

**ANALISIS GANGGUAN AKIBAT KERETA API LISTRIK *DIRECT
CURRENT (DC)* TEHADAP DATA VARIASI MEDAN MAGNETIK
STASIUN MAGNET BMKG STASIUN GEOFISIKA KELAS 1
TANGERANG**

(Skripsi)

Oleh
Jefri Riki R



**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK GEOFISIKA
2020**

**ANALYSIS OF DISTURBANCES DUE TO ELECTRICITY DIRECT
CURRENT (DC) TRAIN FIRE DATA VARIATION OF MAGNETIC
FIELD MAGNETIC STATION BMKG STATION GEOPHYSICAL CLASS
1 TANGERANG**

By :

Jefri Riki R

ABSTRACT

A research has been conducted on the analysis of electric railroad disturbance effect on magnetic data recording by BMKG magnetic station Geophysics Tangerang. The purpose of this research is to find out the quality of magnetic data, calculate how big the disturbance impact, and make efforts to reduce disruption. Disturbances due to the electric rail system (DC) has greatly interferes magnetic data recording. For 24 hours of continuous recording, the disturbance was recorded from 04.00 WIB until 23.00 WIB, and then there is a time interval when the train passing and when there is no train passing by. Moving Average Filter with a window width of 180 seconds is applied to reduce the disturbance effect. During the observation there were other disturbances that interfered magnetic data recording, which were assumed it come from the activities of garden farmers around the magnetic station building. The difference in the results of magnetic data recording before filtering and after filtering each day is the variation of maximum and minimum values then described as the impact of disturbance that occurs during the observation. The quality of magnetic data has much better compared to data before filtering, although the disturbance of electric trains cannot completely eliminated.

Keywords: *Filter Moving Average*, electrical railway system (DC), magnetic station.

ANALISIS GANGGUAN AKIBAT KERETA API LISTRIK *DIRECT CURRENT (DC)* TEHADAP DATA VARIASI MEDAN MAGNETIK STASIUN MAGNET BMKG STASIUN GEOFISIKA KELAS 1 TANGERANG

Oleh

Jefri Riki R

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian tentang analisis pengaruh gangguan kereta api listrik terhadap perekaman data magnetik stasiun magnet BMKG stasiun Geofisika Tangerang, yang bertujuan untuk mengetahui kualitas data magnet, menghitung seberapa besar dampak gangguan, dan melakukan upaya mengurangi gangguan. Gangguan akibat sistem kelistrikan kereta api listrik (*DC*) sangat menginterferensi perekaman data magnetik. Selama 24 jam secara *continue* gangguan terlihat pada pukul 04.00 WIB sampai dengan 23.00 WIB, dan terdapat selang waktu ketika ada dan tidak adanya kereta api yang melintas. Metode *filtering* yang digunakan untuk mengurangi gangguan yaitu dengan *Filter Moving Average* dengan lebar jendela 180 detik. Selama pengamatan terdapat gangguan lain yang menginterferensi perekaman data magnetik diasumsikan berasal dari aktifitas petani kebun disekitaran gedung stasiun magnet. Dari nilai selisih hasil pengurangan data magnetik sebelum *filtering* dengan data hasil *filtering*, didapatkan nilai maksimum dan minimum yang bervariasi setiap harinya menggambarkan besarnya gangguan yang terjadi selama pengamatan. Kualitas data magnetik jauh lebih baik jika dibandingkan sebelum dilakukan rekonstruksi data, walaupun tidak sepenuhnya gangguan akibat sistem kelistrikan Kereta api listrik dapat dihilangkan.

Kata Kunci: *Filter Moving Average*, sistem kelistrikan kereta api listrik (*DC*), stasiun magnet.

ANALISIS GANGGUAN AKIBAT KERETA API LISTRIK *DIRECT CURRENT (DC)* TEHADAP DATA VARIASI MEDAN MAGNETIK STASIUN MAGNET BMKG STASIUN GEOFISIKA KELAS 1 TANGERANG

Oleh

JEFRI RIKI REJEKI

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK**

Pada

**Jurusan Teknik Geofisika
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK GEOFISIKA
2020**

**Judul Skripsi : ANALISIS GANGGUAN AKIBAT KERETA
API LISTRIK *DIRECT CURRENT* (DC)
TERHADAP DATA VARIASI MEDAN
MAGNETIK STASIUN MAGNET BMKG
STASIUN GEOFISIKA KELAS 1
TANGERANG**

Nama Mahasiswa : Jefri Riki Rejeki

Nomor Pokok Mahasiswa : 1415051038

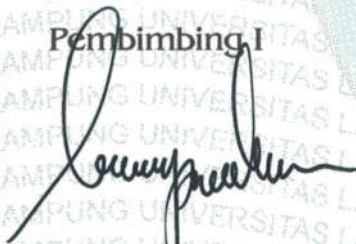
Jurusan : Teknik Geofisika

Fakultas : Teknik

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

Pembimbing I



**Karyanto, M.T.
NIP 19691230 199802 1 001**

Pembimbing II



**Ir. Syamsurijal Rasimeng, S.Si., M.Si.
NIP 19730716 200012 1 002**

2. Ketua Jurusan Teknik Geofisika



**Dr. Ir. Nandi Haerudin, S.Si., M.Si.
NIP 19750911 200012 1 002**

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua

: Karyanto, M.T.



Sekretaris

: Ir. Syamsurijal Rasimeng, S.Si., M.Si.



Penguji

Bukan Pembimbing

: Dr. Ir. Nandi Haerudin, S.Si., M.Si.



Dekan Fakultas Teknik



Prof. Drs. Ir. Suharno, Ph.D., IPU., ASEAN Eng.

NIP 19620717 198703 1 002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 13 Februari 2020

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan oleh orang lain dan sepanjang pengetahuan saya, juga tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagai mana disebutkan dalam daftar pustaka. Selain itu saya menyatakan pula bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan saya ini tidak benar maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 20 Februari 2020



Jefri Riki Rejeki
NPM.1415051038

RIWAYAT HIDUP



Penulis lahir di Sinar Harapan, 01 Januari 1996 yang merupakan anak kedua dari dua bersaudara dari pasangan Bambang Hermanto dengan Jumirah. Penulis mengawali pendidikan formal pertama di SDN 1 Sinar Harapan, Kedondong pada tahun 2001. Penulis mampu menyelesaikan waktu studi untuk sekolah dasar selama 6 tahun.

Tahun 2007 penulis memasuki jejang sekolah yang lebih tinggi di MTs. N 1 Kedondong. Jenjang SMP ditempuh oleh penulis dalam waktu 3 tahun. Tahun 2010 penulis menapaki jenjang sekolah yang lebih tinggi lagi di MAN 1 Pesawaran. Penulis menempuh pendidikan MAN dalam waktu 3 tahun.

Tidak langsung melanjutkan pendidikan selama 1 tahun karena suatu alasan, pada tahun 2014 penulis menentukan pilihannya pada Jurusan Teknik Geofisika Universitas Lampung dalam melanjutkan pendidikan. Dilema perkuliahan, pekerjaan, dan kehidupan membuat penulis membutuhkan waktu selama 12 semester untuk menyelesaikan studi. Meskipun bukan menjadi seorang lulusan terbaik, namun sudah lebih dari cukup dan bersyukur karena dapat mencapai tahapan ini.

“Persembahan”

Penulis persembahkan karya ini untuk

ALLAH SWT

dan

Keluarga tercinta,

“Motto hidup”

”Hidup Adalah Seni”

*Ketika dalam Berusaha Lebih Mengutamakan
Prosesnya, Maka Ketika Berhasil Mencapainya Akan
Lebih Dari Sekedar Kata “Puas”*

- Jefri Riki R

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT, yang telah memberikan rahmat dan hidayat-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan Skripsi ini dengan baik.

Skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk dapat menyelesaikan tahap Strata-1(S1) Teknik Geofisika Universitas Lampung. Skripsi ini dilaksanakan di Laboratorium Teknik Geofisika Universitas Lampung dengan metode Magnetik. Adapun waktu pelaksanaan Skripsi ini yakni 01 Februari 2019 – 15 Februari 2020.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan Skripsi ini tidak lepas dari kesalahan. Karena ini penulis mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun dari pembaca untuk kemajuan kita bersama. Semoga Skripsi ini berguna dan dapat menunjang perkembangan ilmu pengetahuan serta dapat bermanfaat bagi penulis khususnya dan juga para pembaca pada umumnya.

Bandar Lampung, 20 Februari 2020

Penulis,

Jefri Riki R

SANWACANA

Alhamdulillahirobbil'alamin....

Dengan penuh rasa syukur, penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, karena atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini dengan judul ***“Analisis Gangguan Akibat Kereta Api Listrik Direct Current (DC) Terhadap Data Variasi Medan Magnetik Stasiun Magnet BMKG Stasiun Geofisika Kelas 1 Tangerang ”*** Shalawat serta salam senantiasa tercurah kepada Nabi Besar Muhammad SAW, keluarga, sahabat serta pengikut-Nya yang terus menegakkan kalimat tauhid di muka bumi ini.

Penulis menyadari sepenuhnya, bahwa apa yang tersaji dalam Skripsi ini masih jauh dari yang diharapkan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran dari semua pihak sehingga membawa ke arah pemikiran yang lebih maju dan penulis mengharapkan adanya pengembangan untuk penelitian serupa sehingga akan ada kemajuan tentang penelitian sejenis. Tidak akan terselesaikan laporan Skripsi ini tanpa bantuan, dukungan dan bimbingan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis menyampaikan terimakasih kepada :

1. Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya dalam melaksanakan Skripsi ini.
2. Orang Tua yang telah berjuang, berkorban, membimbing dan memberikan semangat kepada penulis.

3. Bapak Dr. Ir. Nandi Haeruddin selaku Ketua Jurusan Teknik Geofisika Universitas Lampung sekaligus Penguji Skripsi ini.
4. Bapak Karyanto, M.T.dan Bapak Ir. Syamsurijal Rasimeng, S.Si., M.Si selaku pembimbing 1 dan pembimbing 2 Skripsi ini.
5. Bapak Ida Bagus Suananda Yogi, S.T., M.T. yang telah memberikan dukungan, motivasi, dan bantuan secara pemikiran sehingga dapat terselesaikan Skripsi ini.
6. Seluruh Dosen Teknik Geofisika Universitas Lampung yang telah membekali penulis dengan ilmu dan pengetahuan sehingga dapat terslesaikan Skripsi ini.
7. Bapak Fauzi selaku kepala Divisi Data Internal BMKG Stasiun Geofisika Kelas 1 Tangerang yang telah memberikan dukungan sehingga Skripsi ini terselesaikan.
8. Teman-teman yang sangat membantu dalam penyelesaian Skripsi ini, Faqih Afrizal, S.T., Martin Ridwan S.T., Ilham Triputra Sofiadin, S.T., Umi Hanifah, S.T. Ahmad Amirudin, S.T., Pungky Prananda, Romi, Azis Fazar Setiawan, S.T., Norman Wirawan Ito, S.T.
9. Rindi Antika Sari, S.T. yang rela memberikan bantuan secara pemikiran disela-sela kesibukannya.
10. Nadiya Ulfa Anissa, S.E. dan Tria Permata Sari, S.Si. yang telah membantu banyak hal sehingga kesulitan dalam mengerjakan Skripsi dapat terselesaikan.
11. Ade Irma Anestatia yang banyak memberikan semangat ketika penulis mulai kehilangan semangat untuk mengerjakan Skripsi.
12. Rekan KKN 40 hari Desa Kubulangka, Kec. Cukuh Balak, Kab. Tanggamus. Nanda, Yudi, Nisa, Elen, Eri, Upi.

13. Rhaka Sanjaya, Rinaldi Oka Ahza, S.T. dan Filza Aupar S.T. yang telah menjadi rekan hebat sewaktu masa sulit di masa pengkaderan.
14. Keluarga E.T.D yang telah memberikan kehangatan keluarga, sehingga penulis dapat berbagi keluh kesah saat membutuhkan solusi.
15. Sahabat-sahabat seperjuanganku teknik geofisika angkatan 2014 yang telah memberi semangat dan dukungan dalam menyelesaikan Skripsi ini.
16. Adik-adik Teknik Geofisika 2015, 2016, 2017 dan 2018.
17. HIMA TG BUANA, BEM FT UNILA, IKAM Pesawaran.
18. AERO TEAM yang banyak memberikan bantuan-bantuan yang tidak terduga, sehingga penulis mendapatkan kelancaran dalam mengerjakan Skripsi ini.
19. Dan seluruh pihak yang tidak bisa disebutkan satu-persatu telah membantu penulis dalam menyelesaikan Skripsi ini.

Akhir kata, seperti kata pepatah “Mann Jadda wa Jadda”. Penulis menyadari bahwa barang siapa yang bersungguh-sungguh dalam usaha maka akan mendapatkan apa yang diusahakan. Dan segala sesuatu yang yang diharapkan pula tidak akan semerta-merta terwujud hanya dengan mengadahkan tangan berdoa kepada sang tuhan, semua harus sesuai dengan usaha yang dilakukan. Terlebih pula penulis mengharapakan semoga Skripsi ini berguna dan bermanfaat bagi kita semua, aamiin.

Bandar Lampung, 20 Februari 2020

Penulis,

Jefri Riki R

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRACT	i
ABSTRAK	ii
HALAMAN JUDUL	iii
HALAMAN PERSETUJUAN	iv
HALAMAN PENGESAHAN	v
HALAMAN PERNYATAAN	vi
RIWAYAT HIDUP	vii
MOTTO	viii
KATA PENGANTAR	ix
SANWACA	x
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvii
I.... PENDAHULUAN	
A....Latar Belakang.....	1
B.... Tujuan.....	2
C.... Batasan Masalah.....	2
D.... Manfaat Penelitian.....	3
II.. TINJAUAN PUSTAKA	

A....Letak dan Lokasi Penelitian.....	4
B....Pengaruh Arus Listrik Terhadap Nilai Variasi Medan Magnet....	5

III.. TEORI DASAR

A. Medan Magnet Bumi.....	11
B. Persamaan Maxwell.....	13
C. Efek Kemagnetan Arus Listrik.....	13
D. Gangguan Variasi Medan Magnetik yang Dihasilkan oleh Kereta Api Listrik	15
E. Prinsip Kerja Kereta Bertenaga Listrik dan Diesel.....	17
a). Kereta Api Listrik.....	16
b). Kereta Api Bertenaga Diesel.....	19
F. <i>Filtering</i>	20
G. <i>Magnetometer LEMI-018</i>	21
H. Indeks <i>DST (Disturbance Storm Time)</i>	21

IV.. METODOLOGI PENELITIAN

A....Lokasi dan Waktu Penelitian.....	23
B....Alat dan Bahan Penelitian.....	23
C....Prosedur Penelitian.....	24
D....Jadwal Kegiatan.....	25
E....Diagram Alir.....	26

V....HASIL DAN PEMBAHASAN

A....Hasil Penelitian.....	27
B....Pembahasan.....	31
a). Rekonstruksi Data.....	31
b). Perbandingan Data Magnetik.....	41
c). <i>Indeks DST (Disturbance Storm Time)</i>	42
d). Nilai Magnetik Akibat Gangguan.....	44

VI.. KESIMPULAN DAN SARAN

A....Kesimpulan.....	50
B....Saran.....	50

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Peta lokasi stasiun magnet dan stasiun Kereta Api.....	3
Gambar 2. Parameter fisis medan magnet bumi.....	12
Gambar 3. Skema kawat yang bermuatan listrik.....	14
Gambar 4. Sistem penyearah arus.....	15
Gambar 5. Gambaran skematis arus bocor dari rel ke tanah.....	16
Gambar 6. Bagian-bagian KRL.....	18
Gambar 7. Diagram Alir.....	26
Gambar 8. Nilai rata-rata komponen X bulan Januari, Februari, dan maret 2018.....	28
Gambar 9. Nilai rata-rata komponen Y bulan Januari, Februari dan Maret 2018.....	29
Gambar 10. Nilai rata-rata komponen Z bulan Januari, Februari, dan Maret 2018.....	29
Gambar 11. Grafik pola gangguan komponen X pada tanggal 30 Maret 2018	33
Gambar 12. Grafik pola gangguan komponen Y pada tanggal 30 Maret 2018	36
Gambar 13. Grafik pola gangguan komponen Z pada tanggal 30 Maret 2018	37
Gambar 14. Grafik pola gangguan komponen F pada tanggal 30 Maret 2018	39
Gambar 15. Grafik pola gangguan komponen F 30 Januari 2018 data magnetik stasiun magnetik Serang, Banten.....	41

Gambar 16. Indek <i>DST</i> bulan Januari 2018.....	42
Gambar 17. Indek <i>DST</i> bulan Februari 2018.....	42
Gambar 18. Indek <i>DST</i> bulan Maret 2018.....	43
Gambar 19. Grafik pola nilai minimal dan maksimal komponen <i>X</i> pada bulan Januari, Februari, dan Maret 2018.....	44
Gambar20. Grafik pola nilai minimal dan maksimal komponen <i>Y</i> pada bulan Januari, Februari, dan Maret 2018.....	45
Gambar 21. Grafik pola nilai minimal dan maksimal komponen <i>Z</i> pada bulan Januari, Februari, dan Maret 2018.....	46
Gambar 22. Grafik pola nilai minimal dan maksimal komponen <i>F</i> pada bulan Januari, Februari, dan Maret 2018.....	47
Gambar 23. Grafik selisih data sebelum dan sesudah dilakukan <i>filtering</i>	48

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Jadwal Kegiatan.....	24
Tabel 2. Jadwal Kereta Api Listrik.....	31

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Dalam melakukan pengamatan medan magnet bumi bertujuan untuk mendapatkan nilai medan magnet bumi yang sebaik-baiknya. Stasiun magnetik harus menghasilkan data yang tidak terpengaruh oleh gangguan, salah satu gangguan dapat berasal dari aktivitas manusia. Gangguan yang disebabkan oleh aktivitas manusia dapat menginterferensi perekaman data magnetik karena sensor alat sangat sensitif terhadap gangguan disekitarnya. Oleh sebab itu, stasiun magnetik sebaiknya berada jauh dari keramaian penduduk dan cukup jauh dari gangguan yang disebabkan oleh buatan manusia (Jankowsky, dkk., 1996).

