

PREDIKSI PENURUNAN MUKA AIR TANAH AKIBAT PEMOMPAAN DI DAERAH JOGONALAN KLATEN JAWA TENGAH

Lanjar Sudarto

Fakultas Pertanian UPN "Veteran" Yogyakarta
Jl. SWK 104 (lingkar Utara) Condongcatur, Yogyakarta 55283 (o274) 286733
e-mail : Lsudar05@Yahoo.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk memprediksi penurunan muka air tanah akibat pemompaan untuk kepentingan irigasi di daerah Jogonalan, Klaten, Jawa Tengah. Prediksi dilakukan dengan Program bantu MODFLOW (A Modular Three-Dimensional Finite-Difference Ground-Water Flow Model). Daerah penelitian adalah merupakan kawasan pertanian yang potensial untuk daerah Klaten-Jawa Tengah, yang terkendala ketersediaan air irigasi. Untuk memenuhi kebutuhan air irigasi pertanian tersebut dikembangkan 23 sumur pompa air tanah tertekan (Air Bawah Tanah), debit berkisar 21 sd 38 lt/dt. Kebutuhan air cukup besar pada Musim Kemarau (Bulan Maret sd Juli) dapat mencapai 62mm/hari. Untuk memenuhi kebutuhan air tersebut dilakukan pemompaan air tanah yang akan berakibat penurunan muka air tanah di daerah tersebut. Mengingat lahan pertanian tersebut berdekatan dengan pemukiman penduduk dimana air tanah banyak dimanfaatkan untuk kebutuhan air bersih.

Daerah penelitian terletak pada $7^{\circ}30' - 7^{\circ}50'LS$ dan $110^{\circ}25' - 110^{\circ}40'BT$. Kondisi agroklimat daerah penelitian termasuk dalam kategori C2 (5-6 bulan basah dan 2-4 bulan kering). Curah hujan rata-rata bulanan tertinggi Bulan Januari (360,1mm/bulan), curah hujan tahunan rata-rata 1897mm/tahun. Secara fisiografis merupakan dataran Merapi. Secara geologi material didominasi oleh produk vulkanik Merapi (pasir, tufa, breksi dan pumice).

Karakteristik akuifer yang diinterpretasikan dari diskripsi lubang bor dan analisis geofisik, ketebalan akuifer 57 sd 75m; elevasi dasar akuifer 58m (dpl) di daerah bagian selatan dan 93m (dpl) di daerah bagian utara. Berdasarkan uji pemompaan diperoleh nilai transmisivitas 97,22 sd 456,77m²/hari. Nilai Storativitas berkisar antara $6,787.10^{-4}$ sd $1,361.10^{-3}$.

Kebutuhan air dari volume pemompaan per bulan, tertinggi Awal Musim Tanam Kemarau Bulan April 854,26 (x1000m³) dan tertendah Musim Penghujan, September 88,81 (x1000m³). Untuk memenuhi kebutuhan tersebut rata-rata Debit aktual (Qa) berada pada 1,06 Debit Pemompaan (Qp), sehingga mulai Bulan April sd Agustus terjadi penurunan muka air tanah sebesar 2,05 sd 7,88m.

Usaha menekan penurunan muka air tanah dapat dilakukan dengan mengurangi kebutuhan air pada puncak kegiatan tanam pada Bulan April, dilakukan dengan variasi waktu kegiatan tanam atau variasi jenis tanaman yang diusahakan sehingga menekan kebutuhan puncak pada waktu tertentu.

Kata kunci : penurunan Muka Air Tanah (MAT)

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Air tanah merupakan sumber daya alam yang sangat penting, dikarenakan air tanah semakin lama semakin diperlukan, oleh karena itu keberadaan air tanah perlu dijaga baik dari kuantitas maupun kualitasnya. Kebutuhan air tanah akan selalu meningkat sesuai dengan perkembangan suatu daerah baik secara fisik maupun sosial, oleh karena itu penelitian yang berkaitan dengan sumber daya air tanah perlu dilakukan secara terpadu dan berkelanjutan. perlu pengaturan pemanfaatan air tanah bagi kebutuhan tersebut sesuai dengan cadangan yang tersedia, potensi

