

PENENTUAN ZONA *INTERFACE* PADA DAERAH INTRUSI AIR LAUT DI KAWASAN PANTAI LOVINA

Luh Natasya Karini Putri^{1*}, Hari Siswoyo², Ussy Andawayanti³

^{1,2,3}Departemen Teknik Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya

*Email: natasyakarput2023@gmail.com

ABSTRAK: Intrusi air laut merupakan peristiwa masuknya air laut atau asin ke dalam air tanah. Salah satu kawasan yang terdampak peristiwa tersebut adalah Pantai Lovina. Hal ini disebabkan salah satunya oleh pengambilan air tanah yang berlebihan. Salah satu akibat atau dampak dari peristiwa ini ialah penurunan muka tanah, air sumur menjadi payau, bahkan dapat menimbulkan *sink hole*, di mana setelah dilakukan survei secara langsung terdapat intrusi air laut pada garis Pantai Lovina terutama pada bagian barat, untuk itu diperlukan penelitian mengenai perbatasan antara air tanah dan air asin untuk mengetahui sejauh mana wilayah yang terdampak intrusi air laut dan kedalaman batas antara air asin dan air tanah. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan zona *interface* di kawasan Pantai Lovina dengan hukum *Ghyben-Herzberg*. Berdasarkan hasil survei pada 14 sumur di sepanjang garis Pantai Lovina dihasilkan zona *interface* berkedalaman sekitar 20 m – 166 m dan jarak terdekat daerah terintrusi air laut dari garis pantai adalah sekitar 49,4 m sedangkan yang terjauh sekitar 117,5 m dengan Lokasi rata-rata di daerah barat Pantai Lovina.

Kata kunci: Air Laut, Air Tanah, Intrusi, Zona *Interface*.

ABSTRACT: *Seawater intrusion is the process of seawater or saline water infiltrating groundwater. One of the areas affected by this phenomenon is Lovina Beach. This is primarily caused by excessive groundwater extraction. One of the consequences of this event is land subsidence, brackish well water, and even the formation of sinkholes. A direct survey has confirmed the presence of seawater intrusion along the shoreline of Lovina Beach, particularly in the western part. Therefore, research is needed to determine the boundary between groundwater and saltwater to assess the extent of the affected area and the depth of the interface between saline and freshwater. This study aims to determine the interface zone in the Lovina Beach area using the Ghyben-Herzberg principle. Based on surveys conducted on 14 wells along the Lovina Beach shoreline, the interface zone was found at depths ranging from approximately 20 m to 166 m. The shortest distance of seawater intrusion from the shoreline was around 49.4 m, while the farthest was approximately 117.5 m, with the affected area predominantly located in the western part of Lovina Beach.*

Keywords: *Seawater, Groundwater, Intrusion, Interface Zone.*

PENDAHULUAN

Intrusi air laut merupakan suatu fenomena yang terjadi di wilayah pesisir pantai dan pulau-pulau kecil, di mana air laut merembes ke dalam air tanah. Proses ini dapat terjadi secara alami maupun dipicu oleh aktivitas manusia, seperti eksploitasi air tanah untuk memenuhi kebutuhan masyarakat dan keperluan lainnya, sering kali tanpa pengelolaan atau pengawasan yang memadai. (Tamim dkk. 2021). Pengambilan air tanah tanpa terkontrol dengan baik seperti penggunaan sumur bor khususnya di daerah pantai atau pesisir dapat menyebabkan terpenetrasinya air laut ke dalam daerah daratan. Pantai Lovina merupakan salah satu kawasan pantai atau pesisir daerah Bali Utara yang telah dikembangkan menjadi daerah ekowisata. Pantai Lovina terletak di Desa Kalibukbuk yang berada di Kecamatan Buleleng, Kabupaten Buleleng, Provinsi Bali di mana terbentang dari garis lintang 08° 9'45.01'' Lintang Selatan sampai garis bujur 115° 1'32.38'' Bujur Timur. Kebutuhan air di kawasan Pantai Lovina ini sebagian besar diambil dari air tanah. Di daerah Bali Utara ini telah terjadi pengambilan air tanah yang berlebihan sehingga memiliki konsekuensi terjadinya degradasi tanah yang dapat menyebabkan keberadaan intrusi laut (Karmadi & Wibawa, 2022). Sehubungan dengan adanya permasalahan tersebut di atas maka sangat penting dilakukan sebuah penelitian mengenai intrusi air laut terhadap air tanah di sekitar Kawasan Pantai Lovina dengan tujuan untuk mengidentifikasi batas antara air tanah dan air asin pada daerah penelitian. Jika pemompaan air tanah dilakukan secara tidak berlebihan maka dapat terjadi keseimbangan antara kedua jenis air tersebut, sedangkan pemompaan

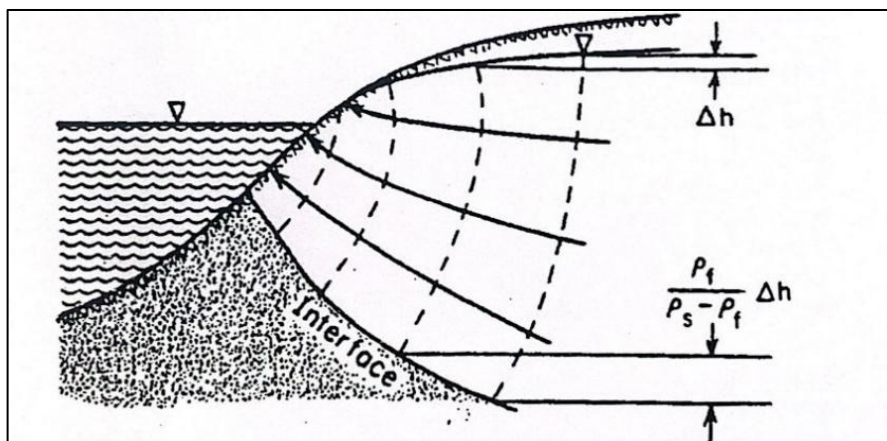
yang dilakukan secara berlebihan dapat menimbulkan ketidakseimbangan kedua jenis air sehingga menyebabkan daerah tersebut mengalami intrusi air laut. Dalam menentukan adanya intrusi air laut pada Kawasan Pantai Lovina, terdapat beberapa hal yang harus dipertimbangkan yakni batas antara air tanah dan air asin atau zona *interface* dengan perhitungan dari hukum *Ghyben-Herzberg*. Pada perbatasan ini terjadi keseimbangan antara kedua jenis air tersebut, yakni air tanah tawar dengan air asin (Adhiatmi dkk.2016).

Penelitian mengenai kedalaman zona *interface* atau transisi antara air tanah dan air laut pada daerah terintrusi air laut dengan menggunakan hukum *Hyben-Gyzberg* telah banyak dilakukan oleh para peneliti terdahulu yakni (Pasamba, Tamuntuan and Tanauma, 2017; Wardhana, Warnana, dan Widodo, 2017; Pujianiki, Dharma and Wijayantari, 2019). Hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Wardhana dkk.(2017) membandingkan antara perhitungan hukum *Hyben-Gyzberg* dengan metode resistivitas 2D di Surabaya Barat. Terdapat pula hasil penelitian serupa oleh Pujianiki dkk. (2016) membahas mengenai kedalaman zona *interface* di Pantai Candidasa, Kabupaten Karangasem.

Intrusi Air Laut

Intrusi air laut merupakan suatu peristiwa yang terjadi pada daerah pesisir Pantai dan pulau-pulau kecil dengan air laut yang meresap ke dalam air tanah secara alami dan buatan yang disebabkan oleh keberadaan air tanah yang sering diambil atau eksploitasi untuk memenuhi kebutuhan masyarakat dan lainnya tanpa adanya pemantauan yang baik (Tamim *et al.*, 2021). Umumnya intrusi air laut ini terjadi pada daerah urban atau perkotaan, yang diakibatkan oleh pengambilan air tanah yang berlebihan tanpa adanya kontrol atau pemantauan lebih lanjut mengenai eksploitasi air tanah di daerah tersebut (Wardhana, Warnana and Widodo, 2017). Untuk mengetahui batas air tanah dan airasin pada zona terintrusi dibutuhkan perhitungan zona *interface*.

Zona *interface* adalah persinggungan atau batas antara air tanah tawar dan air asin (Purnama dkk. 2015). Hubungan atau batas antara air tanah (tawar) dengan air asin pada akuifer di pantai atau pesisir dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Kesenjangan antara air tanah (tawar) dengan air asin pada akuifer pantai
(a) pada kondisi statis, (b) pada kondisi air tanah (tawar) bergerak ke laut
(Hubbert, 1940 dalam Freeze & Cherry, 1979)

Sumber: Danaryanto dkk.2008

Pada kondisi statis yang ditunjukkan Gambar 1 dengan sudut $\alpha < 90^\circ$, ρ_s adalah kerapatan air laut dan ρ_f merupakan kerapatan air tanah tawar, maka unit kolom air tanah (tawar) dari muka air tanah (*water table*) hingga *interface* ($Z_w + Z_s$), sama dengan berat unit dari air laut dari muka air laut sampai kedalaman *interface* (Z_s) sehingga dapat persamaan (Danaryanto et al., 2010):

$$\rho_{sg} = \rho_{fg} (Z_w + Z_s) \text{ atau } Z_s = \frac{\rho_f}{\rho_s - \rho_f} Z_w \quad (1)$$

Pada kondisi $\rho_s = 1,025$ dan $\rho_f = 1,0$, akan didapatkan

$$Z_S = 40Z_W \quad (2)$$

Persamaan 2 disebut dengan hukum *Ghyben-Herzberg*. Dari persamaan ini $\Delta Z_S = \Delta 40Z_W$ artinya dalam kondisi statis, setiap 1 m penurunan muka air tanah, atau batas antara air tanah (tawar) dengan air asin akan naik sebesar 40 m.

METODE PENELITIAN

Metode dalam penelitian yang digunakan metode analisis deskriptif kuantitatif. Metode pengumpulan data primer dilakukan dengan metode wawancara dan observasi langsung ke lapangan. Sedangkan untuk perhitungan data menggunakan hukum *Ghyben-Herzberg* yakni metode yang bertujuan untuk mengetahui dalamnya daerah transisi antara air tawar dan air laut, di mana diakibatkan oleh berat jenis air laut yang lebih besar dari pada berat jenis air tawar maka air laut akan mendorong air tawar masuk ke dalam tanah (Pasamba, et.al 2017). Berikut beberapa tahapan pada penelitian untuk mengetahui zona *interface* pada daerah penelitian:

1. Melakukan survei lokasi sumur yang terdekat dengan garis pantai untuk mencari h atau MAT (Muka Air Tanah) dengan mencelupkan meteran ke dalam sumur untuk mengukur ketinggian h atau MAT (Muka Air Tanah) dengan rumus:

$$\text{MAT (Muka Air Tanah)} = \text{Kedalaman air sumur dari bibir sumur} - \text{Ketinggian bibir sumur dari permukaan tanah} \quad (3)$$

2. Mengukur jarak antara garis pantai dengan lokasi sumur menggunakan aplikasi *Google Earth*.
3. Melakukan perhitungan zona *interface* dengan hukum *Ghyben-Herzberg* menggunakan Ms.Excel dengan persamaan sebagai berikut.

$$\rho_{sg} = \rho_{fg} (Z_w + Z_s) \text{ atau } Z_s = \frac{\rho_f}{\rho_s - \rho_f} Z_w \quad (4)$$

Keterangan:

$$\rho_f = 1,025$$

$$\rho_s = 1,0$$

Z_s = Kedalaman air laut (asin)

Z_w = Kedalaman air tanah (tawar)

4. Menggambar penampang memanjang hasil perhitungan *Ghyben-Herzberg* menggunakan aplikasi AutoCAD
5. Melakukan perhitungan sudut kontak antara bidang *interface* dengan menarik garis miring dari kedalaman zona *interface* menuju garis *mean sea level* dan dari garis *mean sea level* ke tinggi muka air tanah.
6. Mengukur jarak zona yang terintrusi air laut dengan menggunakan metode grafis yakni mengukur jarak antara perpotongan zona kedap air dengan batas zona transisi.
7. Menganalisa hasil perhitungan dan pengukuran jarak zona *interface*.

Penentuan data yang dibutuhkan penelitian ini didukung oleh penggunaan data primer dan data sekunder, dimana pengumpulan data menyesuaikan panjang garis pantai pada daerah penelitian untuk mengindikasikan adanya intrusi air laut, yakni:

1. Data Primer

Data yang diperoleh langsung melalui survei lapangan meliputi titik koordinat lokasi, dimensi, dan kedalaman sumur pada daerah penelitian sebanyak 14 buah sumur pada sepanjang Garis Pantai Lovina.

2. Data Sekunder

Data sekunder yang diperlukan dalam penelitian ini meliputi Peta Hidrogeologi Provinsi Bali untuk mengetahui jenis akuifer dan debit pada daerah penelitian.

Alat yang dibutuhkan dalam penelitian ini terdiri dari perangkat keras dan lunak, yaitu:

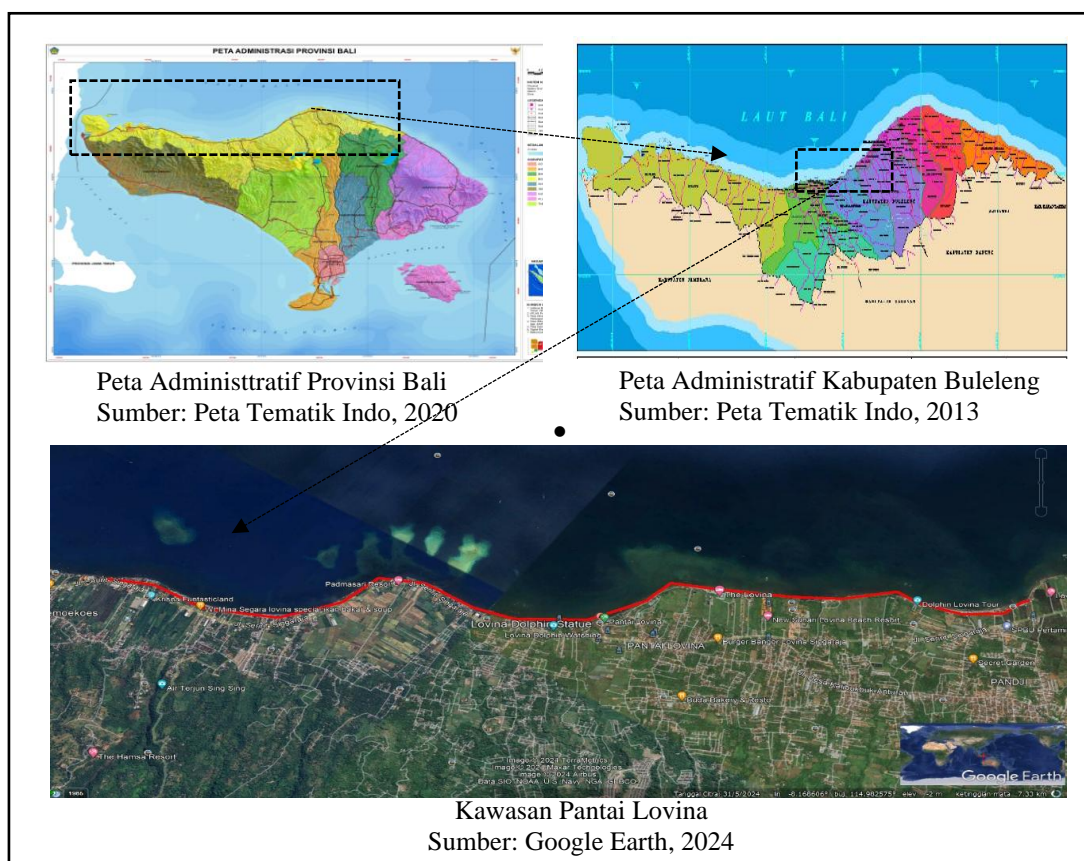
1. Perangkat Keras

Perangkat keras yang dipakai untuk mendukung penelitian ini adalah meteran, yang berfungsi untuk mengukur dimensi dan kedalaman sumur.

2. Perangkat Lunak

Perangkat lunak sebagai penunjang pengolahan data pada penelitian ini menggunakan aplikasi *Google Earth* untuk mengetahui letak sumur berdasarkan titik koordinat hasil dari survei sumur dan mengukur jarak antara garis pantai dengan lokasi sumur. Lalu aplikasi *ArcMap 10.8* untuk membuat peta. Kemudian menggunakan pula aplikasi *Microsoft Excel* untuk membantu perhitungan persamaan *Ghyben-Hyberg*. Setelah itu juga menggunakan aplikasi *AutoCad* untuk membantu penggambaran penampang *Ghyben-Hyberg*.

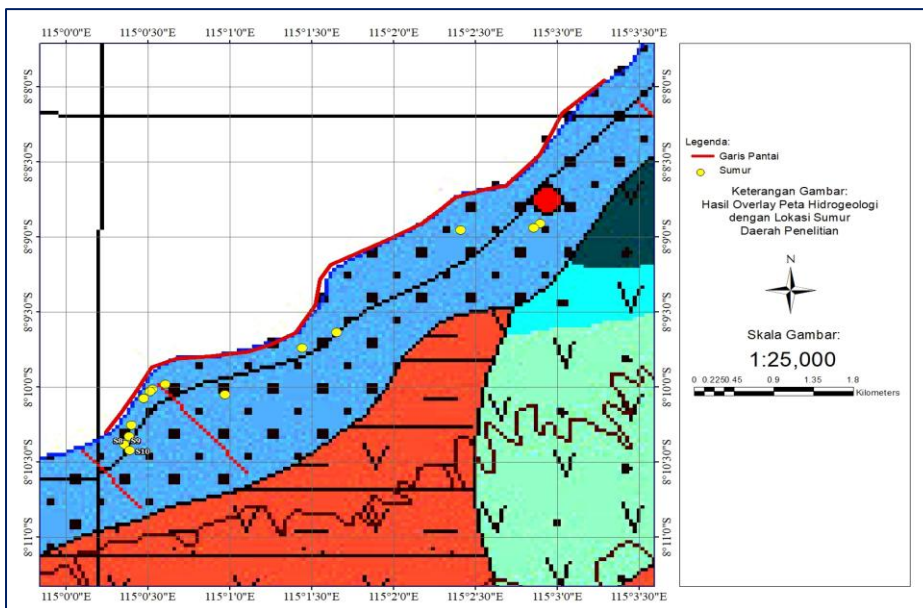
Objek penelitian adalah sekitar Kawasan Pantai Lovina terletak di Desa Kalibukbuk pada Kecamatan Buleleng, Kabupaten Buleleng, Provinsi Bali. Kawasan Lovina ini terletak di Bali Utara yang di mana sering disebut sebagai kawasan wisata Kalibukbuk. Pantai Lovina memiliki bentangan garis pantai sekitar kurang lebih 8 (delapan) kilometer. Penelitian ini dilaksanakan dalam kurun waktu tiga bulan, yaitu mulai dari Agustus hingga September 2024.



Gambar 2. Lokasi Pelaksanaan Penelitian
Sumber: Google Earth, 2024

HASIL DAN PEMBAHASAN

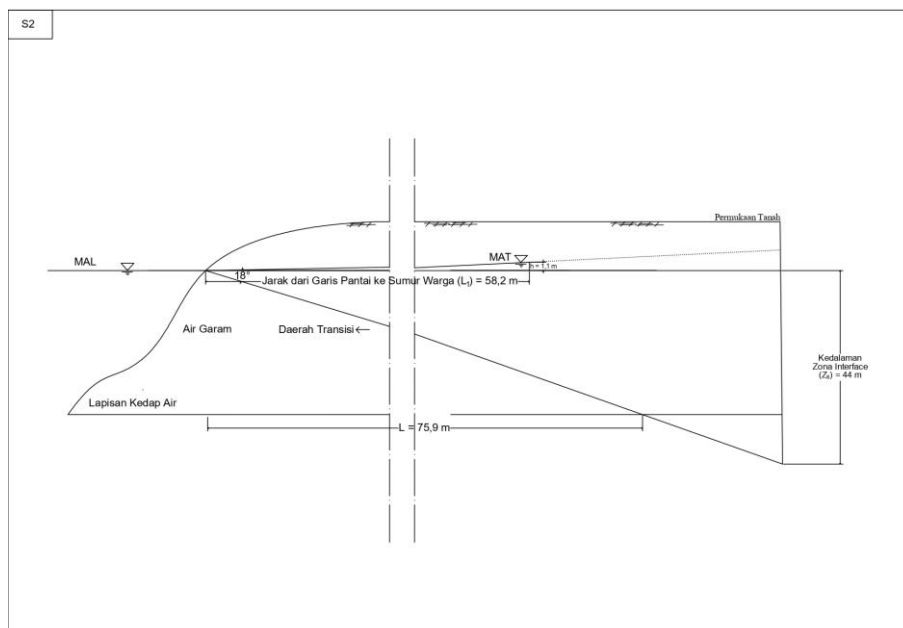
Dalam menghitung zona *interface* atau kedalaman transisi antara air asin dan air tanah (tawar) pada daerah penelitian menggunakan 14 sumur sepanjang garis pantai Lovina yang digambarkan melalui penampang *Ghyben-Hzberg*. Dengan detail lokasi masing-masing sumur ditunjukkan oleh peta pada Gambar 4.



Gambar 3. Hasil Overlay Peta Hidrogeologi dengan Lokasi Sumur pada Daerah Penelitian

Berdasarkan Gambar 3 letak-letak sumur warga terdapat pada warna biru muda, yang berarti memiliki jenis akuifer yang memiliki produktivitas sedang, dan penyebarannya luas. Akuifer ini memiliki tingkat keterusan yang sedang hingga rendah, dengan muka air tanah yang bervariasi, mulai dari di atas atau dekat dengan permukaan tanah hingga lebih dari 10 meter di bawah permukaan. Selain itu, debit sumur yang dihasilkan kurang dari 5 liter per detik. Dalam gambar di atas terdapat pula komposisi litologi batuan serta kelulusannya, di mana pada daerah penelitian disimbolkan dengan symbol kotak-kotak yang berarti pada daerah tersebut memiliki komposisi litologi batuan alluvium endapan pantai, yang umumnya komposisi utamanya adalah pasir yang memiliki kelulusan tinggi (Badan ESDM, 1986).

Diperoleh hasil kedalaman sumur dari permukaan tanah sebesar 5 m dengan Muka Air Tanah setinggi 1,1 m dan kedalaman air tanah sekitar 3,9 m. Setelah itu dilakukan perhitungan zona transisi dengan menggunakan persamaan *Ghyben-Herzberg* sehingga mendapatkan hasil seperti Gambar 4.



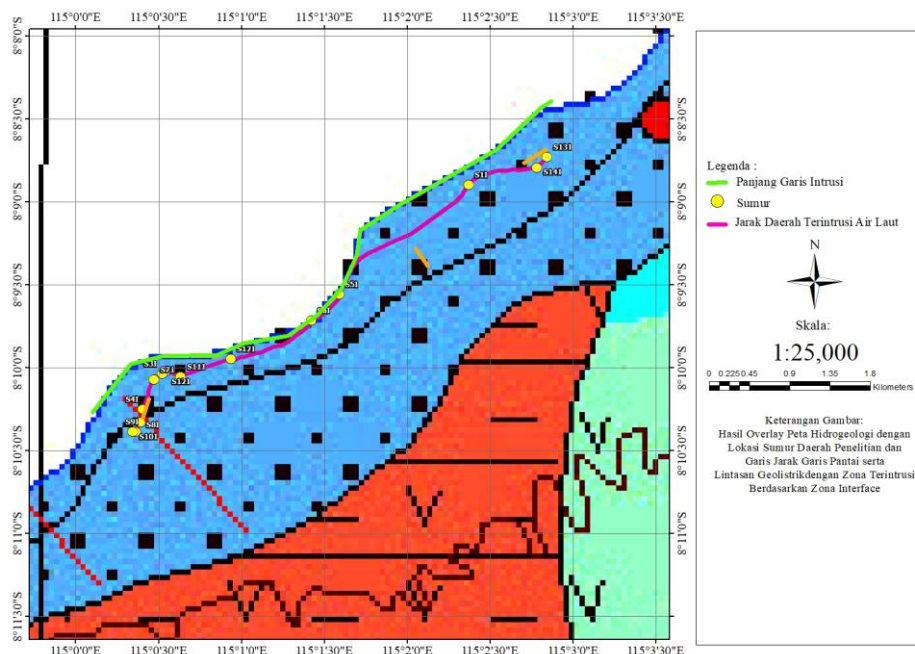
Gambar 4. Kedalaman Zona Interface Penampang Ghyben-Herzberg Sumur S2