Gangguan yang dihasilkan oleh aktifitas manusia salah satunya adalah gangguan yang berasal dari kereta api listrik yang memiliki sistem arus searah atau *Direct Current (DC)*. (Neska, dkk., 2013).

Stasiun magnetik untuk tempat pengamatan minimal harus berjarak 300 m dari bangunan lain, dan minimal berjarak 1 km dari rel kereta api. Apabila rel kereta api tersebut elektrik dan mempunyai sistem (*DC*) maka harus berjarak 10 kilometer tergantung pada konduktifitas tanah (Jankowsky, dkk., 1996).

Hasil dari pengamatan tersebut adalah didapatkanya nilai komponen medan magnet bumi. Nilai tersebut akan terus-menerus dipantau sebagai monitoring dalam proses dinamika perubahan nilai medan magnet bumi (Turner, dkk., 2015).

Menariknya stasiun magnet di BMKG Stasiun Geofisika Kelas 1 Tangerang berada di tengah-tengah permukiman padat dan hampir setiap saat berinteraksi dengan aktifitas manusia yang berpotensi mengganggu data medan magnet di stasiun magnet tersebut. Bahkan berada dekat dengan stasiun kereta api listrik Tanah Tinggi Tangerang dan berjarak kurang dari 1 km dari stasiun magnet.

Dengan demikian, tidak semua stasiun magnet di Indonesia berada jauh dari gangguan akibat aktivitas manusia. Sehingga data yang dihasilkan jauh dari kondisi alamnya akan berdampak pada tidak akuratnya nilai kemagnetan di daerah tersebut.

B. Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis kualitas data medan magnet bumi stasiun magnet BMKG Stasiun Geofisika Kelas 1 Tangerang.
2. Menghitung seberapa besar gangguan yang diakibatkan oleh kereta api listrik terhadap perekaman data magnetik.
3. Melakukan upaya mengurangi gangguan akibat kereta api listrik.

C. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini hanya mengidentifikasi gangguan medan magnet pada bulan Januari sampai Maret 2018 berdasarkan data dari BMKG Stasiun Geofisika Kelas 1 Tangerang, komponen magnet vertikal dan horizontal (X , Y , Z). Dan hanya menganalisis gangguan variasi medan magnet yang disebabkan gangguan kereta api listrik.

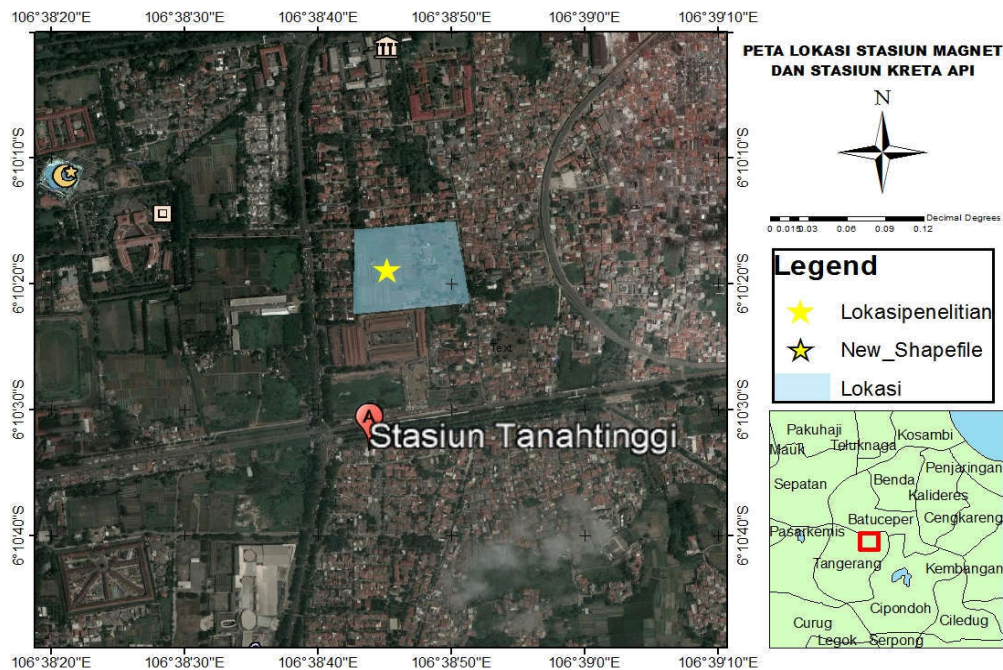
D. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan berguna untuk upaya peningkatan kualitas data medan magnet di stasiun magnet BMKG Stasiun Geofisika Kelas 1 Tangerang.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Letak dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Stasiun Geofisika Kelas 1 Tangerang yang terletak pada $6^{\circ}17'19.63''$ LS dan $106^{\circ}64'58.43''$ BT, Jln. Meteorologi 1 no.5 Tanah Tinggi, Tangerang, Banten. Sementara lokasi stasiun kereta api listrik Tanah Tinggi terletak pada $6^{\circ}10'31.50''$ LS dan $106^{\circ}38'43.66''$ BT. Sebagai lokasi kemungkinan adanya penyebab gangguan pada perekaman data medan magnet di stasiun magnet. Lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1. sebagai berikut:



Gambar 1. Peta lokasi stasiun magnet dan stasiun kereta Api (earth.google.com, 2018).

B. Pengaruh Arus Listrik Terhadap Variasi Medan Magnet

Kebocoran arus kereta api listrik menjadi masalah utama dalam perekaman data magnetik. Oleh karena itu dilakukan suatu pembelajaran dan pengembangan metode untuk mengatasi masalah tersebut. Tokumoto dkk. (1984), menentukan solusi yang tepat dalam berbagai kondisi dan situasi rute kereta Api. Dengan melakukan pengembangan penempatan suatu gardu listrik terhadap jalur kereta api listrik. Sehingga mendapatkan estimasi gangguan medan magnet yang lebih kecil.

Padua dkk. (2002), melakukan *Sounding Magnetotelluric (MT)* pada rentang periode 20 hingga 6000 detik dengan pemetaan secara kasar terhadap kereta di wilayah tenggara Brasil. Dilakukan pemetaan tersebut berlokasi di dua wilayah yang berdekatan dengan konduktivitas yang kontras, yaitu wilayah sedimen konduktif dari Cekungan Taubaté dan wilayah kristal resistif Serra da Mantiqueira. Kereta api yang beroperasi dengan arus *DC* yang menghasilkan suara elektromagnetik yang kuat tetapi hanya selama periode diurnal saja, dan berhenti pada malam hari. Dengan demikian tujuan dari penelitian yang dilakukan adalah untuk mengkarakterisasi gangguan dari kereta untuk memverifikasi efeknya pada parameter Magnetotellurik. Sehingga diketahui bahwa seluruh panjang Cekungan Taubate dipengaruhi oleh gangguan, sedangkan di medan kristal gangguan mencapai jarak dalam kisaran 76 hingga 126 km. Saluran listrik yang ada menunjukkan ketergantungan yang kuat pada geologi yang menunjukkan potensi penerapan CJRW sebagai sumber terkontrol dalam studi geofisika. Dan untuk memvalidasi data perlu adanya perbandingan dengan stasiun yang dianggap efisien dan lebih baik kondisinya sebagai referensi jarak jauh.

Dalam penelitian yang dikembangkan oleh Pirjola dkk. (2007), gangguan dari kereta api listrik yang menyebabkan arus bocor yang menyebabkan gangguan magnetik pada stasiun magnetik. Penelitian ini dilakukan berdasarkan pengoperasian jalur kereta api dari utara sampai selatan Calgary Canada. Sehingga mereka dapat mengilustrasikan dalam bentuk pemodelan berdasarkan kondisi bawah permukaan secara teoritis menggunakan bahasa pemodelan numerik. Sehingga didapatkan hasil Perhitungan numerik yang menunjukkan medan magnet yang lebih besar dari tingkat gangguan maksimal yang diizinkan.

Sejak tahun 1973, rel kereta Api yang menghubungkan antara Barcelona dan Valencia di elektrifikasi, mengakibatkan gangguan pada stasiun magnet Ebro yang diakibatkan arus listrik dari sistem kereta api yang beroperasi. Curto dkk. (2008), dalam penelitian yang dilakukan yaitu melakukan upaya untuk mengatasi masalah yang terjadi pada stasiun Ebro dengan cara menganalisis tingkat gangguan dasar yang terjadi seperti lonjakan data, dan mereka mengusulkan sebuah cara penghapusan data gangguan tersebut. Sehingga dapat diketahui seberapa besar gangguan yang terjadi.

Kemudian penelitian yang dilakukan oleh Maule dkk. (2009), melakukan pengamatan pengaruh listrik tegangan tinggi dari kereta api listrik *Direct Current (DC)*. stasiun magnet Brorfelde (BFE) Denmark, terindikasi gangguan magnetik yang disebabkan gangguan arus tegangan tinggi dari kereta api listrik *DC* yang menghubungkan Skandinavia dengan Eropa tengah. Dalam penelitian tersebut mereka melakukan analisis bagaimana gangguan magnetis berhubungan dengan arus jaringan listrik dan menemukan hubungan linier. Dengan demikian mereka

menemukan faktor proporsionalitas berdasarkan data yang tersedia. Sehingga dapat menemukan cara untuk mengatasi gangguan yang terjadi.

Dengan cara melakukan perbandingan antara stasiun magnet di luar stasiun magnetik di Brorfelde (BFE), Matzka dkk. (2008), mengungkapkan adanya perubahan pada data hasil perekaman stasiun magnet Brorfelde (BFE) yang disebabkan oleh adanya gangguan pada komponen vertikal dan horizontal dengan nilai gangguan sekitar 6 nT dan 3 nT yang terjadi secara bersamaan ketika sore hari. Dari hasil analisis ditemukan penyebab dari masalah tersebut, yaitu disebabkan oleh satu kawat 1500 ampere dari saluran kereta api listrik (*DC*) yang terletak di 25 km di sebelah tenggara BFE, yang menghubungkan Skandinavia dan jaringan saluran listrik Eropa Tengah. Arus balik yang terjadilah yang menyebabkan pergeseran komponen horizontal di stasiun magnet. Rangkaian waktu dari kecocokan daya yang ditransmisikan dengan pergeseran di BFE, dan kemudian kabel listrik ditemukan yang menjadi penyebab pergeseran sampai 2 nT dalam komponen horisontal di BFE. Sehingga dilakukan metode perhitungan dari pergeseran tersebut.

Lowes (2009), menjelaskan tentang arus bocor yang dihasilkan oleh kereta api listrik sistem arus searah *Direct Current (DC)*. Dalam penelitian ini diperkenalkan properti yang relevan dari daya traksi kereta Api *Direct Current*, dan berbagai cara dimana arus kebocoran kebawah permukaan tanah terjadi, dan membahas model bagaimana arus bocor ini bervariasi disepanjang lintasan dan dengan posisi kereta. Dan dalam penelitian ini juga menggambarkan geometri yang dihasilkan medan magnet, dan memberikan aljabar formal untuk menghitung

medan magnet ketika arus bocor ini diketahui, kemudian juga menyarankan beberapa pendekatan sederhana yang dapat digunakan.

Neska (2009), menjabarkan upaya untuk melakukan pemodelan perilaku propagasi sinyal yang dihasilkan oleh jalur kereta api listrik *Direct Current (DC)* di Polandia, dengan sejumlah sistem dipol listrik horisontal yang dibumikan di permukaan dengan setengah ruang homogen. Sinyal-sinyal yang terukur pada penampang magnetotelurik tegak lurus terhadap jalur kereta api terutama di medan dekat dan zona transisi, kemudian dipisahkan dari variasi elektromagnetik alami dengan menggunakan beberapa referensi. Untuk menyambungkan sinyal *DC* ke model dipol akan menghasilkan konduktivitas ruang setengah homogen. Kemudian untuk nilai komponen magnetik vertikal dan horizontal tegak lurus dikonfirmasi oleh model Magnetotelurik 2D.

Gangguan data variasi magnetik yang disebabkan oleh kereta api listrik (*DC*) juga terjadi di stasiun magnet Belsk (BEL, Polandia) dan Lviv (LVIV, Ukraina). penelitian ini dilakukan Neska dkk. (2012), untuk mengetahui seberapa besar dampak gangguan yang disebabkan kereta api listrik terhadap data yang dihasilkan stasiun magnetik. Mereka melakukan suatu metode untuk mengetahui arah induksi yang terekam dalam data geomagnetik untuk menunjukkan kontras lateral konduktivitas listrik di Bumi yang padat. Sehingga data yang tidak terganggu, direkonstruksi dengan menggunakan fungsi transfer frekuensi-domain yang berhubungan dengan komponen medan magnet horizontal dari observatorium yang serentak direkam di kedua stasiun magnet yang tidak terferensi dari gangguan.

Kemudian dalam melakukan pengembangan penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh Pirjola dkk. (2007), dan Lowes (2009), untuk mengatasi masalah kebocoran arus yang terjadi pada sistem kereta api listrik dengan melakukan perumusan dengan contoh numerik untuk medan magnet dengan asumsi kerapatan arus bocor konstan antara kereta dan gardu induk, yang masih dianggap perlu dipertanyakan. Oleh karena itu Pirjola (2011), melakukan suatu pengembangan dan mendapatkan formula yang tepat untuk medan magnet dengan asumsi bahwa kerapatan arus bocor berubah secara linear menjadi yang terbesar di kereta dan berkurang menjadi nol di gardu induk. Bumi dianggap berlapis, dan Sistem Pengkodean menggunakan komputer dengan konfigurasi memudahkan perhitungan medan magnet di setiap stasiun kereta Api. Sehingga medan magnet dalam kasus berubah secara linear dan kepadatan arus bocor konstan tidak berbeda jauh. Dan memberikan perhatian khusus diberikan pada perilaku temporal medan magnet ketika satu atau dua perjalanan kereta api sepanjang kereta api.

Margiono dkk. (2014), melakukan analisis dalam penelitiannya mengenai gangguan terhadap gangguan variasi medan magnetik akibat kereta api listrik di stasiun pengamatan magnetik BMKG Stasiun Geofisika Kelas 1 Tangerang. Adanya pengoprasian kereta api listrik yang menghubungkan antara kota Tangerang dan kota Jakarta dimulai pada tahun 1997, mengakibatkan gangguan yang signifikan pada setiap komponen magnet di stasiun pengamatan magnet. Gangguan tersebut diakibatkan arus bocor ke dalam bumi yang berasal dari arus listrik dari sistem kereta api listrik tersebut. Dalam penelitian yang dilakukan adalah untuk mengetahui besaran gangguan yang berdampak dan menganalisis bagaimana upaya untuk mengatasi masalah tersebut. Upaya yang dilakukan yaitu

melakukan rekontruksi data dengan metode *filtering*. Sehingga dapat mengetahui nilai gangguan yang diakibatkan oleh kereta api listrik. Dan melakukan perbandingan data pada waktu yang sama dari stasiun lain sebagai referensi.

