

Optimasi Alternatif Pola Tata Tanam Berdasarkan Neraca Air Pada Daerah Irigasi Bekutel

I Gusti Ngurah Kade Mahesa Adi Wardana

Politeknik Negeri Bali, Jl. Kampus Bukit Jimbaran, Bali, Indonesia

*Penulis korespondensi, Surel: adiwardana@pnb.ac.id

Paper received: 05-01-2023; revised: 15-01-2023; accepted: 30-01-2023

Abstract

Water use that does not pay attention to the balance between inputs and outputs causes problems in the effectiveness and efficiency of its use. One of the influencing factors is the inappropriate cropping pattern. This is the case in D.I. Bekutel in Bali Province. From these problems, it is necessary to conduct scientific research to analyse and evaluate alternative cropping patterns based on the condition of the water balance in D.I. Bekutel at a certain period of time. The purpose of this research is to optimally utilise water in D.I. Bekutel from various alternative cropping patterns in one year of the growing season. The method in this research is quantitative by using primary data analysis and secondary data. To achieve the objectives of this research, it starts from primary data collection based on field surveys and secondary data collection obtained from relevant agencies. The selected alternative cropping pattern is alternative cropping pattern IV because it produces the smallest irrigation water use rate of 1.048 litres/second/hectare. The water balance condition for the existing cropping pattern experienced a surplus of 15.80% when the mainstay discharge decreased, while for the selected alternative cropping pattern experienced a surplus of 39.55% under the same conditions.

Keywords: cropping patterns; water balance; bekutel irrigation area

Abstrak

Penggunaan air yang tidak memperhatikan keseimbangan antara input dan output mengakibatkan masalah pada efektifitas dan efisiensi penggunaannya. Salah satu faktor yang mempengaruhi adalah tidak tepatnya pola tata tanam. Hal ini terjadi di Daerah Irigasi Bekutel di Provinsi Bali. Dari permasalahan tersebut, maka perlu dilakukan penelitian ilmiah untuk menganalisis dan mengevaluasi alternatif pola tata tanam berdasarkan kondisi neraca air di D.I. Bekutel pada kurun waktu tertentu. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memanfaatkan air di D.I. Bekutel secara optimal dari berbagai alternatif pola tanam dalam satu tahun musim tanam. Metode dalam penelitian ini adalah kuantitatif dengan menggunakan analisis data primer dan data sekunder. Untuk mencapai tujuan dari penelitian ini, dimulai dari pengumpulan data primer berdasarkan survei lapangan dan pengumpulan data sekunder yang diperoleh dari instansi terkait. Alternatif pola tata tanam yang terpilih adalah alternatif pola tata tanam IV karena menghasilkan tingkat penggunaan air irigasi yang paling kecil yaitu sebesar 1,048 liter/detik/hektar. Kondisi neraca air untuk pola tata tanam eksisting mengalami surplus sebesar 15,80% pada saat debit andalan menurun, sedangkan untuk pola tanam alternatif terpilih mengalami surplus sebesar 39,55% pada kondisi yang sama.

Kata kunci: pola tata tanam; neraca air; daerah irigasi bekutel

1. Pendahuluan

Untuk mendukung keberhasilan pembangunan pertanian dalam menciptakan program swasembada pangan diperlukan kebijakan pemerintah yang bersifat strategis dalam hal ini adalah berupa pembangunan irigasi. Untuk mencapai hal tersebut diperlukan pengelolaan dan perhatian khusus terhadap penggunaan sumber daya air, dimana hal ini berdampak kuat pada penggunaan air untuk kebutuhan tanaman, kehilangan air saat pengaliran (*distribution losses*) dan saat pemakaian (*field application losses*) (Akmal et al., 2014).

Pengelolaan sumber daya air yang dimaksud di sini adalah pemanfaatan air untuk keperluan irigasi, sehingga air dapat didistribusikan dan dialokasikan secara efektif dan efisien dengan tidak mempengaruhi pertumbuhan dan produksi tanaman. Setiap pemakai air irigasi wajib menggunakan air secara efisien, terlebih pada daerah yang memiliki tingkat kelangkaan air yang tinggi sehingga pemanfaatan air yang tersedia dilakukan secara cermat dan hati-hati. Penggunaan air yang benar-benar sesuai dengan kebutuhan budidaya tanaman merupakan suatu upaya dalam melakukan efisiensi. Untuk menjamin air irigasi yang cukup dan pertumbuhan tanaman yang layak, jumlah air yang tersedia atau dialirkan ke lahan pertanian disesuaikan dengan kebutuhan tumbuh tanaman tersebut. Perencanaan yang menyangkut perhitungan *input* (ketersediaan air permukaan dan cuah hujan) dan perhitungan *output* (kebutuhan air irigasi, evapotranspirasi dan perkolasi) atau sering disebut sebagai neraca air merupakan faktor penting dalam melaksanakan efisiensi penggunaan air. (Assagaf et al., 2016).

Penggunaan air yang kurang memperhatikan keseimbangan antara *input* dan *output* akan mengakibatkan permasalahan dalam efektifitas dan efisiensi penggunaan air. Apabila diketahui besarnya kebutuhan air irigasi, maka pada suatu titik waktu tertentu dapat diperkirakan kapan ketersediaan air dapat dan tidak dapat memenuhi kebutuhan air irigasi sampai batas yang dibutuhkan. Jika kebutuhan tidak dapat dipenuhi ketersediaan maka harus dicarikan solusi agar kebutuhan tersebut tetap terpenuhi. Jumlah kebutuhan air irigasi harus diketahui karena ini merupakan salah satu langkah terpenting dalam perencanaan dan pengelolaan sistem irigasi. (Priyonugroho, 2014).

Salah satu faktor yang mempengaruhi ketidaksesuaian dalam pemberian air irigasi adalah perencanaan pola tata tanam (waktu tanam dan jenis tanaman) yang kurang tepat (Sayekti, 2010). Hal ini terjadi pada Daerah Irigasi (D.I.) Bekutel di Provinsi Bali, dimana petani pemakai air (*subak*) pada daerah irigasi tersebut menerapkan waktu tanam yang kurang memperhatikan ketersediaan air yang ada. Berdasarkan hasil wawancara dengan petani *subak* di D.I. Bekutel diperoleh informasi bahwa pada periode tertentu seringkali para petani *subak* memperoleh kelebihan air, padahal di waktu tersebut kebutuhan akan air irigasi cenderung sedikit. Hal sebaliknya juga terjadi disaat kebutuhan akan air irigasi relatif tinggi petani *subak* justru mengalami kekurangan air untuk irigasi. Upaya untuk menyeragamkan jadwal tanam sudah dicoba, akan tetapi beberapa anggota *subak* masih menerapkan periode jadwal tanam yang mengacu pada sistem penanggalan tradisional Bali untuk menentukan waktu yang tepat untuk memulai penanaman. Anggota *subak* tersebut mempercayai bahwa sistem penanggalan tradisional Bali tersebut masih relevan untuk diterapkan mengingat hal tersebut sudah turun temurun dilakukan, sedangkan sebagian dari anggota *subak* yang lain mengacu pada jadwal tanam yang dianjurkan oleh instansi terkait.

