

## **Analisis Kualitas Data Magnetotelurik Berdasarkan Parameter Koherensi Studi Kasus: Data Magnetotelurik Di Daerah Bandung, Jawa Barat**

**G.M. Lucki Junursyah<sup>1)</sup>, Agus Prabowo<sup>2,a)</sup> dan, Wahyu Hidayat<sup>3)</sup>**

<sup>1)</sup>Pusat Survei Geologi, Jl. Diponegoro No. 57 Bandung Jawa Barat

<sup>2)</sup>Teknik Geofisika, Fakultas Teknologi Mineral, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta, Jl. Pajajaran Condongcatur Depok Sleman DI Yogyakarta 55285

<sup>3)</sup>Teknik Geofisika, Institut Teknologi Bandung, FTTM, Jl. Ganesha No. 10 Bandung Jawa Barat

<sup>a)</sup>Email korespondensi: agsprbwo74@gmail.com

### **ABSTRAK**

Magnetotelurik atau dikenal dengan MT merupakan metode geofisika pasif yang mengukur variasi medan elektromagnetik alami bumi untuk menyelidiki struktur bawah permukaan bumi pada kedalaman 10 meter sampai 10 kilometer berdasarkan sifat resistivitas bawah permukaan. Kualitas data merupakan suatu kunci untuk mendapatkan hasil interpretasi yang baik. Permasalahan utama dari data magnetotelurik adalah pengaruh *noise* reguler yang dapat mempengaruhi *signal to noise ratio*. *Noise* koheren umumnya dijumpai di daerah pengukuran yang dekat dengan sumber *noise* seperti instalasi listrik rumah tangga atau Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi (SUTET). Untuk mengatasinya perlu dilakukan kajian analisis data berdasarkan parameter koherensi. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan reduksi *noise* menggunakan teknik akuisisi dan pengolahan data. Penelitian ini memanfaatkan data pengukuran di daerah padat penduduk di Kota Bandung Jawa Barat dengan jumlah 25 titik pengukuran. Untuk meningkatkan *S/N ratio* (*Signal to Noise ratio*) dilakukan beberapa treatment data yaitu dengan menggunakan *robust*, *time series*, dan *edit XPR*. Hasil dari pengolahan tersebut terbukti dapat menaikkan nilai koherensi pada setiap titik pengukuran dengan rata-rata nilai koherensi dari 65.32% menjadi rata-rata nilai 83.85% atau mengalami kenaikan sebesar 18.54%. Penelitian ini membuktikan bahwa metode MT dapat dilakukan pada daerah perkotaan yang biasanya mempunyai banyak *noise* dengan meningkatkan kualitas data MT, dengan cara mereduksi *noise* yang terekam pada pengukuran untuk meningkatkan kualitas data MT. Kualitas data MT yang baik mampu merepresentasikan keadaan bawah permukaan yang hampir mirip dengan sebenarnya.

**Kata Kunci:** Koherensi; magnetotelurik; *noise*; perkotaan; signal

### **ABSTRACT**

*Magnetotellurics, also known as MT, is a passive geophysical method that measures variations in the Earth's natural electromagnetic field to investigate subsurface structures in the depth of 10 meters to 10 kilometers based on resistivity value. Good data quality is a key in resulting good interpretation. The main problem with magnetotellurics data is the influence of coherent noise which can affect the signal ratio. Regular noise is generally found in the measurement area close to noise sources such as household electrical installations or Extra High Voltage Air Ducts (SUTET). To overcome this, it is necessary to analysis the data based on coherence parameters. This study aimed to conduct noise reduction using techniques of data acquisition and data processing. This study utilizes measurement data in densely populated areas in Bandung City, West Java with a total of 25 measurement points. To increase the S / N ratio, several data treatments were carried out by using robust, time series, and edit XPR. The results of this processing are proven to increase the coherence value at each measurement point with an average coherence value of 65.32% to an average value of 83.85% or an increase of 18.54%. This study proves that the MT method can be carried out in urban areas that usually have a lot of noise by increasing the quality of MT data, by reducing the noise recorded in measurements to increase the quality of MT data. MT good quality data that is able to represent to subsurface that is almost similar to the real.*

