

HIDROSTRATIGRAFI DAN GEOMETRI AKUIFER CEKUNGAN AIR TANAH PALU, PROVINSI SULAWESI TENGAH PASCA GEMPA BUMI

HYDROSTRATIGRAPHY AND AQUIFER GEOMETRY IN PALU GROUNDWATER BASIN, CENTRAL SULAWESI PROVINCE AFTER EARTHQUAKE

Derry Prasetya Putra Santosa^{1) 2)*}, Mohamad Sapari Dwi Hadian²⁾, Zulfialdi Zakaria²⁾

¹⁾ Balai Pelaksanaan Jalan Nasional Provinsi Sulawesi Tenggara,
Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat
Jl. H. Latama Bungkulawa No.11, Kota Kendari, Sulawesi Tenggara

²⁾ Fakultas Teknik Geologi Universitas Padjadjaran
Jl. Raya Bandung-Sumedang KM 21, Jatinangor

*Corresponden email: prasetya.derry@gmail.com

Diterima: 16 November 2020; Direvisi: 17 April 2021; Disetujui: 09 Mei 2021

ABSTRACT

Palu Groundwater Basin can be assumed to have a post-earthquake deformation in 2018. To identify current state of Palu Groundwater Basin, modeling approach was conducted using GMS 10.4 (Groundwater Modeling System) with IDW (Inverse Distance Weighting), with the data used for the model was obtained from 41 boreholes. The results show that Palu Groundwater Basin aquifer geometry can be divided into 4 types. The unconfined aquifer consisting of Alluvium and Coastal Deposits (Qa) have an area 412,69 km², with 17,77 - 72.48 m thickness top layer have elevation 341 MSL (mean sea level) and bottom layer have elevation -2,29 MSL. Top aquitard consisting of Celebes Mollase of Sarasin and Sarasin (QTms) have an area 391,1 km² with 0.1 - 20,61 m thickness top layer have elevation 268,52 MSL and the bottom of layer have elevation -20,06 MSL. Confined aquifer consisting of Celebes Mollase of Sarasin and Sarasin (QTms) have an area 351,98 km² with 20,58 - 86,51 m thickness top layer have elevation 268,42 MSL and bottom layer have elevation -40,67 msl. Bottom aquitard consisting of Granite and Granodiorite (Tmpi), Tinombo Formation (Tts), Metamorphic Complex (Km), Latimojong Formation (Kls) have an area 78,24 km² with 20,58 - 86,51 m thickness 3,01 - 4,1 m top layer have elevation 181,91 MSL and bottom layer have elevation -29,09 MSL

Keywords: Groundwater, basin, modeling, geometry, aquifer

ABSTRAK

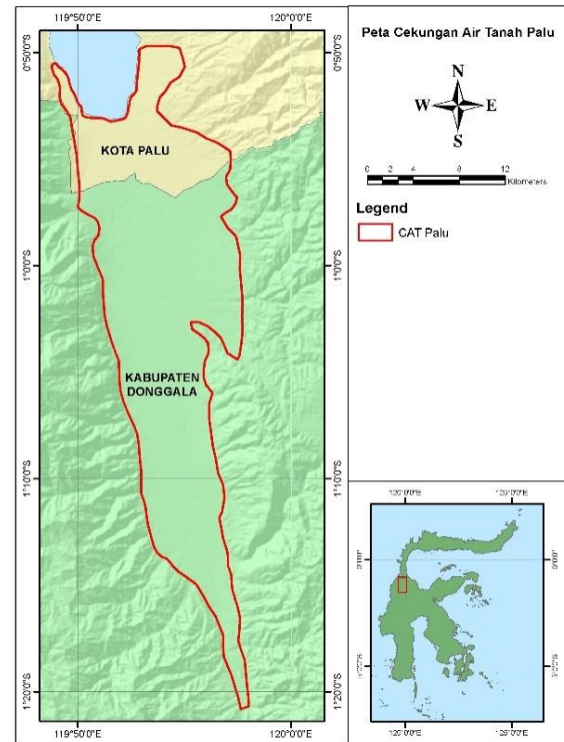
Cekungan Air Tanah (CAT) Palu diduga mengalami deformasi pasca bencana gempa tahun 2018. Untuk mengidentifikasi kondisi terakhir CAT Palu, dilakukan pemodelan menggunakan piranti lunak GMS 10.4 (Groundwater Modeling System) dengan metode IDW (Inverse Distance Weighting), dengan menggunakan 41 data lubang bor. Berdasarkan hasil pemodelan, geometri akuifer CAT Palu dapat dibagi menjadi 4 jenis. Akuifer bebas yang merupakan Formasi Aluvium dan Endapan Pantai (Qa), memiliki luas 412,69 km² dengan ketebalan 17,77 - 72.48 m, berada pada ketinggian 341 mdpl sedangkan bagian bawah berada pada ketinggian -2,29 mdpl. Akuitar Bagian Atas yang merupakan Formasi Molasa Celebes Sarasin dan Sarasin (QTms), memiliki luas 391,1 km² dengan ketebalan 0.1 - 20,61 m berada pada ketinggian 268,52 mdpl untuk bagian atas dan -20,06 mdpl pada bagian bawah. Akuifer semi tertekan berupa Formasi Molasa Celebes Sarasin dan Sarasin (QTms), memiliki luas 351,98 km² dengan ketebalan 20,58 - 86,51 m berada pada ketinggian 268,42 mdpl untuk bagian atas dan -40,67 mdpl untuk bagian bawahnya. Akuitar Bagian Bawah ini terdiri dari Granit dan Granodiorit (Tmpi), Formasi Tinombo (Tts), Kompleks Batuan Metamorf (Km), Formasi Latimojong (Kls), memiliki luas 78,24 km² dengan ketebalan 3,01 - 4,1m berada pada ketinggian 181,91 mdpl sedangkan bagian bawah berada pada ketinggian -29,09 mdpl.

Kata Kunci: Air tanah, cekungan, pemodelan, geometri, akuifer

PENDAHULUAN

Gempa bumi dengan skala 7,7 SR yang terjadi pada tanggal 28 September 2018 meluluhlantakkan sebagian besar Kota Palu, Kabupaten Donggala dan Kabupaten Sigi. Gempa bumi menjadi pemicu rentetan bencana berikutnya yaitu tsunami, longsor, amblesan dan likuifaksi terjadi secara bersamaan di saat banyak masyarakat sedang melakukan berbagai aktivitas. Selain memakan banyak korban kejadian gempa bumi ini merusak banyak infrastruktur seperti gedung, perumahan, jalan, jembatan dan bangunan sumber daya air. CAT Palu yang berada di Kota Palu dan Kabupaten Donggala, Provinsi Sulawesi Tengah memiliki Luas 417,77 km² (Gambar 1). CAT Palu menurut Zeffitni (2013) merupakan salah satu sumber pemasok air bersih bagi penduduk di Kota Palu, Kabupaten Donggala dan Sigi. Penelitian yang dilakukan oleh Zeffitni (2013) sebelum gempa bumi terjadi akuifer yang menyusun CAT Palu adalah akuifer bebas dan tertekan. Penelitian yang dilakukan oleh Widodo, dkk (2019) setelah terjadi bencana gempa bumi CAT Palu mengalami perubahan kondisi yaitu terdapat mata air baru dan terdapat koneksi hidrolik antara akuifer bebas dan akuifer semi tertekan/akuifer tertekan membuat muka air tanah naik ke permukaan sehingga timbul mata air baru. Nurdin, dkk (2019) menyatakan bahwa di daerah Balaroa sebagai salah satu daerah terdampak likuifaksi menunjukkan terjadinya fenomena akuifer tertekan yang pecah sehingga menyebabkan peningkatan kadar air pada lapisan tanah di atasnya, sedangkan di Petobo tidak menunjukkan adanya akuifer yang pecah. Menurut Zeffitni (2011) batas lateral pada CAT Palu merupakan bidang sesar, keselarasan (*conformity*) dan ketidakselarasan (*unconformity*) sebagai struktur geologi utama yang didominasi oleh struktur graben yang dikenal dengan Sesar Palu.

