

MODEL PENJADWALAN PEMBAGIAN AIR PADA SISTEM IRIGASI (STUDI KASUS: IRIGASI RIAM KANAN)

Chairil Fachrurazie ¹

ABSTRACT

The main problem of the agricultural activity is unbalanced system on the water supply to the rice plant field. This problem is faced on the case study of the B.Gt.6 Sub Area B Riam Kanan Irrigation System, which is unmatched between the water supply scheduling and its implementation on the field. To solve this problem is, determining the mathematical model which is easily to calculate. The aim of the mathematical model is to obtain the water supply schedule on the irrigation system from the channel to the rice plant field.

The model of the linear program is obtained, which is hoped to be implemented on the irrigation network system actually with the qualitative aspect of the result by the case study in the B.Gt.6. Implementation of this study case obtaining the water supply schedule of the irrigation water are $x_i3=36$ and $y_i3=110$ for the destination function-1 and also $x_i3=36$ and $y_i3=113$ for the destination function-2. The value of the minimum loss (z) is 6328 per square area unit in one day for the model I and 0 (zero) per square area unit in one day for the model II.

Keywords : *Water supply scheduling, linear program model.*

PENDAHULUAN

Irigasi Riam Kanan dibangun dengan tujuan untuk meningkatkan perkembangan sektor pertanian melalui pembangunan teknik pengairan dan sistem drainase yang meliputi luas daerah 25.900 ha dengan menggunakan air yang ber-sumber dari waduk serbaguna Pangeran Muhammad Noor di Riam Kanan. Konsep utama dari pengem-bangan sektor pertanian adalah untuk:

1. Meningkatkan produksi padi dengan memperkenalkan pola tanam 2 x setahun, penggunaan bibit unggul, memperbaiki teknik pertanian dan penggunaan sistem drainase yang baik.
2. Meningkatkan produksi padi dengan membuka lahan pertanian yang baru yang mempunyai kondisi fisik yang menunjang perkembangan pertanian yang menguntungkan.
3. Meningkatkan dan memperbaiki struktur lahan pertanian dengan

mengalirkan air bersih dan membuang air kotor.

Untuk mengatur aliran air dari sumbernya ke petak-petak sawah, diperlukan pengembangan sistem irigasi.

Jadwal pembagian air irigasi harus berdasarkan pola tanam yang cocok dengan lingkungan alam di wilayah tersebut agar menghasilkan penggunaan air dan lahan yang efektif serta menguntungkan bagi petani.

Dalam sistem pembagian air pada jaringan air irigasi, kenyataan yang ditemui di lapangan adalah ketidaksesuaian antara perencanaan dan pelaksanaan pembagian air.

Penelitian ini dilaksanakan pada Sub Area B Daerah Irigasi Riam Kanan yang terletak di Kecamatan Martapura dan Sei Tabuk Kabupaten Dati II Banjar Propinsi Kalimantan Selatan. Luas daerah Sub Area B Irigasi Riam Kanan adalah 6.415 ha.

¹ Pengajar Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik UNLAM

Model Penjadwalan Pembagian Air pada Sistem Irigasi
(Studi Kasus: Irigasi Riam Kanan)

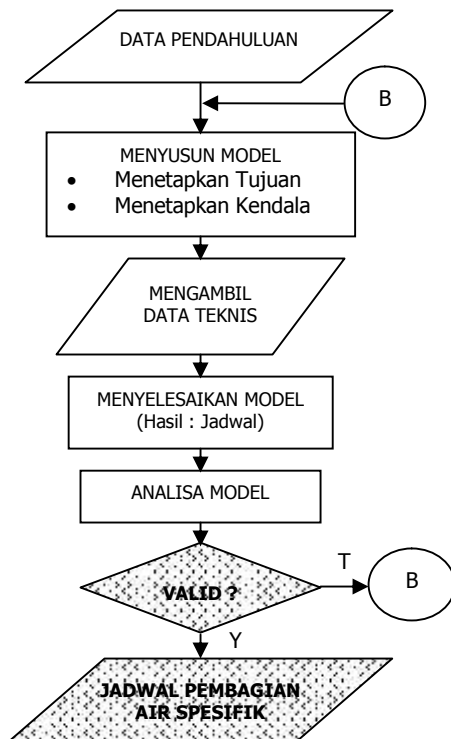
Sedangkan studi kasus penelitian dilakukan pada B.Gt.6 yang terletak di Desa Gudang Tengah (Gt) No. 6.

