

## Simulasi Respon Airtanah Terhadap Kegiatan *Dewatering* pada Lokasi Penggalian Stasiun Bawah Tanah MRT A dan B di Kota Jakarta Pusat

Hirundini Rustica Absari<sup>\*1)</sup>, Lilik Eko Widodo<sup>2)</sup>, Imam Achmad Sadisun<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Program Studi Teknik Geologi, Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumihan, Institut Teknologi Bandung

<sup>2)</sup>Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik Pertambangan dan Perminyakan, Institut Teknologi Bandung

\*hirundiniabsari25@gmail.com

**Abstrak** - Kegiatan penggalian dan *dewatering* yang dilakukan di kawasan perkotaan menghadapi tantangan akibat keberadaan airtanah. Airtanah yang tidak dikontrol dapat mengganggu kestabilan bangunan-bangunan bersejarah dan penting yang berada di sekitar lokasi penggalian. Lokasi kegiatan penggalian dan *dewatering* berada di Kota Jakarta Pusat, Provinsi DKI Jakarta, yang dilakukan untuk konstruksi dua stasiun bawah tanah MRT yang berjarak 800 m. Lokasi ini berada di Cekungan Airtanah Jakarta dengan litologi penyusun berupa endapan kipas aluvium dengan material butir berukuran lempung hingga pasir sedang berumur Kuartar. Kegiatan *dewatering* dilakukan dengan menggunakan sumur pelepasan tekanan (*pressure relief well*) sebanyak 46 sumur di Stasiun Bawah Tanah A dan 29 sumur di Stasiun Bawah Tanah B dengan kapasitas 4,15 m<sup>3</sup>/s per sumur. Simulasi airtanah dilakukan menggunakan *Softwater Visual Modflow* dengan metode numerik beda hingga berdasarkan beberapa asumsi untuk menyederhanakan pembuatan model airtanah. Pemantauan respon airtanah dilakukan dengan pengamatan terhadap perubahan *head* dan *drawdown* selama 1186 hari. Pada lokasi Stasiun Bawah Tanah A, terjadi penurunan *head* (*drawdown*) sebesar 3,1 m, sedangkan pada Stasiun Bawah Tanah B terjadi *drawdown* sebesar 5,5 m. Pengaruh *dewatering* dapat terlihat hingga jarak 550 m dengan *drawdown* sebesar 1- 8 cm.

**Kata Kunci:** Penggalian, *dewatering*, airtanah, *drawdown*.

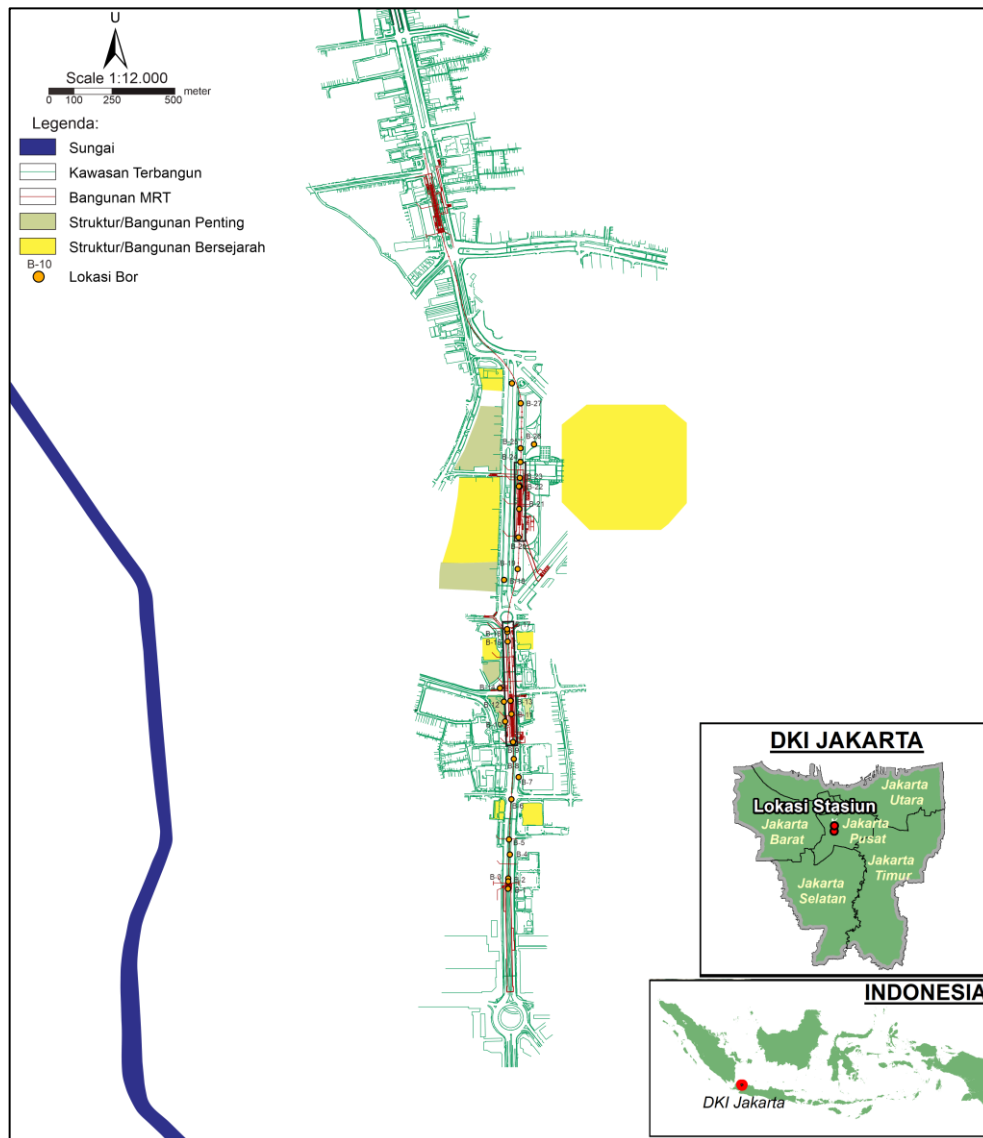
**Abstract** - Excavation and dewatering activities in urban areas encounter significant challenges due to the presence of groundwater. Uncontrolled groundwater can compromise the stability of historical and important buildings situated near the excavation site. This study focuses on excavation and dewatering operations in Central Jakarta, DKI Jakarta Province, undertaken for the construction of two underground MRT stations located 800 m apart. The site is situated within the Jakarta Groundwater Basin, characterized by Quaternary-aged alluvial fan deposits comprising materials ranging from clay to sandy silt. Dewatering was executed using pressure relief wells, with 46 wells at Underground Station A and 29 wells at Underground Station B, each with a capacity of 4.15 m<sup>3</sup>/s. Groundwater simulation was performed using *Softwater Visual Modflow*, employing the finite difference numerical method based on several assumptions to simplify the groundwater model development. Groundwater response was monitored by observing changes in head and drawdown over a period of 1186 days. At Underground Station A, a head drawdown of 3.1 m was observed, while at Underground Station B, a drawdown of 5.5 m was recorded. The effects of dewatering were observable up to a distance of 550 m, with drawdown ranging from 1 to 8 cm.

**Keywords:** Excavation, dewatering, groundwater, drawdown.

### PENDAHULUAN

Pemanfaatan ruang bawah tanah merupakan strategi penting bagi kawasan perkotaan untuk mengatasi tantangan keterbatasan lahan permukaan. Salah satu pemanfaatan ruang bawah tanah yang dapat di temui di Kota Metropolitan adalah sebagai infrastruktur transportasi umum. MRT atau Moda Raya Terpadu adalah transportasi umum yang dirancang untuk mendukung mobilitas penduduk dengan menawarkan sistem *mass* (daya angkut besar), *rapid* (waktu tempuh singkat), dan *transit* (memiliki banyak titik pemberhentian berupa stasiun di lokasi-lokasi strategis). Berdasarkan sistem MRT tersebut, stasiun dan jalur rel harus dibangun dekat dengan kawasan strategis perkotaan. Namun, perkembangan lahan yang luas di kawasan tersebut mengharuskan penggunaan ruang lain untuk untuk menampung infrastruktur MRT, salah satunya adalah ruang bawah tanah. Pendekatan ini tidak hanya mengoptimalkan penggunaan lahan tetapi juga meminimalkan gangguan terhadap struktur dan aktivitas perkotaan yang ada.

Kegiatan penggalian di kawasan perkotaan sering menghadapi tantangan akibat keberadaan airtanah. Kawasan perkotaan di dunia umumnya berada di daerah pesisir atau dekat sungai yang menyebabkan muka airtanah berada di dekat permukaan (Pujades dan Jurado, 2021) sehingga kegiatan *dewatering* perlu dilakukan untuk menurunkan muka airtanah (Cashman dan Preene, 2020). Kegiatan *dewatering* yang dilakukan menyebabkan perubahan pada sistem aliran air tanah dan berpotensi menyebabkan permasalahan seperti penurunan permukaan tanah akibat konsolidasi, hingga keretakan dan kemiringan bangunan di sekitar lokasi penggalian (Ye dkk., 2012). Permasalahan ini menjadi bencana jika terjadi di wilayah perkotaan yang memiliki banyak struktur bangunan dan infrastruktur yang penting dan bersejarah.



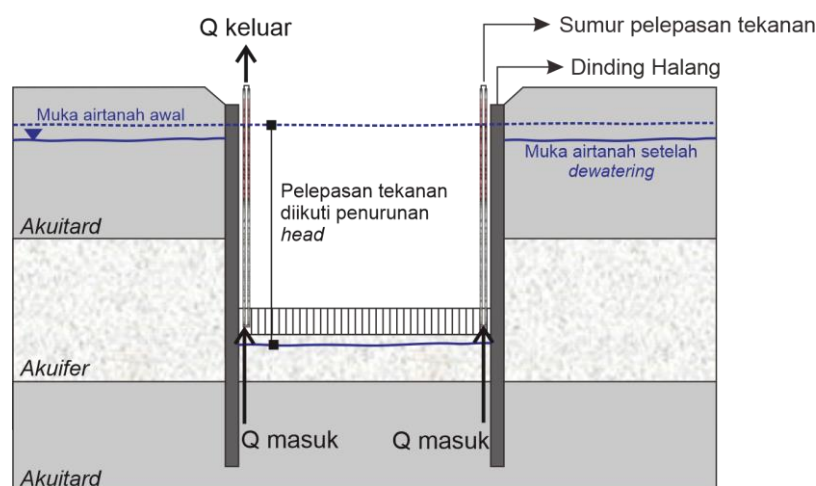
**Gambar 1.** Lokasi proyek penggalian stasiun bawah tanah.

Lokasi proyek stasiun bawah tanah MRT berada di Kota Jakarta Pusat, Provinsi DKI Jakarta (Gambar 1). Kegiatan penggalian dilakukan untuk mengkonstruksi stasiun bawah tanah yang merupakan pemberhentian dari jalur MRT. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengamati besar perubahan *head* atau *drawdown* yang terjadi akibat adanya kegiatan *dewatering*. Pengamatan dilakukan pada lokasi penggalian Stasiun Bawah Tanah A dan B yang berjarak sekitar 800 m. Kedua stasiun ini dikelilingi oleh bangunan-bangunan berserajarah dan penting seperti Monumen Nasional dan kantor-kantor pemerintahan pusat, sehingga kegiatan *dewatering* yang dilakukan tidak boleh mengganggu kestabilan bangunan-bangunan tersebut. Untuk mencapai tujuan tersebut, metode dinding halang (*cut-off wall*) dan airtanah dikeluarkan melalui sumur pelepasan tekanan (*pressure relief well*). Ilustrasi *dewatering* dapat dilihat pada Gambar 2. Sumur pelepasan tekanan adalah metode *dewatering* pasif yang membiarkan airtanah keluar seiring dengan berkurangnya

tekanan pori di kedalaman. Kedua metode ini sangat efektif dalam menurunkan muka airtanah tanpa memengaruhi daerah di luar dinding halang (Cashman dan Preene, 2020; Preene dkk., 2000).

### Geologi dan Hidrogeologi

Lokasi penelitian berada di Cekungan Airtanah Jakarta yang secara stratigrafi termasuk kelompok Endapan Kipas Aluvium berumur Kuartar (Assegaf, 1998; Fachri dkk., 2002; Turkandi dkk., 1992). Gambar merupakan penampang geologi spesifik yang menampilkan penyebaran litologi di lokasi penelitian. Litologi penyusun lokasi penelitian didominasi oleh endapan tidak terkonsolidasi berukuran lempung hingga lanau dengan sisipan pasir hingga kerikil. Lapisan ini sangat tebal dan memiliki lensa dan sisipan lapisan endapan berukuran pasir halus hingga sedang yang tebal (sekitar 1-20 m). Endapan berukuran lempung hingga lanau berperan sebagai akuitard dengan nilai konduktivitas hidraulik hasil pengujian akuifer sebesar  $7,3 \times 10^{-7}$  m/s, sedangkan pada endapan pasir halus hingga sedang berperan sebagai akuifer dengan nilai konduktivitas hidraulik sebesar  $1,6 \times 10^{-4}$  m/s. Endapan-endapan ini secara hidrostratigrafi termasuk kelompok Zona Akuifer I (Fachri dkk., 2002) atau Kelompok Airtanah Tak Tertekan (Assegaf, 1998) yang memiliki muka air freatik.



Gambar 2. Ilustrasi metode dewatering yang dilakukan pada penggalian stasiun bawah tanah.

