

## OPTIMASI KETERSEDIAAN AIR DAN LAHAN DENGAN PROGRAM LINEAR (STUDI KASUS : DAERAH IRIGASI BATANG AGAM, KOTA PAYAKUMBUH)

RIDHA SARI<sup>1</sup>, BAMBANG ISTIJONO<sup>2</sup>, AHMAD JUNAIDI<sup>3</sup>, UMAR KHATAB<sup>1</sup>

Mahasiswa Program Magister Teknik Sipil, Universitas Andalas, Padang<sup>1</sup>

Prodi Teknik Sipil, Sekolah Tinggi Teknologi Payakumbuh, Payakumbuh<sup>1,4</sup>

Jurusan Teknik Sipil, Universitas Andalas, Padang<sup>1,2</sup>

Email: ridhasaridjanihar@gmail.com<sup>1,2</sup>

**Abstrak:** Dalam perencanaan irigasi, perhitungan ketersediaan air dan kebutuhan air sangatlah diperlukan. Debit air yang tersedia semestinya mampu mengakomodir seluruh kebutuhan air untuk kebutuhan irigasi. Dengan kesesuaian antara keduanya tentunya akan memberikan pengaruh besar terhadap hasil produksi pertanian yang nantinya juga akan meningkatkan perekonomian petani. Dan yang tidak kalah pentingnya adalah pengaturan pola tanam sehingga tanaman yang digunakan dapat terpenuhi kebutuhannya dengan kondisi sumber air yang ada. Adapun penelitian ini secara garis besar bertujuan untuk menghitung volume andalan komutatif sungai Batang Agam, mengetahui jumlah kebutuhan air irigasi pada beberapa pola tanam alternatif, menghitung optimasi luas area tanam untuk pola tanam rencana dengan menggunakan Program Linear (Metode Simpleks) dan menghitung perkiraan hasil produksi dari hasil optimasi pola tanam. Hasil penelitian menunjukkan volume andalan komutatif dari sungai Batang Agam terbesar adalah awal musim tanam pada September II, yaitu 4.510.305,72 m<sup>3</sup>, dan awal musim tanam September I dengan besaran 4.504.931,64 m<sup>3</sup>. Hasil optimasi luasan areal tanam telah diperoleh luas 633 Ha pada semua awal dari musim tanam yang telah ditetapkan. Sedangkan untuk perkiraan hasil produksi pertanian per awal tanam dalam satu tahun tanam, diperoleh nominal Rp. 41.239.063.800,- pada pola tanam eksisting, yaitu padi – padi – padi, serta perkiraan hasil produksi sejumlah Rp. 37.367.509.200,- pada pola tanam alternatif padi – padi – jagung.

**Kata kunci :** Optimasi, Pola tanam, Program Linear.

**Abstract:** In irrigation planning, the calculation of water availability and water requirement is very necessary. The available water discharge should be able to accommodate all the plant requirements for irrigation needs. With the compatibility between the two, of course, it will have a big influence on agricultural production which will also improve the farmers welfare. Cropping patterns arrangement is no less important. The planted crop should meet their needs with the conditions of water sources. The aims of this research was to calculate the commulative reliability volume of Batang Agam river, determine the water requirements for several alternative cropping patterns, calculate the optimization of planting area for alternative cropping patterns made using the Linear Program (Simplex Method) and calculate the estimated agricultural production from the results of cropping pattern optimization. The results showed that the largest cumulative reliability volume of Batang Agam river was planting season which is starts in September II, amounting to 4,510,305.72 m<sup>3</sup>, and planting season which is starts in September I with an amount of 4,504,931.64 m<sup>3</sup>. The results of the optimization of the planted area obtained are 633 Ha for each specified initial planting. And for the estimated of agricultural production per planting season in a year for the rice - rice - rice cropping pattern is Rp. 41,239,063,800, - and the cropping pattern of rice - rice - secondary crops with a value of Rp. 37,367,509,200,-.