TUJUAN DAN MANFAAT

Tujuan dan manfaat yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah untuk menyusun model pembagian air dari saluran sekunder ke saluran tersier maupun dari saluran tersier ke petak sawah, sehingga didapat model atau pola pembagian air irigasi dari saluran sekunder ke saluran tersier maupun dari saluran tersier ke petak sawah. dengan memperhatikan kondisi-kondisi hidrologi dan ekonomi.


METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah metode kualitatif. Metode kualitatif adalah suatu metode yang digunakan untuk merumuskan suatu masalah berdasarkan pemikiran argumentatif dengan mengacu pada cara berpikir yang logis dan sistematis.



Gambar 1. Diagram Alur

Catatan :

 → Tidak termasuk lingkup penelitian

Penyusunan Model

Tahap pengembangan model atau *pemodelan* pada dasarnya merupakan tahap yang kritis dari penyelesaian suatu masalah, sistem pembagian air irigasi merupakan yang beragam, baik itu yang bersifat deterministik maupun probabilistik. Variabel-variabel terse-but antara lain debit, luas petak, umur padi dan lama proses tiap tahap, hubungan antara masing-masing tahap, hubungan antara masing-masing petak. Hubungan antar variabel itu sendiri pun beragam yaitu linier dan non linier, penelitian ini menerapkan idealisasi sedemikian rupa sehingga menghasilkan model yang linier dan deterministik. Hal ini variabel diasumsikan deterministik, sementara hubungan tiap variabel diasumsikan linier. Asumsi demikian tentu saja memerlukan validasi. Hasil validasi dapat digunakan lebih jauh untuk memperbaiki model program linier yang terdiri dari fungsi tujuan dan kendala-kendalanya.

Penyelesaian Model

Model program linier yang telah dihasilkan dapat diselesaikan dengan metode *simpleks* (lihat, Hillier dan Liebermann, 1993, Bab 3 – 4).

Untuk menurunkan solusi dari suatu model yang tersusun dengan baik tersedia sejumlah algoritma yang dapat diimplementasikan dalam bentuk program komputer. Penelitian ini menggunakan salah satu program komputer yang dapat menyelesaikan program linier tersebut.

Analisa Model

Analisa model dilakukan dengan memeriksa seberapa sensitif model terhadap perubahan spesifikasi sistem. Salah satu metoda yang

berkembang dan telah digunakan di dalam program linier untuk keperluan ini adalah *analisis sensitivitas*.

Data

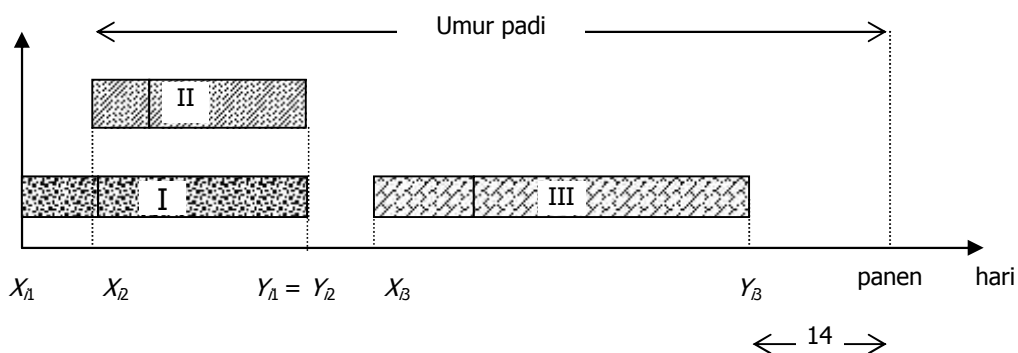
Penelitian ini memerlukan data pokok yaitu data debit. Sedangkan data teknis yang terkait dalam masalah ini adalah data luas petak sawah dan waktu-waktu pengairan. Ada 3 masa pengairan yaitu:

