

**APLIKASI MAGNETOMETER DAN SIDE SCAN SONAR UNTUK
PEMETAAN SEBARAN ANOMALI KEMAGNETAN DASAR LAUT
(STUDI KASUS : PERAIRAN LOHGUNG, PALANG, TUBAN, JAWA TIMUR)**

Dwi Arini¹⁾ Andri Suprayogi²⁾ Moehammad Awaluddin³⁾

¹⁾ Mahasiswa Teknik Geodesi Universitas Diponegoro, Semarang

²⁾ Dosen Pembimbing I ³⁾ Dosen Pembimbing II

ABSTRAK

Medan magnet menyerupai suatu medan dari batang magnet yang sangat besar dan pusatnya berhimpitan dengan bumi serta mempunyai gaya tarik magnet yang melingkar. Hal ini menunjukkan bahwa di seluruh permukaan bumi memiliki kuat medan magnet tersendiri. Pada perairan Lohgung, Palang, Tuban Jawa Timur merupakan daerah yang tersebar ranjau karena area tersebut merupakan bekas perang dunia ke-II. Untuk mendeteksi tingkat kemagnetan logam yang dimiliki tiap daerah perairan, maka dilakukan survei kemagnetan dengan menggunakan alat *magnetometer* dan *side sca sonar*, maka dilakukan survei kemagnetan logam serta penggambaran citra sehingga diperlukannyapembuatan peta logam sebaran anomali kemagnetan.

Penelitian ini menggunakan *software Oasis Montaj, MagMap, SonarWiz, dan C-Max* untuk mengolah data kemagnetan dan *image* yang dihasilkan *side scan sonar* sehingga dapat mengetahui klasifikasi medan magnet, dan sumber anomali terdapat dibawah dasar laut atau disekitar perairan dari hasil *image* yang dihasilkan *side scan sonar*.

Hasil yang diperoleh berupa peta sebaran anomali kemagnetan dasar laut dengan karakteristik sebaran anomali memiliki variasi intensitas magnet regional yang tidak sama dan menunjukkan adanya variasi pembentukkan dasar laut yang berbeda. Dari peta sebaran anomali kemagnetan yang didapat serta hasil validasi dari *image side scansonar* dan bantuan data *imagesub bottom profiling* yang menunjukkan posisi logam yang berbahaya dan telah dinetralisir sehingga dapat digunakan untuk kepentingan keselamatan navigasi serta kegiatan lain yang berhubungan dengan hidrografi.

Kata kunci : magnet, anomali kemagnetan, *magnetometer*, *side scan sonar*, peta sebaran anomali kemagnetandasar laut, keselamatan navigasi.

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi yang cepat merambah ke seluruh penjuru tanah air berimplikasi terhadap berkembangnya segala aspek kehidupan masyarakat, sehingga

menimbulkan berbagai perubahan yang signifikan. Perkembangan dan kemajuan teknologi khususnya di bidang survei kelautan juga meningkat dengan pesat, mengikuti standar ketelitian yang ditetapkan oleh IHO. Standar ketelitian ini digunakan untuk standar kualitas data hasil survei yang berupa SP 44 (*Standard Publication 44*) edisi V tahun 2008.

Dalam aspek teknis, untuk melaksanakan kegiatan seperti definisi di atas disebut dengan survei hidrografi. Aplikasi dari kegiatan survei hidrografi berguna untuk kepentingan keselamatan pelayaran, pemasangan pipa, kabel, dan pendeteksian anomali kemagnetan bumi. Secara spesifik untuk survei anomali kemagnetan bumi disebut dengan survei geomagnet, yaitu survei untuk mengetahui anomali kemagnetan lokal.

Kekuatan medan magnet tiap wilayah berbeda-beda, tergantung dari jenis batuan penyusun daerah tersebut. Perbedaan maupun selisih nilai kemagnetan yang terdapat pada suatu daerah disebut juga dengan anomali kemagnetan bumi lokal, dimana nilai yang dimiliki lebih tinggi dari pada nilai regionalnya.

Perairan Tuban dalam sejarah Perang Dunia ke-II (PD II) merupakan tempat penyebaran ranjau yang dilakukan oleh pihak penjajah (Belanda dan Jepang). Bahan dasar dari ranjau tersebut adalah bahan yang mengandung unsur feromagnetik. Akibat pengaruh dari pasang surut, arus, sedimantasi serta korusi dari bahan ranjau yang berupa besi, maka ranjau laut ini telah bergeser dari posisi awal penyebarannya dan kemungkinan bebas terdendam di bawah permukaan dasar laut.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Identifikasi medan magnet dan tingkat anomali kemagnetan bumi area studi kasus Perairan Lohgung, Palang, Tuban, Jawa Timur.
2. Interpretasi dari data *side scan sonar* yang berguna memastikan apakah nilai kemagnetan yang didapatkan oleh *Magnetometer* berupa anomali berlebih dan terindikasi logam berbahaya.
3. Menghasilkan peta sebaran anomali kemagnetan dasar laut area penelitian.