Daerah penelitian termasuk dalam wilayah Kecamatan Jogonalan yang sebagian besar penduduknya dengan mata pencaharian bertani, dan disamping itu wilayah tersebut secara hidrologis merupakan daerah resapan, maka perlu mengatur dan menjaga agar kesinambungan hidrologi dan fungsi lingkungan tetap lestari, karena apabila tidak dijaga akan berakibat kelangkaan ketersediaan cadangan air tanah didaerah ini akan terpengaruh. Disamping itu area persawahan berdekatan dengan perdesaan untuk pemukiman masyarakat di daerah itu. Sehingga dikawatirkan timbul akibat lebih lanjut adalah daerah-daerah yang berada di sekitar persawahan irigasi sumur pompa akan terpengaruh ketersediaan air tanahnya.

Penelitian ini bertujuan untuk memprediksi penurunan muka air tanah akibat pemompaan untuk kepentingan irigasi di daerah Jogonalan, Klaten, Jawa Tengah. Prediksi dilakukan dengan Program bantu MODFLOW (A Modular Three-Dimensional Finite-Difference Ground-Water Flow Model). Daerah penelitian adalah merupakan kawasan pertanian yang potensial untuk daerah Klaten-Jawa Tengah, yang terkendala ketersediaan air irigasi. Untuk memenuhi kebutuhan air irigasi pertanian tersebut dikembangkan 23 sumur

pompa air tanah tertekan (Air Bawah Tanah), debit berkisar 21 sd 38 lt/dt. Kebutuhan air cukup besar pada Musim Kemarau (Bulan Maret sd Juli) dapat mencapai 62mm/hari. Untuk memenuhi kebutuhan air tersebut dilakukan pemompaan air tanah yang akan berakibat penurunan muka air tanah di daerah tersebut. Mengingat lahan pertanian tersebut berdekatan dengan pemukiman penduduk dimana air tanah banyak dimanfaatkan untuk kebutuhan air bersih.

1.2. Tujuan dan kegunaan

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan gambaran besarnya kemungkinan yang terjadi penurunan muka air tanah, apabila dilakukan pemompaan sumur pompa untuk memenuhi kebutuhan air irigasi persawahan di daerah penelitian.

Gambaran yang diperoleh dapat digunakan untuk pedoman dalam pengoperasian sumur pompa yang ada, sehingga penurunan muka air tanah dapat terkendali. Diharapkan dengan beroperasinya sumur pompa di daerah penelitian tidak akan mengganggu ketersediaan air tanah disekitar daerah penelitian.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Ketersediaan Air Bawah tanah

a. Ketersediaan Air Tanah

Perhitungan ketersediaan air tanah di daerah penelitian dilakukan secara empiris dengan mempertimbangkan nilai koefisien kandungan air dan volume jenuh air atau sistem akuifer pada daerah penelitian, yang dinyatakan dengan rumus :

$$V = S \times V_s$$

Keterangan :

V = volume air tanah yang disimpan dalam sistem akuifer

S = koefisien kandungan air bawah tanah

V_s = volume zona jenuh air atau sistem akuifer

Nilai koefisien kandungan air (S) didapatkan dari data sekunder yang dilakukan pumping test pada sumur gali maupun sumur bor di daerah zona daerah penelitian. Untuk perhitungan volume zona jenuh air di daerah penelitian secara numerik menggunakan rumus dasar :

$$V_s = A \times D_s$$

Keterangan :

V_s = volume zona jenuh air atau sistem akuifer

A = luas daerah yang ditinjau

D_s = tebal zona jenuh air dari sistem akuifer

b. Ketersediaan Air Tanah Tertekan

Perhitungan ketersediaan air tanah tertekan berdasarkan jumlah air yang berasal dari aliran air bawah tanah dangkal secara horisontal yang melalui akuifer. Untuk menghitung besarnya cadangan air tanah tertekan tersebut menggunakan rumus dasar :

$$Q = T \times i \times L$$

Keterangan :

Q = debit aliran air tanah

T = transmisivitas

i = landaian hidrolika

L = lebar penampang daerah yang dihitung

2.2. Karakteristik akuifer

a. Konduktivitas hidrolik

Adalah merupakan unit kecepatan dari kemampuan lapisan batuan untuk melakukan air. Permeabilitas dipengaruhi oleh sifat-sifat fisik yaitu porositas, ukuran butir, susunan butir, bentuk butir dan distribusinya. Dimensi satuan ini dalah cm / detik atau m / hari.

b. Transmisivitas (*transmissivity*).