- I. Masa persiapan lahan (*Land Preparation*)

- II. Masa persemaian bibit (*Nursery Period*)
- III. Masa pertumbuhan (*Growing Period*)

Lama pengairan pada masa ini berlangsung sejak mulai ditanamnya anak padi sampai 14 hari sebelum panen. Dalam selang waktu 2 minggu sebelum panen pengairan harus benar-benar dihentikan.

Tahap - tahap pengairan ini dapat digambarkan dalam *bar chart* berikut ini:



Gambar 2. Diagram Tahap-tahap Pengairan

X_{ij} adalah waktu mulai tahap ke - j pada petak ke - i ;
 Y_{ij} adalah waktu berakhirnya tahap ke - j pada petak ke - i ; di mana
 $i \in \{ 1,2, \dots,n\}$; n jumlah petak yang dipertimbangkan dalam studi kasus di sini $n = 8$; dan
 $j \in \{ 1,2, 3\}$; tahap-tahap pengairan.

PENYUSUNAN MODEL

Menetapkan tujuan

Pada penelitian ini, kita ingin menentukan berapakah nilai X_{ij} dan Y_{ij} dengan memaksimalkan (atau meminimalkan) fungsi tujuan.

Ada 2 fungsi tujuan yang ditetapkan dalam menyusun model pembagian air, yaitu:

- 1. Meminimumkan keterlambatan waktu mulai tahap ke - 2
 Minimumkan :

$$Z = \sum A_i \cdot K_{i1} \cdot (X_{i2} - X_{i1}) \dots \dots \dots (1)$$

Maksud dari tujuan ini adalah meminimumkan harga Z yang merupakan besarnya kerugian akibat keterlambatan memulai tahap ke-2 dari seluruh petak. Mulainya tahap ke-2 berselang 14 - 18 hari setelah tahap ke-1 di mulai.

- 2. Meminimumkan keterlambatan waktu berakhirnya tahap ke - 2
 Minimumkan :

$$Z = \sum A_i \cdot K_{i2} \cdot (Y_{i2} - Y_{i1}) \dots \dots \dots (2)$$

Maksud dari tujuan ini adalah meminimumkan harga Z yang merupakan besarnya kerugian akibat keterlambatan berakhirnya tahap ke-2 dari seluruh petak. Berakhirnya tahap ke-2 diupayakan bersama-sama dengan berakhirnya tahap ke-1. di mana,
 K_1 : kerugian dalam satu satuan rupiah,
 A_i : luas petak ke $- i$.

Kendala-kendala

Kendala – kendala yang terkait dalam sistem ini adalah sebagai berikut:

1. Kendala Sumber Daya air

Kendala sumber daya air adalah kendala yang berhubungan dengan kuantitas air sebagai faktor utama yang mempengaruhi sistem pemba-gian air. Adapun data yang diperlukan adalah data debit masing-masing petak dalam setiap tahapnya dan debit maksimum.

$$0 \leq \sum (Y_{i2} - X_{i2}) (Q_{i2} + Q_{i1}) \leq Q_{maks} \sum (Y_{i2} - X_{i2}) \dots\dots\dots(3)$$

di mana,
 Q_{ij} : debit pada tahap ke-j di petak ke $- i$
 Q_{maks} : debit maksimum di saluran

Maksud dari kendala ini adalah jumlah volume air pada seluruh petak yakni hasil perkalian antara jumlah debit pada tahap ke-1 dan ke-2 dengan lama proses tahap ke-2 harus lebih dari sama dengan nol dan lebih kecil dari volume air irigasi maksimum yakni perkalian antar Debit maksimum dengan lama proses di seluruh petak.