Berdasarkan pola episenter gempa yang sejajar dengan sesar Palu Koro menurut Nela, dkk (2020) gempa bumi terjadi diduga karena aktivitas dari sesar Palu Koro, sedangkan CAT Palu yang secara lateral berbatasan langsung dengan sesar Palu Koro, diduga mengalami deformasi yaitu perubahan susunan litologi di suatu wilayah. Selain itu gempa bumi juga akan berpengaruh pada susunan akuifer atau biasa disebut sebagai hidrostratigrafi. Menurut Fachri, dkk (2002) dari penelitiannya di CAT Jakarta, hidrostratigrafi merupakan kesebandingan antara satuan-satuan batuan dengan sifat fisik satuan batuan tersebut dalam meluluskan air, sehingga secara tidak langsung dapat disimpulkan bahwa pasca gempa bumi CAT Palu mengalami deformasi dan berakibat pada akuifer yang terdapat pada CAT ini.



Gambar 1 Peta Lokasi CAT Palu

Pemodelan geometri akuifer merupakan pemodelan 3D untuk mengetahui akuifer bawah permukaan dari suatu CAT. Pemodelan ini dilakukan menggunakan piranti lunak GIS. Menurut Bayat, dkk (2020) GIS merupakan piranti lunak yang dapat menampilkan data secara 3D yang lebih baik dari piranti lunak lainnya. Metode yang digunakan dalam pemodelan ini adalah IDW (*Inverse Distance Weighting*). Menurut Riawan (2012) IDW merupakan interpolasi untuk mengestimasi bentuk permukaan dari lapisan akuifer berdasarkan karakteristik litologi yang sama. Penelitian seperti ini sudah dilakukan sebelumnya oleh Riawan (2012) di CAT Bandung dengan 5 lapisan satuan hidrogeologi, sedangkan Seizarwati dan Prasetya (2019) di CAT Jakarta dengan 4 lapisan satuan hidrogeologi. Data yang digunakan untuk membuat geometri akuifer merupakan data – data seperti data logbor dan penampang hidrogeologi. Pada penelitian ini selain menggunakan data logbor, dan penampang hidrogeologi akan ditambahkan data geolistrik tomografi sebagai data tambahan untuk menyusun geometri akuifer.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kondisi terakhir akuifer CAT Palu pasca gempa bumi yang telah mengalami deformasi, selain itu juga penelitian ini diharapkan dapat berguna untuk mengetahui hidrostratigrafi dan geometri setiap akuifer di CAT Palu.

METODOLOGI

Metodologi yang dilakukan untuk penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Pengumpulan Data: Data yang dikumpulkan berupa data Peta Geologi, Peta Hidrogeologi, Peta DEM SRTM, Data Log Bor, dan Data Penampang Geolistrik.
- Analisis Data Penampang Geologi dan Hidrogeologi. Data Penampang Geologi dan Hidrogeologi digunakan untuk memverifikasi analisis data geologi permukaan dan bawah permukaan pada penelitian ini yang disini mengacu pada Peta Geologi Regional Lembar Palu (Sukanto dkk., 1973) dan Pasangkayu (Sukido dkk., 1993), serta Peta Hidrogeologi lembar Palu (Arief dan Hidayat, 1993) dan Peta Hidrogeologi lembar Pasangkayu (Tjahjadi, 1981).
- Analisis Data Geolistrik Tomografi Pengolahan data geolistrik dengan susunan elektroda Wenner menggunakan program RES2DINV, hasil pengolahan data geolistrik adalah penampang dua dimensi (2D) yang memperlihatkan kondisi geologi bawah permukaan dan dibandingkan dengan nilai tahanan jenis batuan dan mineral (Milsom, 2003) bisa dilihat pada Tabel 1.
- Analisis Data Log Bor dalam analisis ini hal yang diteliti berupa susunan litologi tiap kedalaman dalam pemboran dan juga dibandingkan dengan nilai properties tanah berdasarkan *Standard Penetration Test* menurut Terzaghi dan Peck, (1987) sebagaimana pada (Tabel 2).
- Pembuatan Geometri Akuifer menggunakan piranti lunak GMS 10.4 (*Groundwater Modeling System*) dengan metode IDW (*Inverse Distance Weighting*). Menurut Riawan (2012) IDW adalah metoda interpolasi yang mengasumsikan bahwa perbedaan nilai berbanding terbalik terhadap jarak dari titik observasi, sehingga hasil estimasi yang dihasilkan dapat diperkirakan dengan baik. Berdasarkan hal tersebut metoda ini dipilih untuk mengestimasi bentuk permukaan dari lapisan akuifer. IDW dapat diformulasikan pada persamaan 1:

$$Z_0 = \frac{\sum_{i=1}^n z_i \cdot d_i^{-n}}{\sum_{i=1}^n d_i^{-n}} \dots \dots \dots (1)$$

Permukaan lapisan ini kemudian digunakan untuk membentuk geometri dalam bentuk diagram blok (Gambar 2) dengan menggunakan SIG (Sistem Informasi Geografis). Seperti penentuan kode horison, penentuan jenis hidrogeologi pada blok didasarkan pada sifat

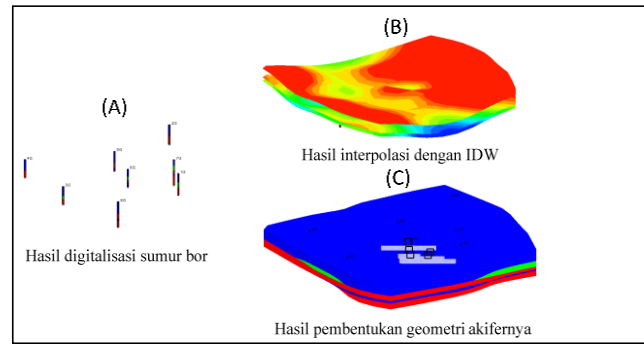
lapisan di atasnya, jika lapisan di atasnya memiliki kode horison adalah akuifer, maka blok yang terbentuk akan menjadi akuifer dan sebaliknya.

Tabel 1 Resistivity dari jenis batuan, mineral dan cairan kimia (Milsom, 2003)

Material	Resistivity (Ωm)	Conductivity (Siemen/m)
Igneous and Metamorphic Rocks		
Granite	$5 \times 10^3 - 10^6$	$10^{-6} - 2 \times 10^{-4}$
Basalt	$10^3 - 10^6$	$10^{-6} - 10^{-3}$
Slate	$6 \times 10^2 - 4 \times 10^7$	$2.5 \times 10^{-8} - 1.7 \times 10^{-3}$
Marble	$10^2 - 2.5 \times 10^8$	$4 \times 10^{-9} - 10^{-2}$
Quartzite	$10^2 - 2 \times 10^8$	$5 \times 10^{-9} - 10^{-2}$
Sedimentary Rocks		
Sandstone	$8 - 4 \times 10^3$	$2.5 \times 10^{-4} - 0.125$
Shale	$20 - 2 \times 10^3$	$5 \times 10^{-4} - 0.05$
Limestone	$50 - 4 \times 10^2$	$2.5 \times 10^{-3} - 0.02$
Soils and waters		
Clay	1 - 100	0.01 - 1
Alluvium	10 - 800	$1.25 \times 10^{-3} - 0.1$
Groundwater (fresh)	10 - 100	0.01 - 0.1
Sea water	0.2	5
Chemicals		
Iron	9.074×10^{-8}	1.102×10^7
0.01 M Pottasium chloride	0.708	1.413
0.01 M Sodium Chloride	0.843	1.185
0.01 M Acetic acid	6.13	0.163
Xylene	6.998×10^{16}	1.429×10^{-17}

