

OPTIMASI PEMOMPAAN AIR IRIGASI Picon Sebagai Kasus

Oleh : SH. Nasution; Kardono.

INTISARI.

Pengerjaan sawah secara serentak (± 42 hektar) di "Proyek Desa Surya Picon" membutuhkan pemompaan air irigasi pada puncaknya sangat tinggi (7.400 m³ per hari) dan kebutuhan satu musim tanam sebesar 425.440 m³, bila penanaman dimulai pada awal bulan Mei.

Kebutuhan puncak ini diperlukan hanya selama waktu pengolahan tanah saja (± 10 hari) per musim tanam. Jumlah sebesar tersebut tidak dapat dipenuhi oleh operasi pompa yang tersedia secara normal.

Dalam usaha mengatasi problem ini dilakukan optimasi irigasi dengan sistem giliran. Hasil optimasi menunjukkan bahwa kebutuhan air irigasi pada puncaknya untuk 3 (tiga) blok giliran (luas total tetap 42 hektar) dapat ditekan menjadi 4.598 m³ per hari. Sedangkan kebutuhan air irigasi selama satu musim tanam dapat ditekan menjadi 401.916 m³.

PENDAHULUAN.

Aktivitas proyek Desa Surya antara lain adalah pemanfaatan tenaga gasifikasi kayu untuk pompa irigasi. Air yang dihasilkan digunakan untuk mengairi sawah tadah hujan yang terletak di wilayah kampung Picon, Kabupaten Serang, Jawa Barat. Air irigasi untuk sawah dengan luas ± 42 hektar di kampung tersebut dipompa dari sungai Ciujung, yang berjarak ± 300 meter dari tepi sawah terdekat dan terletak pada perbedaan tinggi antara 8 sampai dengan 12 meter di bawah permukaan sawah.

Pengerjaan sawah secara serentak untuk luas 42 hektar membutuhkan air pada puncaknya hingga 7400 m³ per hari¹⁾. Jumlah ini hanya dapat dicapai dengan waktu operasi pompa selama lebih dari 15 jam per hari, karena pompa tersedia 10 buah akan tetapi praktis hanya dapat beroperasi 8 (delapan) buah @ 60 m³ per jam. Secara normal jam operasi maksimum mesin/pompa adalah 10 jam per hari, sehingga kapasitas maksimum pemompaan hanya 4.800 m³ per hari.²⁾

Dengan demikian, masalah yang dihadapi adalah di satu pihak kapasitas maksimum pompa hanya 4.800 m³ per hari dan di lain pihak dengan kapasitas yang ada harus dapat mengairi sawah seluas 42 hektar tersebut.

Penyelesaiannya sekarang adalah bagaimana menekan kebutuhan puncak air irigasi sehingga masih dalam batas kapasitas yang tersedia. Hal ini dapat dilakukan dengan cara irigasi sistem giliran.

Berdasarkan hamparan sawah yang ada, rencana irigasi dapat dikelompokkan dalam 3 (tiga) blok, yaitu blok 1 dengan luas 17 hektar, blok 2 dengan luas 13 hektar dan 12 hektar untuk blok 3. Dengan adanya pembagian ke dalam blok-blok dengan luas yang sudah tertentu tersebut, optimasi air irigasi dapat diusahakan dengan pengaturan saat dimulainya pemberian air pada tiap blok sawah.

Sebagai kriteria optimasi dipilih agar air yang dipompa per hari mencapai jumlah minimal; artinya masih dalam batas kapasitas pemompaan.

IKLIM, TANAH DAN TANAMAN.

Pengaruh iklim terhadap distribusi air irigasi sangat ditentukan oleh anasir hujan dan suhu. Hujan adalah anasir kesetimbangan air yang positif karena ia merupakan tambahan (input) dalam kesetimbangan. Suhu dan faktor-faktor meteorologi lainnya berpengaruh terhadap kecepatan angin, yang pada akhirnya menentukan pula besar kecilnya evaporasi dan transpirasi (evapotranspirasi). Oleh karena air ini hilang dari tanah/tanaman ke udara maka merupakan anasir kesetimbangan air yang negatif sifatnya.

Jenis dan tekstur tanah akan berpengaruh terhadap kehilangan akibat perkolasi dan infiltrasi; anasir inipun bersifat negatif karena air hilang dari zone perakaran masuk ke dalam tanah menjadi air tanah (ground water).

1) Kebutuhan air irigasi pada puncaknya sebesar 178,3 m³ per hari—hektar, selama interval pengolahan tanah (\pm 10 hari), jadi apabila dilakukan irigasi serentak seluas 42 hektar, berarti kebutuhan air irigasi pada puncaknya $178,3 \times 42 \approx 7.400$ m³ per hari.

2) $60 \text{ m}^3 \text{ per jam} \times 8 \text{ pompa} \times 10 \text{ jam} = 4.800 \text{ m}^3 \text{ per hari.}$

Besar kecilnya pemberian air irigasi juga ditentukan oleh jenis dan usia tanaman. Jenis tanaman padi sawah misalnya akan berbeda jumlah kebutuhan air untuk kehidupan dan pertumbuhannya bila dibandingkan dengan tanaman lainnya misalnya tanaman padi gogo, jagung, singkong, dan lainnya. Selain itu, jenis dan usia tanaman juga berpengaruh pada besar kecilnya transpirasi potensial, yang merupakan salah satu bentuk kehilangan air dari tanah/tanaman ke udara.