Berdasarkan Gambar 4 dapat diketahui jarak dari bibir pantai ke lokasi sumur (L_1) yakni sekitar 58,2 m. Lalu perolehan hasil persamaan Ghyben-Herzberg dari salah satu sumur yakni sumur S2 berkedalaman *interface* sebesar 44 m. Setelah itu dapat diketahui pula jarak zona yang terintrusi (L) dengan metode grafis sebesar 75,9 m. Perhitungan zona transisi dengan menggunakan persamaan Ghyben-Herzberg sehingga mendapatkan hasil seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Perhitungan Kedalaman Zona Interface dengan Persamaan Ghyben-Herzberg

Sumur	Koordinat		Kedalaman (m)	Muka Air Tanah (m)	Kedalaman Zona Interface	Sudut Kontak Zona	L1	L	KETERANGAN
	Bujur	Lintang							
S1	115.0358	-8.15178	25	2.8	112	31°	171	47.8	Tidak Terintrusi
S2	115.0088	-8.16689	5	1.1	44	25°	58.2	90.8	Terintrusi
S3	115.0086	-8.16706	5	1.1	44	25°	58.3	86.1	Terintrusi
S4	115.0067	-8.17083	15	0.5	20	49°	39.8	44.9	Terintrusi
S5	115.0276	-8.16057	25	3.2	128	24°	349	172	Tidak Terintrusi
S6	115.0241	-8.16232	3	4.2	166	64°	116	54	Tidak Terintrusi
S7	115.0079	-8.16782	14	0.5	20	64°	58.4	60.9	Terintrusi
S8	115.0064	-8.17206	12	1.0	40	24°	68.7	73.6	Terintrusi
S9	115.006	-8.17303	8	0.5	20	19°	69.2	83.4	Terintrusi
S10	115.0065	-8.17366	8	3.3	130	25°	176	69.2	Tidak Terintrusi
S11	115.0101	-8.16663	4	3.4	136.8	8°	109	255	Terintrusi
S12	115.0162	-8.1675	7	3.4	136.8	25°	304	101	Tidak Terintrusi
S13	115.0483	-8.14851	12	3.1	122	48°	561	212	Tidak Terintrusi
S14	115.0477	-8.14898	7	3.2	127.2	11°	534	228	Tidak Terintrusi

Tabel 1 menunjukkan bahwa nilai $L_1 > L$ maka sumur tersebut tidak mengalami intrusi sebaliknya jika $L_1 < L$ maka sumur mengalami intrusi air laut. Berdasarkan hasil perhitungan kedalaman *interface* didapatkan nilai sekitar 20 m – 166 m. Kedalaman bidang temu pada zona *interface* ini juga bisa tergantung pada keberadaan muka air tanah (MAT) tawar yang telah dihitung dari air laut (Wardhana, dkk. 2017). Perbedaan kedalaman, besar sudut kontak serta jarak daerah yang terintrusi hal ini dapat dipengaruhi oleh bentuk lahan dataran aluvial pada pesisir dan lereng gunung api di mana perbedaan ini dapat disajikan dalam bentuk sayatan melintang (Salam dkk. 2018). Hasil dari perolehan jarak zona yang terintrusi air laut pada daerah penelitian dapat dilihat melalui pemetaan pada Gambar 6.