III. TEORI DASAR

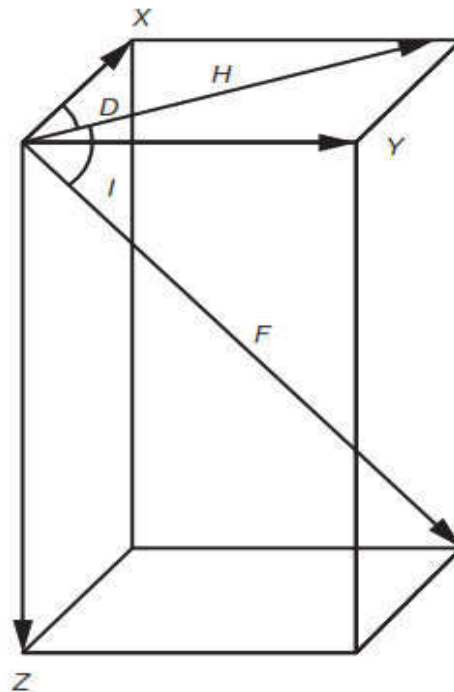
A. Medan Magnet Bumi

Medan magnet bumi terkarakterisasi oleh parameter fisis atau disebut juga elemen medan magnet bumi, yang dapat diukur yaitu meliputi arah dan intensitas kemagnetannya yang dapat dilihat pada Gambar 2. Parameter fisis tersebut meliputi:

- (X) merupakan arah utara geografi
- (Y) merupakan arah timur geografi
- Deklinasi (D), yaitu sudut antara utara magnetik dengan komponen horizontal yang dihitung dari utara menuju timur.
- Inklinasi (I), yaitu sudut antara medan magnetik total dengan bidang horizontal yang dihitung dari bidang horizontal menuju bidang vertikal ke bawah.
- Intensitas Horizontal (H), yaitu besar dari medan magnetik total pada bidang horizontal.
- Intensitas Vertical (Z), yaitu besar dari magnet total pada bidang vertikal.
- Medan magnetik total (F), yaitu besar dari vektor medan magnetik total.

Medan magnet utama bumi berubah terhadap waktu. Untuk menyeragamkan nilai-nilai medan utama magnet bumi, dibuat standar nilai yang disebut sebagai *International Geomagnetiks Reference Field (IGRF)* yang diperbaharui setiap

5 tahun sekali. Nilai-nilai IGRF tersebut diperoleh dari hasil pengukuran rata-rata pada daerah luasan sekitar 1 juta km² yang dilakukan dalam waktu satu tahun.



Gambar 2. Parameter fisis medan magnet bumi (Turner dkk, 2015).

$$H^2 = X^2 + Y^2 \quad (1)$$

$$X = H \cos D \quad (2)$$

$$Y = H \sin D \quad (3)$$

$$Z = F \sin I \quad (4)$$

$$\tan D = \left(\frac{Y}{X}\right) \quad (5)$$

$$\tan I = \left(\frac{Z}{H}\right) \quad (6)$$

$$F^2 = X^2 + Y^2 + Z^2 = H^2 + Z^2 \quad (7)$$

(Telford, dkk., 1990).

B. Persamaan Maxwell

Persamaan Maxwell merupakan persamaan hasil sintesa yang digunakan untuk mengetahui fenomena listrik dan magnet. Persamaan-persamaan tersebut didapatkan oleh Faraday, Ampere, Gauss, Coloumb yang menjadi satu kesatuan dalam persamaan maxwell. Persamaan-persamaan tersebut dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\nabla \times E = - \frac{\partial B}{\partial t} \quad (8)$$

$$\nabla \times H = j + \frac{\partial D}{\partial t} \quad (9)$$

$$\nabla \cdot D = \rho \quad (10)$$

$$\nabla \cdot H = 0 \quad (11)$$

Dimana E adalah medan listrik (Volt/m), B adalah fluks atau induksi magnetik (Weber/m² atau Tesla), H adalah medan magnet (Ampere/m), J adalah rapat arus (Ampere/m²), D adalah perpindahan listrik (Coloumb/m²), dan q adalah rapat muatan listrik (Coloumb/m³) (Efendi, dkk., 2007).

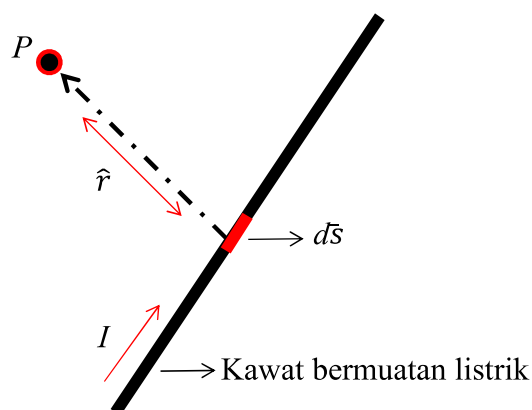
C. Efek Kemagnetan Arus Listrik

Sifat kemagnetan dan listrik memiliki hubungan, dalam bahasa sederhananya adalah dengan sifat listrik dapat menciptakan magnet, begitupun sebaliknya dengan sifat magnet dapat menciptakan listrik. Produk vektor antara arus listrik dengan rapat fluks magnetik adalah produk vektor antara moment magnetik dengan vektor rapat fluks magnet yang merupakan prinsip kerja dari motor-motor listrik. Hukum yang mengacu untuk mengetahui rapat fluks magnet yang

dihasilkan disekitar kawat konduktor yang dialiri arus listrik adalah hukum Biot Savart, seperti dijelaskan dalam persamaan berikut :

$$\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \int \frac{I d\vec{s} \times \hat{r}}{r^2} \quad (12)$$

Dimana \vec{B} adalah vektor rapat fluks magnetik, $\mu_0 = 4 \times 10^{-7}$ adalah permeabilitas vakum, $I d\vec{s}$ adalah vektor elemen arus, dan \hat{r} merupakan vektor satuan dari $I d\vec{s}$ ke titik P yang ingin diketahui. Sebagaimana digambarkan pada skema kawat yang dialiri arus listrik dan medan magnet yang ingin diketahui di titik P berikut :

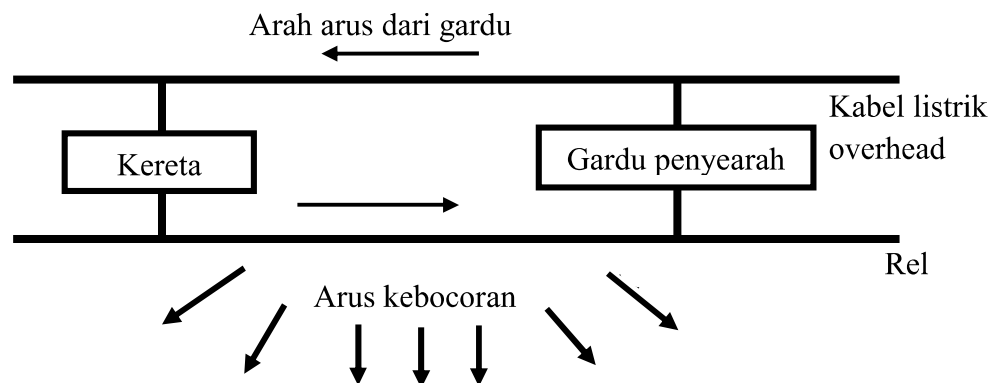


Gambar 3. Skema kawat yang bermuatan listrik (modifikasi Halliday, dkk., 2011)

Pada gambar di atas menunjukkan bahwa adanya kawat yang dialirkan muatan listrik akan menghasilkan medan magnet disekitarnya. Dimana I merupakan arah arus yang mengalir dan P adalah titik medan magnet yang akan diketahui kemudian \hat{r} adalah vektor satuan yang berarah dari element $d\vec{s}$ ke titik P . Kemudian $d\vec{s}$ merupakan element panjang kawat yang searah dengan arus listrik (Halliday, dkk., 2011).

D. Gangguan Variasi Medan Magnetik Yang Dihasilkan oleh Kereta Api Listrik

Gangguan yang dihasilkan dari kereta api listrik ada tiga macam gangguan yaitu gangguan yang disebabkan oleh arus traksi, elemen sirkuit, dan arus bocor. Sebagai mana pada sistem kereta api listrik, untuk membawa arus dari gardu ke kereta api, dua konduktor diperlukan. Salah satu konduktor ini adalah kabel tembaga *overhead* atau disebut rel ketiga dalam sistem kereta api listrik. Dalam sebagian besar sistem, arus yang mengalir dikembalikan ke gardu melalui satu atau kedua rel yang berjalan, menggunakan beberapa roda kereta sebagai kontak bergulir. Pada daerah perkotaan jarak antar gardu induk kurang lebih 2 km, tetapi dalam sistem pedesaan jalur tunggal jaraknya sekitar 20 km atau lebih.

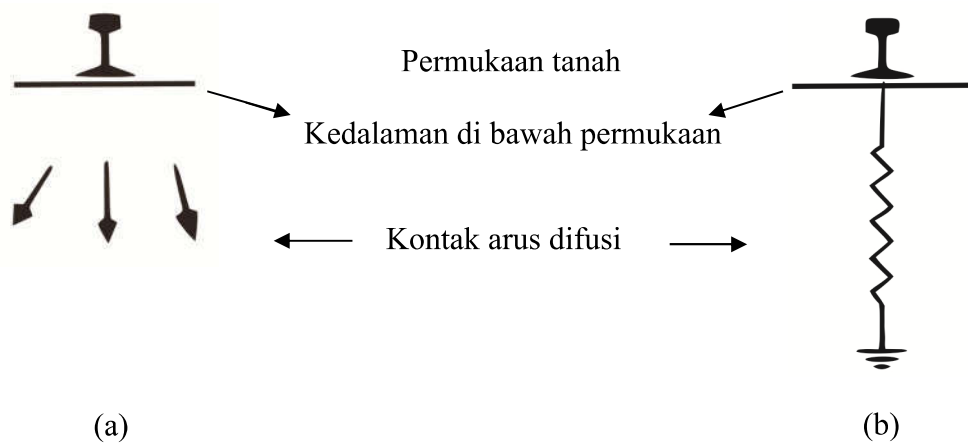


Gambar 4. Sistem penyearah arus (Modifikasi dari Padua, 2002).

Pada aktifitasnya arus listrik yang disokong dari *overhead* terhadap rel dan kereta akan kembali gardu induk jika semua arus dapat terisolasi dengan sempurna. Kemudian arus yang secara terus menerus berjalan sebelum dikembalikan ke gardu induk akan mengalami kebocoran ke dalam tanah dari sistem penyearah arus karena arus tidak dapat terisolasi dengan sempurna. Kebocoran tersebut

disebabkan *loop* medan magnet yang dihasilkan dari pengaliran arus listrik secara terus menerus pada sistem penyearah arus seperti dijelaskan pada Gambar 4. dan dijelaskan seperti pada persamaan (8) di atas.

Persamaan tersebut merupakan hukum Faraday yang digunakan apabila adanya *loop* medan listrik akan dihasilkan perubahan medan magnetik. Untuk melihat bagaimana gambaran pada saat arus bocor terjadi dapat dilihat pada Gambar 5. sebagai berikut:



Gambar 5. Gambaran skematis arus bocor dari rel ke tanah (Modifikasi Lowes, 2009).

Pada gambar di atas merupakan skematis untuk gambaran arus bocor yang terjadi pada poin (a) penyebaran arus akibat kondisi konduktivitas di lapisan permukaan. Pada poin (b) arus bebas hambatan. Dengan demikian arus bocor bervariasi di sepanjang jalur dengan posisi kereta.

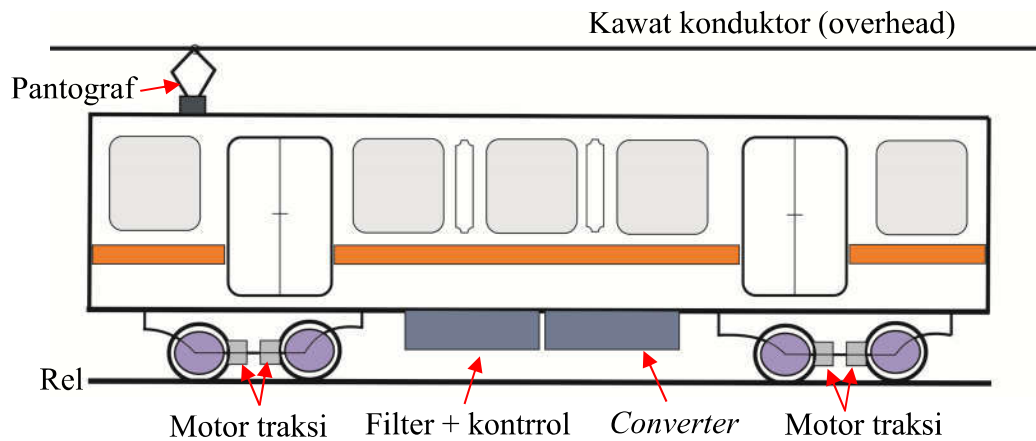
Medan magnet yang disebabkan oleh arus bocor dalam bumi berinterferensi dengan medan magnetik alami yang direkam oleh alat stasiun magnet, sehingga dapat mengganggu nilai variasi magnetik yang terekam (Lowes, 2009).

E. Prinsip Kerja Kereta Bertenaga Listrik dan *Diesel*

a) Kereta Api Listrik

kereta rel listrik merupakan kereta yang berkerja berdasarkan suplai tenaga listrik. Aliran listrik yang digunakan disokong dari gardu traksi yang mengalir menggunakan kawat konduktor yang membentang di bagian atas sepanjang jalur rel kereta. Ada dua macam sistem kelistrikan pada kereta rel listrik yaitu bertenaga *DC* dan *AC*. Kereta listrik bertenaga *DC* menggunakan sumber listrik sebesar 600 V, 750 V, 1500 V, dan 3000 V. Sedangkan kereta listrik bertenaga *AC* sebesar 15 kV, dengan menggunakan frekuensi 16,7 Hz dan 25 kV dengan frekuensi 50 Hz. Umumnya sistem tenaga *AC* digunakan pada kereta super cepat (Lowes, 2009).

Listrik yang disalurkan dari kawat konduktor ke kereta menggunakan pantograf yang menghubungkan kereta dengan kawat konduktor. Kereta Rel Listrik bertenaga *DC* adalah kereta yang paling umum digunakan karena lebih mudah dalam pengaturannya. Untuk mendapatkan tegangan sebagai tenaga penggerak yang diinginkan dari tegangan sebesar 1500 V *DC* akan melalui tahapan proses yaitu aliran arus listrik dari suplai PLN sebesar 20kV menjadi 1200 V menggunakan transformator *Step Down* dikonversi dari arus *AC* menjadi *DC* dengan menggunakan *silicon rectifier*. Kemudian proses selanjutnya *chopper DC-DC* menyalurkan arus listrik dengan arus sebesar 1500 V dan mengatur tegangan *DC* pada kereta rel listrik, dengan demikian pengaturan tegangan terbilang lebih efisien sesuai kebutuhan pada sistem penggerak yang diperlukan. Untuk bagian-bagian pada kereta rel listrik dapat dilihat pada Gambar 5. sebagai berikut:



Gambar 6. Bagian-bagian KRL (Modifikasi dari Rizqiawan, 2010)

Bagian-bagian pada Gambar 5 di atas memiliki fungsi sebagai berikut :

1. Kawat konduktor berfungsi mengalirkan arus listrik dari gardu traksi ke kereta melalui pantograf.
2. Pantograf merupakan penghubung antara kawat konduktor dan kereta yang terus terhubung dan bersifat aerodinamis.
3. Rel kereta selain berfungsi sebagai jalur lintasan juga sebagai kontak motor traksi untuk mengembalikan arus ke gardu traksi.
4. Motor traksi berfungsi sebagai penggerak kereta dari hasil pengaliran arus.
5. Filter + kontrol merupakan pengontrol arus pada motor traksi untuk mengatur kecepatan.
6. *Converter* merupakan alat yang digunakan untuk mengkonversikan energi yang dimanfaatkan. Pada *converter* terdapat beberapa komponen dan memiliki fungsi masing-masing yaitu sebagai berikut :
 - a. *Rectifier* berfungsi untuk mengubah tegangan *AC* menjadi *DC*.
 - b. *Cyloconverter* berfungsi sebagai pengubah tegangan *AC* menjadi *AC* sebagai pengatur tegangan *AC*.

- c. *DC chopper* berfungsi untuk merubah tegangan DC menjadi DC dengan mengubah tegangan DC
- d. *Inverter* berfungsi sebagai pengubah tegangan DC menjadi AC (Rizqiawan, 2010)

b) Kereta Api Bertenaga Diesel

Kereta Api bertenaga diesel atau biasa juga disebut sebagai lokomotif diesel merupakan moda transportasi di atas rel dengan menggunakan mesin diesel untuk penggerak generator utama. Mesin diesel sebagai tenaga yang mengubah energi panas menjadi tenaga mekanik putar, tenaga tersebut kemudian membangkitkan sistem elektrik pada lokomotif tersebut. Tenaga yang dihasilkan tersebut kemudian disalurkan ke traksi motor sebagai penggerak roda lokomotif. Proses perubahan tenaga mekanik menjadi tenaga elektrik oleh sebuah generator disebut sistem transmisi elektrik.

