



**BUKU PETUNJUK TEKNIS
METODE PENGOLAHAN CITRA SATELIT RESOLUSI TINGGI
UNTUK PEMBUATAN PETA BATIMETRI (BUKU II)**

JAKARTA, NOVEMBER 2017

KATA PENGANTAR



**Kepala Pusat Hidrografi dan Oseanografi
TNI Angkatan Laut**

Laksamana Muda TNI Harjo Susmoro



Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan rahmat Nya yang telah memberikan kemudahan dalam penyusunan Buku II ini dengan judul “Buku Petunjuk Teknis Metode Pengolahan Citra Satelit Resolusi Tinggi untuk Pembuatan Peta Batimetri (Buku II)”.

Buku ini merupakan kelanjutan dari Buku I tentang “Kajian Pemanfaatan Citra Penginderaan Jauh Resolusi Tinggi Untuk Mendukung Pemetaan Batimetri” yang merupakan Buku Petunjuk Teknis untuk memanfaatkan data citra resolusi tinggi sebagai pelengkap data pada peta batimetri yang sudah ada yang memerlukan identifikasi dan detail informasi yang lebih lengkap. Buku II ini berisi tentang beberapa ulasan teori, tahapan-tahapan dalam proses pengolahan citra satelit resolusi tinggi untuk pemetaan batimetri, serta proses-proses yang terkandung didalamnya. Buku II ini juga membahas aspek teknis hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Pushidrosal bekerjasama dengan pihak LAPAN. Pushidrosal sudah harus memulai melakukan pekerjaan dengan mengkompilasi data citra satelit dengan data survei hidrografi yang diperoleh dari lapangan, yang dikenal dengan istilah *Satellite Derived Bathymetry* (SDB).

Selanjutnya, Buku II ini akan digunakan sebagai referensi dalam pelaksanaan pemrosesan citra satelit resolusi tinggi untuk pembuatan peta batimetri.

Akhir kata, semoga buku ini bermanfaat bagi kemajuan Pushidrosal kedepan dan menjadi pedoman bagi Pushidrosal untuk memanfaatkan teknologi citra satelit dengan menggunakan metode *Satellite Derived Bathymetry* (SDB).

Jakarta, November 2017
Kepala Pushidrosal,

Harjo Susmoro
Laksamana Muda TNI

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR GAMBAR	iii
BAB I PENDAHULUAN	1
1. Umum.....	1
2. Maksud dan Tujuan.....	2
3. Ruang Lingkup.....	2
4. Kedudukan.....	2
5. Dasar.....	2
BAB II DASAR DASAR TEKNIK METODE PENGOLAHAN CITRA SATELIT RESOLUSI TINGGI UNTUK PEMBUATAN PETA BATIMETRI	4
6. Umum.....	4
7. Tujuan.....	4
8. Sasaran.....	4
9. Azas-Azas.....	4
10. Prinsip-Prinsip.....	5
11. Batasan.....	6
12. Sarana.....	7
BAB III PETUNJUK TEKNIS METODE PENGOLAHAN CITRA SATELIT RESOLUSI TINGGI UNTUK PEMBUATAN PETA BATIMETRI	8
13. Umum.....	8
14. Metode Pengolahan Citra Satelit.....	8
15. Tahapan Pengolahan Citra Satelit Resolusi Tinggi Untuk Pemetaan Batimetri.....	14
16. Proses Koreksi Geometrik.....	16
17. Proses <i>Cropping</i> Citra.....	18
18. Proses Ekstraksi Kedalaman Laut.....	18
BAB IV PENUTUP	30

DAFTAR GAMBAR

		Halaman
Gambar 1	Prinsip Penginderaan Jauh Satelit	9
Gambar 2	Grafik Absorpsi Spektrum Cahaya Tampak	11
Gambar 3	Komponen Satelit Batimetri	11
Gambar 4	Proses Buka <i>Image</i> Peta Referensi	16
Gambar 5	Proses Buka <i>Image</i> Citra Satelit	17
Gambar 6	Proses Koreksi Geometrik Citra	17
Gambar 7	Proses <i>Cropping</i> Citra	18
Gambar 8	Proses Menampilkan Citra Perairan Dalam	22
Gambar 9	Proses Menampilkan Citra Perairan Dangkal	22
Gambar 10	Visual Saluran Infra Merah Dekat Citra	23
Gambar 11	Regresi Awal Hasil Ekstraksi	23
Gambar 12	Regresi Kedua Hasil Ekstraksi Kedalaman	24
Gambar 13	Regresi Ketiga Hasil Ekstraksi Kedalaman	24
Gambar 14	Visual Raster Hasil Ekstraksi Kedalaman	24
Gambar 15	Proses Menampilkan Hasil Ekstraksi pada Arc	25
Gambar 16	Proses Membuat <i>File</i> Baru Dengan Format .shp	25
Gambar 17	Proses Menampilkan <i>File</i> Baru	26
Gambar 18	Proses Membuat <i>File</i> TIN dari <i>File</i> Format .shp	26
Gambar 19	Proses Membuat <i>File</i> Raster dari <i>File</i> TIN	27
Gambar 20	Proses Mengekstraksi Poin dari <i>File</i> Raster	27
Gambar 21	Proses Export File Format .shp menjadi File Text	28
Gambar 22	Proses Membuat Tabel Statistik dari <i>File</i> Hasil	29
Gambar 23	Proses Pembuatan Peta Kedalaman	29