Adalah banyaknya air yang dapat mengalir melalui suatu bidang vertikal setebal akuifernya dan selebar satu unit panjang dengan landaian hidrolika satu unit. Dimensinya m² / jam atau m² / hari. Transmisivitas merupakan hasil kali konduktivitas hidrolik dengan tebal akuifer, dirumuskan :

$$T = K \cdot b$$

Keterangan :

- T : Transmisifitas (m² / detik)
- K : Koefisien permeabilitas (m / detik)
- b : Tebal akuifer (m)

c. Koefisien daya simpan air (*storage Coefficient*).

Adalah volume air yang dapat disimpan atau dilepaskan oleh suatu akuifer setiap satu satuan luas akuifer pada satu satuan perubahan kedudukan muka air tanah atau bidang pisometrik. Nilai S pada akuifer akuifer tertekan berkisar antara $0,67892 \cdot 10^{-3}$ hingga $1,36109 \cdot 10^{-3}$ diantaranya adalah leakage akuifer. Nilai S ini tidak mempunyai dimensi.

d. Pengukuran kedalaman Muka Air Tanah (MAT)

Permukaan air tanah dapat mengalami perubahan setiap saat. Perubahan tersebut dapat disebabkan oleh adanya pemompaan, variasi tingkat aliran, evaporasi dan transpirasi, gempa bumi serta pengaruh musim dan cuaca. Dengan mengukur kedalaman muka air tanah, nantinya akan diketahui arah penyebaran aliran air tanah (*kontur muka air tanah*) yang nantinya dapat digunakan untuk mengevaluasi potensi air tanah yang ada di suatu lapisan akuifer.

3. METODE PENELITIAN

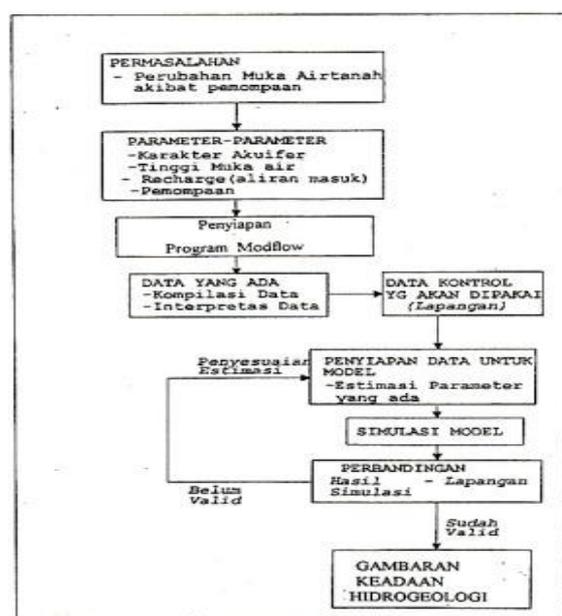
Penelitian dilakukan di lahan pertanian pengairan sumur pompa wilayah Jogonalan Klaten Jawa Tengah. Pengamatan lapangan dilakukan pada Musim penghujan dan Musim Kemarau. Pengamatan tinggi muka air tanah dilakukan langsung di lapangan. Data karakteristik akuifer dilakukan analisis dari data yang sudah ada. Prediksi penurunan muka air tanah di daerah penelitian menggunakan program bantu MODFLOW (*A Modular Three-Dimensional Finite-Difference Ground-Water Flow Model*).

