



Pemodelan Matematis Pola Tanam dan Jadwal Tanam Daerah Irigasi Baru untuk Memaksimalkan Keuntungan

Uli Zahрати^{a,*}, Azmeri Azmeri^b, Syamsidik Syamsidik^c

^a Magister Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh

^{b,c} Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh

*Corresponding author, email address: uli.zahrati@gmail.com

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p>Article History: Received 08 June 2018 Received in revised form 09 August 2018 Accepted 14 August 2018</p> <p>Keywords: Daerah Irigasi Baro Raya Program linear Optimasi Pola Tanam jadwal tanam</p>	<p>Daerah Irigasi (D.I.) Baro has a total area of 11.950 ha which consists of Baro Kanan area of 8,920 Ha and Baro Kiri area of 3.030 Ha. Maximum cropping intensity indeks of D.I. Baro ranged between 183%-213%. This shows that D.I. Baro is unable to meet the water needs for his extensive irrigation services. One of the factors that influence the planning and regulation of irrigation water is cropping pattern. The aims of this research is to get the best cropping pattern, so that the distribution of irrigation water discharge available in D.I. Baro can be done optimally, knowing the need of irrigation water in D.I. Baro, knowing the maximum plantable area that irrigation can irrigate, and knowing the maximum profit that can be achieved by optimization. Compilation of mathematical models to get the maximum benefit that can be achieved by optimizing land area. The data collected in this study is secondary data. The method used is an optimization method using a linear program.</p> <p>©2019 Magister Teknik Sipil Unsyiah. All rights reserved</p>

1. PENDAHULUAN

Daerah Irigasi (D.I.) Baro termasuk dalam Ranting Dinas Pengairan Keumala, Simpang Tiga dan Gleu Ceurih. (D.I.) Baro memiliki DAS seluas 210 km². Bendung beserta jaringan-jaringannya selesai dibangun pada Tahun 1997, dengan luas areal 11.950 Ha yang terdiri dari D.I. Baro Kanan 8.920 Ha, dan D.I. Baro Kiri 3.030 Ha.

Zubaidah (2016) menyatakan bahwa D.I. Baro menerapkan pola tanam padi-padi-palawija. Kondisi eksisting sungai Krueng Baro mempunyai probabilitas kemampuan penyediaan air irigasi sebesar 52%-84% pada Musim Tanam (MT) 1 (padi), 42%-71% pada MT 2 (padi) dan 76%-100% pada MT 3 (palawija), serta intensitas tanam maksimum untuk D.I. Baro Kanan hanya berkisar antara 183% sampai dengan 231%. Ini menunjukkan bahwa Sungai Krueng Baro yang merupakan sumber air utama untuk D.I. Baro memang tidak mampu memenuhi kebutuhan air irigasi secara keseluruhan dan terus menerus.

Optimasi adalah salah satu cara untuk meningkatkan hasil pertanian pada tiap satuan luasnya dengan menggunakan pengaturan pemberian air irigasi yang baik dan juga pengaturan pola tanam yang lebih optimal. Salah satu cara mempresentasikannya ialah dengan studi optimasi pola tata tanam dan luas lahan dengan menggunakan program linear, sehingga diharapkan dapat tercapai pola tanam yang tepat serta meningkatkan keuntungan hasil pertanian yang maksimal.

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mendapatkan pola tanam dan jadwal tanam terbaik di D.I. Baro.
2. Menyusun model matematis untuk mendapatkan keuntungan maksimal di D.I. Baro.

2. KAJIAN PUSTAKA

Perencanaan pola tanam

Pola tanam

Hidayat (Septiyana 2016) menyebutkan bahwa Pola tanam (*cropping pattern*) merupakan urutan

jenis tanaman yang dibudidayakan pada sebidang lahan pertanian dalam satu tahun termasuk masa pengolahan tanah dan masa lahan diberokan (istirahat). Pola tanam yang dianjurkan umumnya sebagai berikut:

- a. Air cukup : padi - padi – palawija
- b. Air terbatas : padi – padi – palawija (sebagian areal) atau padi – palawija – palawija
- c. Air sangat terbatas : padi – palawija–bero (istirahat).

