

PENGEMBANGAN MODEL OPERASI POMPA BERKELANJUTAN DI DAERAH IRIGASI SUMUR POMPA DANGKAL

(DEVELOPMENT OF SUSTAINABLE PUMP OPERATION MODEL IN AN CONFINED GROUNDWATER IRRIGATION SYSTEM)

Murtiningrum¹, Sigit Supadmo Arif², Saiful Rochdyanto²

ABSTRACT

Model of sustainable pump operation in an unconfined groundwater irrigation system was developed to determine pump operation pattern which consist of the number of pumps, duration, and distance between pumps, so that crop water requirement is fulfilled and groundwater irrigation system is sustained.

Total irrigation flow, $\sum Q_{pi}$, results in lowering water table which is called drawdown, s_n . Drawdown s_n should be less than d_i ($s_n < d_i$) which d_i is maximum drawdown which is affected by pump technology.

Model outputs for the area of Sri Rahayu Farmer Group in Kedungtuban, Blora for existing cropping pattern show that average irrigation water requirement is 916.1 mm/year and peak flow is 4.93 lps. It still can be fulfilled by 1, 2, 3, 4, or 9 pumps for 10 days operation continuously which is shown by the drawdowns which are less than maximum drawdown.

PENDAHULUAN

Di daerah tropis basah seperti di Indonesia ketersediaan air untuk memenuhi kebutuhan air tanaman terutama diperoleh dari hujan. Apabila curah hujan di suatu wilayah kurang maka kebutuhan air tanaman harus dipenuhi oleh air irigasi yang ketersediaannya dapat diperoleh dari sumber air permukaan, airtanah, ataupun gabungan keduanya. Sumber air permukaan berasal dari sungai atau danau sedangkan sumber airtanah berasal dari akuifer, baik akuifer terkekang maupun akuifer tak terkekang.

Sampai saat ini pemberian air irigasi dari air permukaan merupakan cara yang lebih umum dilakukan dibandingkan dengan irigasi dari airtanah. Sebagai gambaran, sampai dengan akhir Pelita V jaringan irigasi permukaan yang ada mampu mengairi 4,9 juta ha lahan pertanian (Ditjen Pengairan, 1992) sedangkan irigasi airtanah sampai tahun 1989 baru mampu mengairi lahan seluas 168.000 ha (Pakpahan, 1992).

Meskipun demikian ketersediaan air permukaan yang semakin terbatas menuntut pemanfaatan airtanah sebagai sumber air irigasi. Airtanah dalam akuifer dapat dimanfaatkan melalui sumur pompa. Irigasi sumur pompa dikembangkan terutama di wilayah-wilayah yang air permukaannya sulit untuk dikembangkan tetapi mempunyai potensi airtanah yang besar.

Dalam pengoperasian sumur pompa untuk irigasi, perlu diperhatikan ketepatan antara kebutuhan air irigasi yang harus dipenuhi oleh pompa dengan ketersediaan airtanah yang sangat dipengaruhi oleh watak akuifer dan sistem pengelolaan irigasi pompa. Hal ini sangat penting agar pengoperasian pompa untuk memenuhi kebutuhan air irigasi tersebut dapat dilakukan secara berkelanjutan baik ditinjau dari gatra lingkungan, kelembagaan, maupun sosial ekonominya.

Tulisan ini bertujuan untuk mengembangkan suatu model operasi sumur pompa yang berwawasan lingkungan dan berkelanjutan di daerah irigasi sumur pompa dangkal.

PANGKAL PIKIR

Pengembangan Model

Model atau tiruan dari sistem dapat digunakan untuk memprediksi akibat dari suatu tindakan agar keuntungan dapat diambil dan kerusakan dapat dihindari. Fenomena airtanah dalam skala regional seringkali tidak dapat dipelajari dengan model fisik skala laboratorium sehingga digunakan matematika analisis untuk membangun dan menyelesaikan model-model airtanah (Kinzelbach, 1986).

Model penentuan operasi sumur pompa yang disusun berdasarkan pada ketepatan pemenuhan kebutuhan air irigasi dan dinyatakan dalam waktu pemompaan, jumlah pompa, dan jarak antar pompa yang beroperasi dengan mempertimbangkan penurunan aras air yang terjadi karena pemompaan tersebut. Pemompaan secara berlebihan baik dalam skala waktu, maupun jumlah pompa yang beroperasi akan dapat mempengaruhi keberlanjutan ope-

¹ Alumni Jurusan Teknik Pertanian FTP-UGM

² Staf pengajar Jurusan Teknik Pertanian FTP-UGM

rasi pompa. Penggambaran komponen-komponen dalam pengembangan model untuk menentukan operasi sumur pompa dangkal terlihat pada Gambar 1.

Dalam Gambar 1 terlihat bahwa pemompaan dengan debit Q_p akan menimbulkan penurunan aras sebesar s_i . Bila dalam suatu akuifer terdapat n pompa yang dioperasikan dengan debit masing-masing $Q_{p1}, Q_{p2}, Q_{p3}, \dots, Q_{pn}$ maka penurunan aras air yang terjadi merupakan resultan dari pemompaan-pemompaan tersebut sebesar s_n .