**Keywords:** Optimation, cropping pattern, Linear Program

### A. Pendahuluan

Pemberian air pada irigasi berguna untuk melembabkan tanah agar pertumbuhan tanaman berlangsung dengan baik. Kegagalan pada sebuah perencanaan suatu system irigasi akan terjadi jika terdapat kesalahan pada perhitungan sumber-sumber air yang menyokong pertumbuhan tanaman. Begitu juga dengan penyaluran atau pendistribusian air yang tidak sesuai dengan porsinya. Diperlukan perhitungan yang tepat agar suplai air yang diberikan

sesuai dengan kebutuhan lahan dan tanaman (Hansen, Vaughn E. , Israelsen, Orson W., Stringham, Glen E. , 1992).

Sebagai daerah salah satu penghasil padi utama Indonesia, Sumatera Barat memiliki peran penting dalam ketersediaan pasokan beras Nusantara. Sejumlah Daerah Tingkat II memiliki produk beras unggulan dengan kelebihan tersendiri menjadi incaran pasar lokal maupun nasional. Kota Payakumbuh adalah salah satunya. Areal persawahan di Kota Payakumbuh memiliki luas sebesar 2.751 Ha, atau sama juga dengan 34,20 % luas keseluruhan wilayah Kota.

Di Kota Payakumbuh terdapat sejumlah system irigasi teknis dan salah satunya adalah Daerah Irigasi (DI) Batang Agam. DI Batang Agam ini melingkupi areal persawahan yang berada di beberapa Kecamatan, yaitu; Kecamatan Payakumbuh Barat, Kecamatan Payakumbuh Timur dan Kecamatan Payakumbuh Utara. Luas area lahan pertanian DI Batang Agam adalah 633 ha. Lahan irigasi ini diairi dari debit sungai Batang Agam sebagai sumber air utamanya.

Debit air ini akan sangat fluktuatif, bergantung kepada curah hujan yang terjadi. Bukan hal yang baru lagi, sebagaimana kita ketahui, perubahan cuaca ekstrim sering terjadi dalam beberapa dekade belakangan ini. Pergantian musim basah dan musim kering yang tidak menentu menjadikan perlunya perhitungan yang matang terhadap ketersediaan air dan kebutuhan air irigasi. Diharapkan dengan kesesuaian/ketepatan antara ketersediaan dan kebutuhan air akan menjadikan hasil produksi panen lebih optimal.

Untuk memperjelas penulisan, tujuan penelitian ditetapkan sebagai berikut:

- 1.Menghitung volume andalan sungai Batang Agam sebagai penentuan awal musim tanam.
- 2.Menghitung kebutuhan air irigasi untuk tanaman dengan pola tanam yang telah ditentukan (pola tanam padi – padi – padi dan padi – padi – jagung).
- 3.Mencari optimasi luasan tanam dari tiap alternative pola tanam.
- 4.Memperkirakan besaran perkiraan hasil produksi pertanian dari hasil optimasi.

## B. Metode penelitian

### Menghitung Curah Hujan

Curah hujan area dihitung dengan metode aritmatika.

$$\bar{R} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n R_i \quad (1)$$

Dengan  $\bar{R}$  merupakan nilai hujan area,  $n$  adalah jumlah data curah hujan, dan  $R_i$  adalah nilai curah hujan di masing-masing stasiun.

Menghitung hujan andalan didapat dengan menyusun data curah hujan yang didapatkan dari perhitungan sebelumnya. Urutan ini dilakukan dari nilai terkecil ke nilai yang terbesar. Untuk hujan andalan, digunakan persamaan Harza (Triatmodjo, 2008).

$$m = \frac{n}{5} + 1 \quad (2)$$

Dengan  $m$  adalah urutan data yang yang terkecil, dan  $n$  adalah jumlah data pengamatan.

### Menghitung Debit Andalan

Menentukan nilai keandalan dari debit sumber air irigasi, yaitu sungai Batang Agam, dengan persamaan Weibul (Triatmodjo, 2008).

$$P = \frac{m}{n+1} \times 100\% \quad (3)$$

Simbol  $P$  merupakan probabilitas kemungkinan kejadian dalam persen,  $m$  merupakan nomor rangking atau urutan, dan  $n$  adalah jumlah data pengamatan.

### Menghitung Evapotranspirasi

Perhitungan evapotranspirasi dilakukan menggunakan metoda Penman Modifikasi

Evapotranspirasi potensial dapat dihitung dengan menggunakan metode Penman modifikasi FAO sebagai berikut:

$$ET_0 = c[W * Rn + (1 - w) * f(u) * (ea - ed)]$$

Pada rumus di atas,  $ET_0$  adalah evapotranspirasi potensial,  $W$  merupakan factor berat untuk penyinaran matahari,  $c$  adalah factor penggantian keadaan cuaca yang dipengaruhi oleh siang dan malam,  $(1 - W)$  adalah factor berat akibat angin dan kelembaban, serta  $(ea - ed)$  adalah beda tekanan pada uap air jenuh dengan uap air riil.