### METODE

#### Metode Numerik

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode numerik beda hingga (*finite difference method*) berdasarkan beberapa asumsi. Metode numerik beda hingga digunakan untuk menyelesaikan persamaan pembentuk aliran (*governing equations*) airtanah dan asumsi digunakan untuk menyederhanakan kondisi airtanah (Anderson dkk., 2015)). Beberapa asumsi yang digunakan adalah:

- Airtanah yang dipantau pada penelitian ini merupakan airtanah freatik yang berada di akuifer tidak tertekan.
- Nilai konduktivitas hidraulik ( $K$ , dengan satuan m/s) bersifat isotropik (nilai konduktivitas hidraulik sama di arah  $x$ ,  $y$ , dan  $z$ ) dan homogen (nilai konduktivitas hidraulik sama di segala titik). Namun, berdasarkan karakteristik litologi dan hidraulik dibagi menjadi dua, yaitu nilai konduktivitas hidraulik untuk akuifer ( $K_{aqr}$ ) dan akuitard ( $K_{aqd}$ ), sehingga persamaan matematika untuk kondisi ini adalah (Freeze dan Cherry, 1979):

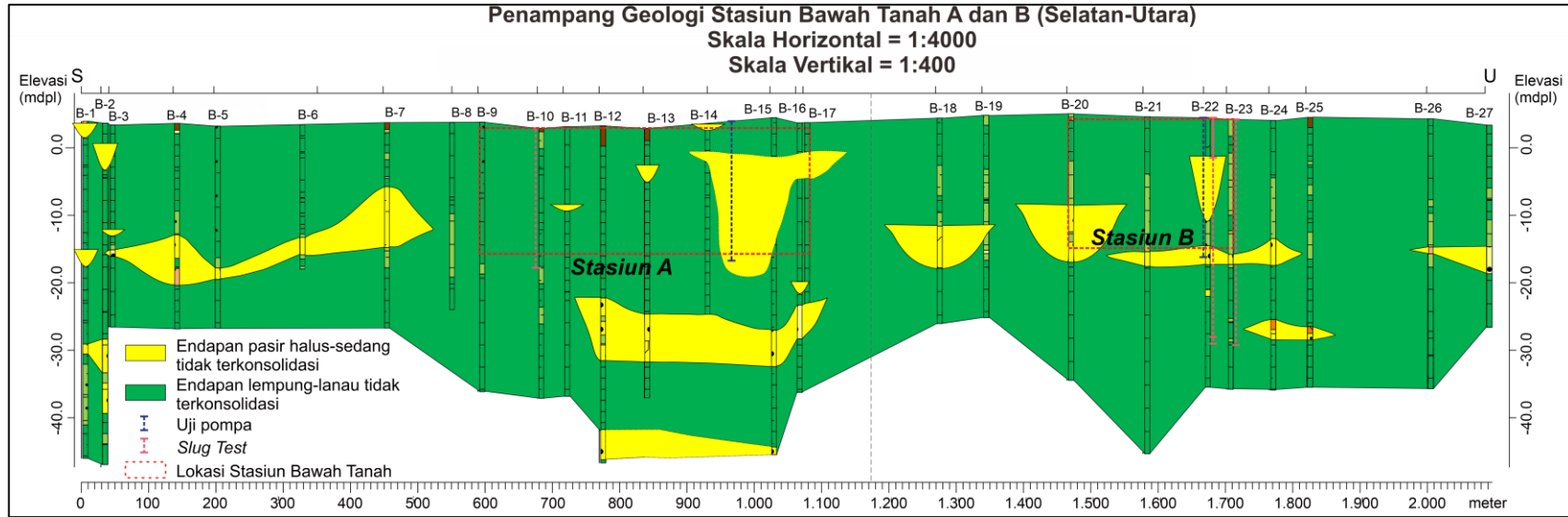
$$K_{aqr} = K_{aqr}x = K_{aqr}y = K_{aqr}z \quad (1)$$

$$K_{aqd} = K_{aqd}x = K_{aqd}y = K_{aqd}z \quad (2)$$

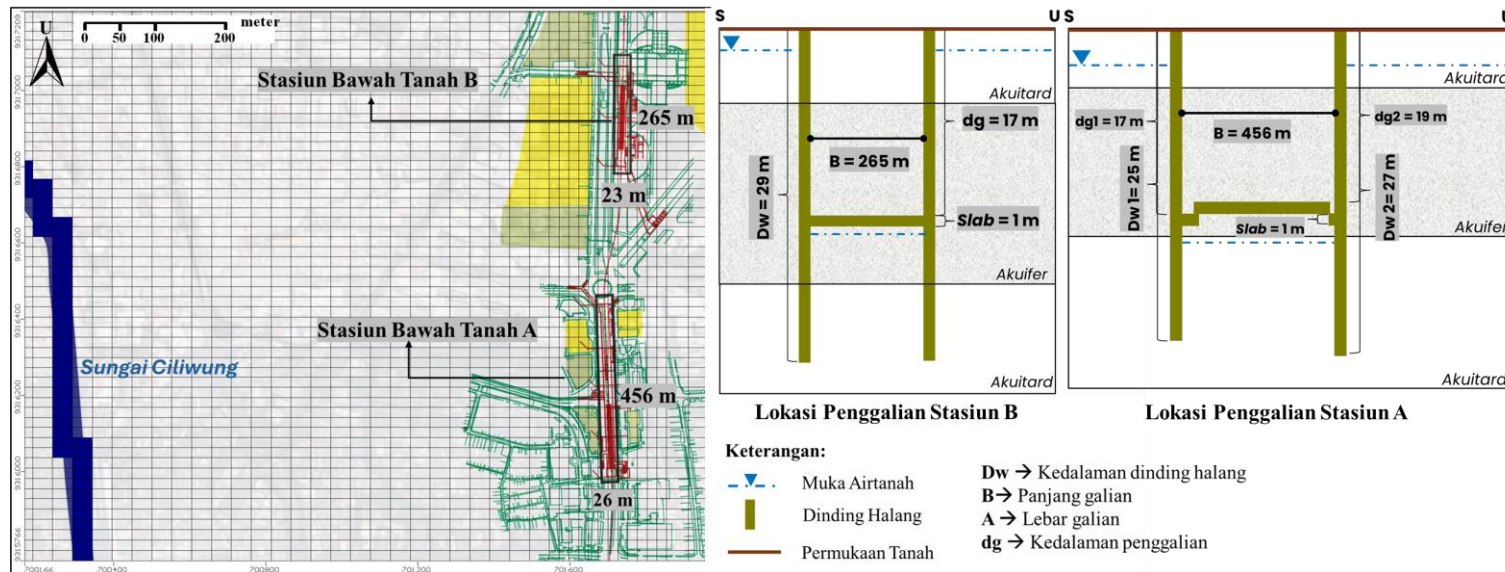
- Kondisi *steady-state* untuk menggambarkan kondisi awal, setelah pemasangan dinding halang, dan setelah kegiatan *dewatering* selesai dilakukan. Pada kondisi ini, besar dan arah aliran air di setiap titik konstan terhadap waktu. Freeze dan Cherry (1979) menjabarkan persamaan matematika pada kondisi ini berdasarkan hukum Darcy, yaitu:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left( K_x \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( K_y \frac{\partial h}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( K_z \frac{\partial h}{\partial z} \right) = 0 \quad (3)$$

dengan  $K_x$ ,  $K_y$ , dan  $K_z$  adalah konduktivitas hidraulik pada arah  $x$ ,  $y$ , dan  $z$ . Berdasarkan persamaan (1) dan (2), persamaan matematika aliran airtanah kondisi *steady-state* menjadi:



Gambar 3. Penampang geologi Stasiun Bawah Tanah A dan B.



Gambar 4. Model penggalian stasiun bawah tanah A dan B

$$\frac{\partial^2 h}{x^2} + \frac{\partial^2 h}{y^2} + \frac{\partial^2 h}{z^2} = 0 \quad (4)$$

dengan  $h$  adalah *hydraulic head* (m) serta  $x$ ,  $y$ , dan  $z$  adalah panjang aliran dari arah  $x$ ,  $y$ , dan  $z$  (m).

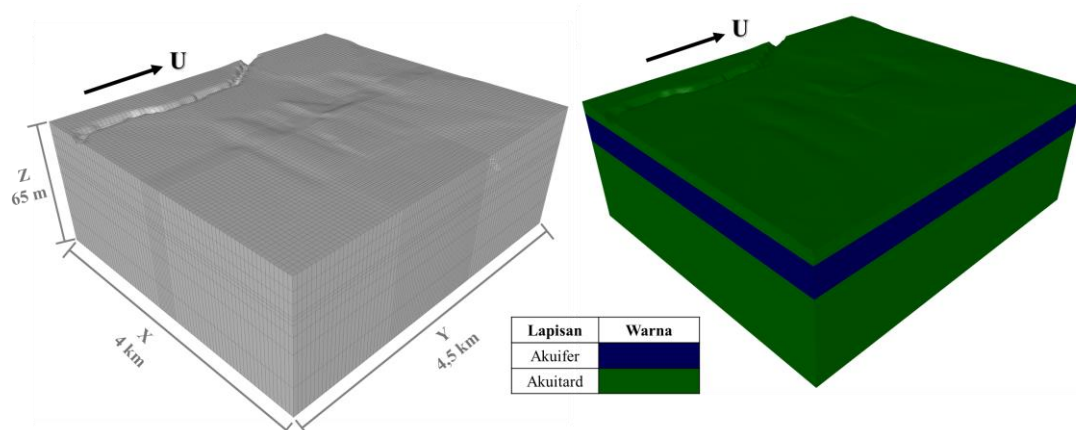
- d) Kondisi *transient* pada penelitian ini digunakan untuk menggambarkan kegiatan *dewatering*. Pada kondisi ini besar dan arah aliran air di setiap titik berubah terhadap waktu akibat adanya aliran airtanah yang dipaksa masuk dan keluar dari dan ke dalam sistem (Freeze dan Cherry, 1979). Adanya perubahan *head* terhadap waktu menyebabkan ruas kanan dari persamaan (3) menjadi  $\frac{\partial h}{\partial t}$ . *Specific yield* ( $S_y$ , tanpa satuan) adalah parameter lain yang muncul ketika airtanah berada dalam kondisi *transient* karena parameter ini menilai kapasitas batuan atau tanah untuk mengeluarkan airtanah setiap penurunan satu meter *hydraulic head*. Selain itu, pada ruas kiri terdapat penambahan faktor imbuhan (*recharge*) atau keluaran (*discharge*) ( $W$ ) karena adanya proses seperti infiltrasi, evapotranspirasi, interaksi dengan air permukaan, atau pemompaan. Berdasarkan Bear (1979) dan Anderson dkk. (2015), persamaan matematika untuk kondisi ini adalah:

$$\frac{\partial^2 h}{x^2} + \frac{\partial^2 h}{y^2} + \frac{\partial^2 h}{z^2} \pm W = \frac{S_y}{K} \frac{\partial h}{\partial t} \quad (5)$$

dengan  $S_y$  adalah *Specific yield* (tanpa satuan),  $K$  adalah nilai konduktivitas hidraulik yang muncul karena merupakan sistem yang homogen dan isotropik,  $W$  adalah imbuhan atau keluaran airtanah (m/s) dan  $t$  adalah waktu (s).

#### Model Numerik, Karakteristik Hidraulik, dan Kondisi Batas (*Boundary Condition*)

Persamaan matematika nomor 1 hingga 4 digunakan untuk membangun model numerik dari respon airtanah terhadap kegiatan *dewatering* di lokasi penelitian. Model numerik airtanah pada penelitian ini berukuran panjang 4 km, lebar 4,5 km, dan kedalaman sekitar 65 m (Gambar 5). Desain untuk penggalian stasiun bawah tanah A berukuran panjang 456 m, lebar 22 hingga 26 m, dan kedalaman 17 hingga 19 m, sedangkan pada stasiun bawah tanah B berukuran panjang 265 m, lebar 23 m, dan kedalaman 16 hingga 17 m (Gambar 4). Penggalian stasiun bawah tanah dibatasi oleh dinding halang setebal 1 m untuk mengurangi jari-jari pengaruh penurunan muka airtanah yang diakibatkan oleh kegiatan *dewatering*. Penetrasi dinding halang pada stasiun bawah tanah A hingga kedalaman 33 m di bawah permukaan tanah, sedangkan pada stasiun bawah tanah B hingga kedalaman 29 m di bawah permukaan tanah. Konduktivitas hidraulik pada dinding halang diasumsikan bernilai  $10^{-9}$  m/s. Model numerik penggalian stasiun bawah tanah dapat dilihat pada **Error! Reference source not found.** Masukan karakteristik hidraulik terdiri dari konduktivitas hidraulik, *storage*, dan nilai *head* awal. Nilai konduktivitas hidraulik dan *storage* di hasilkan dari pengujian pompa (*pumping test*) yang menghasilkan nilai pada masing-masing lapisan (Tabel 1).



**Gambar 5.** Jaring (*mesh*) model numerik beda hingga 3-dimensi (a); Pembagian lapisan akuifer pada model numerik (b).

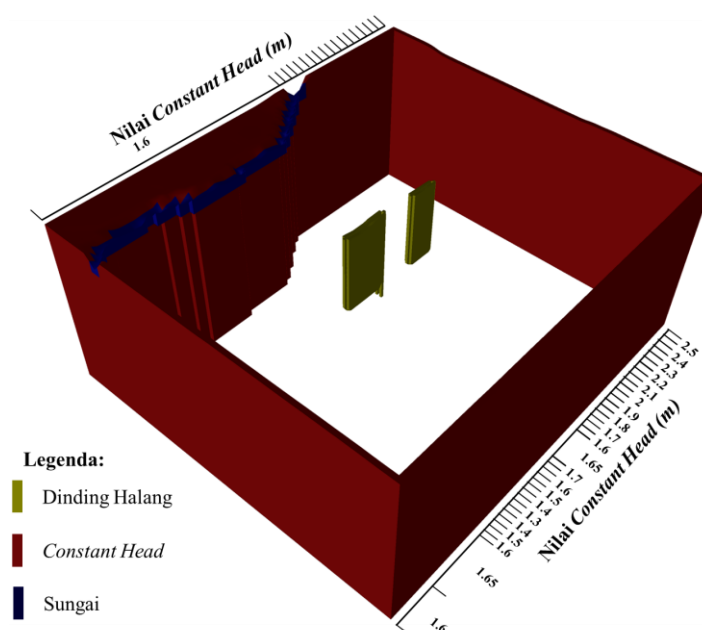
**Tabel 1.** Karakteristik hidraulik lapisan akuifer.

Karakteristik	Akuifer	Akuitard
Tebal (m)	±15	6 m pada lapisan atas, 43 m pada lapisan bawah
Konduktivitas Hidraulik pada arah X dan Y (m/s)	$1,6 \times 10^{-4}$	$7,3 \times 10^{-7}$
Konduktivitas Hidraulik pada arah Z (m/s)	$1,6 \times 10^{-5}$	$7,3 \times 10^{-8}$
<i>Specific Yield</i>	0,165	0,001
Porositas Total	0,3	0,67
Porositas Efektif	0,165	0,001

Kondisi batas perlu ditentukan sebagai diskritisasi dari persamaan matematika aliran airtanah (Reilly, 2001). Penelitian ini menggunakan kondisi batas *constant-head*, sungai, imbuan, dan evapotranspirasi. Batas *constant-head* berada di sekeliling penggambaran area penelitian dan berjarak m dari lokasi penggalian. Batas ini diasumsikan sebagai area yang tidak akan terpengaruh oleh dinamika airtanah yang berada di dalam batas area. Nilai *constant-head* yang dimasukkan pada model numerik ditunjukkan pada Gambar 6. Data dari sungai yang berada sekitar 1,5 km dari lokasi penggalian berasal dari data Dinas Sumberdaya Air Provinsi DKI Jakarta tahun 2024 dan nilai imbuan didapatkan dari penelitian tentang neraca air yang dilakukan di Jakarta oleh Nugraha dkk. (2021). Kriteria kondisi batas dapat dilihat pada Tabel 2 dan **Error! Reference source not found.**

**Tabel 2.** Kriteria kondisi batas

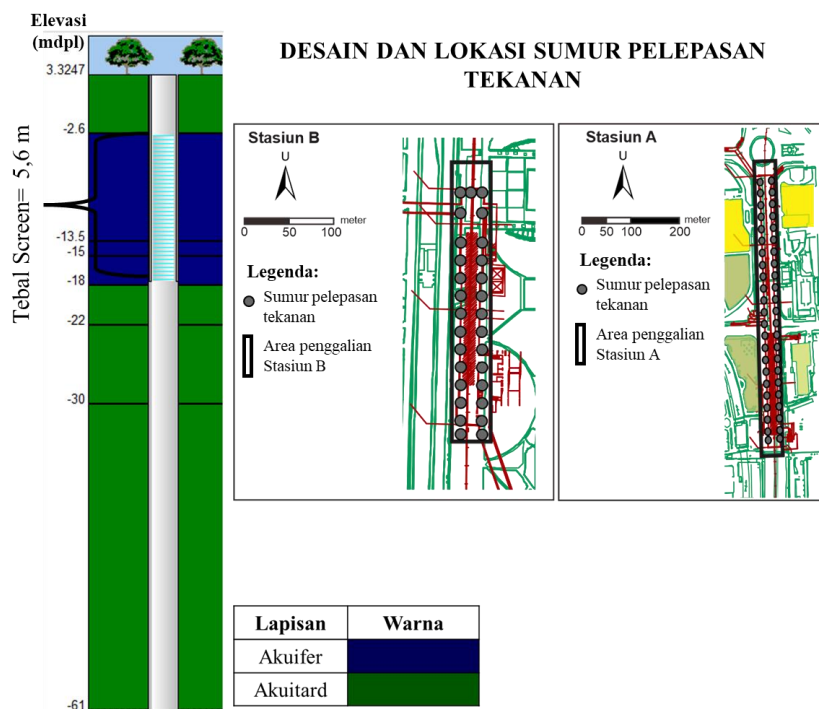
Kondisi Batas					
Sungai		Imbuan		Evapotranspirasi	
Elevasi dasar sungai	±0 mdpl	Laju	210 mm/tahun	Laju	350 mm/tahun
Ketebalan dasar sungai	0.5 m	Lokasi masukan data	Lapisan 1	Lokasi masukan data	Lapisan 1
Nilai K dasar sungai	$1 \times 10^{-6}$	Waktu simulasi	1186 hari	Waktu simulasi	1186 hari
Waktu simulasi	1186 hari			Kedalaman Zona Perakaran	4 m
Tinggi Muka Air dari Permukaan (Dinas Sumber Daya Air Prov Jakarta, 2024)	1,5 m				



**Gambar 6.** Kriteria kondisi batas constant-head.

### Skenario Simulasi

Kegiatan *dewatering* tidak menggunakan pemompaan melainkan sumur pelepasan tekanan selama 810 hari di Stasiun Bawah Tanah A dan 930 hari di Stasiun Bawah Tanah B. Stasiun Bawah Tanah A memulai kegiatan *dewatering* pada lebih dahulu sedangkan Stasiun Bawah Tanah B dengan selisih 185 hari. Sumur pelepasan tekanan di setiap sisi penggalian dan berjumlah 46 di sekitar lokasi Stasiun Bawah Tanah A dan 29 di Stasiun Bawah Tanah B. *Screen* sumur dipasang diseluruh akuifer (Gambar 7). Tinjauan literatur yang dilakukan oleh (Wang dkk., 2020) menunjukkan bahwa belum ada teori-teori yang menjelaskan tentang perilaku sumur pelepasan tekanan, sehingga untuk melakukan simulasi sumur ini dapat menggunakan karakteristik dari sumur pompa. Laju pemompaan yang disimulasikan pada penelitian ini sesuai dengan debit maksimal dari sumur pelepasan tekanan, yaitu  $4,15 \text{ m}^3/\text{hari}$ .



**Gambar 7.** Lokasi kedalaman screen sumur pelepasan tekanan (kiri) dan persebaran sumur pelepasan tekanan di lokasi penggalian Stasiun Bawah Tanah A dan B.

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### Hasil Simulasi Kondisi Awal (Kondisi *Steady-State*)

Simulasi dalam kondisi *steady-state* dilakukan untuk mengetahui kondisi awal dengan asumsi belum adanya aktivitas ekstraksi atau injeksi yang terjadi di lokasi penelitian. Simulasi ini menggambarkan persebaran *head* airtanah dengan mempertimbangkan kondisi-kondisi batas yang telah ditentukan. Berdasarkan kondisi batasnya, simulasi ini dibagi menjadi dua tahapan, yaitu sebelum pembangunan dinding halang dan setelah pembangunan dinding halang. Hasil dari simulasi kondisi awal di lokasi penelitian ditampilkan pada Gambar 8 dan Gambar 9. Adanya dinding halang menyebabkan adanya depresi *head* airtanah di dalam zona dinding halang.

