PENERAPAN PROGRAM DINAMIS UNTUK SIMULASI PERENCANAAN POLA TANAM

Alven Safik Ritonga

Abstrak: Keterbatasan air pada sektor pertanian merupakan salah satu kendala untuk memajukan sektor ini. Untuk bisa mengoptimalkan sumber air yang terbatas perlu perencanaan pola tanam yang baik. Pola tanam merupakan ketetapan mengenai jadwal tanam, jenis tanam, dan luas tanam yang diberlakukan di suatu daerah irigasi. Salah satu cara untuk memaksimalkan penggunaan sumber air pada daerah irigasi adalah dengan cara optimasi. Metode optimasi yang digunakan adalah Program Dinamis, karena sesuai dengan permasalahan perencanaan pola tanam yang dipengaruhi oleh waktu tiap musim tanam selama setahun, sehingga perlu penyelesaian secara bertahap. Hasil perencanaan pola tanam dengan optimasi program dinamis berdasarkan curah hujan, kebutuhan air, dan lama tanam tanaman pangan di Kabupaten Lombok Timur, diperoleh proyeksi keuntungan produksi dibandingkan tanpa optimasi sebesar 20,49%.

Kata kunci: Perencanaan Pola Tanam, Optimasi, Program Dinamis

Pada saat ini di beberapa daerah di Indonesia menghadapi dan mengalami kekeringan. Hal ini disebabkan oleh fenomena El Nino yang menyebabkan curah hujan di sebagian besar wilayah Indonesia berkurang. Yang mengakibatkan terjadinya kekurangan dan kekeringan air di waduk-waduk utama.

Akibat kekeringan ini akan mempengaruhi tingkat produktivitas sektor pertanian. Karena ketersediaan air merupakan faktor paling berpengaruh dalam dunia pertanian. Ketersediaan air di suatu daerah sangat ditentukan oleh tingkat curah hujan dan keadaan iklim di daerah tersebut, sehingga perlu dilakukan pengkajian tentang ketersediaan air di suatu daerah tertentu untuk mengatur pola tanam agar hasil produksi menjadi optimal [1].

Untuk pengkajian atau penelitian tentang perencanaan pola tanam tanaman pangan sebagai metode mengantipasi perubahan iklim agar hasil produksi tetap maksimal dan berkelanjutan. Salah salah satu metode yang digunakan adalah dengan membuat model pola tanam. Hasil model pola tanam yang sudah dibentuk harus di optimasi agar diperoleh pendapatan maksimum dengan biaya minimum. Optimasi dilakukan pada pola tanam di masing-masing daerah baik pada lahan irigasi maupun lahan tadah hujan termasuk lahan kering. Hasil optimasi dengan keuntungan terbesar akan direkomendasikan sebagai pola tanam optimal pada musim tanam berikutnya. Metode optimasi yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan diatas adalah simulasi dengan Program Dinamis. Program dinamis dapat digunakan untuk membuat suatu keputusan dari serangkaian keputusan yang terkait. Hal ini sangat sesuai dengan problem optimasi pola tanam karena sangat tergantung dengan waktu sehingga perlu penyelesaian secara bertahap.

Manajemen Pola Tanam Tanaman Pangan

Manajemen pola tanam dalam hal ini adalah mengatur pola tanam di suatu daerah untuk melihat tanaman apa yang sesuai di tanam disetiap bulannya. Untuk mendapatkan tanaman yang sesuai untuk ditanam adalah dengan memprediksi ketersediaan air di suatu daerah yang dihubungkan dengan kebutuhan air tanaman pangan. Direktorat Jenderal Pengairan Departemen Pekerjaan Umum,1986[2], memberikan gambaran bahwa dalam penentuan kebutuhan air untuk irigasi atau air yang dibutuhkan untuk

Alven Safik Ritonga adalah Dosen Teknik Informatika Universitas Wijaya Putra Surabaya
Email: alvensafik@uwp.ac.id

lahan pertanian. Faktor-faktor yang menentukan kebutuhan air untuk irigasi pada lahan pertanian sebagai berikut.

1. Perkolasi atau Rembesan (P)

   Laju Perkolasi sangan tergantung pada sifat-sifat tanah. Perkolasi adalah bergeraknya air melalui profil tanah, celah-celah, dan pori-pori tanah karena gaya gravitasi. Laju perkolasi yaitu sebesar 1-3 mm/hari.