2. Kendala Precedence dan waktu

Kendala *precedence* dan waktu adalah kendala yang menggambarkan hubungan antar tahap, dimana tahap yang satu mempengaruhi dan dipengaruhi oleh tahap yang berikutnya.

$$a_i \leq X_{i2} - X_{i1} \leq b_i \dots\dots\dots(4)$$

Maksud dari kendala ini adalah selang antara mulainya tahap ke-2 dari tahap ke-1

harus lebih besar dari a_i dan lebih kecil dari b_i .di mana,

a_i : waktu selisih minimum antara mulai tahap ke-2 dan tahap ke-1 dari petak ke- i

b_i : waktu selisih maksimum antara mulai tahap ke-2 dan tahap ke-1 dari petak ke- i .

$$c_i \leq Y_{i2} - Y_{i1} \leq d_i \dots\dots\dots(5)$$

Maksud dari kendala ini adalah selang antara berakhirnya tahap ke-2 dari tahap ke-1 harus lebih besar dari c_i dan lebih kecil dari d_i , di mana,

c_i : waktu selisih minimum berakhirnya tahap ke-2 dan tahap ke-1 dari petak ke- i

d_i : waktu selisih maksimum berakhirnya tahap ke-2 dan tahap ke-2 dari petak ke- i

$$X_{i3} - Y_{i2} = e_i \dots\dots\dots(6)$$

Maksud dari kendala ini adalah selang antara berakhirnya tahap ke-2 dan mulainya tahap ke-3 sama dengan e_i . di mana,

e_i : Selisih waktu antara mulai tahap ke-3 dan berakhirnya tahap ke-2

$$Y_{i3} - X_{i2} + f_i = U_i \dots\dots\dots(7)$$

Maksud dari kendala ini adalah umur padi dimulai dari sejak berlangsungnya *tahap* ke-2 sampai berakhirnya tahap ke-3 dan ditambah suatu variabel f_i , di mana,

f_i : Lama pengairan dihentikan pada petak ke- i (14 hari), pada saat menjelang panen.

U_i : Umur padi

3. Kendala eksistensi tahap

Kendala eksistensi tahap yaitu kendala yang menyatakan bahwa tahap-tahap tersebut mempunyai lama waktu proses dimana waktu proses tersebut tidak sama dengan nol.

$$g_i \leq Y_{i1} - X_{i1} \leq h_i \dots\dots\dots(8)$$

Maksud dari kendala ini adalah lama tahap ke-1 harus lebih dari sama dengan g_i dan lebih kecil dari sama dengan h_i , di mana,

g_i : waktu minimum tahap ke-1
 h_j : waktu maksimum tahap ke-1
 $i_i \leq Y_{i2} - X_{i2} \leq j_i$ (9)

Maksud dari kendala ini adalah lama tahap ke-2 harus lebih dari sama dengan i_i dan lebih kecil dari sama dengan j_i , Di mana,
 I_j : waktu minimum tahap ke-2
 j_j : waktu maksimum tahap ke-2

$Y_B - X_B > 0$ (10)

Maksud dari kendala ini adalah lama tahap ke-3 harus lebih dari nol.

4. Kendala Non negativitas

Kendala non negativitas yaitu kendala yang menyatakan variabel-variabel keputusan tidak negatif.

