

Kondisi dan Potensi Dampak Pemanfaatan Air Tanah di Kabupaten Sumenep

Hendra Wahyudi

Staf pengajar Program Studi Diploma Teknik Sipil FTSP ITS

ABSTRAK

Kabupaten Sumenep adalah Kabupaten yang terletak paling Timur yang ada di Pulau Madura merupakan Kabupaten penghasil minyak bumi sehingga anggaran untuk pembangunannya relative lebih tinggi dibandingkan dengan tiga kabupaten yang ada di Pulau Madura. Kemajuan pesat yang dicapai Kabupaten Sumenep perlu didukung oleh sumber daya air yang sangat memadai oleh sebab itu Pemerintah melalui Proyek Pengembangan Air Tanah Jawa Timur telah lama mengembangkan potensi air tanah di Kabupaten Sumenep dengan membuat sumur sumur dalam untuk mengatasi kekeringan dan kekurangan air irigasi. Agar pemanfaatan air tanah tersebut tidak berlebihan sehingga dapat merusak lingkungan (intrusi air laut) maka perlu dilakukan penelitian untuk melihat potensi air tanah dan dampak pemanfaatan air tanah di kabupaten Sumenep sehingga dapat dikembangkan guna mendukung kebutuhan air dipulau Madura yang akan semakin meningkat. Hasil Penelitian ini menunjukkan bahwa pemanfaatan air tanah yang terdapat di Kabupaten Sumenep sebesar 201.598,21 m³/hr Sedangkan potensi air tanah yang mungkin dapat dikembangkan di Kabupaten Sumenep meliputi Cekungan Ambunten mencapai 60.690 m³/hari atau 22.151.000 m³/tahun, besarnya recharge 166.030 m³/hari atau 60.600.000 m³/tahun. Cekungan Sumenep mencapai 150.550 m³/hari atau 54.950.000 m³/tahun, besarnya recharge 281.360 m³/hari atau 102.690.000 m³/tahun. Cekungan Toranggo mencapai 13.060 m³/hari atau 4.766.000 m³/tahun, besarnya recharge 50.210 m³/hari atau 19.016.000 m³/tahun tanpa mengakibatkan intrusi air laut dan letak pengembangan sumur agar tidak menyebabkan intrusi sejauh 2 kilometer dari garis pantai.

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kabupaten Sumenep adalah kabupaten yang posisinya diujung paling timur dari pulau Madura yang merupakan salah satu penghasil minyak dan gas bumi sehingga anggaran untuk pembangunannya relative lebih besar dibandingkan tiga kabupaten yang lain yang ada di Pulau Madura.

Kemajuan pesat yang dicapai Kabupaten Sumenep berkat mutiara hitam tersebut tentunya membutuhkan sumber daya air yang sangat memadai oleh sebab itu banyak upaya yang telah dilakukan antara lain dengan memanfaatkan air tanah dengan membuat sumur sumur baik dilakukan oleh penduduk maupun oleh Pemerintah melalui Proyek Pengembangan Air Tanah Jawa Timur.

Agar pemanfaatan sumber daya air tersebut dapat dilakukan secara optimal dan tidak menimbulkan kerusakan lingkungan (intrusi

air laut) maka perlu dilakukan penelitian tentang potensi dan pemanfaatan air tanah dan dampaknya bagi Kabupaten Sumenep sehingga pengembangan potensi air tanah tersebut dapat lestari dilakukan secara aman.

Air kalau dilihat dari letaknya dapat dibagi menjadi dua yaitu air permukaan dan air tanah. Air permukaan jumlah dan keberadaannya akan dapat dilihat secara langsung dengan mata telanjang karena terletak dipermukaan sedangkan air tanah karena letaknya di dalam tanah maka jumlah dan potensinya perlu dilakukan pengamatan yang lebih teliti.

1.2. Maksud dan Tujuan

Maksud dan tujuan penelitian ini adalah

- Untuk memperoleh gambaran tentang kondisi dan pemanfaatan air tanah saat ini di Kabupaten Sumenep.