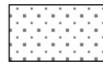


Gambar 6. Hasil Overlay Peta Hidrogeologi Provinsi Bali dengan Jarak Zona Terintrusi berdasarkan Hasil Perhitungan hukum Ghyben-Herzberg

Keterangan:



: Akuifer dengan tingkat produktivitas menengah dan distribusi yang luas (keterusannya berkisar dari sedang hingga rendah; ketinggian muka air tanah bervariasi, mulai dari permukaan atau dekat permukaan hingga lebih dari 10 (sepuluh) meter di bawah tanah; debit sumur umumnya di bawah 5 liter per detik)



: Aluvium hasil endapan pantai, terutama terdiri dari pasir, dengan tingkat permeabilitas yang umumnya tinggi.

Berdasarkan Gambar 6. Seberapa jauh jarak daerah yang terintrusi berdasarkan hasil penggambaran *cross section* atau sayatan melintang zona *interface* dari Garis Pantai Lovina timur sampai barat. Kedalaman bidang temu pada zona *interface* ini juga bisa tergantung dengan keberadaan muka air tanah yang tawar yang telah dihitung dari air laut (Wardhana, Warnana and Widodo, 2017). Perbedaan kedalaman, besar sudut kontak serta jarak daerah yang terintrusi hal ini dapat dipengaruhi oleh bentuk lahan dataran aluvial pada pesisir dan lereng gunung api di mana perbedaan ini dapat disajikan dalam bentuk sayatan melintang (Salam dkk. 2018).

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, disimpulkan bahwa zona *interface* di sepanjang Pantai Lovina memiliki variasi jarak dan kedalaman. Jarak terdekat zona *interface* dari garis pantai adalah 49,4 meter dengan kedalaman 20 meter, sedangkan jarak terjauh mencapai 117,5 meter dengan kedalaman zona *interface* sebesar 136,8 meter. Hal ini menunjukkan adanya perbedaan karakteristik geologis di sepanjang pantai tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Danaryanto, *et al.* (2008). 'Manajemen Air Tanah berbasis Cekungan Air Tanah', *Direktorat Pembinaan Pengusahaan Panas Bumi dan Pengelolaan Air Tanah*, pp. 129-130.
- Karmadi, K.A. and Wibawa, S. (2022) 'Pemodelan Air Tanah di Cekungan Air Tanah (CAT) Singaraja Dengan Visual Modflow', *Jurnal Teknik Gradien*, 14(02), pp. 89–101.
- Pasamba, O.S., Tamuntuan, G.H. and Tanauma, A. (2017) 'Identifikasi Intrusi Air Laut dengan Menggunakan Metode Geolistrik Konfigurasi Wenner – Schlumberger di Daerah Malalayang Sulawesi Utara', *Jurnal MIPA*, 6(2), p. 72.
- Pujianiki, N.N., Dharma, G.B.S. and Wijyantari, I.A.M. (2019) 'Analisis Intrusi Air Laut pada Sumur Gali di Kawasan Candidasa Karangasem', *Jurnal Spektran*, 7(1), pp. 105–114.
- Purnama, S. *et al.* (2015) 'Identifikasi Airtanah Asin berdasarkan Pendugaan Geolistrik di Pesisir Kota Cilacap Jawa Tengah', *Geomedia: Majalah Ilmiah dan Informasi Kegeografian*, 11(2).
- Tamim, T. *et al.* (2021) 'Identifikasi Pencemaran Air Tanah Akibat Intrusi Air Laut di Pulau Kadatua, Kabupaten Buton Selatan', *Prosiding Seminar Nasional Hari Air Dunia ISSN: 2621 - 7469*, (April), pp. 33–41.
- Wardhana, R.R., Warnana, D.D. and Widodo, A. (2017) 'Identifikasi Intrusi Air Laut pada Air Tanah Menggunakan Metode Resistivitas 2D Studi Kasus Surabaya Timur', *Jurnal Geosaintek*, 3(1), p. 17.