$X_{ij} \geq 0$ (11)

$Y_{ij} \geq 0$ (12)

Model Untuk Studi Kasus

Pada Irigasi Riam Kanan studi kasus ini diambil di B.Gt.6, yang mempunyai adalah delapan kelompok petak sawah ($j = 8$). Dan masing-masing kelompok petak memerlukan debit sebagai berikut :

$Q_{11} = 73$	$Q_{21} = 38$
$Q_{12} = 21,9$	$Q_{22} = 11,4$
$Q_{31} = 57$	$Q_{41} = 53$
$Q_{32} = 17,1$	$Q_{42} = 15,9$
$Q_{51} = 56$	$Q_{61} = 90$
$Q_{52} = 16,8$	$Q_{62} = 27$
$Q_{71} = 58$	$Q_{81} = 54$
$Q_{72} = 17,4$	$Q_{82} = 17,1$

Fungsi Tujuan :

1. Minimumkan $Z = \sum A_i \cdot K_{i1} \cdot (X_{i2} - X_{i1})$

Kendala-kendala

a. $0 \leq \sum (Y_{i2} - X_{i2}) (Q_{i2} + Q_{i1}) \leq Q_{maks} \sum (Y_{i1} - X_{i1})$

Pada kendala 2 sampai kendala 5 tiap petak sama :

- b. $X_{i2} - X_{i1} \geq 14$
- c. $Y_{i2} - Y_{i1} \geq 0$
- d. $Y_{i2} - Y_{i1} \leq 4$
- e. $X_{i3} - Y_{i2} = 2$
- f. $Y_{i3} - X_{i2} + 14 = U_i$

Umur padi pada masing-masing petak adalah sebagai berikut :

$U_1 = 120$	$U_2 = 105$
$U_3 = 105$	$U_4 = 115$
$U_5 = 105$	$U_6 = 115$
$U_7 = 105$	$U_8 = 110$

g. $g_i \leq Y_{i1} - X_{i1} \leq h_i$

Dimana :

- g_i untuk tiap petak mempunyai lama yang berbeda, minimal 32 hari.
- h_i untuk tiap petak mempunyai lama yang berbeda, maksimum 40 hari

$Y_{11} - X_{11} \geq 36$	$Y_{11} - X_{11} \leq 38$
$Y_{21} - X_{21} \geq 32$	$Y_{21} - X_{21} \leq 34$
$Y_{31} - X_{31} \geq 34$	$Y_{31} - X_{31} \leq 37$
$Y_{41} - X_{41} \geq 34$	$Y_{41} - X_{41} \leq 37$
$Y_{51} - X_{51} \geq 34$	$Y_{51} - X_{51} \leq 37$
$Y_{61} - X_{61} \geq 38$	$Y_{61} - X_{61} \leq 40$
$Y_{71} - X_{71} \geq 34$	$Y_{71} - X_{71} \leq 37$
$Y_{81} - X_{81} \geq 34$	$Y_{81} - X_{81} \geq 37$

h. $i_i \leq Y_{i2} - X_{i2} \leq j_i$

Dimana :

- i_i untuk setiap petak sama yaitu 17 hari
- j_i untuk setiap petak sama yaitu 25 hari

$Y_{i2} - X_{i2} \geq 17$
 $Y_{i2} - X_{i2} \leq 25$

- i. $Y_B - X_B > 0$
- j. $X_{ij} \geq 0$
- k. $Y_{ij} \geq 0$

Fungsi Tujuan 2

2. Minimumkan: $Z = \sum A_i \cdot K_{i2} \cdot (Y_{i2} - Y_{i1})$

Kendala-kendala

Model Penjadwalan Pembagian Air pada Sistem Irigasi
(Studi Kasus: Irigasi Riam Kanan)

a. $0 \leq \sum (Y_2 - X_2) (Q_2 + Q_A) \leq Q_{\text{maks}} \sum (Y_1 - X_2)$

Pada kendala 2 sampai kendala 5 tiap petak sama :

- b. $X_2 - X_1 \geq 14$
- c. $X_2 - X_1 \leq 18$
- d. $Y_2 - Y_1 \geq 0$
- e. $X_3 - Y_2 = 2$
- f. $Y_3 - X_2 + 14 = U_i$