2. Evaporasi (E_a)

   Evaporasi adalah suatu peristiwa perubahan air menjadi uap. Dalam menentukan besarnya evaporasi digunakan metode Penman dalam[3], yakni:

   $$E_a = 0.35(e - e_a)(0.5 + 0.54u) \quad (1)$$

   $$e_a = h \text{ x } e \quad (2)$$

3. Penggunaan Konsumtif (Et_c)

   Penggunaan konsumtif diartikan sebagai jumlah air yang dibutuhkan untuk pertumbuhan tanaman yang dipengaruhi oleh evaporasi dan transpirasi yang disebut evapotranspirasi. Nilai evapotranspirasi diperoleh dengan menggunakan rumus Penman(1948) dalam [3], yakni:

   $$Et_c = Et_0 \text{ x } k_c \quad (3)$$

   Sebelum menentukan nilai evapotranspirasi terlebih dahulu ditentukan nilai-nilai berikut ini.

   a. Nilai Koefisien Tanaman (K_c)

      Nilai K_c (koefisien tanaman) ditentukan dari koefisien masing-masing tanaman.

   b. Radiasi (R, R_a, R_b, R_c, R_l)

      Untuk menentukan nilai radiasi digunakan data lama penyinaran matahari (m) dan data suhu (T).

      $$R_b = 117{,}4x10^{-9}(Ta)^4\left(0{,}47 - 0{,}77\sqrt{e_a}\right)\left(0{,}20 + 0{,}8\frac{m}{100}\right) \quad (4)$$

      dengan Ta=273,3+T (Triatmojo[4])

      $$R_c = R_a\left(a + b\frac{m}{100}\right) \quad (5)$$

      dengan a=0,28, b=0,48, $R_a = 949$.

      Nilai R_c pada persamaan (5) digunakan unutk menentukan nilai R_l, diperoleh.

      $$R_1 = R_c(1 - r) \quad (6)$$

      dengan r=0,25.

      Untuk mencari nilai R dapat digunakan rumus dibawah ini.

      $$R = R_l - R_b \quad (7)$$

   c. Kemiringan Kurva Tekanan Uap Jenuh

      $$\Delta = \frac{4098(0{,}6108e^{\left(\frac{17{,}27T}{T+237{,}3}\right)})}{(T+273{,}3)^2} \quad (8)$$

   d. Evapotranspirasi (E_p, Et_0)

      Nilai E_p diperoleh dengan menggunakan rumus berikut ini.

      $$E_p = \frac{\left[\frac{R\Delta}{60}\right] + E_a}{\Delta + \gamma} \quad (9)$$

      dengan γ=0,49. Dari persamaan diatas diperoleh nilai Et_0.

      $$Et_0 = K_p . E_p \quad (10)$$

      dengan $K_p = 0{,}85$

e. Evaporasi Air Terbuang (E_0)

Dari persamaan rumus dibawah ini diperoleh nilai E_0.

$$E_0 = 1{,}1 \text{ x } Et_0 \quad (11)$$

4. Penyiapan Lahan (Ir)

Metode yang dikembangkan oleh Goor dan Zijlstra (1968) dalam Direktorat Jenderal Pengairan (1986)[2] dapat digunakan untuk menghitung kebutuhan air penyiapan lahan, yakni:

$$Ir = M\left(\frac{e^k}{e^k - 1}\right) \quad (12)$$

$$M = E_0 + P \quad (13)$$

$$k = M\frac{T}{S} \quad (14)$$

dengan e=2,7182, S=250 atau 300 dan P=3.

5. Curah Hujan Efektif (R_{eff})

Curah hujan efektif adalah curah hujan yang secara efektif dan secara langsung digunakan untuk memenuhi kebutuhan air tanaman untuk pertumbuhan. Menurut Direktorat Jenderal Pengairan (1986), besar curah hujan efektif sebagai berikut.

a. Menentukan curah hujan rerata

$$\overline{R} = \frac{R_1+R_2+R_3+\cdots+R_n}{n} \quad (15)$$

b. Menentukan curah hujan andalan

1) Untuk Tanaman Padi

$$R_{80} = \frac{N}{5} + 1 \quad (16)$$

2) Untuk Tanaman Palawija

$$R_{50} = \frac{N}{2} + 1 \quad (17)$$

c. Menentukan Curah Hujan Efektif

1) Untuk Tanaman Padi

$$R_{eff} = 0.7x\frac{R_{80}}{15} \quad (18)$$

2) Untuk Tanaman Palawija

$$R_{eff} = 0.7x\frac{R_{50}}{15} \quad (19)$$

6. Penggantian Lapisan Air (Wlr)

Penggantian lapisan air dilakukan sebanyak dua kali, masing-masing 50 mm (3.3 mm/hari selama 15 hari). Yaitu, di awal bulan pertama dan bulan kedua setelah pemupukan.