1.3 Perumusan Masalah

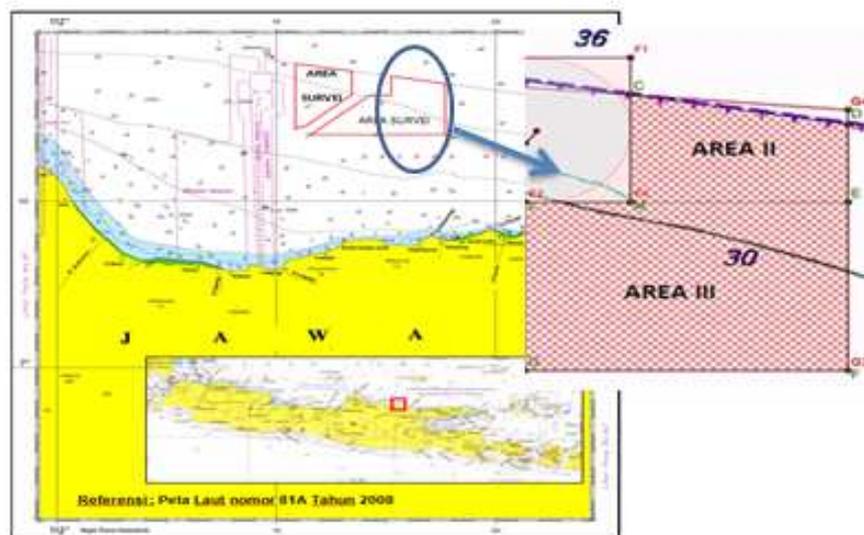
Perumusan masalah penelitian ini adalah :

1. Bagaimana karakteristik sebaran anomali yang terdapat di daerah penelitian berdasarkan aplikasi *Magnetometer* dan *side scan sonar*.
2. Apakah peta sebaran anomali kemagnetan dasar laut yang telah didapatkan bisa menjamin keselamatan navigasi kelautan daerah penelitian.

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah penelitian ini adalah :

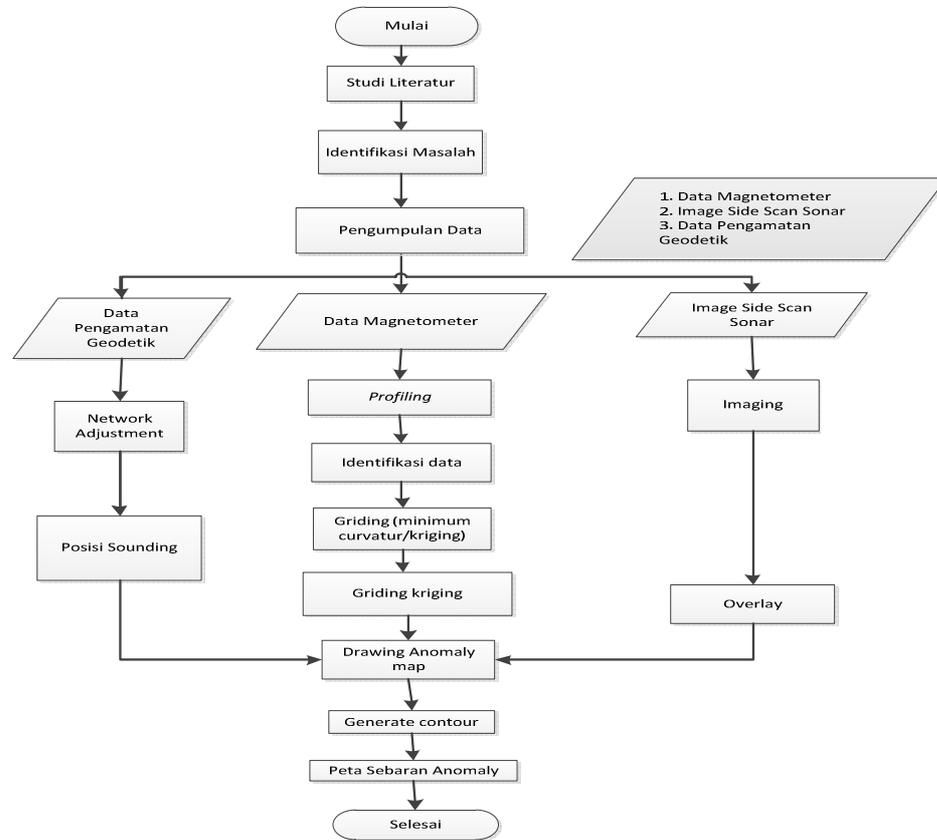
1. Penelitian dilakukan di daerah Perairan Lohgung, Palang, Tuban, Jawa Timur.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

2. Data anomali kemagnetan yang didapat dari pengukuran *Magnetometer Cesium G-882SX* terhadap anomali batuan penyusun dasar laut area penelitian.
3. *Side Scan Sonar* (SSS) digunakan untuk memastikan ada atau tidaknya target (*minelike*) di permukaan dasar laut, dimana sapuan dari SSS diutamakan pada titik yang memiliki kontur anomali kemagnetan yang tinggi.
4. Data diperoleh dari Dinas Hidro-Oseanografi. Data yang digunakan adalah hasil survei pada tanggal 16 September 2012 s/d 17 Januari 2013.