- Untuk memperoleh gambaran tentang kemungkinan pengembangan potensi air tanah dan dampak yang akan ditimbulkan.
- Untuk memberikan masukan bagi pengambilan kebijakan tentang letak sumur pengembangan di Kabupaten Sumenep sehingga peningkatan pemanfaatan air tanah tidak menimbulkan intrusi air laut.

1.3. Lokasi Kegiatan

Lokasi kegiatan penelitian ini terletak di Kabupaten Sumenep dengan batas-batas sebagai berikut :

- Batas sebelah Utara Laut Jawa
- Batas sebelah Timur Laut Jawa.
- Batas sebelah Selatan Selat Madura.
- Batas Sebelah Barat Kabupaten Pamekasan.

2. KONDISI UMUM DAERAH PENELITIAN

2.1. Batas Administrasi

Kabupaten Sumenep terletak pada posisi 40 55' - 70 24' Lintang Selatan dan 1130 32' - 1150 15' Bujur Timur mempunyai luas areal kurang lebih sebesar 1156.08 km² terdiri dari 17 kecamatan yaitu kecamatan Pragaan, Bluto, Saronggi, Kalianget, Sumenep, Lanteng, Ganding, Buluk Buluk, Pasongsongan, Ambunten, Rubaru, Dasuk, Manding, Batu Putih, Gapura, Batang batang, dan Dungkek.

2.2. Topografi

Topografi Kabupaten Sumenep terdiri dari dataran rendah yang membentang dipesisir Utara dan Selatan dengan ketinggian antara 0 - 50 meter d.p.l. dan dibagian tengah berupa perbukitan bergelombang dengan ketinggian 100 - 350 meter d.p.l.

2.3. Tata Guna Lahan

Tata guna lahan daerah Kabupaten Sumenep terbagi menjadi dua yaitu :

- Lahan Basah yang meliputi sawah, waduk Rawa dan tambak.

- Lahan Kering yang terdiri dari pemukiman, tegalan, Kebun, Hutan dan Lain lain

2.4. Hidrologi

Kabupaten Sumenep mempunyai iklim type Monsoon dengan dua musim yaitu hujan yang berlangsung antara bulan Nopember - April dan Kemarau antara bulan Mei - Oktober. Kondisi topografi, disamping angin Monsoon sangat mempengaruhi besarnya curah hujan, semakin tinggi letaknya di atas permukaan laut semakin besar pula curah hujannya bila dibandingkan dengan daerah dataran. Bagian tengah wilayah penelitian yang berupa perbukitan dan gunung, curah hujannya jauh lebih besar daripada curah hujan di dataran yang merupakan pantai, baik di bagian Utara maupun di bagian Selatan. Di daerah perbukitan curah hujan bahkan >2000 mm/th; yang memberikan kontribusi yang besar terhadap resapan air kedalam tanah, sedangkan di daerah pantai curah hujan berkisar antara 500 - 1000 mm/th.

Sedangkan kondisi klimatologi Kabupaten Sumenep adalah sebagai berikut :

Uraian	Minimum	Maksimum	Rata-rata
Suhu (°C)	24	34	28
Penguapan (mm)	94	204	150
Penyinaran Matahari (%)	40	100	76
Kelembapan (%)	60	90	80
Kecepatan Angin (Knots)	13	22	16

3. LANDASAN TEORI

Air tanah adalah air yang bergerak dalam lapisan tanah yang terdapat di dalam ruang-ruang antara butir-butir tanah yang membentuk itu atau dikenal dengan air lapisan dan di dalam retakan-retakan dari batuan yang dikenal dengan air celah. Keadaan air tanah ada yang tekekang dan air tanah bebas.

Jika air tanah itu bebas maka permukaannya akan membentuk gradient yang dikenal dengan gradient hidrolis sehingga pergerakan air tanahnya akan membentuk sebuah kontur.

Menurut hokum Darcy kecepatan aliran air tanah dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$V = k \cdot I \quad \dots\dots\dots (1)$$

Dimana :

- V = kecepatan aliran (m³/dt)
- K = koefisien permeabilitas.
- I = gradient hidrolik.