7. Kebutuhan Air Tanaman (NFR)

Kebutuhan air tanaman dihitung dengan menggunakan rumus:

a. Untuk Tanaman Padi

$$NFR = Et_c + P - R_{eff} + Wlr \quad (20)$$

b. Untuk Tanaman Palawija

$$NFR = Et_c + P - R_{eff} \quad (21)$$

8. Kebutuhan Pengambilan (DR)

Pada lahan irigasi khususnya irigasi teknis, pengaturan kebutuhan air diatur dengan ketat. Hal ini agar air yang disalurkan ke tanaman berjalan baik dan maksimal. Rumus kebutuhan pengambilan air sebagai berikut.

$$DR = \frac{NFR}{E \times 8{,}64} \quad (22)$$

Program Dinamis

Pemograman dinamis adalah salah cara untuk mencari penyelesaian optimal pada masalah multivariabel dengan cara membagi beberapa tahap (stage), dan setiap tahap yang sudah dibagi menjadi sub-sub masalah dengan variabel tunggal [5]. Dengan membagi masalah ke dalam sub-masalah, suatu masalah dapat diselesaikan lebih mudah.

Karakteristik Persoalan Pemograman Dinamis

Dari unsur-unsur dasar program dinamik diatas dapat ditentukan karakteristik permasalahan progam dinamik[6], yakni:

a. Permasalahan dapat dibagi dalam tahap-tahap (stage), dengan suatu keputusan di setiap tahap.
b. Setiap tahap memiliki sejumlah keadaan (states) yang bersesuaian.
c. Pengaruh keputusan kebijakan pada setiap tahap adalah untuk merubah keadaan sekarang menjadi keadaan yang berkaitan dengan tahap berikutnya.
d. Prosedur penyelesaian dirancang untuk menemukan suatu kebijakan optimal untuk keseluruhan masalah, yaitu pemberi keputusan kebijakan optimal pada setiap tahap untuk setiap kemungkinan keadaan.
e. Bila diketahui keadaan (state) sekarang, kebijakan optimal untuk tahap-tahap yang tersisa adalah bebas terhadap kebijakan yang dipakai pada tahap-tahap sebelumnya.
f. Prosedur penyelesaiaan dimulai dengan menemukan kebijakan optimal untuk tahap akhir.
g. Ada hubungan rekursif yang mengidentifikasi kebijakan optimal pada tahap n, jika diketahui keputusan optimal untuk tahap (n+1).

Pendekatan Penyelesaiaan Secara Rekursif

Prosedur perhitungan program dinamik adalah secara rekursif yang berarti bahwa setiap kali mengambil keputusan harus memperhatikan keadaan yang dihasilkan oleh keputusan optimal sebelumnya dan merupakan landasan bagi keputusan optimal berikutnya. Prosedur penyelesaian secara rekursif ada 2 macam yaitu;

i. Pendekatan maju (forward atau up-down)
   Misalkan $x_1, x_2, \ldots, x_n$ menyatakan variabel keputusan yang harus dibuat masing-masing untuk tahap 1, 2, . . ., n. Maka secara pendekatan maju, program dinamis bergerak mulai tahap 1, terus maju ke tahap 2, 3, dan seterusnya sampai tahap n. Runtunan variabel keputusan adalah $x_1, x_2, \ldots, x_n$.
ii. Pendekatan mundur (backward atau bottom-up)
   Pemograman dinamis bergerak mulai dari tahap n, terus kemudian mundur ke tahap n-1, n-2, dan seterusnya sampai tahap 1. Runtunan variabel keputusan adalah $x_n, x_{n-1}, \ldots, x_1$.

Algoritma Pemograman Dinamis

Algoritma pemograman dinamik merupakan salah satu algoritma yang digunakan dalam menyelesaikan masalah optimal untuk mencari solusi terbaik, pertama kali dikenalkan oleh Bellman dan Dreyfuss tahun 1962. Langkah-langkah pengembangan Algoritma pemograman dinamis adalah:

1) Menentukan struktur solusi optimal
2) Definisikan secara rekursif nilai solusi optimal.

3) Menghitung nilai solusi optimal secara maju atau mundur (yang sudah ditentukan pada langkah 2).
4) Konstruksi solusi optimal.

METODE

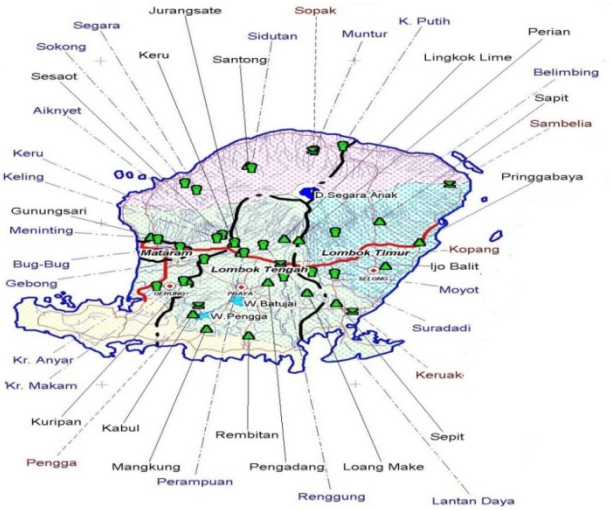
Untuk menunjang konsep teori diatas diaplikasikan pada data yang diambil dari kantor BISDA Dinas PU NTB Mataram. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data yang sudah divalidasi. Data input adalah data curah hujan, data suhu, data kelembaban udara, data kecepatan angin, dan data lama penyinaran matahari. Masing-masing data adalah data dalam ukuran setengah bulanan (15 hari). Jumlah data setiap tahun memiliki jumlah data yang sama, yaitu 24 data. Data yang diambil kemudian diprediksi dengan menggunakan metode Jaringan Syaraf Tiruan (JST) [7].