Berdasarkan permasalahan yang terjadi seperti diatas, maka sangat penting untuk dilakukan penelitian yang bersifat ilmiah dengan mempertimbangkan data-data yang diperlukan yang bertujuan untuk menganalisis dan mengevaluasi pola tata tanam alternatif berdasarkan kondisi neraca air pada D.I. Bekutel dalam kurun waktu tertentu. Fokus permasalahan pada penelitian ini (a) bagaimana penentuan pola tata tanam alternatif di D.I. Bekutel (b) berapa kebutuhan air irigasi maksimum untuk pola tata tanam alternatif di D.I. Bekutel (c) bagaimana kondisi neraca air untuk pola tata tanam eksisting dan alternatif yang terpilih. Penelitian ini bertujuan untuk pengoptimalan penggunaan air di D.I. Bekutel dari berbagai alternatif pola tanam dengan jenis tanaman sesuai kondisi eksisting serta waktu penanaman yang tepat pada kondisi musim hujan dan kemarau. Dengan diketahuinya kondisi

neraca air berdasarkan alternatif pola tata tanam yang sudah disimulasikan, maka akan diketahui kapan waktu yang tepat untuk menetapkan jadwal tanam. Manfaat dari penelitian ini adalah diperolehnya pola tata tanam terbaik untuk optimalisasi penggunaan air irigasi di D.I. Bekutel. Penelitian ini diharapkan dapat dijadikan sebagai bahan masukan serta kajian untuk menentukan kebijakan serta sebagai data untuk perencanaan lebih lanjut di instansi terkait.

2. Metode

2.1. Jenis Penelitian

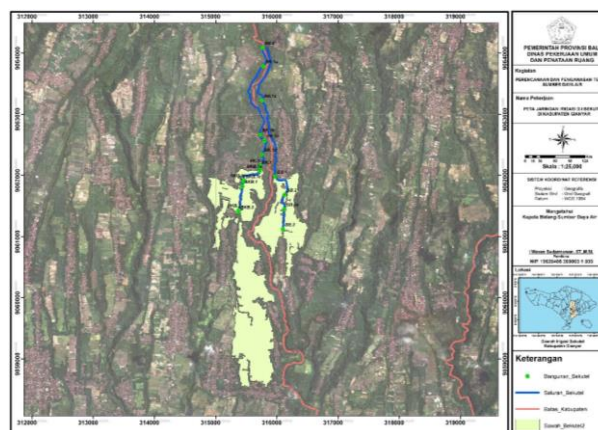
Penelitian ini tergolong dalam penelitian kuantitatif dengan menggunakan metode analisis data primer dan data sekunder untuk menyelesaikan permasalahan.

Data primer diperoleh dengan cara melakukan survey lapangan berupa pengidentifikasian kondisi eksisting pola tata tanam yang diterapkan di D.I. Bekutel. Kegiatan wawancara juga dilakukan terhadap petani pengguna air (*subak*) untuk mengetahui karakteristik penerapan jadwal dan jenis tanaman yang sudah diterapkan.

Data sekunder bersumber dari instansi terkait berupa data iklim, data curah hujan, skema irigasi, dan pola tata tanam eksisting yang diterapkan saat penelitian berlangsung. Jenis tanaman yang dipakai dalam analisis sesuai dengan yang ditanam pada lahan sawah selama penelitian berlangsung sesuai dengan kondisi sebenarnya. Data-data tersebut digunakan untuk menganalisis kebutuhan air irigasi secara empiris yang dihitung dengan menggunakan metode *Netto Field Water Requirement (NFR)*.

2.2. Waktu dan Tempat Penelitian

Waktu pelaksanaan penelitian dilakukan pada Bulan Februari sampai dengan Bulan Desember Tahun 2018. Penelitian dilakukan di waktu tersebut karena penulis ingin mengamati jadwal serta jenis tanam yang diterapkan secara langsung oleh petani *subak* selama satu tahun masa tanam.



Gambar 1. Peta Lokasi Studi

Lokasi dilakukannya penelitian ini berada di Daerah Irigasi Bekutel yang berada di Daerah Aliran Sungai (DAS) Tukad Sangsang. Daerah Irigasi Bekutel merupakan daerah irigasi lintas kabupaten yang menjadi kewenangan Pemerintah Provinsi Bali dalam hal ini Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang. Secara administratif D.I. Bekutel berada di wilayah Kabupaten Gianyar dan Kabupaten Bangli. Berdasarkan Permen PUPR 14/PRT/M/2015, luas

baku D.I. Bekutel adalah 224 hektar yang meliputi Kabupaten Bangli 92 hektar dan Kabupaten Gianyar 132 hektar, sedangkan luas fungsional saat ini berdasarkan Laporan Realisasi Luas Tanam dan Panen Tahun 2017 adalah 223,5 hektar. Pola tata tanam D.I. Bekutel saat ini adalah Padi – Padi – Palawija dimana musim tanam I dimulai di awal Bulan Oktober (*Pengamat Tukad Sangsang/Melangit - Laporan Realisasi Luas Tanam dan Panen, 2015-2017*).

2.3. Subjek Penelitian

Subjek dalam penelitian adalah petani pengguna air (*subak*) di D.I. Bekutel dan instansi-instansi terkait seperti Dinas PUPR Provinsi Bali, Balai Wilayah Sungai Bali – Penida (BWS BP), Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Wilayah III Denpasar, serta Badan Pusat Statistik (BPS). Keseluruhan subjek penelitian tersebut diperlukan untuk memperoleh data dan informasi yang dibutuhkan dalam penelitian ini.

2.4. Prosedur

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan memanfaatkan metode analisis data primer dan sekunder untuk pemecahan masalah. Untuk mencapai tujuan penelitian ini dimulai dari pengumpulan data primer berdasarkan survei lapangan dan data sekunder diperoleh dari instansi terkait.

Setelah data primer dan sekunder diperoleh, berikutnya dilanjutkan dengan proses analisis yang meliputi: analisis pola tata tanam alternatif; perhitungan kebutuhan air irigasi menggunakan metode *Netto Field Water Requirement (NFR)* sesuai dengan yang Standar Perencanaan KP-01; perhitungan debit andalan atau ketersediaan menggunakan metode *basic year*; analisis neraca air dengan menyandingkan debit andalan dengan debit kebutuhan irigasi berdasarkan pola tata tanam eksisting dan alternatif terpilih. Diagram alir (*flow chart*) penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.

2.5. Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian yang digunakan adalah *software MS. Excel* sebagai alat bantu dalam melakukan perhitungan terkait dengan kebutuhan air irigasi, debit andalan (ketersediaan), serta neraca air yang terjadi untuk kondisi pola tata tanam eksisting dan alternatif terpilih.