1.5 Diagram Alir



Gambar 2. Diagram Alir Metodologi Penelitian

2. DASAR TEORI

2.1 Prinsip Dasar Kemagnetan Bumi

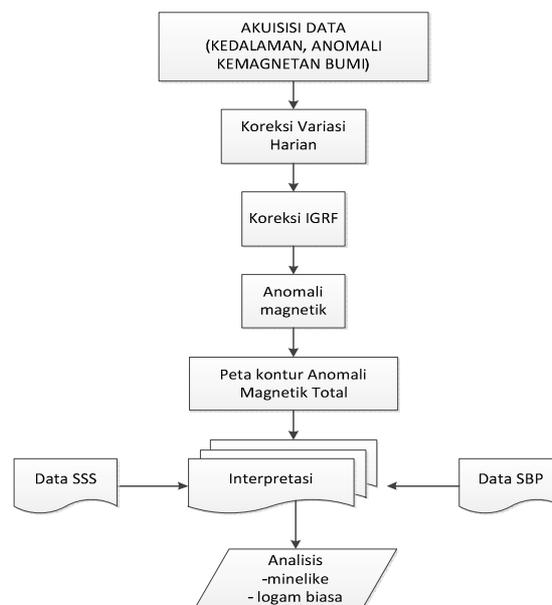
Arah medan magnet adalah vertikal terhadap kutub utara dan kutub selatan magnet serta horizontal terhadap ekuator magnet. Besaran intensitas medan magnet adalah *gamma* dimana pada setiap tempat di bumi ini berbeda dan selalu berubah – ubah. Medan magnet utama bumi berubah terhadap waktu. Untuk menyeragamkan nilai-nilai medan utama magnet bumi, dibuat standar nilai yang disebut *International Geomagnetism Reference Field (IGRF)* yang diperbaharui setiap lima 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.

2.2 Anomali Kemagnetan

Medan magnet bumi tidak konstan tetapi berubah terhadap waktu sesuai dengan keadaan di dalam bumi yang kadang-kadang mengalami gangguan. Sedangkan besarnya nilai kemagnetan bumi di suatu tempat tergantung pada kondisi kemagnetan di dalam bumi yang berubah terhadap waktu, pengaruh luar bumi, dan pengaruh kemagnetan lokal (anomali lokal). Nilai kemagnetan yang nantinya akan didapatkan dari alat ukur kemagnetan akan terlihat perbedaan antara nilai satu dan lainnya. Apabila ada perbedaan nilai yang mencolok atau lebih tinggi dari nilai lainnya pada suatu data dan tidak sama dengan nilai magnet regionalnya maka itulah yang disebut dengan anomali kemagnetan.

2.3 Metode Pengukuran Data geomagnetik

Dalam melakukan akuisisi data magnetik yang pertama dilakukan adalah menentukan *base station* sebagai *station* yang bertugas untuk mencatat nilai variasi harian terkait perilaku matahari, dimana hasilnya akan digunakan untuk koreksi dari anomali hasil akurasi di lapangan. Berikut metode pengukuran data geomagnetik.



Gambar 3. Metode Pengukuran Data Magnetik

2.4 Prinsip Kerja *Magnetometer*

Pengukuran kemagnetan bumi adalah pengukuran relatif yaitu nilai satu atau lebih komponen medan magnet di sembarang titik dinyatakan sebagai perbedaan terhadap nilai pada titik basis yang dipilih. Untuk luas pengamatan yang relatif kecil, yaitu beberapa km², medan magnetik normal dipandang konstan dan sama dengan titik basis. Sedang untuk daerah yang luas, lebih dari ratusan km² variasi medan normal berpengaruh terutama dalam arah utara-selatan, dan perlu koreksi. Kepekaan *Magnetometer* yang diperlukan adalah antara 1 gamma dan 10 gamma, dalam medan total jarang yang lebih besar dari 50.000 gamma. Terdapat beberapa jenis *Magnetometer* dengan parameter masing-masing yang diukur.

2.5 *Side Scan Sonar*

Side scan sonar (SSS) adalah sebuah sistem peralatan survei kelautan yang menggunakan teknologi akustik. Peralatan ini digunakan untuk memetakan dasar laut yang juga dapat digunakan untuk mempelajari kehidupan di dasar laut.

3. PELAKSANAAN PENELITIAN

3.1 Tahap Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data survei kemagnetan yang dilakukan di daerah tuban pada tanggal 16 September 2012 s/d 17 Januari 2013

3.2 Tahap Pengolahan Data

3.2.1 Pengolahan data Pengamatan Geodetik

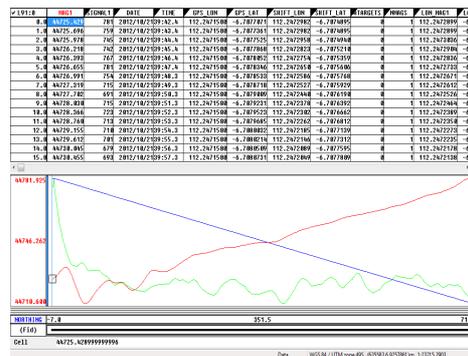
Penentuan posisi dengan GPS pada Titik Kontrol Horizontal Survei di daerah penelitian dilaksanakan dengan menggunakan 2 (dua) set alat *positioning*; tipe Survei *GPS Trimble receiver 5700* dan *GPS Trimble receiver 5700 R7* yang masing-masing dilengkapi dengan 1 (satu) antena *Trimble Zephyr Geodetic dual-frequency*.

Pengukuran dan pengecekan dilakukan terhadap 2 (dua) buah Titik Kontrol Horizontal di daerah penelitian, yaitu HP.130062 dan TB.01 STTAL. Pengamatan GPS dilakukan dengan metode statik - moda radial untuk menentukan masing-masing posisi

tersebut. data geodetik yang dihasilkan digunakan sebagai referensi penentuan sounding yang dilakukan di area penelitian.