**Keywords:** Coherence; magnetotelluric; noise; signal; urban

### **I. PENDAHULUAN**

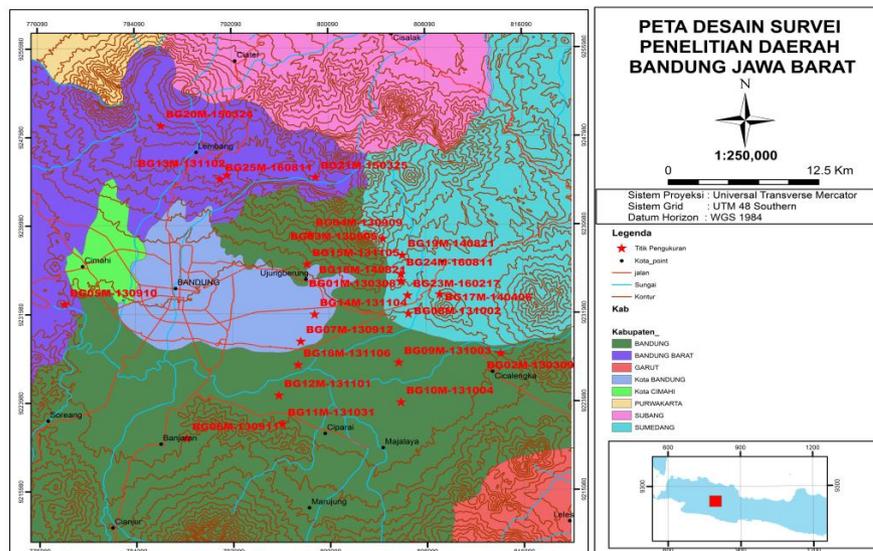
Metode Magnetotelurik (MT) merupakan metode geofisika pasif yang mengukur variasi medan elektromagnetik alami bumi untuk menyelidiki struktur bawah permukaan bumi pada kedalaman 10 meter sampai 10 kilometer berdasarkan sifat resistivitas elektrik bawah permukaan (Vozoff, 1990). Metode MT adalah teknik elektromagnetik pasif yang melibatkan pengukuran fluktuasi medan listrik (**E**) dan medan magnet (**B**). Terdapat dua jenis sumber pada metode ini, yaitu petir sebagai sumber frekuensi tinggi lebih dari 1 Hz dan badai matahari (aktivitas matahari yang menyebabkan adanya gelombang elektromagnetik) sebagai sumber dengan frekuensi rendah kurang dari 1 Hz, metode MT menghasilkan frekuensi  $10^4$  hingga  $10^{-4}$  Hz (Unsworth, 2016). Rentang frekuensi yang begitu panjang, pengukuran MT seringkali terdapat gangguan sinyal data (*noise*) pada frekuensi tertentu (Vozoff, 1990). *Noise* yang muncul pada data

MT dapat dikategorikan berdasarkan pengaruhnya dalam waktu tertentu yaitu *regular noise* dan *irregular noise* (Unsworth, 2016). *Regular noise* merupakan *noise* yang muncul pada rentang frekuensi tertentu seperti *power line noise*. *Powerline noise* timbul akibat sistem transmisi dan distribusi arus listrik rumah tangga dari PLN memiliki frekuensi 50 Hz. *Irregular noise* adalah *noise* yang tidak mengikuti *trend* data pada domain waktu seperti *spike noise*. *Irregular noise* dapat muncul dari pergerakan kendaraan yang menghasilkan *noise* medan magnet akibat vibrasi yang dirambatkan melalui tanah (Vozoff, 1990). Vibrasi ini dapat menggetarkan koil sensor magnetik yang dapat berpotensi merubah *flux* magnetik yang melewati koil. Gangguan semacam ini juga dapat terjadi akibat adanya aktivitas alam angin dan badai yang menggerakkan batang pohon yang kemudian menimbulkan efek vibrasi.

Daerah Bandung merupakan daerah daerah perkotaan yang banyak mengandung noise jika dilakukan pengukuran menggunakan metode MT. Survei metode MT pada daerah perkotaan akan mengalami kesulitan dalam proses pengambilan data karena terpengaruh oleh *noise regular* dan *irregular*. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan reduksi *noise* menggunakan teknik akuisisi dan pengolahan data. Pada penelitian ini noise yang akan di reduksi adalah noise *regular*, reduksi *noise* dilakukan untuk meningkatkan kualitas data MT. Kualitas data MT yang baik dengan parameter koherensi akan lebih merepresentasikan keadaan bawah permukaan yang sebenarnya. Penelitian ini menggunakan acuan yaitu parameter koherensi, dimana memiliki rentang nilai 0 sampai 1, angka 1 menunjukkan kualitas data yang sangat baik (Mwakirani, 2012). Untuk melihat data yang baik secara kuantitatif digunakan nilai acuan minimal koherensi 0.75 (Junursyah, 2016).