Dari data hasil prediksi ditentukan penggunaan konsumtif tanaman (evapotranspirasi), curah hujan efektif dan kebutuhan air penyiapan lahan kemudian dihubungkan dengan ketersediaan volume air irigasi dan lama tanam tanaman pangan untuk mendapatkan rancangan pola tanam. Rancangan pola tanam optimal ditentukan dengan penjadwalan tanam setiap jenis tanaman pangan per tahun. Optimasi dilakukan terhadap beberapa alternatif luas lahan yang ada dengan menggunakan Program Dinamis.

PEMBAHASAN

Studi Kasus Penelitian

Data yang diambil dari pos pengamatan daerah Kabupaten Lombok Timur Provinsi NTB, sebaran pos pengamatan seperti gambar 1 berikut ini. Data terdiri dari dua jenis yakni data hidrologi (data curah hujan dan data debit air) dan data klimatologi (data suhu, data kelembaban udara, data lama penyinaran matahari, dan data kecepatan angin). Data curah hujan dan data klimatologi diambil selama 31 tahun terakhir dari tahun 1983-2013, data debit air diambil selama 22 tahun dari tahun 1992-2013, dan data tanaman pangan, luas lahan tanaman pangan, lama tanam dan harga jual tanaman pangan. Juga peneliti melakukan observasi dan interview lapangan serta mengambil data dari Dinas Pertanian NTB tentang biaya produksi dan harga-harga tanaman pangan.



Gambar 1. Sebaran Pos Hidroklimatologi Pulau Lombok NTB
(Sumber: BISDA Dinas PU Provinsi NTB)

Metode yang digunakan dalam pengambilan data ini adalah mengambil data yang sudah tersedia di basis data dan informasi kantor BISDA Dinas PU NTB Mataram.

Optimasi Pola Tanam

Menghitung kebutuhan air untuk irigasi didasarkan pada prinsip keseimbangan air yang dinyatakan dalam persamaan (20 dan 22). Faktor-faktor yang dibutuhkan untuk mendapatkan kebutuhan air irigasi adalah evaporasi (persamaan 1 dan 2), radiasi (persamaan 3 sampai 7), evapotranspirasi (persamaan 9), dan curah hujan efektif (persamaan 17 dan 18). Untuk menghitung faktor-faktor tersebut, digunakan data hasil prediksi tahun 2014 data curah hujan, suhu, kelembaban udara, kecepatan angin, dan lama penyinaran matahari. Untuk volume air yang tersedia mengacu pada debit andalan data debit air tahun 1992-2013. Menurut Direktorat Jenderal Pengairan DPU (1986), debit andalan adalah debit minimum sungai untuk kemungkinan terpenuhi 80% dapat dipakai untuk irigasi, seperti yang diperlihatkan Tabel 1 berikut ini.

