga didapatkan hasil keuntungan produksi pertanian yang optimal, untuk kondisi ketersediaan dan kebutuhan air yang terpenuhi, tidak dilakukan optimasi dikarenakan ketersediaan dan kebutuhan air lebih mencukupi dari pada kebutuhan air yang telah direncanakan. Kemudian melakukan optimasi program linier memakai aplikasi *Microsoft Excel* dengan variabel yang ada untuk mengoptimalkan ketersediaan air, intensitas tanaman dan harga produksi. Dan yang terakhir menentukan pola tata tanam yang paling efektif yang akan dipilih paling efektif berdasarkan keuntungan produksi dan intensitas tanamnya.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Analisis Kualitas Data

Analisis kualitas data diperlukan untuk memeriksa data tersebut yang bertujuan untuk mengetahui kualitas data hidrologi secara statistik karena memungkinkan adanya gangguan dalam proses pengambilan data di lapangan. [5]

3.1.1 Pengujian Konsistensi Metode Kurva Massa Ganda

Uji Konsistensi metode Kurva Massa ganda pada curah hujan di 4 stasiun di DAS Gumbasa menghasilkan data yang konsisten sehingga layak digunakan pada proses analisa berikutnya.

Tabel 1: Uji Kurva Massa Ganda

Tahun	Curah Hujan Tahunan Per Stasiun			
	Bangga Bawah	Palolo	Sibalaya	Sibowi
2019	1408	1177	1404	1460
2018	2876	2529	2831	2882
2017	4662	4129	4663	4798
2016	5197	4696	5243	5471
2015	6428	5615	6469	6602
2014	7684	6349	7384	7526
2013	9126	7393	8801	8660
2012	10191	8264	9789	9576
2011	10992	9040	10569	10359
2010	12039	10096	11628	11481
Keterangan	Konsisten	Konsisten	Konsisten	Konsisten

3.1.2 Pengujian Stasioner

Pengujian F dan Uji T dengan derajat kepercayaan 5% menunjukkan bahwa data curah hujan pada 4 stasiun di DAS Gumbasa bersifat stabil terhadap nilai rerata dan varian.

Tabel 2: Uji Stasioner

No	Nama Stasiun	F Hitung	Fc	T hitung	Tc	Keterangan
1	Bangga Bawah	0.268	6.39	0.624	1.86	Homogen
2	Palolo	0.140	6.39	1.067	1.86	Homogen
3	Sibalaya	0.274	6.39	1.526	1.86	Homogen
4	Sibowi	0.107	6.39	1.430	1.86	Homogen

3.1.3 Pengujian Ketidakadaan Tren

Dalam analisis ini menunjukan tidak adanya tren di suatu deret berkala, maka analisis ini dapat digunakan pada pengujian selanjutnya.

Tabel 3: Uji Ketidakadaan Tren

T hitung	0	t5%	Kesimpulan
-17,000	-1.86	1.86	tidak menunjukkan adanya tren

3.1.4 Pengujian Persistensi

Dalam analisis uji ini data menunjukan tidak adanya persistensi sehingga data bersifat acak. Maka semua data dapat digunakan untuk menganalisis curah hujan efektif.

Tabel 4: Uji Persistensi

T hitung	0	t5%	Kesimpulan
-0.493	-1.86	1.86	Data Persisten

3.2 Analisa Hidrologi

Curah Hujan daerah digunakan untuk mencari rancangan distribusi pemanfaatan sumber daya air untuk kebutuhan air irigasi. Ini dikarenakan curah hujan pada setiap luasan harus diperkirakan titik – titik pengamatan lewat stasiun hujan. Data curah hujan yang diperlukan sedikitnya 10 tahun untuk dianalisa agar mendapatkan perhitungan curah hujan efektif dapat diterima [6]. Dalam skripsi ini perhitungan curah hujan daerah memakai analisa poligon thiessen. Berikut merupakan hasil perhitungan koefisien thiessen.