3.1. Pengukuran kedalaman muka air tanah

Alat yang digunakan dalam pengukuran muka air tanah ini adalah penduga listrik (*electric water level sounding*). Alat ini terdiri dari kabel yang diberi skala sesuai kedalamannya. Bagian ujung kabel diberi elektroda kontak yang apabila tersentuh air akan menyebabkan aliran listrik tertutup. Bagian atas tempat gulungan diberi lampu dengan baterai atau ammeter / voltmeter. Alat ini digunakan untuk pengukuran kedalaman muka air tanah / bidang pisometrik.

Data debit pemompaan yang diamati untuk mengetahui besarnya debit air yang dihasilkan dari pemompaan yang dilakukan. Setiap daerah mempunyai karakteristik akuifer dan karakteristik sumur yang berbeda, sehingga akan menentukan hasil yang diperoleh. Perbandingan antara ketebalan akuifer dengan besar debit pemompaan berguna untuk mengetahui profil lithologi penyusun lapisan akuifer yang diperkirakan mempunyai potensi air tanah.

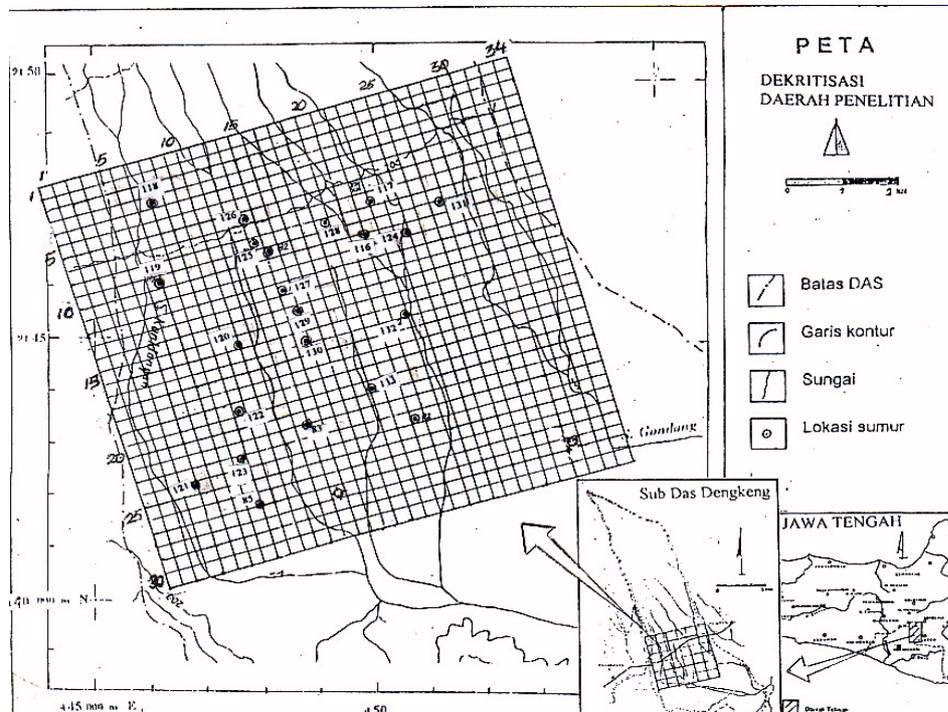
Tahapan kegiatan penelitian untuk mendapatkan gambaran penurunan muka air tanah di daerah penelitian; identifikasi parameter; penyiapan program MODFLOW sampai dengan simulasi model, terlihat pada Gambar 3.1



Gambar 2.1. Tahapan kegiatan penelitian

3.2. Dekritisasi daerah penelitian

Berdasarkan kondisi parameter yang ada, ketersediaan data dari uji pemompaan dari sumur-sumur yang ada, termasuk data jari-jari pengaruh ditentukan kondisi batas daerah penelitian sebagai model untuk melakukan simulasi daerah penelitian.