Pemanfaatan air tanah melalui sumur gali perhitungannya didasarkan pada kepadatan penduduk per kecamatan dengan asumsi bahwa air tanah yang diambil *hanya* dipergunakan untuk keperluan sehari-hari saja yaitu 60 l/hr/jiwa.

Untuk memperkirakan kebutuhan dan penggunaan air tanah dangkal disetiap kecamatan, dipakai rumus sebagai berikut:

$$Q_p = P_n \times K_p \quad \dots\dots\dots (2)$$

Dimana :

- Q_p = penggunaan/kebutuhan air tanah dangkal (l/hr/km²)
- P_n = kepadatan penduduk rata-rata per kecamatan (jiwa/km²)
- K_p = kebutuhan air penduduk rata-rata (l/hr/jiwa)

Untuk menghitung Jumlah pengam bilan air tanah yang digunakan untuk mengairi areal irigasi dihitung dengan memakai rumus :

$$Q = t \times Q_s \quad (l/hr) \quad \dots\dots\dots (3)$$

Dimana :

- Q = jumlah debit pemompaan (l/hr)
- t = jam operasi pompa (jam/hr)
- Q_s = kapasitas debit terpasang pompa (l/det)

4. METODOLOGI PENELITIAN

Untuk melakukan penelitian dengan biaya dan yang efisien dan memperoleh hasil yang maksimal maka perlu disusun suatu metode pelaksanaannya yaitu :

- **Inventarisasi data dan Orientasi lapangan.** Tahapan berikutnya setelah persiapannya sudah mencapai progress seratus persen maka langkah selanjutnya adalah pengenalan medan dan inventarisasi data. Langkah ini dilakukan untuk melihat permasalahan

yang ada dilapangan dan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya sehingga tidak melakukan pengulangan tindakan.

- **Analisa data.** Tahapan ini adalah salah satu langkah yang akan dilakukan setelah semua data yang diperlukan untuk penelitian ini sudah diperoleh dan tahapan ini merupekan langkah awal agar variable yang diperlukan oleh program pendukung penelitian ini (MUDFLOW) dapat dijalankan.
- **Pemodelan.** Pada tahap ini yang dilakukan meliputi :
 - a. Penyiapan perangkat dan data input yang diperlukan oleh software Modflow
 - b. Kalibrasi kondisi steady - transient (elevasi muka air, debit pemompaan, dan kegaraman)
 - c. Kalibrasi kondisi unsteady
 - d. Peramalan berbagai skenario (dengan atau tanpa penambahan pemompaan serta dengan atau tanpa perubahan penggunaan lahan).
- **Analisa Hasil.** Hasil yang dilakukan oleh program Mudflow masih berupa angka angka sehingga agar hasil tersebut dapat dibuat suatu kesimpulan maka perlu dilakukan analisa hasil.

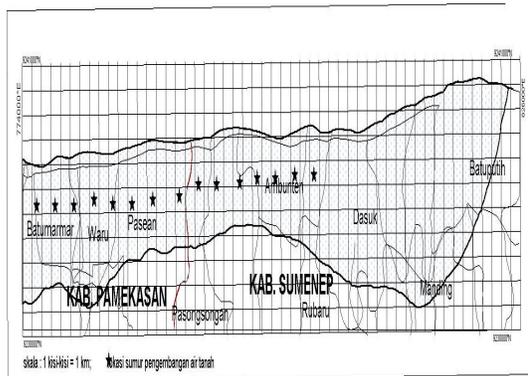
5. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Pemanfaatan air tanah di Kabupaten Sumenep adalah sebagai berikut :

No	Kecamatan	Total (m ³ /hr)
1	Pragaan	20.969,39
2	Bluto	5.498,52
3	Saronggi	25.176,00
4	Kalianget	2.779,57
5	Sumenep	17.518,82
6	Lenteng	27.096,80
7	Ganding	3.638,35
8	Bulukbuluk	5.471,56
9	Pasongsongan	4.261,59
10	Ambunten	11.987,48
11	Rubaru	6.833,20
12	Dasuk	19.519,11
13	Manding	6.214,30
14	Batuputih	6.680,82
15	Gapura	27.974,30
16	Batang-batang	6.382,52
17	Dungkek	3.597,78
Jumlah Total		201.598,21