Tabel 5: Hasil Analisis Koefisien Thiessen

Stasiun Hujan	Luas Wilayah	Koefisien Thiessen	Porsentase Pengaruh
	Km ²	(Kr)	(%)
Bangga Bawah	76.700	0.310	30.977
Sibalaya	15.900	0.064	6.422
Sibowi	59.900	0.242	24.192
Palolo	95.100	0.384	38.409
Jumlah	247.600	1.000	100.000

3.3 Perhitungan Evapotranspirasi Potensial

Perhitungan evapotranspirasi potensial menggunakan metode Penman Modifikasi sesuai yang ditetapkan oleh Standar Kriteria Perencanaan Irigasi (KP-01) dan *Food and Agriculture Organization* (FAO). Metode ini mempunyai parameter lebih banyak sehingga dianggap paling efektif. Dalam perhitungan evapotranspirasi potensial membutuhkan data klimatologi seperti kelembapan udara, kecepatan angin, lama penyinaran matahari dan temperatur udara [7]. Data klimatologi yang digunakan adalah data klimatologi bulanan selama 10 tahun terakhir (2010-2019). Data ini diperoleh dari stasiun meteorologi terdekat yang datanya bisa digunakan dan data tersebut didapatkan dari Balai Wilayah Sungai Sulawesi III. Untuk hasil perhitungannya dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 6: Hasil Perhitungan Evapotranspirasi Potensial

Bulan	Satuan	Evapotranspirasi Potensial	Bulan	Satuan	Evapotranspirasi Potensial
Jan	mm/hari	2.898	Jul	mm/hari	2.242
	mm/bulan	89.833		mm/bulan	69.499
Feb	mm/hari	3.024	Agust	mm/hari	2.738
	mm/bulan	93.750		mm/bulan	84.876
Mar	mm/hari	3.064	Sept	mm/hari	3.033
	mm/bulan	94.975		mm/bulan	94.021
Apr	mm/hari	2.559	Okt	mm/hari	3.260
	mm/bulan	79.338		mm/bulan	101.073
Mei	mm/hari	2.277	Nov	mm/hari	2.881
	mm/bulan	70.575		mm/bulan	89.315
Jun	mm/hari	2.217	Des	mm/hari	2.945
	mm/bulan	68.717		mm/bulan	91.284

3.4 Perhitungan Curah Hujan Efektif

Curah Hujan Efektif adalah sejumlah curah hujan yang jatuh pada suatu daerah dan dapat digunakan oleh tanaman untuk pertumbuhannya [8]. Besarnya curah hujan dapat dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan air pertanian sehingga dapat memperkecil debit yang diperlukan dari pintu pengambilan. Jumlah curah hujan yang turun tidak semuanya dapat dimanfaatkan untuk tanaman dalam pertumbuhannya. Oleh karena itu perlu memperhitungkan curah hujan yang memungkinkan terpenuhi dengan peluang kejadian tertentu dan ditentukan curah hujan yang efektif untuk pertumbuhan tanaman. [8]

Dasar perhitungan untuk menentukan curah hujan andalan dan curah hujan efektif yaitu menggunakan data curah hujan periode 15 harian (dari tahun 2010-2019) yang dirata – ratakan per bulan dari 4 stasiun yaitu Stasiun Bangga bawah, Palolo, Sibowi dan Sibalaya. Setelah di analisis didapatkan data curah hujan probabilitas R80% pada tahun 2012. Berikut merupakan perhitungan curah hujan efektif untuk Tanaman padi dan Palawija.

Tabel 7: Perhitungan Curah Hujan Efektif untuk Tanaman Padi dan Palawija

Bulan		R_{80}	$Reff$ (mm/hari)	
		mm	Padi	Palawija
Januari	I	6.886	0.321	0.011
	II	2.300	0.107	0.011
Februari	I	5.855	0.273	0.002
	II	5.462	0.255	0.002
Maret	I	9.503	0.443	0.012
	II	2.649	0.124	0.012
April	I	14.939	0.697	0.010
	II	5.746	0.268	0.010
Mei	I	0.592	0.028	0.008
	II	3.108	0.145	0.008
Juni	I	10.123	0.472	0.017
	II	9.697	0.453	0.017
Juli	I	15.247	0.712	0.023
	II	12.008	0.560	0.023
Agustus	I	10.018	0.467	0.042
	II	14.859	0.693	0.042
September	I	9.094	0.424	0.002
	II	1.878	0.088	0.002
Oktober	I	6.586	0.307	0.017
	II	12.210	0.570	0.017
November	I	19.906	0.929	0.030
	II	18.436	0.860	0.030
Desember	I	25.023	1.168	0.032
	II	23.198	1.083	0.032

3.5. Penyiapan Lahan

Untuk perhitungan kebutuhan air irigasi selama penyiapan lahan, digunakan metode yang dikembangkan oleh Van de Goor dan Zijlstra, metode tersebut didasarkan pada laju konstan dalam lt/dt selama periode penyiapan lahan [9]. Berikut merupakan hasil perhitungan kebutuhan air untuk penyiapan lahan.