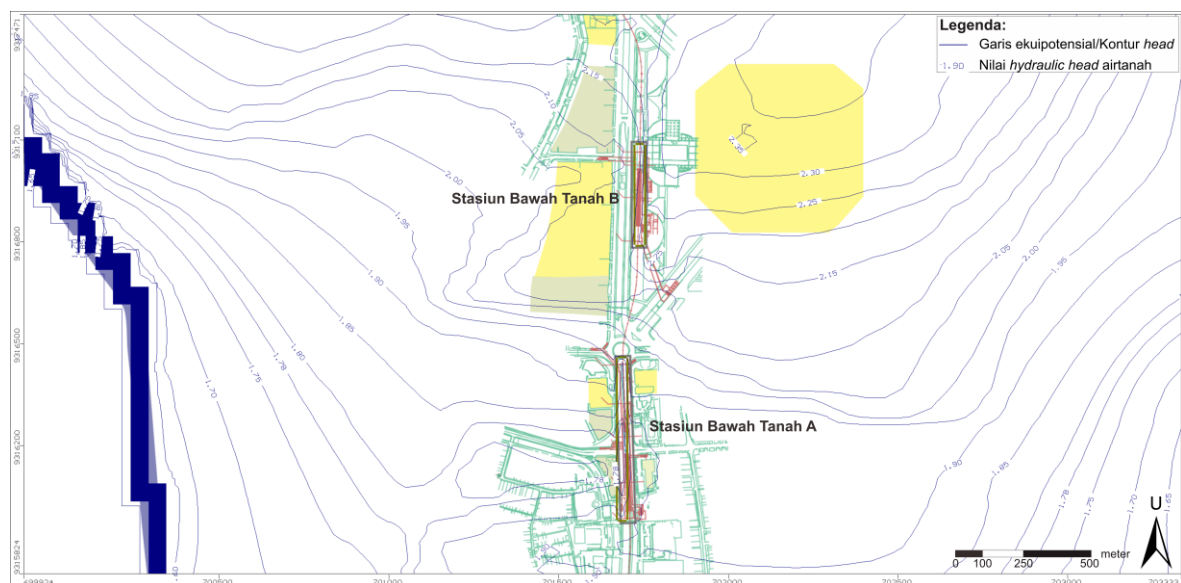
#### Hasil dan Penjelasan Simulasi Kegiatan *Dewatering*

Hasil simulasi yang dilakukan menyebabkan penurunan muka airtanah dan *head* airtanah. Kegiatan *dewatering* dengan debit sebesar  $4,15 \text{ m}^3/\text{s}$  menyebabkan muka airtanah membentuk pola depresi. Pada lokasi penggalian Stasiun Bawah Tanah A muka airtanah turun hingga mencapai elevasi  $-18 \text{ mdpl}$  dan pada lokasi penggalian Stasiun Bawah Tanah B turun hingga elevasi  $-13,3 \text{ mdpl}$  di (Gambar 10). Untuk mengetahui respon airtanah terhadap kegiatan *dewatering* dilakukan pemantauan terhadap perubahan *head* dan *drawdown* airtanah selama 1186 hari (Tabel 3). Perubahan *head* airtanah (*drawdown*) merupakan selisih dari nilai *head* di kondisi awal (*steady-state*) dengan nilai *head* pada saat kegiatan *dewatering* berjalan (Halford dan Hanson, 2002).

Pada lokasi penggalian Stasiun Bawah Tanah A, kegiatan *dewatering* dimulai setelah hari ke-365. Sebelum kegiatan *dewatering*, perbedaan antara nilai *head* airtanah di dalam dengan di luar lokasi penggalian sebesar 0,04 m. Nilai *head* airtanah di dalam lokasi penggalian berkurang sebesar 0,06 hingga 0,08 m akibat adanya dinding halang atau *cut off wall* yang mengelilingi lokasi penggalian (Gambar 12 dan Gambar 13). Dinding halang menyebabkan adanya peningkatan nilai *head* pada jarak 10-15 m dari lokasi penggalian sebesar 0,02 hingga 0,04 m.



Gambar 8. Hasil Simulasi Kondisi Awal (*Steady-State*) tanpa adanya dinding halang.



Gambar 9. Hasil simulasi kondisi awal (*steady-state*) dengan adanya dinding halang.

Selama kegiatan *dewatering* berjalan, *drawdown* bernilai negatif hingga jarak 10 hingga 15 m dari dinding halang dan bernilai positif pada jarak lebih dari 35 m dari dinding halang. Di dalam lokasi penggalian, kenaikan nilai *head* sebesar 1,137 m. Adanya kenaikan nilai *head* di sekitar lokasi penggalian Stasiun Bawah Tanah A disebabkan adanya penurunan muka airtanah hingga mencapai kedalaman lapisan atas dari akuitard (Gambar 10). Di luar lokasi penggalian, *head* airtanah cenderung stabil dengan *drawdown head* airtanah yang kecil (sekitar 0,01 hingga 0,02 m).

Pada lokasi penggalian Stasiun Bawah Tanah B, kegiatan *dewatering* dimulai setelah hari ke-181 dan berhenti pada hari ke-1186. Sebelum kegiatan *dewatering*, *head* airtanah di dalam lokasi penggalian sebesar 2,153 mdpl. Perbedaan antara nilai *head* airtanah di dalam dengan di luar lokasi penggalian memiliki kesamaan nilai dengan lokasi penggalian Stasiun




Bawah Tanah A, yaitu sebesar 0,04 m. Di luar lokasi penggalian, nilai *drawdown* akibat adanya dinding halang sangat kecil, yaitu sebesar 0,001 hingga hingga 0,07 m.

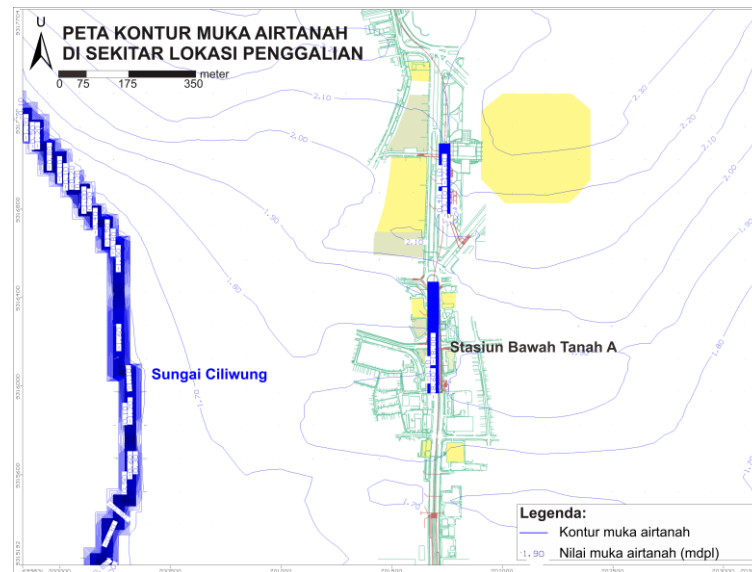
Kegiatan *dewatering* menyebabkan penurunan nilai *head* airtanah di dalam dan di luar lokasi penggalian Stasiun Bawah Tanah B (Gambar 14 dan Gambar 15). Di dalam lokasi penggalian, nilai *head* airtanah turun hingga -5,5 m. Pada jarak 5 m dan 65 m dari dinding halang, penurunan *head* airtanah sebesar 0,04 m. Namun, terjadi peningkatan nilai penurunan pada jarak 35 hingga 40 m dari dinding halang sebesar 0,04 m. Semakin jauh dari dinding halang, penurunan *head* airtanah semakin mengecil menjadi 0,03 m pada jarak 260 hingga 295 m dan 0,02 m pada jarak 530 hingga 550 m. Setelah kegiatan *dewatering* selesai, nilai *head* airtanah di dalam dan di luar lokasi penggalian Stasiun Bawah Tanah B mengalami pemulihan. Di dalam lokasi penggalian, nilai *head* airtanah meningkat sebesar 1 m jika dibandingkan dengan nilai *head* sebelum kegiatan *dewatering*.