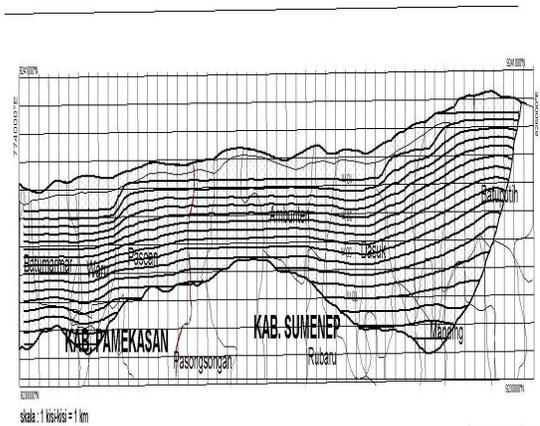
Hasil dan pembahasan simulasi yang dilakukan terhadap pengembangan air tanah di Kabupaten Sumenep dibagi menjadi tiga cekungan yaitu :

Cekungan Ambuten dengan berbagai debit pengambilan optimum atau yang mempunyai dampak terkecil terhadap kondisi air tanah yaitu dengan membuat sumur sebanyak 15 unit dengan berderet dari barat kearah timur dengan debit pengambilan maksimum 2700 m³/hr per sumur maka hasilnya dapat dilihat pada Gambar 1.



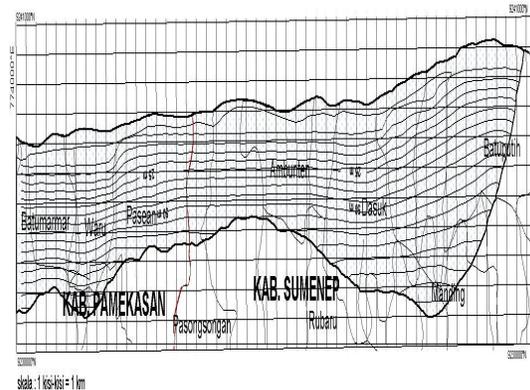
Gambar 1: Lokasi Sumur Pengembangan di Cekungan Ambuten.

Kondisi permukaan air tanah pada aquifer 1 pada tahun pengembangan pertama jika dilakukan pemompaan sebesar 2700 m³/hr dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2: Kondisi Transien Aquifer 1 pada tahun pertama

Kondisi permukaan air tanah pada aquifer 2 pada tahun pengembangan pertama jika dilakukan pemompaan sebesar 2700 m³/hr dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3: Kondisi Transien Aquifer 2 pada tahun pertama.

Hasil neraca air tanah di cekungan Ambuten pada saat musim hujan dapat dilihat pada tabel 1 sebagai berikut :

Tabel 1: Neraca Air Tanah Cekungan Ambuten pada Saat Musim Hujan.

	Akuifer 1 (dangkal)		Akuifer 2 (dalam)	
	Input (m ³ /hari)	Output (m ³ /hari)	Input (m ³ /hari)	Output (m ³ /hari)
Storage	1152,8	5546,5	0,66792	3,6802
Constant Head	0	275830	0	5558
Wells	0	7069,9	0	57730
Drains	0	0	0	0
Recharge	116770	0	233810	0
River Leakage	0	0	0	0
Head Dep	0	0	0	0
Zone 2 to 1	245.350	0	0	245.350
Zone 1 to 2	0	74828	74828	0
Total	363.280	363.280	308.640	308.640