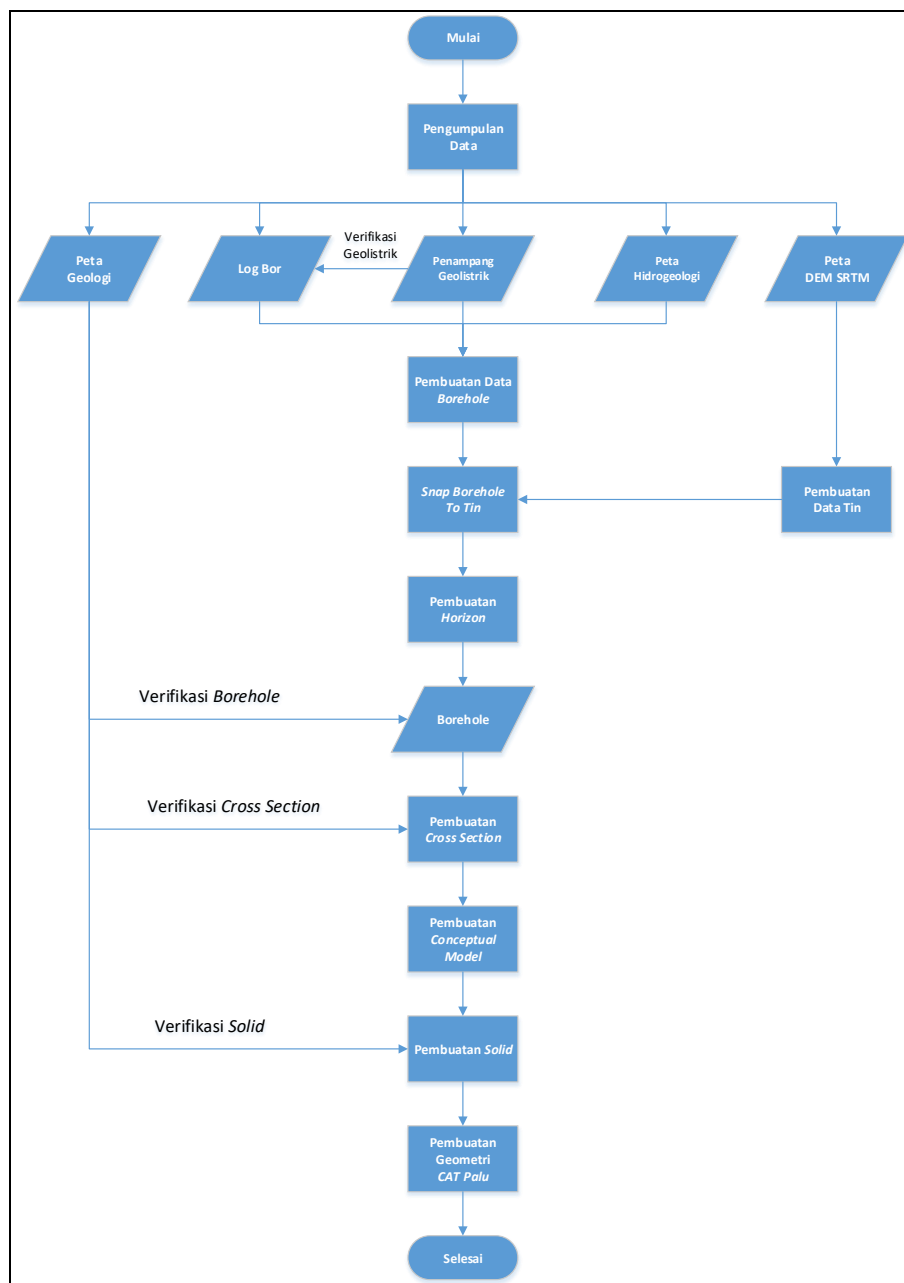
Tabel 2 Nilai SPT dan properties tanah berdasarkan Standard Penetration Test (Terzaghi dan Peck, 1987)

<i>Sand</i>		<i>Clay</i>	
Nilai N SPT	Relative Density	Nilai N SPT	Konsistensi
0 – 4	Very Loose	<2	Very Soft
4 – 10	Loose	2 – 4	Soft
10 – 30	Medium	4 – 8	Medium
30 – 50	Dense	8 – 15	Stiff
> 50	Very Dense	15 – 30	Very Stiff
		>30	Hard



Gambar 2 Skema geometri dalam bentuk diagram blok

Diagram alir untuk penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Diagram alir penelitian

PEMBAHASAN

Hidrostratigrafi CAT Palu

Secara geologi CAT Palu dibatasi oleh Sesar Mendatar *Oblique* di bagian Barat dan Timur Sesar berumur Miosen memotong bagian barat, timur, hingga selatan CAT Palu yang kemudian membuat CAT Palu turun dan memotong Formasi Tmpi dan Formasi Kls yang sebagian menjadi bagian dasar dan akuitar pada lereng CAT Palu. Pada Plistosen terendapkan Molasa Celebe Sarasin (Qtms) yang menindih secara tidak selaras batuan yang lebih tua dan pada Holosen terendapkan Endapan Aluvium dan Endapan Pantai yang menindih secara tidak selaras Molasa Celebe Sarasin. Peta geologi dapat dilihat pada Gambar 4.

1) Akuifer Bebas

Akuifer bebas merupakan Aluvium dan Endapan Pantai (Qa) yang terdiri dari kerikil, pasir, lumpur, dan batugamping koral. Terbentuk dalam lingkungan sungai, delta, dan laut dangkal merupakan sedimen termuda di daerah ini dan berumur Holosen. Kondisi batuan pada formasi ini umumnya berupa material yang belum mengalami kompaksi.

2) Akuitar

Akuitar ini tersusun dari sebagian Molasa Celebes Sarasin dan Sarasin (QTms) yang terdiri dari konglomerat, batulumpur, dan napal. Akuifer Semi tertekan

Akuifer semi tertekan di CAT Palu tersusun dari sebagian Molasa Celebes Sarasin dan Sarasin (QTms). Batuan ini terdapat pada ketinggian rendah menindih secara tidak selaras Formasi Tinombo dan Komplek Batuan Metamorf, mengandung rombakan yang berasal dari formasi - formasi lebih tua dan terdiri dari batupasir dan batugamping koral, yang semuanya mengeras lemah. Berdasarkan kesamaan dengan Formasi Pakuli formasi ini memiliki umur Plistosen yang terendapkan pada laut dangkal.

3) Akuitar dan batuan dasar

Akuitar dan batuan dasar di CAT Palu terdiri dari formasi - formasi tua yang berumur Miosen Tengah - Kapur. Formasi yang menyusun akuitar dan batuan dasar ini terdiri dari:

a) Granit dan Granodiorit (Tmpi)

Berupa batuan terobosan yang terdiri dari granit dan granodiorit menembus Formasi Tinombo berumur Miosen Tengah.

b) Formasi Tinombo (Tts)

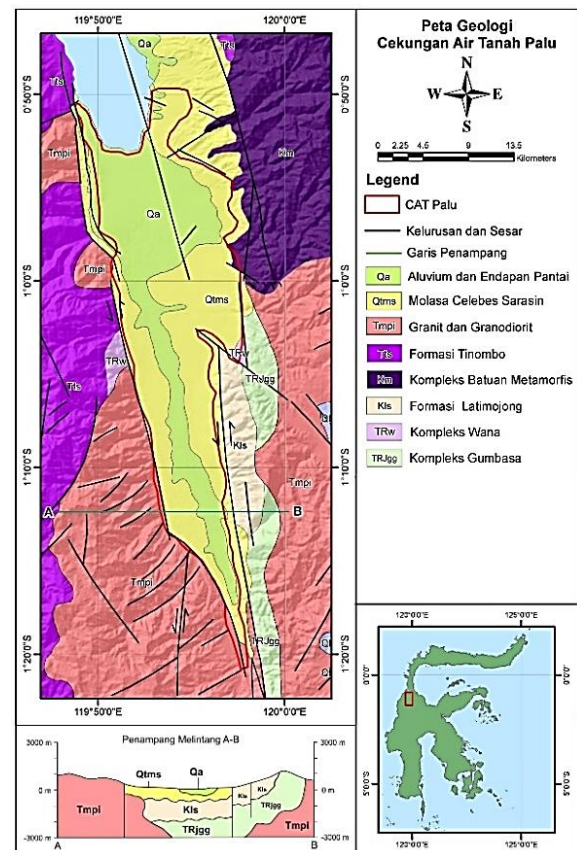
Formasi ini secara tidak selaras berada diatas Kompleks Batuan Metamorf, formasi ini mengandung rombakan yang berasal dari batuan metamorf. Formasi ini terdiri dari serpih, batupasir, konglomerat, batugamping, rijang dan batuan gunungapi yang diendapkan di lingkungan laut yang berumur Eosen.

c) Kompleks Batuan Metamorf (Km)

Batuan pada kompleks ini tersingkap hanya pada pematang timur terdiri dari sekis amfibolit, sekis, genes, dan pualam yang berumur paleosen.

d) Formasi Latimojong (Kls).