Sistem transmisi elektrik pada lokomotif pada umumnya yaitu menggunakan sistem transmisi elektrik paling sederhana yaitu *DC-DC*. Dengan didukung beberapa komponen berikut :

1. Generator utama

Generator *DC* eksitasi berfungsi sebagai generator utama pembangkit arus listrik sebagai penggerak traksi motor.

2. Exciter generator.

Tenaga listrik yang berfungsi memberikan arus eksitasi pada kutub pada kutub generator supaya membangkitkan lapang magnet pada kutub-kutub generator utama.

3. Traksi motor.

Traksi motor berfungsi sebagai penggerak roda lokomotif dengan adanya arus listrik dari generator utama, komponen ini merupakan bagian penting yang ada pada lokomotif diesel elektrik.

4. *Auxiliary generator.*

Merupakan generator pembantu yang membangkitkan listrik untuk peralatan lokomotif dan sebagai pengisi baterai. Dengan fungsinya didukung oleh sebuah *voltage regulator (AVR)* (Fitria, dkk., 2015).

F. *Filtering*

Metode *filtering* yang digunakan untuk mengetahui seberapa besar gangguan yang berdampak pada data variasi medan magnet yaitu menggunakan *Low pass filter* dengan metode *moving average* dengan persamaan sebagai berikut :

$$Y[1] = \frac{1}{M} \sum_{j=0}^{M-1} X[1+j] \quad (13)$$

Dimana Y adalah sinyal keluaran, X adalah sinyal masukan, dan M adalah jumlah sinyal yang di filter

Sementara untuk menghitung medan magnetik yang terpengaruh dari gangguan Kereta Api Listrik dengan cara mengurangi data asli dengan data hasil filter dengan persamaan sebagai berikut :

$$T_g = T_a - T_f \quad (14)$$

T_g adalah nilai gangguan, T_a adalah data asli, dan T_f adalah data Hasil filter (Janskowsky, dkk, 1996).

G. Magnetometer LEMI-018

Variometer Magnetometer LEMI-018 merupakan sebuah alat yang digunakan untuk merekam nilai variasi medan magnet bumi yang didapatkan dari hasil fluktuasi komponen medan magnet bumi bentuk nilai *ordinate* atau nilai variasi bukan nilai yang sebenarnya. Sementara metode lama untuk mendapatkan nilai variasi medan magnet secara nyata, menggunakan alat *Photoelectric Magnetometer* dengan cara meletakkan alat tersebut kedalam ruang gelap dan menggunakan kertas foto. Dalam prosesnya membutuhkan kehati-hatian dan waktu yang cukup lama. Namun untuk kondisi sekarang setiap stasiun magnet sudah menggunakan *Magnetometer-LEMI-018* dengan hasil *output* yang modern dan secara digital. Sensor *Fluxgate* menghasilkan nilai variasi medan magnet dengan satuan *nano Tesla (nano Tesla)*, yang mampu mengukur medan magnet total (F) dalam range ± 70.000 nT (Turner, dkk, 2015).

H. Indeks DST (*Disturbance Strom Time*)

Indeks *DST* adalah parameter pendukung yang digunakan dalam mengukur intensitas badai magnetik dan *Ring Current*. Indeks *DST* telah dihitung oleh WDC-c2 kyoto, jepang sejak tahun 1957 menggunakan data dari empat stasiun observasi pada garis lintang tengah dan khatulistiwa di seluruh dunia.

Mursula dkk. (2008), dalam penelitian yang dilakukannya dan untuk pertama kalinya secara kuantitatif, terdapat gangguan magnetik di empat stasiun *DST*. yang berdasarkan dari proyeksi garis lintang terhadap garis khatulistiwa pada komponen horizontal lokal dari medan magnet. jika indeks *DST* bernilai negatif mencerminkan badai magnetik karena ion positif yang didapatkan selama badai terjadi, mengarahkan arus listrik ke arah barat.

Pengukuran dilakukan di empat lokasi observasi medan magnet bumi di sekitar ekuator sehingga menghasilkan nilai yang merupakan nilai rata-rata dari komponen H medan magnet bumi yang dihitung secara periodik setiap jam.

IV. METODOLOGI PENELITIAN

A. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Teknik Geofisika Universitas Lampung yang dilaksanakan pada Bulan 01 Februari 2019 sampai 15 Februari 2020. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data nilai variasi medan magnet stasiun magnet Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Stasiun Geofisika Kelas 1 Tangerang, dengan judul “Analisis Gangguan Akibat Kereta Api Listrik *Direct Current (DC)* Terhadap Data Variasi Medan Magnetik Stasiun Magnet BMKG Stasiun Geofisika Kelas 1 Tangerang”.

B. Alat dan Bahan Penelitian

Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Data magnetik yang didapatkan dari stasiun magnetik BMKG Stasiun Geofisika Kelas 1 Tangerang. Data tersebut merupakan data primer (*raw data*) yang terdiri dari komponen horizontal dan vertikal yaitu komponen X, Y dan Z hasil perekaman selama tiga bulan yaitu pada Januari, Februari, dan Maret 2018. Namun yang dianalisis hanya pada lima hari di Akhir bulan saja. Kemudian data diolah menggunakan *software* komputasi untuk proses *filtering* yang bertujuan untuk upaya pengurangan gangguan akibat kereta api listrik.

C. Prosedur Penelitian

Langkah-Langkah mengolah data variasi medan magnet pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Melakukan pengumpulan data magnet dari hasil perekaman *Magnetometer LEMI-018* lima hari terakhir pada bulan januari sampai maret tahun 2018.
- b. Melakukan pemisahan data perhari, Dan data yang digunakan adalah komponen horizontal (*H* dan *Y*) dan vertikal (*Z*).
- c. Melakukan pemodelan data asli untuk perbandingan nilai rata-rata gangguan komponen *X, Y* dan *Z* untuk mengetahui rata-rata gangguan yang disebabkan oleh Kereta Api Listrik yang beroperasi melalui Stasiun Tanah Tinggi Tangerang berdasarkan jadwal kereta api.
- d. Melakukan rekontruksi data yaitu dengan melakukan metode *Moving Average filter* dan *Low Pass filter*. Dengan persamaan sebagai berikut:

$$Y[1] = \frac{1}{M} \sum_{j=0}^{M-1} X[1 + j]$$

- e. Melakukan analisa dan interpretasi data hasil *filtering*
- f. Melakukan perbandingan data dari stasiun magnet yang berbeda lokasi untuk validasi keakuratan data magnetik.
- g. Melakukan koreksi *DST* untuk memvalidasi pengolahan variasi medan magnetik.
- h. Melakukan pengurangan data sebelum dilakukan filter dengan data yang sudah dilakukan filter untuk menghitung nilai medan magnetik akibat pengaruh Kereta Api Listrik. Persamaan yang digunakan sebagai berikut:

$$T_g = T_a - T_f$$

D. Jadwal Kegiatan

Adapun jadwal penelitian dalam dalam penelitian ini terdapat pada Tabel 1.

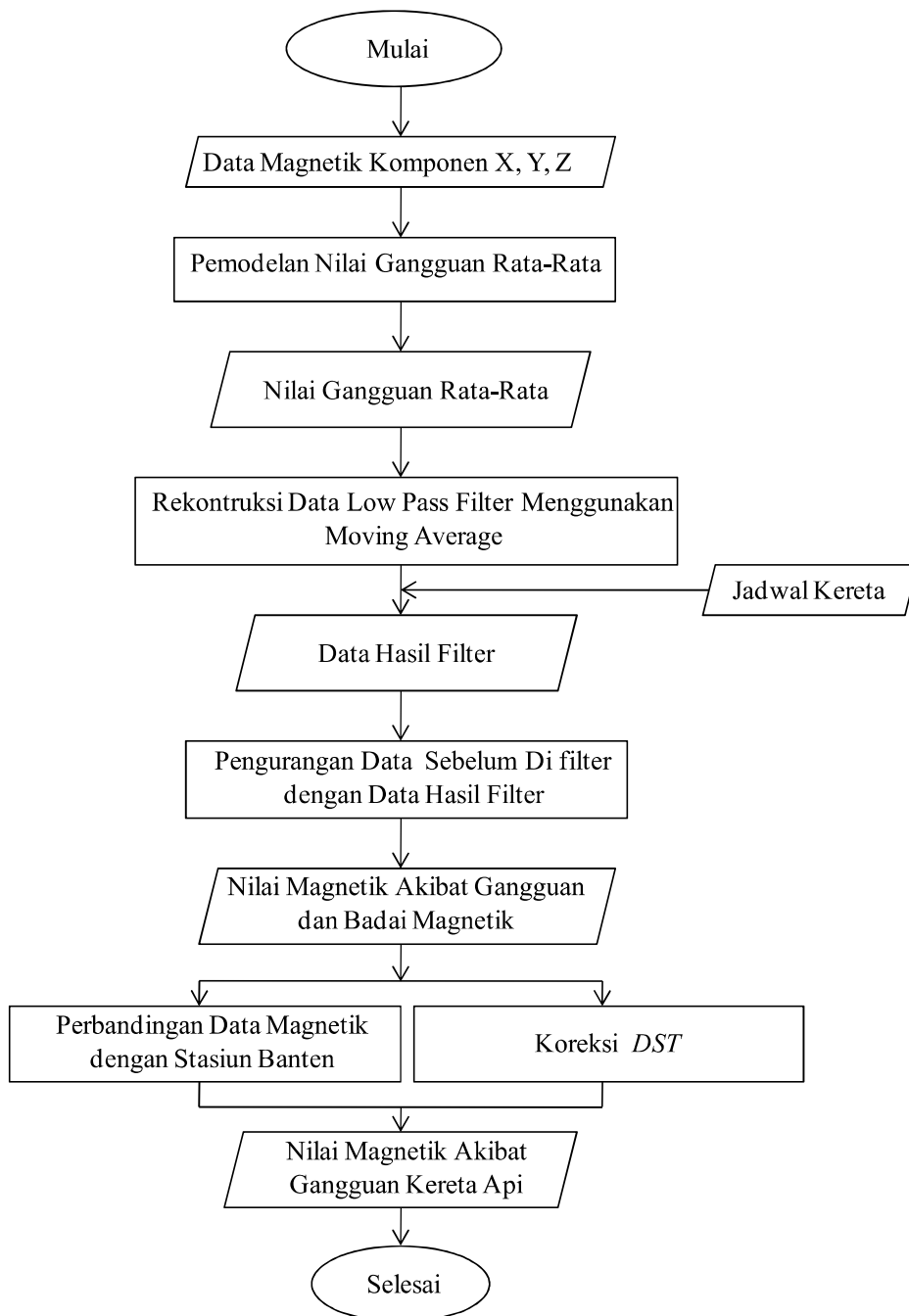
Berikut :

Tabel 1. Jadwal Kegiatan

s/d

E. Diagram Alir

Adapun diagram alir dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 6. berikut:

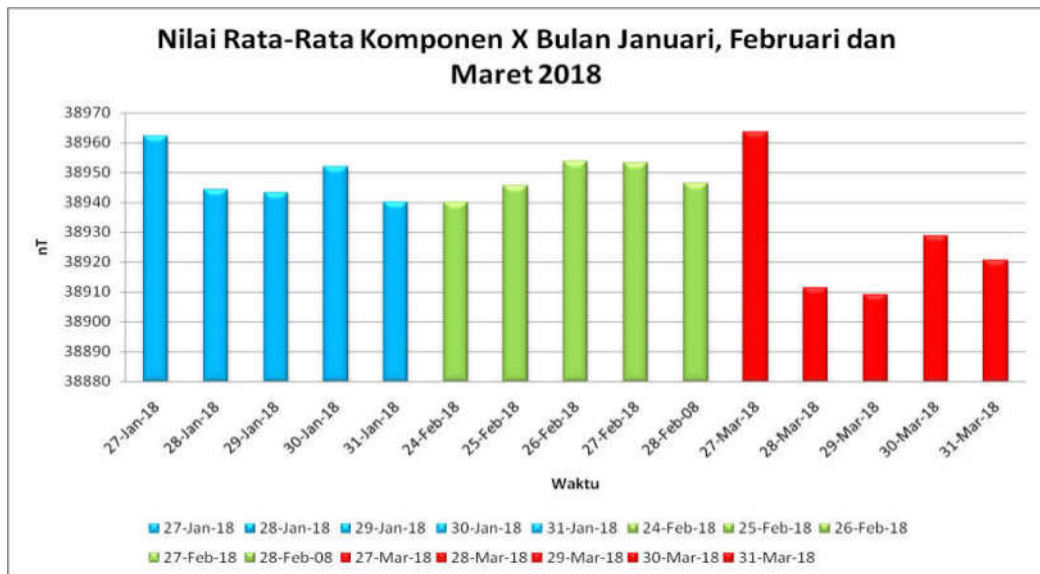


Gambar 7. Diagram Alir

V. HASIL DAN PEMBAHASAN

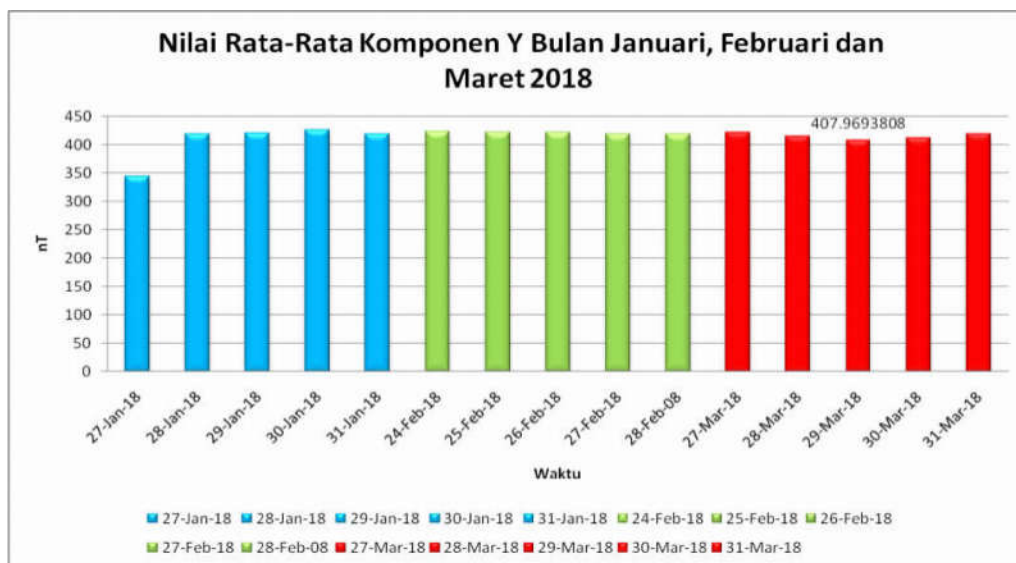
A. Hasil Penelitian

Dalam penelitian ini data yang digunakan adalah data magnetik primer yaitu komponen horizontal (X, Y) dan vertikal (Z) dari hasil perekaman *Magnetometer LEMI-018* stasiun magnet BMKG Stasiun Geofisika Kelas 1 Tangerang berdasarkan hasil perekaman bulan Januari, Februari, dan Maret 2018. Kemudian data yang dianalisis yaitu lima hari setiap akhir bulannya pada tanggal 27-31 Januari, 24-28 Februari, dan 27-31 Maret 2018. Data tersebut telah diperkirakan terpengaruhi oleh gangguan yang berasal dari aktivitas kereta api listrik Jakarta-Tangerang yang tidak jauh lokasinya dari stasiun magnet. Pengaliran arus dari gardu induk ke kereta api listrik seharusnya akan kembali ke gardu induk seutuhnya. Namun realitanya, arus tidak terisolasi dengan sempurna sehingga mengalami kebocoran dan menjadi penyebab gangguan cukup besar pada perekaman data magnetik. Arus tersebut dialirkan melalui kawat konduktor yang berada diatas lintasan kereta api dan rel kereta api. Dengan demikian, untuk mengetahui pola gangguan yang terjadi dilakukan perhitungan nilai rata-rata pada data asli sebelum dilakukan rekontruksi data.