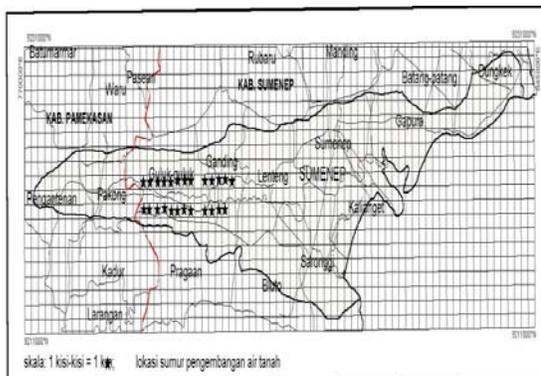
Hasil neraca air tanah di cekungan Ambuten pada saat musim kemarau dapat dilihat pada tabel 2 sebagai berikut :

Tabel 2: Neraca Air Tanah di Cekungan Ambunten pada Saat Musim Kemarau

	Akuifer 1 (dangkal)		Akuifer 2 (dalam)	
	Input (m ³ /hari)	Output (m ³ /hari)	Input (m ³ /hari)	Output (m ³ /hari)
Storage	9567	0	6,1331	0,00012
Constant Head	0	243070	0	2137,9
Wells	0	7069	0	34370
Drains	0	0	0	0
Recharge	9124,2	0	0	0
River Leakage	0	0	0	0
Head Dep	0	0	0	0
Zone 2 to 1	247.720	0	0	247.720
Zone 1 to 2	0	16267	16267	0
Total	266.410	266.410	305.520	305.520

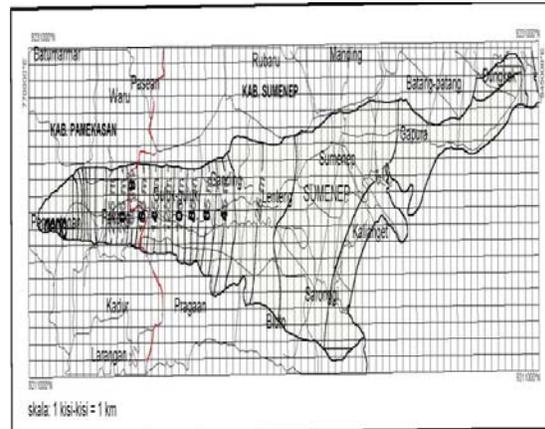
Pada akhir tahun pertama simulasi pengembangan sumur bor total input pada akuifer 1 sebesar 405.670 m³/hari, besarnya recharge 166.030 m³/hari, pengambilan air tanah 7069.9 m³/hari. Pada akuifer 2 total input sebesar 307.680 m³/hari, jumlah pengambilan air tanah 57.730 m³/hari. Pada akhir tahun kelima (2014) simulasi pengembangan sumur bor total input pada akuifer 1 sebesar 333.320 m³/hari, besarnya recharge 166.030 m³/hari, pengambilan air tanah 7069.9 m³/hari. Pada akuifer 2 total input sebesar 306.060 m³/hari, jumlah pengambilan air tanah 57.730 m³/hari.

Cekungan Sumenep dengan berbagai debit pengambilan optimum atau yang mempunyai dampak terkecil terhadap kondisi air tanahnya yaitu dengan membuat sumur sebanyak 25 unit dengan berderet dari barat ke arah timur dengan debit pengambilan maksimum 2700 m³/hr per sumur maka hasilnya dapat dilihat pada Gambar 4.



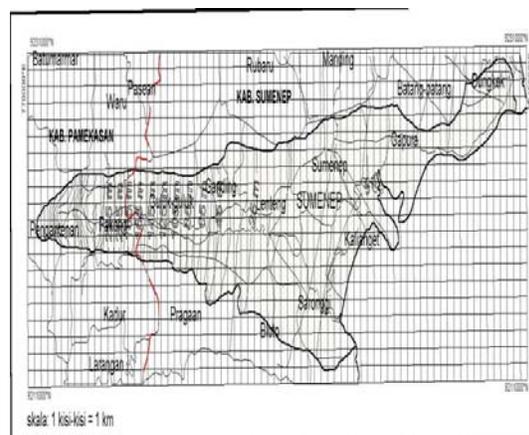
Gambar 4: Lokasi Sumur Pengembangan di Cekungan Sumenep.