3.2.2 Profiling Magnetometer Data

Profiling Magnetometer Data dilakukan dengan menggunakan *software oasismontaj*. Sebelum dilakukan *profiling*, raw data dari alat *Magnetometer* diexport dari *software MagMap 2000* dalam format *.*survey*. Buka data *Magmap* dan *export data* menjadi format *.xyz* lalu buka data tersebut dengan menggunakan *microsoft excel*. Rapikan data, lalu simpan dalam format *txt*. Berikut hasil *profiling* yang telah dilakukan.



Gambar 4. Tampilan Profil Anomali Kemagnetan Daerah Gabungan Area II

3.2.3 Proses Gridding Minimum Curvature dan Kriging

Pada *minimum curvature* (*rangrid*), pertama dilakukan estimasi nilai grid pada node dari sebuah coarse grid (biasanya delapan kali akhir ukuran grid sel. Estimasi ini berdasarkan inverse jarak rata-rata dari data yang sebenarnya dengan spesifikasi radius yang dicari. Jika tidak ada data pada radius tersebut, rata – rata seluruh data poin pada grig digunakan. Parameter penting pada proses *rangrid* adalah nilai iterasi yang digunakan sesuai dengan urutan pengukuran.

pengolahan dengan metode *kriging*, teori *kriging* menggunakan estimasi statistik lokal yang menghasilkan linier terbaik dari karakteristik yang tidak diketahui. Metode

gridding statistik menggunakan metode *kriging* untuk mendeterminasi nilai di beberapa node grid berdasarkan data x,y,z.

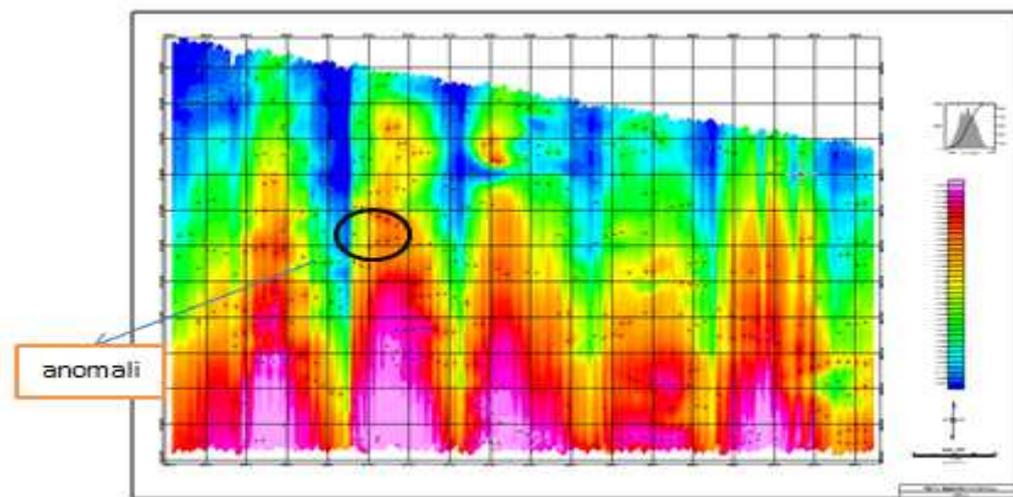
Dari kedua metode perhitungan grid dihasilkan data statistik yang sedikit berbeda, berikut hasil statistik perhitungan *rangrid* dan *kriging*.

Attribute	Value	Attribute	Value
Number of dummies	24045	Number of dummies	24045
Minimum	44685.78	Minimum	44686.11
Maximum	44807.26	Maximum	44807.72
Mean	44744.86	Mean	44744.84
Standard deviation	21.26697	Standard deviation	21.23315
Compression ratio	50.30340	Compression ratio	50.10068

Gambar 5. Perbedaan Data Statistik Minimum Curvatur (Kiri) dan *Kriging* (Kanan)

3.2.4 Penggambaran Peta Sebaran Anomali Kemagnetan

Pembuatan peta anomali dengan menggunakan database yang ada dan merupakan *basemap* dari hasil *gridding* yang telah dilakukan sebelumnya sehingga menghasilkan peta anomali berikut yang berisi legenda berupa tingkat anomali area yang dimaksud.



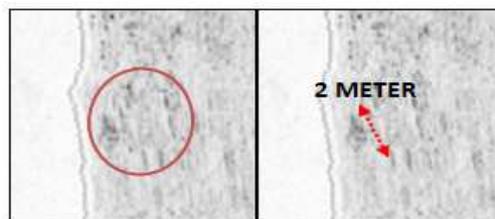
Gambar 6. Peta sebaran Anomali (ditunjukkan oleh Titik-Titik yang Tersebar di Seluruh Area)

Dari peta yang ditampilkan di atas, titik-titik yang terdapat di atas merupakan anomali yang tersebar di seluruh area dua, anomali yang dimaksud adalah nilai simpangan yang terdapat pada suatu wilayah dan berbeda dengan nilai (magnet) disekitarnya. Sedangkan warna yang terlihat pada peta merupakan tingkat kemagnetan yang terdapat di area penelitian.