Gambar 3.2. Dekritisasi daerah penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Lokasi Daerah Penelitian

Daerah penelitian secara administratif termasuk dalam wilayah Kecamatan Jogonalan, Kabupaten Klaten, Propinsi Jawa Tengah. Lokasi penelitian terletak pada posisi geografis $7^{\circ}30' - 7^{\circ}50'LS$ dan $110^{\circ}25' - 110^{\circ}40'BT$ dengan batas-batas wilayah sebagai berikut :

- Sebelah Utara berbatasan dengan wilayah Kecamatan Manisrenggo
- Sebelah Timur dengan Sungai Gondang wilayah Kecamatan Kebonarum
- Sebelah Barat berbatasan Sungai Pandansimping Kecamatan Jogonalan
- Sebelah Selatan dengan wilayah Kecamatan Wedi

4.2. Iklim

Seperti keadaan wilayah lain di Indonesia, daerah penelitian mempunyai iklim tropis dengan dua musim. Bulan kering (musim kemarau) yang dipengaruhi oleh angin muson tenggara, bervariasi antara 2-4 bulan, sedangkan Bulan basah (musim hujan) antara 5-6 bulan. Curah hujan rata-rata di daerah penelitian menurut data yang diperoleh dari Stasiun pengamat curah hujan berkisar .897 mm/thn. Curah hujan rata-rata bulanan tertinggi sebesar 360,1 mm terjadi pada bulan Januari.

4.3. Debit pemompaan dan air tersedia pada sumur pompa

Sedangkan data debit pemompaan yang diteliti diperlukan untuk mengetahui besarnya debit air yang dihasilkan dari pemompaan yang dilakukan. Setiap daerah mempunyai karakteristik akuifer dan karakteristik sumur yang berbeda, sehingga akan menentukan hasil yang diperoleh. Perbandingan antara ketebalan akuifer dengan besar debit pemompaan berguna untuk mengetahui profil lithologi penyusun lapisan akuifer yang diperkirakan mempunyai potensi air yang besar. Lokasi, Tinggi Muka Air (MAT), debit pemompaan dan air yang tersedia dari masing-masing pompa dapat terlihat pada Tabel 4.1.

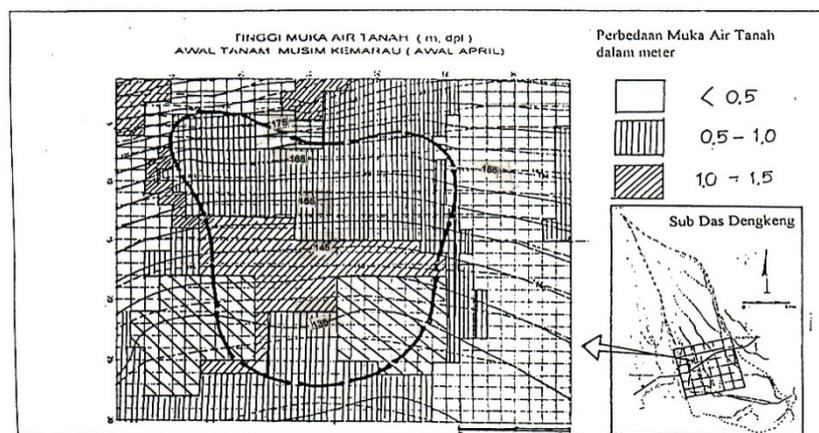
Tabel 4.1. Debit pompa, MAT dan air tersedia pada sumur pompa di daerah penelitian

No.Pompa	Koordinat (X) (m)	Koordinat (Y) (m)	Elevasi (m, dpl)	Tinggi MAT (m)	Keda-Laman MAT (m)	Debit Rata2 (lt/dt)	Luas oncoran (ha)	Air tersedia (mm/hari)	Air tersedia (Efs 80%) (mm/hari)
81	448800	9143300	148,77	147,00	1,77	31	31	3,96	3,17
82	448200	9146600	181,54	179,00	2,54	30	30	3,96	3,17
83	450600	9144300	140,76	139,00	1,76	27	25	4,28	3,42
84	449800	9143900	145,90	144,00	1,90	28	25	4,44	3,55
85	447900	9144100	140,48	138,50	1,98	*	28		
116	448900	9144600	178,48	174,50	3,98	*	19		
117	449900	9144700	188,20	183,00	5,20	30	25	4,75	3,80
118	446100	9144500	201,28	190,50	10,78	21	23	3,62	2,89
119	446200	9145600	185,09	178,00	7,09	32	28	4,53	3,62
120	447500	9144800	166,55	162,00	4,55	32	24	5,28	4,22
121	446800	9142200	147,22	144,50	2,72	30	26	4,57	3,66
122	447500	9143600	154,33	152,00	2,33	*	32		
123	446800	9142700	146,55	144,50	2,05	26	20	5,15	4,12
124	450500	9146900	176,60	173,50	3,10	33	28	4,67	3,73
125	447900	9146700	178,15	173,50	4,65	*	26		
126	447900	9146900	187,65	181,80	5,85	32	26	4,58	3,62
127	448300	9145900	175,10	170,50	4,60	*	26		
128	449100	9147100	185,10	181,10	4,00	30	28	4,24	3,39
129	448700	9145500	168,21	165,00	3,21	30	29	4,10	3,28
130	448800	9144900	162,81	158,70	4,06	*	30		
131	451100	9147500	184,88	178,80	6,08	37	29	5,05	4,04
132	450500	9147400	162,99	157,00	5,99	34	26	5,18	4,14
133	449900	9144000	151,20	146,50	4,70	36	32	4,46	3,56
								4,51	3,61