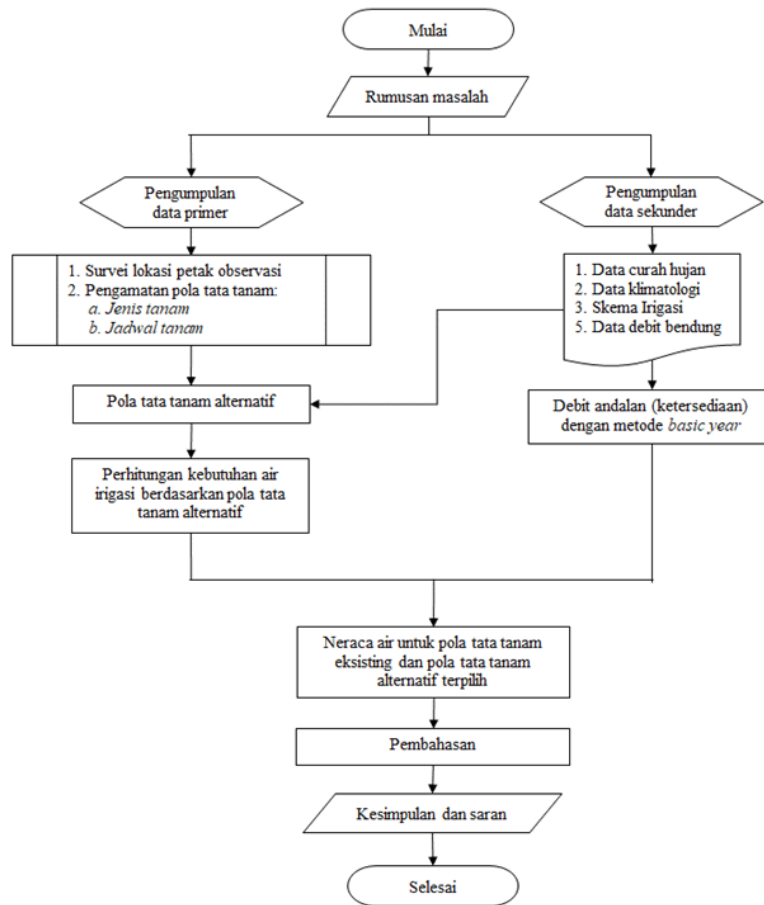
2.6. Teknik Analisis Data

2.6.1. Pola Tata Tanam

Bambang Guritno (2011) menjelaskan bahwa upaya untuk mengatur pola pertanaman (*cropping pattern*) di suatu petak yang berhubungan dengan teknologi budidaya tanaman dan sumber daya lahan pada kurun waktu tertentu dikenal dengan istilah pola tanam (*cropping system*). Sedangkan menurut Anderws dan Kassam (1976) menyatakan bahwa susunan tata letak dan urutan tanaman di sebuah petak sawah untuk satu periode tertentu, termasuk pengolahan tanah dan bera disebut sebagai pola pertanaman (Huda et al., 2012).

Pola tata tanam merupakan sistem pembagian pengolahan lahan, dimana pada umumnya pembagian tersebut berdasarkan jumlah air pada bendung atau juga dapat direncanakan dengan histogram hujan rata-rata bulanan. Dari histogram dapat dilihat kondisi hujan pada

bulan kering maupun basah. Dari data tersebut dapat ditentukan pola tata tanam alternatif sesuai dengan kondisi setempat.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian (Flow Chart)

Pola tata tanam merupakan sistem pembagian pengolahan lahan, dimana pada umumnya pembagian pola tata tanam berdasarkan debit air pada bendung atau juga dapat direncanakan dengan histogram hujan rata-rata bulanan. Dari histogram hujan rata-rata bulanan dapat dilihat kondisi hujan pada bulan-bulan kering maupun bulan-bulan basah. Dari data tersebut dapat ditentukan alternatif pola tata tanam yang sesuai dengan kondisi setempat.

2.6.2. Kebutuhan Air Irigasi

Kebutuhan air irigasi adalah jumlah total air yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan evaporasi, kehilangan air dan kebutuhan air tanaman, dengan memperhitungkan jumlah air yang disediakan oleh alam melalui hujan dan proporsi air tanah. (Sosrodarsono & Takeda, 2003). Kebutuhan air irigasi di sawah ditentukan antara lain oleh: Evapotranspirasi, persiapan lahan, penggunaan konsumtif, rembesan dan limpasan, penggantian lapisan air, curah hujan efektif, dan efisiensi irigasi.

2.6.2.1. Evapotranspirasi

Besarnya evapotranspirasi untuk setiap tanaman berbeda-beda. Dalam teknologi irigasi, nilai evapotranspirasi dianggap sebagai konsumsi air tanaman (*consumtif use*) dan dianggap setara dengan evapotranspirasi potensial. Koefisien tanaman yang bergantung pada jenis dan periode pertumbuhan tanaman sangat diperlukan untuk menghitung besarnya evapotranspirasi tanaman tertentu (Doorenbos, 1981). Perhitungan besarnya evapotranspirasi tanaman dapat dihitung sebagai berikut:

$$Etc = Kc \times Eto$$

Dengan:

Etc = evapotranspirasi tanaman tertentu (mm/hari),

Kc = koefisien tanaman yang tergantung pada jenis dan periode pertumbuhan tanaman,

Eto = evapotranspirasi potensial atau tanaman acuan (mm/hari).

Selain dengan cara pengukuran, evapotranspirasi tanaman dapat dilakukan dengan cara pendugaan. FAO merekomendasikan penggunaan metode Penman yang dimodifikasi ketika data iklim tersedia data (jam penyinaran rerata harian, suhu rerata udara harian, kecepatan angin rerata harian, dan kelembaban relatif rerata harian).

2.6.2.2. Nett Field Water Requirement (NFR)

Netto Field Water Requirement (NFR) atau kebutuhan bersih air di sawah merupakan perkiraan jumlah air irigasi berdasarkan faktor-faktor seperti jenis tanaman, jenis tanah, metode konsumsi air, metode pengolahan tanah, curah hujan, waktu tanam, iklim, pemeliharaan saluran. dan pembangunan bendungan dan sebagainya. Menurut (Dirjen Sumber Daya Air, 2013), jumlah air yang digunakan untuk irigasi di petak persawahan dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$NFR = ETc + P + WLR - Re$$

Dengan:

NFR = *Netto Field Water Requirement*, kebutuhan bersih air di sawah (mm/hari)

ETc = Evaporasi tanaman (mm/hari)

P = Perkolasi (mm/hari)

WLR = Penggantian lapisan air (mm/hari)

Re = Curah hujan efektif (mm/hari)

2.6.2.3. Efisiensi Irigasi

Secara kuantitatif, sangat sedikit yang diketahui tentang efisiensi jaringan irigasi dan sulit untuk diukur. Kehilangan air irigasi untuk tanaman padi berkaitan dengan: (a) kehilangan air di saluran pembawa akibat rembesan, penyadapan air tanpa izin, evaporasi, (b) kegagalan fungsi termasuk pemberian air yang berlebihan (Kalsim, 2002).