Baik hujan yang merupakan tambahan air ke dalam tanah, evapotranspirasi yang merupakan kehilangan air ke udara, maupun perkolasi/infiltrasi yang merupakan kehilangan air ke dalam tanah (di bawah zone perakaran) adalah anasir-anasir kesetimbangan air irigasi yang harus diperhitungkan.

KEBUTUHAN AIR IRIGASI.

Kebutuhan air irigasi adalah jumlah air yang diperlukan untuk menambah air tanah (soil water) yang hilang selama masa pertumbuhan suatu tanaman.

Kebutuhan air irigasi secara praktis di lapangan ditentukan oleh kebutuhan air untuk konsumsi tanaman yang dapat didekati dengan nilai evapotranspirasi potensialnya; kebutuhan air untuk perkolasi dan infiltrasi; kebutuhan air untuk genangan (terutama untuk tanaman padi sawah).

Apabila ditulis dalam persamaan, bentuknya adalah sebagai berikut:

$$K_{ait} = K_t + K_p + K_g \quad (\text{mm}) \dots\dots\dots (1).$$

dimana :

K_{ait} : Kebutuhan air irigasi total (mm).

K_t : Kebutuhan air untuk konsumsi tanaman (mm).

K_p : Kebutuhan air untuk perkolasi/infiltrasi (mm).

K_g : Kebutuhan air untuk genangan (mm).

Kebutuhan air irigasi total (K_{ait}) adalah jumlah air yang dibutuhkan oleh tanaman persatuan waktu. Untuk kasus Picon kebutuhan air irigasi total berasal dari pemompaan dan air hujan, dengan demikian dapat ditulis persamaan sebagai berikut :

$$K_{ait} = \eta K_{ai} + C_{he} \quad (\text{mm}) \dots\dots\dots (2)$$

dimana :

η : efisiensi pemompaan; ditentukan untuk musim kemarau 75% dan musim hujan 85%.

- K_{ai} : jumlah air irigasi dari pemompaan.
- C_{he} : curah hujan efektif.

Dari persamaan (1) dan (2) dapat diperoleh persamaan (3) sebagai berikut :

$$K_{ai} = \frac{K_t + K_p + K_o - C_{he}}{\eta} \cdot 10 \text{ m}^3/\text{ha} \dots \dots \dots (3)$$

Kebutuhan Air untuk Konsumsi Tanaman (K_t)

Kebutuhan air untuk konsumsi tanaman dapat didekati dengan harga evapotranspirasinya, yang dihitung dengan rumus :

$$K_t = E_{t \text{ rice}} = kc \cdot E_{to} \text{ mm} \dots \dots \dots (4)$$

dimana :

kc : koefisien tanaman yang besarnya ditentukan oleh tahap pertumbuhan dan jenis tanaman. Menurut referensi 1 besarnya kc tanaman padi seperti terlihat dalam tabel 1.

E_{to} : indek evapotranspirasi, yang nilainya dapat dihitung dengan metoda Penmann seperti berikut:

$$E_{to} = cWR_n + (1 + W) f(u) (e_a - e_d) \dots \dots \dots (5)$$

dimana :

W : faktor yang tergantung temperatur.

R_n : radiasi netto dalam evaporasi ekuivalen.

$f(u)$: faktor yang tergantung dari kecepatan angin,

$(e_a - e_d)$: perbedaan uap jenuh rata-rata dengan uap rata-rata sesungguhnya dan dinyatakan dalam m.bar, pada temperatur rata-rata.

c : faktor penyesuaian.

Berdasarkan rumus di atas dengan data-data meteorologi untuk Jakarta diperoleh harga E_{to} seperti dalam tabel 2.

TABEL 1.
BESARNYA KOEFISIEN TANAMAN PADI (kc)
BERDASARKAN TAHAP PERTUMBUHAN DAN MUSIM

Tahap pertumbuhan	Musim ¹⁾	
	Hujan	Kemarau
Awal pertumbuhan	0.5	0.5
Pembentukan jaringan	1.1	1.1
Perkembangan jaringan	1.1	1.1
Pertumbuhan tanaman	1.05	1.25
Masa berbunga dan berbuah	0.95	1.0

Tabel 2
NILAI INDEK EVAPOTRANSPIRASI SETIAP BULAN.

Bulan	E_{to} (mm/hari)
Januari	4,79
Februari	5,06
Maret	4,30
April	6,00
Mei	5,13
Juni	3,69
Juli	4,79
Agustus	5,65
September	5,32
Oktober	5,69
Nopember	6,16
Desember	4,08

Kebutuhan air untuk perkolasi (K_p).

Tanah sawah di Picon berdasarkan pengamatan lapang dapat dikategorikan tanah bertekstur lempung ringan, dan jenis tekstur ini pada umumnya mempunyai laju perkolasi sebesar 0,5 mm per hari pada musim hujan dan 1,0 mm per hari pada musim kemarau.