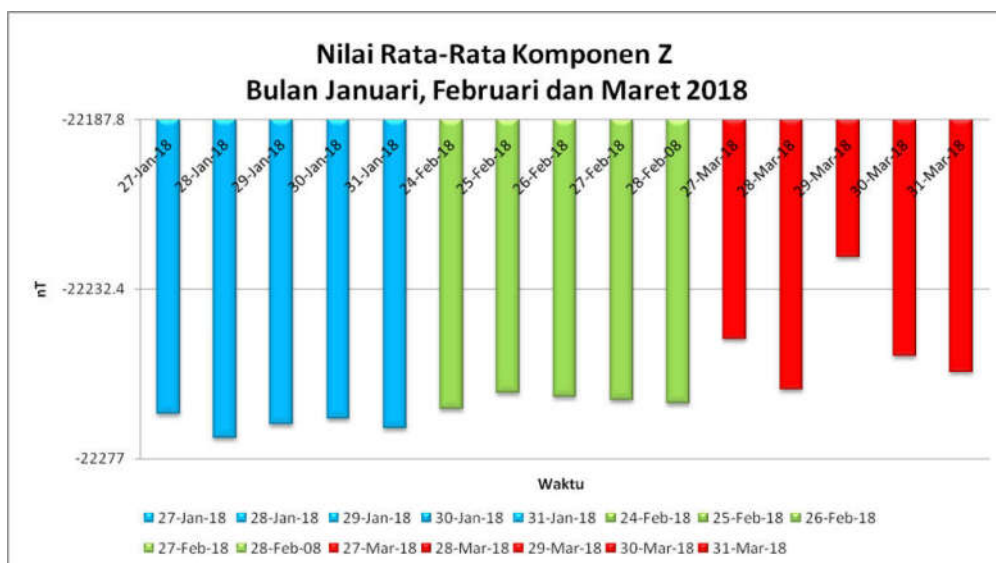
Gambar 8. Nilai rata-rata komponen X bulan Januari, Februari, dan maret 2018.

Grafik komponen X pada Gambar 8. di atas menunjukkan bahwa pada setiap harinya dari bulan Januari sampai Maret gangguan yang terjadi tidak konsisten atau berfluktuasi. Pada tanggal 27 Januari 2018 nilai rata-rata mencapai 38962 nT dan pada tanggal 27 Maret 2018 mencapai 38963 nT, sementara pada tanggal 29 Maret 2018 mengalami penurunan hingga 38908 nT. Kemudian seterusnya dibulan Januari sampai Februari relatif stabil dari 38939-38953 nT. Namun untuk bulan Maret mengalami fluktuasi yang cukup signifikan.



Gambar 9. Nilai rata-rata komponen Y bulan Januari, Februari dan Maret 2018.

Grafik komponen Y pada gambar 9. di atas tidak mengalami fluktuasi data yang signifikan. Hanya pada tanggal 27 januari nilai rata-rata mencapai 344 nT, sementara yang lainnya lebih konsisten dari 407–424 nT. Dengan demikian gangguan yang terjadi konsisten jika dilihat dari nilai rata-rata gangguan setiap harinya.



Gambar 10. Nilai rata-rata komponen Z bulan Januari, Februari, dan Maret 2018.

Grafik komponen Z pada gambar 10. menunjukkan bahwa gangguan bervariasi setiap harinya. Jika dilihat pada grafik nilai rata-rata paling tinggi pada tanggal 29 Maret 2018 yaitu -22224 nT dan yang paling rendah mencapai -22271 nT pada tanggal 28 Januari. Sementara untuk yang lainnya relatif stabil.

Berdasarkan grafik di atas, ketiga komponen yaitu komponen X , Y maupun Z mengalami fluktuasi nilai gangguan. Nilai yang tidak konsisten di setiap komponen menandakan adanya gangguan yang terjadi setiap waktunya. Dari ketiga komponen tersebut fluktuasi yang terjadi berbeda-beda. Nilai rata-rata yang dihasilkan pada komponen X lebih variatif setiap harinya. Sementara komponen Y relatif stabil tidak menunjukkan adanya fluktuasi yang begitu besar. komponen X dan Y merupakan komponen horizontal yang lebih cenderung akan menerima respon dari eksternal bumi. Kemudian komponen Z hasil nilai rata-rata yang didapatkan memiliki cukup variatif. komponen Z merupakan komponen vertikal yang akan lebih cenderung menerima respon dari internal bumi. Respon yang dimaksud adalah respon magnetik maupun respon gangguan dari internal dan eksternal bumi. Nilai rata-rata pada setiap komponen tersebut bukan nilai mutlak atau dapat berubah-ubah setiap harinya, berdasarkan kondisi kemagnetan dan nilai gangguan yang terekam.

Oleh sebab itu perlu dilakukan *filtering* data yang akan dilakukan menggunakan *filter moving average* untuk mengetahui besar gangguan dan pola gangguan yang diakibatkan oleh kereta api listrik bertenaga DC .

B. Pembahasan

a. *Filtering*

Upaya dalam melakukan *filtering* data merupakan suatu tindakan solutif untuk mengurangi dampak gangguan yang terjadi pada data. Gangguan yang disebabkan oleh arus bocor dari sistem kelistrikan kereta api listrik (*DC*). Dengan frekuensi tinggi menginterferensi data magnetik yang terbaca oleh alat di stasiun magnet, sehingga stasiun magnet tidak merekam nilai kemagnetan alami di daerah tersebut. Oleh karena itu nilai variasi yang terekam oleh alat jauh dari apa yang diharapkan.

Rekonstruksi data menggunakan *filter moving average* atau *filter* rata-rata bergerak menggunakan *Software* komputasi dengan lebar jendela 180 detik. Dalam prakteknya, semakin besar lebar jendela yang digunakan maka data yang dihasilkan akan semakin *smooth*. Dalam penelitian ini uji coba menggunakan lebar jendela 180 detik dianggap paling baik untuk proses *filtering* data yang dilakukan.

Sementara itu aktivitas kereta api yang beroperasi dimulai dari sekitar pukul 04.30 WIB sampai dengan pukul 23.00 WIB. Namun untuk sistem kelistrikan diperkirakan mulai diaktifkan sekitar 04.00 WIB beberapa saat sebelum kereta api mulai beroperasi. Jadwal tersebut dapat dilihat pada gambar 9. berdasarkan arsip data jadwal kereta api listrik 2018 dari PT. Kereta Commuter Indonesia berikut:

Tabel 2. Jadwal kereta api listrik

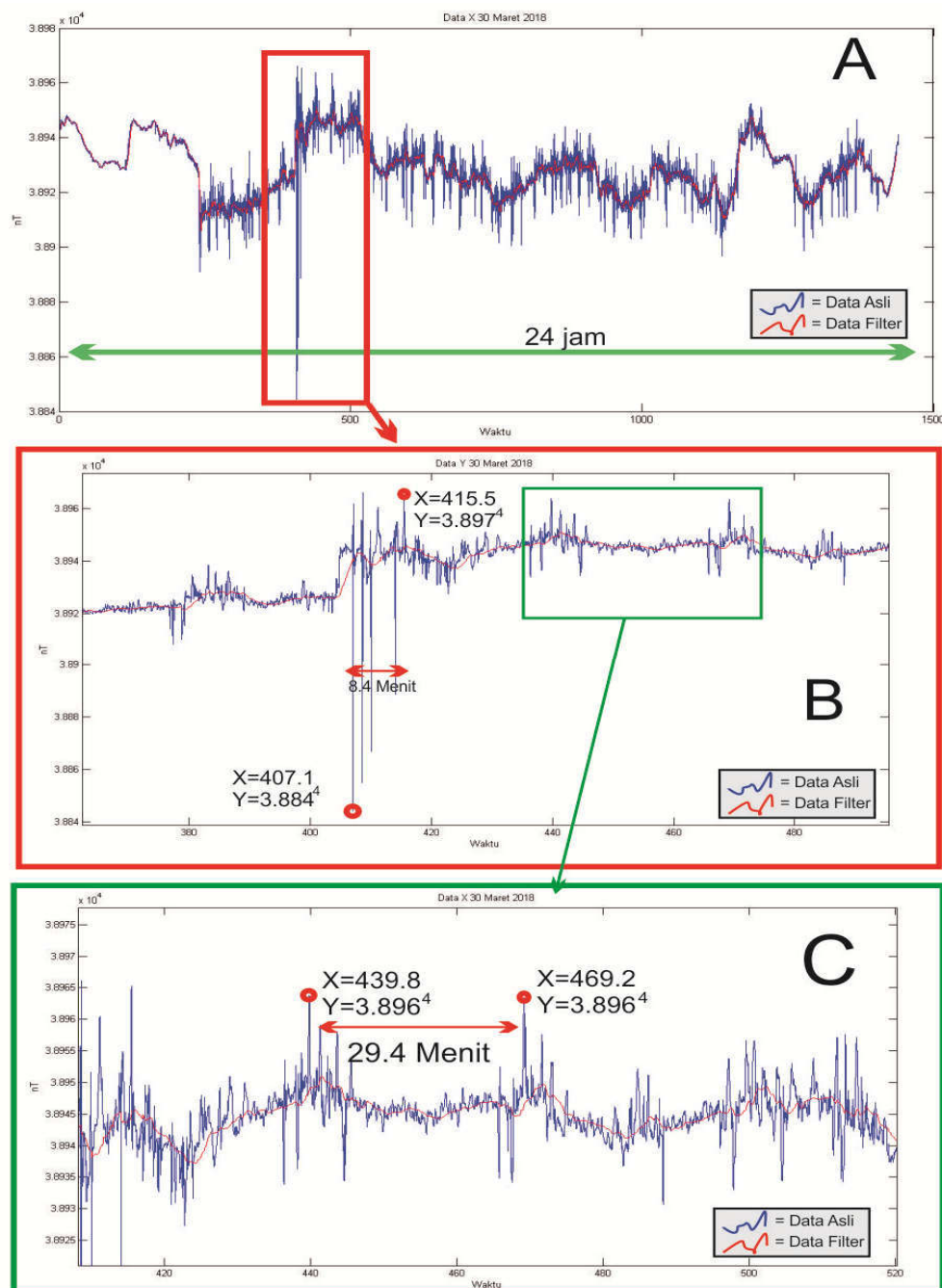
NO	NO KA	TNG	TTI	BPT	PI	KDS	RW	BOI	TKO	PSG	GGL	DU
1	2153	04:30	04:34	04:37	04:41	04:44	04:48	04:51	04:54	04:56	04:59	05:02
2	2155B	05:00	05:04	05:07	05:11	05:14	05:18	05:21	05:24	05:26	05:29	05:32
3	2157	05:30	05:34	05:37	05:41	05:44	05:48	05:51	05:54	05:56	05:59	06:02
4	2159B	06:00	06:04	06:07	06:11	06:14	06:18	06:21	06:24	06:26	06:29	06:32
5	D1/13125	06:15	06:19	06:21	06:26	06:29	06:33	06:36	06:39	06:41	06:44	06:47
6	2161	06:30	06:34	06:37	06:41	06:44	06:48	06:51	06:54	06:56	06:59	07:02
7	2163B	07:00	07:04	07:07	07:11	07:14	07:18	07:21	07:24	07:26	07:29	07:32
8	D1/13045	07:15	07:19	07:22	07:26	07:29	07:33	07:36	07:39	07:41	07:44	07:47
9	2165	07:30	07:34	07:37	07:41	07:44	07:48	07:51	07:54	07:56	07:59	08:02
10	2167B	08:00	08:04	08:07	08:11	08:14	08:18	08:21	08:24	08:26	08:29	08:32
11	D1/13127	08:15	08:19	08:21	08:26	08:29	08:33	08:36	08:39	08:41	08:44	08:47
12	2169	08:30	08:34	08:37	08:41	08:44	08:48	08:51	08:54	08:56	08:59	09:02
13	2171B	09:00	09:04	09:07	09:11	09:14	09:18	09:21	09:24	09:26	09:29	09:32
14	D1/13109	09:15	09:19	09:22	09:26	09:29	09:33	09:36	09:39	09:41	09:44	09:47
15	2173	09:30	09:34	09:37	09:41	09:44	09:48	09:51	09:54	09:56	09:59	10:02
16	2175B	10:00	10:04	10:07	10:11	10:14	10:18	10:21	10:24	10:26	10:29	10:32
17	2177	10:30	10:34	10:37	10:41	10:44	10:48	10:51	10:54	10:56	10:59	11:02
18	2179B	11:00	11:04	11:07	11:11	11:14	11:18	11:21	11:24	11:26	11:29	11:32
19	2181	11:30	11:34	11:37	11:41	11:44	11:48	11:51	11:54	11:56	11:59	12:02
20	2183B	12:00	12:04	12:07	12:11	12:14	12:18	12:21	12:24	12:26	12:29	12:32
21	2185	12:30	12:34	12:37	12:41	12:44	12:48	12:51	12:54	12:56	12:59	13:02
22	2187B	13:00	13:04	13:07	13:11	13:14	13:18	13:21	13:24	13:26	13:29	13:32
23	2189	13:30	13:34	13:37	13:41	13:44	13:48	13:51	13:54	13:56	13:59	14:02
24	2191B	14:00	14:04	14:07	14:11	14:14	14:18	14:21	14:24	14:26	14:29	14:32
25	2193	14:30	14:34	14:37	14:41	14:44	14:48	14:51	14:54	14:56	14:59	15:02
26	2195B	15:00	15:04	15:07	15:11	15:14	15:18	15:21	15:24	15:26	15:29	15:32
27	2197	15:30	15:34	15:37	15:41	15:44	15:48	15:51	15:54	15:56	15:59	16:02
28	2199B	16:00	16:04	16:07	16:11	16:14	16:18	16:21	16:24	16:26	16:29	16:32
29	D1/13129	16:15	16:19	16:21	16:26	16:29	16:33	16:36	16:39	16:41	16:44	16:47
30	2201	16:30	16:34	16:37	16:41	16:44	16:48	16:51	16:54	16:56	16:59	17:02
31	2203B	17:00	17:04	17:07	17:11	17:14	17:18	17:21	17:24	17:26	17:29	17:32
32	D1/13049	17:15	17:19	17:22	17:26	17:29	17:33	17:36	17:39	17:41	17:44	17:47
33	2205	17:30	17:34	17:37	17:41	17:44	17:48	17:51	17:54	17:56	17:59	18:02
34	2207B	18:00	18:04	18:07	18:11	18:14	18:18	18:21	18:24	18:26	18:29	18:32
34	D1/13131	18:15	18:19	18:21	18:26	18:29	18:33	18:36	18:39	18:41	18:44	18:47
36	2209	18:30	18:34	18:37	18:41	18:44	18:48	18:51	18:54	18:56	18:59	19:02
37	2211B	19:00	19:04	19:07	19:11	19:14	19:18	19:21	19:24	19:26	19:29	19:32
38	D1/13111	19:15	19:19	19:22	19:26	19:29	19:33	19:36	19:39	19:41	19:44	19:47
39	2213	19:30	19:34	19:37	19:41	19:44	19:48	19:51	19:54	19:56	19:59	20:02
40	2215B	20:00	20:04	20:07	20:11	20:14	20:18	20:21	20:24	20:26	20:29	20:32
41	2217	20:30	20:34	20:37	20:41	20:44	20:48	20:51	20:54	20:56	20:59	21:02
43	2219B	21:00	21:04	21:07	21:11	21:14	21:18	21:21	21:24	21:26	21:29	21:32
44	D1/10669	21:20	21:25	21:28	21:32	21:35	21:39	21:42	21:45	21:47	21:49	21:52
45	2221	21:30	21:34	21:37	21:41	21:44	21:48	21:51	21:54	21:56	21:59	22:02
46	2223B	22:00	22:04	22:07	22:11	22:14	22:18	22:21	22:24	22:26	22:29	22:32
47	2225	22:30	22:34	22:37	22:41	22:44	22:48	22:51	22:54	22:56	22:59	23:02

Dari hasil pengolahan didapatkan data yang ditunjukkan dalam bentuk grafik.

Secara umum gangguan yang terjadi tidak jauh berbeda setiap harinya, sehingga hanya dijelaskan dengan contoh dalam satu hari sebagai contoh gangguan yang

terjadi setiap harinya seperti pada tanggal 30 Maret 2018. Pada hari tersebut juga memiliki fenomena yang unik dari hari-hari lainnya, sehingga dapat dijadikan perwakilan untuk menjelaskan fenomena yang terjadi pada hari dan bulan lainnya.