Tabel 8: Hasil Perhitungan Kebutuhan air untuk Penyiapan Lahan

Parameter	Satuan	Bulan											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ET_o	mm/hari	2.9	3.0	3.1	2.6	2.3	2.2	2.2	2.7	3.0	3.3	2.9	2.9
$E_o = ET_o \cdot 1,1$	mm/hari	3.2	3.3	3.4	2.8	2.5	2.4	2.5	3.0	3.3	3.6	3.2	3.2
P	mm/hari	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
$M = E_o + P$	mm/hari	6.2	6.3	6.4	5.8	5.5	5.4	5.5	6.0	6.3	6.6	6.2	6.2
T	hari	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
S	mm	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
$k = (M \cdot T)/S$		0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.6	0.6	0.7	0.6	0.6
e^k		1.9	1.9	1.9	1.8	1.7	1.7	1.7	1.8	1.9	1.9	1.9	1.9
$IR : M e^k / (e^k - 1)$	mm/hari	13.4	13.5	13.5	13.2	13.0	13.0	13.0	13.3	13.5	13.7	13.4	13.4
	l/dt/ha	1.6	1.6	1.6	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.6	1.6	1.6	1.6

3.6 Pola Tata Tanam

Pada lokasi studi Daerah Irigasi Gumbasa dengan luas lahan 1737 Ha, pola tata tanam eksisting metode PU berdasarkan Rencana tata tanam Global (RTTG) Balai Wilayah Sungai Sulawesi III direncanakan yang ditanami yaitu Padi dan Palawija (Jagung dan Kacang Tanah). Komposisi luas tanam pada kondisi eksisting dapat dilihat sebagai berikut.

1. Musim Tanam I (MT 2)

Awal Mulai tanam untuk musim tanam I pada Oktober Periode I dengan detail sebagai berikut:

- Padi = 1390 Ha
- Palawija = 347 Ha

2. Musim Tanam II (MT 2)

Awal musim tanam untuk musim tanam I pada Januari Periode II dengan detail sebagai berikut:

- Padi = 1390 Ha
- Palawija = 347 Ha

3. Musim Tanam III (MT 3)

Awal mulai tanam untuk musim tanam III pada Juni Periode 1 dengan detail sebagai berikut:

- Padi = 1390 Ha
- Palawija = 347 Ha

3.7 Hasil Neraca Air Sebelum di Optimasi

Analisis neraca air dilakukan dengan membandingkan kebutuhan air irigasi dengan berbagai alternatif pola tata tabam dengan ketersediaan air keandalan 97%, 80%, 75%, 50% dan 30%. Dengan adanya neraca air kekurangan dan kelebihan air dapat dilihat kebutuhan dan ketersediaan air yang ada di Daerah irigasi tersebut.