Umur padi pada masing-masing petak adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} U_1 &= 120 & U_2 &= 105 \\ U_3 &= 105 & U_4 &= 115 \\ U_5 &= 105 & U_6 &= 115 \\ U_7 &= 105 & U_8 &= 110 \end{aligned}$$

g. $g_i \leq Y_1 - X_1 \leq h_i$

Dimana :
g_i untuk tiap petak mempunyai lama yang berbeda, minimal 32 hari
h_i untuk tiap petak mempunyai lama yang berbeda, maksimum 40 hari

$$\begin{aligned} Y_{11} - X_{11} &\geq 36 & Y_{51} - X_{51} &\geq 34 \\ Y_{11} - X_{11} &\leq 38 & Y_{51} - X_{51} &\leq 37 \\ Y_{21} - X_{21} &\geq 32 & Y_{61} - X_{61} &\geq 38 \\ Y_{21} - X_{21} &\leq 34 & Y_{61} - X_{61} &\leq 40 \\ Y_{31} - X_{31} &\geq 34 & Y_{71} - X_{71} &\geq 34 \\ Y_{31} - X_{31} &\leq 37 & Y_{71} - X_{71} &\leq 37 \\ Y_{41} - X_{41} &\geq 34 & Y_{81} - X_{81} &\geq 34 \\ Y_{41} - X_{41} &\leq 37 & Y_{81} - X_{81} &\geq 37 \end{aligned}$$

h. $i_i \leq Y_2 - X_2 \leq j_i$

Dimana :
i_i untuk setiap petak sama yaitu 17 hari
j_i untuk setiap petak sama yaitu 25 hari

$$\begin{aligned} Y_2 - X_2 &\geq 17 \\ Y_2 - X_2 &\leq 25 \end{aligned}$$

- i. $Y_B - X_B > 0$
- j. $X_{ij} \geq 0$
- k. $Y_{ij} \geq 0$

Penyelesaian Model

Penelitian ini menggunakan perangkat "solver" dari Microsoft Excell. Untuk studi kasus ini diperoleh jadwal pembagian air irigasi seperti ditunjukkan pada Tabel 1. dan Tabel 2.

Tabel 1. Waktu-waktu pelaksanaan pengairan di B.Gt.6 untuk fungsi tujuan 1

Z = 6328 satuan rupiah

i	X ₁	Y ₁	X ₂	Y ₂	X ₃	Y ₃
1	0	36	14	39	41	120
2	0	32	14	36	38	105
3	0	34	14	38	40	105
4	0	34	14	38	40	115
5	0	34	14	34	36	105
6	0	38	14	39	41	115
7	0	34	14	38	40	105
8	0	34	14	34	36	110

Tabel 2. Waktu-waktu pelaksanaan pengairan di B.Gt.6 untuk fungsi tujuan 2

Z = 0

i	X ₁	Y ₁	X ₂	Y ₂	X ₃	Y ₃
1	0	36	18	36	38	124
2	0	34	17	34	36	108
3	0	34	17	34	36	108
4	0	35	18	35	37	119
5	0	34	17	34	36	108
6	0	38	18	38	40	119
7	0	35	18	35	37	109
8	0	34	17	34	36	113

BAHASAN DAN ANALISA MODEL

Analisa model dilakukan dengan memeriksa seberapa sensitif model terhadap perubahan spesifikasi sistem. Salah satu metoda yang berkembang dan telah digunakan di dalam program linier untuk keperluan ini adalah *analisis sensitivitas*.

Perubahan variabel sistem yang akan di analisa sensitivitasnya terhadap Fungsi tujuan Z adalah variabel luas daerah masing-masing petak dan debit pada petak ke-*i* dan tahap ke-*j*. Hasil sensitivitas dapat untuk fungsi tujuan 1 dilihat pada Tabel 3 Gambar 3 dan Gambar 4. Sedangkan untuk fungsi tujuan 2 dapat dilihat pada Tabel 4 dan Gambar 5.