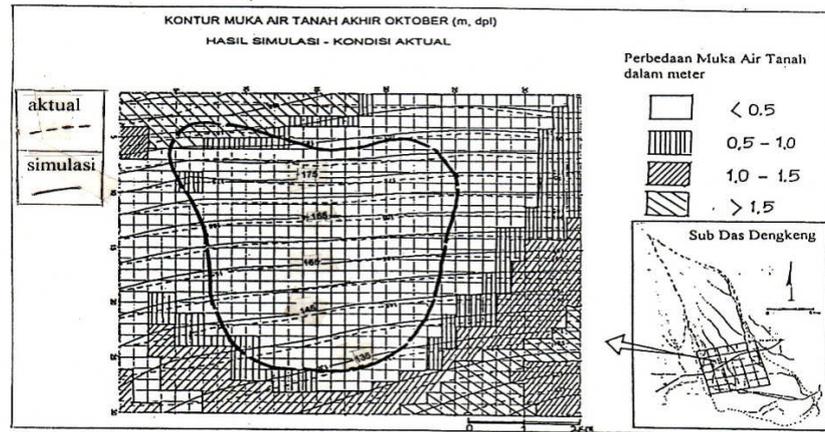
Keterangan : *) : Data tidak terukur

4.4. Penurunan Muka Air Tanah (MAT) akibat pemompaan multi sumur

Penurunan muka air tanah (MAT) yang disebabkan adanya pemompaan beberapa sumur di sekitarnya (multi sumur) adalah merupakan akumulasi penurunan muka air tanah dari efek individu setiap pemompaan sumur tunggal. Setelah dilakukan simulasi akan terlihat penyebaran penurunan muka air tanah secara akumulatif pada Musim Penghujan (MP pada Bulan Oktober) dan Musim Kemarau (MK pada Bulan April), seperti terlihat pada Gambar 4.1 dan 4.2. Berdasarkan kondisi aktual lapangan dari beberapa sumur yang terukur dan hasil simulasinya, perbandingan ditunjukkan pada Tabel 4.1.



Gambar 4.1. Pola penyebaran hasil simulasi – kondisi aktual tual MAT – Awal MK



Gambar 4.2. Pola penyebaran hasil simulasi – kondisi aktual tual MAT – Awal MP

Tabel 4.2. Hasil perhitungan (simulasi) penurunan muka air tanah dibanding dengankondisi aktual