#### **Menghitung Perkolasi**

Pada jenis tanah lempung, perkolasi terjadi dengan kecepatan 1 mm/hari hingga 3 mm/hari.

#### **Menghitung Kebutuhan Persiapan Lahan**

Untuk persiapan lahan dihitung kebutuhan air dengan memakai rumus dari Van de Goor – Zijlstra.

$$LP = \frac{M \times e^k}{(e^k - 1)} \quad (5)$$

LP merupakan kebutuhan air untuk persiapan lahan,  $M$  adalah kebutuhan air untuk kehilangan karena evaporasi dan perkolasi pada lahan, dan  $k = \frac{M \cdot T}{S}$

#### **Menghitung Kebutuhan Air Konsumtif**

Dalam perhitungan kebutuhan air konsumtif dilakukan dengan menggunakan rumus seperti berikut.

$$Etc = Kc \cdot Et_0 \quad (6)$$

$Kc$  pada rumus di atas mengacu kepada koefisien tanaman, dan  $Etc$  dan  $Et_0$  adalah evapotranspirasi potensial dan evapotranspirasi untuk tanaman.

#### **Menghitung Kebutuhan Air untuk Irigasi**

Menghitung kebutuhan air bersih untuk irigasi untuk tanaman padi di lahan dengan menggunakan rumus berikut ini.

$$NFR_{padi} = Etc + P - Re + WLR \quad (7)$$

Sedangkan untuk tanaman palawija menggunakan rumus seperti di bawah ini.

$$NFR_{palawija} = Etc - Re_{palawija} \quad (8)$$

Kemudian, menghitung besar kebutuhan air pada pintu *intake* dilakukan menggunakan persamaan ini.

$$DR = \frac{NFR}{8,64 \times EI} \quad (9)$$

$DR$  mengacu kepada kebutuhan air pada pintu pengambilan, sedangkan  $EI$  adalah besar efisiensi total dari jaringan irigasi dalam persentase.

#### **Menghitung Optimasi**

Perhitungan optimasi untuk memperoleh luas area tanam dilakukan dengan memakai Program Linear, yaitu operasi matematika dengan konsep persamaan linear untuk mencari atau menyelesaikan perhitungan optimasi dengan sumberdaya dengan nilai terbatas.

Nilai batasan di sini adalah jumlah volume andalan sungai dan jumlah kebutuhan air pada tanaman yang direncanakan.

### C. Analisa Hasil

#### Perkiraan Awal Musim Tanam

Perhitungan dilakukan dengan menghitung debit andalan sungai Batang Agam yang dikonversi menjadi volume andalan. Penentuan awal musim tanam dengan cara menghitung volume andalan kumulatif tiap 4 (empat) bulanan. Dari table berikut kita bisa melihat hasil perhitungan volume andalan sungai Batang Agam.

Tabel 1. Rekapitulasi Volume Kumulatif Andalan Sungai Batang Agam

Bulan		Vol Kumulatif Andalan (m <sup>3</sup> )	Rangking
Jan	I	3468701	13
	II	3472341	12
Feb	I	3502197	11
	II	3314191	16
Mar	I	3351064	15
	II	3286155	17
Apr	I	2983085	20
	II	2914449	21
Mei	I	2784121	23
	II	2775107	24
Jun	I	2879932	22
	II	2989153	19
Jul	I	3105966	18
	II	3399795	14
Ags	I	3533608	10
	II	4035564	8
Sep	I	4504932	2
	II	4510306	1
Okt	I	4375624	4
	II	4454410	3
Nov	I	4300724	5
	II	4071804	7
Des	I	4241060	6
	II	<b>3807741</b>	9

Dari hasil volume andalan kumulatif tertinggi pertama dan kedua, jadi dapat disimpulkan bahwasanya awal musim tanam adalah September II dengan volume 4510306 m<sup>3</sup> dan September I sebesar 4504932 m<sup>3</sup>.