Formasi ini berumur Kapur - Eosen menindih secara tidak selaras Komplek Wana dan Komplek Gumbasa. Perselingan batupasir malihan dengan batusabak dan filit, bersisipan batulempung.



Gambar 4 Peta Geologi CAT Palu

Susunan hidrostratigrafi ini dapat dilihat pada kolom stratigrafi CAT Palu (Gambar 5).

Akuifer Bebas : kerikil, pasir, lumpur, dan batugamping koral	Qa	HOLOSEN HOLOCENE
Akuitar : konglomerat, batulumpur, dan napal	Qtms	PLISTOEN PLEISTOCENE
Akuifer Semi Tertekan : batupasir, dan batugamping koral		PLIOSEN PLIOCENE
Akuitar dan Batuan Dasar	Tmpi	MIOSEN MIOCENE
		Akhir Late
		Tengah Middle
		Awal Early
	Kls	OLIGOSEN OLIGOCENE
		EOSEN EOCENE
		PALEOSEN PALEOCENE
		KAPUR CRETACEOUS
	Tts	
	Km	

Gambar 5 Kolom Hidrostratigrafi CAT Palu**Pembuatan Data Lubang Bor**

Data lubang bor merupakan data *input piranti lunak* GIS untuk membuat geometri akuifer. Data ini terdiri dari koordinat (x,y), elevasi (z), dan *hidrogeologi unit* (HGU). Dalam pembuatan data lubang bor pada penelitian ini menggunakan data sebagai berikut:

1) Log Bor JICA (*Japan International Cooperation Agency*)

Data Log Bor hasil pemboran didapatkan dari hasil pemboran yang dilakukan oleh JICA. Log Bor yang dianalisis sebanyak 17 buah yang kemudian diinterpretasikan kedalam HGU. Pengklasifikasian HGU ini melihat dari segi litologi dalam log bor dan juga Nilai SPT (*Standard Penetration Test*). Pada log bor J - 1, keterdapatan akuifer bebas berada pada kedalaman 0 - 10,3 mdpt (meter dibawah permukaan tanah), yang diinterpretasikan dari jenis litologi *topsoil, sandy clay*, dan *sand* dengan nilai SPT relatif kecil berkisar antara 0 - 50. Akuitar pada log bor ini memiliki kedalaman 10,3 - 25 mdpt dengan litologi *clayey sand*, dan *sand*, dengan nilai SPT 20 - 50. Kedalaman 25 - 30 mdpt diinterpretasikan sebagai akuifer semi tertekan dengan litologi *Gravelly Sand* yang memiliki nilai SPT 50.

Interpretasi yang dilakukan pada log bor Bay -22 pada kedalaman 0 - 21,4 mdpt merupakan akuifer bebas yang memiliki litologi *topsoil, Sandy Gravel, Gravelly Sand, Sandy Silt* dan *Sand*, dengan nilai SPT 0 - 50. Akuitar berada pada kedalaman 21,4 - 25 mdpt dengan litologi berupa *sand* dengan nilai SPT 50. Hasil Interpretasi Log Bor J-1 dan Log Bor Bay -22 dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Hasil Interpretasi HGU pada Log Bor J-1 dan Log Bor Bay -22

Log Bor	Kedalaman (mdpt)	Jenis Akuifer	Litologi	Nilai SPT
J-1	0 - 10,3	Akuifer Bebas	<i>topsoil, sandy clay, dan sand</i>	0 - 50
	10,3 - 25	Akuitar	<i>clayey sand, dan sand</i>	20 - 50
	25 - 30	Akuifer Semi Tertekan	<i>Gravelly Sand</i>	50
Bay - 22	0 - 21,4	Akuifer Bebas	<i>topsoil, Sandy Gravel, Gravelly Sand, Sandy Silt dan Sand</i>	0 - 50
	21,4 - 25	Akuitar	<i>sand</i>	50

2) Penampang Geolistrik Tomografi

Data pengukuran geolistrik tomografi didapatkan dari hasil pengukuran Puslitbang SDA pada tahun 2018 dan 2019. Sebanyak 15 penampang geolistrik yang mewakili CAT Palu diinterpretasikan dari nilai *resistivity* menjadi HGU dan setelah itu nilai *resistivity* pada penampang diverifikasi dengan log bor JICA.

Hasil pendugaan geolistrik yang dilakukan di Baluase (Tabel 4 dan Gambar 6) didapatkan akuifer bebas dengan nilai *resistivity* 0 - 25 Ω m pada elektrode 40 berada pada kedalaman 0 - 7 mdpt. Akuitar berada pada kedalaman 7 - 20 mdpt dengan nilai *resistivity* 25 - 750 Ω m, dan akuifer semi tertekan pada kedalaman 20 - 74,7 mdpt dengan nilai *resistivity* 0 - 25 Ω m.

Akuifer semi tertekan yang terdapat di Biromaru pada elektrode 38 berdasarkan hasil pendugaan geolistrik terdapat pada kedalaman 50,25 - 74,7 mdpt yang memiliki nilai *resistivity* 0 - 25 Ω m dan diatasnya merupakan akuitar pada kedalaman 0 - 50,25 mdpt dengan nilai *resistivity* 25 - 750 Ω m (Tabel 5 dan Gambar 7).

Tabel 4 Intepretasi Geolistrik Baluase

Nomor Elektroda	Koordinat		Kedalaman (mdpt)	Jenis Akuifer
40	822378	9866927	0 - 7	Akuifer Bebas
40	822378	9866927	7 - 20	Akuitar
40	822378	9866927	20 - 74,7	Akuifer Semi tertekan

Tabel 5 Intepretasi Geolistrik Biromaru

Nomor Elektroda	Koordinat		Kedalaman (mdpt)	Jenis Akuifer
38	817775	9893521	0 - 50,25	Akuitar
38	817775	9893521	50,25 - 74,7	Akuifer Semi tertekan

3) Penampang Peta Hidrogeologi

Pembuatan data lubang bor dari penampang peta hidrogeologi dilakukan untuk menambah data di bagian tengah CAT Palu dikarenakan data lubang bor dari log bor dan penampang geolistrik tomografi masih kurang untuk pembuatan geometri akuifer CAT Palu. Berdasarkan Peta Hidrogeologi lembar Palu Arief dan Hidayat (1993) akuifer di Cekungan Air Tanah Palu, seperti pada Gambar 8, umumnya terdiri dari 4 akuifer yaitu:

a) Akuifer Produktif Tinggi

Tersebar di daerah Wani dan Tawaeli, akuifer terdiri dari pasir atau kerikil. Muka air tanah bebas umumnya kurang dari 5 m di bawah muka tanah setempat. Debit mata air dapat mencapai lebih dari 50 liter/detik.

b) Akuifer Produktif Sedang

Tidak menerus, kelulusan tinggi terutama di daerah cekungan Palu dan dataran pantai timur, terdiri dari pasir dan kerikil. Akuifer diperkirakan

pada kedalaman 50 - 75 m dari tanah. Kedalaman air tanah bebas antara 1 - 5 m dari tanah. Kemunculan air tanah berupa mata air debitnya mencapai 30 liter/detik.

c) Akuifer Produktif Kecil

Terdapat pada lembah-lembah dengan pelapukan yang tebal dari endapan sedimen padu, masih terdapat akuifer yang cukup berarti. Mataair umumnya berdebit kecil, muka air tanah bebas umumnya mengikuti bentuk morfologi setempat.

d) Daerah Air Tanah Langka

Klasifikasi hidrogeologi berdasarkan Peta Hidrogeologi lembar Peta Hidrogeologi lembar Palu Arief dan Hidayat (1993), merupakan klasifikasi hidrogeologi berdasarkan potensinya, namun dalam pembuatan geometri akuifer ini membutuhkan klasifikasi akuifer berdasarkan kedudukannya.

Peta Hidrogeologi lembar Palu dan Parigi memuat klasifikasi akuifer berdasarkan kedudukannya untuk koordinat didapatkan dari peta hidrogeologi sedangkan untuk kedalaman akuifer didapatkan dari penampang hidrogeologi, sedangkan untuk HGU yang dibuat diinterpretasikan dari penampang hidrogeologi berdasarkan kedudukannya menjadi klasifikasi akuifer bebas, akuitar dan akuifer semi tertekan. Pada Gambar 8 ditunjukkan terdapat 2 penampang yang masing - masing berarah utara - selatan dan barat - timur. Hasil pembuatan data lubang bor dari peta hidrogeologi didapatkan 9 data lubang bor yang telah diklasifikasikan menjadi jenis akuifer berdasarkan kedudukannya (Tabel 6).