Tabel 9: Hasil Neraca Air Sebelum di Optimasi kondisi 97%

Bulan	Tr	Ketersediaan Air Irigasi (m ³ /detik)	Kebutuhan Air Irigasi (m ³ /detik)					
			Sebelum Optimasi					
			Eksisting	Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3	Alternatif 4	Alternatif 5
Sept	I	0.129	0.692	1.694	0.356	0.782	0.403	0.625
	II	0.315	1.324	3.337	0.315	1.655	0.359	1.324
Okt	I	0.161	1.416	3.606	0.383	1.756	0.419	1.756
	II	0.118	0.974	2.509	0.671	1.167	0.671	1.167
Nov	I	0.124	0.706	1.885	0.746	0.799	0.746	0.799
	II	0.163	0.818	2.091	0.859	0.912	0.859	0.912
Des	I	0.229	0.786	2.094	0.813	0.866	0.813	0.866
	II	0.425	0.531	1.443	0.527	0.554	0.527	0.554
Jan	I	0.863	0.712	1.719	0.363	0.659	0.363	0.821
	II	0.968	1.356	3.310	0.298	1.344	0.298	1.674
Feb	I	1.033	1.444	3.558	0.377	1.444	0.377	1.809
	II	1.104	1.050	2.527	0.736	1.050	0.736	1.318
Mar	I	0.903	0.503	1.185	0.510	0.503	0.510	0.621
	II	0.836	0.657	1.459	0.696	0.657	0.696	0.803
Apr	I	1.081	0.807	2.085	0.992	0.806	0.992	0.990
	II	1.294	0.657	1.617	0.796	0.657	0.796	0.767
Mei	I	1.050	0.737	1.779	0.449	0.737	0.449	0.885
	II	1.325	1.264	3.204	0.272	1.263	0.272	1.579
Jun	I	1.050	1.269	3.299	0.236	1.576	0.236	1.179
	II	0.217	0.849	2.193	0.532	1.027	0.530	0.568
Jul	I	0.199	0.642	1.695	0.688	0.738	0.674	0.229
	II	0.217	0.769	1.924	0.817	0.875	0.798	0.336
Agust	I	0.175	0.975	2.346	0.922	1.101	0.911	0.393
	II	0.190	0.636	1.581	0.606	0.683	0.603	0.303

Tabel 10: Hasil Neraca Air Sebelum di Optimasi Kondisi 80%

Bulan	Tr	Ketersediaan Air Irigasi (m ³ /detik)	Kebutuhan Air Irigasi (m ³ /detik)					
			Sebelum Optimasi					
			Eksisting	Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3	Alternatif 4	Alternatif 5
Sept	I	1.044	0.692	1.694	0.356	0.782	0.403	0.625
	II	1.151	1.324	3.337	0.315	1.655	0.359	1.324
Okt	I	1.312	1.416	3.606	0.383	1.756	0.419	1.756
	II	1.312	0.974	2.509	0.671	1.167	0.671	1.167
Nov	I	1.374	0.706	1.885	0.746	0.799	0.746	0.799
	II	1.700	0.818	2.091	0.859	0.912	0.859	0.912
Des	I	1.641	0.786	2.094	0.813	0.866	0.813	0.866
	II	1.658	0.531	1.443	0.527	0.554	0.527	0.554
Jan	I	1.473	0.712	1.719	0.363	0.659	0.363	0.821
	II	1.404	1.356	3.310	0.298	1.344	0.298	1.674
Feb	I	1.271	1.444	3.558	0.377	1.444	0.377	1.809
	II	1.277	1.050	2.527	0.736	1.050	0.736	1.318
Mar	I	1.168	0.503	1.185	0.510	0.503	0.510	0.621
	II	1.295	0.657	1.459	0.696	0.657	0.696	0.803
Apr	I	1.256	0.807	2.085	0.992	0.806	0.992	0.990
	II	1.509	0.657	1.617	0.796	0.657	0.796	0.767
Mei	I	1.364	0.737	1.779	0.449	0.737	0.449	0.885
	II	1.607	1.264	3.204	0.272	1.263	0.272	1.579
Jun	I	1.565	1.269	3.299	0.236	1.576	0.236	1.179
	II	1.185	0.849	2.193	0.532	1.027	0.530	0.568
Jul	I	1.403	0.642	1.695	0.688	0.738	0.674	0.229
	II	1.185	0.769	1.924	0.817	0.875	0.798	0.336
Agust	I	0.862	0.975	2.346	0.922	1.101	0.911	0.393
	II	0.596	0.636	1.581	0.606	0.683	0.603	0.303