1). Musim hujan : November sampai dengan Maret.
 Musim kemarau: April sampai dengan Oktober.

Kebutuhan air untuk genangan (K_g).

Berdasarkan pedoman dari Proyek latihan Audio visual untuk E&P irigasi Ditjen Pengairan Departemen PU (TL) 1978, kebutuhan air untuk penggenangan tanaman padi menurut tahap pertumbuhannya seperti dalam tabel 3.

Tabel 3.
LAMA DAN TINGGI PENGENANGAN UNTUK TANAMAN PADI
BERDASARKAN TAHAP PERTUMBUHANNYA

Tahap Pertumbuhan	Lama penggenangan (hari)	Tinggi penggenangan (mm)
Pengolahan tanah	10	150
Penanaman/awal pertumbuhan	15	30
Pembentukan jaringan	25	50–100
Peranakan, perkembangan jaringan	20	0–30
Pertumbuhan tanaman	30	100–150
Berbunga dan berbuah	15	100–150
Pemasakan	15	0

CURAH HUJAN EFEKTIP (C_{he}).

Air hujan yang dapat dimanfaatkan untuk air irigasi hanya hujan efektifnya, hal ini disebabkan sebagian darinya hilang menjadi aliran permukaan (run off), hilang ke bawah zone perakaran (perkolasi) atau hilang oleh adanya evaporasi.

Ada beberapa metode yang dapat digunakan untuk menghitung nilai hujan efektif berdasarkan hujan rata-ratanya (misalnya dalam bulanan). Salah satu metode adalah dengan cara tabel (USDA; Soil Cons.Sero; 1969) yaitu tabel hubungan antara rata-rata hujan efektif bulanan dengan E_t (crop) rata-rata bulanan dan rata-rata hujan bulanan.

Dengan data curah hujan untuk Jakarta selama 10 tahun setelah diperoleh rata-rata hujan bulanan dan E_t (crop) didapatkan hasil rata-rata hujan efektif bulanan seperti dalam tabel 4.

Tabel 4.
RATA-RATA HUJAN EFEKTIP BULANAN.

Bulan	Rata-rata hujan efektif bulanan (mm)
Januari	96
Februari	112
Maret	120
April	28
Mei	68
Juni	72
Juli	52
Agustus	32
September	66
Oktober	66
Nopember	80
Desember	112

PERUMUSAN MASALAH.

Dalam perhitungan diambil optimasi air selama musim kemarau pada waktu mana air sangat dibutuhkan. Untuk penyederhanaan sesuai tabel 3, waktu dibagi dalam interval-interval 5 hari. Agar masa tanam tidak berbeda terlalu jauh maka saat dimulainya pemberian air kepada blok-blok sawah, dijadwalkan terjadi dalam kurun waktu 6 interval. Luas blok-blok sawah adalah konstanta L_i , $i = 1, 2, 3$. Kebutuhan air untuk tiap interval dapat diperinci dalam kebutuhan tiap blok. Untuk blok 1 dalam interval pertama, setiap harinya perlu dipompa air sebanyak:

$$a_{11} = L_1 K_{ai}(1,1) \quad (\text{m}^3/\text{hari})$$

dimana $K_{ai}(1,1)$ adalah K_{ai} pada interval pertama (index kedua) bila dimulainya pemberian air terjadi pada interval kesatu (index pertama). $K_{ai}(1,1)$ didapat dari persamaan (3) setelah substitusi harga-harga yang bersangkutan. Demikian juga untuk blok 2 dan blok 3.

$$a_{21} = L_2 K_{ai}(1,1) \quad (\text{m}^3/\text{hari}).$$

$$a_{31} = L_3 K_{ai}(1,1) \quad (\text{m}^3/\text{hari}).$$

Dimulainya atau awal pemberian air pada tiap blok adalah besaran yang harus ditentukan. Untuk ini didefinisikan besaran: X_{ij} , $i = 1, 2, 3$, $j = 1$ s/d 6 sebagai berikut :

- 1 $X_{ij} =$ bila pada blok i , awal pemberian air terjadi pada interval ke- j .
- * $X_{ij} =$ bila pada blok i , awal pemberian air terjadi **tidak** pada interval ke- j .

Bila jumlah air yang dipompa dalam 1 hari pada interval ke- j disebut A_j (m^3 /hari), maka untuk interval ke-1 dapat ditulis:

$$A_1 = K_{ai}(1,1) L_1 X_{11} + L_2 X_{21} - L_3 X_{31} \dots \dots \dots (6)$$

Pada interval ke-2, untuk blok-1 perlu dilanjutkan pemberian air sebanyak :

$$a_{12} = L_1 K_{ai}(2,1) X_{12}$$

Disamping itu, andaikata dimulainya pemberian air pada blok-1 terjadi pada interval ke-2, maka banyaknya air yang dipompa:

$$a_{12} = L_1 K_{ai}(2,1) X_{12}$$

Dengan demikian jumlah air yang perlu dipompa seluruhnya untuk blok 1 pada interval ke 2 adalah :

$$a_{12} = L_1 K_{ai}(1,2) X_{11} - K_{ai}(2,1) X_{12}$$

Analisis untuk blok 2 dan blok 3.