Kondisi permukaan air tanah pada aquifer 1 pada tahun pengembangan pertama jika dilakukan pemompaan sebesar 2700 m³/hr dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5: Kondisi Transien Aquifer 1 pada tahun pertama

Kondisi permukaan air tanah pada aquifer 2 pada tahun pengembangan pertama jika dilakukan pemompaan sebesar 2700 m³/hr dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6: Kondisi Transien Aquifer 2 pada Tahun Pertama.

Hasil neraca air tanah di cekungan Sumenep pada saat musim hujan dapat dilihat pada tabel 3. sebagai berikut :

Tabel 3: Neraca Air Tanah Cekungan Sumenep pada Saat Musim Hujan.

	Akuifer 1 (dangkal)		Akuifer 2 (dalam)	
	Input (m ³ /hari)	Output (m ³ /hari)	Input (m ³ /hari)	Output (m ³ /hari)
Storage	3928	0	2,3451	40,032
Constant Head	0	13505	80316	78879
Wells	0	8005,6	0	102690
Drains	0	0	0	0
Recharge	226.280	0	233810	0
River Leakage	0	0	0	0
Head Dep	0	0	0	0
Zone 2 to 1	41.487	0	0	41.487
Zone 1 to 2	0	142.780	142.780	0
Total	271.700	271.700	223.100	223.100

Hasil neraca air tanah di cekungan Sumenep pada saat musim kemarau dapat dilihat pada tabel 4 sebagai berikut :

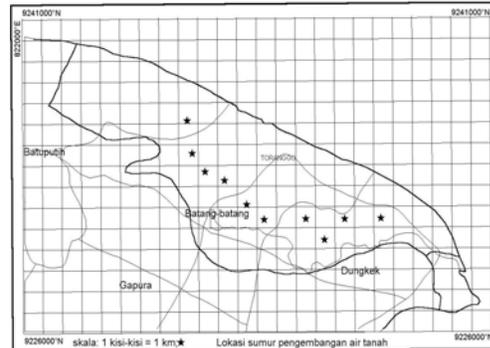
Tabel 4: Neraca Air Tanah di Cekungan Sumenep pada Saat Musim Kemarau

	Akuifer 1 (dangkal)		Akuifer 2 (dalam)	
	Input (m ³ /hari)	Output (m ³ /hari)	Input (m ³ /hari)	Output (m ³ /hari)
Storage	77346	0	45,704	0
Constant Head	654,8	13505	94553	48395
Wells	0	8005,6	0	102690
Drains	0	0	0	0
Recharge	0	0	0	0
River Leakage	0	0	0	0
Head Dep	0	0	0	0
Zone 2 to 1	21096	0	0	21096
Zone 1 to 2	0	77587	77587	0
Total	99.097	99.097	172.190	172.190

Pada akhir tahun pertama simulasi pengembangan sumur bor total input pada akuifer 1 sebesar 323.480 m³/hari, besarnya recharge 281.360 m³/hari, pengambilan air tanah 8005.6 m³/hari. Pada akuifer 2 total input sebesar 213.630 m³/hari, jumlah pengambilan air tanah 102.690 m³/hari. Pada akhir tahun kelima (2014) simulasi pengembangan sumur bor total input pada

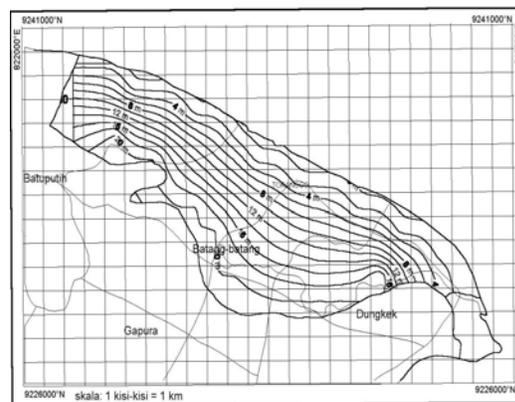
akuifer 1 sebesar 194.470 m³/hari, besarnya recharge 144.870 m³/hari, pengambilan air tanah 8005.6 m³/hari. Pada akuifer 2 total input sebesar 21.280 m³/hari, jumlah pengambilan air tanah 102.690 m³/hari.