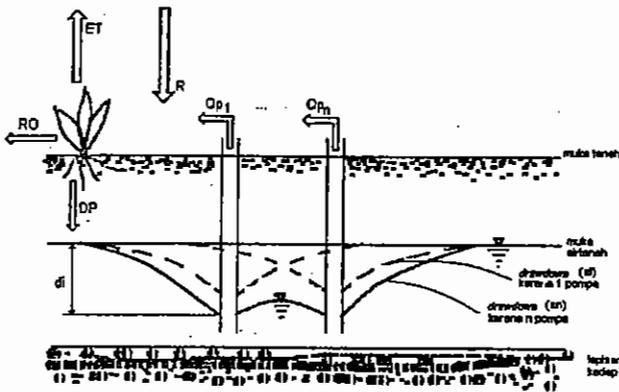
Secara matematis dapat dituliskan total debit pompa sebesar

$$\sum_{i=1}^n Q_{p_i} = Q_{p1} + Q_{p2} + Q_{p3} + \dots + Q_{pn} \quad (1)$$

akan menimbulkan penurunan aras air sebesar s_n dengan syarat

$$s_n < d_i \quad (2)$$

dengan : s_n = penurunan aras air akibat Q_{p_i}
 d_i = penurunan aras air aman, dipengaruhi oleh teknologi pompa



Gambar 1. Skema komponen-komponen dalam penentuan operasi sumur pompa untuk irigasi

- Keterangan:** ET = evapotranspirasi
 R = curah hujan
 RO = limpasan permukaan
 DP = perkolasi
 Q_p = debit pompa
 $Q_p = I \times A$
 A = luas lahan
 I = kebutuhan air irigasi
 $I = ET - R + RO + DP$

Setiap pompa yang beroperasi dengan debit Q_{pi} tersebut akan digunakan untuk memenuhi kebutuhan irigasi, oleh sebab itu besarnya debit pemompaan dihitung dengan:

$$Q_{p_i} = I_i \times A_i \quad (3)$$

dengan : I_i = kebutuhan air irigasi yang harus dipenuhi pompa ke-i, l/dt/ha

A_i = luas lahan yang harus diairi pompa ke-i, ha

Agar suatu sistem irigasi pompa dapat berkelanjutan ditinjau dari sudut lingkungan maka operasi pompa tidak boleh menyebabkan penurunan aras air lebih besar daripada yang diijinkan dengan mempertimbangkan kedalaman sumur, tebal akuifer, laju pengisian kembali, pemompaan lain pada akuifer yang sama, dan teknologi pompa (Murtiningrum, 1995).

Besar kebutuhan air irigasi ditentukan oleh beberapa faktor, yaitu jenis tanaman, cuaca, dan cara pemberian air irigasi. Penentuan kebutuhan air irigasi dilakukan dengan metode neraca air. Kebutuhan air irigasi untuk padi dan palawija masing-masing ditentukan dengan persamaan 4 dan persamaan 5.

$$I_{padi} = ETa + DP - R + WLR + RO \quad (4)$$

$$I_{plwj} = ETa - R + DP + RO \quad (5)$$

- dengan : I = kebutuhan air irigasi, mm
 ETa = evapotranspirasi tanaman, mm
 DP = perkolasi, mm
 R = curah hujan, mm
 WLR = penggantian lapisan air, mm
 RO = limpasan permukaan, mm

Model operasi pompa dikembangkan atas dasar asumsi sebagai berikut: (i) model operasi pemompaan airtanah dangkal dikembangkan untuk akuifer bebas yang bersifat homogen isotropis dengan ketebalan seragam, (ii) airtanah dari akuifer digunakan untuk irigasi dan dipompa oleh lebih dari satu pompa oleh motor dengan daya tertentu sehingga mempunyai kemampuan tinggi hisap (*suction head*) terbatas, (iii) perbedaan jumlah kebutuhan air irigasi dipengaruhi oleh jenis tanaman yang diairi dan kalender tanam.

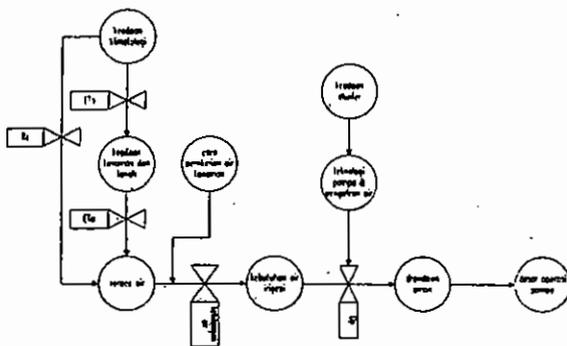
Dalam model ini penurunan aras airtanah ditentukan dengan model hidrologi airtanah sedangkan debit pompa ditentukan berdasarkan kebutuhan air irigasi yang dihitung dengan menggunakan model pemakaian air-produksi tanaman (CRPSM). Diagram alur penyelesaian model dapat dilihat pada Gambar 2.

Keberlanjutan Sistem Irigasi Pompa

Model operasi pompa ini dikembangkan untuk menjamin keberlanjutan sistem irigasi pompa yang diartikan sebagai kemampuan untuk melanjutkan keberadaannya

sampai waktu tidak terbatas dan kemampuan petani pemakai air untuk terus menerus mengairi dari sumurnya tanpa dukungan atau petunjuk dari luar (Olin, 1992). Ada empat aspek utama yang mempengaruhi keberlanjutan sistem irigasi pompa, yaitu aspek lingkungan, teknik, sosial, dan ekonomi.

Model ini dibatasi untuk mengkaji keberlanjutan sistem irigasi pompa pada aspek lingkungan. Dari sudut lingkungan, sistem irigasi pompa harus dihindarkan dari pemompaan airtanah yang berlebihan karena dapat menimbulkan berbagai masalah seperti kenaikan biaya operasi pompa, intrusi air laut, dan pengurangan volume airtanah yang dinyatakan dengan penurunan muka airtanah atau penurunan tekanan airtanah.