$$a_{22} = L_2 (K_{ai}(1,2) X_{21} + K_{ai}(2,1) X_{22})$$

$$a_{32} = L_3 K_{ai}(1,2) X_{31} + K_{ai}(2,1) X_{32}$$

Jumlah air yang dipompa per hari dalam interval ke 2 adalah :

$$A_2 = K_{ai}(1,2) L_1 X_{11} + L_2 X_{21} + L_3 X_{31} + K_{ai}(2,1) L_1 X_{12} + L_2 X_{22} + L_3 X_{32} \dots \dots \dots (7)$$

Jumlah air yang dipompa dalam interval ke 3 didapat dengan cara yang sama, yaitu menjumlahkan air yang dipompa untuk meneruskan pemberian yang dimulai pada interval yang lalu dan andaikata pemberian dimulai pada interval tersebut :

$$\begin{aligned}
 A_3 &= K_{ai}(1,3) & L_1 X_{11} + L_2 X_{21} + L_3 X_{31} & + \\
 &K_{ai}(2,2) & L_1 X_{12} + L_2 X_{22} + L_3 X_{32} & + \\
 &K_{ai}(3,1) & L_1 X_{13} + L_2 X_{23} + L_3 X_{33} & \dots\dots\dots(8)
 \end{aligned}$$

Pada interval ke-4 dan seterusnya ungkapan untuk jumlah air yang dipompa ini menjadi lebih panjang. Agar lebih sederhana dipakai notasi matrix. Didefinisikan matrix-matrix berikut :
 Matrix "decision variables" **X** berukuran (6x1)

$$X_1 = \begin{pmatrix} X_{11} \\ X_{12} \\ X_{13} \\ X_{14} \\ X_{15} \\ X_{16} \end{pmatrix} \quad X_2 = \begin{pmatrix} X_{21} \\ X_{22} \\ X_{23} \\ X_{24} \\ X_{25} \\ X_{26} \end{pmatrix} \quad X_3 = \begin{pmatrix} X_{31} \\ X_{33} \\ X_{34} \\ X_{35} \\ X_{36} \end{pmatrix}$$

Matrix jumlah air yang dipompa **A** berukuran (28 x 1)

$$A = \begin{pmatrix} A_1 & A_2 & A_3 & \dots\dots\dots & A_{28} \end{pmatrix}^T$$

Matrix kebutuhan air **K** berukuran (28 x 6)

$$K = \begin{pmatrix} K_{ai}(1,1) & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 K_{ai}(1,2) & K_{ai}(2,1) & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 K_{ai}(1,3) & K_{ai}(2,2) & K_{ai}(3,1) & 0 & 0 & 0 \\
 K_{ai}(1,4) & K_{ai}(2,3) & K_{ai}(3,2) & K_{ai}(4,1) & 0 & 0 \\
 0 & 0 & K_{ai}(3,23) & K_{ai}(4,22) & K_{ai}(5,21) & K_{ai}(6,20) \\
 0 & 0 & 0 & K_{ai}(4,23) & K_{ai}(5,22) & K_{ai}(6,21) \\
 0 & 0 & 0 & 0 & K_{ai}(5,23) & K_{ai}(6,22) \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & K_{ai}(6,23) \end{pmatrix}$$

Dengan matrix-matrix di atas, dapat ditulis :

$$A = K (L_1 X_1 + L_2 X_2 + L_3 X_3) \dots\dots\dots (9)$$

Jumlah maximal air yang dipompa dalam 1 hari selama musim tanam berlangsung adalah :

$$A_{\max} = \max \{ A_1, A_2, \dots\dots\dots A_{28} \}$$

Jumlah air yang dipompa dalam 1 hari, konstant selama satu interval, lebih kecil atau sama dengan A_{\max} , sehingga berlaku ($j = 1$ s/d 28) :

$$A_j - A_{\max} \leq 0$$

Bila didefinisikan dua matrix kolom berukuran (28×1) :

$$A_{\max} = \begin{bmatrix} A_{\max} \\ A_{\max} \\ \dots\dots\dots \\ A_{\max} \end{bmatrix}^T$$

dan

$$0 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \dots\dots\dots \\ 0 \end{bmatrix}^T$$

maka berlaku :

$$K (L_1 X_1 + L_2 X_2 + L_3 X_3 - A_{\max} \quad 0 \dots\dots\dots) (10)$$

Selanjutnya berlaku $L_1 \quad L_2 \quad L_3$ sehingga blok 1 dan blok 2 maupun blok-1 dan blok-3 tidak boleh mendapat awal pemberian air yang bersamaan, atau berlaku :

$$\begin{matrix} X_1 + X_2 & 1 \\ X_1 + X_3 & 1 \end{matrix} \dots\dots\dots (11)$$

dimana : $\mathbb{1} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}^T$

Karena tiap blok mendapat awal pemberian air hanya satu kali dari definisi X_{ij} dapat ditulis :

$$\sum_{j=1}^6 X_{ij} = 1, \quad i = 1, 2, 3.$$

atau :

$$1^T X_1 = 1$$

$$1^T X_2 = 1$$

$$1^T X_3 = 1$$

$$\dots \dots \dots (12)$$

Masalah kini dapat dirumuskan sebagai berikut :

Tentukan matrix X_1, X_2, X_3 sedemikian sehingga terjadi : minimasi A_{max}

dengan syarat :

$$K (L_1 X_1 + L_2 X_2 + L_3 X_3) - A_{max} \leq 0$$

$$X_1 + X_2 \leq 1$$

$$X_1 + X_3 \leq 1$$

$$1^T X_1 = 1$$

$$1^T X_2 = 1$$

$$1^T X_3 = 1$$

PEMECAHAN MASALAH DAN HASILNYA.