2.6.3. Debit Andalan

Debit yang dapat diandalkan pada suatu kemungkinan tertentu disebut dengan debit andalan. Peluang yang dimiliki pada debit andalan tidaklah sama. Untuk keperluan irigasi

digunakan kemungkinan 80% dan air minum serta industri tertentu dituntut kemungkinan lebih tinggi, yaitu 90% - 95% (Saves et al., 2021). Tujuan perhitungan debit andalan (*dependable discharge*) adalah untuk menentukan nilai kuantitatif aliran yang tersedia sepanjang tahun, selama musim kemarau dan musim hujan. Dengan kata lain debit andalan adalah jumlah debit minimal yang keandalannya dapat dijamin dengan probabilitas P% atau tingkat resiko kegagalannya (1-P%).

Terdapat berbagai cara yang bisa digunakan untuk menganalisis debit andalan. Debit andalan dapat dihitung dengan berdasarkan catatan data debit di bendung atau alih ragam data hujan. Metode *basic year* dan *Weibull* dapat digunakan dalam perhitungan debit andalan. Pilihan metode yang tepat biasanya didasarkan pada faktor-faktor seperti berikut: informasi yang tersedia; pengalaman; dan jenis kepentingan. Dalam menganalisis debit andalan yang berdasarkan catatan data debit di bendung digunakan metode *basic year*, karena data yang tersedia berupa data debit yang diukur langsung oleh petugas pencatat debit bendung. Langkah-langkah dalam menganalisis debit andalan dengan metode *basic year* adalah sebagai berikut:

- Data debit tahunan yang tersedia dirangking dan disusun dari besar ke kecil.
- Debit andalan dengan metode *basic year* selanjutnya ditentukan berdasarkan persamaan:

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

Dengan:

R_{80} = Debit dengan probabilitas 80%.

N = Jumlah tahun data.

2.6.4. Neraca Air

Neraca air menunjukkan bahwa jumlah total air sama dengan total produksi air ditambah perubahan stok air selama periode waktu tertentu. Nilai perubahan air cadangan bisa positif atau negatif (Suhartanto et al., 2019). Persamaan umum neraca air adalah sebagai berikut (Harto Br., 1993):

$$I = O \pm \Delta S$$

Dengan:

I = Masukan

O = Keluaran

ΔS = Perubahan cadangan air.

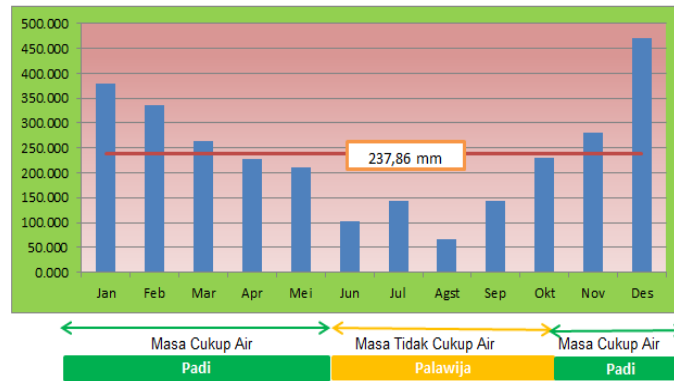
3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil Analisis Pola Tata Tanam Alternatif

Penentuan pola tata tanam alternatif di D.I. Bekutel didasarkan pada histogram hujan yang terjadi. Berdasarkan histogram hujan rata-rata bulanan seperti yang terlihat pada Gambar 3, dapat diketahui bahwa rata-rata curah hujan yang terjadi di D.I. Bekutel sebesar 237,86 mm. Dari grafik tersebut diketahui bahwa musim hujan atau masa cukup air dimulai pada Bulan Oktober sampai dengan Bulan April, sedangkan musim kemarau atau masa tidak cukup air

terjadi pada Bulan Mei sampai dengan Bulan September. Berdasarkan histogram yang diperoleh selanjutnya ditentukan alternatif pola tata tanam dengan cara mengeser jadwal tanam setiap setengah bulan dari pola tata tanam eksisting, sehingga dalam penelitian ini terbentuk sebanyak 4 skenario pola tata tanam alternatif termasuk eksisting seperti yang diperlihatkan pada Gambar 4.

Dengan penerapan pola tanam eksisting di D.I. Bekutel yaitu Padi-Padi-Palawija dan dengan memperhatikan masa pengolahan tanah (*Land Preparation*), maka penentuan awal masa tanam di setiap periode dapat dijelaskan seperti pada Tabel 1.



Gambar 3. Histogram Hujan Rata-rata Bulanan pada D.I. Bekutel

PTT Alt	Jan		Feb		Mar		Apr		Mei		Jun		Jul		Ags		Sep		Okt		Nov		Des	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
Alt I	LP		Padi				Palawija				Bera		LP		Padi									
Alt II	LP		Padi				Palawija				Bera		LP		Padi									
Alt III	Padi		LP		Padi				Palawija				Bera		LP		Padi							
Alt IV	Padi		LP		Padi				Palawija				Bera		LP		Padi							

Gambar 4. Skenario Pola Tata Tanam Alternatif pada D.I. Bekutel

Dengan pola tanam eksisting yang diterapkan di D.I. Bekutel yaitu Padi-Padi-Palawija dan dengan memperhatikan masa pengolahan tanah (*Land Preparation*), maka penentuan awal masa tanam di setiap periode dapat dijelaskan seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Awal Masa Tanam di D.I. Bekutel untuk Setiap Pola Tata Tanam Alternatif

Alternatif	Awal Masa Tanam		
	Padi I	Padi II	Palawija
Alternatif I (eksisting)	1 Oktober	1 Februari	1 Mei
Alternatif II	16 Oktober	16 Februari	16 Mei
Alternatif III	1 November	1 Maret	1 Juni
Alternatif IV	16 November	16 Maret	uni

3.2. Hasil Analisis Kebutuhan Air Irigasi

Dari data-data yang sudah dianalisis, selanjutnya dihitung kebutuhan air irigasi untuk setiap skenario pola tata tanam alternatif secara empiris. Perhitungan kebutuhan air bersih di

sawah menggunakan metode *Netto Field Water Requirement (NFR)* sesuai dengan yang disyaratkan pada Standar Perencanaan Irigasi (KP-01). Kebutuhan air netto (*NFR*) dianalisis untuk kebutuhan satu daerah irigasi secara utuh, karena perhitungan kebutuhan air netto (*NFR*) merupakan suatu perhitungan standar perencanaan irigasi yang bermaksud untuk mengetahui debit air irigasi yang harus disediakan dalam memenuhi kebutuhan air irigasi sampai di petak tersier. Kebutuhan air irigasi netto (*NFR*) dipengaruhi oleh besarnya evapotranspirasi (*ET_o*) dan perkolasi (*P*) pada suatu lahan pertanian, semakin besar nilai *ET_o* dan *P* maka kebutuhan air menjadi tinggi. Nilai *NFR* adalah jumlah total evapotranspirasi dan perkolasi dikurang dengan jumlah total curah hujan efektif (*Re*) dan *Water Level Requirements (WLR)*/penggantian lapisan air. Apabila *NFR* bernilai negatif (-) berarti kebutuhan air tanaman mampu dipenuhi oleh curah hujan efektif, namun apabila *NFR* bernilai positif (+) artinya curah hujan efektif tidak dapat memenuhi kebutuhan air tanaman sehingga jumlah air tambahan yang berasal dari saluran irigasi sangat diperlukan. Untuk lebih jelasnya perhitungan kebutuhan air irigasi (*NFR*) untuk seluruh pola tata tanam alternatif dapat disimak pada **Error! Reference source not found.-8**.