Tabel 1. Volume Air Tesedia Kabupaten Lombok Timur

Bulan	Volume Andalan (ribu m^3)	Kehilangan				Volume Tersedia (ribu m^3)		
		Rembesan (ribu m^3)	Evaporasi (ribu m^3)	AirBaku (rib m^3)	Jumlah (ribu m^3)	MT I	MT II	MT III
Jan I	3291,66	128,43	108,38	77,76	314,57	2977,09		
Jan II	4703,46	128,43	100,21	77,76	306,40	4397,05		
Feb I	5049,90	128,43	105,24	77,76	311,44	4738,46		
Feb II	4154,83	128,43	94,74	77,76	300,93	3853,90		
Mar I	3921,22	128,43	86,16	77,76	292,35	3628,87		
Mar II	4636,34	128,43	122,86	77,76	329,05	4307,29		
Apr I	3770,09	128,43	111,11	77,76	317,30	3452,79		
Apr II	2563,76	128,43	103,17	77,76	309,36	2254,40		
Mei I	2006,85	128,43	119,86	77,76	326,05		1680,80	
Mei II	2066,99	128,43	92,76	77,76	298,96		1768,03	
Jan I	1641,44	128,43	101,69	77,76	307,88		1333,56	
Jan II	1768,47	128,43	141,28	77,76	347,47		1421,00	
Jul I	1629,72	128,43	162,25	77,76	368,44		1261,28	
Jul II	1729,57	128,43	123,74	77,76	329,93		1399,64	
Aug I	1349,18	128,43	196,56	77,76	402,75		946,43	
Aug II	1537,20	128,43	180,32	77,76	386,51		1150,69	
Sep I	1067,27	128,43	167,53	77,76	373,73			693,54
Sep II	1608,79	128,43	178,20	77,76	384,39			1224,39
Okt I	1224,91	128,43	191,01	77,76	397,20			827,70
Okt II	1633,82	128,43	157,95	77,76	364,14			1269,68
Nop I	1256,11	128,43	168,83	77,76	375,02			881,09
Nop II	1682,43	128,43	161,59	77,76	367,78			1314,65
Des I	1523,33	128,43	174,37	77,76	380,56			1142,77
Des II	3468,02	128,43	109,89	77,76	316,08			3151,95
Jumlah volume tersedia tiap musim tanam (dibulatkan)						29600	11000	10500

Dari hasil observasi dan interview dilapangan ditentukan cara analisis pola tanam, disajikan pada Tabel 2 berikut ini.

Tabel 2. Cara Analisis Pola Tanam Tanaman Pangan

Cara Analisis	Urutan Analisis		
Analisis I	Musim Tanam I	Musim Tanam II	Musim Tanam III
Analisis II	Musim Tanam II	Musim Tanam III	Musim Tanam I
Analisis III	Musim Tanam III	Musim Tanam I	Musim Tanam II

Sumber: Kastaman, 2007

Persamaan Kendala Dan Fungsi Tujuan

Pada penelitian ini keterbatasan sumber daya berupa volume air dan luas lahan yang dapat diairi. Untuk volume air yang tersedia diambil dari volume air yang mengacu pada debit andalan, sedangkan luas lahan yang ditanami maksimal, untuk Kabupaten Lombok Timur tahun 2013 luas MT I=23871 ha, MT II=23871 ha, dan MT III=45442 ha. Dari keterbatasan diatas bisa dihitung batas maksimum pemberian air irigasi pada setiap musim tanam, rumus seperti dibawah ini [7].

$$B_{max} = DR \times L \quad (23)$$

dengan:

B_{max} = batas maksimum pemberian air irigasi (ribu m^3)
DR = volume kebutuhan air (m^3/ha)
L = luas lahan pertanian (ha)

Fungsi tujuan adalah memaksimalkan keuntungan produksi pertanian dengan mengalokasikan volume air yang tersedia dan volume air di tampungan efektif untuk setiap musim tanam. Dengan mengkaitkan keuntungan produksi dengan volume kebutuhan air setiap musim tanam, maka diperoleh keuntungan produksi per m^3 volume air yang diberikan pada setiap musim tanam. Cara perhitungannya seperti rumus dibawah ini [7].

$$K = \frac{Kp}{DR} \quad (24)$$

dengan:

K = keuntungan produksi per volume air yang dipakai (Rp/m^3)
Kp = keuntungan produksi per ha (Rp/ha)
DR = volume kebutuhan air (m^3/ha)

Batasan maksimum pemberian air irigasi sebagai kendala dan memaksimalkan keuntungan produksi pertanian sebagai fungsi tujuan pada optimasi penelitian ini. Berdasarkan persamaan (23 dan 23) di atas, maka persamaan kendala dan fungsi tujuan untuk Kabupaten Lombok Timur sebagai berikut.

Analisis I:
Persamaan Kendala
$V_1 \leq 89500$
$V_2 \leq 407200$
$V_3 \leq 712500$
$V_1 + V_2 + V_2 \leq 51000$
Fungsi Tujuan:
Maksimumkan: $Z=(5967,61 \times V_1) + (2855,66 \times V_2) + (2221,80 \times V_3)$
dengan:
V_1 = Volume air irigasi musim tanam I
V_2 = Volume air irigasi musim tanam II
V_3 = Volume air irigasi musim tanam III
Analisis II:
Persamaan Kendala
$V_1 \leq 259000$
$V_2 \leq 419400$
$V_3 \leq 39500$
$V_1 + V_2 + V_3 \leq 51000$
Fungsi Tujuan:
Maksimumkan: $Z=(6870,86 \times V_1) + (1983,02 \times V_2) + (2750,82 \times V_3)$

Analisis III:
Persamaan Kendala
$V_1 \leq 273200$
$V_2 \leq 263000$
$V_3 \leq 698600$
$V_1 + V_2 + V_3 \leq 51000$
Fungsi Tujuan:
Maksimumkan: Z=(3044,32 x V_1) + (2016,06 x V_2) + (3695,30 x V_3)

Optimasi Dengan Program Dinamis

Optimasi terhadap rancangan pola tanam dihubungkan dengan pengelolaan sumber daya air. Salah satu cara untuk meningkatkan pemanfaatan air adalah dengan teknik optimasi dengan menggunakan *program dinamik deterministik* (Deterministic Dynamic Program). Pemograman dinamis (Dynamic Programming) adalah teknik pengambilan keputusan yang digunakan untuk mengambil keputusan yang terdiri dari beberapa tahapan. Permasalahan yang akan diselesaikan diuraikan menjadi sub persoalan yang saling berhubungan.

