

PENGATURAN PEMOMPAAN AIR TANAH UNTUK MENGONTROL TERJADINYA *UPCONING* AIR LAUT DI DAERAH PESISIR KOTA MAKASSAR

Akhmad Azis¹, Hamzah Yusuf², Herman Arruan³
^{1,2,3}Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Makassar

ABSTRACT

In big cities, people generally use clean water from PDAM. However, due to the limitations of PDAM in supplying water, an alternative is needed for water supply, namely the use of drilling wells. To determine the optimal pumping location, numerical modeling is needed. This research aims to determine the optimal position, depth and discharge so that seawater upconing does not occur by using the SEAWAT V.4 software. This research method is carried out using the GPS GEO-7X tool to obtain the sample coordinates, land elevation and the distance of the sample from the coastline. Secondary data were obtained from related agencies such as ESDM and BLHD in the form of aquifer thickness data and the Geological Map of Makassar City. The results of measurement and secondary data are used as input parameters with the SEAWAT V.4 software for pumping settings. The results of the salinity test examination showed that the average salinity value of the 10 samples was 36.8 mg / l, which means that the water was included in the non-saline (fresh water) category with a salinity value <500 mg / l. This is in line with the Groundwater Utilization Monitoring Activity Report by the Makassar City Environment Agency in 2018. This Agency reported that Ujung Tanah and Wajo Districts were not expected to experience seawater intrusion. However, the potential for sea water intrusion might be high because the community's wells were located close to the coast. One of the efforts to prevent upconing was by limiting the intake of water discharge. The maximum pumpable flowrate for P5 (distance 346.5 m from the coastline) obtained from the numerical modeling using SEAWAT V.4 software was 40% of Q_{total} (1.32 m³/day) and P10 (distance 136.5 m from the coastline) is 20% (0.63 m³/day).

Keywords: *salinity, upconing, seawater intrusion, GPS GEO-7X, SEAWAT V.4 software*

1. PENDAHULUAN

Air merupakan kebutuhan pokok dalam menunjang kehidupan manusia. Air digunakan untuk keperluan sehari-hari seperti untuk air minum, irigasi, industri, perkantoran, dan lain-lain. Salah satu sumber air adalah air tanah. Secara umum yang dimaksud dengan air tanah adalah air yang terdapat dalam lapisan tanah atau bebatuan di bawah permukaan tanah [1] [2].

Air tanah terbentuk atau mengalir dari daerah imbuhan (pengisian/*recharge*), seketika itu juga pada saat hujan turun, hingga membutuhkan waktu harian, mingguan, bulanan, tahunan, puluhan tahun, ratusan tahun, bahkan ribuan tahun tinggal di dalam lapisan akuifer sebelum akhirnya muncul kembali secara alami di titik/daerah luah (pengeluaran/*discharge*), tergantung dari kedudukan zona jenuh air, topografi, kondisi iklim dan sifat-sifat hidrolika akuifer. Karena keadaan tersebut air tanah tergolong menjadi sumber daya alam yang tidak terbarukan [3] [4].

Saat ini di daerah pesisir bagian utara kota Makassar pemanfaatan air tanah sudah sangat intensif. Karena lokasinya yang berada di dekat garis pantai ada kemungkinan penyusupan air laut yang besar terjadi di daerah tersebut. Selain itu pengambilan air tanah yang tidak terkontrol di daerah tersebut dapat menyebabkan terjadinya penurunan muka air tanah dan terbentuknya ruang kosong di dalam lapisan akuifer. Penurunan muka air tanah ini mengakibatkan air laut bergerak masuk ke dalam akuifer dan menimbulkan pencemaran terhadap air tanah [5] [6].

Adapun dampak yang dapat terjadi dari pencemaran air tanah tersebut ialah air tanah yang asin ataupun payau. Keadaan air tanah yang asin atau payau dapat disebabkan oleh *upconing*. *Upconing* adalah proses kenaikan *interface* (zona pertemuan air asin dan air tawar) secara lokal akibat adanya pemompaan pada sumur yang terletak sedikit di atas *interface*. Pada saat pemompaan, *interface* dalam keadaan horizontal. Makin lama *interface* makin naik hingga mencapai ujung titik pemompaan. Bila pemompaan dihentikan sebelum *interface* mencapai ujung titik pompa, air laut akan cenderung tetap berada pada posisi tersebut daripada kembali ke keadaan semula [7].

Mengingat peran air tanah yang semakin penting, maka pemanfaatan air tanah harus didasarkan pada keseimbangan dan kelestarian air tanah itu sendiri. Dengan kata lain bahwa pemanfaatan air tanah haruslah

¹ Korespondensi penulis: Akhmad Azis, Telp. 08342299403, akhmad_azis@yahoo.com

berwawasan lingkungan. Untuk mengatasi masalah ini maka diperlukan pengaturan mengenai pemompaan air tanah pada sumur bor masyarakat di daerah pesisir bagian utara Kota Makassar, sehingga dilakukan penelitian yang bertujuan untuk menganalisis kondisi dan gambaran sebaran salinitas pada sumur penduduk serta memodelkan pengaturan pemompaan air tanah (posisi, debit dan kedalaman) untuk mengontrol terjadinya *upconing* di sekitar pesisir bagian utara Kota Makassar [8].

2. METODE PENELITIAN

Metode pengambilan data dilakukan dengan inventarisasi langsung di lapangan dan pengambilan data-data sekunder di instansi-instansi terkait serta literature terkait sebagaimana dijelaskan berikut. Pengambilan data posisi dan elevasi tanah pada titik pengamatan menggunakan alat GPS Geo 7X dengan titik sampling sejumlah 10 sumur dangkal pada 2 kecamatan di daerah pesisir bagian utara Kota Makassar. Data posisi titik pengamatan berupa koordinat titik (X dan Y) sedangkan nilai Z adalah nilai untuk elevasi tanah. Prosedur pengambilan sampel sesuai dengan SNI 6989.58 Tahun 2008 mengenai metode pengambilan sampel pada air tanah. Sampel air diuji dibawa ke UPT Laboratorium Lingkungan Hidup Provinsi Sulawesi Selatan untuk diuji menggunakan alat konduktometer. Pengukuran ketinggian muka air sumur dilakukan dengan menggunakan alat *Water Level*. Pengukuran jarak antara sumur dangkal ke garis pantai dengan menetapkan titik di garis pantai sebagai BM (digunakan sebagai acuan) dengan menggunakan GPS Geo 7X kemudian menghitung jarak antara masing-masing titik sampel dengan titik acuan di garis pantai [9].

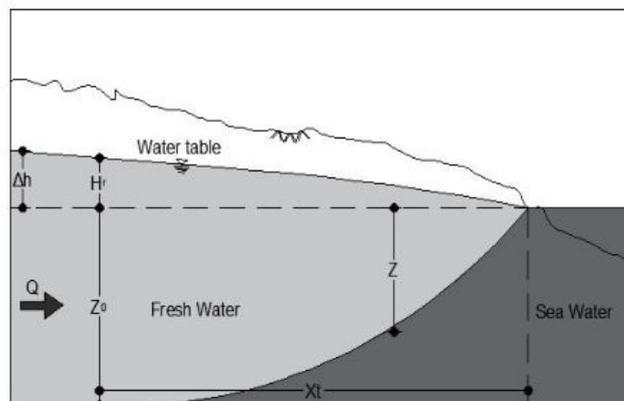
Metode pengolahan data untuk melakukan manajemen pemompaan untuk mencegah terjadinya *upconing* di daerah pesisir bagian utara Kota Makassar dilakukan dengan menginput data-data di *Microsoft Excel* seperti titik koordinat sampel, data salinitas sampel, ketinggian muka air sumur dan jarak antara sumur ke garis pantai kemudian melakukan digitasi pola penyebaran salinitas dengan menggunakan ArcGIS 10.4. Setelah itu, menginput data-data sumur dan karakteristik tanah seperti porositas dan permeabilitas ke SEAWAT V.4 untuk pengaturan pemompaan yang meliputi posisi, debit dan kedalaman [9] [10] [11].

Dalam proses analisis data, peneliti menganalisis data-data yang diperlukan untuk mengetahui pola penyebaran dan tingkat salinitas pada daerah pesisir bagian utara Kota Makassar yang akan diolah dengan menggunakan *software* ArcGIS 10.4, kemudian dilakukan pemodelan pemompaan diantaranya pengaturan posisi, debit dan kedalaman untuk mencegah terjadinya *upconing* dengan menggunakan *software* SEAWAT V.4 [12] [13].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemodelan Pengaturan Pemompaan Air Tanah

Pemodelan pengaturan pemompaan air tanah di daerah pesisir bagian utara Kota Makassar menggunakan aplikasi SEAWAT V.4 dengan mengatur posisi, kedalaman dan debit pemompaan. Pemodelan disajikan dalam bentuk 2 dimensi dengan estimasi waktu yakni 100 tahun kedepan. Titik sampel yang dimodelkan adalah P5 dan P10. Konseptualisasi aquifer dari keempat titik lokasi penelitian yang digunakan dalam model numerik dan dimodelkan dalam dua dimensi dan potongan melintang tegak lurus ke arah pantai. Masing-masing titik dimodelkan ke dalam 1 posisi pemompaan dengan kedalaman titik pemompaan tertentu dan debit-debit tertentu hingga mencapai debit maksimum yang aman untuk dipompa sebelum mencapai *upconing*.



Gambar 1. Deskripsi parameter hidrogeologi

X_t = Panjang intrusi yang terjadi (m)

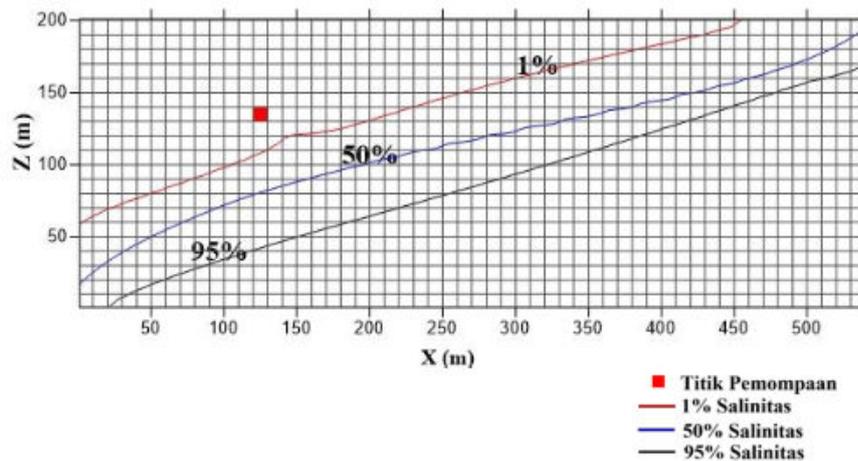
Z_0 = Tebal akuifer tanah (m)
 Δh = Beda tinggi muka air tanah dan muka air laut (m)

$\delta = \frac{\rho_s - \rho_f}{\rho_f}$ Keterangan : ρ_s = massa jenis air laut (1025 kg/m³)
 ρ_f = massa jenis air (1000 kg/m³)

Tabel 1. Data hidrogeologi yang digunakan dalam pemodelan

Parameter	Kasus			
	P3	P5	P6	P10
K (m/hari)	10	10	10	10
Z_0 (m)	80	200	200	80
MAT (m)	2,72	2,41	1,80	2,96
N	0,35	0,35	0,35	0,35
Δ	0,025	0,025	0,025	0,025
Q_{tot} (m ³ /hari)	1,51	3,31	2,58	3,13

Masing-masing kasus akan dimodelkan dengan jarak pemompaan $3/4 X_t$ dan kedalaman pemompaan $2/5 Z$.

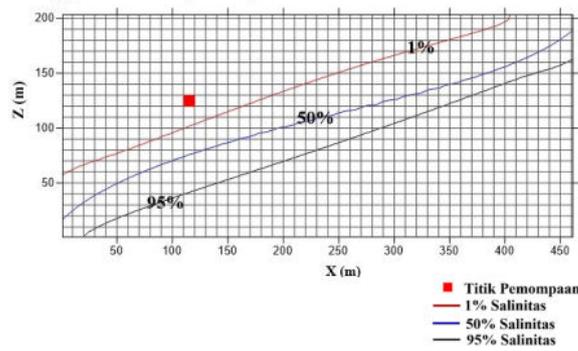


Gambar 2. Deskripsi pemodelan pemompaan dengan Software SEAWAT V.4

Gambar 2 adalah gambaran pemodelan pemompaan dengan menggunakan software SEAWAT V.4. X adalah jarak sumur dari garis pantai yang digambarkan dengan susunan garis vertikal yang seragam, sedangkan Z adalah tebal akuifer yang digambarkan dengan susunan lapisan horizontal yang seragam. Titik merah adalah titik pemompaan air tanah. Garis merah adalah garis konsentrasi *isochlor* 1% dengan nilai konsentrasi 500 mg/l, garis biru adalah garis konsentrasi *isochlor* 50% dengan nilai konsentrasi 17.500 mg/l dan garis hitam adalah garis konsentrasi *isochlor* 95% dengan nilai konsentrasi 33.250 mg/l.

a. Kasus P5

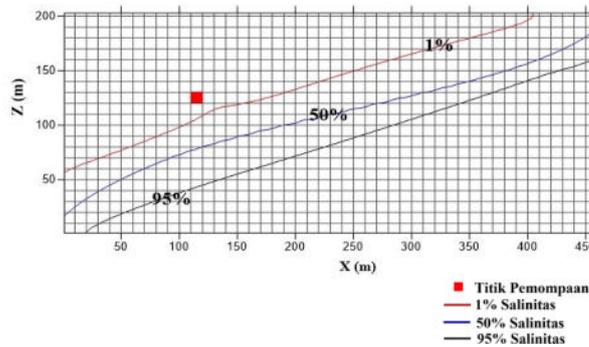
X_t = 462 m
 $3/4 X_t$ = 346,5 m
 Sehingga jarak pemompaan untuk kasus P5 adalah 346,5 m dari garis pantai
 Z = 200 m
 $2/5 Z$ = 80 m
 Sehingga kedalaman pemompaan untuk kasus P5 adalah 80 m.



Gambar 3. Kondisi P5 sebelum pemompaan

Gambar 3 adalah kondisi *steady-state* sebelum adanya pemompaan. Kasus ini dimodelkan dalam dua dimensi dan potongan melintang tegak lurus ke arah pantai. *Domain* model didiskritisasi secara seragam dalam melakukan simulasi “*steady-state*” Untuk *aquifer* P5 menggunakan 231 kolom vertikal dengan lebar 2 m dan 102 lapisan horizontal dengan tebal 2 m.

Q40% (1,32 m³/hari)
 T : 1 Tahun



Gambar 4 Kondisi P5 Q40% setelah pemompaan selama 1 tahun

Selanjutnya dilakukan simulasi dengan Q60%, Q80% serta Q100%, hasilnya seperti pada tabel di bawah ini. Terlihat pemompaan dengan Q100% dari Q_{tot} dalam kurun waktu hingga 2 tahun telah terjadi *upconing* dan air telah terkontaminasi sebab nilai konsentrasi terlarut pada titik pompa adalah sebesar 513,04 mg/l > 500 mg/l.

Tabel 2. Hasil pemodelan untuk Kasus P5

No	Debit m3/hari	Jarak (Xt) m	Kedalaman M	Periode (Tahun)	Keterangan
1	Q40% 1,32	3/4 Xt 346,5	2/5 Z 80	1	Belum terjadi <i>upconing</i> , belum terkontaminasi
2	Q60% 1,99	3/4 Xt 346,5	2/5 Z 80	1	Mulai terjadi <i>upconing</i> , belum terkontaminasi
3	Q80% 2,65	3/4 Xt 346,5	2/5 Z 80	1	Mulai terjadi <i>upconing</i> , belum terkontaminasi
4	Q100% 3,31	3/4 Xt 346,5	2/5 Z 80	23	Telah terjadi <i>upconing</i> , telah terkontaminasi

Sehingga, untuk posisi kasus P5 pada posisi pemompaan 346,5 m dari garis pantai dengan kedalaman pemompaan 80 m maka debit maksimal yang aman untuk digunakan dalam pemompaan adalah 40% dari Q_{total} (1,32 m³/ hari), sebab belum terjadi *upconing*, dan belum terkontaminasi.

a. **Kasus P10**

$$X_t = 182 \text{ m}$$

$$3/4 X_t = 136,5 \text{ m}$$

Sehingga jarak pemompaan untuk kasus P10 adalah 136,5 m dari garis pantai

$$Z = 80 \text{ m}$$

$$2/5 Z = 32 \text{ m}$$

Sehingga kedalaman pemompaan untuk kasus P10 adalah 32 m.

Berdasarkan hasil simulasi kasus P10, hasilnya dapat dilihat pada Tabel 5.12

Tabel 3. Hasil pemodelan untuk Kasus P10

No	Debit		Jarak (Xt)		Kedalaman		Periode	Keterangan
	m ³ /hari		m		M		(Tahun)	
1	Q20%	0,63	3/4 Xt	136,5	2/5 Z	32	100	Belum terjadi <i>upconing</i> , belum terkontaminasi
2	Q40%	1,25	3/4 Xt	136,5	2/5 Z	32	10	Mulai terjadi <i>upconing</i> , belum terkontaminasi
3	Q60%	1,88	3/4 Xt	136,5	2/5 Z	32	5	Telah terjadi <i>upconing</i> , telah terkontaminasi

Untuk posisi kasus P10 pada posisi pemompaan 136,5 m dari garis pantai dengan kedalaman pemompaan 32 m maka debit maksimal yang aman untuk digunakan dalam pemompaan agar tidak terjadi kontaminasi pada kondisi *sustainable* (berkelanjutan) adalah 0,63 m³/hari.

Berdasarkan simulasi pemompaan air tanah dengan *software* SEAWAT V.4, maka dapat disimpulkan bahwa panjang intrusi yang terjadi dalam kondisi *steady-state* pada kasus P5 untuk konsentrasi *isochlor* 1%, 50% dan 95% adalah 462 m. Sedangkan pada kasus P10 untuk konsentrasi *isochlor* 1% adalah 182 m, 50% adalah 154 m dan 95% adalah 94 m.

Untuk mendapatkan kondisi *sustainable* (berkelanjutan) diperoleh bahwa pada posisi P5 (jarak 346,5 m dari garis pantai dan kedalaman pemompaan 80 m) debit maksimal yang dapat digunakan adalah Q40% (1,32 m³/hari). Untuk P10 (jarak 136,5 m dari garis pantai dan kedalaman pemompaan 32 m) debit maksimal yang dapat digunakan adalah Q20% (0,63 m³/hari).

Pada kasus kasus P5 dengan debit Q40% (1,32 m³/hari) maka akan terjadi *upconing* pada tahun ke-10.. Untuk kasus P10 dengan debit Q40% (1,25 m³/hari) maka akan terjadi *upconing* pada tahun ke-10.

Pada kasus P5 dengan debit Q100% (3,31 m³/hari) maka akan terjadi kontaminasi pada tahun ke-23. Untuk kasus P10 dengan debit Q60% (1,88 m³/hari) maka akan terjadi kontaminasi pada tahun ke-5.

Berdasarkan hasil pemodelan, untuk mengatur pengambilan air tanah agar tidak terjadi *upconing* dan kontaminasi, maka debit maksimal yang dapat diambil disetiap titik seperti pada Tabel 4. Terlihat pula, semakin dekat sumur pengambilan dengan garis pantai debit pengambilan maksimal lebih kecil.

Tabel 4. Hasil pemodelan untuk seluruh kasus

No	Kasus	Xt	Debit Maksimal
		m	m ³ /hari
1	P5	346,5	1,32
2	P10	136,5	0.63

4. KESIMPULAN

Beberapa kesimpulan yang dapat diperoleh dari hasil penelitian dan pemodelan numerik pemompaan air tanah di daerah pesisir bagian utara Kota Makassar sebagai berikut:

- 1) Berdasarkan uji salinitas di laboratorium, nilai salinitas rata-rata pada 10 sampel yang diuji adalah 36,8 mg/l. Maka dapat disimpulkan bahwa seluruh sampel air sumur yang berlokasi di Kecamatan Ujung Tanah dan Kecamatan Wajo termasuk dalam klasifikasi *non-saline* (air tawar).
- 2) Berdasarkan simulasi pemompaan air tanah dengan *software* SEAWAT V.4, untuk mendapatkan kondisi *sustainable* (berkelanjutan) diperoleh bahwa pada posisi P5 (jarak 346,5 m dari garis pantai dan kedalaman pemompaan 80 m) debit maksimal yang dapat digunakan adalah Q40% (1,32 m³/hari). Sedangkan untuk posisi P10 (jarak 136,5 m dari garis pantai dan kedalaman pemompaan 32 m) debit maksimal yang dapat digunakan adalah Q20% (0,63 m³/ hari).

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anindya Arma Risanti, Kurniawan Andre Cahyono, Hidrostratigrafi Akuifer dan Estimasi Potensi Airtanah Bebas Guna Mendukung Kebutuhan Air Domestik Desa Sembungan, Yogyakarta: Fakultas Geografi Universitas Gajah Mada, 2018.
- [2] Muzambiq, Said, Model Manajemen Air Tanah Berkelanjutan dengan Adanya Ketidakpastian. Disertasi, Medan: Universitas Sumatera Utara, 2012.
- [3] Puratno, T T dan Kristi, "Permasalahan air tanah pada daerah urban," Jurnal Teknik Vol. 30 No. 1 : 48 – 56, 2009.
- [4] Sutrisno, Totok, dkk. Teknologi Penyediaan Air Bersih, Jakarta :Rineka Cipta, 1987.
- [5] Damayanti, Annisa Dwi, Studi Salinitas Air Tanah Dangkal di Daerah Pesisir Bagian Utara Kota Makassar, Skripsi, Makassar: Jurusan Teknik Sipil Universitas Hasanuddin, 2015.
- [6] Yanti, Ahmad Yani dan Muhammad Arsyad. Intrusi Air Laut Pantai Barombong Makassar dengan Metode Konduktivitas Listrik, Makassar: Universitas Negeri Makassar, 2016.
- [7] Wagner, Upconing of A Salt-Water/Fresh-Water Interface Below A Pumping Well, Oklahoma : Oklahoma State University, Januari 1985.
- [8] Hamzah, M.S., Hidrologi pantai dan kebutuhan air masyarakat pesisir, Jurnal Fisika, "FUSI" ISSN: 1412-0429 Vol.9 No.1 : 68-88, 2011.
- [9] Raharjo, Beni. Tutorial ArcGIS Bagi Pemula.http://qomaruddin.staff.ub.ac.id/files/2015/09/_arcgis_931_tutorial.pdf. Diakses pada tanggal 2 Jauari 2020.
- [10] Rejeki Ningrum, Popi, "Peluang pemanfaatan air tanah untuk keberlanjutan sumber daya air," Jurnal Sumber Daya Lahan, Vol. 3 No. 2, 2015.
- [10] Apriliyawan, Dwi. Software untuk Pemetaan. <http://software-pemetaan-dwiapriyawan.blogspot.com/2015/04/pengertian-Surfer.html?m=1>Diakses pada tanggal 2 Jauari 2019.
- [11] Todd, David Keith dan Larry W. Mays. Groundwater Hidrology, 2005.
- [12] Sugiarto, An Assessment of Transient Seawater Intrusion Processes: Physical Experiments and Numerical Modelling, Tesis, Flinders University, 2017.
- [13] Sugiarto, Akhmad dan Indra Mutiara, "Aplikasi metode analitis pemodelan numerik untuk rediksi intrusi air Laut di Kabupaten Jennepono, SNP2M Politeknik Negeri Ujung Pandang, 2018.