Cekungan Toranggo dengan berbagai debit pengambilan optimum atau yang mempunyai dampak terkecil terhadap kondisi air tanah nya yaitu dengan membuat sumur sebanyak 10 unit dengan berderet dari barat kearah timur dengan debit pengambilan maksimum 1000 m³/hr per sumur maka hasilnya dapat dilihat pada Gambar 7



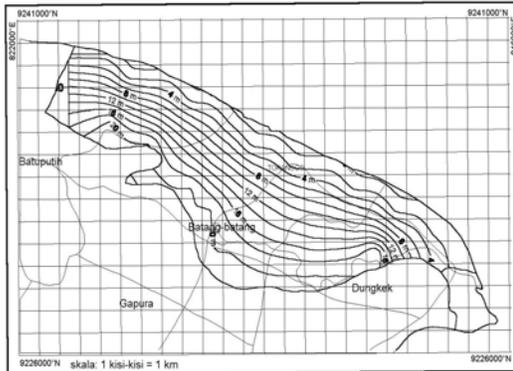
Gambar 7: Lokasi Sumur Pengembangan di Cekungan Toranggo.

Kondisi permukaan air tanah pada aquifer 1 pada tahun pengembangan pertama jika dilakukan pemompaan sebesar 2700 m³/hr dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 5: Kondisi Transien Aquifer 1 pada tahun pertama

Kondisi permukaan air tanah pada aquifer 2 pada tahun pengembangan pertama jika dilakukan pemompaan sebesar 2700 m³/hr dapat dilihat pada gambar 9.



Gambar 9: Kondisi Transien Aquifer 2 pada tahun pertama.

Hasil neraca air tanah di cekungan Taronggo pada saat musim hujan dapat dilihat pada tabel 5 sebagai berikut :

Tabel 5: Neraca Air Tanah Cekungan Taronggo pada Saat Musim Hujan.

	Akuifer 1 (dangkal)		Akuifer 2 (dalam)	
	Input (m ³ /hari)	Output (m ³ /hari)	Input (m ³ /hari)	Output (m ³ /hari)
Storage	40388	0,0063970	1,6374	0
Constant Head	0	98678	71597	4824,6
Wells	0	762,61	0	10237
Drains	0	0	0	0
Recharge	0	0	0	0
River Leakage	0	0	0	0
Head Dep	0	0	0	0
Zone 2 to 1	82.372	0	0	82.372
Zone 1 to 2	0	25836	25836	0
Total	125.280	125.280	97.434	97.434

Hasil neraca air tanah di cekungan Toronggo pada saat musim kemarau dapat dilihat pada tabel 6 sebagai berikut :

Tabel 6: Neraca Air Tanah di Cekungan Toronggo pada Saat Musim Kemarau

	Akuifer 1 (dangkal)		Akuifer 2 (dalam)	
	Input (m ³ /hari)	Output (m ³ /hari)	Input (m ³ /hari)	Output (m ³ /hari)
Storage	162,91	0	0,1061	0
Constant Head	0	79433	90270	0
Wells	0	762,61	0	10.237
Drains	0	0	0	0
Recharge	0	0	0	0
River Leakage	0	0	0	0
Head Dep	0	0	0	0
Zone 2 to 1	80.366	0	0	80.366
Zone 1 to 2	0	333,92	333,92	0
Total	80.529	80.529	90.604	90.604

Pada akhir tahun pertama simulasi pengembangan sumur bor total input pada akuifer 1 sebesar 133050 m³/hari, besarnya recharge 50.216 m³/hari, pengambilan air tanah 762.61 m³/hari. Pada akuifer 2 total input sebesar 99.395 m³/hari, jumlah pengambilan air tanah 10.237 m³/hari. Pada akhir tahun kelima (2014) simulasi pengembangan sumur bor total input pada akuifer 1 sebesar 104.030 m³/hari, besarnya recharge 25.646 m³/hari, pengambilan air tanah 762.61 m³/hari. Pada akuifer 2 total input sebesar 91.013 m³/hari, jumlah pengambilan air tanah 10.237 m³/hari.

6. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Dari penelitian yang sudah dilakukan dapat diambil suatu kesimpulan sebagai berikut :

- Jumlah pemanfaatan air tanah di kabupaten Sumenep sebesar 201.598,21 m³/hr.
- Sistem akuifer Sumenep terdiri atas dua kelompok lapisan akuifer. Kelompok akuifer atas bersifat tidak tertekan tersusun oleh material yang halus, dengan kedalaman hingga sekitar 40 - 50 m. Kelompok akuifer bawah umumnya bersifat tidak tertekan hingga semi tertekan tersusun oleh material batugamping yang berbutir kasar, dengan kedalaman sekitar 40 - 100 m. Di beberapa tempat sistem akuifer

tersusun oleh batugamping dari permukaan tanah sampai kedalaman sekitar 100 m.

- Daerah dataran pantai utara sekitar Ambunten, morfologi pantainya pada jarak 2 km dari pantai ketinggian topografinya mencapai 100 m. Di dataran pantai utara tersebut di bagian timur sekitar Ambunten yang pantainya curam debit aman 30 liter/detik/sumur pada jarak 2 km dari pantai. Di Toronggo debit aman di dataran pantai sekitar 11 liter/detik/sumur pada jarak 2 km dari pantai.
- Pemanfaatan air tanah di Cekungan Ambunten 60.690 m³/hari atau 22.151.000 m³/tahun, besarnya recharge 166.030 m³/hari atau 60.600.000 m³/tahun.
- Pemanfaatan air tanah di Cekungan Sumenep 150.550 m³/hari atau 54.950.000 m³/tahun, besarnya recharge 281.360 m³/hari atau 102.690.000 m³/tahun.
- Pemanfaatan air tanah di Cekungan Toronggo 13.060 m³/hari atau 4.766.000 m³/tahun, besarnya recharge 50.210 m³/hari atau 19.016.000 m³/tahun.

6.2. Saran

Berdasarkan kondisi serta potensi dampak pemanfaatan air tanah di Kabupaten Sumenep maka untuk pengembangannya perlu kehati-hatian untuk daerah dataran perlu dekat pantai. Jarak sumur bor ke garis pantai paling aman untuk menghindari intrusi air laut, sekitar 2 km dari garis pantai dengan debit pengambilan air tanah maksimum 10 liter/detik.

Disarankan untuk membangun embung atau sumur resapan di daerah hulu atau perbukitan yang berfungsi untuk meresapkan air hujan yang jatuh ke permukaan tanah sehingga dapat menambah cadangan air tanah, selain juga untuk mengurangi resiko banjir di daerah hilir atau dataran pada saat terjadi hujan lebat di musim penghujan.

Perkembangan kondisi air tanah yang dapat diamati dari perubahan kedalaman muka air tanah perlu diukur dan dipantau secara berkala sehingga dapat diketahui kecende-

runan perkembangan cadangan air tanah dan data pemantauan tersebut sangat berguna untuk perencanaan di waktu mendatang baik untuk pengembangan air tanah maupun untuk upaya pelestarian air tanah.

7. DAFTAR ACUAN

- Anderson, M.D, and W.W. Woessner, 1992. *Applied Ground Water Modelling. Simulation of Flow and Advective Transport.*
- Freeze. R.A. and Cherry. J. A, 1979. *Groundwater, Prentice Hall, Inc, Englewood Cliff, New Jersey.*
- Kruseman. G.P. and De Ridder.N.A, 1990, *Analysis And Evaluation Of Pumping Test Data, International Institute For Land Reclamation And Improvement, Wageningen, The Netherlands*
- Nilson Guiger and Thomas Franz, User's Manual for Visual MODFLOW
- Soekardi Puspowardoyo (1985). *Peta Hidrogeologi Indonesia, Lembar VIII Surabaya, Skala 1 : 250.000, Direktorat Geologi Tata Lingkungan, Bandung.*
- Suyono Sosrodarsono Dan Kensa ku Takeda, 1976. *Hidrologi Untuk Pengairan, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.*