BUKU PETUNJUK TEKNIS METODE PENGOLAHAN CITRA SATELIT RESOLUSI TINGGI UNTUK PEMBUATAN PETA BATIMETRI (BUKU II)

BAB I PENDAHULUAN

1. Umum

a. Pada Umumnya sumber data peta laut Indonesia diperoleh dari survei pemeruman menggunakan standar survei yang telah ditentukan IHO, namun dalam hal-hal khusus terutama dalam hal aspek lingkungan, data tersebut dirasakan belum mencakup seluruh informasi di wilayah yang diteliti/survei dalam skala yang lebih rinci. Data kedalaman pada peta batimetri diperoleh dengan cara melakukan pemeruman menggunakan kapal perum gema. Namun demikian, metode tersebut hingga kini terkendala dengan terbatasnya liputan obyek dasar laut (*ground coverage*).

b. Teknologi citra satelit pada saat ini telah banyak membantu dalam pekerjaan pemetaan baik darat maupun laut, terutama karena keunggulannya mampu memangkas biaya dan waktu dalam jumlah yang tidak sedikit. Dalam skala ruang, citra multispektral resolusi tinggi telah memenuhi persyaratan ketelitian yang dibutuhkan dengan kemampuan pixel yang semakin besar. Demikian juga dalam resolusi waktu, kemampuannya frekuensi meliputi area bentang alam di bumi juga semakin tinggi. Beberapa kendala yang biasa ditemui dalam survei laut konvensional laut dangkal menggunakan sekoci perum seperti faktor cuaca, gelombang dan arus, profil dasar laut terumbu karang yang rumit hingga membahayakan sekoci perum sendiri serta keberadaan area survei yang sangat jauh dari wilayah hinterland, teknologi citra multispektral memberikan banyak solusi dan telah banyak dipilih untuk maksud tujuan tersebut.

c. Teknologi penginderaan jauh (*remote sensing*) juga memberikan peluang untuk pemetaan batimetri perairan dangkal (*shallow water depth*) secara efektif dan efisien, terutama untuk daerah yang memiliki tingkat perubahan kedalaman secara cepat. Keuntungan lainnya yaitu dapat dilakukan revisi pemetaan perairan dangkal dengan cepat dan murah, dapat menjangkau daerah yang susah untuk dicapai dengan transportasi darat, menyediakan berbagai macam aplikasi dan metode dalam kegiatan pemetaan bawah air, daerah cakupan data penginderaan jauh yang cukup luas sehingga sangat baik untuk mengetahui apa saja yang terjadi di lingkungan sekitarnya untuk mengetahui keterkaitan antara satu dengan yang lainnya.

d. Pengolahan citra satelit merupakan proses pengolahan dan analisis dari citra satelit. Proses ini memiliki data masukan dan informasi keluaran yang berbentuk citra satelit, yang diolah dengan menggunakan perangkat komputer.

Dalam proses perekaman citra satelit ada banyak faktor yang mempengaruhi kualitas dari citra seperti cuaca, kondisi geografis, posisi satelit dan sebagainya sehingga dibutuhkan proses koreksi terhadap citra satelit sebelum proses analisa untuk mendapatkan kualitas citra satelit yang optimal.

e. Dalam pengolahan citra satelit resolusi tinggi diperlukan metode yang sesuai dengan kondisi perairan di Indonesia. Pushidrosal telah melaksanakan pengolahan citra satelit resolusi tinggi menggunakan *Software R Studio* yang didalamnya sudah terdapat *manualscripts* metode SDB dan telah dilakukan uji lapangan di Perairan Teluk Sabang dan Teluk Ambon dengan hasil cukup baik. Dalam rangka memberikan pedoman pengolahan citra satelit resolusi tinggi untuk pemetaan batimetri di Pushidrosal, perlu disusun Buku Petunjuk Teknis metode pengolahan citra satelit resolusi tinggi untuk pembuatan peta batimetri (Buku II).