Untuk lebih memahami lebih lanjut dapat dilihat pada Gambar 11. berikut:



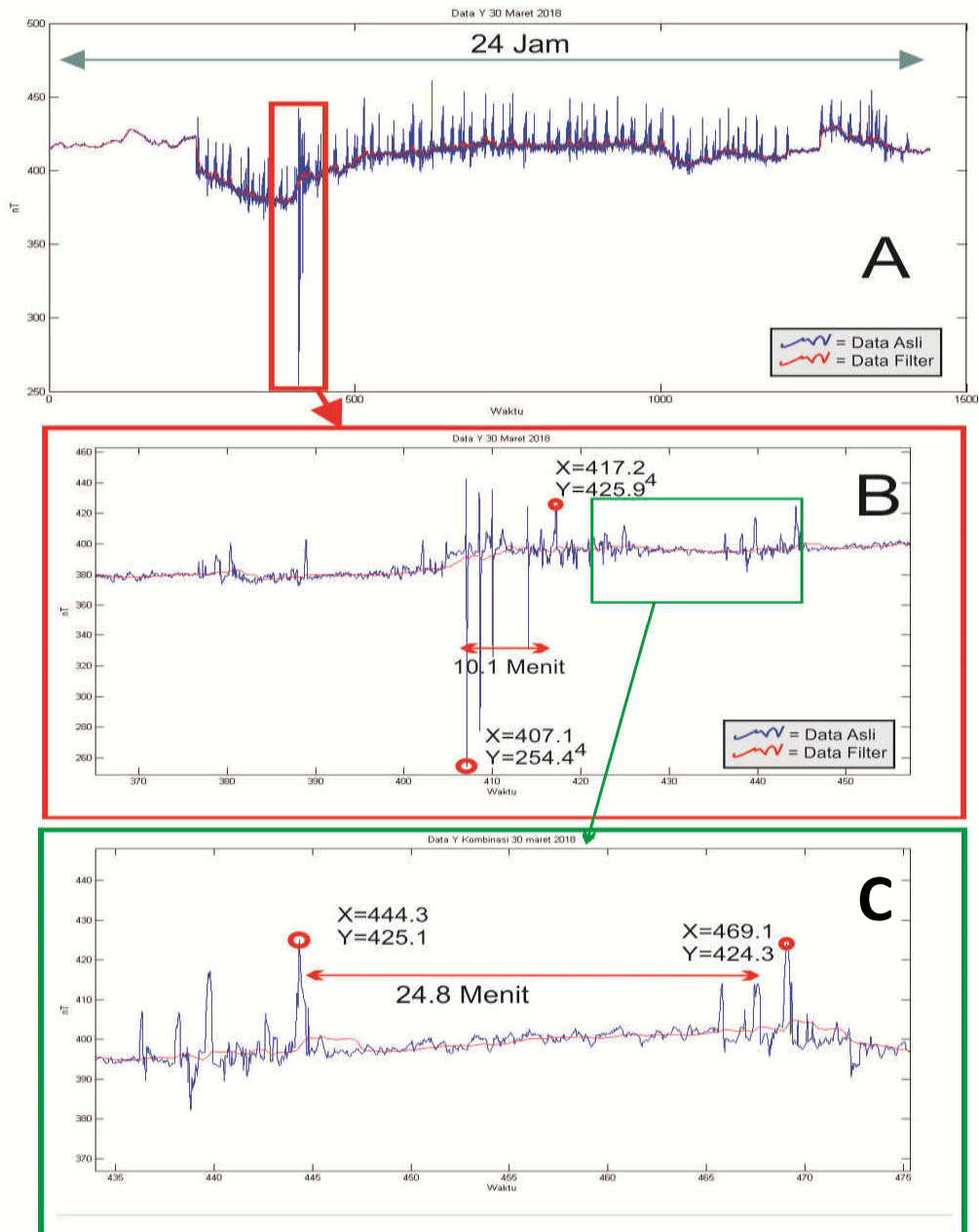
Gambar 11. Grafik pola gangguan komponen X pada tanggal 30 Maret 2018.

Dari hasil pengolahan data yang telah dilakukan secara keseluruhan pola yang terjadi sama setiap harinya, seperti pada tanggal 30 Maret 2018 dimulai dengan komponen X ditampilkan dengan grafik nilai magnetik terhadap waktu.

Pada Gambar 11. bagian A, menjelaskan secara keseluruhan pola perekaman data magnetik selama 24 jam. Pola gangguan ditandai dengan adanya *spike* pada data selama 24 jam, akan tetapi pada pukul 04.00 WIB *spike* cukup tinggi secara konsisten terjadi dan berakhir pada sekitar pukul 23.00 WIB. Jika dilihat secara seksama, terdapat dua warna berbeda pada grafik tersebut, warna biru pada grafik di atas adalah data sebelum dilakukan *filtering*, sementara warna merah menunjukkan data hasil setelah dilakukan *filtering*.

Pada Gambar 11. bagian B, adalah tampilan dari bagian grafik yang diperbesar dari kumpulan fenomena yang ditandai dengan kotak berwarna merah. Fenomena yang dimaksud adalah kumpulan dari *spike* yang terjadi dalam selang waktu yang berbeda. Dengan cara tersebut bertujuan untuk lebih mempermudah dalam interpretasi pola grafik pada bagian A. Jika diperhatikan terdapat lonjakan data atau *spike* yang cukup tinggi terjadi beberapa saat. Pada gambar tersebut ditandai dengan bulatan berwarna merah pada gambar yang diperbesar, gangguan tersebut terjadi sekitar pukul 06.00 WIB dan fenomena tersebut berlangsung sekitar 8.4 menit. *spike* yang cukup tinggi menjadi pertanyaan apakah penyebab terjadinya fenomena tersebut. Namun untuk menyimpulkan perlu dilakukan konfirmasi dari kedua komponen berikutnya yaitu komponen Y dan Z , apakah gangguan tersebut diakibatkan oleh sistem kereta api dan aktivitas kereta api yang melintas atau ada gangguan lain yang berasal dari internal bumi atau dari eksternal bumi.

Kemudian Gambar 11. bagian C, merupakan tampilan data yang diperbesar dari fenomena yang terjadi setiap harinya ditandai dengan kotak berwarna hijau. Pada gambar tersebut menerangkan bahwa adanya *spike* dengan selang waktu yang berbeda, dan fluktuasi data tersebut berlangsung secara *continue* di hari-hari berikutnya selama sistem kereta api beroperasi. Sebagai contoh dari analisis yang dilakukan dengan melakukan *plot* nilai X dan Y , terjadi selang waktu 29.4 menit. Berdasarkan jadwal kereta api pada Tabel 2. kereta akan melintasi Stasiun Tanah Tinggi Tangerang dengan waktu yang berbeda-beda setiap kereta tujuan, namun untuk kereta yang berhenti di stasiun kereta api Tanah Tinggi Tangerang setiap 30 menit. Dengan demikian perekaman data magnetik akan mengalami perbedaan ketika ada atau tidak adanya kereta api yang melintasi jalur kereta api didekat stasiun magnet. Untuk hasil perekaman data pada komponen Y fenomena yang didapatkan dapat dilihat Pada Gambar 12. berikut:



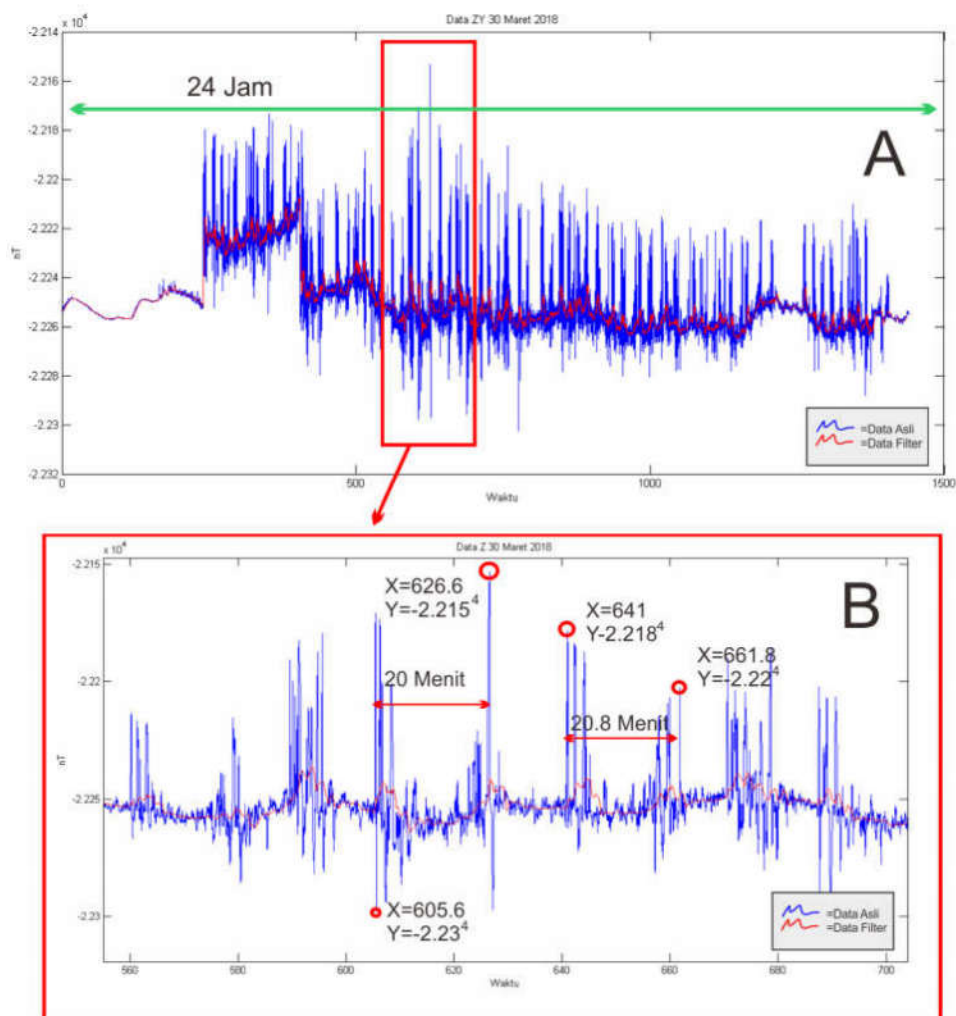
Gambar 12. Grafik pola gangguan komponen Y pada tanggal 30 Maret 2018.

Pada komponen Y respon gangguan yang terjadi sama dengan komponen X selama 24 jam yang paling tinggi dari sekitar pukul 04.00 sampai dengan pukul 23.00 WIB.

Gambar 17. bagian B, di atas setelah diperbesar terlihat secara jelas fenomena terjadi selama 10.1 menit. Sama halnya dengan yang terjadi pada komponen X sebelumnya, terjadi gangguan yang sangat terlihat jelas terjadi dimulai pada pukul

06.00 WIB. Kedua komponen tersebut merupakan komponen horizontal yang akan menerima respon gangguan dari eksternal bumi.

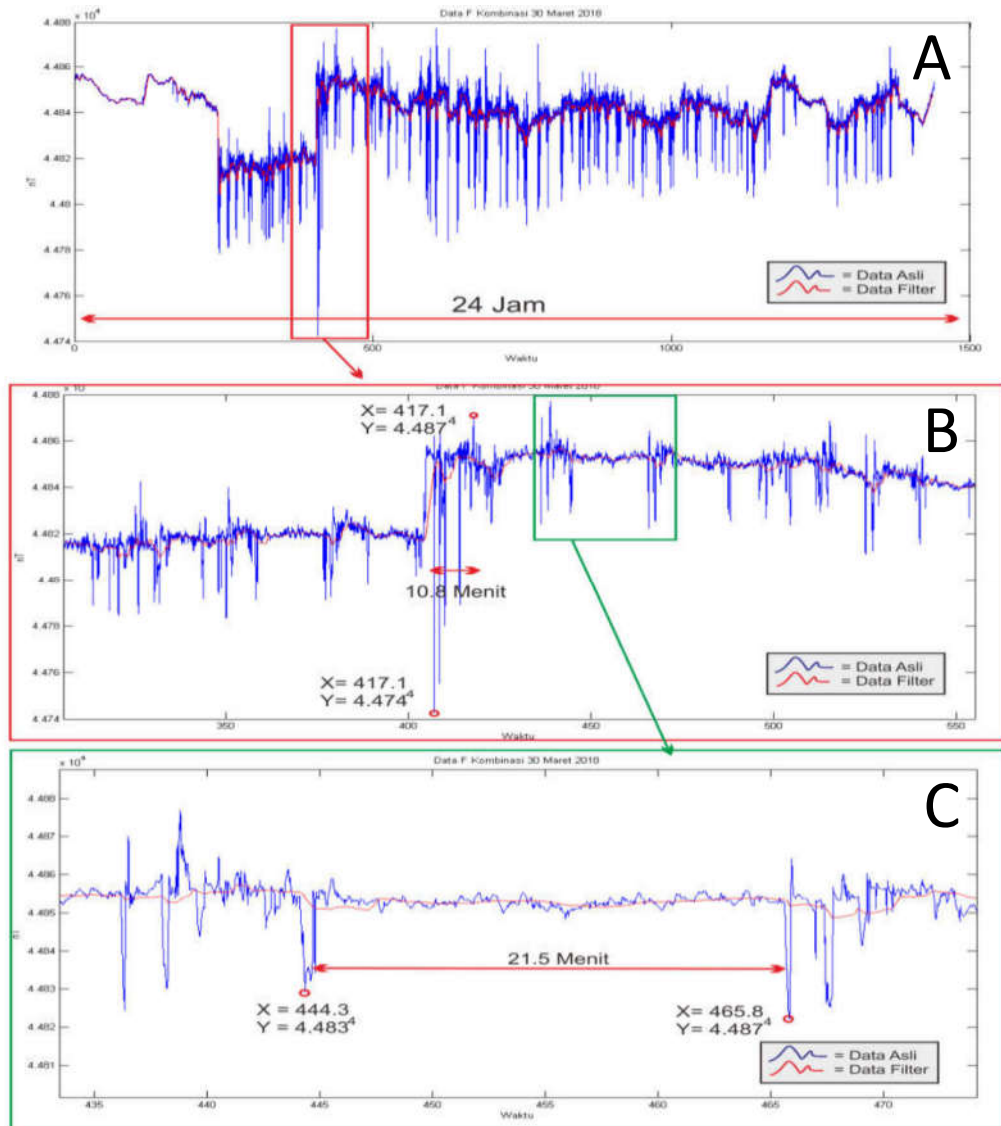
Kemudian pada gambar 12. bagian C, merupakan bagian setelah diperbesar dari bagian B yang ditandai dengan kotak berwarna hijau. Fenomena fluktuasi yang terjadi akibat aktivitas sistem kereta api yang beroperasi, terjadi dengan selang waktu 24.8 menit, dihitung dari lonjakan data tanda lingkaran merah dan tanda panah. Kemudian untuk komponen Z hasil perekaman dapat dilihat pada Gambar 13. Berikut :



Gambar 13. Grafik pola gangguan komponen Z pada tanggal 30 Maret 2018.

Pada komponen Z fenomena yang terjadi tidak sama dengan komponen X dan Y . Fenomena dari respon data hanya mencerminkan dari aktivitas sistem kereta api yang beroperasi. Sebagai contoh, setelah dilakukan *plot* X dan Y pada grafik didapatkan selang waktu 20 dan 20.8 menit dihitung dari *spike* ke *spike* tertinggi berikutnya.

Fenomena yang terjadi pada komponen X dan Y pada Gambar 10. dan Gambar 11. bagian B diasumsikan terjadi karena adanya aktivitas petani kebun sayur dan palawija. Bangunan stasiun magnet milik BMKG Stasiun Geofisika Kelas 1 Tangerang letaknya dikelilingi kebun milik warga, namun masih berada dalam lingkungan kantor BKMG tersebut. Mesin bajak tanah dan mesin pompa air untuk pengairan pada parit-parit kebun warga ketika digunakan sangat dekat dengan gedung stasiun magnetik. Sehingga diduga menjadi penyebab gangguan yang terekam pada data magnetik. Kemudian besar nilai magnet total dan besar gangguan dan fenomena yang terjadi selama 24 jam dapat dilihat pada Gambar 14. berikut:



Gambar 14. Grafik pola gangguan komponen F pada tanggal 30 Maret 2018.

Nilai magnet total atau komponen F yang dihasilkan dari ketiga komponen utama yaitu komponen X, Y dan Z , seperti dapat dilihat pada Gambar 14. di atas. Dilakukannya perhitungan nilai magnet total bertujuan untuk mengetahui seberapa besar gangguan yang mempengaruhi perekaman data magnetik. Hasilnya, nilai gangguan yang terekam memiliki pola yang sama dengan pola yang terdapat pada komponen-komponen sebelumnya, namun nilai gangguan lebih besar dari dari komponen-komponen sebelumnya.

Fenomena lonjakan data yang terekam selama 24 jam seperti pada Gambar 14. bagian A terlihat adanya fenomena lonjakan data yang terjadi dimulai dari pukul 04.00 WIB dan berakhir pada pukul 23.00 WIB. Fenomena ini sama dengan yang terjadi pada komponen X , Y dan Z sebelumnya.