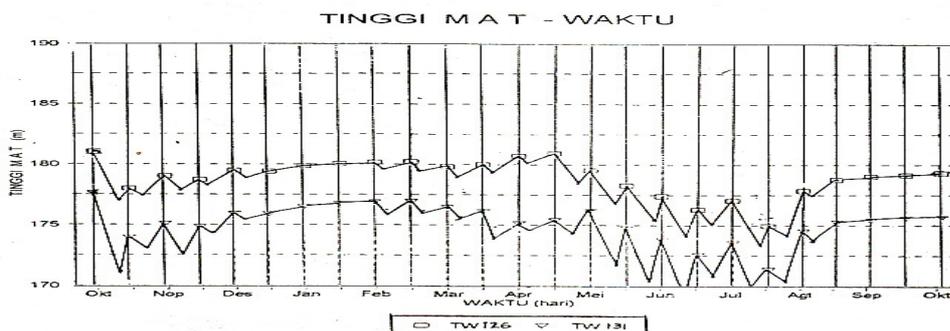
No Sumur	Koordinat (X) (m)	Koordinat (Y) (m)	Nilai K (m ² /dt/m)	Penurunan MAT Simulasi (m)		Penurunan MAT Aktual (m)	
				MP	MK	MP	MK
117	447500	9143600	4,699. 10 ⁻⁵	1,2	3,4	0,9	2,10
123	446800	9142700	1,014. 10 ⁻⁵	2,0	6,0	1,5	4,85
124	450500	9146900	7,650. 10 ⁻⁵	2,0	5,7	1,2	2,85
126	447900	9146900	7,975. 10 ⁻⁵	1,6	5,1	1,6	3,50
129	448300	9145900	1,066. 10 ⁻⁵	1,3	4,4	1,6	2,52
133	449100	9147100	8,336. 10 ⁻⁵	1,8	4,7	0,7	3,80

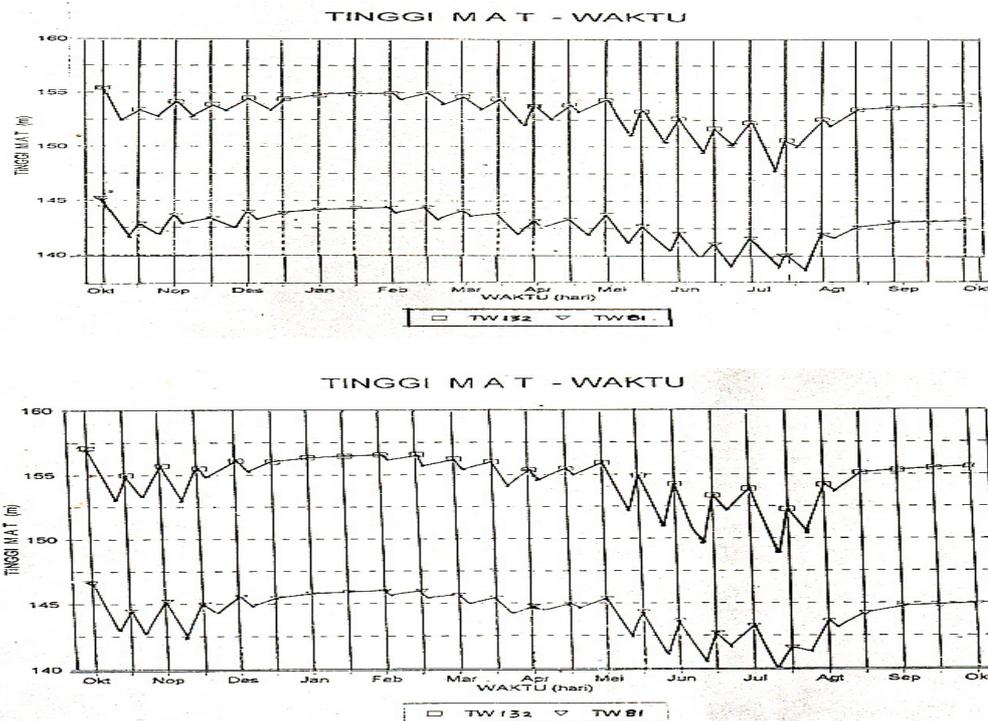
Keterangan :

MP : Musim Penghujan (pada Bulan Oktober 2007)

MK : Musim Kemarau (pada Bulan April 2008)

Berdasarkan hasil perhitungan apabila dibandingkan dengan penurunan aktual muka air tanah di lapangan , masih ada perbedaan berkisar antara 0,43 sd 1,52 m. Dengan demikian masih perlu penyesuaian kondisi batas parameter yang digunakan dalam perhitungan sehingga hasilnya akan mendekati hasil pengukuran aktual di lapangan. Parameter yang dapat dilakukan penyesuaian antara lain adalah Nilai konduktifitas hidrolis (K)