Rumusan masalah yang dikemukakan di atas adalah rumusan mixed integer programming — MIP yang dapat dipecahkan antara lain dengan software package MPSX kepunyaan IBM. Elemen-elemen matrix K dapat dihitung dari persamaan (2) dengan memasukkan data yang sesuai. Untuk interval ke-1 yang dimulai pada bulan Mei, besar matrix K dapat dilihat pada tabel 5.

Package MPSX yang dipakai ternyata tidak mempunyai modul yang diperlukan untuk MIP, sehingga pemecahan dilakukan dengan MPSX untuk linear programming saja dan kemudian secara manual dipakai metoda branch and bound untuk menentukan solusi yang integer. Hasil pemecahan dapat dilihat pada gambar 1. Diperoleh dua solusi yang sama nilainya jika dilihat dari kriteria optimasi yang dipakai, yaitu :

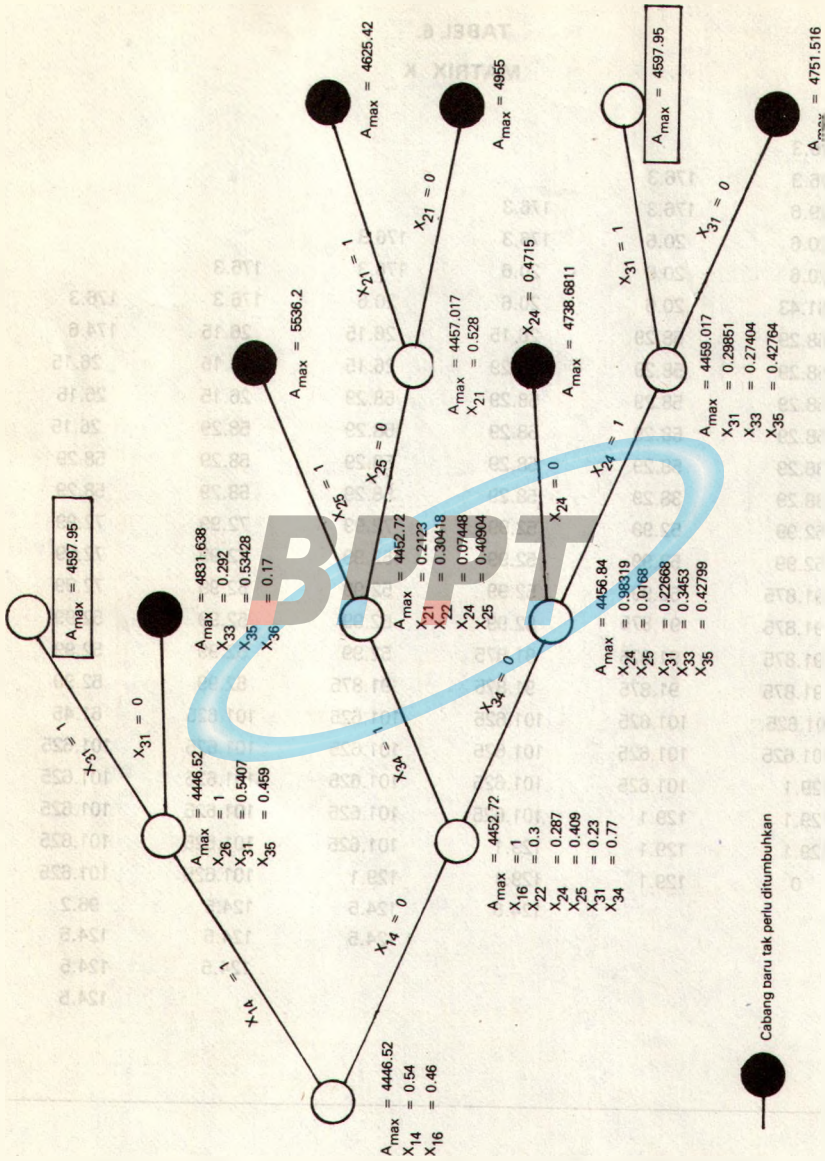
$$\text{atau } X_1 = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}^T \quad X_2 = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}^T \quad X_3 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}^T$$

$$X_1 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}^T \quad X_2 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}^T \quad X_3 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}^T$$