Tabel 3 Hasil Analisa Sensitivitas Model 1

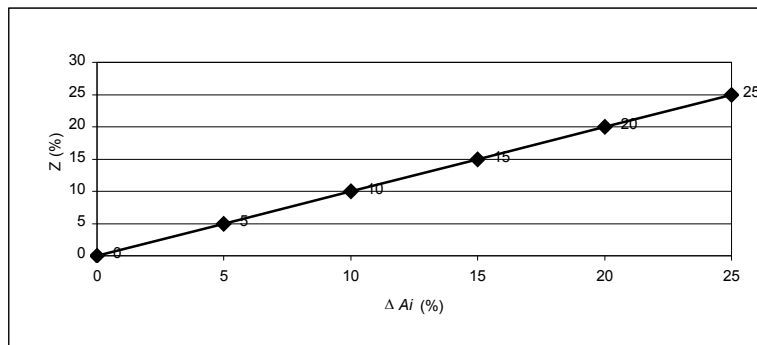
ΔA_i (%)	5	10	15	20	25
ΔZ (%)	5	10	15	20	25
ΔQ_{ij} (%)	5	10	15	20	25
ΔZ (%)	0.008	0.0162	0.0240	0.032	0.040

Tabel 4 Hasil Analisa Sensitivitas Model 2

ΔA_i (%)	5	10	15	20	25
ΔZ (%)	0	0	0	0	0
ΔQ_{ij} (%)	5	10	15	20	25
ΔZ (%)	0	0	0	0	0

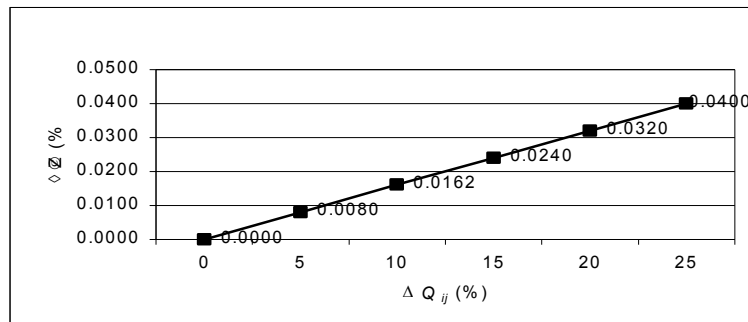
Gambar 3 menunjukkan hubungan linier antara persentase pertambahan luas petak (A_i) terhadap bertambahnya kerugian (Z). Hal ini menunjukkan bahwa model sensitif terhadap perubahan luas petak.

Gambar 4. menunjukkan hubungan linier antara persentase perubahan debit setiap tahap di kelompok petak (Q_{ij}) terhadap bertambahnya kerugian (Z). Hal ini menunjukkan bahwa model sensitif terhadap perubahan debit.

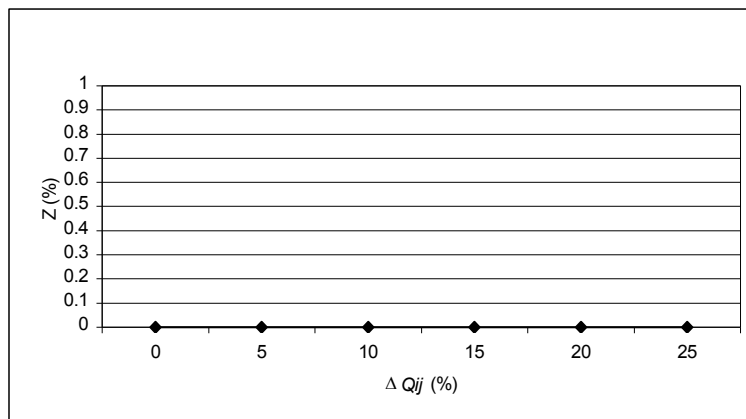


Gambar 3. Grafik Analisa Sensitivitas DZ vs DA

Model Penjadwalan Pembagian Air pada Sistem Irigasi
(Studi Kasus: Irigasi Riam Kanan)



Gambar 4. Grafik Analisa Sensitivitas DQ_{ij} vs DZ



Gambar 5. Grafik Analisa Sensitivitas DQ_{ij} vs DZ

Gambar 5 adalah grafik analisa sensitivitas modal 2 yaitu akibat perubahan Q_{ij} terhadap perubahan Z , yaitu berapapun perubahan Q_{ij} tidak berpengaruh terhadap perubahan Z . Jadi perubahan Q_{ij} tidak sensitif terhadap perubahan Z .