Gambar 4.3. Fluktuasi penurunan MAT Awal MK dan Awaal MP

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

1. Karakteristik aquifer yang diinterpretasikan dari diskripsi lubang bor dan analisis geofisik, ketebalan akuifer 57 sd 75m; elevasi dasar akuifer 58m (dpl) di daerah bagian selatan dan 93m (dpl) di daerah bagian utara. Berdasarkan uji pemompaan diperoleh nilai transmisivitas 97,22 sd 456,77m²/hari. Nilai Storativitas berkisar antara 6,787.10⁻⁴ sd 1,361.10⁻³.
2. Kebutuhan air dari volume pemompaan per bulan, tertinggi Awal Musim Kemarau Bulan April sebesar 854,26 (x1000m³) dan tertendah Musim Penghujan, Bulan September 88,81 (x1000m³).
3. Dalam usaha untuk memenuhi kebutuhan air tersebut dilakukan pemompaan rata-rata dengan Debit aktual (Qa) berada pada 1,06 Debit Pemompaan optimum (Qp), sehingga berakibat mulai Bulan April sd Agustus terjadi penurunan muka air tanah sebesar 2,05 sd 7,88m.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian usaha menekan terjadinya penurunan muka air tanah dapat dilakukan dengan mengurangi kebutuhan air pada puncak kegiatan tanam pada Bulan April, dilakukan dengan variasi waktu kegiatan tanam atau variasi jenis tanaman yang diusahakan sehingga menekan kebutuhan puncak pada waktu tertentu.

DAFTAR PUSTAKA

- Anderson MP., Woessner WW., 1992, *Applied Groundwater Modeling-Simulation of Flow and Advection Transport*, Academic Press.Inc., California.
- Erdeyi M., Golfi J., 1988, *Surface and Subsurface Mapping in Hidrogeologi*, Akademiai Kiado, Badapest.
- Freeze RA., Cherry JA., 1979, *Groundwater*, Printice-Hal., Inc., New Jersey.
- Donald GM., Harbaugh W., 1990. MODFLOW (A Modular Three-Dimensional Finite-Difference Groundwater Flow Model), U.S. Geological Survey, Department of The Interior, National Center. Virginia.
- Takeda K., Sastrodarsono S., 1979, *Hidrologi untuk Pengairan*. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Todd DK., 1980, *Groundwater Hidrolog*, 2th ed., John Willey and Sons.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Karakteristik akuifer

No Sumur PW	Koordinat		Karakteristik akuifer			
	X (m)	Y (m)	Kedalaman dasar akuifer (m, dari permukaan)	Tebal akuifer (m)	Transmisivitas (m ² /hari)	Nilai Storativitas (S)
81	4488	91433	77	57	192,7	0,678.10 ³
82	4482	91466	81,6	73,6	296,7	0,903.10 ³
83	4506	91436	58	50	404,5	0,737.10 ³
84	4498	91439	76	68	456,8	0,975.10 ³
117	4499	91476	93	78	236,2	1,344.10 ³
118	4461	91475	75	63	97,22	0,942.10 ³
121	4468	91422	64	71	301,2	0,621.10 ³
123	4468	91427	78	79	168,6	0,864.10 ³
124	4505	91465	77,5	52	304,57	0,869.10 ³
128	4491	91471	86,5	68	196,1	1,361.10 ³
129	4487	91455	85	74	255,6	0,896.10 ³
131	4511	91475	77,6	74,5	181,04	1,094.10 ³
132	4505	91469	80,5	69	206	1,011.10 ³
133	4499	91440	89	64,5	234,2	1,027.10 ³

Lampiran 2. Jari-jari pengaruh pemompaan (m)

No Sumur PW	Koordinat		Nilai Konduktivitas hidrolik (K) (m ² /har/m)	Jari-jari pengaruh Pemompaan (m)
	X (m)	Y (m)		
128	4491	91471	4,23	328
117	4499	91476	3,57	387
124	4505	91465	6,21	651
123	4468	91427	3,58	772
133	4499	91440	4,25	776
129	4487	91455	5,01	399