#### Kebutuhan Air Irigasi

Kebutuhan air irigasi dihitung dengan 2 (dua) alternatif pola tanam; padi – padi – padi dan padi – padi – jagung. Sedangkan untuk awal tanam juga diambil 2 (dua) alternative; Januari I, awal musim tanam eksisting dengan 2 musim tanam per tahun, dan September II dan September I, dari hasil perhitungan dengan 3 musim tanam per tahun.

Berikut hasil perhitungan kebutuhan air disajikan dalam Tabel. 2.

Tabel 2. Rekapitulasi Kebutuhan Air Irigasi

No	Pola Tanam	Awal Tanam	Musim Tanam	Kebutuhan Air Irigasi	
				Padi	Jagung
1	Padi-Padi	Jan I	I	1032,260	
			II	1005,280	
		Sep II	I	924,931	
			II	1044,374	
2	Padi-Padi-Padi	Sep I	I	955,244	
			II	999,937	

			III	978,610	
		Sep II	I	903,983	
			II	1014,915	
			III	976,378	
3	Padi-Padi-Jagung	Sep I	I	986,708	
			II	1020,864	
			III		429,564
		Sep II	I	936,211	
			II	1017,321	
			III		429,531

**Optimasi Luas Tanam Dengan Program Linear**

Optimasi di dalam penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan luas tanam masing masing tanaman pada pola tanam agar didapatkan hasil produksi maksimal.

Fungsi Tujuan

Fungsi tujuan untuk pola tanam padi – padi – jagung dengan awal tanam September I adalah sebagai berikut:

$$Z = 21716200X1a + 21716200X2a + X3a + X1b + X2b + 15600000X3b \quad (10)$$

dengan  $X1a, X2a, X3a$  adalah luas areal tanam padi musim tanam I, II dan III,  $X1b, X2b, X3b$  adalah luas areal tanaman jagung di masing-masing musim tanam, sedangkan  $Z$  adalah variable optimal (luas lahan).

**Fungsi Batasan**

Ada 2 batasan dalam perhitungan optimasi ini, yaitu batasan luas lahan dan batasan ketersediaan air. Untuk pendekatan luas areal tanam pada pola tanam padi – padi – jagung dengan awal tanam September I fungsi batasan untuk luas lahan adalah sebagai berikut:

$$X1a+X1b+X1=633$$

$$X2a+X2b+X2=633 \quad (11)$$

$$X3a+X3b+X3=633$$

Dengan  $X1, X2, X3$  adalah *slack variable*.

Nilai volume andalan kumulatif tiap musim tanam menjadi bagian dari dasar pembentukan formula fungsi batasan untuk ketersediaan air.

Tabel 2. Volume Andalan Batang Agama Tiap Musim Tanam

Musim Tanam	Vol Andalan Kumulatif		
	Sep I	Sep II	Jan I
I	4.504.931,64	4.510.305,72	3.468.700,578
II	3.468.700,58	3.472.340,90	2.784.121,2
III	2.784.121,20	2.775.106,80	4.504.931,64

Untuk pendekatan fungsi batasan ketersediaan air ditampilkan sebagai berikut.

$$986,708X1a+0X1b+X4=4504931,64$$

$$1020,864X2a+0X2b+X5=3468700,58 \quad (12)$$

$$0X3a+429,564X3b+X6=2784121,20$$

Dengan  $X4, X5, X6$  merupakan *slack variable*.

Hasil optimasi di tabelkan sebagai berikut.

Tabel 3. Hasil Optimasi dengan Program Linear

Awal Tanam	Musim Tanam	Jenis Tanam	Pola Tanam	
			Padi-Padi-Padi	Padi-Padi-Jagung
Sep I	I	Padi	633	633
		Jagung	-	-
	II	Padi	633	633

	II	Jagung	-	-
		Padi	633	0
Sep II	I	Jagung	0	633
		Padi	633	633
	II	Padi	633	633
		Jagung	-	-
	III	Padi	633	0
		Jagung	0	633

Dari hasil optimasi dengan Program Linear Metode Simpleks, didapatkan luas areal tanam untuk masing-masing jenis tanaman adalah sama, yaitu sebesar 633 Ha. Dengan luas total Daerah Irigasi sebesar 633 Ha juga, menunjukkan bahwa kebutuhan air untuk alternative pola tanam yang dibuat masih dapat dipenuhi oleh kondisi hidrologi saat ini.