PTT Alt		Satuan	Jan		Feb		Mar		Apr		Mei		Jun		Jul		Ags		Sep		Okt		Nov		Des		
Pola Tata Tanam			I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	
1	Evapotranspirasi Potensial	mm/hari	3,395	3,395	3,136	3,136	3,147	3,147	2,375	2,375	2,168	2,168	2,015	2,015	2,032	2,032	2,503	2,503	3,120	3,120	3,175	3,175	3,184	3,184	3,172	3,172	
2	Keb. Air Penyapihan Lahan (KPAL)	mm/hari	11,527	11,527	11,353	11,353													11,959	11,959	11,379	11,379					
3	Ratio Penyapihan Lahan		0,25	0,25	0,25	0,25													0,250	0,250	0,250	0,250					
4	KAPLH dengan Ratio	mm/hari	2,882	8,845	8,515	2,838													2,900	9,959	8,534	2,845					
5	Koefisien Tanaman		0		1,1	1,1	1,05	1,05	0,95	0	0,5	0,75	1	1	0,82	0,45						1,1	1,1	1,05	1,05	0,95	0
6	Rerata Koefisien Tanaman		0	0	0,55	1,1	1,075	1,05	1	0,475	0,25	0,625	0,875	1	0,91	0,635	0,225	0	0	0	0,55	1,1	1,075	1,05	1	0,475	
7	Kebutuhan Air Tanaman (ET)	mm/hari	0,000	0,000	1,725	3,450	3,303	3,304	2,375	1,126	0,942	1,355	1,763	2,015	1,849	1,250	0,563	0,000	0,000	3,000	1,746	3,452	3,423	3,331	3,172	1,507	
8	Perkolasi	mm/hari	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	
9	Penggantian Lapisan Air (WLR)	mm/hari			3,33	3,33															3,33	3,33					
10	Ratio Luas Tanaman		0,75	0,25	0,25	0,75	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,75	0,25			0,25	0,75	1	1	1	1	
11	ET + P + WLR	mm/hari	1,500	0,500	1,754	4,057	8,713	5,304	4,375	3,126	3,542	4,955	4,793	5,015	4,849	4,290	2,672	0,750	0,000	0,000	1,789	4,119	8,793	5,343	5,172	1,507	
12	Curah Hujan Efektif (Re)	mm/hari	15,272	12,495	13,642	11,162	8,829	7,224	9,907	8,106	4,338	2,028	0,411	0,336	6,629	5,424	1,569	0,636	0,000	0,000	0,077	0,063	7,791	6,342	37,653	30,807	
13	Ratio Luas Total		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,75	0,25	0,25	0,75	1	1	1	1	1	1	
14	Re dengan Ratio	mm/hari	15,272	12,495	13,642	11,162	8,829	7,224	9,907	8,106	4,338	2,028	0,411	0,336	6,629	5,424	1,177	0,159	0,000	0,000	0,077	0,063	7,791	6,342	37,653	30,807	
15	Kebutuhan Air Bersih di Sawah (NFR)	mm/hari	-10,830	-3,500	-3,983	-4,236	-0,117	-1,520	-5,533	-4,970	-0,798	2,227	4,363	4,679	-1,780	-1,194	1,456	0,591	2,960	8,569	10,229	9,500	1,002	-0,939	-32,481	-23,330	
16	Elisensi Irigasi	mm/hari	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65
17	Keb. Air Intake	mm/hari	-16,754	-5,154	-5,174	-6,517	-0,180	-2,954	-8,112	-7,638	-1,224	4,231	7,914	8,507	-3,236	-2,061	2,301	0,909	4,599	13,798	15,733	10,817	1,541	-1,538	-49,770	-45,077	
18	Keb. Air Intake	l/dettha	-1,938	-0,596	-0,599	-0,754	-0,021	-0,342	-0,938	-0,838	-0,142	0,493	0,916	0,985	-0,379	-0,233	0,284	0,105	0,532	1,597	1,821	1,229	0,178	-0,179	-5,794	-5,217	

Gambar 5. Hasil Perhitungan Kebutuhan Air Irigasi di D.I. Bekutel (Alternatif I)

PTT Alt		Satuan	Jan		Feb		Mar		Apr		Mei		Jun		Jul		Ags		Sep		Okt		Nov		Des	
Pola Tata Tanam			I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
1	Evapotranspirasi Potensial	mm/hari	3,395	3,395	3,136	3,136	3,147	3,147	2,375	2,375	2,168	2,168	2,015	2,015	2,032	2,032	2,503	2,503	3,120	3,120	3,175	3,175	3,184	3,184	3,172	3,172
2	Keb. Air Penyapihan Lahan (KPAL)	mm/hari			11,527	11,353	11,360													11,959	11,379	11,379	11,381			
3	Ratio Penyapihan Lahan				0,25	0,75	0,25	0,25												0,250	0,750	0,750	0,25			
4	KAPLH dengan Ratio	mm/hari			2,882	8,515	8,515	2,840												2,900	8,534	8,534	2,846			
5	Koefisien Tanaman		0				1,1	1,1	1,05	1,05	0,95	0	0,5	0,75	1	1	0,82	0,45					1,1	1,1	1,05	1,05
6	Rerata Koefisien Tanaman		0,475	0	0	0,55	1,1	1,075	1,05	1	0,475	0,25	0,625	0,875	1	0,91	0,635	0,225	0	0	0	0,55	1,1	1,075	1,05	1
7	Kebutuhan Air Tanaman (ET)	mm/hari	1,613	0,000	0,000	1,725	3,461	3,383	2,494	2,375	1,030	0,542	1,259	1,763	2,032	1,849	1,589	0,563	0,000	0,000	1,746	3,502	3,423	3,331	3,172	
8	Perkolasi	mm/hari	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2
9	Penggantian Lapisan Air (WLR)	mm/hari					3,33	3,33													3,33	3,33				
10	Ratio Luas Tanaman		1	0,75	0,25	0,25	0,75	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,75	0,25			0,25	0,75	1	1	1	1
11	ET + P + WLR	mm/hari	3,613	1,500	0,500	1,764	4,096	8,713	4,494	4,375	4,030	3,542	4,259	4,763	5,032	4,849	4,589	2,672	0,750	0,000	1,769	4,127	8,753	5,331	3,172	
12	Curah Hujan Efektif (Re)	mm/hari	15,272	12,495	13,642	11,162	8,829	7,224	9,907	8,106	4,338	3,549	2,028	0,411	0,336	6,629	5,424	1,569	0,636	0,000	0,000	0,063	7,751	6,342	37,653	30,807
13	Ratio Luas Total		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,75	0,25	0,25	0,75	1	1	1	1	1	1
14	Re dengan Ratio	mm/hari	15,272	12,495	13,642	11,162	8,829	7,224	9,907	8,106	4,338	3,549	2,028	0,411	0,336	6,629	5,424	1,177	0,159	0,000	0,000	0,063	7,751	6,342	37,653	30,807
15	Kebutuhan Air Bersih di Sawah (NFR)	mm/hari	-11,659	-8,113	-4,627	-0,883	-1,893	-1,489	-5,414	-3,731	-0,306	-0,007	2,231	4,363	4,696	-1,780	-0,835	1,495	0,591	2,990	8,534	10,240	-0,778	2,411	-32,322	-27,635
16	Elisensi Irigasi	mm/hari	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65
17	Keb. Air Intake	mm/hari	-17,937	-12,482	-7,118	-1,368	-2,913	-2,290	-8,329	-5,740	-0,474	-0,011	4,067	7,914	8,539	-3,236	-1,284	2,719	0,909	4,599	13,120	15,754	-1,197	3,709	-49,726	-42,515
18	Keb. Air Intake	l/dettha	-2,076	-1,445	-0,824	-0,157	-0,337	-0,265	-0,964	-0,664	-0,055	-0,001	0,470	0,916	0,988	-0,375	-0,149	0,315	0,105	0,532	1,520	1,823	-0,139	0,429	-5,755	-4,921