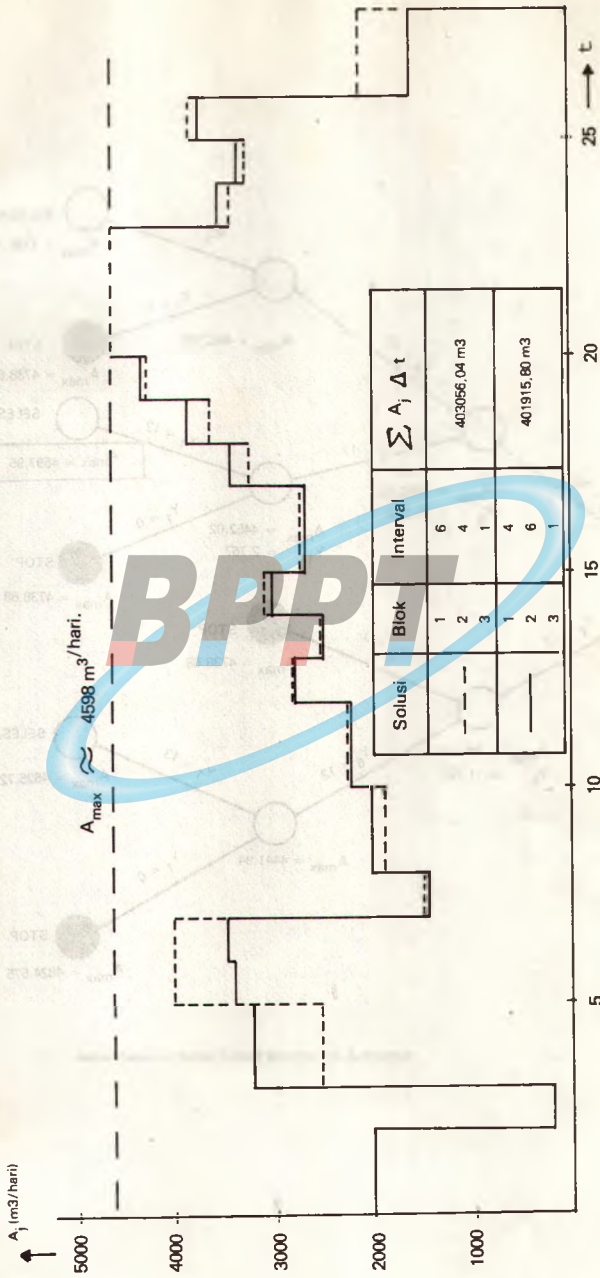
Keduanya menghasilkan A_{max} minimal sebesar 4597,95 m3 per hari. Dilihat dari jumlah yang dipompa selama waktu olah dan tanam, solusi ke dua lebih baik karena total air yang dipompa "hanya" 401.915,8 m3. Grafik pemompaan air untuk tiap interval terlihat pada gambar 2.

TABEL 6.
MATRIX K

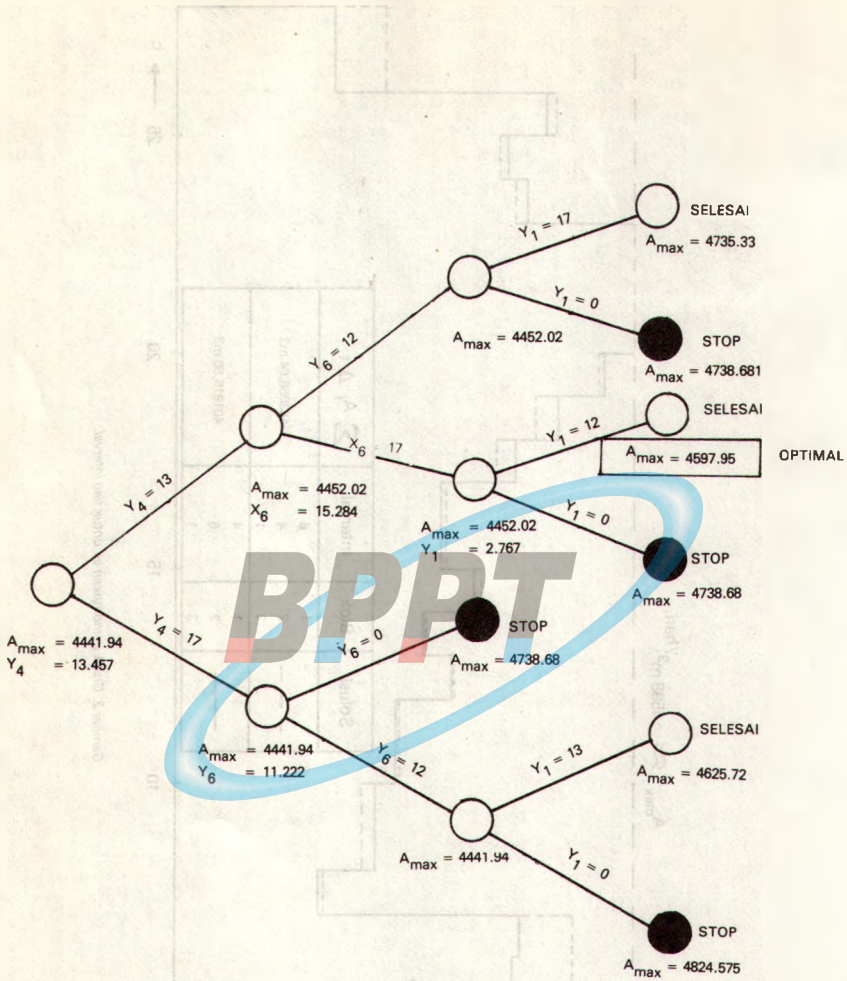
176.3					
176.3	176.3				
29.6	176.3	176.3			
20.6	20.6	176.3	176.3		
20.6	20.6	20.6	176.3	176.3	
61.43	20.6	20.6	20.6	176.3	176.3
58.29	58.29	26.15	26.15	26.15	174.6
58.29	58.29	58.29	26.15	26.15	26.15
58.29	58.29	58.29	58.29	26.15	26.15
58.29	58.29	58.29	58.29	58.29	26.15
38.29	58.29	58.29	58.29	58.29	58.29
38.29	38.29	58.29	58.29	58.29	58.29
52.99	52.99	52.99	72.99	72.99	72.99
52.99	52.99	52.99	52.99	72.99	72.99
91.875	52.99	52.99	52.99	52.99	72.99
91.875	91.875	52.99	52.99	52.99	52.99
91.875	91.875	91.875	52.99	52.99	52.99
91.875	91.875	91.875	91.875	52.99	52.99
101.625.	101.625	101.625	101.625	101.625	61.45
101.625	101.625	101.625	101.625	101.625	101.625
129.1	101.625	101.625	101.625	101.625	101.625
129.1	129.1	101.625	101.625	101.625	101.625
129.1	129.1	129.1	101.625	101.625	101.625
0	129.1	129.1	129.1	101.625	101.625
		124.5	124.5	124.5	96.2
			124.5	124.5	124.5
				124.5	124.5
					124.5



Gambar 1. Branch and Bound untuk optimasi pembagian air.

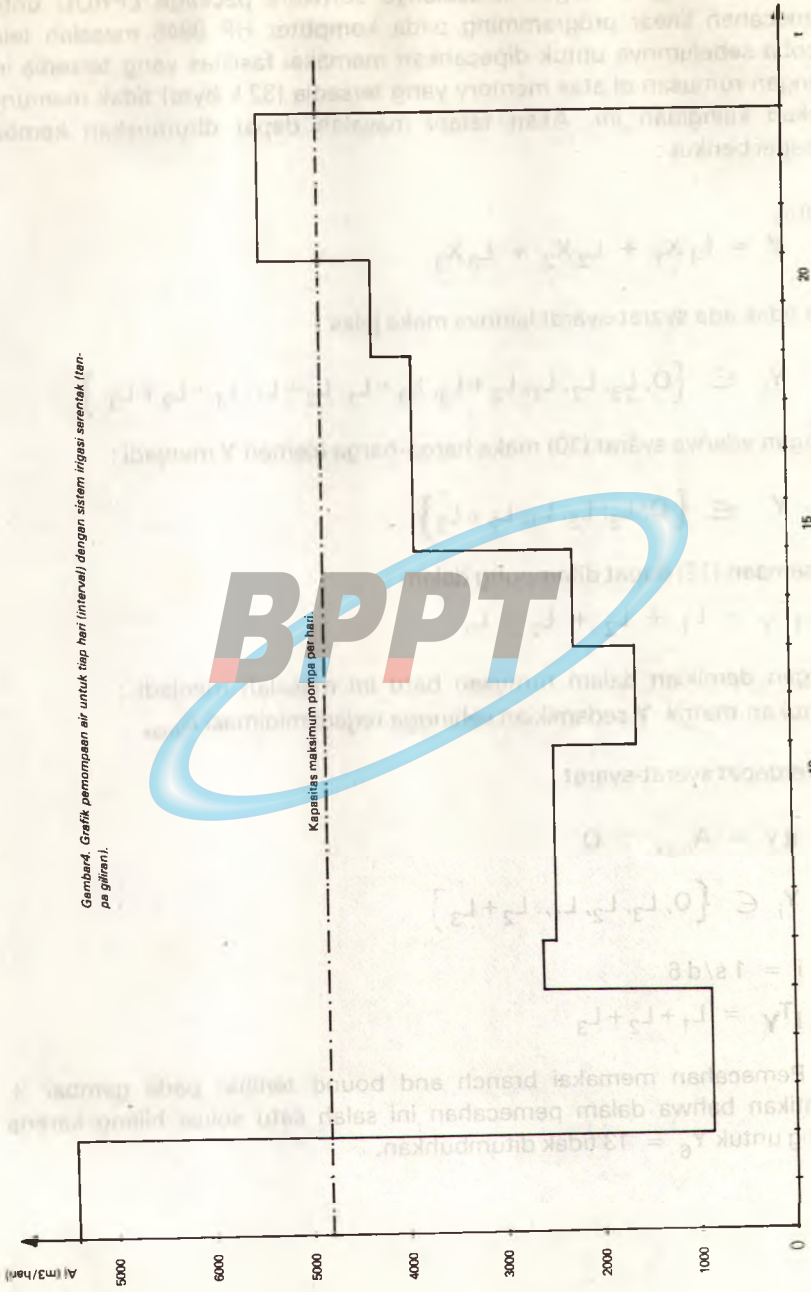


Gambar 2. Grafik pemompaan air untuk tiap interval.