Perkiraan hasil produksi pertanian dilakukan dengan menggunakan data dari Analisa Hasil Pertanian BPS (BPS, //www.bps.go.id/linkTabelStatis/view/id/1855). Untuk perkiraan hasil produksi pertanian per musim tanam disajikan di dalam table berikut.

Tabel 4. Perkiraan Hasil Produksi Pertanian Keuntungan Total Per Awal Tanam

Pola Tanam	Produksi Pertanian	
	Sep I (Rp)	Sep II (Rp)
Padi-Padi	27.492.709.200	27.492.709.200
Padi-Padi-Padi	41.239.063.800	41.239.063.800
Padi-Padi-Jagung	37.367.509.200	37.367.509.200

#### D. Penutup

Dari perhitungan optimasi pemanfaatan air dan lahan untuk kebutuhan irigasi DI Batang Agam, dapat diambil beberapa kesimpulan yang tertuang sebagai berikut ini:

1. Hasil perhitungan didapatkan awal masa tanam I adalah September II dengan volume andalan  $4.510.305,72 \text{ m}^3$ . Dan sebagai pembanding dilakukan juga perhitungan kebutuhan dengan awal musim tanam sesuai dengan kondisi eksisting lapangan, yaitu Januari I
2. Kebutuhan air irigasi terbesar  $1044,374 \text{ m}^3/\text{ha}$ /musim tanam terjadi di awal musim tanam September II untuk tanaman padi.
3. Ketersediaan air mencukupi untuk mengakomodir seluruh kebutuhan irigasi di daerah irigasi tersebut, dengan kata lain hasil optimasi mendapatkan hasil 633 Ha untuk setiap masa tanam.
4. Untuk perkiraan pendapatan dari hasil produksi pertanian pada tanaman padi adalah Rp 21.716.200,- per Ha dan Rp 15.600.000,- per Ha untuk jagung. Sedangkan perkiraan pendapatan dari hasil produksi per tahun dengan pola tanam padi – padi – padi adalah Rp. 41.239.063.800,-, serta untuk pola tanam padi – padi – jagung adalah Rp. 37.367.509.200,-.

#### Ucapan Terima Kasih

Terima kasih banyak penulis haturkan kepada kedua dosen Pembimbing yang telah membantu penyelesaian penelitian ini. Bapak Prof. Bambang Istijono, M.E. selaku Pembimbing I dan Bapak Ir. Ahmad Junaidi, M.Eng.Sc. selaku Pembimbing II. Dan tak lupa penulis juga mengucapkan terima kasih yang sebanyak-banyaknya untuk keluarga, teman-teman angkatan, rekan kerja, serta semua pihak yang telah ikut membantu dalam pelaksanaan penelitian dan penulisannya, baik langsung maupun tidak langsung.

#### Daftar Pustaka

Anirindo Mitra Konsultan . (2009). *Penyusunan SIM dan Data Base Jaringan Irigasi*. Payakumbuh: Dinas Pekerjaan Umum Kota Payakumbuh.

- BPS. (2016). *Kota Payakumbuh Dalam Angka*. Kota Payakumbuh: CV. Graha Media Cakrawala.
- Fajrianto, Rizq. Soetopo, Widandi. Montarcih, Lily. (2017). Studi Optimasi Distribusi Pemnfaatan Air di Daerah Irigasi Pakis Menggunakan Program Solver.
- Hadisutanto, N. (2010). *Aplikasi Hidrologi*. Malang: Joga Mediautama.
- Hansen, Vaughn E. , Israelsen, Orson W., Stringham, Glen E. . (1992). *Dasar-dasar dan Praktek Irigasi*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Hendra. (2015). *Optimasi Pemakaian Air dan Lahan Daerah Irigasi Batang Lampasi di Kabupaten Limapuluh Kota dan Kota Payakumbuh*. Padang: Program Magister Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Andalas.
- Noerhayati, Eko. Suprpto, Bambang. Syahid, Al Adlu. (2017). Peningkatan Keuntungan Melalui Optimasi Sistem Pemberian Air Derssh Irigasi Molek Dengan Program Linier. *Jurnal Teknika*, 29-40.
- Triatmodjo, B. (2008). *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset.