

## ANALISIS ZONA RESAPAN DAN KELUARAN AIR TANAH DI DESA KUTAYU, KABUPATEN BREBES

ANALYSIS OF GROUNDWATER RECHARGE AND DISCHARGE ZONES IN KUTAYU VILLAGE,  
BREBES REGENCY

FX Anjar Tri Laksono\*<sup>1</sup>, Gumilar Ramadhan<sup>2</sup>, Rahman Wahyu Nurmajid<sup>3</sup>, Luh Ayu Gita  
Paramita<sup>4</sup>, Louis Loung-Yie Tsai<sup>5</sup>

\*Email: anjar.trilaksono@unsoed.ac.id

<sup>1, 2, 3, 4</sup> Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto

<sup>5</sup> Graduate Institute of Applied Geology, National Central University, Zhongli, Taiwan

**Abstrak**— Ketersediaan air di Desa Kutayu, Kabupaten Brebes saat musim kemarau sangat terbatas. Bahkan, setiap musim kemarau Pemerintah Kabupaten Brebes memberikan bantuan air bersih melalui Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM). Belum adanya kajian potensi air tanah di daerah tersebut menyebabkan persoalan kekeringan tidak dapat diatasi dalam jangka waktu panjang. Oleh karena itu, kajian pemodelan air tanah sangat diperlukan untuk mengetahui potensi dan sebaran air tanah di Desa Kutayu, Kabupaten Brebes. Tujuan dari kajian ini adalah membuat pemodelan air tanah untuk menentukan zona resapan (*recharge*) dan keluaran (*discharge*). Pengambilan data muka air tanah dilakukan pada 42 sumur yang tersebar di Desa Kutayu. Data muka air tanah dianalisis menggunakan metode *finite difference* atau beda hingga, yaitu menyelesaikan persamaan diferensial dengan membagi bidang menjadi segi empat sama luas. Hasil pengukuran menunjukkan muka air tanah terdalam berada pada kedalaman 6,31 m, sedangkan muka air tanah paling dangkal di kedalaman 1,77 m. Pola ketinggian muka air tanah sesuai dengan kontur topografi. Zona *recharge* terletak pada bagian utara Desa Kutayu. Zona *recharge* berada pada daerah perbukitan dengan tingkat kerapatan vegetasi yang tinggi. Zona *discharge* mencakup bagian selatan Desa Kutayu. Zona *discharge* merupakan area pemukiman warga. Berdasarkan hasil pemodelan air tanah didapatkan besar *flux* 0,147 m<sup>3</sup>/detik di zona *recharge* dan 0,116 m<sup>3</sup>/detik pada zona *discharge*.

**Kata kunci** — *recharge*, *discharge*, pemodelan, air tanah, Kutayu

**Abstract**— The availability of water in Kutayu Village, Brebes Regency during the dry season is very limited. In fact, every dry season the Brebes Regency Government provides clean water assistance through the Brebes Regency Water Supply Company (PDAM). The absence of studies on groundwater potential in this area has caused drought problems that might not be overcome in the long term. Therefore, groundwater modeling studies are needed to determine the potential and models of groundwater in Kutayu Village, Brebes Regency. The purpose of this study is to make groundwater modeling to determine the *recharge* and *discharge* zones. Groundwater level data collection was carried out on 42 wells in Kutayu Village. Ground water level data were analyzed using the *finite difference* method, which is to solve the differential equation by dividing the plane into equal squares. The measurement results show that the deepest ground water level is at a depth of 6.31 m, while the shallowest ground water level is at a depth of 1.77 m. The pattern of ground water level corresponds to the topographic contour. The *recharge* zone is located in the northern part of Kutayu Village. The *recharge* zone is in a hilly area with a high level of vegetation density. While the *discharge* zone covers the southern part of Kutayu Village. *Discharge* zone is a residential area. Based on the results of groundwater modeling, the flux value in the *recharge* area is 0.147 m<sup>3</sup>/s and 0.116 m<sup>3</sup>/s in the *discharge* zone.

**Keywords** — *recharge*; *discharge*; modeling; groundwater; Kutayu

### I. PENDAHULUAN

Air tanah mempunyai peranan yang sangat penting untuk kepentingan rumah tangga dan

industri. Kualitas air tanah umumnya lebih baik dibandingkan dengan air permukaan [1] [2]. Hal ini dikarenakan air tanah mengalami penyaringan dan tersimpan dalam akuifer sehingga lebih aman untuk

dikonsumsi. Oleh karena itu, keberadaan air secara kontinyu sangat dibutuhkan manusia dan makhluk hidup lain [3].

Pada saat musim penghujan ketersediaan air tanah dangkal di Desa Kutayu mencukupi, namun ketika musim kemarau, muka air tanah menjadi lebih rendah sehingga menimbulkan kekeringan. Bahkan, di desa-desa sekitar banyak masyarakat mengalami kesulitan air bersih [4]. Oleh karena itu, kajian pemodelan air tanah di Desa Kutayu perlu dilakukan untuk mengetahui potensi, persebaran ketinggian muka air tanah, arah aliran, dan debit/*flux* pada zona *recharge* dan *discharge*.

Pemodelan air tanah pada penelitian ini menggunakan metode *finite difference*. Metode ini merupakan salah satu metode numerik untuk menyelesaikan permasalahan diferensial dengan menggunakan sistem *nodal points* [5] [6]. Hasil pemodelan ini akan membagi zona *recharge* dan *discharge* dengan tepat termasuk pola alirannya secara dua dimensi (2-D) maupun tiga dimensi (3-D). Selain itu, kajian ini juga memasukkan metode estimasi untuk mengetahui debit air pada kedua zona tersebut [7] [8] [9].

Penelitian mengenai air tanah di Kabupaten Brebes pernah dilakukan oleh beberapa peneliti terdahulu. Salah satu kajian yang pernah dilakukan adalah korelasi antara kedalaman Muka Air Tanah (MAT) dengan Nilai Ambang Batas (NAB) 10 parameter kualitas air tanah yaitu *Total Dissolved Solid* (TDS), Daya Hantar Listrik (DHL), alkalinitas, *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Biochemical Oxygen Demand* (BOD), total coliform, coliform tinja, pH, karbamat, dan organoklorin [10]. Studi sebaran salinitas air tanah juga telah memetakan zona konservasi air tanah di Kabupaten Brebes. Terdapat tiga kategori zona konservasi yaitu: rawan, aman, dan kritis. Selain itu juga terdapat pemetaan terjadinya penurunan muka air tanah akibat pembuatan sumur gali yang berlebihan dan tidak terkontrol [11].

Penggunaan metode *finite difference* telah banyak dilakukan di berbagai tempat untuk mengetahui persebaran potensi air tanah. Metode ini pada dasarnya menggunakan persamaan *Laplace* maupun *Poisson* untuk mendapatkan informasi mengenai kecepatan aliran, arah aliran, dan *hydraulic head* [8]. Solusi pemodelan ini disajikan dalam bentuk diskritisasi elemen grid persegi panjang [7]. Proses pemodelan air tanah memiliki beberapa tahapan. Tahapan pertama adalah pembuatan konseptual model berdasarkan parameter hidrologi yang didapatkan di lapangan. Selanjutnya, konseptual

model tersebut disederhanakan dengan cara mengabaikan beberapa parameter yang berpengaruh kecil terhadap distribusi air tanah. Tahap ketiga adalah formulasi numerik yaitu menentukan metode dan algoritma numerik. Formulasi numerik tersebut kemudian dimasukkan ke dalam bahasa pemrograman/aplikasi sehingga didapatkan solusi dari permasalahan diferensial. Hasil yang diperoleh kemudian dibandingkan dengan metode lain untuk dapat diambil kesimpulan berdasarkan tingkat *error*. Komponen-komponen yang harus dipertimbangkan adalah proses aliran air tanah, persamaan matematika yang merepresentasikan aliran air tanah, pergerakan zat terlarut, serta teknik analitik dan numerik untuk menyelesaikan persamaan matematika tersebut [9] [12]. Keterdapatannya air tanah sangat berkaitan erat dengan konduktivitas hidrolik (K), koefisien permeabilitas (k), dan geometri akuifer. Konduktivitas hidrolik dapat diketahui melalui uji pemompaan yaitu mengukur besarnya penurunan muka air tanah terhadap waktu pemompaan [13] [14]. Di Brebes terdapat Cekungan Air Tanah (CAT) yang dibagi menjadi enam satuan hidrogeologi yaitu: satuan setempat akuifer produktifitas rendah, setempat akuifer berproduksi sedang, setempat akuifer produktif, luas akuifer produktifitas tinggi, luas akuifer produktifitas sedang, dan daerah air langka. Peta zona konservasi CAT Bumiayu dibagi menjadi tujuh yaitu zona lindung dan zona aman I-VI [15].

Penelitian-penelitian sebelumnya dilakukan pada daerah yang sangat luas yaitu meliputi satu kabupaten, sedangkan pada penelitian ini fokus pada pemodelan sistem air tanah di Desa Kutayu. Selain itu penggunaan metode *finite difference* untuk pembuatan pemodelan sistem air tanah di Desa Kutayu dan penentuan zona *recharge* dan *discharge* merupakan yang pertama kali dan belum pernah diterapkan sebelumnya. Padahal pembuatan pemodelan sangat penting dilakukan karena dapat memberikan gambaran mengenai kondisi sistem akuifer yang ada di daerah penelitian dan dapat menggambarkan geometri serta pola aliran air tanah secara jelas.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

Model air tanah adalah representasi sistem air tanah yang disederhanakan. Model air tanah dapat diklasifikasi menjadi tiga yaitu secara fisik, matematika, dan numerik. Model fisik artinya membuat replika proses fisik dengan memperkecil skala sesungguhnya yang terdapat di lapangan.

Sedangkan model matematika menggambarkan proses fisik dan batas-batas sistem air tanah menggunakan satu atau lebih persamaan. Model numerik adalah membagi ruang atau waktu menjadi beberapa diskrit [16].

Persamaan yang digunakan untuk memodelkan aliran air tanah secara tiga dimensi pada zona saturasi air dengan media berpori dapat ditunjukkan dengan persamaan 1:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left( K_{xx} \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( K_{yy} \frac{\partial h}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( K_{zz} \frac{\partial h}{\partial z} \right) - Q = S_s \frac{\partial h}{\partial t}$$

dimana,

$K_{xx}$ ,  $K_{yy}$ ,  $K_{zz}$ : Konduktivitas hidrolik sepanjang x, y, z yang dianggap sejajar dengan sumbu utama konduktivitas hidrolik (L/t)

h : tinggi tekanan air (m)

Q : debit air ( $m^3$ /hari)

$S_s$  : *Specific storage*

Secara khusus persamaan dasar untuk pemodelan air tanah tergantung jenis akuifer. Akuifer dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu akuifer tertekan dan akuifer tidak tertekan. Persamaan umum aliran air tanah pada akuifer tak tertekan sesuai prinsip hukum kekekalan massa dapat ditunjukkan dengan persamaan 2 [9].

$$-\left[ \frac{\partial M_x}{\partial x} \Delta x + \frac{\partial M_y}{\partial y} \Delta y + M_z \right] = \frac{\partial M_{cv}}{\partial t} \quad (2)$$

dimana,

$M_x$  : transportasi massa melalui sumbu x ( $m^3$ /hari)

$M_y$  : transportasi massa melalui sumbu y ( $m^3$ /hari)

$M_z$  : transportasi massa melalui sumbu z ( $m^3$ /hari)

$M_{cv}$  : transportasi massa pada kondisi jenuh air ( $m^3$ /hari)

t : waktu transportasi massa (hari)

Jika akuifer dalam kondisi homogen isotropy maka  $K_x = K_y = K_z = K$  dan besarnya densitas ( $\rho$ ) konstan karena air diasumsikan tidak termampatkan dan  $\partial z = h$  sehingga persamaannya menjadi persamaan 3 [17]

$$K \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} h + K \frac{\partial^2 h}{\partial y^2} h + \frac{\partial h}{\partial t} = n \frac{\partial h}{\partial t} \quad (3)$$

dimana,

n : porositas akuifer

h : tinggi tekanan air (m)

Pada akuifer tertekan yaitu lapisan batuan berada diantara lapisan kedap air maka transport massa air ke arah sumbu z tidak ada, karena lapisan atas dan bawahnya kedap air. Persamaan aliran air tanah yang berlaku ditunjukkan dengan persamaan 4:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left( K_x \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( K_y \frac{\partial h}{\partial y} \right) = S_o \frac{\partial h}{\partial t} \quad (4)$$

dimana,

$S_o$  : *Specific storage*

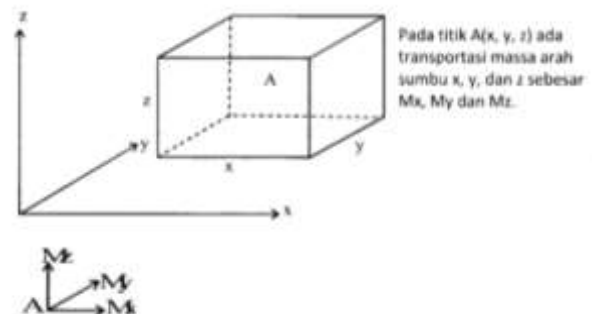
(1) Kondisi akuifer tertekan horizontal dan *homogenotrophy* ( $K_x = K_y = K$ ) dengan ketebalan b, Storativitas  $S = S_o \times b$ , dan transmisivitas  $T = K \times b$  maka berlaku persamaan 5 [16]:

$$\frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial y^2} = \frac{S}{T} \frac{\partial h}{\partial t} \quad (5)$$

dimana,

T : Transmisivitas ( $m^2$ /hari)

Ilustrasi mengenai transportasi massa air dalam koordinat *cartesian* yang dapat merepresentasikan aliran air tanah dalam suatu sistem dapat ditunjukkan dengan Gambar-1.



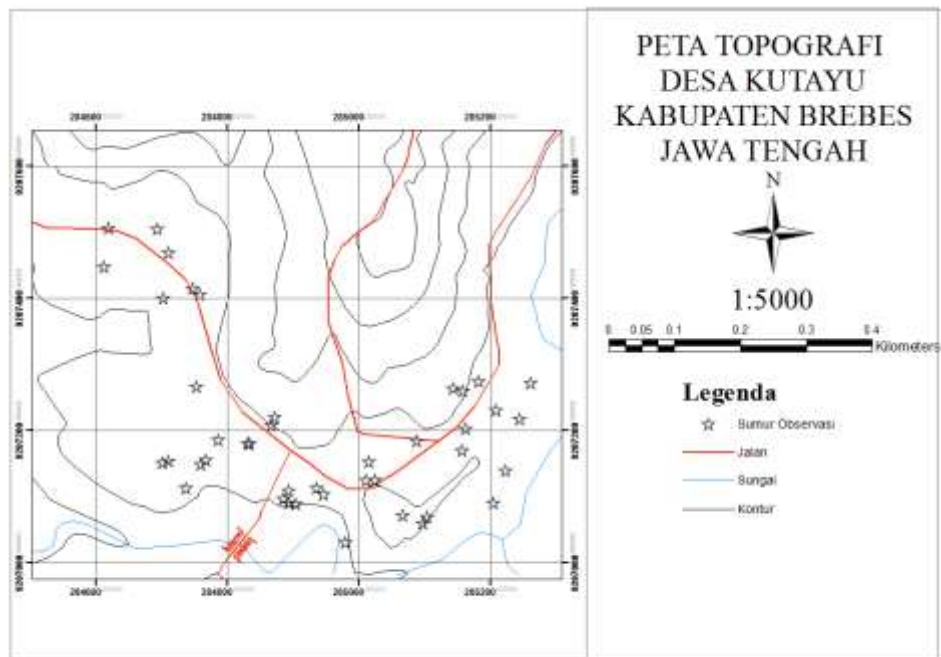
Gambar- 1. Ilustrasi aliran air tanah dalam koordinat *cartesian*

### III. METODE

Metode pengambilan data yang dilakukan yaitu dengan pengumpulan data berupa ketinggian muka air tanah yang diambil dari sumur-sumur warga. Parameter yang diukur yaitu tinggi bibir sumur, ketinggian muka air tanah, kedalaman sumur dan koordinat lokasi sumur menggunakan GPS. Pembuatan peta dasar berupa peta kontur dilakukan menggunakan data peta *SRTM* yang diolah dalam aplikasi *Global Mapper 11* (Gambar-2) menjadi file shp. Peta kemudian diolah dalam aplikasi *ArcGIS* menjadi peta topografi (Gambar-3).



**Gambar- 2.** Kawasan pemukiman Desa Kutayu, Brebes terletak pada area yang dibatasi persegi berwarna merah. Sekitar pemukiman terdapat vegetasi dengan tingkat kerapatan tinggi yang ditandai dengan warna hijau pada peta citra.



**Gambar- 3.** Peta topografi dan titik sumur gali Desa Kutayu yang ditunjukkan dengan simbol bintang. Jalan disimbolkan dengan garis berwarna merah dan sungai berwarna biru. Peta topografi menunjukkan pola kontur yang renggang dan elevasi yang rendah.

Berdasarkan data sumur gali didapatkan muka air tanah terdalam mencapai 6.31 m sedangkan muka air tanah terdangkal pada kedalaman 1,77 m (Tabel-1). Muka air tanah terdalam berada di Krajan 1, sedangkan muka air tanah terdangkal berada di Krajan 2. Rata-rata kedalaman muka air tanah di Krajan 1 yaitu 4,9409 m, Krajan 2 sedalam 3,0967 m, dan Krajan 3 pada kedalaman 3,645 m. Kedalaman muka air tanah secara umum mengikuti kontur topografi namun kedalaman muka air tanah juga

dipengaruhi oleh besarnya eksploitasi air tanah. Metode yang digunakan yaitu pemodelan numerik *finite difference method*. *Finite difference method* merupakan salah satu metode numerik untuk menyelesaikan permasalahan diferensial dengan menggunakan sistem *nodal points* dan menyelesaikan permasalahan diferensial pada setiap *nodes*-nya [5]. Sistem *nodal points* yang digunakan pada metode ini yaitu menggunakan sistem *grid* dengan *nodes*-nya berada di tengah *block grid*.

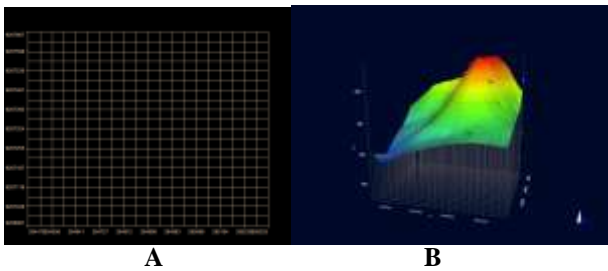
**Tabel- 1.** Data yang menunjukkan koordinat, kedalaman sumur gali, dan kedalaman Muka Air Tanah (MAT)