Pengolahan data log bor, penampang geolistrik tomografi, dan penampang peta hidrogeologi didapatkan 41 buah data lubang bor terpilih data log bor berjumlah 17 lubang bor, data penampang geolistrik tomografi berjumlah 15 lubang bor, dan data penampang yang didapatkan dari peta hidrogeologi berjumlah 9 *Lubang Bor* (Tabel 6). Data tersebut akan di *input* kedalam *piranti lunak* GMS. Data yang dimasukkan kedalam GMS dalam *input* data berupa nama *Lubang Bor*, koordinat

Tabel 6 Intepretasi Peta dan Penampang Hidrogeologi Berdasarkan Kedudukan Jenis Akuifer

Titik Peta	X	y	Kedalaman (mdpt)	Jenis Akuifer
EF1	819662	9897422	0 - 25	Akuifer Bebas
	819662	9897422	25 - 30	Akuitar
	819662	9897422	30 - 45	Akuifer Semi Tertekan
	819662	9897422	45 - 95	Akuitar

EF2	819515	9896263	0 - 27	Akuifer Bebas
	819515	9896263	27 - 55	Akuitar
	819515	9896263	55 - 65	Akuifer Semi Tertekan
	819515	9896263	65 - 75	Akuitar
EF3	819301	9894657	0 - 31	Akuifer Bebas
	819301	9894657	31 - 41	Akuitar
	819301	9894657	41 - 50	Akuifer Semi Tertekan
	819301	9894657	50 - 65	Akuitar
EF4	819128	9892998	0 - 30	Akuifer Bebas
	819128	9892998	30 - 37	Akuitar
	819128	9892998	37 - 50	Akuifer Semi Tertekan
	819128	9892998	50 - 80	Akuitar
GH1	816911	9893951	0 - 30	Akuitar
GH2	818713	9893908	0 - 12	Akuifer Bebas
	818713	9893908	12 - 20	Akuitar
	818713	9893908	20 - 42	Akuifer Semi Tertekan
	818713	9893908	42 - 55	Akuitar
GH3	819208	9893972	0 - 25	Akuifer Bebas
	819208	9893972	25 - 40	Akuitar
	819208	9893972	40 - 50	Akuifer Tertekan
	819208	9893972	50 - 65	Akuitar
GH4	820215	9893945	0 - 20	Akuifer Bebas
	820215	9893945	20 - 30	Akuitar
	820215	9893945	30 - 55	Akuifer Semi Tertekan
	820215	9893945	55 - 65	Akuitar
GH5	821236	9893944	0 - 30	Akuifer Bebas
	821236	9893944	30 - 40	Akuitar
	821236	9893944	40 - 65	Akuifer Semi Tertekan

yang harus dalam bentuk *UTM*, elevasi harus dirubah dari mdpt menjadi mdpl (meter dibawah permukaan laut), dan jenis akuifer beserta kedudukannya.

Lubang Bor yang telah dikasifikasikan berdasarkan HGU kemudian diberikan kode berupa *horizon*. *Horizon* merupakan kode lapisan antara HGU. *Lubang Bor* yang mempunyai lapisan HGU yang lengkap akan memiliki empat buah *horizon* keterangannya dari *horizon* tertinggi sampai *horizon* terendah berdasarkan HGU adalah sebagai berikut:

- 1) Horizon 4: *Top* dan *Bottom Layer* Akuifer Bebas
- 2) Horizon 3: *Top* dan *Bottom Layer* Akuitar
- 3) Horizon 2: *Top* dan *Bottom Layer* Akuifer Semi tertekan

4) Horizon 1: *Top Layer* dan *Bottom Layer* Akuitar

Rekapitulasi data lubang bor di CAT Palu dapat dilihat pada Tabel 7, sedangkan hasil input data *Lubang Bor* pada *piranti lunak* GMS dapat dilihat pada Gambar 9. Sebaran *Lubang Bor* menunjukkan data yang dimasukan mewakili cakupan CAT Palu.

Tabel 7 Rekapitulasi Data *Lubang Bor* CAT Palu

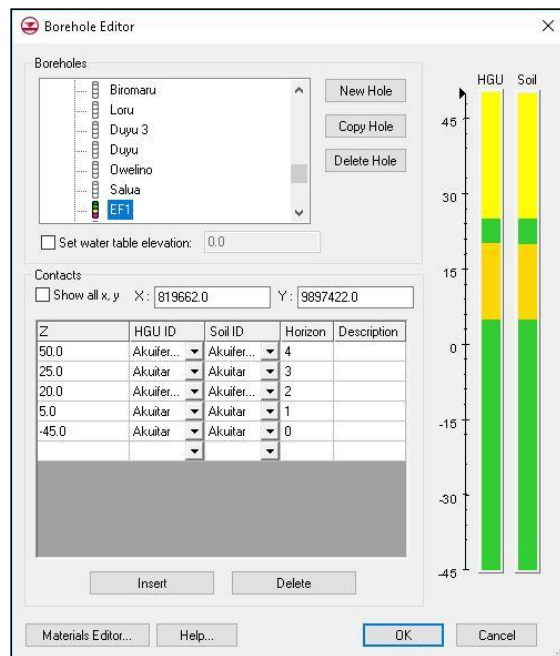
Jenis Data <i>Lubang Bor</i>	Jumlah <i>Lubang Bor</i>	Nama <i>Lubang Bor</i>
Log Bor	17	B-5, LP-3, LP-6, J-1, J-5, J-6, J-7, J-8, J-13, BAY-1, BAY-2, BAY-3, BAY-12, BAY-18, BAY-19, BAY-21, BAY-22
Penampang Geolistrik Tomografi	15	Pakuli Utara, Walatana, Pandere, Baluase, Kalawara, Balongga, Rampadende, Jonooge1, Beka, Biromaru, Loru, Duyu 3, Duyu, Pweliono, Salua
Penampang Peta Hidrogeologi	9	EF-1, EF-2, EF-3, EF-4, GH-1, GH-2, GH-3, GH-4, GH-5
Jumlah	41	

Pembuatan Korelasi Penampang Hidrogeologi Unit

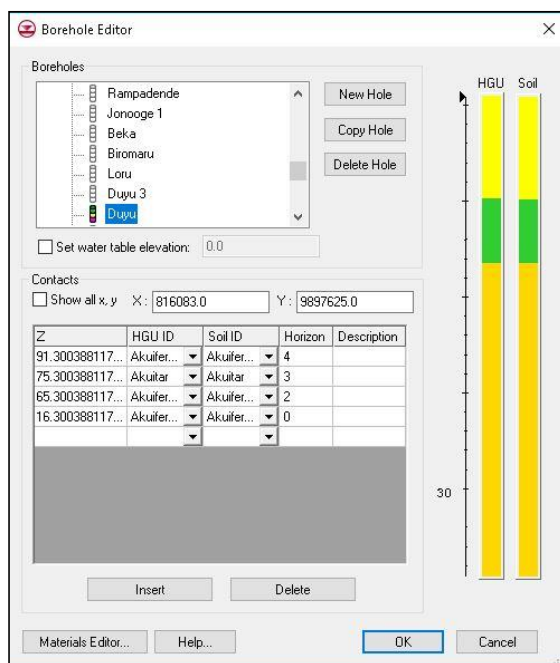
Korelasi antara data *Lubang Bor* dibuat dengan cara analisis dua *Lubang Bor* atau lebih, penelitian ini akan menggunakan korelasi dua *Lubang Bor* agar hasil yang didapatkan lebih detail. Pada masing - masing *Lubang Bor* keberadaan akuifer dan akuitar akan berbeda - beda letaknya. Korelasi ini bertujuan untuk menggabungkan HGU yang sejenis pada tiap *Lubang Bor* sebagai *input* dalam pemodelan geometri akuifer, serta dapat mengetahui ketebalan lapisan diantara kedua *Lubang Bor*.