3.2.5 *Imaging Side Scan Sonar*

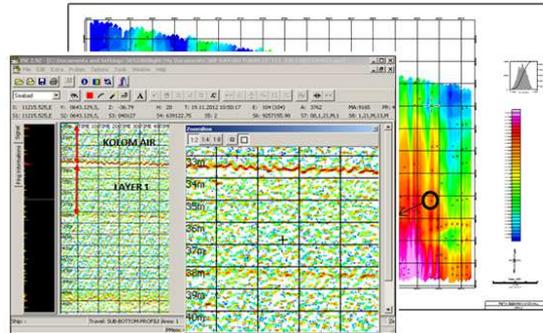
Hasil dari *imageside scan sonar* didapat *image* berikut yang menjelaskan bagaimana keadaan anomali pada masing-masing area dan apakah hasil tersebut menunjukkan bahwa di area tersebut memiliki tingkat anomali yang sangat berlebih dan dapat membahayakan navigasi laut di daerah penelitian. Imaging ini dilakukan pada *software* SonarWiz. Metode pendeteksian yang digunakan adalah menggunakan metode seismik dengan tujuan untuk meyakinkan posisi target hasil dari pendeteksian *Magnetometer* sebelumnya yang diperkirakan target (*Mine Like Contact*) tersebut dan berada di atas permukaan dasar laut. Spasi pendeteksian yang digunakan adalah 20 meter dengan *Range Scale* 50 meter, dengan lebar pancaran ke kanan dan kiri adalah 50 meter sehingga antar lajur deteksi dapat tersapu 100%.

Berikut *image side scan sonar* yang terdapat pada area II line 25 B.U di koordinat $6^{\circ} 43' 7,78''$ $112^{\circ} 15' 31,566''$:



Gambar 7.*ImageSide scan sonar* Area II line 25 B.U

untuk mengetahui struktur lapisan tanah, di gunakan alat *sub bottom profilers*. Berikut posisi dan hasil *sampling* yang diambil.

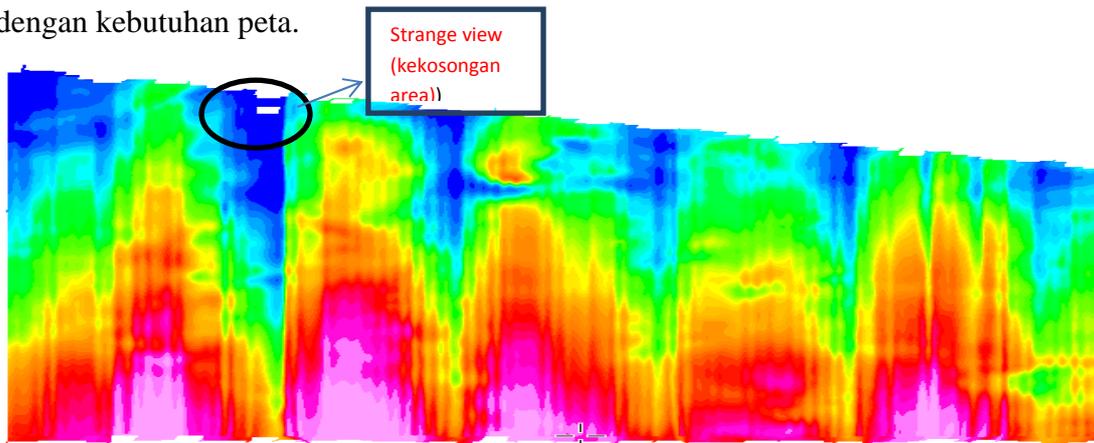


Gambar 8. Tampilan Data *Sub bottom profilers* pada Peta

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

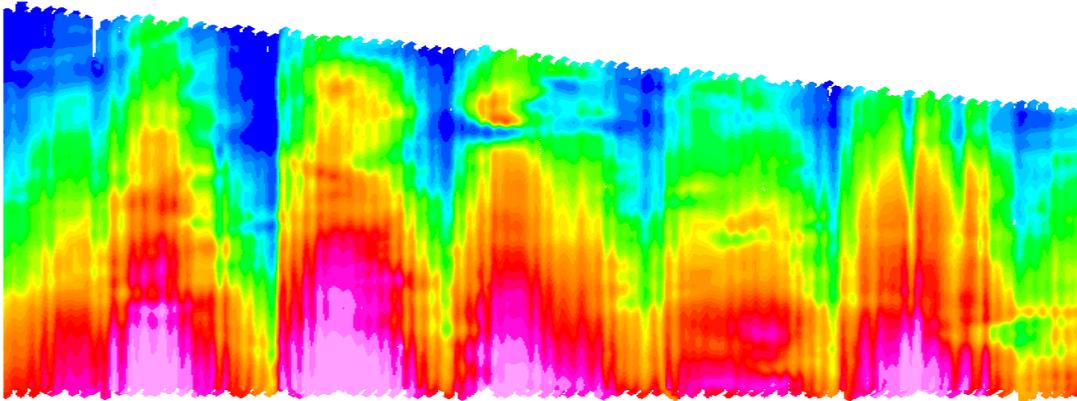
4.1 Analisis Peta Sebaran Anomali dengan Resolusi Grid yang Berbeda

Pada pembuatan peta sebaran anomali, harus diperhatikan dengan jelas pemberian nilai *grid cell* pada area penelitian untuk menghindari *strange view* atau kekosongan area pada *gridding* yang dihasilkan. berikut contoh pemberian *grid* yang tidak sesuai dengan kebutuhan peta.