Karakteristik persoalan pemograman dinamik dapat diuraikan sebagai berikut[8]:

1. Problem dipecahkan menjadi tahap-tahap (stage) dan ada variabel keputusan pada setiap tahap.
2. Setiap tahap mempunyai sejumlah keadaan (state).
3. Hasil dari keputusan di tiap tahap adalah:
   a. Menghasilkan return berdasarkan fungsi stage return.
   b. Mentransformasikan stage variabel untuk tahap berikutnya lewat stage transformation.
4. Keputusan untuk tahap berikutnya tidak tergantung dari keputusan yang telah diambil (pada tahap sebelumnya). Penyelesaian pemograman dinamik dimulai dari tahap awal dan bergerak ke tahap akhir (*rekursif maju*) atau sebaliknya (*rekursif mundur*).
5. Pada *rekursif maju (forward)*, untuk setiap tahap ditentukan kebijakan optimal berdasarkan kebijakan optimal dari tahap sebelumnya dan fungsi tujuan. Persamaan *rekursif maju* dapat ditulis sebagai berikut:

$$f_1(x_1) = \max_{\substack{\text{feasible} \\ \text{proposal_}p_1}} \{R_1(x_1, p_1)\} \quad \text{(basis)} \quad (25)$$

$$f_k(x_k) = \max_{\substack{\text{feasible} \\ \text{proposal_}p_k}} \{R_k(x_k, p_k) + f_{k-1}(x_{k-1})\} \quad \text{(rekurens)} \quad (26)$$

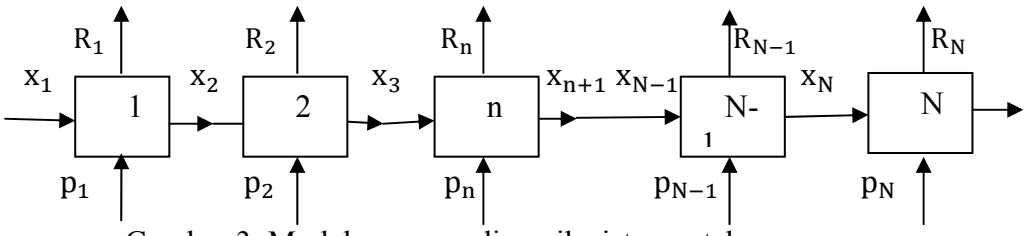
k=2, 3,...,n

Untuk prosedur *rekursif mundur* persamaannya adalah:

$$f_n(x_n) = \max_{\substack{\text{feasible} \\ \text{proposal_}p_n}} \{R_n(x_n, p_n)\} \quad \text{(basis)} \quad (27)$$

$$f_k(x_k) = \max_{\substack{\text{feasible} \\ \text{proposal_}p_k}} \{R_k(x_k, p_k) + f_{k+1}(x_{k+1})\} \quad \text{(rekurens)} \quad (28)$$