Tabel 11: Hasil Neraca Air Sebelum di Optimasi kondisi 75%

Bulan	Tr	Ketersediaan Air Irigasi (m ³ /detik)	Kebutuhan Air Irigasi (m ³ /detik)					
			Sebelum Optimasi					
			Eksisting	Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3	Alternatif 4	Alternatif 5
Sept	I	1.422	0.692	1.694	0.356	0.782	0.403	0.625
	II	1.422	1.324	3.337	0.315	1.655	0.359	1.324
Okt	I	1.338	1.416	3.606	0.383	1.756	0.419	1.756
	II	1.344	0.974	2.509	0.671	1.167	0.671	1.167
Nov	I	1.531	0.706	1.885	0.746	0.220	0.746	0.799
	II	1.849	0.818	2.091	0.859	0.912	0.859	0.912
Des	I	1.828	0.786	2.094	0.813	0.866	0.813	0.866
	II	1.658	0.531	1.443	0.527	0.554	0.527	0.554
Jan	I	1.748	0.712	1.719	0.363	0.659	0.363	0.821
	II	1.578	1.356	3.310	0.298	1.344	0.298	1.674
Feb	I	1.404	1.444	3.558	0.377	1.444	0.377	1.809
	II	1.285	1.050	2.527	0.736	1.050	0.736	1.318
Mar	I	1.349	0.503	1.185	0.510	0.503	0.510	0.621
	II	1.323	0.657	1.459	0.696	0.657	0.696	0.803
Apr	I	1.467	0.807	2.085	0.992	0.806	0.992	0.990
	II	1.561	0.657	1.617	0.796	0.657	0.796	0.767
Mei	I	1.390	0.737	1.779	0.449	0.737	0.449	0.885
	II	1.675	1.264	3.204	0.272	1.263	0.272	1.579
Jun	I	1.584	1.269	3.299	0.236	1.576	0.236	1.179
	II	1.217	0.849	2.193	0.532	1.027	0.530	0.568
Jul	I	1.677	0.642	1.695	0.688	0.738	0.674	0.229
	II	1.217	0.769	1.924	0.817	0.875	0.798	0.336
Agust	I	1.422	0.975	2.346	0.922	1.101	0.911	0.393
	II	1.422	0.636	1.581	0.606	0.683	0.603	0.303

Tabel 12: Hasil Neraca Air Sebelum di Optimasi Kondisi 50% dan 30%

Bulan	Periode	Ketersediaan Air Irigasi 50%	Ketersediaan Air Irigasi 30%	Kebutuhan Air Irigasi
		(m ³ /detik)	(m ³ /detik)	(m ³ /detik)
Sept	I	7.120	9.328	0.692
	II	4.270	8.439	1.324
Okt	I	6.442	8.055	1.416
	II	5.190	11.461	0.974
Nov	I	8.065	13.595	0.706
	II	11.832	16.229	0.818
Des	I	12.903	17.603	0.786
	II	15.061	16.613	0.531
Jan	I	12.410	14.630	0.712
	II	10.789	12.342	1.356
Feb	I	11.954	13.090	1.444
	II	11.997	13.670	1.050
Mar	I	10.576	12.858	0.503
	II	10.691	13.103	0.657
Apr	I	10.337	11.785	0.807
	II	12.156	13.066	0.657
Mei	I	13.182	14.271	0.737
	II	13.189	13.962	1.264
Jun	I	14.141	15.029	1.269
	II	12.710	13.513	0.849
Jul	I	13.392	14.527	0.642
	II	12.710	13.513	0.769
Agust	I	12.409	12.729	0.975
	II	9.934	10.897	0.636

Dari analisis pada tabel 9 – 12 merupakan necara air PTT Eksisting sampai dengan Alternatif 5 berdasarkan debit andalan 97%, 80%, 75%, 50% dan 30%. Untuk debit andalan 97% dan 80% membuktikan bahwa kebutuhan air irigasi dengan PPT Eksisting sampai dengan alternatif 5 untuk ketersediaan airnya tidak mencukupi untuk memenuhi kebutuhan air irigasi. Untuk debit andalan 75% kondisi eksisting, alternatif 1, alternatif 3 dan alternatif 5 terjadi defisit air sehingga tidak tercukupi untuk memenuhi kebutuhan air irigasi, untuk alternatif 2 dan alternatif 4 kondisi terpenuhi. Untuk debit andalan 50% dan 30% kondisi ketersediaan air dapat memenuhi kebutuhan air irigasi.