No	Koordinat		Bibir Sumur (m)	Kedalaman Sumur (m)	Kedalaman MAT (m)	Keterangan
	Latitude	Longitude				
1	284867.97	9207208.2	0.29	8.85	6.31	Krajan 1
2	284787.2	9207185	0.72	10.53	5.93	Krajan 1
3	284893.69	9207108.9	0.63	11.83	3.79	Krajan 1
4	284893.55	9207089.6	0.49	6.5	4.1	Krajan 1
5	284886	9207096.7	0.56	4.58	2.97	Krajan 1
6	284904.82	9207089.1	0.37	7	6.03	Krajan 2
7	284980.19	9207029.7	0.49	9.05	5.71	Krajan 2
8	284831.52	9207179.5	0.1	4	3.35	Krajan 1
9	284833.73	9207179.5	0.34	11.3	5.94	Krajan 1
10	284872.23	9207219.5	0.57	9.74	5.83	Krajan 1
11	284767.55	9207154.9	0.63	7.13	5.47	Krajan 1
12	284711.21	9207153.5	0.05	7.65	4.85	Krajan 3
13	284701.28	9207151.3	0.34	4.9	2.89	Krajan 3
14	284759.84	9207148.2	0.7	7.64	5.9	Krajan 1
15	284737.9	9207112.7	0.33	3.1	1.77	Krajan 3
16	284936.76	9207112.4	0.5	5.31	3.6	Krajan 2
17	284946.74	9207102.5	0.62	10.3	3.38	Krajan 2
18	285067.29	9207071	0.6	4.2	2.6	Krajan 2
19	285098.27	9207060	0.6	3.9	3	Krajan 2
20	285104.86	9207068.9	0.48	8	2.62	Krajan 2
21	285025.09	9207123.9	0.4	4	2.4	Krajan 2
22	285015.02	9207152.6	0.57	4.8	3.81	Krajan 2
23	285011.83	9207123.8	0.62	6.1	2.38	Krajan 2
24	285087.8	9207183.9	0.55	4.3	2.05	Krajan 2
25	284753.82	9207265.4	0.43	8.6	5.67	Krajan 3
26	284758.75	9207404.8	0.64	10.2	4.76	Krajan 1
27	284703.54	9207400.2	0.05	6.1	3.75	Krajan 3
28	284747.67	9207413.6	0.71	8.1	5.08	Krajan 3
29	285205.31	9207089.2	0.25	4.74	2.53	Krajan 2
20	285223.88	9207139.1	0.71	3.86	2.89	Krajan 2
31	285182.43	9207273.9	0.52	3.4	2.11	Krajan 2
32	285158.19	9207259.4	0.27	4.21	2.83	Krajan 2
33	285143.81	9207263.8	0.07	6.1	4.53	Krajan 2
34	285209.13	9207229.7	0.45	3.29	1.95	Krajan 2
35	285244.54	9207216.6	0.42	2.82	1.78	Krajan 2
36	285261.99	9207270.9	0.55	6.92	2.75	Krajan 2
37	285162.85	9207201.9	0.49	5.4	3.21	Krajan 2
38	285157.47	9207168.7	0.43	3.81	2.87	Krajan 2
39	284710.98	9207468.8	0.52	7.5	2.78	Krajan 3
40	284694.26	9207504.1	0.65	4.9	3.25	Krajan 3
41	284619.13	9207506	0.5	5	3	Krajan 3
42	284612.75	9207447.3	0.39	7.1	3.41	Krajan 3

Pemodelan numerik menggunakan aplikasi *Visual MODFLOW Flex 2015*. *MODFLOW* adalah model *finite difference flow* modular yang dibuat oleh *U.S Geological Survey*. *MODFLOW* merupakan model *finite difference 3-D* yang dikembangkan oleh [9]. Ukuran grid *finite difference* yang digunakan yaitu 20 x 20 dengan tinggi *cell* 34 meter dan lebar *cell* 42 meter, *extent* Xmin 284470.331, Xmax 284470.331, Ymin 9206980.778, dan 9207666.846,

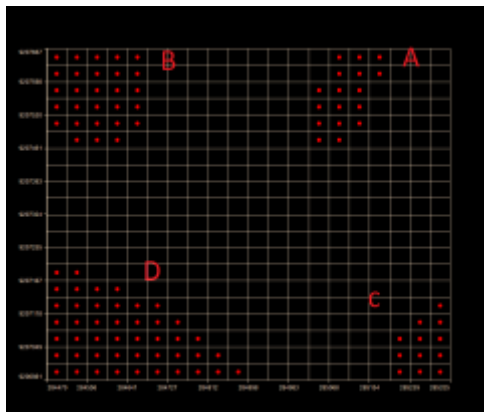
panjang total 854 meter dan lebar 686 meter (Gambar-4).

Jenis batuan akuifer merujuk pada geologi regional lembar Purwokerto. Lokasi penelitian termasuk dalam formasi Linggopodo. Batuan akuifer diasumsikan sebagai batu pasir dengan ukuran butir sedang. Sifat-sifat akuifer merujuk pada klasifikasi sifat-sifat akuifer. Konduktifitas hidrolis berdasarkan klasifikasi [7].



**Gambar-4.** A. *Grid finite difference model* yang digunakan berukuran 20 x 20. B. Pandangan 3D *grid finite difference model* dan *surface DEM*.