Gambar 6. Hasil Perhitungan Kebutuhan Air Irigasi di D.I. Bekutel (Alternatif II)

PTT Alt	Satuan	Jan		Feb		Mar		Apr		Mei		Jun		Jul		Ags		Sep		Okt		Nov		Des			
		I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II		
		Padi				LP		Padi				Palawija				Bera		LP		Padi							
1	Evapotranspirasi Potensial	mm/hari	3.395	3.395	3.136	3.136	3.147	3.147	2.375	2.375	2.168	2.168	2.015	2.015	2.032	2.032	2.503	2.503	3.120	3.120	3.175	3.175	3.184	3.184	3.172	3.172	
2	Keb. Air Penyipapan Lahan (KPAL)	mm/hari			11.353	11.353	11.36007	11.36007													11.379	11.379	11.385	11.385			
3	Ratio Penyipapan Lahan	mm/hari			0.25	0.75	0.75	0.25													0.250	0.750	0.75	0.25			
4	KAPLH dengan Ratio	mm/hari			2.838	8.515	8.520	2.840													2.845	8.534	8.539	2.846			
5	Koefisien Tanaman		0.95	0			1.1	1.1	1.05	1.05	0.95	0	0.5	0.75	1	1	0.82	0.45					1.1	1.1	1.05	1.05	
6	Rerata Koefisien Tanaman		0.95	0.95	0	0	0.55	1.1	1.075	1.05	1	0.475	0.25	0.625	0.875	1	0.91	0.635	0.225	0	0	0	0.55	1.1	1.075	1.05	
7	Kebutuhan Air Tanaman (ET)	mm/hari	3.225	1.613	0.000	0.000	1.731	3.461	2.553	2.494	2.168	1.030	0.504	1.259	1.778	2.032	2.278	1.589	0.702	0.000	0.000	0.000	1.751	3.502	3.410	3.331	
8	Pekokasi	mm/hari	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	
9	Penggantian Lapisan Air (WLR)	mm/hari					3.33	3.33															3.33	3.33			
10	Ratio Luas Tanaman	mm/hari	1	1	0.75	0.25	0.75	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.75	0.25			0.25	0.75	1	1
11	ET + P + WLR	mm/hari	5.225	3.613	1.500	0.500	1.765	4.096	7.883	4.994	5.168	4.030	3.504	4.259	4.778	5.032	5.278	4.589	2.776	0.750	0.000	0.000	1.770	4.127	8.740	3.331	
12	Curah Hujan Efektif (Re)	mm/hari	15.272	12.495	13.642	11.162	8.829	7.224	9.907	8.106	4.338	3.549	0.719	0.336	6.629	5.424	1.569	0.636	0.000	0.044	0.036	0.751	6.342	37.653	30.807		
13	Ratio Luas Total	mm/hari	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.75	0.25	0.25	0.75	1	1	1	1	
14	Re dengan Ratio	mm/hari	15.272	12.495	13.642	11.162	8.829	7.224	9.907	8.106	4.338	3.549	0.719	0.336	6.629	5.424	1.569	0.636	0.000	0.000	0.011	0.027	7.751	6.342	37.653	30.807	
15	Kebutuhan Air Bersih di Sawah(NFR)	mm/hari	-10.046	-8.882	-9.304	-2.147	1.456	-0.288	-2.024	-3.612	0.830	0.481	2.785	3.923	-1.851	-0.382	3.708	3.953	2.776	0.750	2.834	8.507	2.558	0.631	-28.913	-27.476	
16	Efisiensi Irigasi	mm/hari	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	
17	Keb. Air Intake	mm/hari	-15.456	-13.665	-14.313	-3.303	2.240	-0.443	-3.114	-5.558	1.277	0.738	4.285	7.134	-3.386	-0.712	5.705	7.188	5.048	1.364	4.360	13.088	3.935	0.971	-44.481	-42.271	
18	Keb. Air Intake	l/detik/ha	0.000	0.000	0.000	0.000	0.259	0.000	0.000	0.000	0.148	0.086	0.496	0.826	-0.390	-0.082	0.660	0.832	0.584	0.158	0.505	1.515	0.455	0.112	-5.148	-4.882	

Gambar 7. Hasil Perhitungan Kebutuhan Air Irigasi di D.I. Bekutel (Alternatif III)