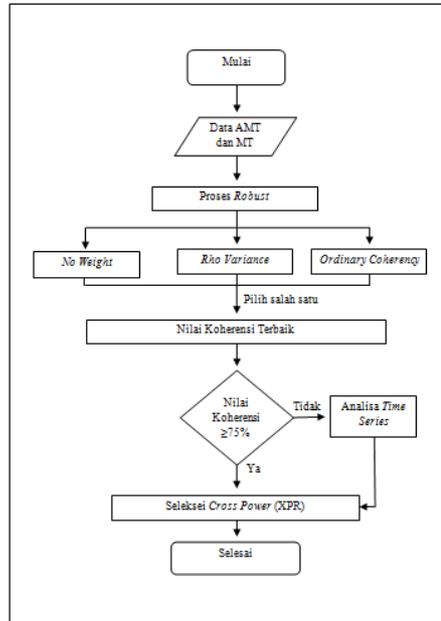
## II. METODE

Penelitian menggunakan data pengukuran 25 titik di Kota Bandung, Jawa Barat. Sebaran titik – titik pengukuran dapat dilihat pada **Gambar 1**. Pengukuran dilakukan oleh Tim Survei MT Pusat Survei Geologi, Bandung dengan rentang waktu pengukuran dari tahun 2013 sampai 2016.



**Gambar 1.** Desain Survei Pengukuran MT (DEMNAS, 2019)

Data yang digunakan adalah data dari hasil pengukuran menggunakan alat MTU-5A (Phoenix Geophysics) dengan file ekstensi berupa : AMT\*.TBL,AMT\*.TS2,AMT\*.TS3, AMT\*.TS4, MT\*.TBL, MT\*.TS3, MT\*.TS4, MT\*.TS5. Tahapan Proses penelitian dapat dilihat pada **Gambar 2**.



**Gambar 2.** Diagram alir Pengolahan

Distorsi sinyal atau gangguan akibat benda-benda sekitar mengakibatkan *noise*. Untuk menghasilkan data yang baik diperlukan pengolahan dan analisis data yang mumpuni. Terdapat beberapa cara untuk meningkatkan kualitas data MT yaitu dengan *robust*, analisis *time series*, dan seleksi *cross power* (XPR). Koherensi sinyal merupakan bilangan nyata berdimensi dengan nilai  $0 \leq \psi \leq 1$ . Koherensi sinyal dinyatakan sebagai rasio spektral yang terdiri dari kolerasi spektrum medan listrik dan medan magnet  $\langle E^*H \rangle$  (dengan \* merupakan konjugasi kompleks) yang digunakan untuk menghitung fungsi transfer, dibagi dua *auto power spectrum* yang dapat dilihat pada **Persamaan 1**.

$$\psi = \frac{(E^*H)}{((E^*E)(H^*H))^{1/2}} \quad (1)$$

*Robust processing* adalah teknik pemrosesan statistik yang menggunakan bobot iteratif dari residual untuk mengidentifikasi dan menghapus data yang menyimpang oleh *noise non-Gaussian*. *Robust processing* menggunakan beberapa pengukuran dari *departure* suatu kontribusi individual dari rata-rata untuk merendahkan bobot *outliers* pada iterasi selanjutnya (Simpson & Bahr, 2005). Proses ini berguna untuk mendeteksi *outliers*. *Outliers* adalah data yang memiliki nilai yang jauh dari nilai keseluruhan sehingga data tersebut diberikan pembobotan yang lebih kecil secara iteratif. Fungsi yang digunakan dalam proses pembobotan yaitu fungsi pembobot *bisquare*. Bentuk dari fungsi pembobot *bisquare* dapat dilihat pada **Persamaan 2** (Muddasir, dkk, 2016).