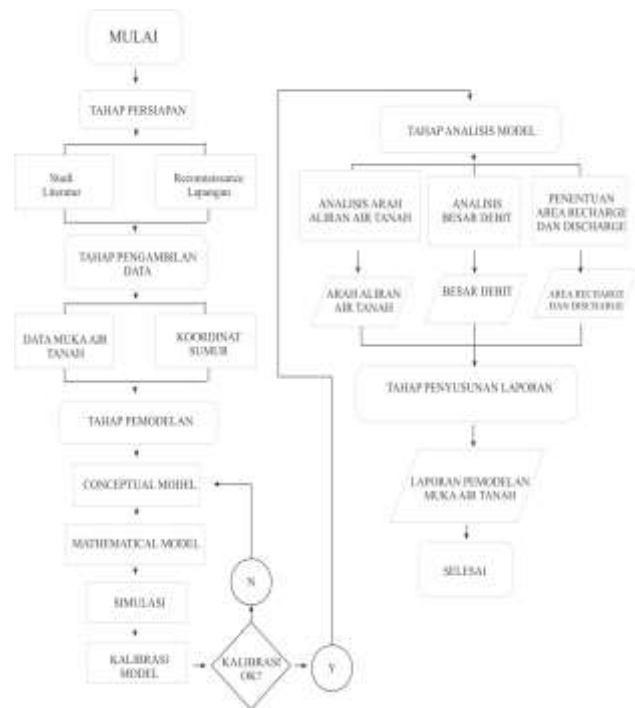
Akuifer diasumsikan merupakan lapisan batupasir dengan besar konduktifitas hidrolis 0,0003 m/s. *Specific storage* akuifer merujuk pada klasifikasi [9].



**Gambar- 5.** Batas simbol titik berwarna merah dalam persegi merupakan *boundary condition constant head* A, B, C, dan D.

Akuifer diasumsikan sebagai *dense sand* dengan nilai *specific storage* 0,000127 1/m. *Specific yield* akuifer merujuk pada klasifikasi [1]. Akuifer diasumsikan merupakan *sand* dengan ukuran butir medium dengan nilai *specific yield* 0,32 (32%). *Boundary condition* untuk pemodelan air tanah digunakan *constant head* sebesar 310 m di area A, *constant head* sebesar 290 di area B, *constant head* sebesar 290 di area C, dan *constant head* sebesar 283 m di area D (Gambar-5).

Metode yang digunakan secara keseluruhan dapat ditunjukkan dengan Gambar-6. Tahap persiapan meliputi studi literatur dan *reconnaissance* lapangan untuk mengetahui hasil kajian terdahulu dan membandingkannya dengan fakta lapangan. Perkembangan penelitian sebelumnya. Studi literatur meliputi sistem akuifer air tanah di Desa Kutayu dan penggunaan metode *finite difference* dalam berbagai studi kasus.

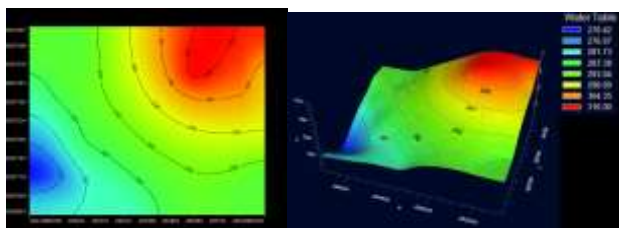


**Gambar- 6.** Diagram alir metode penelitian.

Tahap pengambilan data meliputi data muka air tanah sebanyak 42 sumur dan koordinat lokasi sumur. Data muka air tanah tersebut kemudian dibuat konseptual model yang merepresentasikan lokasi penelitian. Konseptual model tersebut digunakan sebagai acuan dalam membuat model matematika untuk keperluan simulasi. Simulasi menggunakan aplikasi *Visual MODFLOW Flex 2015*. Jika hasil dari kalibrasi model telah sesuai dengan kondisi sebenarnya maka tahap selanjutnya adalah analisis model yang meliputi aliran air tanah, besar debit, dan penentuan zona *recharge* dan *discharge* [16]. Hasil akhir dari pemodelan airtanah pada kajian ini yaitu peta yang menunjukkan aliran air tanah, debit zona *recharge* dan *discharge*, deliniasi zona *recharge* dan *discharge* sehingga dapat diketahui luas permukaan masing-masing kedua zona tersebut.

#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

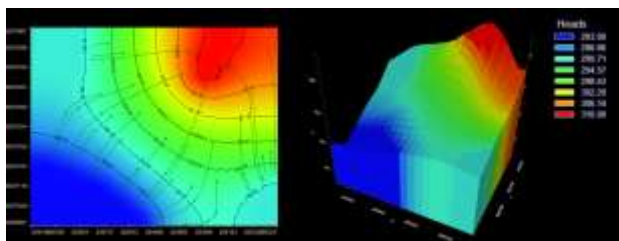
Persebaran ketinggian muka air tanah cenderung mengikuti ketinggian topografi. Area berwarna merah menunjukkan tinggi muka air tanah 310 m, area berwarna kuning menunjukkan tinggi muka air tanah 256,65 m, area berwarna hijau menunjukkan tinggi muka air tanah 256,69 m dan area berwarna biru menunjukkan tinggi muka air tanah 270,42 meter. Titik muka air tanah tertinggi merupakan area berwarna merah dan titik terendah merupakan area berwarna biru (Gambar-7).



Gambar- 7. Peta *water table* dan pandangan 3D peta *water table*

Area berwarna merah menunjukkan tinggi muka air tanah 310 m, area berwarna kuning menunjukkan tinggi muka air tanah 302,29 m, area berwarna hijau menunjukkan tinggi muka air tanah 294,57 m dan area berwarna biru menunjukkan tinggi muka air tanah 270,42 meter (Gambar-8). Titik muka air tanah tertinggi merupakan area berwarna merah dan titik terendah merupakan area berwarna biru. Persebaran ketinggian *head* cenderung mengikuti ketinggian topografi. Arah aliran ditunjukkan oleh pergerakan partikel menggunakan *MODPATH*. Mayoritas arah aliran bergerak dari timur laut menuju barat daya dan bergerak dari *head* tinggi menuju *head* rendah, Sebagian aliran bergerak ke arah tenggara dan barat laut. Pergerakan aliran air merata ke seluruh area pemukiman.

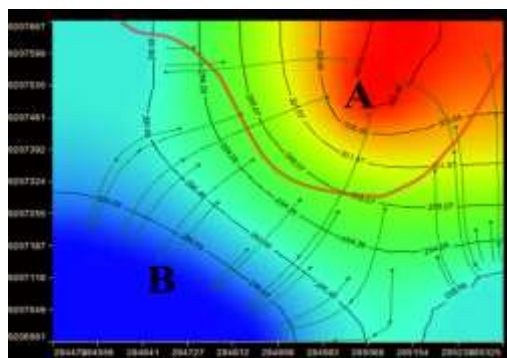
Berdasarkan hasil pemodelan air tanah menggunakan *MODFLOW*, pengamatan lapangan, dan topografi dapat disimpulkan bahwa area A merupakan *recharge area* dan B merupakan *discharge area* (Gambar-9). Area A merupakan bukit dengan tingkat kerapatan vegetasi yang tinggi. Sedangkan area B merupakan area pemukiman dengan banyaknya sumur galian dan pompa air milik warga. Berdasarkan perhitungan *flux* didapatkan *recharge area* memiliki besar *flux* 0,147m<sup>3</sup>/detik dan *discharge area* memiliki besar *flux* 0,116m<sup>3</sup>/detik.



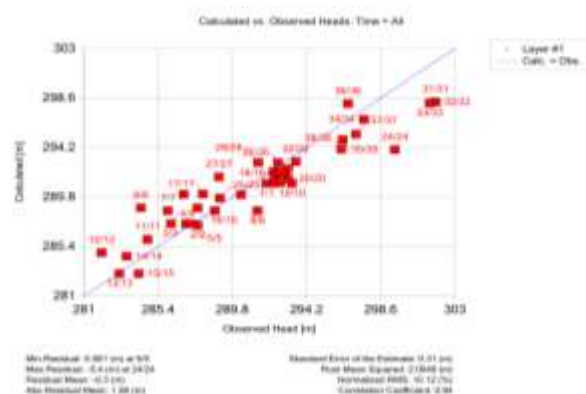
Gambar- 8 Peta ketinggian *head* dengan pergerakan aliran dan pandangan 3D peta *water table*.

Berdasarkan grafik *calculated head* dan *observed head* (Gambar-10), hasil pemodelan memiliki keakuratan yang sangat baik. Kotak berwarna merah merupakan besar *head* dari hasil observasi

sedangkan garis biru merupakan besar *head* hasil kalkulasi model.



Gambar- 9. Peta ketinggian *head*, *area recharge* A, dan *discharge* B.



Gambar- 10. Grafik *calculated head* dan *observed head* menunjukkan rendahnya perbedaan antara nilai *head* observasi dengan hasil pemodelan

Banyaknya kotak merah yang menyentuh garis biru dan dekatnya jarak antara kotak merah yang menyentuh menunjukkan tingginya keterkaitan antara besar *head* hasil observasi dan hasil kalkulasi model. Berdasarkan hasil perhitungan statistik pemodelan memiliki *correlation coefficient* sebesar 0,94, *standard error of the estimate* 0,31 (m), dan *residual mean* -0,3 (m). Hal tersebut menunjukkan rendahnya perbedaan antara besar *head* hasil pengamatan lapangan dan besar *head* hasil kalkulasi pemodelan.

## V. PENUTUP

### A. Kesimpulan

Zona *recharge* terletak pada daerah dengan elevasi antara 300 m hingga 310 m, dicirikan dengan adanya bukit serta tingkat kerapatan vegetasi yang tinggi, sementara zona *discharge* terletak pada daerah yang memiliki elevasi antara 283 m hingga 300 m dengan ditandai adanya pemukiman, sumur galian dan pompa air milik warga. Sementara arah

alirannya mengalir cenderung dari Timurlaut ke Baratdaya, mengalir dari *head* tinggi ke *head* rendah. Debit pada zona *recharge* dengan *discharge* memiliki perbedaan. Besarnya debit pada zona *recharge* sekitar 0,147 m<sup>3</sup>/detik sementara debit yang terdapat pada zona *discharge* sekitar 0,116 m<sup>3</sup>/detik.

## B. Saran

Besarnya debit pemompaan sumber daya air tanah di Desa Kutayu sebaiknya tidak lebih dari 0,116 m<sup>3</sup>/detik. Hal tersebut untuk menjaga *recovery* air tanah sehingga muka air tanah tetap stabil. Eksploitasi air tanah diharapkan tidak mengurangi debit air tanah yang masuk pada zona *recharge* melainkan tetap menjaga kestabilan debit air yang masuk. Keseimbangan antara debit yang masuk dan keluar pada zona *recharge* maupun *discharge* akan dapat mengurangi kelangkaan air di musim kemarau dan banjir pada musim penghujan.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih ditujukan kepada Teknik Geologi, Universitas Jenderal Soedirman yang telah menyediakan peralatan penelitian dan laboratorium untuk pengolahan dan analisis data. Terima kasih juga diberikan kepada Rachmat Setijadi selaku Kepala Laboratorium Sedimentologi, Paleontologi, dan Geologi Lingkungan Universitas Jenderal Soedirman yang telah memberikan izin untuk menggunakan komputer dan aplikasi yang dibutuhkan. Ucapan terima kasih untuk *Graduate Institute of Applied Geology, National Central University, Taiwan* yang telah mendukung pelaksanaan penelitian terutama dalam hal pendanaan.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Cattaneo L, Comunian A, Filippis GD, Giudici M, Vassena C. Modeling Groundwater Flow in Heterogeneous Porous Media with YAGMod. *Multidisciplinary Digital Publishing Institute*. 2015; 4(2): 1-19.
- [2] Gemilang WA, Kusumah G, Wisna UJ. Penilaian Kerentanan Airtanah Menggunakan Metode Galdit (Studi Kasus: Kawasan Pertanian Garam Pademawu, Madura-Indonesia). *Jurnal Kelautan Nasional*. 2017; 12(3): 117-125.
- [3] Ginting S, Rengganis H. Pemodelan Air Tanah di Cekungan Air Tanah Umbulan dengan Visual Modflow Premium 4.3. *Jurnal Sumber Daya Air*. 2010; 6(2): 173-188.
- [4] Rachmansyah, Asaad AIJ, Mustafa A. Karakteristik, Kesesuaian, dan Pengelolaan Lahan Tambak di Kecamatan Bulakamba Kabupaten Brebes Provinsi Jawa Tengah. *Jurnal Riset Akuakultur*. 2012; 7(2): 321-335.
- [5] Wang HF, Anderson MP. *Introduction to Groundwater Modeling*. First Edition. London: Academic Press. 1995: 1-226.
- [6] Setiawan T. Karakteristik Hidrolika Batuan Sedimen Tersier Berdasarkan Analisis Uji Pemompaan di Kabupaten Cilacap dan Banyumas, Provinsi Jawa Tengah. *Jurnal Lingkungan dan Bencana Geologi*. 2017; 8(3): 153-164.
- [7] Rouhani AK. *Finite difference Groundwater Modelling and Comparison of the Results with Those Obtained Using Finite Element Modelling Approach*. Proceedings of the 10<sup>th</sup> Intl. Mine Water Association Congress (IMWA). Ostrava. 2008; 10: 449-452.
- [8] Igboekwe MU, Achi NJ. *Finite difference Method of Modelling Groundwater Flow*. *Journal of Water Resource and Protection*. 2011; 3(3): 192-198.
- [9] Kumar CP. Modelling of Groundwater Flow and Data Requirements. *International Journal of Modern Sciences and Engineering Technology*. 2015; 2(2): 18-27.
- [10] Miswadi SS. Kajian Spasial Kualitas Airtanah Bebas Berdasarkan Kedalaman Muka Airtanah: Studi Kasus di Dataran Aluvial DAS Pemali Kabupaten Brebes. *Jurnal Manusia dan Lingkungan*. 2009; 16(2): 103-114.
- [11] Baroroh ZF, Harsono TN, Sya'ban MBA, Dahlia S. Sebaran Salinitas Air Tanah Bebas di Desa Pulogading Kecamatan Bulakamba Kabupaten Brebes Jawa Tengah. *Jurnal Geografi, Edukasi, dan Lingkungan*. 2019; 3(2): 69-76.
- [12] Rahardjo P. *Analisis Sistem Akuifer dan Pemodelan Aliran Airtanah*. Master Thesis. Semarang: Pascasarjana UNDIP; 2002.
- [13] Prawati E. Studi dan Pemodelan Air Tanah akibat Pengaruh Pemompaan. *Teknologi Aplikasi Konstruksi*. 2011; 1(1): 1-11.
- [14] Sarari AG. Penentuan Akuifer Bawah Permukaan Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas Studi Kasus Pondok Pesantren Tahfidzul Qur'an Kecamatan Dau-Malang. *Brawijaya Physics Student Journal*. 2014; 2(1): 1-4.
- [15] Yazid I. *Simulasi Dampak Pengambilan Airtanah Pada Akuifer Bebas Cekungan Airtanah Bumiayu Bagian Barat*. Skripsi. Yogyakarta: Sarjana UGM; 2016.
- [16] Jumhari, Hadian MSD, Zakaria Z, Hendarmawan. Kontrol Geologi terhadap Perubahan Kimia Air Tanah pada Sistem Akuifer Vulkanik di Lereng Timur Gunung Ciremai Jawa Barat. *Jurnal Dinamika Rekayasa*. 2019; 15(2): 117-128.
- [17] Kodoatie RJ. *Tata Ruang Air Tanah*. First Edition. Yogyakarta: ANDI. 2012: 1-493