Gambar 2. Diagram Alur Penentuan Operasi Pompa

Operasi Pompa

Di daerah irigasi airtanah, air irigasi berasal dari airtanah yang berada dalam suatu formasi akuifer (*aquifer*). Akuifer dapat diartikan sebagai suatu formasi yang berupa bahan permeable yang mengandung air serta dapat menghantarkan dan menghasilkan air dalam jumlah yang cukup sebagai sumber air. Ada dua macam akuifer, yaitu akuifer bebas (*unconfined aquifer*) dan akuifer terkekang (*confined aquifer*). Pada akuifer bebas terdapat muka airtanah (*water table*) yang memisahkan zone saturasi dan zone aerasi. Di akuifer bebas ini, tekanan air sama dengan tekanan atmosfer. Sumur merupakan saluran vertikal yang membawa air dari akuifer ke permukaan tanah.

Apabila elevasi air tidak dapat mencapai permukaan tanah maka untuk menaikkan air ke permukaan tanah dipasang suatu instalasi pompa dan jika air sumur dipompa, akan terjadi penurunan muka air (*drawdown*). Penurunan aras air ini tidak hanya terjadi pada sumur yang dipompa

tetapi juga di sekelilingnya sehingga membentuk kerucut penurunan (*cone of depression*). Jarak radial dari pusat sumur sampai tempat penurunan aras air dapat diabaikan disebut jari-jari pengaruh. Bila lebih dari satu pompa dengan jarak kurang dari jari-jari pengaruh dioperasikan bersama-sama maka penurunan yang terjadi merupakan resultan dari pemompaan-pemompaan tersebut.

Penurunan aras airtanah karena pemompaan dapat diduga besarnya dengan menggunakan analisis gerakan airtanah yang didasarkan pada hukum kontinuitas dan hukum Darcy. Hasil penurunan persamaan-persamaan dikenal sebagai persamaan linier Boussinesq, sebagai berikut:

$$\frac{\delta^2 h}{\delta x^2} + \frac{\delta^2 h}{\delta y^2} = \frac{S_y}{K \cdot b} \cdot \frac{\delta^2 h}{\delta t} - q_p \quad (6)$$

- dengan :
- h = aras muka air seragam terhadap tempat dan waktu
 - x, y = arah gerakan air
 - S_y = koefisien simpanan
 - t = waktu
 - K = konduktivitas hidrolis
 - b = rerata ketebalan jenuh akuifer
 - q_p = debit eksternal yang tidak tergantung pada $h = Q_p/A$

Persamaan (6) di atas serupa dengan persamaan gerakan air pada akuifer terkekang. Persamaan (6) sudah berbentuk linier tetapi masih merupakan persamaan differensial parsial yang sukar diselesaikan secara kalkulus. Salah satu cara penyelesaian persamaan ini adalah dengan numarik metode beda hingga (*finite difference*). Metode ini mengubah persamaan (6) yang merupakan fungsi kontinu menjadi fungsi diskret baik ruang maupun waktu.

Untuk mengubah fungsi kontinu menjadi fungsi diskret, akuifer dibagi-bagi dengan kisi-kisi tegak lurus searah sumbu x dan sumbu y . Jarak antar kisi seragam sebesar Δx dan Δy . Setiap elemen akuifer berukuran $\Delta x \Delta y$ disebut node. Waktu dibagi menjadi beberapa selang waktu dengan interval sebesar Δt .

Model airtanah yang dikembangkan dari persamaan 6 dengan q_p berupa pengambilan airtanah melalui pemompaan diselesaikan memakai prosedur IADI (*Iterative Alternating Direction Implicit*) IADI merupakan prosedur penyelesaian persamaan simultan dan iterasi (Kinzelbach, 1986).

Hasil penyelesaian persamaan ini berupa aras muka airtanah h pada setiap posisi node pada setiap selang waktu tertentu. Selisih aras airtanah h dengan aras air tanah mula-mula, atau disebut penurunan aras air pemompaan

(drawdown) akan digunakan untuk menilai apakah pola operasi pompa yang digunakan aman bagi akuifer sehingga sistem irigasi pompa dapat berkelanjutan dan berwawasan lingkungan.

Kebutuhan Air Irigasi

Debit pompa Q_p digunakan untuk memenuhi kebutuhan air irigasi yang mencakup kebutuhan air tanaman, memperbaiki keseimbangan garam di daerah perakaran serta memenuhi ketidakseragaman dan ketidakefisienan irigasi.

Besarnya kebutuhan air irigasi ditentukan oleh beberapa faktor, yaitu faktor tanaman, faktor iklim, dan faktor tanah. Faktor tanaman meliputi jenis dan umur tanaman yang tergambar dalam faktor tanaman (K_c), pola tanam, luas tanam, dan saat tanam. Faktor iklim yang mempengaruhi besarnya kebutuhan air irigasi adalah curah hujan dan anasir-anasir cuaca lain yang mempengaruhi evapotranspirasi potensial (ET_p) sedangkan faktor tanah meliputi kemampuan menahan air (*water holding capacity*) serta laju infiltrasi dan perkolasi.

Kebutuhan air tanaman senilai dengan evapotranspirasi yang merupakan gabungan evaporasi dari permukaan tanah dan transpirasi dari permukaan tanaman. Dalam CRPSM, evapotranspirasi dihitung dengan persamaan (7) sampai dengan persamaan (11) berikut (Pusposutardjo, 1984).

$$ET_a = E_a + T_a \quad (7)$$

$$E_a = E_p / N^{(0.1)} \quad (8)$$

$$E_p = K_s \cdot ET_p \quad (9)$$

$$T_a = T_p, \text{ bila } SWS/AWS > 0,5$$

$$T_a = (T_p/0,5) \cdot SWS/AWS, \text{ bila } SWS/AWS < 0,5 \quad (10)$$

$$T_p = K_c \cdot ET_p \quad (11)$$

- dengan : ET_a = evapotranspirasi aktual
 E_a = evaporasi aktual
 T_a = transpirasi aktual
 E_p = evapotranspirasi potensial
 t = selang waktu setelah tanah dibasahi oleh air hujan atau air irigasi
 K_s = koefisien evaporasi
 T_p = transpirasi potensial
 SWS = tingkat lengas tersedia
 AWS = jumlah lengas tanah tersedia
 ET_p = evapotranspirasi

Besarnya evapotranspirasi potensial diperoleh dari data klimatologi dengan metode Penman modifikasi seperti tertulis pada persamaan (12) berikut (Doorenbos dan Pruitt, 1977).

$$ET_p = c[W \cdot R_n + (1 - W) \cdot f(u) \cdot (e_a - e_d)] \quad (12)$$

- Dengan : W = faktor berat sehubungan dengan temperatur
 R_n = radiasi bersih matahari
 $f(u)$ = fungsi hubungan air
 e_a = tekanan uap air jenuh
 e_d = tekanan uap air saat itu
 c = faktor koreksi

Harga K_c dipengaruhi oleh pertumbuhan tanaman yang telah dicapai yang dipengaruhi keadaan cuaca selama masa pertumbuhannya. Fase pertumbuhan tanaman secara kuantitatif dinyatakan dengan indeks tanaman (*crop index*, CI) sedangkan satuan indeks tanaman (*unit crop index*, UCI) merupakan nilai yang harus dicapai tanaman untuk sampai pada fase pertumbuhan tertentu. Koefisien tanaman K_c merupakan fungsi polinomial dari UCI . Harga CI dan UCI dihitung dengan persamaan (13) dan persamaan (14) berikut

$$UCI_s = CI_s / CI_m \quad (13)$$

$$CI = \left(\sum_{i=1}^s R_{s_i} / \sum_{i=1}^s T_{av_i} \right) + \sum_{i=1}^s (T_{min_i})^{0.7} \quad (14)$$

- Dengan : UCI_s = satuan indeks tanaman pada hari ke-s
 CI_s = indeks tanaman pada hari ke-s
 CI_m = indeks tanaman yang harus dicapai saat panen
 R_{s_i} = radiasi matahari hari ke-i
 T_{av_i} = suhu rata-rata hari ke-i
 T_{min_i} = suhu minimum hari ke-i

METODOLOGI

Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di Wilayah kerja Kelompok Tani Sri Rahayu, Desa Sidorejo, Kecamatan Kedungtuban, Kabupaten Blora, Jawa Tengah. Lokasi penelitian merupakan hamparan lahan pertanian yang memperoleh air irigasi dari sumur pompa seluas 37,771 ha yang terletak pada elevasi rata-rata 58 m dari permukaan laut.

Data yang Diperlukan

Data yang diperlukan meliputi:

1. Data klimat berupa anasir-anasir cuaca harian selama beberapa tahun dari stasiun meteorologi terdekat yang mewakili.

2. Data pola tanam berupa jenis tanaman dan tanggal tanam diperoleh dari instansi bersangkutan, wawancara dengan petani, dan pengamatan langsung.
3. Data tanah diperoleh dari berupa jenis tanah, kapasitas lapang, titik layu permanen, dan porositas diperoleh dari analisis laboratorium sampel tanah sedangkan laju perkolasi diperoleh dengan pemasangan lisimeter di sawah.
4. Data pompa berupa spesifikasi pompa diperoleh dari brosur-brosur pompa yang dipakai sedangkan kapasitas dan debit pompa diperoleh dari pengukuran langsung.
5. Data karakteristik akuifer berupa transmisivitas, koefisien simpanan, dan head piezometrik diperoleh dari pumping test, penguntingan, serta data sekunder dari instansi kredit.

Analisis Data

1. Analisis Neraca Air

Pada analisis neraca air ini dihitung besarnya evaporasi, transpirasi, perkolasi, hujan, dan irigasi pada lengas tanah setiap hari. Bila kandungan lengas tanah pada hari itu kurang dari titik layu permanen maka air irigasi harus ditambahkan pada saat tersebut sampai pada kapasitas lapang.

2. Penentuan Tanggal Tanam

Hasil analisis neraca air berupa saat dan banyaknya pemberian air irigasi atau jadwal irigasi. Analisis neraca air dilakukan pada pola tanam kondisi saat ini dan simulasi tanggal tanam dengan memajukan dan mengundurkan tanggal tanam. Jadwal irigasi yang diperoleh digunakan untuk menentukan tanggal tanam berdasarkan total kebutuhan irigasi dan puncak kebutuhan irigasi.

3. Penentuan Pola Operasi Pompa

Puncak kebutuhan irigasi digunakan untuk menghitung debit puncak irigasi untuk tanggal tanam sekarang dan tanggal tanam anjuran. Setelah itu dihitung penurunan aras air yang terjadi dari berbagai pola pemompaan untuk beberapa variasi waktu. Penurunan aras air yang diperoleh digunakan untuk menentukan pola operasi pemompaan yang aman berdasarkan teknologi pompa.

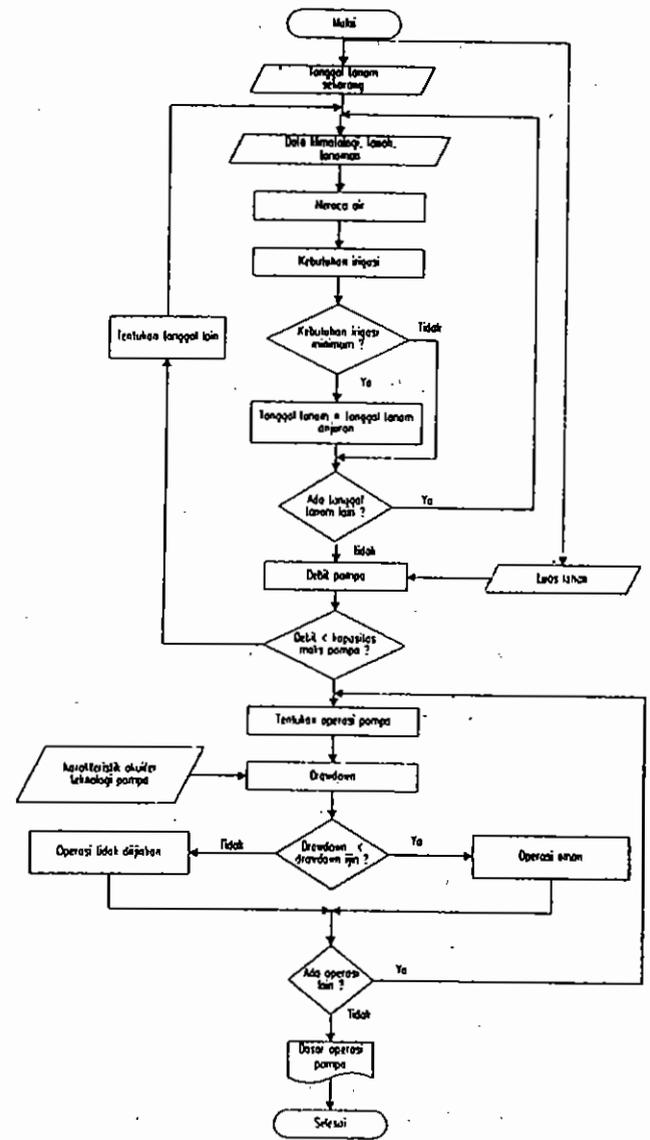
Tahap-tahap analisis data dapat dilihat lebih jelas pada diagram alir yang tercantum dalam Gambar 3.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Validasi Model

Model operasi sumur pompa berkelanjutan ini bermanfaat untuk menilai apakah suatu operasi suatu sistem

irigasi sumur pompa dangkal dapat berkelanjutan dan berwawasan lingkungan dengan indikator penurunan aras airtanah. Dalam model ini diaplikasikan dua model yang telah divalidasi pada penelitian-penelitian terdahulu, yaitu CRPSM untuk menghitung kebutuhan air irigasi dan model hidrologi airtanah untuk menghitung penurunan aras airtanah.



Gambar 3. Diagram alir tahap-tahap penyelesaian model operasi sumur pompa

CRPSM merupakan model pemakaian air-produksi tanaman yang dikembangkan di daerah beriklim sedang. Pusposutardjo (1984) telah mengadopsi dan memverifikasi keberlakuan model tersebut untuk daerah beriklim tropis

untuk tanaman kacang tanah dan kedelai. CRPSM juga telah dicoba kesahihannya untuk jenis tanaman lain seperti padi varitas Cisadane (Sukirso, 1983 dan Sumijarso, 1983), padi varitas IR36 (Waskitho, 1989), kacang tanah varitas gajah, kacang hijau varitas No. 129, dan cabe varitas lokal (Restiyanto, 1988), serta semangka varitas Grand Baby (Virgawati, 1991). Dengan demikian penggunaan CRPSM dianggap telah sah dan dapat digunakan di daerah tropis untuk tanaman-tanaman tersebut.

Model hidrologi airtanah seperti tertulis dalam persamaan (6) telah dikembangkan penyelesaiannya oleh Kinzelbach (1986) menggunakan analisis numerik beda hingga. Di Indonesia, model ini telah dicoba kesahihannya di daerah Gunung Kidul Yogyakarta (Nugroho, 1994) serta di lokasi studi, Kedungtuban Blora (GSG, 1993). Dari hasil studi tersebut model hidrologi airtanah telah layak digunakan di lokasi studi.

Kebutuhan Air Irigasi

Faktor-faktor yang mempengaruhi kebutuhan air irigasi adalah faktor tanaman, faktor cuaca, dan faktor tanah. Pola tanam yang diterapkan di wilayah kerja Kelompok Tani Sri Rahayu adalah padi - padi - palawija yang ditanam secara serentak mulai tanggal 1 Oktober. Jenis tanah di lokasi penelitian adalah grumusol kelabu hitam dengan tekstur lempungan.

Kebutuhan air irigasi dihitung dengan model pemakaian air-produksi tanaman (CRPSM) yang dijalankan untuk data klimatologi harian mulai musim tanam kedua tahun tanam 1986/1987 sampai dengan musim tanam ketiga 1992/1993 dengan pola tanam seperti kondisi pada saat penelitian. Kemudian, dilakukan simulasi tanggal tanam dengan mengajukan dan mengundurkan tanggal tanam tiap lima hari sampai masing-masing lima kali. Dari hasil keluaran CRPSM tersebut dihitung total kebutuhan irigasi tiap musim tanam serta puncak kebutuhan irigasi maksimum, rata-rata, dan minimum seperti tersaji dalam Tabel 1 dan Tabel 2.

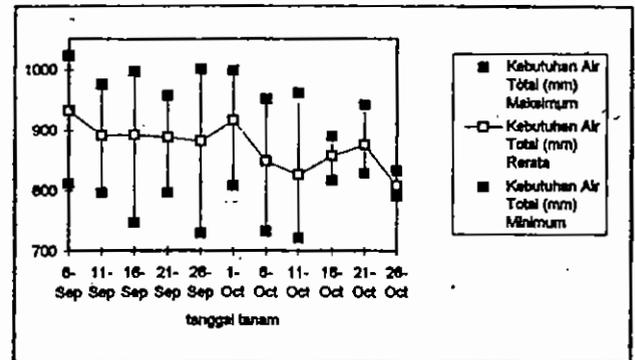
Dengan pola tanam yang ada pada saat ini, kebutuhan irigasi total selama satu tahun adalah 916,1 mm sedangkan puncak kebutuhan irigasi terjadi pada sepuluh hari ke-9 dari awal tahun tanam, yaitu 106,45 mm/hari. Perubahan tanggal tanam akan mengubah kebutuhan air irigasi sesuai dengan peluang kejadian hujan. Pengaruh perubahan tanggal tanam terhadap total kebutuhan air irigasi dapat dilihat pada Gambar 4 sedangkan pengaruh perubahan tanggal tanam terhadap puncak kebutuhan irigasi dapat dilihat pada Gambar 5.

Sesuai dengan agihan hujan dalam satu tahun, pengunduran tanggal tanam akan cenderung menurunkan

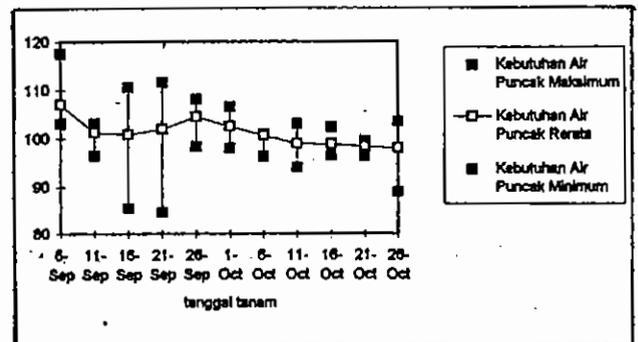
total kebutuhan air irigasi pada musim tanam pertama dan menaikkannya pada musim tanam kedua. Pada musim tanam ketiga perubahan tanggal tanam tidak berpengaruh besar terhadap total kebutuhan irigasinya. Secara keseluruhan total kebutuhan irigasi selama satu tahun menunjukkan penurunan dengan adanya pengunduran tanggal tanam.

Puncak kebutuhan irigasi pada musim tanam pertama cenderung turun dengan pengunduran tanggal tanam tetapi pada musim tanam kedua dan ketiga puncak kebutuhan irigasi agak naik. Puncak kebutuhan irigasi selama satu tahun cenderung turun bila tanggal tanam diundurkan.

Dari hasil skenario untuk berbagai tanggal tanam maka dianjurkan untuk mengundurkan tanggal tanam sepuluh sampai dengan lima belas hari. Jadi tahun tanam diawali tanggal 16 Oktober. Dengan tanggal tanam tersebut, kebutuhan irigasi satu tahun akan berkurang dari 916,1 mm menjadi 857,63 mm sedangkan puncak kebutuhan irigasi akan turun dari 106,45 mm/10 hari menjadi 102,2 mm/10 hari.



Gambar 4. Pengaruh perubahan tanggal tanam terhadap total kebutuhan irigasi selama satu tahun



Gambar 5. Pengaruh perubahan tanggal tanam terhadap puncak kebutuhan irigasi selama satu tahun

Tabel 1. Total Kebutuhan Air Irigasi

Tanggal	Kebutuhan Air MT 1 (mm)			Kebutuhan Air MT2 (mm)			Kebutuhan Air MT3 (mm)			Kebutuhan Air Total (mm)		
	Tanam	Maksimum	Rerata	Minimum	Maksimum	Rerata	Minimum	Maksimum	Rerata	Minimum	Maksimum	Rerata
6-Sep	690.97	631.51	502.96	422.96	258.50	151.29	96.13	36.36	0.00	1022.05	932.52	812.12
11-Sep	630.28	585.58	485.25	434.14	264.76	183.01	62.30	25.01	0.00	975.29	891.53	796.41
16-Sep	621.53	548.55	488.30	410.49	291.81	208.77	64.25	36.52	10.69	996.73	892.10	747.03
21-Sep	585.32	522.39	441.46	428.56	270.99	187.38	78.78	53.06	0.00	957.92	888.86	796.44
26-Sep	638.43	548.56	454.25	429.31	247.27	143.96	97.41	56.78	0.00	1000.59	881.70	729.42
1-Oct	600.91	548.52	495.37	409.26	287.15	237.10	93.80	54.72	0.00	998.43	916.10	807.19
6-Oct	533.10	471.95	356.40	433.32	293.21	109.81	82.36	48.64	0.00	951.37	848.71	732.13
11-Oct	480.04	452.41	406.15	450.70	300.72	231.65	104.58	53.11	0.00	961.43	825.81	721.14
16-Oct	577.04	473.55	324.77	467.03	296.08	226.66	77.37	53.21	0.00	889.55	857.63	817.00
21-Oct	506.62	457.96	362.53	504.63	331.62	234.58	63.75	47.61	0.00	941.80	875.85	828.34
26-Oct	480.15	405.69	305.90	398.85	299.64	238.08	62.32	43.60	0.00	832.94	807.87	789.21

Sumber: Hasil Simulasi

Tabel 2. Puncak Kebutuhan Air Irigasi

Tanggal	Kebutuhan Air Puncak		
	Tanam	Maksimum	Rerata
6-Sep	117.54	107.03	103.00
11-Sep	103.05	101.20	96.40
16-Sep	110.52	100.90	85.44
21-Sep	111.60	101.97	84.52
26-Sep	108.10	104.43	98.27
1-Oct	106.45	102.42	97.95
6-Oct	100.83	100.61	96.20
11-Oct	102.90	98.87	93.95
16-Oct	102.20	98.73	96.40
21-Oct	99.30	98.28	96.30
26-Oct	103.42	98.01	88.80

Sumber: Hasil Simulasi

Operasi Pompa Secara Berkelanjutan

Model hidrologi airtanah dijalankan untuk mengetahui penurunan aras air yang diakibatkan oleh berbagai pola pemompaan. Sebagai masukan dipakai harga hasil uji pemompaan, yaitu transmisivitas sebesar 395 m²/hari dan koefisien simpanan sebesar 1,225 x 10⁻² serta tebal rerata akuifer 30 m. Elevasi muka airtanah dipakai elevasi aras air tanah pengamatan pada tahun 1992 yaitu 29,5 m dpl. Letak sumur menyebar dengan jarak tidak tertentu berkisar antara 25 – 100 m, maka sumur-sumur diasumsikan terletak pada kisi-kisi yang masing-masing berjarak 100 m. Sebuah pompa dianggap dapat melayani 4 ha lahan.

Teknologi pompa yang digunakan adalah pompa sentrifugal dengan daya 12 HP sehingga batas penurunan aras air yang diijinkan adalah batas kemampuan tinggi hisap pompa rata-rata, yaitu 8 m. Jeluk airtanah diambil harga terbesar, yaitu 5 m. Karena itu, penurunan aras air maksimum yang dapat disebut aman adalah 3 m.

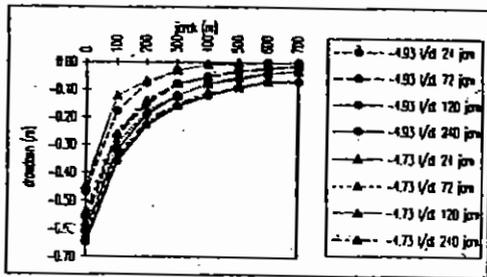
Model hidrologi airtanah dijalankan untuk kebutuhan air irigasi maksimum pada kondisi pola tanam yang ada saat ini, yaitu 106.45 mm/10 hari serta pada tanggal tanam yang dianjurkan yaitu 102,2 mm/10 hari.

Model dijalankan untuk operasi pompa dengan 1 pompa, 2 pompa berjarak 200 m, 4 pompa berjarak 200 m, 4 pompa berjarak 400 m, 9 pompa berjarak 200 m, dan 9 pompa berjarak 400 m. Operasi satu pompa menggambarkan penurunan aras air yang terjadi bila petani hanya mengoperasikan satu pompa setiap mengairi. Operasi 2, 4, dan 9 pompa menggambarkan penurunan aras air yang terjadi bila petani mengoperasikan beberapa pompa bersama-sama. Masing-masing pompa dioperasikan selama 10 jam, 1 hari, 3 hari, 5 hari, dan 10 hari untuk melihat pengaruh lama pemompaan terhadap penurunan aras air. Keluaran model berupa penurunan aras air berbagai pola operasi pemompaan diubah menjadi bentuk grafik penurunan aras airtanah yang dapat dilihat pada Gambar 6 sampai dengan Gambar 11.

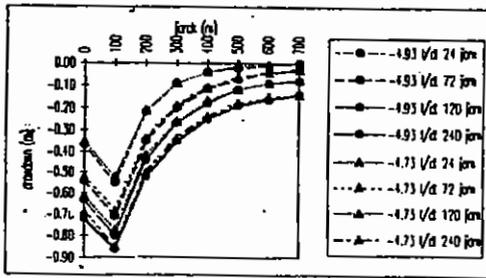
Grafik penurunan aras airtanah menunjukkan bahwa semakin lama operasi berlangsung semakin besar pula penurunan aras air dan jari-jari pengaruh yang ditimbulkan. Penurunan aras air juga bertambah besar dengan adanya penambahan jumlah pompa yang beroperasi karena terjadi pengaruh multiganda operasi pemompaan terhadap penurunan aras air. Dalam grafik tersebut juga terlihat bahwa semakin besar debit pemompaan maka penurunan aras air yang ditimbulkannya juga semakin besar terutama pada pemompaan berjangka waktu lama.

Hasil keluaran model menunjukkan bahwa pola tanam di lokasi studi yang ada sekarang masih cukup aman. Penurunan aras air tersebar terjadi pada operasi 9 pompa berjarak 200 m selama sepuluh hari berturut-turut pada sumur di tengah yaitu sebesar 2,6 m. Penurunan tersebut masih lebih kecil daripada penurunan yang diijinkan yaitu

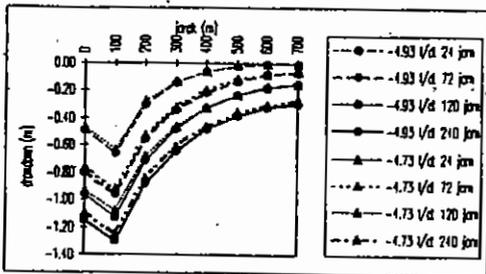
3 m. Selain itu, nampak pula bahwa pengunduran tanggal tanam menyebabkan penurunan aras air sebesar 2,37 m untuk pola operasi yang sama. Jadi dengan mengundurkan tanggal tanam penurunan aras air terjadi lebih kecil terutama pada operasi yang memakan waktu lama.