k=2, 3,...,n-1



Gambar 3. Model program dinamik sistem n tahap

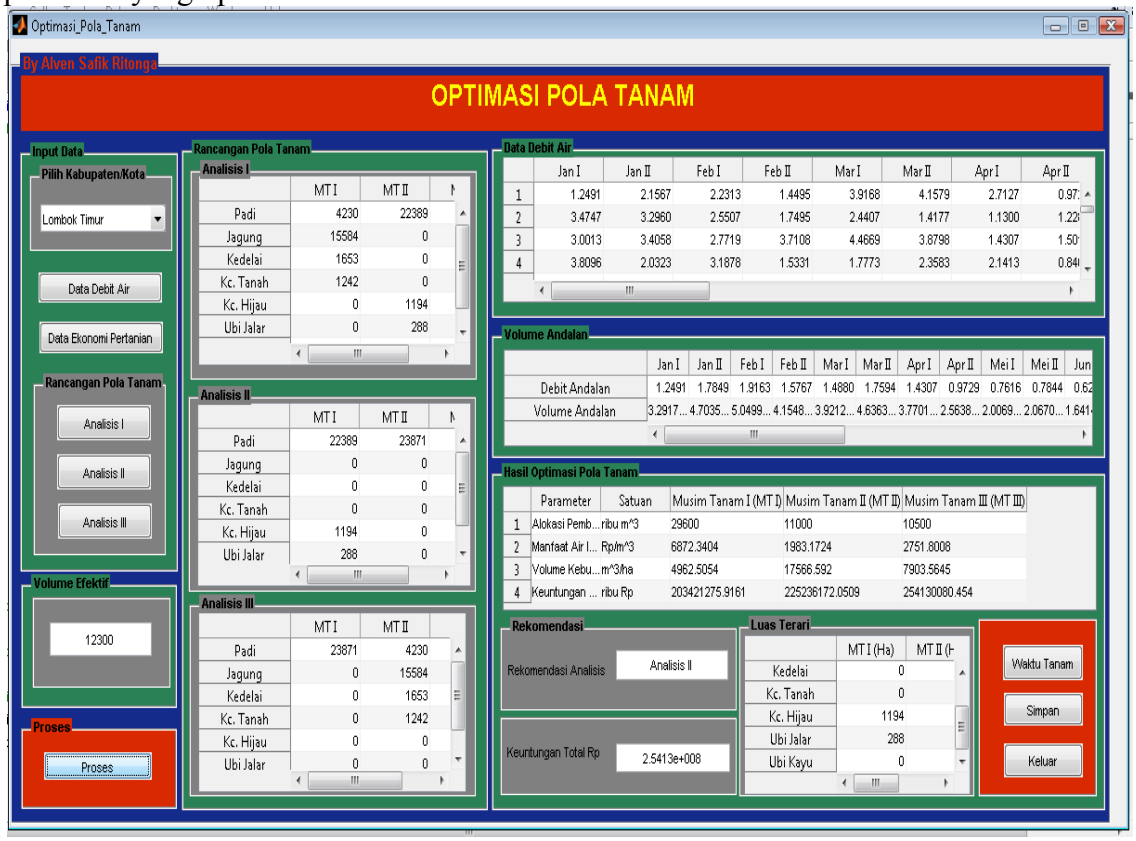
Dari karakteristik diatas, maka dapat di identifikasi indikator dari optimasi pola tanam sebagai berikut:

1. Proses optimasi dibagi menjadi 3 tahap (stage) disesuaikan dengan jumlah musim tanam MT1, MT2, dan MT3. (n=3)
2. Setiap tahap akan dialokasikan sejumlah volume air.
3. Variabel yang menghubungkan antara tahap satu dengan lainnya adalah perubahan tampungan air irigasi sesudah suatu tahap (x_k) dengan grid 100 ribu m^3. Selain itu optimasi juga dilakukan beberapa alternatif dengan merubah luas tanam masing-masing tanaman pangan.
4. Stage return yaitu keuntungan fungsi volume air selama setiap stage (R_k).
5. Dalam optimasi ini variabel keputusannya adalah banyaknya penggunaan volume air irigasi yang menghasilkan produksi pertanian optimal (p_k).

Asumsi-asumsi yang diambil adalah sebagai berikut [8]:

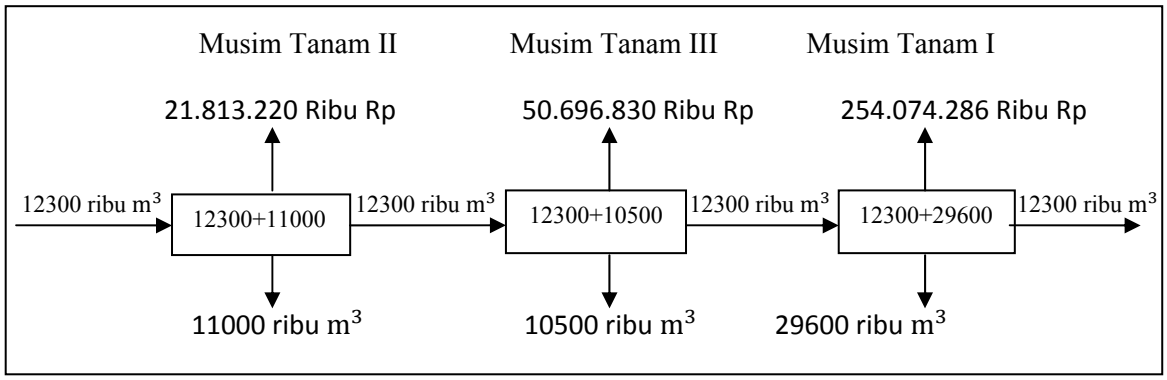
a) Perhitungan optimasi didasarkan pada masing-masing musim tanam. Dengan demikian volume air dihitung optimal dalam satu priode musim tanam yang bersangkutan.
b) Air yang tersedia seluruhnya terpakai, jadi tidak ada air yang terbuang.