PTT Alt	Satuan	Jan		Feb		Mar		Apr		Mei		Jun		Jul		Ags		Sep		Okt		Nov		Des		
		I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	
		Padi				LP		Padi				Palawija				Bera		LP		Padi						
1	Evapotranspirasi Potensial	mm/hari	3.395	3.395	3.136	3.136	3.147	3.147	2.375	2.375	2.168	2.168	2.015	2.015	2.032	2.032	2.503	2.503	3.120	3.120	3.175	3.175	3.184	3.184	3.172	3.172
2	Keb. Air Penyipapan Lahan (KPAL)	mm/hari			11.353	11.36007	11.36007	10.85113														11.379	11.385	11.385	11.377	
3	Ratio Penyipapan Lahan	mm/hari			0.25	0.75	0.75	0.25														0.250	0.75	0.75	0.25	
4	KAPLH dengan Ratio	mm/hari			2.838	8.520	2.713															2.845	8.539	8.539	2.844	
5	Koefisien Tanaman		1.05	0.95	0			1.1	1.1	1.05	1.05	0.95	0	0.5	0.75	1	1	0.82	0.45					1.1	1.1	1.05
6	Rerata Koefisien Tanaman		1.05	1	0.475	0	0	0.55	1.1	1.075	1.05	1	0.475	0.25	0.625	0.875	1	0.91	0.635	0.225	0	0	0	0.55	1.1	1.075
7	Kebutuhan Air Tanaman (ET)	mm/hari	3.595	3.395	1.490	0.000	0.000	1.731	2.612	2.553	2.276	2.168	0.957	0.504	1.270	1.778	2.503	2.278	1.981	0.702	0.000	0.000	0.000	1.751	3.489	3.410
8	Pekokasi	mm/hari	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2
9	Penggantian Lapisan Air (WLR)	mm/hari					3.33	3.33																3.33	3.33	
10	Ratio Luas Tanaman	mm/hari	1	1	1	0.75	0.25	0.25	0.75	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.75	0.25	0	0	0	0.25	0.75
11	ET + P + WLR	mm/hari	5.595	5.395	3.490	0.500	0.500	1.765	3.459	7.883	5.276	5.168	3.957	3.504	4.270	4.778	5.503	5.278	4.981	2.776	0.500	0.000	0.000	1.770	4.117	5.740
12	Curah Hujan Efektif (Re)	mm/hari	15.272	12.495	13.642	11.162	8.829	7.224	9.907	8.106	4.338	3.549	0.719	0.588	6.629	5.424	1.569	0.636	0.000	0.044	0.036	0.751	6.342	37.653	30.807	
13	Ratio Luas Total	mm/hari	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.75	0.25	0.25	0.75	1	1	1	
14	Re dengan Ratio	mm/hari	15.272	12.495	13.642	11.162	8.829	7.224	9.907	8.106	4.338	3.549	0.719	0.588	6.629	5.424	1.569	0.636	0.000	0.000	0.011	0.009	3.322	6.342	37.653	30.807
15	Kebutuhan Air Bersih di Sawah(NFR)	mm/hari	-9.707	-7.100	-10.152	-8.823	0.191	3.061	-3.735	-0.223	0.938	1.619	3.239	2.916	-2.359	-0.645	3.934	4.642	4.981	2.776	0.498	2.836	5.217	3.967	-30.692	-24.067
16	Efisiensi Irigasi	mm/hari	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65
17	Keb. Air Intake	mm/hari	-14.933	-10.923	-15.619	-10.497	0.293	4.710	-5.747	-0.343	1.444	2.490	4.982	4.486	-4.289	-1.174	7.152	8.440	9.056	5.048	0.889	4.363	8.026	6.103	-47.218	-37.026
18	Keb. Air Intake	l/detik/ha	-1.728	-1.284	-1.808	-1.215	0.034	0.545	-0.665	-0.040	0.167	0.288	0.577	0.519	-0.496	-0.136	0.828	0.977	1.048	0.584	0.103	0.505	0.929	0.706	-5.465	-4.285

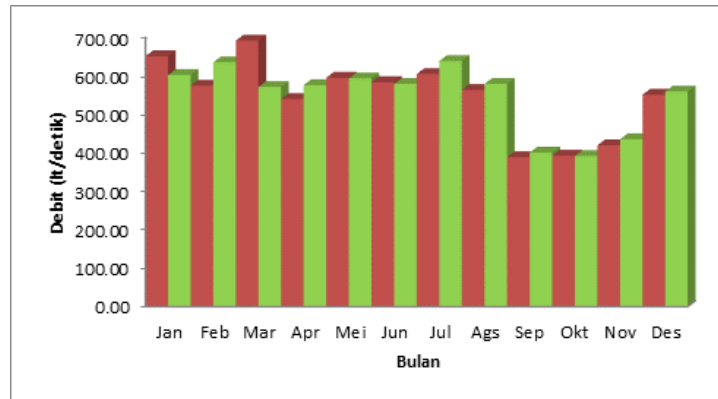
Gambar 8. Hasil Perhitungan Kebutuhan Air Irigasi di D.I. Bekutel (Alternatif IV)

Berdasarkan hasil perhitungan untuk setiap pola tata tanam alternatif yang dianalisis, maka dapat diketahui bahwa kebutuhan maksimum air irigasi pada pola tata tanam alternatif I diperoleh sebesar 1,821 liter/detik/hektar dimana kebutuhan maksimum ini terjadi di Bulan Oktober I. Kebutuhan maksimum air irigasi pada pola tata tanam alternatif II diperoleh sebesar 1,823 liter/detik/hektar dimana kebutuhan maksimum ini terjadi di Bulan Oktober II. Kebutuhan maksimum air irigasi pada pola tata tanam alternatif III diperoleh sebesar 1,515 liter/detik/hektar dimana kebutuhan maksimum ini terjadi di Bulan Oktober II. Kebutuhan maksimum air irigasi pada pola tata tanam alternatif IV diperoleh sebesar 1,048 liter/detik/hektar dimana kebutuhan maksimum ini terjadi di Bulan September I.

Dari seluruh hasil yang diperoleh dapat ditentukan bahwa pola tata tanam alternatif IV adalah pola tata tanam alternatif terpilih karena pada pola tata tanam tersebut menggambarkan tingkat penggunaan air irigasi yang terkecil atau paling efisien jika dibandingkan dengan pola tata tanam alternatif yang lainnya.

3.3. Hasil Analisis Debit Andalan

Data debit total pada bendung maupun bendungan terdiri atas data debit yang masuk ke *intake* irigasi dan debit yang melimpas di atas mercu bendung. Biasanya debit yang tersedia berupa debit harian, setengah bulanan, dan bulanan. Pada D.I. Bekutel digunakan data debit harian Bendung Bekutel dan selanjutnya data tersebut dianalisis dengan metode *basic year* untuk menentukan debit andalan. Hasil analisis debit andalan pada Bendung Bekutel dapat dilihat pada Gambar .



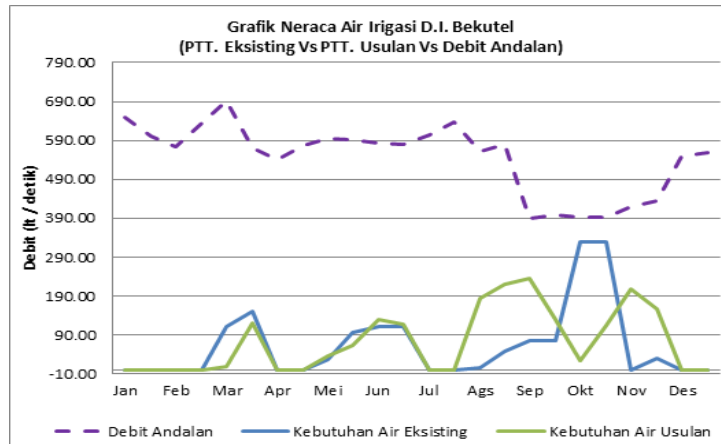
Gambar 9. Grafik Debit Andalan Bendung Bekutel

Dari grafik debit andalan seperti diatas dapat diketahui bahwa debit andalan maksimum di Bendung Bekutel terjadi di Bulan Maret I sebesar 691,30 liter/detik, sedangkan debit andalan minimum terjadi di Bulan September I sebesar 388,40 liter/detik. *Trend* kenaikan debit andalan mulai terjadi di Bulan Desember I sampai mencapai puncaknya di Bulan Maret I dan setelahnya *trend* debit andalan mulai stagnan dan mengalami penurunan pada Bulan September I sampai dengan Bulan November II.