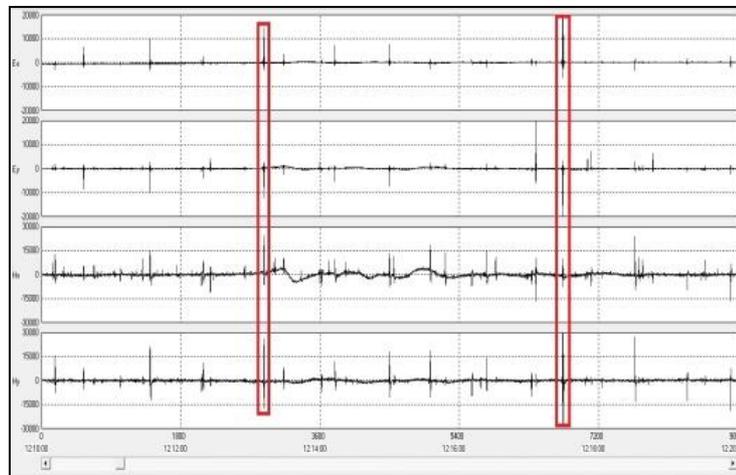
$$W_i = \begin{cases} (1 - (\frac{r_i}{\sigma_{MAD}})^2)^2, & \text{jika } |r_i| < \sigma_{MAD} \\ 0, & \text{jika } |r_i| \geq \sigma_{MAD} \end{cases} \quad (2)$$

Dalam proses *robust* terdapat 3 macam parameter *cross power* yang digunakan diantaranya :

1. *No Weight* (NW), yang memberikan pembobotan yang sama pada setiap frekuensi, bisa disebut RAW data (data lapangan).
2. *Rho Variance* (RV) memberikan pembobotan yang besar pada data tahanan jenis pada data MT yang memiliki cuplikan sebanyak nilai *cross power* yang diinginkan.
3. *Ordinary Coherence* (OC), pembobotan besar akan diberikan pada frekuensi yang memiliki koherensi yang baik diantara komponen H dan E.

Analisis *time series* adalah proses untuk mereduksi *noise* dengan menganalisis sinyal koheren terhadap waktu dan juga memotong waktu yang terpengaruh *noise* tersebut. Data MT terdiri dari 3 rentang frekuensi yaitu TS3 (40-320 Hz), TS4

(5.6-33 Hz) dan TS5 (0.00034-4.7 Hz). Pada TS3 dan TS4 memiliki frekuensi yang tinggi (dekat permukaan) sehingga berisi data/sinyal yang diinginkan sedangkan TS5 berisi *noise* dengan sumber yang kuat (**Gambar 3**).

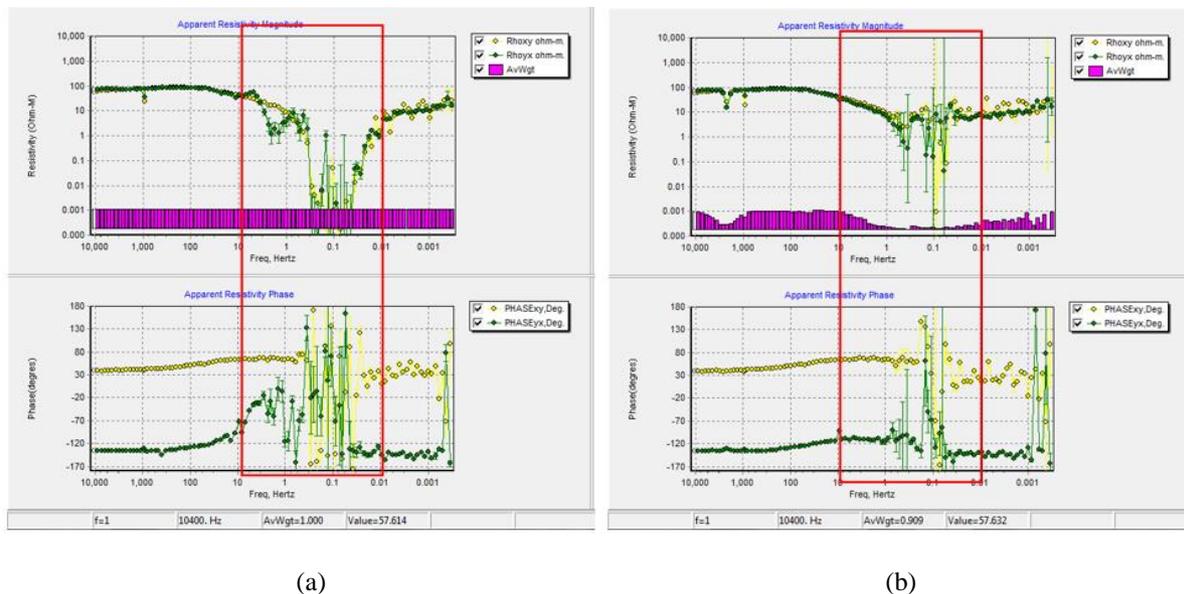


**Gambar 3.** Analisis Sinyal pada TS5 Stasiun BG 03 (TS Viewer)

Seleksi *Crosspower* (XPR) bertujuan untuk nilai koherensi memilih titik bobot pada setiap frekuensi dengan memperhatikan perubahan kurva dan nilai pembobotan pada grafik tahanan jenis semu dan fasa.