Gambar 6. Penurunan aras airtanah dengan pola operasi 1 pompa

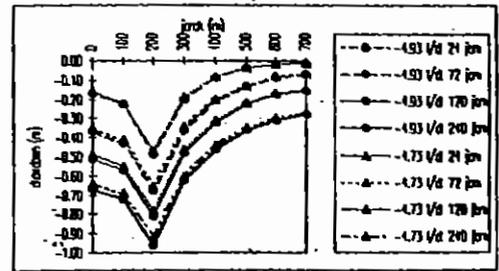


Gambar 7. Penurunan aras airtanah dengan pola operasi 2 pompa

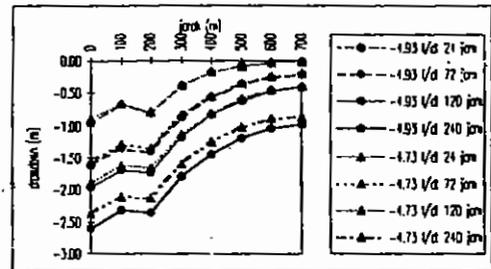


Gambar 8. Penurunan aras airtanah dengan pola operasi 4 pompa berjarak 200 m

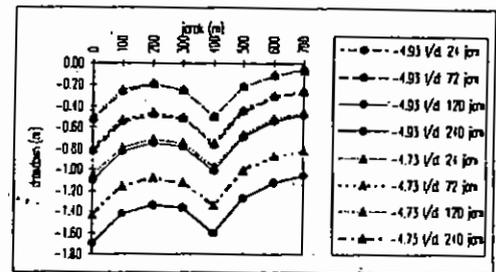
Untuk operasi pompa sampai dengan 3 hari maka setelah operasi pompa dihentikan, pompa lain diluar pompa tersebut dapat segera dioperasikan. Khusus untuk operasi 4 atau 9 pompa berjarak 200 m maka pompa lain yang dapat segera dioperasikan paling sedikit berjarak 300 m dari pompa terluar.



Gambar 9. Penurunan aras airtanah dengan pola operasi 4 pompa berjarak 400 m



Gambar 10. Penurunan aras airtanah dengan pola operasi 9 pompa berjarak 200 m



Gambar 11. Penurunan aras airtanah dengan pola operasi 9 pompa berjarak 400 m

Meskipun operasi 4 dan 9 pompa selama sepuluh hari berturut-turut cukup aman bagi akuifer tetapi operasi pompa berikutnya harus menunggu sampai aras air pulih pada kedudukan semula. Untuk 9 pompa berjarak 200 m aras air akan pulih setelah 3 hari dibiarkan sedangkan untuk 9 pompa berjarak 400 m atau 4 pompa berjarak 200 m perlu waktu pemulihan selama 2 hari. Setelah waktu pemulihan aras airtanah akan kembali pada kedudukan semula dan operasi pompa selanjutnya dapat dilaksanakan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil simulasi, dianjurkan untuk mengundurkan tanggal tanam kurang lebih dua minggu karena dapat menurunkan total kebutuhan irigasi maupun puncak kebutuhan irigasi.

Untuk mempertahankan aras airtanah pada batas yang aman maka operasi pompa harus mempertimbangkan jumlah pompa, jarak antar pompa, lama operasi, dan waktu pemulihan kembali. Hasil keluaran model menunjukkan bahwa operasi sembilan pompa dengan jarak 200 m selama tiga hari berturut-turut sudah tidak dianjurkan lagi. Oleh sebab itu, pola operasi pompa yang tidak teratur seperti yang terjadi selama ini di lokasi studi harus dihindari.

Selanjutnya perlu dipikirkan perubahan teknologi pompa, khususnya daya pompa, pada pengembangan model selanjutnya untuk mengantisipasi perubahan teknologi pompa yang digunakan oleh petani.

DAFTAR PUSTAKA

- Direktorat Jenderal Pengairan, 1992. Sistem Pengelolaan Sumber Daya Air. Makalah Seminar Pengkajian, Kebijaksanaan Pengelolaan dan Pengembangan Sumber Daya Air Jangka Panjang di Indonesia, Jakarta 28 - 29 Juli.
- Geo Sarana Guna, 1993. Model Pengembangan Terpadu (Conjunctive Use) Reservoir Air Permukaan dan Airtanah. Laporan akhir.
- Kinzelbach, W., 1986. Groundwater Modelling, An Introduction with Sample Programs in BASIC, Elsevier, Amsterdam.
- Murtiningrum, 1995. Pengembangan Model Operasi Sumur Pompa Berkelanjutan di Daerah Irigasi Sumur Pompa Dangkal. Skripsi S-1, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Nugroho, J., 1994. Pengkajian Watak Dinamika Airtanah Dangkal karena Pengaruh Pemompaan, Studi Kasus di Dataran Tinggi Wonosari. Skripsi S-1, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Pakpahan, A., E. Pasandaran, Alirahman, dan Sukirso, 1992. Investasi dan Pembiayaan dalam Pembangunan Pengairan di Indonesia. Makalah, Seminar Pengkajian, Kebijaksanaan Pengelolaan dan Pengembangan Sumber Daya Air Jangka Panjang di Indonesia, Jakarta 28 - 29 Juli.
- Pusposutardjo, S., 1984. Growth and Yield Modelling of Irrigation Soybean and Peanut in Tropical Monsoon Rain Climate, Disertasi, Utah State University, USA.
- Restiyanto A., 1988. Penyempurnaan CRPSM dan Uji Keabsahan Model dengan Tanaman Cabe, Kacang Tanah, dan Kacang Hijau. Skripsi S-1. Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Sukirso, 1983. Kebutuhan Air Tanaman Padi Sawah pada Tanah Bertekstur Sedang. Skripsi S-1. Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Sumijarso, 1983. Kebutuhan Air Tanaman Padi Sawah pada Tanah Berat. Skripsi S-1. Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Virgawati, S., 1991. Penentuan Pola Kebutuhan Air Tanaman Semangka (*Citrus vulgaris*) dengan "Crop Yield Simulation Model". Skripsi S-1. Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Waskitho, N.T., 1989. Pengaruh Mulching terhadap Kebutuhan Air Tanaman Padi Gogo, Padi Tanah Pasiran. Skripsi S-1. Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.