3.4. Hasil Analisis Neraca Air

Grafik neraca air adalah suatu grafik yang mencerminkan perbandingan antara debit ketersediaan dan kebutuhan. Berdasarkan grafik debit andalan, kebutuhan air irigasi pola tata tanam eksisting yang digambarkan oleh pola tata tanam alternatif I dan alternatif terpilih yang digambarkan oleh pola tata tanam alternatif IV, selanjutnya dibuat grafik neraca air dengan menggabungkan seluruh data tersebut. Dari grafik tersebut dapat dilihat kondisi neraca air yang terjadi pada 1 tahun masa tanam di D.I. Bekutel yang ditampilkan pada Gambar 10.

Berdasarkan grafik neraca air tersebut, dapat dilihat bahwa debit andalan yang ditunjukkan memberikan nilai yang lebih besar daripada debit kebutuhan baik untuk pola tata tanam eksisting maupun alternatif terpilih. Grafik neraca air berdasarkan kebutuhan air eksisting menunjukkan penggunaan air tertinggi pada bulan Oktober sebesar 329,58 liter/detik, dan terdapat selisih antara debit andalan dengan debit kebutuhan sebesar 61,86 liter/detik. Grafik neraca air berdasarkan kebutuhan air pola tata tanam terpilih menunjukkan penggunaan air tertinggi pada Bulan September sebesar 234,79 liter/detik, dan terdapat selisih antara debit andalan dengan debit kebutuhan sebesar 153,61 liter/detik.



Gambar 10. Grafik Neraca Air pada D.I. Bekutel (Pola Tata Tanam Eksisting dan Pola Tata Tanam Terpilih)

Dari hal tersebut dapat dijelaskan bahwa kondisi neraca air untuk pola tata tanam eksisting mengalami surplus sebesar 15,80% disaat kondisi debit andalan mengalami penurunan. Kondisi neraca air untuk pola tata tanam alternatif terpilih mengalami surplus sebesar 39,55% disaat kondisi debit andalan mengalami penurunan. Data tersebut menunjukkan bahwa pola tata tanam alternatif terpilih memiliki tingkat efisiensi lebih besar daripada pola tata tanam eksisting pada saat kondisi debit andalan mengalami penurunan.

4. Simpulan

Alternatif pola tata tanam di D.I. Bekutel ditentukan berdasarkan histogram hujan bulanan dan terbentuk sebanyak empat alternatif pola tata tanam termasuk eksisting. Pola tata tanam alternatif terpilih jatuh pada alternatif IV karena menunjukkan tingkat penggunaan air irigasi yang terkecil atau paling efisien jika dibandingkan dengan pola tata tanam alternatif yang lainnya yaitu sebesar 1,048 liter/detik/hektar, dimana awal musim tanam Padi I ditentukan pada tanggal 16 November, awal musim tanam Padi II ditentukan pada tanggal 16 Maret, dan awal musim tanam palawija ditentukan pada tanggal 16 Juni. Besarnya kebutuhan air irigasi maksimum untuk setiap pola tata tanam alternatif di D.I. Bekutel adalah sebesar: 1,821 liter/detik/hektar untuk pola tata tanam alternatif I dimana kebutuhan maksimum terjadi di Bulan Oktober I; 1,823 liter/detik/hektar untuk pola tata tanam alternatif II dimana kebutuhan maksimum terjadi di Bulan Oktober II; 1,515 liter/detik/hektar untuk pola tata tanam alternatif III dimana kebutuhan maksimum terjadi di Bulan Oktober II; dan 1,048 liter/detik/hektar untuk pola tata tanam alternatif IV dimana kebutuhan maksimum terjadi di Bulan September I. Kondisi neraca air untuk pola tata tanam eksisting mengalami surplus sebesar 15,80% disaat kondisi debit andalan mengalami penurunan. Kondisi neraca air yang terjadi untuk pola tata tanam alternatif terpilih mengalami surplus sebesar 39,55% disaat kondisi debit andalan mengalami penurunan. Data tersebut menunjukkan bahwa pola tata tanam alternatif terpilih memiliki tingkat efisiensi lebih besar daripada pola tata tanam eksisting pada saat kondisi debit andalan mengalami penurunan.

Daftar Rujukan

Akmal, M, & Meilianda, E. (2014). Efisiensi Irigasi Pada Petak Tersier di Daerah Irigasi Lawe Bulan Kabupaten Aceh Tenggara. *Jurnal Teknik Sipil UNSYIAH*, 3(3), 20-37.

- Assagaf, S. A., Silahooy, C., Kunu, P. J., Talakua, S., & Soplanit, R. (2016). Efisiensi Pemberian Air Pada Jaringan Irigasi Way Bini Kecamatan Waeapo Kabupaten Buru Provinsi Maluku. *Agrologia*, 5(2), 87-94. <https://doi.org/10.30598/a.v5i2.186>
- Dirjen Sumber Daya Air, K. (2013). *Standar Perencanaan Irigasi KP-01*. In Bandung: CV Galang Persada. https://scholar.google.co.id/scholar?q=irigasi&btnG=&hl=id&as_sdt=0%2C5#0
- Doorenbos, J. (1981). *Guidelines for Predicting Crop Water Requirements*. FAO of United Nations.
- Harto Br., S. (1993). *Analisis Hidrologi*. Gramedia Pustaka Utama.
- Huda, M. N., Harisuseno, D., & Priyantoro, D. (2012). Penyusunan Jadwal Rotasi Pada Daerah Irigasi Tumpang Kabupaten Malang. *Jurnal Teknik Pengairan*, 3(2), 221-229.
- Kalsim, D. (2002). *Rancangan Irigasi Gravitasi, Drainase dan Infrastruktur (Ed. 2)*. Laboratorium Teknik Tanah dan Air, FATETA IPB.
- Priyonugroho, A. (2014). Analisis Kebutuhan Air Irigasi (Studi Kasus Pada Daerah Irigasi Sungai Air Keban Daerah Kabupaten Empat Lawang). *Jurnal Teknik Sipil Dan Lingkungan*, 2(3), 457-470.
- Saves, F., Rochmah, N., & Putra, R. F. A. (2021). Analisis Debit Air Andalan PDAM di Daerah Zona 5 Wilayah Surabaya Barat Pertumbuhan Penduduk Tahun 2028. *Extrapolasi*, 17(1), 11-19. <https://doi.org/10.30996/exp.v17i1.3614>
- Sayekti, R. W. (2010). Model Optimasi Alternatif Pola Tanam, Untuk Mendapatkan Luas Tanam dan Keuntungan yang Optimum (Studi Kasus di Dam Jatilerek, Kabupaten Jombang). *Journal of Water Resources Engineering*, 1(2), 115-126. <https://jurnalpengairan.ub.ac.id/index.php/jtp/article/view/107/105>
- Sosrodarsono, S., & Takeda, K. (2003). *Hidrologi Untuk Pengairan* (S. Sosrodarsono & K. Takeda (eds.); IX). PT. Pradnya Paramita.
- Suhartanto, E., Limantara, L. M., & Samosir, A. (2019). Analisis Neraca Air Sub DAS Irigasi Wirway Kabupaten Sarmi Provinsi Papua. *Jurnal Irigasi*, 7(2), 74-86. <https://doi.org/10.31028/ji.v7.i2.74-86>