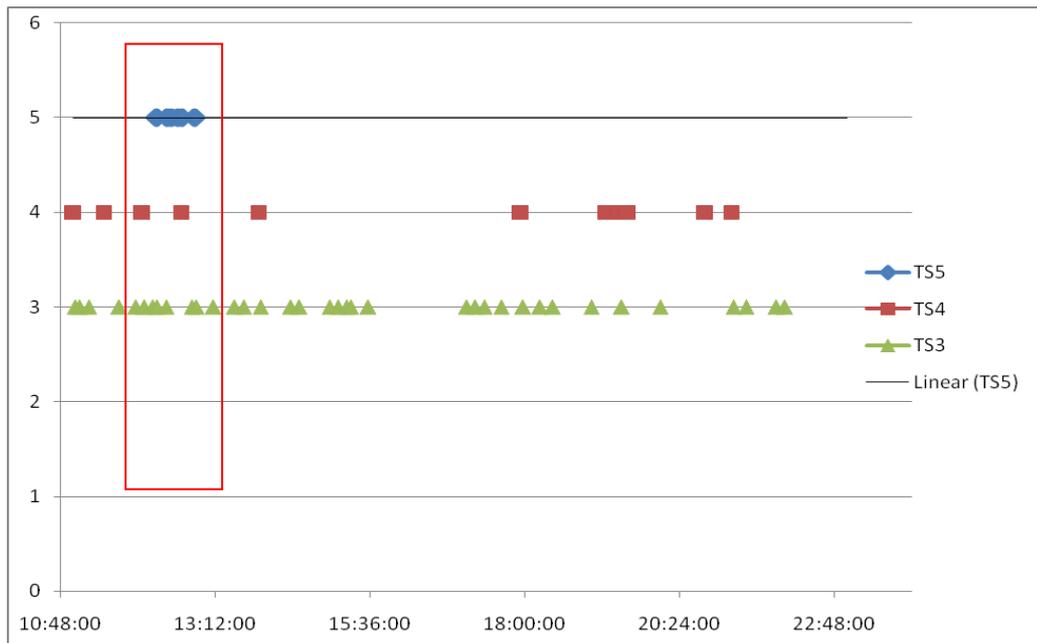
### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses pengolahan *robust* merupakan tahapan awal dalam pengolahan data MT. **Gambar 4** menunjukkan proses pengolahan *robust* dengan *rho variance*.



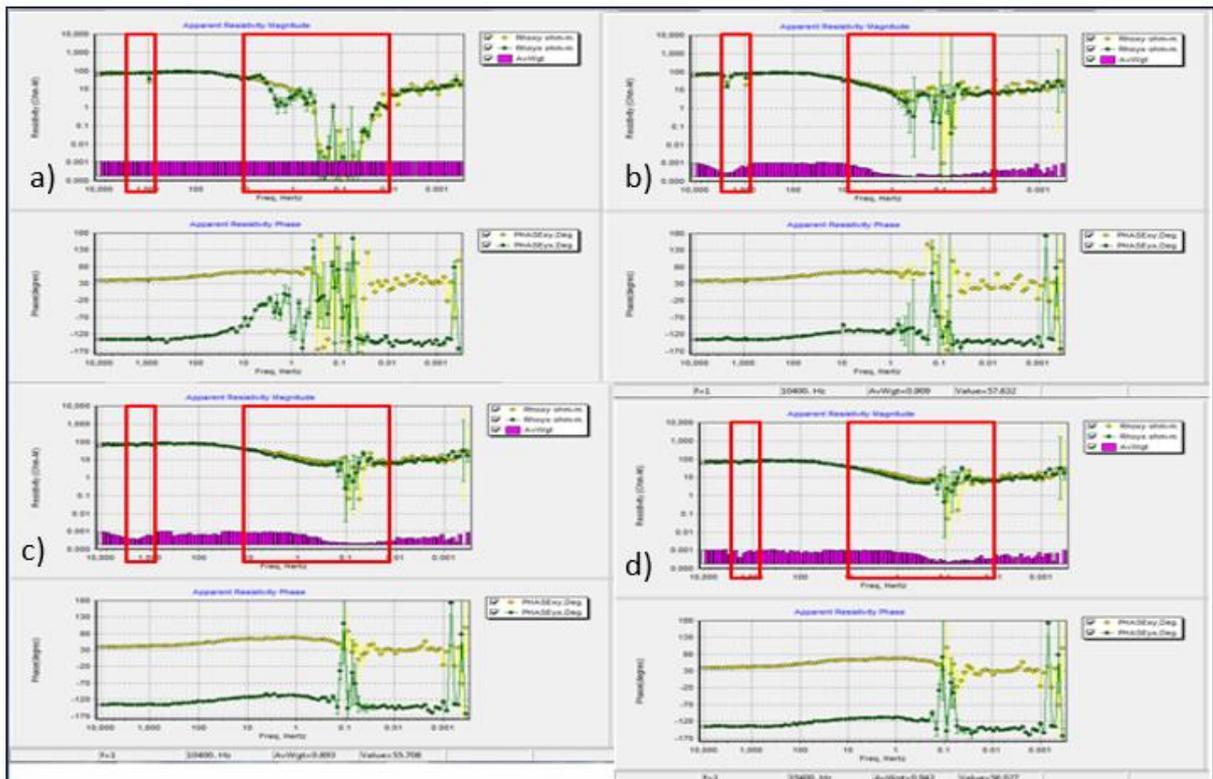
**Gambar 4.** a.) Grafik *apparent resistivity magnitude* dan *phase* yang merupakan *RAW* data (NW) ; b) Grafik *apparent resistivity magnitude* dan *phase* yang Sudah dilakukan pengolahan *robust* (RV)