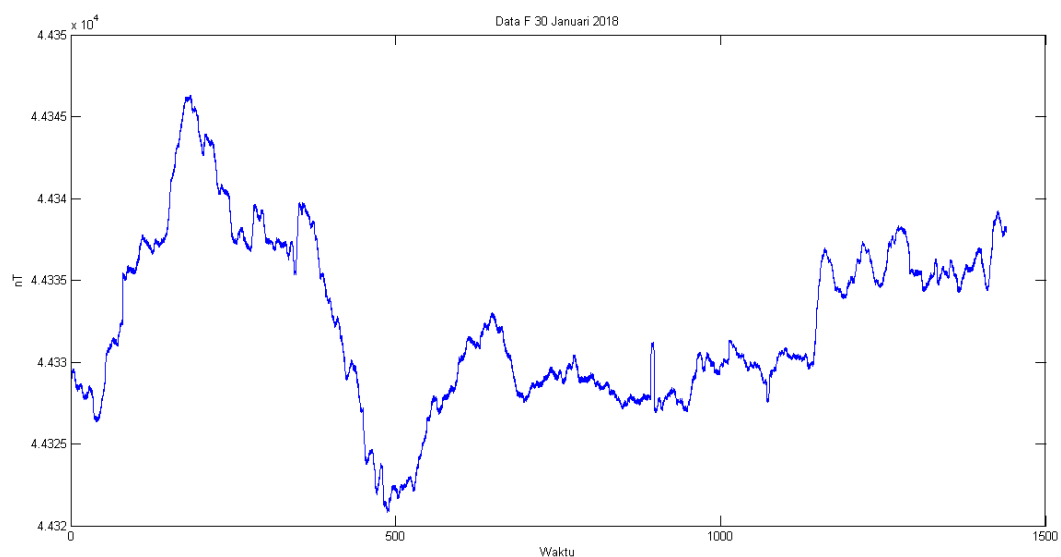
kemudian jika perhatikan kembali, terdapat lonjakan data yang cukup besar yang terjadi dimulai sekitar pukul 06.00 WIB Gambar 14. bagian B. Fenomena lonjakan data tersebut berlangsung lebih lama jika dibandingkan dengan fenomena yang terjadi pada komponen X dan Y sebelumnya yaitu 10.8 menit. Hal ini disebabkan karena pada komponen ini merupakan nilai total dari ketiga komponen tersebut.

Sementara itu pada gambar 14. Bagian C merupakan fenomena yang diakibatkan ada atau tidak adanya kereta yang melintas dengan selang waktu yang terjadi selama 21.5 menit. Fenomena tersebut merupakan gangguan yang secara *continue* terjadi setiap harinya karena adanya aktivitas kereta api.

Selama tiga bulan berturut-turut selama waktu pengamatan, didapatkan hasil dengan respon gangguan yang terjadi sama setiap harinya. Aktivitas dari sistem kereta api listrik (DC) sangat menginterferensi pemerekaman data stasiun magnet secara *continue* setiap harinya dan sangat jelas terlihat terjadi pada pukul 04.00 WIB sampai dengan 23.00 WIB. Oleh karena itu hanya dijelaskan dalam satu hari pada 30 maret 2018 setelah dinilai memiliki fenomena yang berbeda secara umum dari hari-hari yang lainya. Untuk tindakan validasi perlu dilakukan analisis dengan melakukan perbandingan data dari stasiun magnet lain yang jauh dari aktivitas sistem kereta api listrik dan aktivitas manusia kemudian adanya gangguan eksternal bumi seperti badai magnetik dengan mengamati indeks DST .

b. Perbandingan Data Magnetik

Perbandingan data dari stasiun lain yang berada jauh dari aktivitas kereta api listrik perlu dilakukan untuk mengetahui perbedaan gangguan yang terjadi sekaligus menjadi validasi data penelitian. Data yang digunakan didapatkan dari stasiun magnetik BMKG Serang Banten. Perbandingan dilakukan dengan membandingkan pola data magnet total selama 5 hari pada tanggal 27 Januari sampai 31 Januari 2018. Pola yang didapatkan seperti Gambar 14. berikut :



Gambar 15. Grafik pola gangguan komponen F 30 Januari 2018 data magnetik stasiun magnetik Serang, Banten.

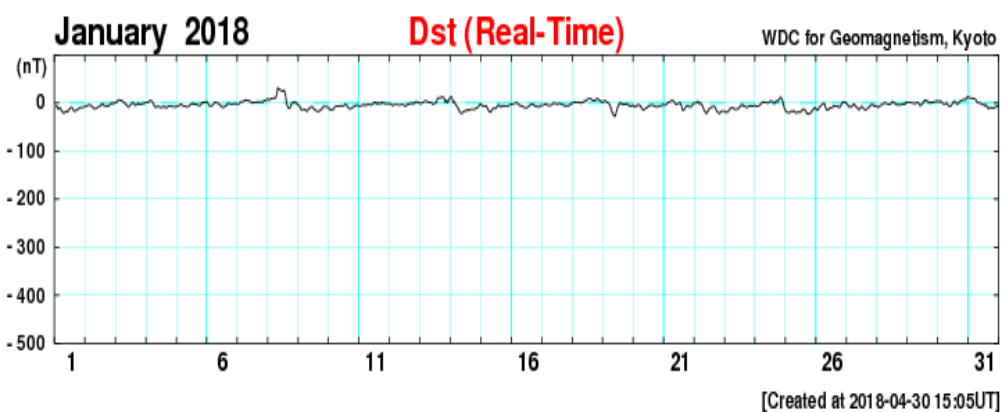
Pola gangguan yang didapatkan dari nilai magnet total pada tanggal 30 Januari 2018 seperti pada Gambar 14. di atas, selama 24 jam tidak menunjukkan adanya pola yang sama atau tidak ada fluktuasi yang konsisten terjadi setiap harinya jika dibandingkan dengan pola gangguan yang ada pada data magnetik di stasiun BMKG Stasiun Geofisika Kelas 1 Tangerang. Artinya gangguan yang diakibatkan oleh aktivitas kereta api sangat besar pengaruhnya dan menginterferensi data, jika dibandingkan dengan data magnet dari stasiun magnet BMKG Serang Banten jauh lebih mencerminkan nilai kemagnetan alami di daerah

tersebut dan lebih kecil nilai gangguanya dari pada stasiun magnet BMKG Stasiun Geofisika kelas 1 Tangerang.

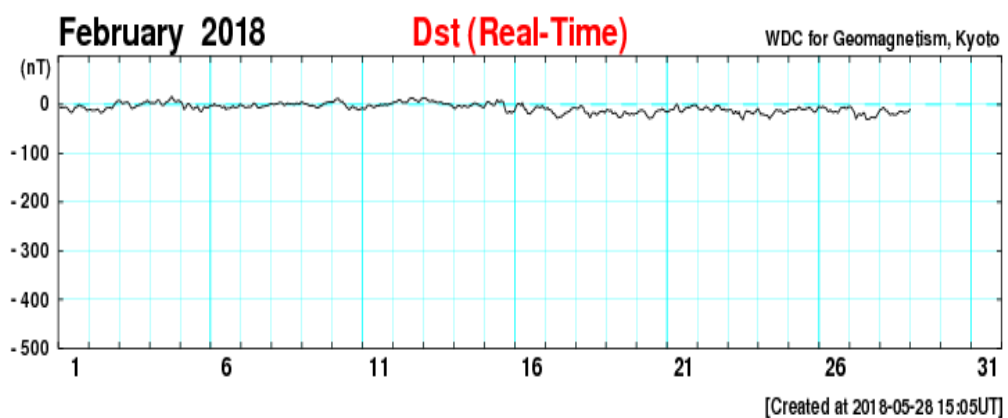
c. Indeks *DST* (*Disturbance Strom Time*)

Sebagai bahan perbandingan dan validasi dari hasil *filtering* data, indeks *DST* diperlukan untuk mengetahui gangguan yang terjadi selama bulan Januari, Februari dan Maret 2018.

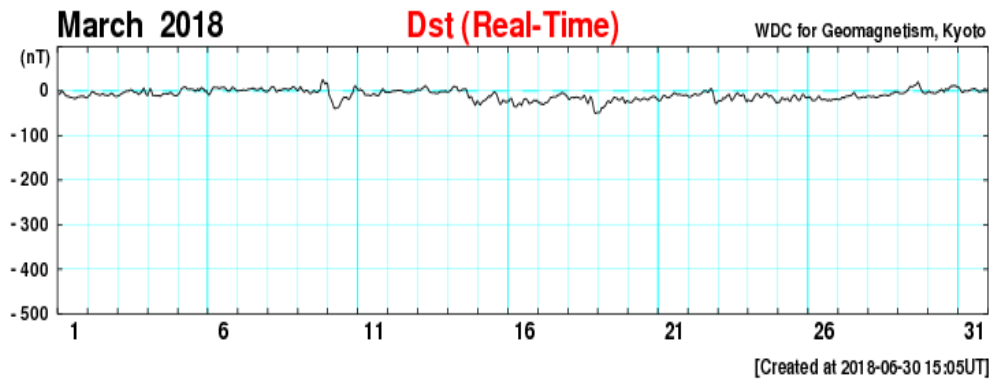
Indeks *DST* (*Disturbance storm time*) Indeks *DST* adalah parameter pendukung yang digunakan dalam mengukur intensitas badai magnetik dan *Ring Current*. Grafik *DST* selama tiga bulan dapat dilihat sebagai berikut :



Gambar 16. Indek *DST* bulan Januari 2018.



Gambar 17. Indek *DST* bulan Februari 2018.



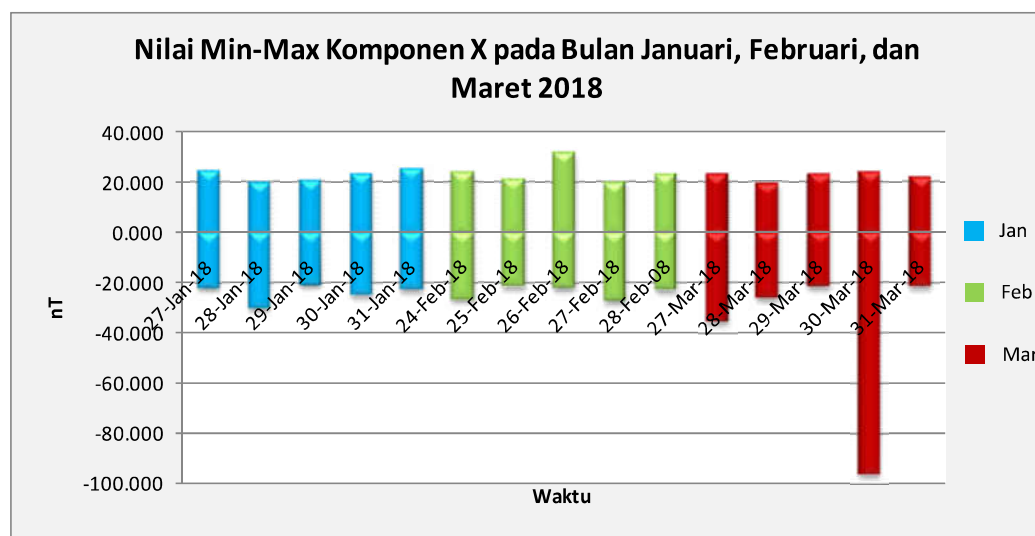
Gambar 18. Indeks *DST* bulan Maret 2018.

Indeks *DST* berdasarkan dari proyeksi garis lintang terhadap garis khatulistiwa pada komponen horizontal lokal dari medan magnet, maka apabila nilai indeks bernilai negatif berarti terdapat badai magnetik. Jika nilai -1 sampai dengan -30 dinyatakan bukan sebuah badai magnetik, -30 sampai dengan -50 dinyatakan sebagai badai lemah kelas C, -50 sampai dengan -100 dinyatakan sebagai badai sedang kelas M, dan -100 sampai dengan -500 dinyatakan sebagai badai tinggi kelas X. Badai kelas X biasanya terjadi hanya sekali dalam setahun. Badai magnet tersebut disebabkan oleh matahari, yang memiliki masa untuk terjadi badai.

Dalam tiga bulan selama pengamatan yaitu pada bulan Januari, Februari, dan Maret 2018 tidak mengalami badai magnetik. Artinya selama pengamatan data tidak ada pengaruh dari badai magnetik. Dengan demikian, gangguan yang sangat berpengaruh terbesar dan sangat menginterferensi perekaman data magnetik adalah gangguan yang berasal dari sistem kelistrikan dan aktivitas kereta api listrik bertenaga (*DC*).

d. Nilai Magnetik Akibat Gangguan

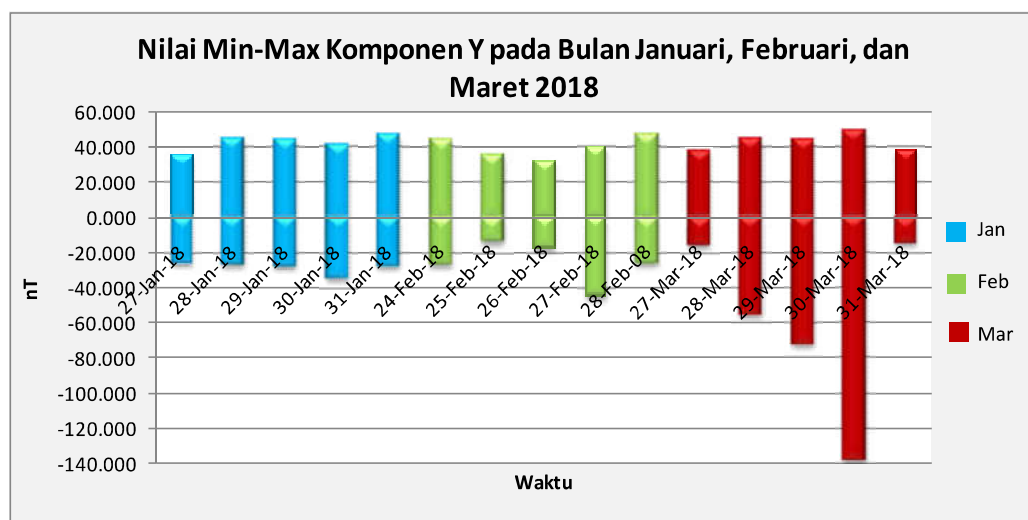
Untuk mengetahui seberapa besar nilai gangguan yang terjadi, maka harus dilakukan pengurangan dari data sebelum *filtering* dengan data hasil *filtering*. Hasil yang didapatkan secara umum bervariasi, tidak konsisten besar nilai gangguan yang terjadi setiap harinya. Pengolahan dilakukan dengan menggunakan *Software* komputasi untuk mendapatkan nilai selisih diantara nilai magnetik sebelum dan sesudah dilakukan *filtering*. Dari nilai selisih yang tersebut, didapatkan nilai maksimal dan minimal dalam satu hari selama waktu pengamatan ditampilkan dalam bentuk grafik untuk mengetahui pola gangguan yang terjadi setiap harinya.



Gambar 19. Grafik pola nilai minimal dan maksimal komponen X pada bulan Januari, Februari, dan Maret 2018.

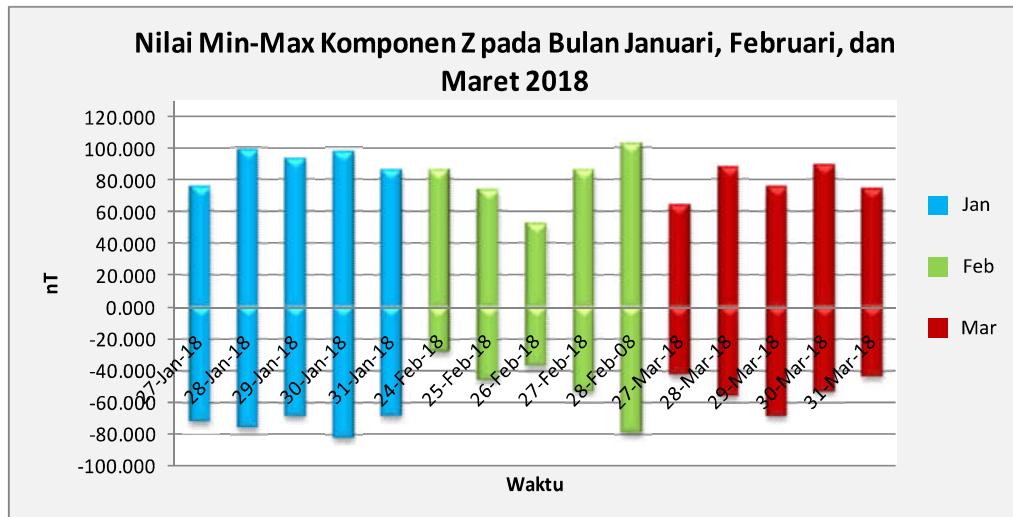
Besar gangguan yang terjadi pada komponen X dengan analisis nilai minimum dan maksimum seperti dijelaskan pada Gambar 19. di atas, pada bulan Januari dan maksimum seperti dijelaskan pada Gambar 19. di atas, pada bulan Januari 2018 ditandai dengan grafik berwarna biru. Nilai maksimum yaitu 25.490 nT dan

nilai minimum yaitu dari -29.920 nT. Kemudian pada bulan Februari 2018 ditandai dengan grafik berwarna hijau, besar nilai gangguan yang terjadi terlihat lebih fluktuatif dari bulan sebelumnya. Nilai maksimum yang terjadi yaitu 31.840 nT dan nilai minimum yang terjadi yaitu -26.830 nT. Selanjutnya pada bulan Maret 2018 di tandai dengan grafik berwarna merah, nilai maksimum yang terjadi yaitu 24.030 nT dan nilai minimum yang terjadi yaitu -95.550 nT.