Data *Lubang Bor* yang telah dibuat bisa dilihat pada Gambar 10 *Lubang Bor* EF1 memiliki akuifer bebas berada pada elevasi 50 – 25, akuitar berada pada elevasi 25 – 20 mdpl, akuifer semi tertekan berada pada elevasi 20 – 5 mdpl dan akuitar berada pada elevasi 5 – 45 mdpl. *Lubang Bor* Duyu Gambar 11 memiliki akuifer yang berada pada elevasi 91,3 – 75,3 mdpl, akuitar pada elevasi 75,3 – 65,3, akuifer semi tertekan pada elevasi 65,3 – 16,3 mdpl dan dibawahnya tidak terdapat pada lapisan akuitar jika dibandingkan dengan *Lubang Bor* EF 1.

Perbandingan *Lubang Bor* EF1 dan Duyu ini jika ditarik menggunakan penarikan korelasi berdasarkan HGU akan menghasilkan penampang HGU EF1-Duyu yang bisa dilihat pada Gambar 12.



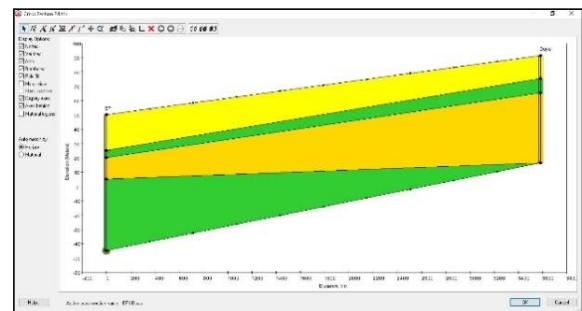
Gambar 10 Data Lubang Bor EF1



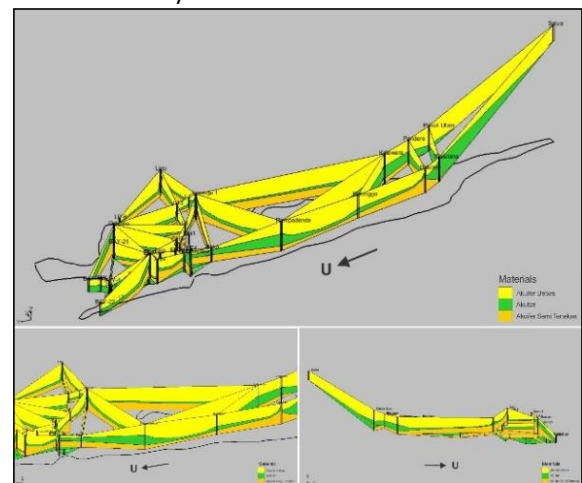
Gambar 11 Data Lubang Bor Duyu

Hasil penarikan korelasi HGU pada penampang EF1-Duyu memperlihatkan lapisan akuifer bebas menipis kearah Lubang Bor Duyu, akuitar memiliki ketebalan relatif seragam, akuifer semi tertekan lebih menebal kearah Lubang Bor Duyu, sedangkan akuitar lebih menipis kearah Lubang Bor Duyu.

Penarikan korelasi penampang HGU ini menghasilkan 64 penampang dari 41 buah Lubang Bor yang telah dikorelasi untuk mencakup CAT Palu. Sebaran penampang di CAT Palu bisa dilihat pada Gambar 13.



Gambar 12 Korelasi HGU pada penampang EF1-Duyu



Gambar 13 Korelasi Penampang di CAT Palu

Pembuatan Solid CAT Palu

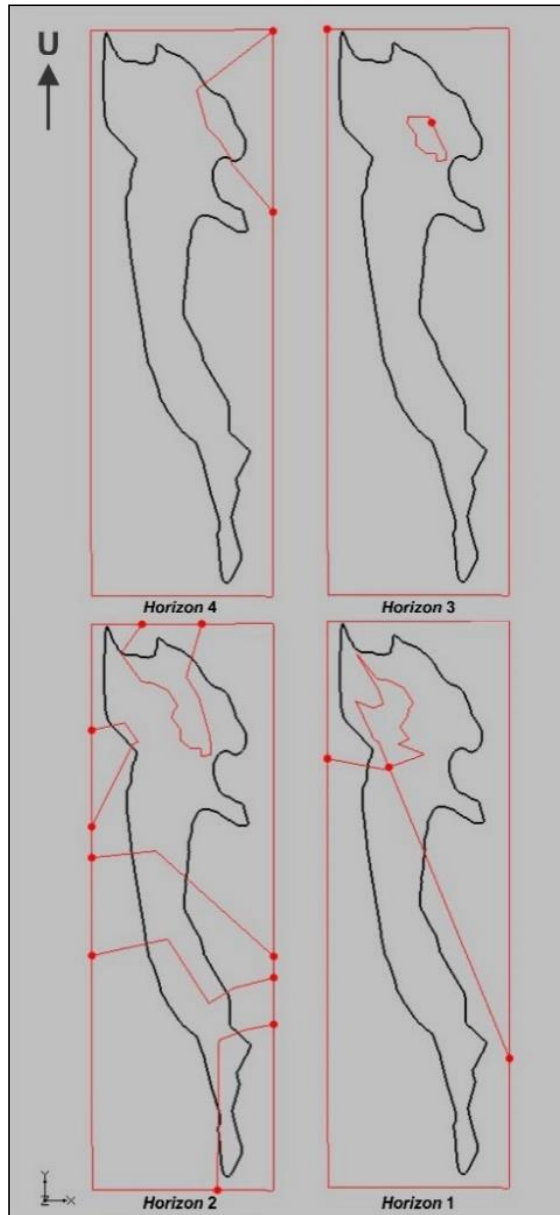
Sebelum pembuatan solid CAT Palu data terakhir yang akan dipersiapkan adalah *Conceptual Model* dari *Horizon*. Klasifikasi *horizon* dari Lubang Bor yang telah dibuat sebelumnya menghasilkan peta *conceptual model* Gambar 14. Peta ini dibuat untuk pembuatan *solid*. *Conceptual Model* ini adalah batas model yang akan dibuat di CAT Palu. Pada Gambar 14 menunjukan garis berwarna merah adalah batas terluar model yang akan dibuat garis merah pada *horizon 4* yang merupakan batas dari akuifer bebas, garis merah pada *horizon 3* merupakan batas dari akuifer semi tertekan, dan garis merah pada *horizon 1* merupakan batas dari akuitar.

Pembuatan *solid* ini membutuhkan data sebagai berikut:

- 1) Data Lubang Bor sebagai dasar penarikan lapisan dan kontak HGU yang akan dibuat.
- 2) Data Penampang sebagai data yang membantu lapisan dan kontak HGU yang akan dibuat.
- 3) *Conceptual Model* sebagai batas model untuk klasifikasi HGU.

Data - data tersebut kemudian diolah dalam pembuatan *solid* memakai pengolahan *IDW* di

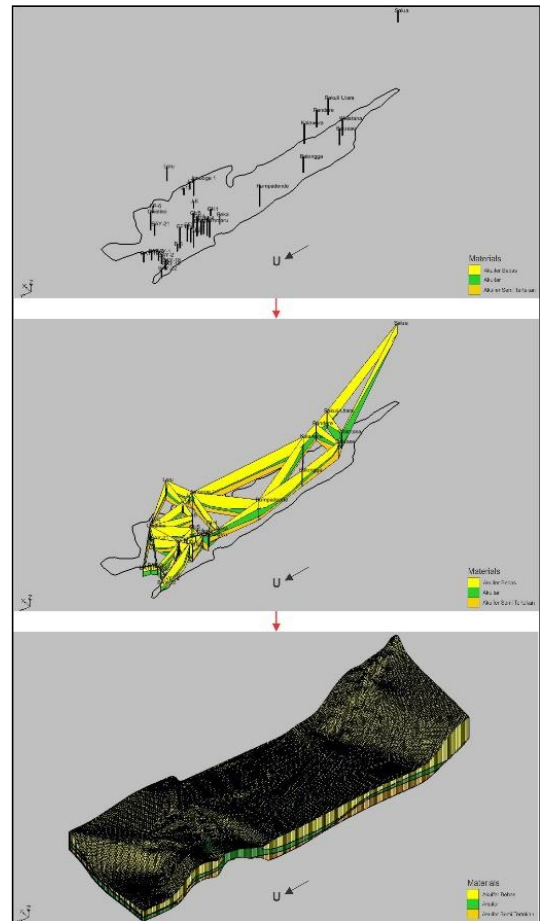
dalam piranti lunak GMS 10.4 dan menghasilkan *solid* atau berupa pemodelan hidrogeologi 3D bawah permukaan CAT Palu seperti pada Gambar 15. CAT Palu yang memiliki HGU sebanyak 4 buah yaitu akuifer bebas, akuitar, akuifer semi tertekan dan akuitar ditampilkan dalam Gambar 16 yang merupakan pemodelan 3D bawah permukaan CAT Palu.