Jadwal Tanam

Septyana (2016) menjelaskan bahwa berdasarkan kajian oleh Perwira (2013), jadwal tanam merupakan penetapan waktu untuk pelaksanaan kegiatan penanaman mulai dari pengolahan tanah sampai panen. Tujuan pembuatan jadwal tanam adalah untuk mengefektifkan dan mengefisienkan penggunaan air, termasuk memanfaatkan air hujan yang ada sebanyak mungkin. Pengaturan jadwal tanam didasarkan pada pelaksanaan pola tanam, dan dapat diatur untuk menekan kebutuhan air irigasi.

Jadwal tanam biasanya dimulai pada awal musim hujan dan berakhir pada akhir musim kemarau. Untuk pola tanam padi–padi–palawija, pelaksanaannya padi pertama ditanam pada awal musim hujan, kemudian padi kedua setelah panen padi pertama. Palawija ditanam setelah panen padi kedua yang berakhir pada akhir musim kemarau menjelang awal musim hujan.

Intensitas Tanam

Intensitas tanam adalah tingkat pengusahaan daerah irigasi dalam melaksanakan pola tanam, yang dinyatakan dalam prosentase luas daerah irigasi yang dapat ditanami terhadap luas total pada setiap musim tanam. (Gustawan, 2010, dalam Septyana, 2016). Dalam pengolahan lahan dalam teknik pertanian dikenal dengan istilah indeks pertanaman (IP). Indeks Pertanaman (IP) adalah suatu ukuran pemanfaatan lahan atau frekuensi tanam dalam luasan tertentu dalam kurun waktu satu tahun (Septyana, 2016).

Analisa Kebutuhan Air Untuk Irigasi Penggunaan Air Untuk Konsumtif Tanaman (ETc)

Kebutuhan air untuk konsumtif tanaman merupakan kedalaman air yang diperlukan untuk memenuhi evapotranspirasi tanaman yang bebas penyakit, tumbuh di areal pertanian pada kondisi cukup air dari kesuburan tanah dengan potensi pertumbuhan yang baik dan tingkat lingkungan pertumbuhan yang baik. Besarnya penggunaan air konsumtif oleh tanaman diperkirakan berdasarkan metode prakira empiris sebagai berikut KP-01 (1986):

$$ET_c = K_c \times ET_o \quad (1)$$

Dengan :

- ETc = Evapotranspirasi tanaman (mm/hari);
- ETo = Evapotranspirasi acuan (mm/hari);
- Kc = koefisien tanaman.

Harga koefisien untuk tanaman padi dapat dilihat pada Tabel 1 dan 2.

Tabel 1. Harga Koefisien Tanaman Padi (FAO)

Bulan	Varietas Biasa	Varietas Unggul
0.5	1.10	1.10
1.0	1.10	1.10
1.5	1.10	1.05
2.0	1.10	1.05
2.5	1.10	0.95
3.0	1.05	0
3.5	0.95	
4.0	0	

Tabel 2. Harga Koefisien Palawija

Bulan	Koefisien Tanaman		
	Kedelai	Jagung	Bawang Merah
0.5	0.50	0.50	0.50
1.0	0.75	0.59	0.51
1.5	1.00	0.96	0.69
2.0	1.00	1.05	0.90
2.5	0.82	1.02	0.95
3.0	0.45	0.95	-
3.5	-	-	-
4.0	-	-	-

Kebutuhan Air di Sawah (NFR)

Coniferiana (2010) menyatakan kebutuhan air untuk tanaman pada suatu jaringan irigasi merupakan air yang dibutuhkan untuk tanaman untuk pertumbuhan yang optimal tanpa kekurangan air yang dinyatakan dalam Netto Kebutuhan Air di Sawah (*Net Field Requirement*, NFR). Besarnya kebutuhan air untuk tanaman di sawah ditentukan oleh beberapa faktor, yakni penyiapan lahan, penggunaan konsumtif, perkolasi dan rembesan, pergantian lapisan air dan curah hujan. Berikut ini adalah rumusan yang digunakan dalam mencari besaran kebutuhan air di sawah untuk beberapa jenis tanaman (KP-01, 1986).

$$NFR_{padi} = Etc + P - Re + WLR \quad (2)$$

$$NFR_{palawija} = Etc - Re \quad (3)$$

Dimana :

- Etc = Kebutuhan air untuk konsumtif tanaman (mm/hari);
- P = Kehilangan air akibat perkolasi ((mm/hari);
- Re = Curah Hujan efektif (mm/hari);
- WLR = Pergantian lapisan air (mm/hari);
- NFR = Kebutuhan air di sawah (mm/hari);
- NFR_{palawija} = Kebutuhan air di sawah untuk palawija (mm/hari).