**Tabel 3.** Hasil Pemantauan Simulasi Kegiatan *Dewatering*

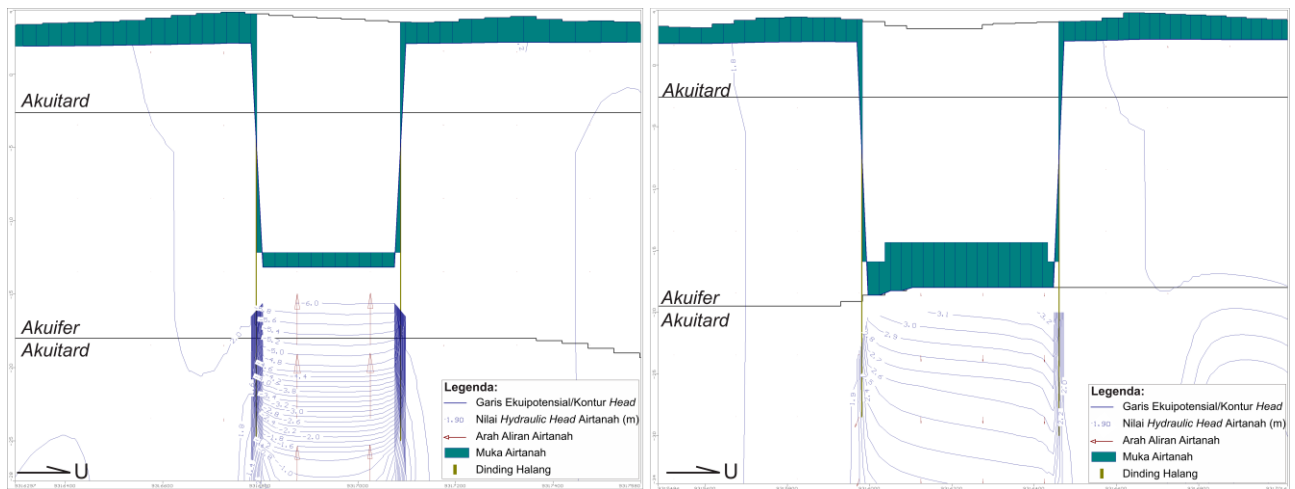
Lokasi Penggalian	Waktu Pemantauan (hari ke-)	Jarak dari Dinding Halang (m)													
		0 m		10 - 15 m		35 m		60-65 m		110-115 m		295-310 m		550 m	
		H	S	H	S	H	S	H	S	H	S	H	S	H	S
Stasiun Bawah Tanah A	181	1.848	0.063	1.888	-0.030	1.883	0.006	1.883	0	1.89	0.001	1.899	0.003	1.904	0.002
	365	1.829	0.083	1.876	-0.018	1.864	0.025	1.864	0.019	1.87	0.019	1.882	0.020	1.890	0.016
	730	3.048	-1.137	1.876	-0.018	1.869	0.020	1.869	0.014	1.88	0.015	1.884	0.017	1.890	0.016
	1095	3.048	-1.137	1.876	-0.018	1.869	0.020	1.869	0.014	1.88	0.015	1.884	0.017	1.890	0.016
	1186	3.068	-1.157	1.894	-0.036	1.887	0.002	1.886	-0.004	1.89	-0.002	1.900	0.000	1.903	0.003
Stasiun Bawah Tanah B		0 m		5 m		35-40 m		60-65 m		115 m		260-295 m		530-550 m	
		H	S	H	S	H	S	H	S	H	S	H	S	H	S
	181	2.153	-0.030	2.191	-0.007	2.157	0.002	2.191	-0.001	2.19	-0.003	2.176	-0.006	2.124	0.001
	365	-5.486	7.608	2.133	0.043	2.083	0.077	2.144	0.046	2.15	0.041	2.143	0.027	2.103	0.022
	730	-5.497	7.619	2.146	0.038	2.082	0.078	2.143	0.047	2.15	0.042	2.142	0.028	2.102	0.024
1095	-5.496	7.619	2.132	0.044	2.082	0.078	2.143	0.047	2.15	0.042	2.142	0.028	2.102	0.024	
1186	3.119	-0.997	2.201	-0.017	2.163	-0.003	2.193	0.002	2.19	-0.004	2.176	-0.006	2.123	0.002	

Keterangan:

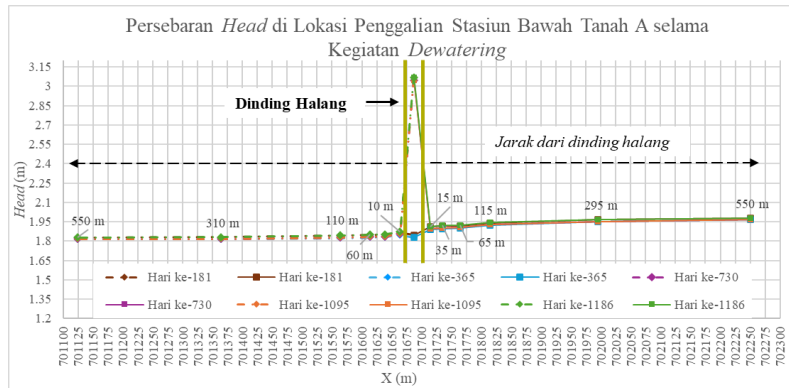
-  : Kegiatan *dewatering* sedang berjalan
- H : *Head* (mdpl)
- S : *Drawdown* atau penurunan *head* airtanah (m)



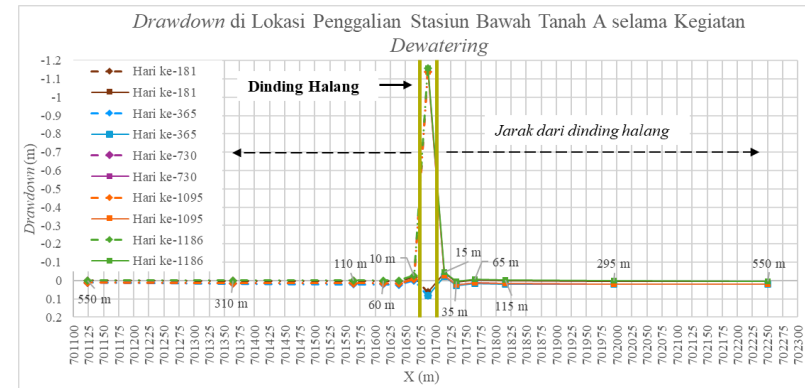
Gambar 10. Peta kontur muka airtanah di sekitar lokasi penggalian Stasiun Bawah Tanah A dan B.



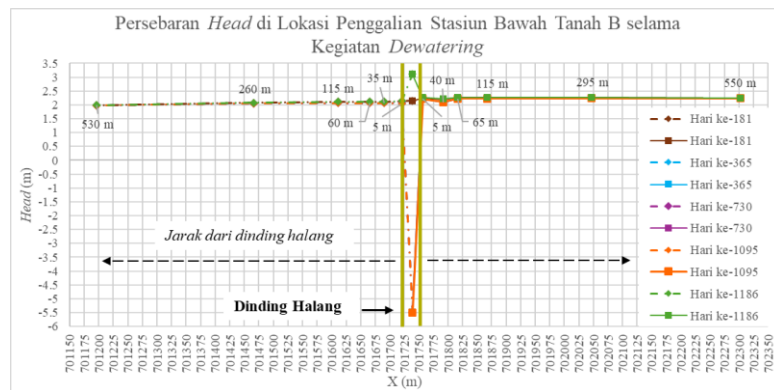
Gambar 11. Penampang kontur head di sekitar lokasi penggalian Stasiun Bawah Tanah A dan B.



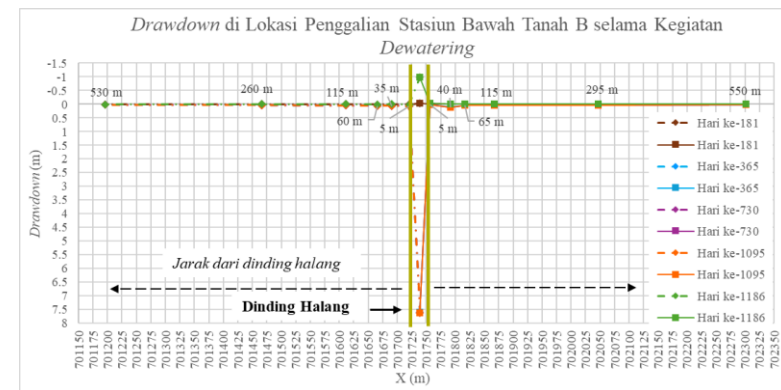
**Gambar 12.** Grafik persebaran head di di lokasi penggalian Stasiun Bawah Tanah A selama kegiatan dewatering.



**Gambar 13.** Grafik persebaran drawdown di di lokasi penggalian Stasiun Bawah Tanah A selama kegiatan dewatering.



**Gambar 14.** Grafik persebaran head di di lokasi penggalian Stasiun Bawah Tanah B selama kegiatan dewatering.



**Gambar 15.** Grafik persebaran drawdown di di lokasi penggalian Stasiun Bawah Tanah B selama kegiatan dewatering.

## PENUTUP

Simulasi kegiatan *dewatering* dengan metode numerik beda hingga yang dilakukan di sekitar lokasi penggalian Stasiun Bawah Tanah A dan B menghasilkan perubahan *head* dan muka airtanah yang dipantau selama 1186 hari. Kegiatan *dewatering* dilakukan melalui sumur-sumur pelepasan tekanan di setiap lokasi penggalian dengan kapasitas sumur sebesar 4,15 m<sup>3</sup>/s per sumur. Simulasi *dewatering* ini dapat menurunkan muka airtanah hingga -18 mdpl dan menaikkan *head* hingga 3 mdpl di lokasi penggalian Stasiun Bawah Tanah A. Sementara di lokasi penggalian Stasiun Bawah Tanah B, kegiatan *dewatering* menurunkan muka airtanah dan *head* hingga -13,3 mdpl dan -5 mdpl. *Drawdown* yang terjadi di dalam lokasi penggalian sebesar 3,1 m di Stasiun Bawah Tanah A dan -5,5 m di Stasiun Bawah Tanah B. Di luar lokasi penggalian hingga jarak 550 m, besar *drawdown* yang terjadi berkisar antara 1-8 cm. Setelah kegiatan *dewatering* selesai, terlihat adanya pemulihan *head* airtanah.

*Head* airtanah di dalam lokasi penggalian stasiun bawah tanah perlu mendapat perhatian khusus karena memengaruhi nilai tekanan air pori di dalam lapisan batuan tidak terkonsolidasi. Nilai tekanan air pori yang terlalu kecil atau terlalu besar dapat memengaruhi kestabilan dari penggalian stasiun bawah tanah. Rencana alternatif atau *contingency plan* perlu dilakukan untuk menjaga nilai *head* dan muka airtanah, baik di dalam maupun di luar lokasi penggalian. Pembuatan sumur resapan airtanah yang memiliki *screen* di kedalaman akuifer dapat menjadi salah satu pilihan dari *contingency plan* untuk mengurangi *drawdown* yang terjadi di sekitar lokasi penggalian.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Penelitian ini didukung oleh PT. MRT Jakarta dalam Proyek pembangunan MRT Jakarta Fase 2.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anderson, M. P., Woessner, W. W., dan Hunt, R. J. (2015): *Applied Groundwater Modelling: Simulation of Flow and Advective Transport* (2 ed.), Academic Press, London ; San Diego, CA, 564.
- Assegaf, A. (1998): *Hidrodinamika Airtanah Alamiah Cekungan Jakarta*, Tesis Magister, Magister Teknik Geologi, Institut Teknologi Bandung.
- Bear, J. (1979): *Hydraulics of Groundwater*, McGraw-Hill.
- Cashman, P. M., dan Preene, M. (2020): *Groundwater lowering in construction: a practical guide to dewatering* (3rd edition), CRC Press, Boca Raton.
- Fachri, M., Djuhaeni, Hutasoit, L. M., dan Ramdhan, A. M. (2002): Stratigrafi dan hidrostratigrafi Cekungan Airtanah Jakarta, *Buletin Geologi*, **34**(3), 169–190.
- Freeze, R. A., dan Cherry, J. A. (1979): *Groundwater*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J, 604.
- Halford, K. J., dan Hanson, R. T. (2002): *User guide for the drawdown-limited, multi-node well (MNW) package for the US Geological Survey's modular three-dimensional finite-difference ground-water flow model, versions MODFLOW-96 and MODFLOW-2000* (Open-File Report 02–293).
- Nugraha, G. U., Lubis, R. F., Bakti, H., dan Hartanto, P. (2021): Groundwater Recharge Estimation Using Water Budget and Water Table Fluctuation Method in the Jakarta Groundwater Basin, *Indonesian Association of Geologists Journal*, **1**(1), 25–38. <https://doi.org/10.51835/iagij.2021.1.1.12>
- Preene, M., Roberts, T. O. L., Powrie, W., dan Dyer, M. R. (2000): *Groundwater Control - Design and Practice* (C515), CIRIA.
- Pujades, E., dan Jurado, A. (2021): Groundwater-related aspects during the development of deep excavations below the water table: A short review, *Underground Space*, **6**(1), 35–45. <https://doi.org/10.1016/j.undsp.2019.10.002>
- Reilly, T. E. (2001): *System and boundary conceptualization in ground-water flow simulation*, US Geological Survey. <https://doi.org/10.3133/twri03B8>
- Turkandi, T., Sidarto, Agustiyanto, D. A., dan Purbohadiwidjojo, M. M. (1992): Peta Geologi Lembar Jakarta dan Kepulauan Seribu, Jawa, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Wang, W., Faybishenko, B., Jiang, T., Dong, J., dan Li, Y. (2020): Seepage Characteristics of a Single Ascending Relief Well Dewatering an Overlying Aquifer, *Water*, **12**(3), 919. <https://doi.org/10.3390/w12030919>
- Ye, X. W., Ran, L., Yi, T. H., dan Dong, X. B. (2012): Intelligent Risk Assessment for Dewatering of Metro-Tunnel Deep Excavations, *Mathematical Problems in Engineering*, **2012**(1), 618979. <https://doi.org/10.1155/2012/618979>