Berdasarkan permasalahan diatas, maka perlu dilakukan optimasi pemanfaatan air agar ketersediaan air yang ada dapat mencukupi kebutuhan air irigasi sehingga didapatkan hasil keuntungan produksi pertanian yang optimal. Untuk kondisi ketersediaan dan kebutuhan air yang terpenuhi. Tidak dilakukan optimasi dikarenakan kondisinya ketersediaan air lebih tinggi dari pada kebutuhan air yang telah direncanakan. [10]

3.8 Hasil Neraca air Setelah di Optimasi

Setelah mengetahui luas lahan optimal pada masing – masing tanaman untuk setiap musim tanam, dalam neraca air ini akan di analisis hasil setelah dilakukan optimasi pada pola tata tanam eksisting serta 5 pola tata tanam alternatif. Untuk lebih jelasnya neraca air dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 13: Hasil Neraca Air Sesudah Optimasi Kondisi 97%

Bulan	Tr	Ketersediaan Air Irigasi (m ³ /detik)	Kebutuhan Air Irigasi (m ³ /detik)					
			Sesudah Optimasi					
			Eksisting	Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3	Alternatif 4	Alternatif 5
Sept	I	0.129	0.123	0.076	0.129	0.072	0.055	0.072
	II	0.315	0.000	0.149	0.066	0.152	0.051	0.152
Okt	I	0.161	0.021	0.161	0.046	0.161	0.063	0.161
	II	0.118	0.074	0.112	0.081	0.107	0.111	0.107
Nov	I	0.124	0.124	0.084	0.090	0.073	0.124	0.073
	II	0.163	0.161	0.094	0.104	0.084	0.142	0.084
Des	I	0.229	0.170	0.094	0.098	0.080	0.135	0.080
	II	0.425	0.161	0.065	0.064	0.051	0.087	0.051
Jan	I	0.863	0.555	0.499	0.291	0.475	0.291	0.439
	II	0.968	0.961	0.960	0.239	0.966	0.239	0.914
Feb	I	1.033	1.033	1.033	0.302	1.033	0.302	1.033
	II	1.104	0.788	0.733	0.589	0.742	0.589	0.807
Mar	I	0.903	0.440	0.344	0.408	0.341	0.408	0.451
	II	0.836	0.548	0.423	0.557	0.451	0.557	0.539
Apr	I	1.081	0.611	0.605	0.793	0.568	0.793	0.587
	II	1.294	0.492	0.469	0.636	0.464	0.636	0.397
Mei	I	1.050	0.528	0.516	0.359	0.526	0.359	0.458
	II	1.325	0.845	0.930	0.218	0.917	0.218	0.817
Jun	I	1.050	0.014	0.247	0.017	0.251	0.000	0.450
	II	0.217	0.050	0.164	0.062	0.164	0.000	0.217
Jul	I	0.199	0.097	0.127	0.119	0.118	0.000	0.088
	II	0.217	0.127	0.144	0.156	0.139	0.000	0.128
Agust	I	0.175	0.175	0.175	0.175	0.175	0.000	0.150
	II	0.190	0.167	0.118	0.167	0.109	0.000	0.116

Tabel 14: Hasil Neraca Air Sesudah Optimasi Kondisi 80%

Bulan	Tr	Ketersediaan Air Irigasi (m ³ /detik)	Kebutuhan Air Irigasi (m ³ /detik)					
			Sesudah Optimasi					
			Eksisting	Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3	Alternatif 4	Alternatif 5
Sept	I	1.044	0.608	0.585	0.295	0.544	0.303	0.544
	II	1.151	1.151	1.151	0.273	1.151	0.281	1.151
Okt	I	1.312	1.232	1.244	0.340	1.221	0.349	1.221
	II	1.312	0.850	0.866	0.596	0.811	0.612	0.811
Nov	I	1.374	0.620	0.650	0.662	0.153	0.681	0.556
	II	1.700	0.719	0.721	0.763	0.635	0.784	0.635
Des	I	1.641	0.691	0.722	0.721	0.603	0.741	0.603
	II	1.658	0.469	0.498	0.468	0.385	0.481	0.385
Jan	I	1.473	0.634	0.614	0.291	0.577	0.291	0.570
	II	1.404	1.191	1.182	0.239	1.179	0.239	1.167
Feb	I	1.271	1.271	1.271	0.302	1.271	0.302	1.271
	II	1.277	0.930	0.903	0.589	0.930	0.589	0.938
Mar	I	1.168	0.456	0.423	0.408	0.456	0.408	0.457
	II	1.295	0.591	0.521	0.557	0.591	0.557	0.582
Apr	I	1.256	0.715	0.745	0.793	0.715	0.793	0.700
	II	1.509	0.581	0.578	0.636	0.581	0.636	0.530
Mei	I	1.364	0.648	0.635	0.359	0.648	0.359	0.611
	II	1.607	1.102	1.144	0.218	1.102	0.218	1.091
Jun	I	1.565	1.117	1.212	0.226	1.234	0.220	1.179
	II	1.185	0.748	0.806	0.506	0.804	0.487	0.567
Jul	I	1.403	0.567	0.623	0.646	0.577	0.611	0.229
	II	1.185	0.679	0.707	0.763	0.685	0.718	0.335
Agust	I	0.862	0.862	0.862	0.862	0.862	0.811	0.393
	II	0.596	0.563	0.580	0.555	0.535	0.508	0.303

Tabel 15: Hasil Neraca Air Sesudah Optimasi Kondisi 75%

Bulan	Tr	Ketersediaan Air Irigasi (m ³ /detik)	Kebutuhan Air Irigasi (m ³ /detik)					
			Sebelum Optimasi					
			Eksisting	Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3	Alternatif 4	Alternatif 5
Sept	I	1.422	0.635	0.628	0.356	0.595	0.403	0.595
	II	1.422	1.254	1.237	0.315	1.261	0.359	1.261
Okt	I	1.338	1.338	1.338	0.383	1.338	0.419	1.338
	II	1.344	0.910	0.931	0.671	0.889	0.671	0.889
Nov	I	1.531	0.649	0.699	0.746	0.167	0.746	0.609
	II	1.849	0.748	0.776	0.859	0.695	0.859	0.695
Des	I	1.828	0.716	0.777	0.813	0.660	0.813	0.660
	II	1.658	0.477	0.535	0.527	0.422	0.527	0.422
Jan	I	1.748	0.679	0.678	0.363	0.646	0.363	0.643
	II	1.578	1.320	1.306	0.298	1.313	0.298	1.308
Feb	I	1.404	1.404	1.404	0.377	1.404	0.377	1.404
	II	1.285	1.009	0.997	0.736	1.009	0.736	1.011
Mar	I	1.349	0.465	0.467	0.510	0.465	0.510	0.461
	II	1.323	0.615	0.576	0.696	0.615	0.696	0.606
Apr	I	1.467	0.774	0.823	0.992	0.774	0.992	0.764
	II	1.561	0.632	0.638	0.796	0.632	0.796	0.604
Mei	I	1.390	0.716	0.702	0.449	0.716	0.449	0.697
	II	1.675	1.246	1.264	0.272	1.246	0.272	1.244
Jun	I	1.584	1.399	1.584	0.236	1.261	0.236	1.179
	II	1.217	0.911	1.054	0.532	0.821	0.530	0.567
Jul	I	1.677	0.655	0.814	0.688	0.590	0.674	0.229
	II	1.217	0.777	0.924	0.817	0.700	0.798	0.335
Agust	I	1.422	0.977	1.127	0.922	0.881	0.911	0.393
	II	1.422	0.606	0.759	0.606	0.546	0.603	0.303

Pada tabel 13 – 15 menunjukkan bahwa setelah dilakukan optimasi, ketersediaan air dapat memenuhi semua kebutuhan air tanpa ada yang kekurangan. Hal ini disebabkan oleh pengaturan luasan lahan tiap tanaman yang tepat sehingga kebutuhan air irigasi tidak melonjak melebihi ketersediaan air yang ada.

4. Kesimpulan

Dalam studi ini terdapat 1 pola tata tanam eksisting dan 5 alternatif yaitu dengan diawali penyiapan lahan di padi selama 30 hari dengan 2 periode masa tanam (15 harian). Bila dihubungkan antara Q kebutuhan dan Q andalan dengan kondisi debit andalan 97% pada pola tata tanam eksisting dan alternatif 3 total periode yang terpenuhi yaitu 33,3%, alternatif 1 yaitu 0%, alternatif 2 yaitu 50% alternatif 4 yaitu 45,83% dan alternatif 5 yaitu 25%. Untuk kondisi debit andalan 80% periode yang terpenuhi pada pola tata tanam eksisting yaitu 79,18%, alternatif 1 yaitu 4,18%, alternatif 2 dan alternatif 4 yaitu 91,97 dan alternatif 3 yaitu 75% dan alternatif 5 yaitu 79,18%. Sedangkan untuk debit andalan 75% periode yang terpenuhi pada eksisting yaitu 33,3%, alternatif 1 yaitu 12,5%, alternatif 2 dan alternatif 4 yaitu 100%, alternatif 3 yaitu 87,5% dan alternatif 5 yaitu 83,3%. Dengan menghitung pola tata eksisting total kebutuhan irigasi sebesar 1,864,009 m³ setelah di optimasi menjadi 714,030 m³, pola tata tanam alternatif 1 sebesar 4,677,575 m³ di optimasi 719,015 m³, pola tata tanam alternatif 2 sebesar 1,206,066 m³ di optimasi 492,219 m³, alternatif 3 sebesar 2,039,903 m³ di optimasi 710,263, alternatif 4 sebesar 1,212,719 m³ di optimasi 445,832 m³ dan alternatif 5 1,924,790 m³ di optimasi menjadi 723,196 m³.

Setelah melewati tahap analisa, Q kebutuhan irigasi pola tata tanam 2 dan 4 pada debit andalan 75% sudah terpenuhi sebelum dilakukan optimasi. Pola tata tanam alternatif 2 memiliki keuntungan paling maksimal diantara 5 pola tata tana lainnya dengan keuntungan maksimum yaitu Rp32.969.542.295,00 pada kondisi debit andalan 97%. Sedangkan pola tata tanam alternatif 4 memiliki keuntungan paling maksimal yaitu Rp49.682.562.315,00 pada kondisi debit andalan 80%. dan yang terakhir pola tata tanam eksisting memiliki keuntungan paling maksimal yaitu Rp50.135.817.479,00 pada kondisi debit andalan 75%.

Daftar Pustaka

- [1] L. M. Limantara, *Hidrologi Teknik Sumber Daya Air*. Malang: Penerbit Citra, 2010.
- [2] C. D. Soemarto, *Hidrologi Teknik*. Surabaya: Penerbit Usaha Nasional, 1987.
- [3] Peraturan.go.id, 2021. [Online]. Available: <https://peraturan.go.id/common/dokumen/ln/1982/pp23-1982.pdf>. [Accessed: 14- Apr- 2021].
- [4] C. Hazael, R. Sayekti dan T. Prayogo, "Studi Optimasi Pemanfaatan Air Irigasi Pada Daerah irigasi Kedungputri Kecamatan Paron Kabupaten Ngawi", *Jurnal Teknik Pengairan*, Vol. 4, No. 1, 2020.
- [5] A. Fathia, L. Montarich dan S. Wahyuni, "Studi Perubahan Karakteristik Hidrologi (Debit Puncak dan Waktu Puncak) Akibat Perubahan Tata Guna Lahan di DAS Lesti dan DAS Gadang Kabupaten Malang", *Jurnal Teknologi dan Rekayasa Sumber Daya Air*, Vol. 1, No. 2, pp. 453-466, 2021.
- [6] Sibima.pu.go.id, 2021. [Online]. Available: http://sibima.pu.go.id/pluginfile.php/8088/mod_resource/content/1/SDA-KP03-Spesifikasi%20Teknis%20Kriteria%20PerencanaanBangunan%20Utama.pdf. [Accessed: 14- Apr- 2021].
- [7] Suhardjono, *Kebutuhan Air Tanaman*. Malang: Penerbit Institut Teknologi Nasional, 1994.
- [8] S. Sosrodarsono dan K. Takeda, *Hidrologi untuk Pengairan*. Jakarta: Penerbit PT. Paradyna Paramita, 1976.
- [9] M. Bardan, *Irigasi*. Yogyakarta: Penerbit Graha Ilmu, 2014.
- [10] F. Retnowati dan R. Sayekti. "Optimasi Pemanfaatan Air di Daerah Irigasi Tanggul Kabupaten Pasuruan Menggunakan Program Linier", *Jurnal Teknik Pengairan*, Vol. 1, No. 2, 2018.