Kebutuhan Air di Pintu Pengambilan

Kebutuhan air di pintu pengambilan merupakan jumlah kebutuhan air di sawah dibagi dengan efisiensi irigasinya. Kebutuhan air di pintu pengambilan dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$DR = NFR / 8.64 \times EI \quad (4)$$

Dimana :

- DR = Kebutuhan air di pintu pengambilan (lt/dt/ha);
- NFR = Kebutuhan air di sawah (mm/hari);
- EI = Efisiensi irigasi secara total (%);
- 8.64 = Angka konversi satuan dari mm/hari ke lt/dt/hari.

Penyiapan lahan (*Land Preparation*)

Faktor penting yang menentukan kebutuhan air untuk penyiapan lahan padi adalah:

- a. Lamanya waktu untuk menyelesaikan pekerjaan. Biasanya tergantung dari kondisi sosial budaya masyarakatnya, Pada umumnya waktu untuk penyiapan lahan berkisar antara 30 sampai dengan 45 hari.
- b. Jumlah air yang diperlukan untuk penyiapan lahan. Untuk tanah bertekstur berat, tanpa retak-retak kebutuhan diambil 200 mm ditambah 50 mm setelah transplantasi.
- c. Lahan dibiarkan bera jangka waktu lebih dari 2,5 bulan atau lebih kebutuhan diambil 300 mm termasuk 50 mm untuk penggenangan setelah transplantasi. Untuk lahan bertekstur ringan dengan laju perkolasi tinggi sebaiknya diambil lebih tinggi dari 250 mm.

Besarnya kebutuhan air untuk penyiapan lahan dapat dihitung dengan rumus yang dikembangkan oleh Van de Goor dan Zijlstra (1986). Metode tersebut didasarkan pada laju air konstan dalam liter/detik selama periode penyiapan lahan dan menghasilkan rumus berikut:

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

$$M = E_0 + P \quad (6)$$

$$K = \frac{M \times T}{S} \quad (7)$$

$$NFR = IR + Re \quad (8)$$

Dimana :

- IR = Kebutuhan air irigasi untuk penyiapan lahan, (mm/hari);
- M = Kebutuhan air untuk mengganti kehilangan air akibat evaporasi dan perkolasi di sawah yang telah dijenuhkan tanahnya, (mm/hari);

- E_o = Evaporasi air terbuka yang diambil ($=1.1 \times E_{T0}$), (mm/hari);
 P = Perkolasi (mm/hari) (=Tergantung tekstur tanah);
 K = MT/S;
 T = Jangka waktu penyiapan lahan, (hari);
 S = kebutuhan air untuk penjemuran ditambah dengan lapisan air, 50 mm, yakni 250 mm + 50 mm = 300 mm;
 e = bilangan Napier (2,7183).

Efisiensi irigasi

Merupakan perbandingan debit yang dapat dimanfaatkan oleh tanaman dengan debit yang diberikan melalui pintu pengambilan. Efisiensi irigasi memperhitungkan kehilangan air yang terjadi dalam perjalanannya menuju petak sawah. Biasanya efisiensi irigasi dipengaruhi oleh besarnya jumlah air yang hilang diperjalanannya dari saluran primer, sekunder hingga tersier.

Tabel 3. Tabel Efisiensi Irigasi

Jaringan	Efisiensi Irigasi (%)
Primer	90
Sekunder	90
Tersier	80
Total EI	65

Sumber : Kp-01 (1986)

Neraca Air

Menurut Siagian (2013) selisih antara debit ketersediaan air (debit andalan) dan kebutuhan air irigasi dinamakan sebagai hasil keseimbangan air (neraca air). Pemanfaatan air irigasi yang berkelanjutan tercapai pada kondisi debit ketersediaan air lebih besar daripada debit yang dibutuhkan untuk lahan irigasi. Kondisi defisit air harus dihindari pada waktu tertentu terutama pada saat pengolahan lahan pada pertumbuhan tanaman.

Optimasi

Optimasi (Rao, 2009) adalah tindakan untuk memperoleh hasil terbaik dengan keadaan yang ditentukan. Dalam desain, konstruksi, dan pemeliharaan sistem rekayasa, pengambilan keputusan harus mengambil berbagai teknologi dan keputusan manajerial melalui beberapa tahap. Karena upaya yang diperlukan atau manfaat yang diinginkan dalam prakteknya dapat dinyatakan sebagai fungsi dari variabel keputusan tertentu, maka optimasi dapat didefinisikan sebagai proses menemukan kondisi yang memberikan nilai maksimum dari suatu fungsi.