Gambar 14 Peta *Conceptual Model* CAT Palu

Geometri Akuifer CAT Palu

Sistem air tanah yang berada di CAT Palu terdiri dari 4 buah lapisan yaitu:



Gambar 15 Proses pemodelan CAT Palu

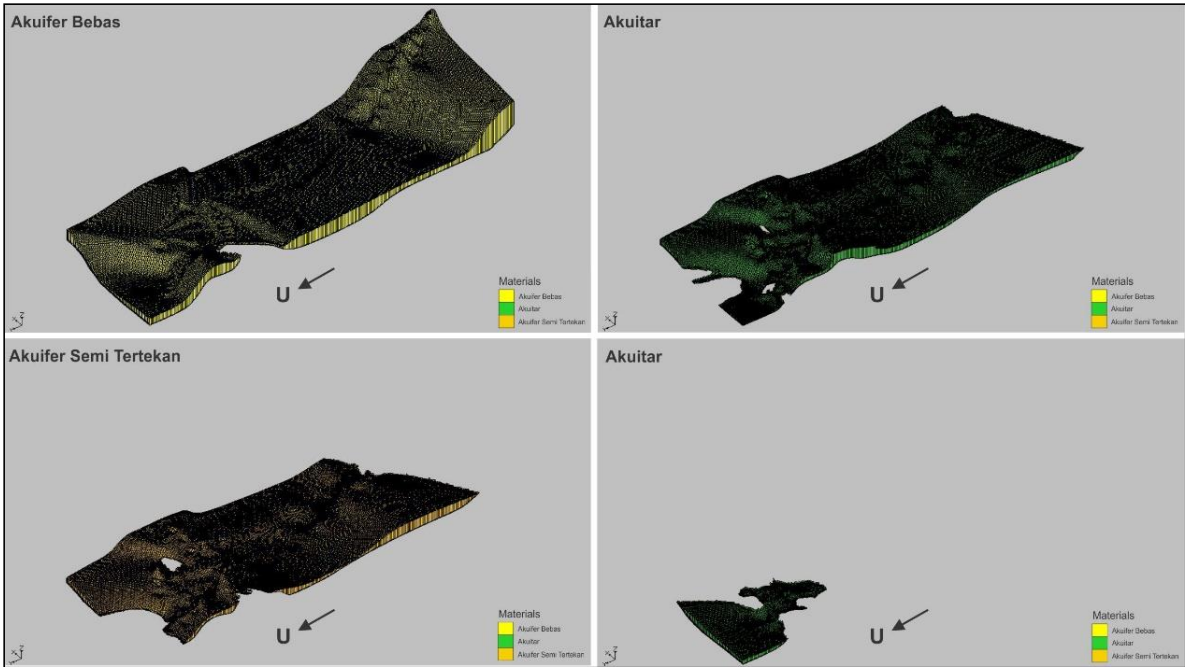
1) Akuifer Bebas

Akuifer bebas di CAT palu yang tersusun dari kerikil, pasir, lumpur, dan batugamping koral. Formasi Aluvium dan Endapan Pantai (Qa), memiliki luas 412,69 km² dengan ketebalan 17,77 - 72,48 m.

Akuifer ini berada pada lembahan di sepanjang punggung Palu dan dibatasi oleh sesar. Bagian atas akuifer bebas berada pada ketinggian 341 mdpl sedangkan bagian bawah berada pada ketinggian -2,29 mdpl.

2) Akuitar Bagian Atas

Akuitar Bagian Atas tersusun dari konglomerat, batulumpur, dan napal Formasi Molasa Celebes Sarasin dan Sarasin (QTms), memiliki luas 391,1 km² dengan ketebalan 0.1 - 20,61 m. Akuitar Bagian Atas berada di bagian bawah akuifer bebas menjadi penutup untuk akuifer semi tertekan di CAT Palu pada ketinggian 268,52 mdpl untuk bagian atas dan -20,06 mdpl pada bagian bawah.



Gambar 16 Pemodelan 3D bawah permukaan CAT Palu

3) Akuifer Semi Tertekan

Akuifer Semi tertekan terdiri dari batupasir dan batugamping koral Formasi Molasa Celebes Sarasin dan Sarasin (QTms), memiliki luas 351,98 km² dengan ketebalan 20,58 - 86,51 m. Akuifer semi tertekan ini berada pada ketinggian 268,42 mdpl untuk bagian atas dan -40,67 mdpl untuk bagian bawahnya. Akuifer semi tertekan ditutup oleh akuitar bagian atas dan dibawahnya terdapat akuitar bagian bawah.

4) Akuitar Bagian Bawah

Akuitar Bagian Bawah ini terdiri dari formasi - formasi tua terdiri dari Granit dan Granodiorit (Tmpi), Formasi Tinombo (Tts), Kompleks Batuan Metamorf (Km), Formasi Latimojong (Kls), memiliki luas 78,24 km² dengan ketebalan 3,01 - 4,1m. Bagian atas akuifer bagian bawah berada pada ketinggian 181,91 mdpl sedangkan bagian bawah berada pada ketinggian -2,29 mdpl -29,09 mdpl.

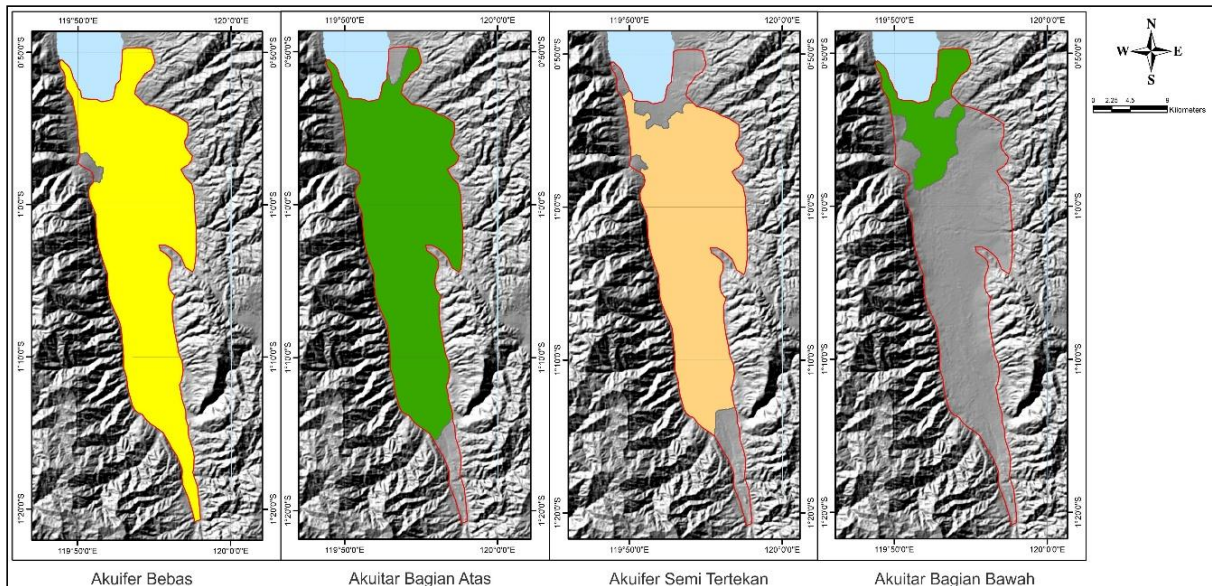
Penelitian yang dilakukan ini tidak bisa membuktikan deformasi yang terjadi menurut Widodo, dkk (2019) bahwa setelah terjadi bencana gempa bumi CAT Palu mengalami perubahan kondisi yaitu terdapat mata air baru dan terdapat koneksi hidraulik antara akuifer bebas dan akuifer semi tertekan/aquifer tertekan, karena tidak ada data pembanding pemodelan geometri akuifer sebelum gempa bumi terjadi. Sehingga penelitian ini hanya bersifat informasi mengenai kondisi terakhir akuifer CAT Palu pasca gempa bumi. Pemodelan Geometri akuifer ini hanya bisa dibandingkan dengan batas lateral pada CAT Palu

yang menurut Zeffitni (2011) adalah sesar Palu. Penelitian ini juga menjawab bahwa sebelum gempa bumi terjadi akuifer di CAT Palu yang menurut Zeffitni (2013) merupakan akuifer bebas dan tertekan, sedangkan koneksi yang terjadi antara akuifer bebas dan akuifer semi tertekan/aquifer tertekan, menurut Widodo, dkk (2019), karena hasil dari penelitian ini adalah diantara akuifer bebas dan akuifer semi tertekan yang dibatasi oleh akuitar.