VALIDASI

Selanjutnya solusi yang diperoleh diimplementasikan pada sistem nyata, dalam hal ini dilaksanakan pada petak sebenarnya dan petani harus mengikuti jadwal yang dihasilkan. Tahap implementasi harus didukung dengan upaya pemantauan agar dapat membenarkan hasil solusi dari model terhadap kenyataan yang terjadi

di lapangan. Jika terdapat kesalahan maka harus diputuskan apakah kesalahan itu signifikan atau tidak. Namun, saat ini tidak mungkin mengimplementasikan model yang telah disusun karena perlu waktu lama dan biaya penelitian yang lebih besar. Di samping itu, model yang dibangun ini adalah model yang generik/ umum. Model yang umum hanya dapat diimplementasikan bila ada kasus tertentu. Sedangkan studi kasus yang kami teliti ini hanya untuk memberi penerapan teknik penjadwalan.

KESIMPULAN

1. Penelitian ini mengembangkan model linier deterministik dari pola pembagian air.
2. Model-model di atas diselesaikan dengan metode simpleks yang diimplementasikan dalam bentuk program komputer di mana *software* yang digunakan untuk menyelesaikannya adalah "Microsoft Excell" yang mempunyai fasilitas tool yang bernama "solver".
3. Jadwal yang dihasilkan berdasarkan kendala-kendala yang dipertimbangkan, memperlihatkan pembagian air dapat dijadwalkan secara optimal, tidak memperhatikan apakah dalam pola pengaliran terus menerus, rotasi atau kombinasinya.
4. Penerapan pada studi kasus (B.Gt.6) menghasilkan jadwal pembagian air irigasi seperti pada Tabel 5.1. dan Tabel 5.2. yang masing-masing memberikan nilai kerugian yang paling minimum (Z) sebesar 6328 satuan untuk fungsi tujuan 1 dan sebesar 0 satuan untuk fungsi tujuan 2.
5. Analisis Sensitivitas menunjukkan bahwa besar kerugian model ke-1 sensitif terhadap perubahan luas tiap petak dan terhadap perubahan debit, sedangkan model ke-2 tidak sensitif terhadap perubahan seluruh variabel.

6. Lebih jauh analisa sensitivitas menunjukkan kinerja yang buruk dari model ke-2.
7. Validasi tidak dapat dilakukan karena memerlukan implementasi lapangan yang berada di luar lingkup penelitian.

Ucapan Terima Kasih:

Terimakasih kepada Sarini, Wahidah, Syahril Taufik, Darmansyah Tj. dan Husnul Khatimi.

DAFTAR PUSTAKA

- Baker, R., 1973, *Introduction to Sequencing and Scheduling*, New York: Jhona Wiley and Sons
- Bazaraa, M. H.D. Sherali, and JJ Darwis, 1990, *Linier Programming and Network Flows*, Wiley, Singapura
- Dirjen Pengairan Departemen PU, 1986, *Standar Perencanaan Irigasi Kriteria Perencanaan Bagian Jaringan Irigasi*, KP-01.
- Dirjen Pengairan Departemen PU, 1986, *Standar Perencanaan Irigasi Kriteria Perencanaan Bagian Petak Tertier*, KP-05.
- Operation and Maintenanc Manual For Riam Kanan Irrigatioan Project (Stage-I)*, 1992, Nippon Koei Co.