Gambar 9. Sebaran Anomali Kemagnetan Dasar Laut dengan *grid cell* 5

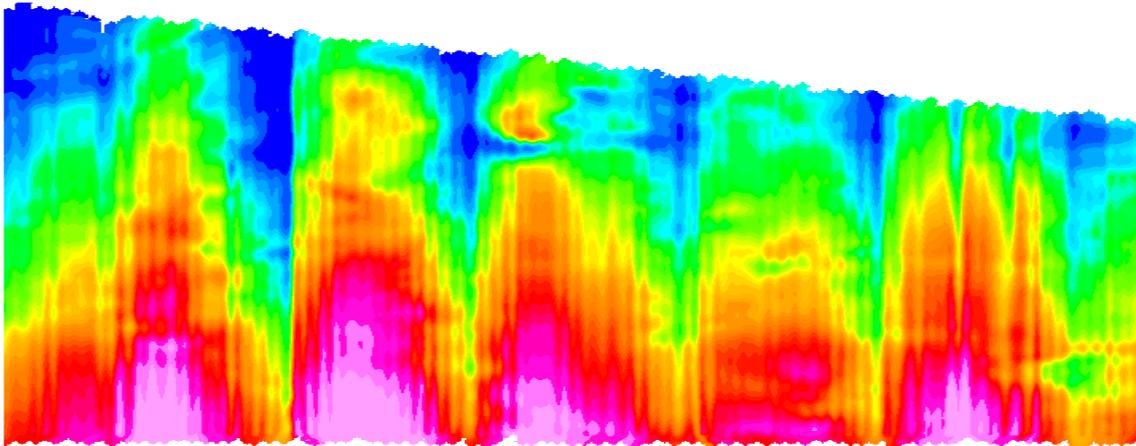
Untuk pemberian nilai *grid cell*, diberi nilai yang didapatkan dari hasil perkalian lebar spasi lajur dengan bilangan $\frac{1}{8}$ sampai dengan $\frac{1}{4}$. Berikut contoh pemberian *grid* yang benar sesuai hitungan dengan perkalian spasi lajur $20\text{m} \times \frac{1}{8} = 2,5$ di bulatkan ke atas menjadi 3 (tiga).



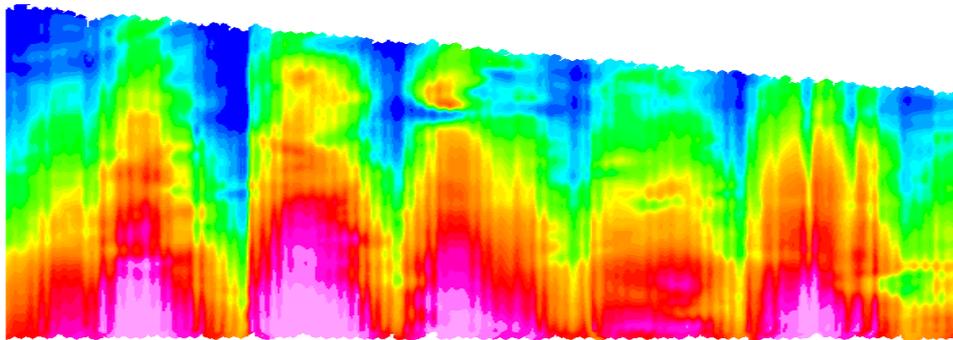
Gambar 10. Sebaran Anomali Kemagnetan Dasar Laut dengan *grid cell 3*

4.2 Analisis Gridding *Minimum curvature* dan *Kriging*

Dari data statistik yang ditampilkan pada kedua proses gridding pada point 3.2.3, tidak terlihat perbedaan signifikan yang menghasilkan gridding dari kedua metode berbeda, berikut hasil dari kedua metode tersebut.



Gambar 11. Sebaran Anomali Kemagnetan dengan *Gridding Minimum curvature*



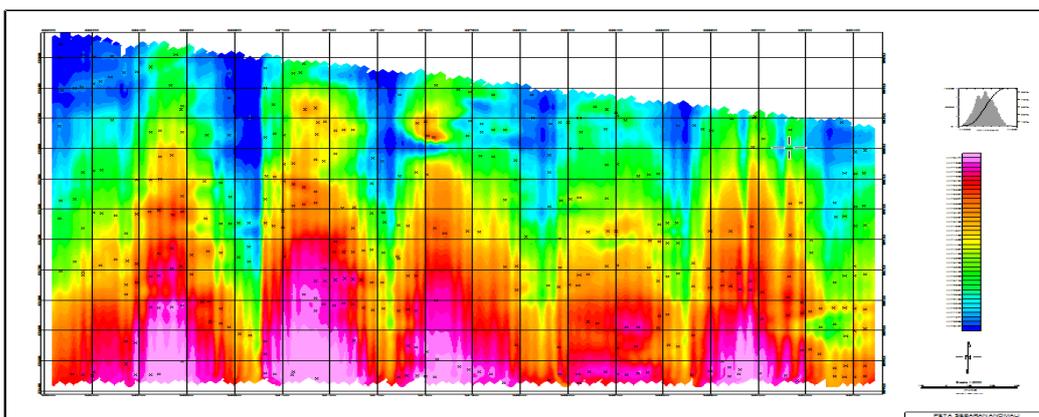
Gambar 12. Sebaran Anomali Kemagnetan dengan *Gridding Kriging*

Minimum curvature menghitung nilai permukaan dalam pengukuran secara random sesuai dengan pengukuran data poin. Estimasi perhitungan ini berdasarkan inverse jarak rata-rata dari data yang sebenarnya dengan spesifikasi radius yang dicari.

Pada perhitungan *kriging*, metode ini menghitung nilai variogram data yang memperlihatkan korelasi data sebagai fungsi jarak. Variogram sebenarnya berisi ringkasan hitungan dari informasi struktural lalu dihubungkan kedalam berbagai sumber prosedur dan evaluasi cadangan (A.G. Journal, Ch.J Hiujbregts : 2004).

4.3 Analisis Sebaran Titik Anomali Tinggi

Berdasarkan peta sebaran anomali pada area dua dibawah ini, dapat dilihat bahwa di daerah selatan peta memiliki nilai kemagnetan yang tinggi, terlihat warna merah muda mendominasi daerah selatan dan tidak menyebar pada area lain.



Gambar 13. Peta Sebaran Anomali Kemagnetan Dasar Laut Area II

Hal ini disebabkan oleh tidak adanya koreksi harian yang menyebabkan data kurang akurat dan menghasilkan peta sebaran yang diseluruh area selatan peta didominasi oleh nilai kemagnetan yang tinggi. koreksi harian (*diurnal correction*) yang merupakan penyimpangan nilai medan magnetik bumi akibat adanya perbedaan waktu dan efek radiasi matahari dalam satu hari. Waktu yang dimaksudkan harus mengacu atau sesuai dengan waktu pengukuran data medan magnetik di setiap titik lokasi (stasiun pengukuran) yang akan dikoreksi. Koreksi ini dilakukan untuk menghilangkan variasi harian yang disebabkan pengaruh dari luar bumi.

Koreksi ini dihitung dari kurva variometer yang dihasilkan oleh *variograf* di stasiun pengamatan permanen di sekitar wilayah pengamatan, dimana alat tersebut mencatat nilai medan utama bumi dan variasi kemagnetan bumi secara terus menerus atau dari *base station* yang ditentukan sendiri dalam pengukuran lapangan. Pereduksian pengaruh *diurnal* ini, dapat juga dilakukan dengan metode *tie point*. Sedangkan pada kenyataannya, di lapangan tidak dilakukan koreksi harian pada saat pendeteksian logam di laut sehingga koreksi yang harus dilakukan pada data dianggap sangat besar dan tidak dapat diperbaiki kembali dikarenakan harus dilakukannya pengukuran ulang pada seluruh area.

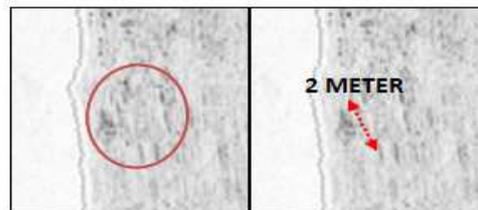
Pada penelitian ini terdapat dua area penelitian dimana dari kedua area terdapat beberapa titik yang diprediksi sebagai logam berbahaya (sesuai dengna latar belakang yang telah dijelaskan sebelumnya bahwa daerah penelitian merupakan daerah rawan ranjau). Terdapat 400 titik pada area dua dan 677 titik pada area tiga. Namun setelah dilakukan tindakan identifikasi lanjut mine like kontak hanya terdapat pada area dua.

4.4 Analisis *Image Side Scan Sonar* dan *Sub bottom profilers* pada Peta

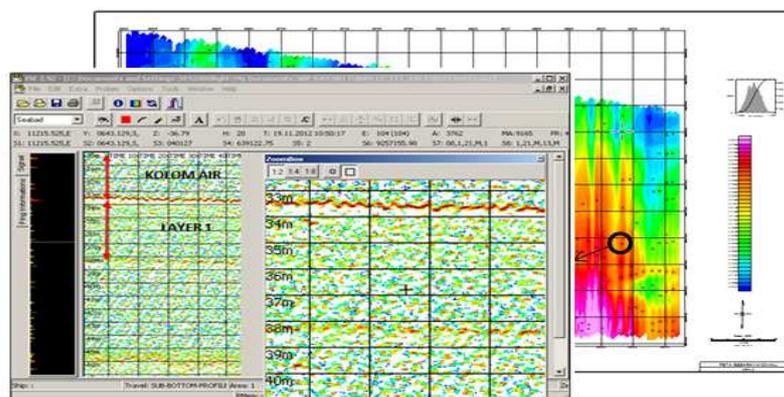
Berdasarkan hasil pencitraan dasar laut yang dilaksanakan oleh perahu deteksi dengan menggunakan *Side Scan Sonar type C-Max* dan yang dilaksanakan oleh KRI Pulau Rengat - 711 dengan menggunakan *Side Scan Sonar Model JW FISHERS 700K*, maka telah ditemukan adanya beberapa obyek-obyek yang menonjol, namun setelah dilaksanakan Tahapan klasifikasi berdasarkan *shape, size, strenght, dan shadow* objek

tersebut tidak diklasifikasikan sebagai kontak yang diduga sebagai benda berbahaya (ranjau).

Berikut hasil *side scan sonar* yang dimaksud.



Gambar 14. Tampilan *Image Side Scan Sonar*



Gambar 15. Tampilan Data *Sub bottom profilers* Area II Target 148

Tampilan *sub bottom profilers* diatas menunjukkan penyusun struktur tanah pada area penelitian area dua pada target nomor 148 dengan kedalaman kolom air sampai 33 m dan garis merah tebal di angka 33 m tersebut merupakan batuan keras atau sedimentasi yang menutupi target namun masih tetap terdeteksi kuat oleh *Magnetometer* dengan nilai magnet sebesar 44760 nT.

5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Berdasarkan aplikasi *Magnetometer* dan *side scan sonar*, karakteristik sebaran anomali yang terdapat di daerah penelitian dengan variasi intensitas magnet regional setiap posisi tidaklah sama. Hal ini menunjukkan adanya variasi material

pembentukan dasar laut yang berbeda pula, sehingga berdasarkan simpangan pada grafik hasil rekaman *Magnetometer Geometric G-822*, anomali target dapat dibedakan dengan nilai kemagnetan regional. Karakteristik sebaran anomali sendiri bersifat acak di area penelitian, dengan nilai intensitas magnet regional pada saat pendeteksian sebesar $\pm 44600 \text{ nT} - 44800 \text{ nT}$, namun masih terdapat pada rentang nilai kemagnetan regional yang ditetapkan oleh BMKG yaitu 44.000-45.000 nT.

2. Pada area penelitian, diprediksi terdapat 37 kontak, namun setelah dilakukan tindakan dengan pelaksanaan rechecking, diindikasikan terdapat dua kontak pada dua posisi di area II pada koordinat $6^{\circ} 42' 47,4636''$ LS, $112^{\circ} 14' 11,5705''$ BT dan $6^{\circ} 42' 35,2466''$ LS, $112^{\circ} 15' 18,6264''$ BT, satu posisi di area III pada koordinat $6^{\circ} 45' 1,494''$ LS, $112^{\circ} 14' 16,272''$ BT namun berdasarkan penampakan pada *imageside scan sonar* telah dipastikan bukan logam berbahaya. Dan seluruh kontak telah dinetralisis dengan dilakukannya peledakkan pada area yang berbahaya, jadi dipastikan peta yang dihasilkan dapat menjamin keselamatan navigasi.

5.2 Saran

1. Berdasarkan peta sebaran anomali yang telah didapatkan terjadi penumpukkan nilai anomali kemagnetan dominan pada area selatan daerah penelitian. Sehingga disarankan untuk melakukan koreksi harian dan memperhatikan keadaan alam sebelum dilakukan pendeteksian nilai magnet pada suatu daerah agar hasil yang didapatkan sesuai dengan yang diharapkan, sehingga menghasilkan peta yang baik pula untuk kedepannya.
2. Untuk penulisan selanjutnya perlu diketahui dengan pasti bagaimana karakteristik kemagnetan yang terdapat di area penelitian, dan pastikan seluruh data yang dibutuhkan tersedia sehingga tidak mengalami kesulitan berarti dalam pengolahan data yang dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

- _____.2013.*Magnet*. Available at: www.id.wikipedia.org. Diakses pada tanggal 12 Maret 2013.
- Arini, Dwi. 2013. *Laporan Survey Operasi Ranjau di Daerah Tuban Jawa Timur*. Laporan Kerja Praktek di Dinas Hidro-Oseanografi TNI AL Jakarta Utara.Program Studi Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang.
- Ashtead-Technology. 2013. *Geometrics G-882SX Marine Magnetometer*. Available at :www.ashtead-Technology.com. Diakses pada tanggal 13 Maret 2013.
- Becker, F, Joseph. 2013. *Magnetic Field*. Available at :www.physics.sjsu.edu. Diakses pada tanggal 6 Maret 2013.
- chesapeaketech. 2013. *SonarWiz 5*. Available at :www.chesapeaketech.com . Diakses pada tanggal 6 Maret 2013.
- Esri. 2009. ArcGIS® 9.3 *geocoding technology*. Available at :www.esri.com. Diakses pada tanggal 6 Maret 2013.
- Fitra, Teguh. 2013. *Pengolahan Data Kemagnetan Bumi (Studi Kasus Pendeteksian ranjau laut menggunakan Magnetometer Cesium G-882SX di Perairan Selat Laut Kota Baru Kalomantan Selatan*. Skripsi. Sekolah Tinggi Teknologi Angkatan Laut Jakarta Utara
- Geom geometrics .2013.*G-882SX Marine Magnetometer*. Available at : www.geom.geometrics.com. diakses pada tanggal 13 Maret 2013.
- Geosoft .2013.*Oasis Montag 8*. Available at : www.geosoft.com. diakses pada tanggal 13 Maret 2013.
- Gunawan, Agustin Wydia, dkk. 2008. *Pedoman Penyajian Karya Ilmiah Edisi 2*. Bogor : Institut Pertanian Bogor Press.

- Indral, Alanda. Edi Sumardi. 2012. *Anomali Magnet dan Gaya Berat Bumi di Daerah Panas Bumi G. Endut*. Available at: www.psdg.bgl.esdm.go.id. Diakses pada tanggal 12 Maret 2013.
- Journel A.G. Ch.J Hiujbregts. 2004. *Mining Geostatistics*. Sandiego : academic Press
- NOAA. 2013. *Magnetic Component*. Available at :www.ngdc.noaa.gov.Diakses pada tanggal 13 Maret 2013.
- NOAA. 2013. *Work System Side Scan Sonar*. Available at :www.oceanservice.noaa.gov. Diakses pada tanggal 16 Maret 2013
- Saputra, Lufti Rangga. 2012. *Identifikasi Nilai Amplitudo Sediman Dasar Laut pada Perairan Dangkal Menggunakan Multibeam Echosounder*.Skripsi.Program Studi Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang.
- Yosi, Mira, dkk. 2013. *Sertifikasi Penyelaman Ilmiah (Scientific Diving) Bidang Keahlian Geologi Kelakutan di Indonesia*. Available at : www.mgi.esdm.go.id. Diakses pada tanggal 16 Maret 2013.