Sistem akuifer CAT Palu yang dibagi menjadi 4 jenis tersaji pada Tabel 8 Data geometri akuifer di CAT Palu, yang mencakup jenis akuifer, luas setiap jenis akuifer, elevasi bagian atas, dan elevasi bagian bawah, dan ketebalan akuifer, sedangkan secara visual sistem akuifer CAT Palu terdapat pada Gambar 17 yang merupakan peta sebaran akuifer di CAT Palu.

Tabel 8 Data Geometri Akuifer CAT Palu

Jenis Akuifer	Luas (km ²)	Bagian Atas (mdpl)	Bagian Bawah (mdpl)	Ketebalan (m)
Akuifer Bebas	412,69	341	-2,29	17,77 - 72,48
Akuitar Bagian Atas	391,1	268,52	-20,06	0,1 - 20,61
Akuifer Semi Tertekan	351,98	268,42	-40,67	20,58 - 86,51
Akuitar Bagian Bawah	78,24	181,91	-20,09	3,01 - 4,1



Gambar 17 Peta Sebaran Akuifer CAT Palu

KESIMPULAN

Secara hidrostratigrafi CAT Palu tersusun dari 4 jenis, meliputi (1) Akuifer Bebas yang merupakan Aluvium dan Endapan Pantai (Qa) yang terdiri dari kerikil, pasir, lumpur, dan batugamping koral; (2) Akuiter yang tersusun dari sebagian Molasa Celebes Sarasin dan Sarasin (QTms) yang terdiri dari konglomerat, batulumpur, dan napal; (3) Akuifer semi tertekan di CAT Palu yang tersusun dari sebagian Molasa Celebes Sarasin dan Sarasin (QTms); serta (4) Akuiter dan batuan dasar dengan formasi terdiri dari Batuan terobosan Granit dan Granodiorit (Tmpi), Formasi Tinombo (Tts), Kompleks Batuan Metamorf (Km), dan Formasi Latimojong (Kls).

Geometri akuifer CAT Palu terdiri dari 4 jenis, meliputi (1) Akuifer bebas memiliki luas 412,69 km² dengan ketebalan 17,77 - 72,48 m, pada ketinggian 341 mdpl sedangkan bagian bawah berada pada ketinggian -2,29 mdpl; (2) Akuiter Bagian Atas memiliki luas 391,1 km² dengan ketebalan 0,1 - 20,61 m., pada ketinggian 268,52 mdpl untuk bagian atas dan -20,06 mdpl pada bagian bawah; (3) Akuifer Semi tertekan memiliki luas 351,98 km² dengan ketebalan 20,58 - 86,51 m. Akuifer semi tertekan ini berada pada ketinggian 268,42 mdpl untuk bagian atas dan -40,67 mdpl untuk bagian bawahnya. (4) Akuiter Bagian Bawah memiliki luas 78,24 km² dengan ketebalan 3,01 - 4,1m. Bagian atas akuifer bagian bawah berada pada ketinggian 181,91 mdpl sedangkan bagian bawah berada pada ketinggian -29,09 mdpl.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Balai Air Tanah, Direktorat Air Tanah dan Air Baku,

Direktorat Jenderal Sumber Daya Air, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat karena bantuannya sehingga penelitian ini bisa selesai dan kepada Dosen Pembimbing Utama dan Pembimbing Pendamping serta Dosen lainnya di Fakultas Teknik Geologi Universitas Padjadjaran.

DAFTAR PUSTAKA

- Arief, S., & Hidayat, R. S. (1993). *Peta Hidrogeologi Lembar Palu dan Parigi, Sulawesi skala 1: 250.000*. Direktorat Geologi Tata Lingkungan.
- Bayat, M., Eslamian, S., Shams, G., & Hajiannia, A. (2020). Groundwater Level Prediction through GMS Software—Case Study of Karvan Area, Iran. *Quaestiones Geographicae*, 39(3), 139-145.
DOI:10.2478/quageo-2020-0028
- Fachri, M., Djuhaeni, Hutasoit L.M., & Ramdhan. A.M. (2002). Stratigrafi dan Hidrostratigrafi Cekungan Airtanah Jakarta. *Buletin Geologi*, 34 (3)
- Milsom, J. (2003). *Field Geophysics 3rd Edition*. John Wiley & Sons, New York.
- Nela, E. D., Irnanda, V., Septi, E., Palupi, I. R., Raharjo, W., Giamboro, W. S., Handini, M. A., Karimah, A. A., Setyowati, R., & Tobing, E. (2020). Analisis Hubungan Magnitudo Gempa Bumi Terhadap Hasil Frekuensi Dominan Pada Rangkaian Gempa Aceh 2004, Yogyakarta 2006, Palu dan Lombok 2018 Sebagai Upaya Mitigasi Bencana. *Jurnal Meteorologi Klimatologi dan Geofisika*, 7(3), 44 – 50.
- Nurdin, S., Harianto, T., Aswad, S., Arsyad, A., & Alexander, S. (2019). Liquefaction Disaster Mitigation and Geohydrology Conditions,

Lessons from Palu Earthquake Magnitude 7.4 Mw 28 September 2018. *23rd Annual National Conference on Geotechnical Engineering*.

- Riawan, E. (2012). *Penentuan Jumlah dan Distribusi Spasial Sumur Pantau Berdasarkan Geometri Akifer dengan Metode Estimasi Spasial Inverse Distance Weighting Studi Kasus CAT Bandung* (Tidak Dipublikasi). Institut Teknologi Bandung.
- Sukanto, R., Sumadirdja, H., Suptandar, T., Hardjoprawiro, S., & Sudana, D. (1973). *Peta Geologi Lembar Palu, Sulawesi skala 1: 250.000*. Pusat Riset dan Pengembangan Geologi.
- Sukido, Sukarna, D., & Sutisna, K. (1993). *Peta Geologi Lembar Pasangkayu, Sulawesi skala 1: 250.000*. Pusat Riset dan Pengembangan Geologi.
- Tjahjadi, B. (1981). *Peta Hidrogeologi Lembar Pasangkayu dan sebagian Poso, Sulawesi skala 1: 250.000*. Direktorat Geologi Tata Lingkungan.
- Terzaghi, K., & Peck, R. B. (1987). *Mekanika Tanah Dalam Praktek Rekayasa*. Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Seizarwati, W., & Prasetya. D., (2019). Penentuan Jaringan Sumur Pantau Primer Dengan Metode *Inverse Distance Weighting* Di Cekungan Air Tanah Jakarta. *Jurnal Sumber daya Air*, 15(2), 107 – 120. DOI:10.32679/jsda.v15i2.503
- Widodo, L. E., Simangunsong, G. M., Iskandar, I., & Prasetyo, S. H., (2019). Peran Akuifer Tertekan Dalam Eskalasi Likuifaksi Palu Akibat Gempa Palu Tanggal 28 September 2018 – Sebuah Hipotesis. *Pertemuan Ilmiah Tahunan Ke 4 Perhimpunan Ahli Air Tanah Indonesia (PAAI)*.
- Zefftini. (2013). Potensi Airtanah Di Cekungan Air tanah (CAT) Palu Berdasarkan Satuan Hidromorfologi dan Hidrogeologi. *Jurnal Geografi*, 11(22), 97–106.
- Zeffitni. (2011). Identifikasi Batas Lateral Cekungan Air Tanah (CAT) Palu. *Jurnal SMARTek*, 9(4), 337 – 349.