Dalam analisis secara kualitatif dapat dilihat dengan perubahan dari grafik yang setelah dilakukan pengolahan menjadi lebih *smooth* dibandingkan dengan data awalnya (NW). Dilihat dari kotak yang ditandai dengan garis merah yang merupakan terjadinya perubahan yang signifikan, jika dilihat dari grafik mendapatkan kenaikan yang lebih *smooth*. Jika dilihat dari analisis kuantitatif yang ditunjukkan dengan tabel 1 (Lampiran), dapat dilihat kenaikan nilai koherensi dari *RAW* data (NW) ke RV. 67.66% merupakan data awal (NW) pada stasiun ini yang kemudian dilakukan pengolahan *robust* dengan parameter RV menjadi 74.15%. Karena pada stasiun ini data koherensi belum menunjukkan data yang baik (75%) maka dilanjutkan dengan pengolahan *timeseries*.



Gambar 5. Proses analisa *time series*

Pada proses *time series* dilakukan dengan cara memotong sinyal yang terkena *noise* koheren. Contohnya yaitu pada rentang waktu pengukuran dari jam 11:00 WIB sampai 23:00 WIB dipotong waktu selama 1 jam 55 menit karena pada rentang waktu tersebut terdapat *noise* yang ditunjukkan pada kotak merah pada Gambar 5. Acuan perpotongan sinyal ini berdasarkan TS5 yang ditunjukkan pada titik warna biru maka pada rentang waktu tersebut TS4 dan TS3 pun iku terkena *noise* koheren dan data direduksi.



Gambar 6. Grafik *apparent resistivity* ; a) Grafik *No Weight (NW)*; b) Grafik *robust ho variance (RV)*; c) Grafik *time tsries*; d) Grafik *edit XPR*

Berdasarkan pada **Gambar 6(c)** dilihat dari analisis kualitatif perubahan grafik *apparent resistivity* terhadap **Gambar 6(b)** dan **6(a)** terjadi perubahan, grafik menjadi lebih *smooth* jika dibandingkan dengan sebelumnya dan dilihat dari **Tabel 1**, nilai dari koherensi naik menjadi 78.47%, naik 4.32%. Hal ini menunjukkan proses *time series* berhasil menaikkan nilai koherensi dari yang dibawah 75% menjadi >75%. Akhir dari pengolahan ini adalah menggunakan proses *edit XPR* untuk lebih mendapatkan data yang lebih baik. Dari analisa kualitatif berdasarkan perubahan dari grafik *apparent resistivity* pada **Gambar 6**, ditunjukkan perubahan yang semakin *smooth* dan bagus pada setiap pengolahan sampai proses *edit XPR*. Berdasarkan pada **Tabel 1**, analisis kuantitatif menunjukkan kenaikan nilai koherensi dari data awal (*RAW data*) sebesar 67.66 % sampai 81.03% dan kenaikan koherensi sebesar 13.37%.