Gambar 3. Branch and Bound untuk rumusan kedua.

Gambar 4. Grafik pemompaan air untuk tiap hari (interval) dengan sistem irigasi serentak (tanpa giliran).



Sehubungan dengan tersedianya software package LPROG untuk pemecahan linear programming pada komputer HP 9845 masalah telah dicoba sebelumnya untuk dipecahkan memakai fasilitas yang tersedia ini. Dengan rumusan di atas memory yang tersedia (32 k byte) tidak memungkinkan keinginan ini. Akan tetapi masalah dapat dirumuskan kembali sebagai berikut :

sebut,

$$Y = L_1 X_1 + L_2 X_2 + L_3 X_3$$

Bila tidak ada syarat-syarat lainnya maka jelas :

$$Y_i \in \{0, L_3, L_2, L_1, L_2 + L_3, L_3 + L_1, L_2 + L_1, L_1 + L_2 + L_3\}$$

Dengan adanya syarat (10) maka harga-harga elemen Y menjadi :

$$Y_i \in \{0; L_3; L_2; L_1; L_2 + L_3\}$$

Persamaan (12) dapat ditampung dalam :

$$1^T Y = L_1 + L_2 + L_2 - L_3$$

Dengan demikian dalam rumusan baru ini masalah menjadi :
 Tentukan matrix Y sedemikian sehingga terjadi minimasi A_{\max}

bila terdapat syarat-syarat :

$$KY - A_{\max} = 0$$

$$Y_i \in \{0, L_3, L_2, L_1, L_2 + L_3\}$$

$$i = 1 \text{ s/d } 6$$

$$1^T Y = L_1 + L_2 + L_3$$

Pemecahan memakai branch and bound terlihat pada gambar 3. Perhatikan bahwa dalam pemecahan ini salah satu solusi hilang karena cabang untuk $Y_6 = 13$ tidak ditumbuhkan.

KESIMPULAN.

1. Perhitungan optimasi air irigasi untuk luas sawah 42 hektar dengan sistem giliran dengan mengambil waktu penanaman musim kemarau pada bulan Mei, diperoleh hasil sebagai berikut :

Alternatif 1.

Awal pengerjaan sawah (hari kesatu) jatuh giliran pada blok—3 (12 hektar), kemudian disusul berturut-turut oleh blok—2 (13 hektar) pada interval—4 (hari ke—16) dan blok—1 (17 hektar) pada interval—6 (hari ke—26).

Kebutuhan air irigasi pada puncaknya 4.597,95 m³ per hari dan kebutuhan air selama satu musim tanam sebesar 403.056,04 m³.

Alternatif 2.

Awal pengerjaan sawah (hari kesatu) mula-mula jatuh pada giliran blok—3 (12 hektar), kemudian disusul berturut-turut oleh blok—1 (17 hektar) pada interval—4 (hari ke—16) dan blok—2 (13 hektar) pada interval ke—6 (hari ke—26).

Kebutuhan air irigasi pada puncaknya tetap sebesar 4.597,95 m³ per hari dan kebutuhan selama satu musim tanam adalah 401.915,80 m³.

2. Apabila dilihat profil kebutuhan air irigasi hasil optimasi relatif terdistribusi secara merata selama satu musim tanam bila dibandingkan dengan profil kebutuhan air irigasi secara serentak atau tanpa optimasi (lihat gambar 2 pada halaman 17, dan gambar 4 pada lampiran).

Yang lebih penting dari hasil optimasi ini adalah kebutuhan puncak dapat ditekan sedemikian rupa sehingga masih dalam jangkauan kapasitas pemompaan secara normal (di bawah 4.800 m³ per hari).

3. Disamping itu, dengan mengetahui profil kebutuhan air irigasi seperti dalam gambar 2, dapat direncanakan jumlah pompa dan lamanya pompa harus beroperasi setiap harinya. Dengan demikian, apabila penggunaan tenaga untuk mengoperasikan pompa tidak penuh, maka dapat direncanakan pengalihan penggunaan tenaga untuk keperluan lain, misalnya untuk pengolahan lepas panen, dan lain sebagainya.

Daftar Pustaka.

1. Doorenbos, J. and Pruitt, W.O., "Guide Lines for Predicting Crop Water Requirements", FAO of the United Nation, Rcme, 1975.

2. Gottfried, B.S. and Weisman, J., **"Introduction to Optimization Theory"**, Prentice Hall, Inc., Engle Wood Cliffs, New Jersey, 1973.
3. Israelsen, O.W. and Hansen, V.E., **"Irrigation Principles and Practices"**, John Wiley and Sons, Inc., New York, 1962.
4. _____, **"Proyek Latihan Audiovisual untuk Eksploitasi dan Pemeliharaan"**, Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik, Direktorat Jenderal Pengairan, Jakarta, 1978.
5. Morton Fred, J., **"Climatological Estimates of Evapotranspiration"**, Journal of the Hydraulic Division, March, 1976.