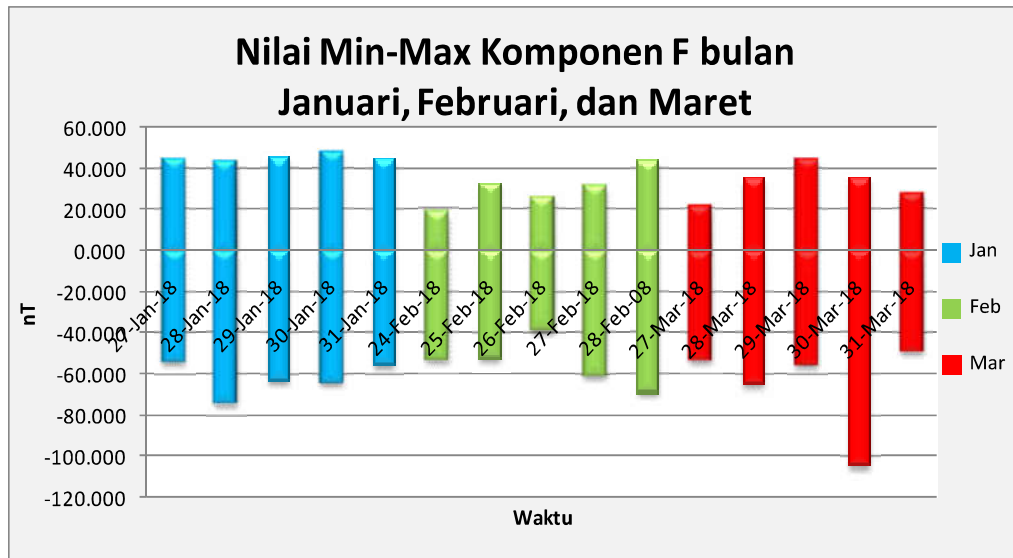
Gambar 20. Grafik pola nilai minimal dan maksimal komponen Y pada bulan Januari, Februari, dan Maret 2018.

Kemudian besar nilai gangguan pada komponen Y dengan analisis nilai minimum dan maksimum seperti Gambar 20. di atas. Pada bulan Januari 2018 dengan ditandai grafik berwarna biru, nilai gangguan maksimum yaitu 47.550 nT dan nilai minimum yaitu -33.960 nT. Selanjutnya pada bulan Februari ditandai dengan grafik berwarna hijau, nilai maksimum terjadi yaitu 47.540 nT dan nilai minimum yang terjadi yaitu -44.620 nT. Selanjutnya untuk bulan Maret yang ditandai dengan grafik berwarna merah. Besar nilai maksimum pada bulan maret yaitu 49.710 nT dan nilai minimum -137.340 nT.



Gambar 21. Grafik pola nilai minimal dan maksimal komponen Z pada bulan Januari, Februari, dan Maret 2018.

Selanjutnya besar nilai gangguan pada komponen Z dengan analisis nilai maksimum dan minimum, gangguan yang terjadi bervariasi setiap harinya. Pada bulan Januari 2018 dengan ditandai warna biru pada grafik Gambar 21. di atas. Nilai maksimum yaitu 98.820 nT dan nilai minimum yaitu dari -82.270 nT. Kemudian pada bulan Februari yang ditandai dengan warna hijau pada grafik, nilai maksimum yang terjadi yaitu 103.010 nT dan nilai minimum yang terjadi dari -78.230 nT. Selanjutnya pada bulan Maret yang ditandai dengan warna merah pada grafik, nilai maksimum yang terjadi yaitu 89.790 nT dan nilai minimum yaitu dari -67.700 nT.

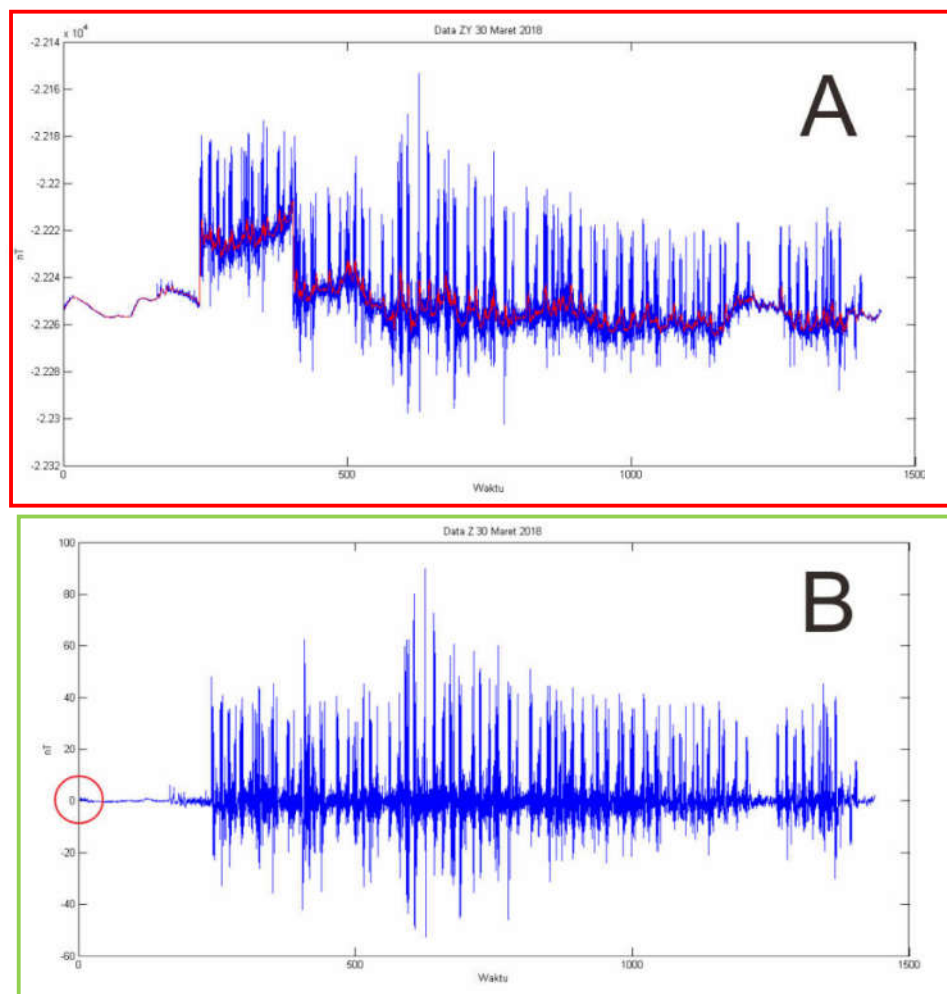


Gambar 22. Grafik pola nilai minimal dan maksimal komponen F pada bulan Januari, Februari, dan Maret 2018.

Besar gangguan total yang terjadi jika dilihat dari analisis nilai gangguan maksimum dan minimum, besar gangguan yang terjadi fluktuatif atau berubah-ubah setiap bulannya. Pada Gambar 22. di atas pada bulan Januari ditandai dengan grafik berwarna biru terlihat lebih konsisten, nilai maksimum pada bulan Januari yaitu 47.407 nT dan nilai minimum -73.746 nT. Kemudian pada bulan Februari besar gangguan total yang terjadi sangat fluktuatif yang ditandai dengan grafik berwarna hijau, nilai maksimum pada bulan Februari yaitu 43.579 nT dan nilai maksimum -68.533 nT.

Selanjutnya besar gangguan total yang terjadi pada bulan Maret yang ditandai dengan grafik berwarna merah besar gangguan yang terjadi juga sangat fluktuatif, nilai gangguan maksimum pada bulan Maret yaitu 44.621 nT dan nilai gangguan minimum yaitu -104.14 nT. nilai gangguan yang terjadi pada bulan maret merupakan gangguan yang terlihat paling tinggi jika dibandingkan dengan dua bulan sebelumnya, dikarenakan adanya fenomena lonjakan yang terjadi pada tanggal 30 Maret 2018.

Besar nilai gangguan maksimum dan minimum pada komponen-komponen di atas dihitung berdasarkan selisih dari data magnetik asli sebelum dan setelah dilakukan *filter* menggunakan *filter moving average*. Dengan demikian nilai negatif sebagai nilai minimum dihitung jika fluktuasi data asli magnetik lebih rendah dari data hasil *filtering*, sebaliknya jika fluktuasi data magnetik lebih tinggi dari data *filtering* maka akan bernilai positif, Karena data hasil *filtering* bernilai 0. Sebagai contoh dapat dilihat pada Gambar 16. berikut.



Gambar 23. Grafik selisih data sebelum dan sesudah dilakukan *filtering*.

Pada gambar 16. di atas bagian A merupakan tampilan grafik kombinasi antara data asli dan data setelah dilakukan *filtering*. warna biru merupakan data asli dan warna merah merupakan data yang sudah dilakukan *filtering*. Fluktuasi data yang

terjadi menandakan adanya pergerakan kereta api dalam dua arah (bolak-balik) karena rel kereta memiliki dua jalur. Sehingga fluktuasi akan naik turun berdasarkan arah laju kereta api yang melintas. Fenomena tersebut telah dijelaskan pada persamaan 11. apabila adanya *loop* medan listrik akan dihasilkan perubahan medan magnetik.

Kemudian pada Gambar 16. bagian B merupakan nilai selisih dari gambar bagian A. Nilai hasil filtering menjadi patokan fluktuasi nilai gangguan dan akan bernilai 0 seperti ditandai dengan lingkaran berwarna merah pada gambar bagian B. Sehingga adanya nilai negatif karena fluktuasi nilai gangguan dibawah nilai hasil *filtering*.

Pada tanggal 30 Maret 2018 nilai gangguan minimum tidak hanya disebabkan oleh sistem kelistrikan kereta api listrik (*DC*) melainkan ada gangguan lain dari aktivitas manusia yang terlihat jelas sangat besar. Gangguan tersebut diakibatkan oleh aktivitas petani kebun di sekitar gedung stasiun magnet seperti dijelaskan pada Gambar 11. dan Gambar 12. diatas.

Dengan demikian, kualitas data magnetik jauh lebih baik jika dibandingkan sebelum dilakukan upaya *filtering* data. Sehingga kualitas data magnetik lebih mendekati kondisi kemagnetan di wilayah tersebut. Walaupun sebenarnya gangguan tidak dapat dihilangkan seluruhnya, namun sudah lebih baik dibandingkan tidak dilakukan upaya *filtering* data.

VI. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Kualitas data magnetik BMKG Stasiun Geofisika Kelas 1 Tangerang sangat buruk disebabkan oleh gangguan akibat sistem kelistrikan dan aktivitas kereta api listrik (*DC*) terjadi sekitar pukul 04.00 WIB sampai dengan pukul 23.00 WIB
2. Besar nilai gangguan yang disebabkan oleh kereta api listrik terhadap perekaman data magnetik tidak konsisten setiap harinya, dibuktikan dengan analisis minimal dan maksimal nilai selisih gangguan.
3. Upaya mengurangi gangguan akibat kereta api listrik yaitu menggunakan *Filter Moving Average* dengan lebar jendela yang digunakan yaitu 180 detik. Sehingga data jauh lebih baik jika dibandingkan sebelum dilakukan *filtering*.

B. Saran

Saran dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Perlu dilakukan analisis lebih lanjut dengan melakukan perbandingan data magnetik dari beberapa stasiun magnet di wilayah lain yang tidak berada dekat dengan lintasan kereta api listrik untuk validasi yang lebih kuat dan keakuratan perekaman data magnetik.

DAFTAR PUSTAKA

- Curto, J.J., Marsal, S., Torta, J.M., dan Sanclement, E., 2008, Removing Spikes From Magnetic Disturbances Caused By Trains At Ebro Observatory, *Proceedings of the XIIIth IAGA Workshop on Geomagnetic Observatory Instruments, Data Acquisition, and Processing*, Hal. 60-66.
- Earth.Google.com., 2018, Peta Citra Satelit Lokasi Penelitian, Diakses pada 25 November 2018 Pukul 14.00 WIB.
- Efendi, R., Syamsudin, S., Sinambela, W.S., dan Soemarto., 2007, *Medan Elektromagnetika Terapan*, Jakarta: Gramedia.
- Fitria, D., dan Pramuji, M., 2015, Sistem Transmisi Elektrik pada Lokomotif CC201 di Lubuk Linggau, *Jurnal Desiminasi Teknologi*, Vol 3 (2), Hal 166-173.
- Halliday, dan Resnick., 2011, *Fundamental Of Physics*, Cleveland: Jhon Wiley & Sons Inc.
- Jankowski, J. dan Suckdor, C., 1996, *Guide for Magnetic Measurement and Observatory Practice*, Marsawa: IAGA.
- Lowes, F. J., 2009, DC Railways and the Magnetik Fields they Produce – the Geomagnetik Context, *Earth Planets Space*, Vol 61, Hal. 1-17.
- Margiono, R., dan Yusuf, M., 2014, Analisis Gangguan Variasi Medan Magnetik di Stasiun Geofisika Kelas 1 Tangerang Akibat Pengaruh Kereta Api Listrik. <https://www.researchgate.net/publication/283571221> Diakses pada 24 Desember 2018 Pukul 20.45 WIB.

- Matzka, J., Pedersen, L.W., Maule, C.F., Neska, A., Reda, J., Nilsson, A., dan Linthe, H.J., 2008, The effect of high-voltage DC power lines on the geomagnetic measurements at BFE, *Proceedings of the XIIIth IAGA Workshop on Geomagnetic Observatory Instruments, Data Acquisition, and Processing*, Hal. 162-170.
- Maule, C.F., Thejll, P., Neska, A., Matzha, J., Pedersen, L.W., dan Nilson, A., 2009, Analyzing Andcorrecting for Contaminating Magnetik Fields at the Brorfelde Geomagnetik Observatory Due to Highvoltage DC Power Lines. *Earth Planets Space*, Vol 61, Hal. 1233-1241.
- Mursula, K., Holappa, L., dan Karinen, A., 2008, Correct normalization of the Dst Index, *ASTRA*, Vol 4, Hal. 41-45.
- Neska, A., 2009, Subsurface Conductivity Obtained from DC Railway Signal Propagation with a Dipole Model, *Institute of Geophysics PAS, Ul. Ks. Janusza*, Vol 64, Hal. 01-452.
- Neska, A., Reda, J., Neska, M., dan Sumaruk, Y., 2009, On the Influences of DC Railway Noise from Belsk and Lviv Geomagnetik Observatories, *Acta Geophysica*, Vol 61 (2), Hal. 385-403.
- Padua, M.B., Padhilha, A.L., dan Vitorello, I., 2002, Disturbances on magnetotelluric data due to DC electrified railway: A case study from southeastern Brazil, *Earth Planets Space*, Vol 54, Hal. 591-596.
- Pirjola, R., Newitt, L., Boteler, D., Trichtchenko, L., Fernberg, P., Mckee, L., Danskin, D., dan Beek, G.J.V., 2007, Modelling the Disturbance Caused by a DC-Electrified Railway to Geomagnetik Measurements, *Earth Planets Space*, Vol 59, Hal. 943-949.
- Pirjola, R., 2011, Modelling the magnetic field caused by a dc-electrified railway with linearly changing leakage currents, *Earth Planets Space*, Vol 63, Hal. 991-998.
- Rizqiawan, A., 2010, Kereta Rel Listrik.
<https://konversi.wordpress.com/2010/04/23/kereta-rel-listrik/> Diakses pada 03 Maret 2019 Pukul 14.47 WIB.
- Telford, W. M., Geldart, L. P., dan Sheriff, R. E., 1990, *Applied Geophysics Second Edition*, London: Cambridge University Press.

Tokumoto, T., dan Tsunomura, S., 1984, Calculation of Magnetic Field Disturbance Produced by Electric Railway, *Memoirs of the Kakioka Magnetic Observatory*, Vol 20 (2), Hal. 33-44.

Turner, G.M., Reeves, C. dan Rasson, J., 2015, Observation and Measurement Techniques, *Elsevier*, Vol 5, Hal. 91-13.