Hasil penelitian ini membuktikan bahwa pengukuran metode Magnetotelurik yang dilakukan di tengah kota Bandung yang mempunyai banyak *noise*. Nilai koherensi yang didapat rata - rata 83.85% yang menunjukkan bahwa data yang dihasilkan dapat diolah lebih lanjut untuk mendapatkan gambaran bawah permukaan. Kenaikan nilai koherensi terbesar terjadi pada stasiun BG13 dimana nilai koherensi dari *RAW data* (NW) 46.06% naik menjadi 79.03% dan kenaikan terkecil pada stasiun BG17 dengan nilai koherensi *RAW data* (NW) 81.91% menjadi 89.14%.

**Tabel 1.** Hasil Pengolahan Data Magnetotelurik (MT) Berdasarkan Parameter Koherensi

NO STAT.	tgl	TOTAL DATA	RAW DATA	COHERENCY (%)		AVERAGE (%)	ROBUST	COHERENCY (%)		AVERAGE (%)	TIME SERIES		AVERAGE (%)	XPR		AVERAGE (%)
				RHO XY	RHO YX			RHO XY	RHO YX		RHO XY	RHO YX		RHO XY	RHO YX	
BG_01	08/03/2013	100	NW	68.95	74.42	71.69	RV	72.87	77.11	74.99	80.66	78.80	79.73	83.52	81.28	82.40
BG_02	09/03/2013	100	NW	68.58	57.77	63.18	OCUPAUTO	83.98	75.14	79.56	85.19	77.11	81.15	87.80	79.94	83.87
BG_03	05/06/2013	100	NW	66.54	74.64	70.59	RVAUTO	85.33	85.60	85.46	88.45	88.89	88.67	90.68	90.44	90.56
BG_04	09/09/2013	100	NW	53.64	51.81	52.72	RVAUTO	69.33	65.85	67.59	72.81	70.48	71.64	75.38	73.53	74.45
BG_05	10/09/2013	100	NW	69.78	66.29	68.03	OCUPAUTO	74.65	73.96	74.31	85.53	85.67	85.60	88.01	88.33	88.17
BG_06	11/09/2013	100	NW	63.40	74.73	69.06	OCAUTO	72.51	79.97	76.24	75.14	85.07	80.10	78.58	87.01	82.79
BG_07	12/09/2013	100	NW	60.74	57.06	58.90	OCAUTO	67.15	66.51	66.83	85.98	83.08	84.53	88.11	85.58	86.84
BG_08	02/10/2013	100	NW	52.37	69.42	60.90	OCAUTO	63.28	77.77	70.53	66.86	84.04	75.45	70.93	86.82	78.87
BG_09	03/10/2013	100	NW	73.88	80.68	77.28	OCAUTO	83.21	89.42	86.31	88.12	91.52	89.82	89.24	92.46	90.85
BG_10	04/10/2013	100	NW	61.58	76.97	69.28	RVAUTO	70.52	85.26	77.89	75.48	87.56	81.52	79.39	87.99	83.69
BG_11	31/10/2013	100	NW	65.59	69.73	67.66	RVAUTO	71.84	76.41	74.12	76.12	80.82	78.47	78.97	83.09	81.03
BG_12	01/11/2013	100	NW	70.93	57.28	64.10	RVAUTO	85.88	79.35	82.62	87.20	82.01	84.60	87.84	83.43	85.63
BG_13	02/11/2013	96	NW	42.75	49.37	46.06	RVAUTO	54.18	68.39	61.28	73.73	83.18	78.46	74.45	83.60	79.03
BG_14	04/11/2013	100	NW	77.98	67.43	72.71	OCUPAUTO	85.26	77.12	81.19	88.53	87.06	87.79	90.42	89.86	90.14
BG_15	05/11/2013	100	NW	65.30	67.45	66.37	OCAUTO	74.97	75.82	75.40	78.83	80.64	79.74	82.13	83.46	82.79
BG_16	06/11/2013	100	NW	70.46	71.49	70.98	RVUPAUTO	87.70	75.63	81.67	89.87	82.02	85.94	90.84	84.00	87.42
BG_17	16/04/2014	100	NW	82.01	81.82	81.91	OCUP	83.49	84.10	83.79	85.72	87.67	86.70	87.82	90.46	89.14
BG_18	21/08/2014	100	NW	56.07	63.39	59.73	OCAUTO	65.88	72.54	69.21	75.72	78.58	77.15	80.55	81.73	81.14
BG_19	21/04/2014	96	NW	66.32	45.23	55.77	OCAUTO	75.30	57.33	66.31	79.25	80.96	80.11	82.22	83.93	83.08
BG_20	24/03/2015	76	NW	73.43	56.43	64.93	RVAUTO	80.88	66.81	73.84	82.84	71.51	77.18	84.61	76.04	80.32
BG_21	25/03/2015	78	NW	58.48	51.17	54.83	OCUPAUTO	76.00	65.21	70.61	75.72	66.73	71.23	79.70	72.27	75.98
BG_22	17/02/2016	60	NW	80.26	78.38	79.32	OCUPAUTO	84.73	84.30	84.51	88.47	85.11	86.79	90.95	88.81	89.88
BG_23	18/02/2016	100	NW	45.03	72.51	58.77	OCUPAUTO	58.70	79.56	69.13	72.25	83.62	77.94	77.91	87.04	82.47
BG_24	11/08/2016	100	NW	70.62	73.17	71.90	RVUPAUTO	77.80	83.91	80.86	82.38	87.68	85.03	84.09	88.91	86.50
BG_25	12/08/2016	100	NW	49.88	62.71	56.30	RVUPAUTO	61.71	69.22	65.46	74.10	78.66	76.38	77.81	80.82	79.32

#### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengolahan data magnetotelurik menggunakan proses *robust*, *time series*, dan *edit XPR* menghasilkan kenaikan nilai koherensi pada setiap stasiun dengan rata-rata nilai koherensi pada *RAW data* (NW) sebesar 65.32% naik menjadi rata-rata nilai koherensi setelah dilakukan pengolahan 83.85% naik sebesar 18.54%. Pada setiap pengolahan rata-rata nilai koherensi menjadi naik dengan rincian *RAW data* 65.32%; *robust* 75.19%; *time series* 81.27 % ; dan *edit XPR* 83.85%. Dari hasil tersebut menunjukkan kualitas data MT menjadi semakin baik karena dilakukannya pengolahan data. Kualitas data MT yang baik dapat lebih merepresentasikan keadaan bawah permukaan kota Bandung hampir sama dengan keadaan sebenarnya.

#### UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih kepada Pusat Survei Geologi yang sudah memberikan izin untuk dilakukannya penelitian ini dan pihak pihak yang terlibat langsung atau pun tidak dalam pembuatan penelitian ini. Terimakasih juga kepada Dewan Direksi Jurnal Mineral Energi dan Lingkungan yang sudah menerbitkan paper/karya tulis ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Cagniard, L. (1953). Basic theory of the magneto-telluric method of geophysical prospecting. *Geophysics*, 18(3), 605-635.
- Dwiyantoro, R. R., Junursyah, L., & Yatini, Y. (2018). Rise of Magnetotelluric Data Quality Based on Coherence Prameter in Savu Basin, East Nusa Tenggara. *Prosiding ISPG 2018*
- Egbert, G. D., & Booker, J. R. (1986). Robust Estimation of Geomagnetic Transfer Functions. *Geophysical Journal International*, 87(1), 173-194.

- Hidayat, W., & Hamdalah, H. (2019). Analisa Geoelectrical Strike Metode AMT untuk Identifikasi Awal Potensi Sistem Panas Bumi di Daerah Gunung Pancar Bogor Jawa Barat. *Jurnal Offshore: Oil, Production Facilities and Renewable Energy*, 3(1), 23-29.
- Hidayat, A. R., Junursyah, G. L., & Harja, A. S. E. P. (2016). Analisis Deret Waktu Untuk Peningkatan Kualitas Data Magnetotellurik (Studi Kasus Lapangan Geothermal). In *Proc. Seminar Nasional Fisika dan Aplikasinya, Universitas Padjadjaran, Jatinangor* (pp. 01-10).
- Maryani, L., Junursyah, G. M. L., dan Harja, A. (2016). Analisis Deret Waktu (Time Series) Metode Magnetotellurik pada Cekungan Buton, Sulawesi Tenggara. *Prosiding SNG 2016*.
- Mwakirani, R. (2012). Magneto-telluric (MT) Data Processing. *Short Course VII on Exploration for Geothermal Resources, Kenya*.
- Simpson, F., & Bahr, K. (2005). *Practical Magnetotellurics*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Unsworth, M. (2016). *Magnetotelluric – Field Techniques*. Geophysics424. Canada: University of Alberta.
- Vozoff, K. (1990). *Magnetotelluric: Principles and Practice*. Earth Planet. Phoenix Geophysics, Ltd. 2005. Data Processing Guide. Phoenix Geophysics Ltd.