Ada tiga tahapan dalam mempersiapkan model optimasi, yaitu :

- (1) Mengidentifikasi fungsi objektif.
- (2) Mengidentifikasi *decision variable*
- (3) Mengidentifikasi faktor-faktor tertentu yang membatasi (*decision variable*), tahapan ini akan menghasilkan persamaan kendala (*constraints*).

Program Linear

Program linear merupakan metode matematik dalam mengalokasikan sumber daya terbatas untuk mencapai suatu tujuan seperti memaksimalkan keuntungan dan meminimumkan biaya (Septiyana, 2016). Model program linear digunakan dalam pemecahan masalah pengalokasian sumber-sumber yang terbatas secara optimal.

Langkah untuk melakukan optimasi dengan program linear adalah dengan membuat data masukan (input) dan membuat formasi model yang meliputi tahapan pendefinisian komponen-komponennya. Komponen model matematik tersebut meliputi variabel keputusan, fungsi tujuan, fungsi kendala, dan parameter.

Solver pada MS. Excell

Solver merupakan bagian dari fungsi perintah yang sering kali disebut sebagai *what-if analysis tools*. *Solver* akan membantu menemukan nilai optimal (maksimum atau minimum) suatu rumus perhitungan (tujuan) dengan terlebih dahulu menentukan model dari suatu permasalahan yang meliputi:

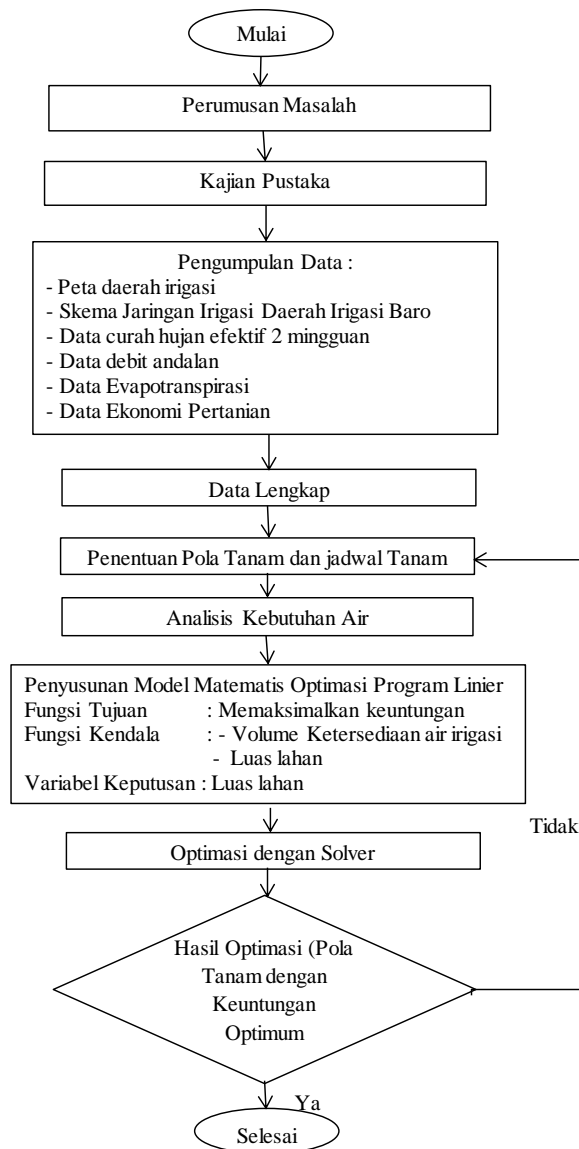
- (1) Tujuan atau target yang ingin dicapai;
- (2) Kendala yang harus dipenuhi;
- (3) *Variable cell* yang berubah-ubah isinya untuk ditentukan nilainya agar memenuhi tujuan dan kendala.

Keuntungan Usaha Tani

Keuntungan usaha tani merupakan pendapatan bersih (*nett benefit*) dari sebuah analisis usaha tani. Keuntungan ini merupakan selisih antara pendapatan (*revenue*) dengan biaya produksi (*cost*) (Septyana, 2016).

3. METODE PENELITIAN

Seluruh proses kegiatan dalam kajian ini yaitu pengumpulan data, pengolahan data dan hasil kajian secara umum ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Bagan alir studi

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Usaha Tani

Hasil analisis usaha tani untuk kabupaten Pidie dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Rekapitulasi Hasil Analisis Usaha Tani Kabupaten Pidie

Jenis Tanaman	Biaya Produksi (Rp/ha)	Pendapatan (Rp/ha)	Keuntungan (Rp/ha)
Padi	Rp 13.751.250	Rp 28.642.500	Rp 14.891.250
Bawang Merah	Rp 78.340.000	Rp 132.000.000	Rp 53.660.000

Optimasi

Pada studi ini, proses pengoptimasian dan tahapan-tahapan optimasi menggunakan Program Linear dengan *solver Microsoft Excel*.

Model matematika untuk optimasi pola tanam dan jadwal tanam pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

a. Fungsi Tujuan yaitu memaksimalkan keuntungan

Fungsi tujuan pada studi ini dirumuskan sebagai berikut:

$$Z = Bp.Xp1 + Bj. Xj1 + Bp.Xp2 + Bj. Xj2 + Bp.Xp3 + Bj. Xj3$$

$$Z = 14891250.Xp1 + 53660000. Xj1 + 14891250.Xp2 + 53660000.Xj2 + 14891250.Xp3 + 53660000. Xj3$$

Dimana:

Z = Nilai tujuan yang akan dicapai (memaksimalkan keuntungan) dalam Rp

Bp = Keuntungan usaha tani padi (Rp/ha)

Bj = Keuntungan usaha tani bawang merah (Rp/ha), dapat dilihat pada Tabel 4.3

Xp1 = Luasan areal tanam padi MT I (ha)

Xj1 = Luasan areal tanam bawang merah MT I (ha)

Xp2 = Luasan areal tanam padi MT II (ha)

Xj2 = Luasan areal tanam bawang merah II (ha)

Xp3 = Luasan areal tanam padi MT III (ha)

Xj3 = Luasan areal tanam bawang merah MT III (ha)

b. Fungsi Kendala :

Fungsi kendala yang digunakan sebagai berikut :

1. Volume Ketersediaan air

$$Vp1.Xp1 + Vj1.Xj1 = V1$$

$$Vp2. Xp2 + Vj2.Xj2 = V2$$

$$Vp3.Xp3 + Vj3.Xj3 = V3$$

2. Luas daerah irigasi

$$Xp1 + Xj1 \leq 11.950$$

$$Xp2 + Xj2 \leq 11.950$$

$$Xp3 + Xj3 \leq 11.950$$

Dimana:

Vp1= Volume kebutuhan air padi MT I (MCM/ha)

Vj1 = Volume kebutuhan air bawang merah musim tanam (MCM/ha)

V1 = Volume andalan sungai pada MT I (MCM)

Vp2 = Kebutuhan air padi MT II (MCM/ha)

Vj2 = Kebutuhan air padi MT II (MCM/ha)

V1 = Volume andalan sungai pada MH (MCM)

V2 = Volume andalan sungai pada MT II (MCM)

V3 = Volume andalan sungai pada MT III (MCM)

11.950 = Luas total D.I. Baro (ha)

c. *Non negative constrain*
 $Xp1, Xp2, Xp3, Xj3 \geq 0$

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 1986, *Standar Perencanaan Irigasi, (KP-01)*, Departemen Pekerjaan Umum, CV. Galang Persada, Bandung.
- Coniferiana, A., 2010, *Study Optimasi Pola Tanam Pada Daerah Irigasi Menterus Dengan Menggunakan Program Linear*, Tugas Akhir, Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya.
- Rao, SS., 2009, *Engineering Oprimization: Theory and Practice, Fourth edition, Canada: John Wiley and Son's Inc.*
- Septyana, D., 2016. *Optimasi Pola Tanam Untuk Meningkatkan Keuntungan Hasil Pertanian dengan Program Linear (Studi Kasus Daerah Irigasi Rambut Kabupaten Tegal Provinsi Jawa Tengah)*, Tesis, Magister Pengelolaan Sumber Daya Air Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Siagian, YS., 2013, *Analisa Neraca Air Daerah Irigasi Panca Arga di Kabupaten Asahan, Sumatera Utara.*
- Zubaidah, 2016., *Kajian Peningkatan Intensitas Tanam Pada D.I. Baro*, Thesis, Program Studi Magister Teknik Sipil, Program Pasca Sarjana, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh.