

PEMODELAN NUMERIK ARAH DAN KECEPATAN ALIRAN AIR TANAH DI KAWASAN TEMPAT PEMBUANGAN AKHIR (TPA) TAMANGAPA MAKASSAR

Sugiarto Badaruddin¹⁾, Abdul Rivai Suleman¹⁾ Haeril Abdi Hasanuddin¹⁾, Nur Adilla²⁾, Asnawi Suhana Yunus²⁾

¹⁾ Dosen Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar

²⁾ Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar

ABSTRACT

Groundwater problems are a frequent obstacle for researchers and civil engineers in planning the handling of groundwater protection or handling a construction project carefully and thoroughly. Therefore it is necessary to conduct a study that can provide clear information about the condition of local groundwater in order to produce a more precise and accurate handling and planning action. The purpose of this study is to determine the direction and velocity of shallow groundwater using three-dimensional (3D) numerical modeling. The location which is the object of this research is the Tamangapa disposal site (TPA) in Antang, Makassar City. Information regarding the condition of groundwater in this location is very important due to the type of landfill that is open dumping which has the potential to contaminate groundwater resources due to the spread of leachate in that location. Data processing here is the process of converting primary data and secondary data into data used in numerical modeling. The results showed that the groundwater level at the TPA Tamangapa was quite varied, with the lowest groundwater level being 10.5 m and the highest being 18.9 m above sea level. The greatest groundwater velocity occurs in the west on the north side of the TPA with a speed of around 3 cm per day and generally the water flow from the TPA flows to the east which is generally occupied by people in their activities. The availability of secondary data in the study area is still considered very minimal, especially hydrogeological data concerning soil heterogeneity. Further research is needed regarding the potential for leachate from the landfill to contaminate groundwater in the vicinity environment.

Keywords: *Shallow Groundwater, disposal site, Numerical Modelling*

1. PENDAHULUAN

Masyarakat, baik perseorangan maupun kelompok membutuhkan air untuk keperluan sehari-hari dan untuk kebutuhan lainnya (Al-Jawad et al., 2019). Dari berbagai macam kebutuhan tersebut, maka air untuk keperluan air minum merupakan prioritas utama, di atas segala keperluan yang lain. Hal ini berarti fungsi air sebagai air minum harus diupayakan sebaik-baiknya agar memenuhi persyaratan kualitas dan kuantitasnya, serta digunakan sebaik-baiknya bagi kebutuhan makhluk hidup (Azis et al, 2019).

Penyelidikan mengenai keadaan air tanah adalah suatu hal yang sangat penting dalam proyek konstruksi sipil dan pemeliharaan lingkungan (Badaruddin et al., 2018). Kebutuhan untuk mengetahui kondisi yang terjadi pada air tanah seringkali menjadi kendala bagi ilmuwan atau pun para insinyur sipil untuk melakukan perencanaan yang akurat atau pola penanganan yang tepat dalam melindungi sumber daya air tanah (Hatta et al., 2020; Badaruddin et al, 2019).

Secara umum diketahui bahwa air tanah dalam pengalirannya memiliki arah dan kecepatan di dalam suatu medium berpori. Medium yang dilalui oleh air tanah bisa berupa akuifer terkekang, akuifer semi terkekang, akuifer tak terkekang, akuifer semi tak terkekang, dan akuifer artesis. Akuifer pada dasarnya adalah suatu lapisan, formasi atau kelompok formasi satuan geologi yang dapat dilewati air baik yang terkonsolidasi maupun yang tidak terkonsolidasi dengan kondisi jenuh air dan mempunyai suatu besaran konduktivitas hidrolis sehingga dapat membawa air (atau air dapat diambil) dalam jumlah yang ekonomi (Kodoatie, 1996). Akuifer yang menjadi medium pengaliran memiliki karakteristik yang sangat mempengaruhi sistem pengaliran air tanah (De Graaf et al., 2019). Karakteristik itu bisa berupa konduktivitas hidrolis, porositas, transmisivitas, dan dispersivitas (Fetter, 2018). Mengingat peran air tanah yang semakin penting, maka sumber daya air tanah perlu mendapatkan perhatian yang lebih baik utamanya dalam usaha mencegah terjadinya pencemaran air tanah baik dari industri maupun fasilitas-fasilitas umum seperti tempat pembuangan akhir (TPA) yang berpotensi menimbulkan pencemara air tanah.

Di Indonesia, umumnya TPA yang ada masih menggunakan system open dumping. Sistem open dumping ini hanya menggunakan lahan berbentuk cekungan yang kemudian sampah ditumpuk menggunakan tanpa adanya lapisan geotekstile dan saluran lindi. Sehingga air lindi meresap ke dalam tanah, Akibatnya

¹ Sugiarto Badaruddin, Telp 082291300808, sugibadaruddin@poliupg.ac.id

terjadi pencemaran air tanah di sekitar TPA. Begitu pula dengan satu – satunya TPA yang beroperasi di Makassar yaitu TPA Tamangapa di Antang yang memiliki luas sekitar 16,8 Ha.

TPA Tamangapa Antang mulai beroperasi pada tahun 1995, sebelum di Tampangapa lokasi TPA di Makassar berada di Panampu, Kecamatan Ujung Tanah yang kemudian berpindah ke Kantinsang, Kecamatan Biringkanaya, lalu dipindahkan lagi ke Tanjung Bunga, Kecamatan Tamalate dan terakhir ditempatkan Tamangapa, Kecamatan Manggala. Pada awalnya TPA Tamangapa hanya dirancang untuk kebutuhan selama 10 tahun, namun kenyatannya hingga saat ini TPA tersebut masih digunakan, yang berarti TPA tersebut sudah berumur hampir 23 tahun. Dari hal ini dapat diasumsikan bahwa pada TPA Tamangapa Kota Makassar telah terjadi pencemaran yang menimbulkan efek sanitasi lingkungan di daerah sekitar TPA. Terlebih lagi lokasi TPA Tamangapa sangat dekat dengan pemukiman serta beberapa pusat aktivitas masyarakat seperti sekolah, tempat ibadah dan kantor-kantor sehingga seringkali muncul keluhan dari penduduk sekitar akibat bau tak sedap yang berasal dari TPA.

Dalam pengolahan sampah, yang menjadi salah satu aspek penting ialah masalah lindi yang harus dikelola dengan baik (Zhong et al, 2017). Karena apabila hal tersebut tidak dikelola dengan baik maka akan menyebabkan masalah bagi lingkungan dan masyarakat. Air lindi mengandung bakteri dan akan menyebar pada aliran air permukaan dan air bawah tanah. Terlebih lagi sampah-sampah yang dibuang di tempat ini berasal dari pasar-pasar, rumah tangga dan perkantoran yang menyebabkan pembusukan cepat dan akan menghasilkan polutan. Air lindi akan mempengaruhi kualitas air tanah dangkal dan juga mencemari sumur-sumur penduduk di sekitar yang memanfaatkan air tanah bebas sebagai sumber air bersih.

Dengan melihat kondisi yang ada di TPA Tamangapa Antang yang sangat berpotensi mencemari air tanah, maka perlu ada penelitian awal untuk memperkirakan seberapa besar kecepatan air tanah di lokasi penelitian dan kemana potensi arah alirannya. Kedua data ini menjadi penting karena sangat mempengaruhi pola penyebaran zat pencemar di dalam air tanah. Penelitian ini dianggap perlu dilakukan sebagai langkah awal dalam membuat keputusan mengenai tindakan yang perlu dilakukan dalam memproteksi sumber daya air tanah di lokasi tersebut.

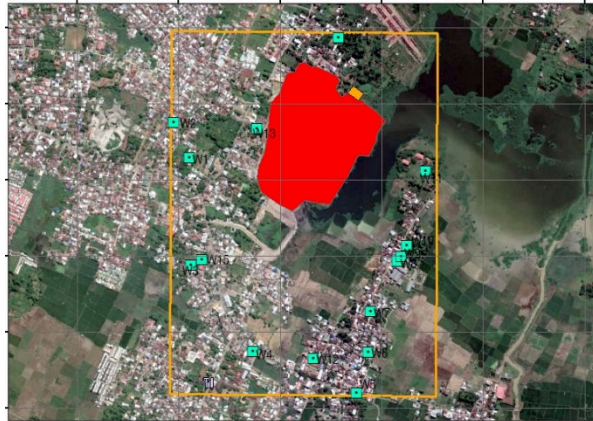
2. METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Tamangapa Antang Kota Makassar. Data-data yang diperlukan dalam penelitian ini adalah data primer dan data sekunder. Data primer berupa data hasil pengukuran muka air tanah dan foto-foto singkapan tanah di lokasi penelitian, sedangkan data sekunder berupa data-data penelitian terdahulu yang mendukung tercapainya tujuan penelitian ini, antara lain data hidrologi dan hidrogeologi di daerah penelitian. Setelah mendapatkan data yang diperlukan, langkah selanjutnya adalah mengolah data tersebut.

Dalam penelitian ini digunakan pemodelan 3D (tiga dimensi) dengan memakai program MODFLOW yang digunakan untuk pemodelan aliran air tanah. Program ini menggunakan metode beda hingga yang dapat dipergunakan hanya untuk aliran dengan kondisi jenuh air. Deskripsi metode numerik dan persamaan yang dipakai dalam MODFLOW dapat dilihat di Harbaugh et al. (2000).

Jenis data yang akan digunakan adalah data primer dan data sekunder yang bersumber dari penelitian terdahulu dan dokumen resmi dari instansi terkait dan data primer hasil wawancara dan pengukuran lapangan. Data primer diperoleh dari hasil pengamatan di lapangan menggunakan GPS, serta wawancara dengan masyarakat setempat. Data sekunder yang diperlukan berupa data dan peta yang berkaitan dengan penggunaan air tanah dari Instansi Provinsi (Dinas Energi dan Sumber Daya Mineral) dan Instansi Pemerintah Kabupaten/Kota (Dinas yang menangani urusan pertambangan dan sumber daya air). Dalam penelitian ini, heterogenitas tanah di lokasi studi diabaikan karena dibutuhkan dana yang cukup besar untuk mendapatkan data-data tersebut. Secara detail, data heterogenitas tanah dapat diperoleh dengan menggunakan survey geofisika dan bor dalam (standard penetration test) yang dilakukan di beberapa titik di daerah penelitian.

TPA Tamangapa Makassar terletak pada Kecamatan Manggala, Desa Tamangapa, tepatnya pada koordinat 5,1752°LS 119,4935°BT dan berada ± 15 Km dari pusat Kota Makassar, Provinsi Sulawesi Selatan, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. TPA Tamangapa pertama kali beroperasi pada tahun 1993 dan hingga saat ini masih menjadi satu – satunya tempat pembuangan sampah padat perkotaan. Semenjak dioperasikan dari tahun 1995, luas TPA yang awalnya hanya sekitar 14,3 Ha kini bertambah menjadi 16,8 Ha.



Gambar 3.1 Lokasi Penelitian

Secara administratif, TPA Tamangapa terletak di Kecamatan Manggala dan lokasinya sangat dekat dengan areal perumahan sehingga sering dikeluhkan oleh penduduk setempat terkait dengan bau tak sedap yang berasal dari TPA, utamanya saat musim hujan. Kecamatan Manggala merupakan salah satu kecamatan di Kota Makassar yang tidak berbatasan langsung dengan laut. Luas wilayah sebesar 24,14 km² atau sekitar 13,73% dari luas keseluruhan wilayah Kota Makassar dengan kepadatan penduduk 4.101 jiwa/km².

Dari lokasi TPA, terdapat beberapa pusat aktivitas lain seperti tempat ibadah dan sekolah serta perkantoran yang berjarak sekitar 1 km. Sejak tahun 2000, ada beberapa perumahan yang didirikan di sekitar TPA antara lain Perumahan Antang, Perumahan TNI Angkatan Laut, Perumahan Graha Jannah, Perumahan Griya Tamangapa dan Perumahan Taman Asri Indah.

Berdasarkan pengamatan rumah penduduk pada daerah di sekitar TPA Tamangapa diperoleh 15 sumur terbuka. Pada setiap sumur dilakukan pengambilan titik koordinat dengan menggunakan GPS Geodetik. Kemudian dilakukan pengukuran kedalaman muka air menggunakan roll meter. Dari hasil pengukuran tersebut diperoleh data sebagai berikut:

Tabel 4.1 Hasil Pengukuran Kedalaman Sumur.

Lokasi	Kedalaman Muka Air (m)	Elevasi Bibir Sumur (m)	Elevasi Muka Air =F-(A-B)	Koordinat		
				X	Y	Z
	A	B	C	D	E	F
Sumur 1	5.40	1.10	13.25	775627.055	9427359.3	17.553
Sumur 2	1.83	0.71	19.12	775566.025	9427463.29	20.238
Sumur 3	2.80	0.77	11.13	775647.071	9426866.5	13.164
Sumur 4	0.99	0.41	12.38	775893.078	9426528.97	12.962
Sumur 5	1.22	0.65	13.56	776263.521	9426367.87	14.134
Sumur 6	1.40	0.71	13.16	776339.266	9426509.81	13.846
Sumur 7	1.38	0.60	12.80	776356.661	9426700.15	13.578
Sumur 8	1.40	0.65	12.34	776459.557	9426876.49	13.085
Sumur 9	1.33	0.62	12.01	776476.583	9426897.67	12.716
Sumur 10	1.68	0.65	11.74	776495.157	9426942.44	12.767
Sumur 11	3.05	0.77	10.42	776582.035	9427234.25	12.704
Sumur 12	0.94	0.79	13.20	776114.584	9426495.44	13.351
Sumur 13	1.08	0.97	17.49	775904.752	9427395.34	17.598
Sumur 14	3.63	0.87	12.69	776223.596	9427785.39	15.449
Sumur 15	3.85	0.79	12.00	775707.367	9426895.85	15.062

Untuk tanah di daerah TPA berada pada batuan penyusun formasi Baturape-Cindako yang terbentuk dari batuan hasil erupsi gunung api merupakan jenis tanah pasir berlempung dengan nilai konduktivitas hidrolis tercantum pada tabel 2.1 dan porositas tercantum pada tabel 2.2.

Tabel 2.1 Nilai Konduktivitas Hidrolis Pada Beberapa Jenis Tanah

Jenis tanah	Koefisien rembesan (K) (cm/detik)
Pasir mengandung lempung	10^{-2} sampai 5×10^{-3}
Pasir halus	5×10^{-2} sampai 10^{-3}
Pasir kelanauan	2×10^{-3} sampai 10^{-4}
Lanau	5×10^{-4} sampai 10^{-5}
Lempung	10^{-6} sampai 10^{-9}

Sumber : (Laurence, 1997)

Tabel 2.2 Kisaran Harga Porositas Pada Beberapa Jenis Tanah

Jenis / Material Tanah	Kisaran Porositas
Pasir dan kerikil seragam	0,25-0,50
Campuran pasir dan kerikil	0,20-0,35
Pasir kasar	0,25-0,35
Pasir sedang (medium)	0,35-0,40
Pasir halus	0,40-0,50
Dolomite, retakan (<i>fractured</i>)	0,07-0,11
Pasir lanauan	0,39
Lanau (<i>silt</i>)	0,35-0,50

Sumber : Fetter(1988) dan Todd (1979).

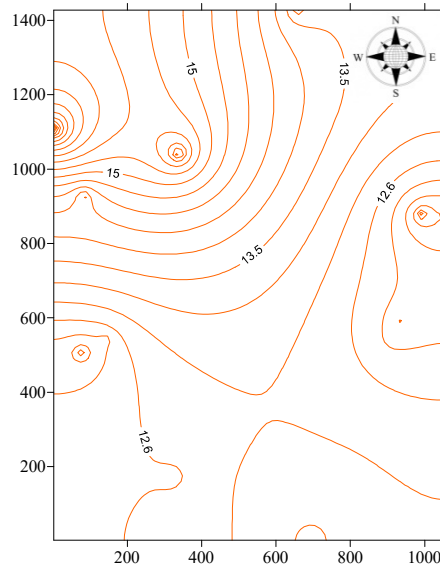
Karena keterbatasan data hidrologi dan hidrogeologi yang tersedia (misalnya stratigraphi tanah, recharge dan tampungan spesifik), maka penyederhanaan dilakukan pada beberapa data hidrogeologi tetapi tetap mempertimbangkan data-data sekunder dari penelitian terdahulu. Tipe aquifer di lokasi penelitian diasumsikan adalah aquifer tidak tertekan (unconfined aquifer) karena adanya muka air bebas. Domain yang digunakan dalam pemodelan numerik adalah model 3 dimensi. Kontur tanah yang diperoleh dari hasil pengukuran topografi diinput menjadi kontur permukaan tanah dari layer paling atas pada domain. Jumlah baris yang digunakan adalah 286 buah dengan lebar sebesar 5 m sedangkan jumlah kolom yang digunakan adalah 210 dengan lebar yang sama. Pada sisi vertikal, jumlah lapisan yang digunakan adalah 6 buah dengan ketebalan yang bervariasi. Koordinat pada domain selanjutnya disesuaikan dengan koordinat yang diperoleh dari hasil pengukuran GPS geodetik untuk mendapatkan konsep analisis yang realistis. Dalam penelitian ini, kondisi muka air tanah yang diperoleh dianggap dalam kondisi tunak (steady-state) dan simulasi air tanah dijalankan selama 25 tahun tahun.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Pemodelan Numerik Arah dan Kecepatan Air Tanah

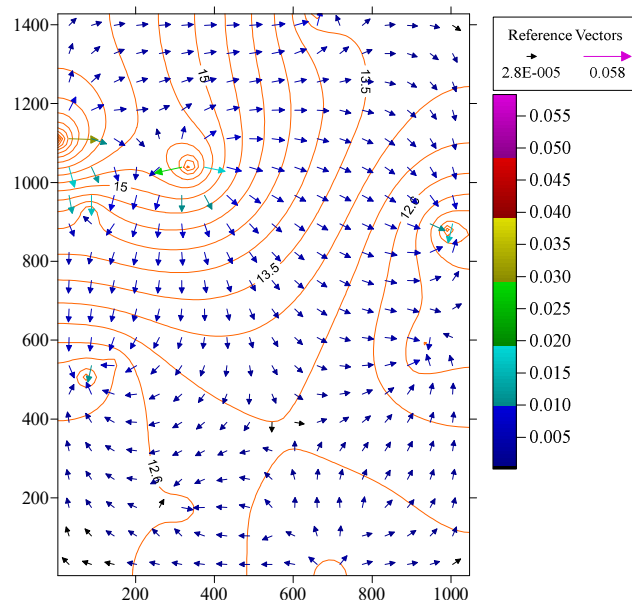
Hasil pemodelan numerik kondisi kontur ketinggian muka air tanah dengan menggunakan MODFLOW dapat dilihat pada gambar 12. Dari gambar 12 terlihat bahwa ketinggian muka air tanah di lokasi TPA Tamangapa cukup variatif dengan ketinggian muka air tanah terendah adalah 10.5 m dan tertinggi adalah 18.9 m di atas permukaan air laut. Umumnya muka air tanah pada lokasi TPA cukup tinggi dibandingkan dengan lokasi di sekitarnya yaitu berkisar antara 13 m sampai dengan 18 m di atas permukaan air laut. Hal ini

memberikan informasi bahwa potensi untuk terjadinya pencemaran air tanah pada lokasi disekitar TPA akibat sebaran lindi cukup besar sehingga sangat diperlukan penelitian lanjutan untuk mengetahui hal ini.



Gambar 12. Kontur Ketinggian Muka Air Tanah di Lokasi Penelitian (satuan dalam meter)

Gambar 13 memperlihatkan arah dan kecepatan air tanah di lokasi TPA Tamangapa. Kecepatan air tanah terbesar terjadi di daerah TPA sebelah barat pada sisi utara dengan kecepatan berkisar 3 cm per hari dan umumnya aliran air dari TPA mengalir ke arah timur. Pada bagian timur dari TPA terdapat bekas sekolah yang sudah tidak digunakan lagi dan berdasarkan pengamatan langsung di lapangan bahwa sumur yang digunakan oleh sekolah tersebut sudah mulai berwarna kuning dan berbau. Diperlukan analisa lebih lanjut penyebab terjadinya pencemaran air sumur di daerah tersebut namun asumsi awalnya bahwa hal ini disebabkan oleh akibat pencemaran lindi dari TPA.



Gambar 13. Arah dan Kecepatan Air Tanah di Lokasi Penelitian (satuan dalam meter)

4. KESIMPULAN

Curah hujan tahunan Kota Makassar cukup tinggi dengan rata - rata 311 mm, dimana bulan Desember merupakan bulan dengan curah hujan tertinggi yaitu sekitar 955 mm/bulan dan curah hujan terendah pada bulan Juli yang hanya berkisar 23 mm/bulan. Kondisi topografi di wilayah Kecamatan Manggala cukup variatif. Topografi wilayah kecamatan ini berelief dataran rendah hingga dataran tinggi,

dengan elevasi 12 sampai dengan 24 m di atas permukaan laut. Ketinggian muka air tanah di lokasi TPA Tamangapa cukup variatif dengan ketinggian muka air tanah terendah adalah 10.5 m dan tertinggi adalah 18.9 m di atas permukaan air laut. Kecepatan air tanah terbesar terjadi di sebelah barat pada sisi utara TPA dengan kecepatan berkisar 3 cm per hari dan umumnya aliran air dari TPA mengalir ke arah timur. Ketersediaan data sekunder di daerah penelitian dianggap masih sangat minim, terutama data mengenai kondisi hidrogeologi yang memang belum pernah dieksplorasi secara detail

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Al-Jawad, J.Y., Alsaffar, H.M., Bertram, D. and Kalin, R.M., 2019. A comprehensive optimum integrated water resources management approach for multidisciplinary water resources management problems. *Journal of environmental management*, 239, pp.211-224.
- [2] Azis, A., S. Badaruddin, Z. Faisal, M.T. Iqbal, H.A. Hasanuddin, 2019. Numerical model on the application of sand columns in recharge reservoir. *Groundwater for Sustainable Development*, 8, 368-372.
- [3] Badaruddin, S., A. Azis, I. Mutiara, 2018. Aplikasi Metode Analitis dan Pemodelan Numerik Untuk Prediksi Intrusi Air Laut di Kabupaten Jeneponto. *Seminar Nasional Hasil Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat (SNP2M)*. Makassar. Indonesia.
- [5] Badaruddin, S., Azis, A. and Mutiara, I., 2019. Efek Penurunan Muka Air Tanah Terhadap Intrusi Air Laut di Kabupaten Jeneponto. In *Seminar Nasional Hasil Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat (SNP2M)* (pp. 1-5).
- [7] De Graaf, I.E., Gleeson, T., van Beek, L.R., Sutanudjaja, E.H. and Bierkens, M.F., 2019. Environmental flow limits to global groundwater pumping. *Nature*, 574(7776), pp.90-94.
- [8] Fetter, C.W., 2018. *Applied hydrogeology*. Waveland Press.
- [4] Hatta, M.P., Badaruddin, S., Faisal, Z. and Puspita, D.A., 2020. Potential of Groundwater Reserves in Jeneponto Regency of South Sulawesi Province. *INTEK: Jurnal Penelitian*, 7(1), pp.13-17.
- [10] Harbaugh, A.W., Banta, E.R., Hill, M.C. and McDonald, M.G., 2000. *Modflow-2000, the u. s. geological survey modular ground-water model-user guide to modularization concepts and the ground-water flow process*. Open-file Report. U. S. Geological Survey, (92), p.134.
- [6] Kodoatie, R.J., 1996. *Pengantar Hidrogeologi*. Penerbit ANDI. Yogyakarta.
- [9] Zhong, H., Tian, Y., Yang, Q., Brusseau, M.L., Yang, L. and Zeng, G., 2017. Degradation of landfill leachate compounds by persulfate for groundwater remediation. *Chemical Engineering Journal*, 307, pp.399-407.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Politeknik Negeri Ujung Pandang atas dukungan finansial yang diberikan kepada penulis sehingga artikel ini bisa diselesaikan dan demikian pula kepada Ketua Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Ujung Pandang atas dukungan yang diberikan.