Hasil simulasi optimasi pola tanam menggunakan GUI Matlab, diperlihatkan pada gambar 4 berikut ini. Dari simulasi ini diperoleh keuntungan yang optimal jika menggunakan rekomendasi pola tanam yaitu rekomendasi Analisis II, dan dapat diperoleh berapa luas tanam tanaman permusim tanam supaya diperoleh hasil produksi pertanian yang optimal.



Gambar 4. Tampilan Simulasi Optimasi Kab. Lombok Timur Menggunakan GUI Matlab

Berdasarkan hasil simulasi diatas, optimasi yang direkomendasikan adalah Analisis II, hasil optimasi yang digambar pada gambar 5 berikut ini.



Gambar 5. Diagram Hasil Optimasi Analisis II Kab. Lombok Timur

Pola Tanam Tanaman Pangan

Rekomendasi cara analisis pola tanam pada Kabupaten Lombok Timur, yaitu Analisis II. Dengan menggunakan hasil rekomendasi itu didapatkan pembagian luas lahan tanam tanaman pada masing-masing musim tanam. Untuk selanjutnya akan ditentukan waktu tanam tanaman berdasarkan kebutuhan air tanaman selama satu (1) tahun. Karena pengaturan kebutuhan air komsumsi masing-masing tanaman adalah per 15 hari (setengah bulanan), maka bisa ditentukan selama satu (1) tahun kemungkinan waktu tanam 24 alternatif. Dari 24 alternatif waktu tanam yang ada akan ditentukan waktu optimal berdasarkan kebutuhan air minimum dengan menggunakan persamaan 20, 21 dan 22. Simulasi untuk menentukan waktu tanam optimal pada masing-masing musim tanam menggunakan GUI Matlab, ditampilkan pada gambar 6 berikut.

Gambar 6. Jadwal Waktu Tanam Kabupaten Lombok Timur

Berdasarkan simulasi perencanaan waktu tanam di atas dapat diketahui kebutuhan air minimum dan waktu tanam tiap musim tanam di Kabupaten Lombok Timur, yang

mana Musim Tanam I dimulai bulan pada Januari II, Musim Tanam II dimulai bulan Mei II, dan Musim Tanam III dimulai pada bulan Oktober II.

KESIMPULAN

Hasil perencanaan pola tanam dengan optimasi program dinamis berdasarkan curah hujan, kebutuhan air, dan lama tanam tanaman pangan di Kabupaten Lombok Timur dengan menggunakan optimasi diperoleh proyeksi keuntungan produksi meningkat sebesar 20,49%.

Rekomendasi waktu tanam dan luas lahan tanam yang paling optimal adalah Musim Tanam I dimulai bulan pada Januari II dengan menanam padi (31.358 ha), kacang hijau (1.156 ha), dan ubi jalar (246 ha), Musim Tanam II dimulai bulan Mei II dengan menanam padi (32.760 ha), dan Musim Tanam III dimulai pada bulan Oktober II dengan menanam padi (26.866 ha), jagung (15.584 ha), kedelai (1.653 ha), kacang tanah (1.137 ha), dan ubi kayu (1.132 ha).

DAFTAR PUSTAKA

Irawan, M.Isa, Syaharuddin, Utomo, D.B., Rukmini, A.M. (2003), "*Intelligent Irrigation Water Requirement System Based on Artificial Neural Networks and Profit Optimization for Planting Time Decision Making of Crops in Lombok Islands*", Journal of Theoretical and Applied Information Technology, Vol.58, No.3, hal.657-671.

Direktorat Jenderal Departemen Pekerjaan Umum. (1986), *Standar Perencanaan Irigasi-Kriteria Perencanaan 01*, Badan Penerbit Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.

Soemarto, C.D.(1999), *Hidrologi Teknik*, Erlangga, Jakarta.

Triatmojo, B. (2013), *Hidrologi Terapan*, Beta Offset, Yogyakarta.

Taha, H.A.(2007), *Operations Research An Introduction*, Pearson Prentice Hall, New Jersey.

Hillier, Frederick S., Lieberman, Gerald J. (2001), *Introduction To Operations Research*, McGraw-Hill, New York.

Ritonga A.Safik, Irawan M. Isa (2015), "*Planting Pattern Management Based on RBF Neural Network and Optimize Profit to Determinane The Time Planting Season on Lombok Island*", Asian Journal of Mathematics and Computer Research, Vol. 3, No. 1, hal.40-58.

Hilmi, M., Masrevaniah, A., Soetopo, W. (2012), "*Optimasi Pola Operasi Waduk Pelaparado di Kabupaten Bima Provinsi NTB*", Jurnal Teknik Pengairan, Vol. 3, No.2, hal. 132-142.