2. Maksud dan Tujuan

a. Maksud. Buku Petunjuk Teknis metode pengolahan citra satelit resolusi tinggi untuk pembuatan peta batimetri (Buku II), dimaksudkan sebagai pedoman bagi personel dalam pengolahan SDB dengan metode dan langkah pengolahan yang benar.

b. Tujuan. Tujuan penyusunan Buku Petunjuk Teknis ini agar pengolahan SDB menghasilkan data batimetri yang akurat dengan kedalaman yang maksimal serta dapat dipertanggungjawabkan.

3. Ruang Lingkup. Ruang lingkup Buku Petunjuk Teknis ini meliputi prosedur perolehan sumber data citra satelit, sortasi kualitas data, pengolahan citra dan analisis citra yang disusun dengan tata urut sebagai berikut:

- a. Bab I Pendahuluan
- b. Bab II Dasar-dasar Teknik Metode Pengolahan Citra Satelit Resolusi tinggi Untuk Pembuatan Peta Batimetri.
- c. Bab III Petunjuk Teknis Metode Pengolahan Citra Satelit Resolusi Tinggi Untuk Pembuatan Peta Batimetri.
- d. Bab IV Penutup

4. Kedudukan. Buku Petunjuk Teknis ini mengacu dan berkedudukan di bawah Buku Petunjuk Pelaksanaan Teknis Survei dan Pemetaan Hidrografi dan Oseanografi (PUM-5.127).

5. Dasar.

a. Peraturan Presiden Nomor 62 Tahun 2016 sebagai Perubahan Atas Peraturan Presiden Nomor 10 Tahun 2010 tentang Susunan Organisasi Tentara Nasional Indonesia.

b. Peraturan Panglima TNI Nomor 32 Tahun 2016 tentang Fungsi dan Kedudukan Pushidrosal.

- c. Keputusan Kasal Nomor Kep/07/II/2001 tanggal 23 Februari 2001 tentang Eka Sasana Jaya.
- d. Peraturan Kasal Nomor Perkasal/82/XI/2008 tanggal 7 November 2008 tentang Kewenangan Penandatanganan Tulisan Dinas Tataran Pertama sampai dengan Tataran Ketiga di Lingkungan TNI Angkatan Laut.
- e. Peraturan Kasal Nomor Perkasal/34/IV/2010 tanggal 23 April 2010 tentang Buku petunjuk Administrasi Tata Cara Penyusunan Doktrin dan Buku Petunjuk di Lingkungan TNI Angkatan Laut (PUM-1.01)
- f. Keputusan Kasal Nomor Kep/950/VI/2012 tanggal 28 Juni 2012 tentang Buku Petunjuk Pelaksanaan Penyelenggaraan Operasi Survei Pemetaan Hidrografi dan Oseanografi TNI Angkatan Laut (PUM – 5. 127).

BAB II

DASAR DASAR TEKNIK METODE PENGOLAHAN CITRA SATELIT RESOLUSI TINGGI UNTUK PEMBUATAN PETA BATIMETRI

6. Umum. Pembuatan Buku Petunjuk Teknis metode pengolahan citra satelit resolusi tinggi untuk pembuatan peta batimetri (Buku II) dilaksanakan dalam rangka mendukung pemanfaatan citra penginderaan jauh resolusi tinggi untuk pemetaan batimetri. Dalam pengolahan citra ini, pengolah data citra satelit perlu memahami hal-hal mendasar mengenai pengolahan data citra antara lain pemilihan citra satelit maupun metode yang akan digunakan disesuaikan dengan tujuan pemetaan batimetri, sehingga akan menghasilkan data batimetri dengan kesalahan yang kecil. Agar sasaran pemetaan batimetri menggunakan citra satelit resolusi tinggi dapat menghasilkan data batimetri secara benar dan akurat, perlu diatur tentang tujuan dan sasaran, asas-asas, prinsip-prinsip dan pengorganisasian, serta tugas dari tiap-tiap tahapan pelaksanaan Buku Petunjuk Teknis metode pengolahan citra satelit resolusi tinggi untuk pembuatan peta batimetri (Buku II).

7. Tujuan. Pembuatan Buku Petunjuk Teknis metode pengolahan citra satelit resolusi tinggi untuk pembuatan peta batimetri (Buku II), bertujuan untuk dapat dipakai sebagai pedoman pengolahan citra satelit resolusi tinggi, sehingga pengolahan SDB menghasilkan data batimetri yang akurat dan dapat dipertanggungjawabkan serta dapat menghasilkan kedalaman yang maksimal yang dapat dihasilkan dari citra satelit.

8. Sasaran. Sasaran Pembuatan Buku Petunjuk Teknis metode pengolahan citra satelit resolusi tinggi untuk pembuatan peta batimetri (Buku II), adalah:

- a. Terselenggaranya pengolahan citra satelit resolusi tinggi untuk pembuatan peta batimetri dengan menggunakan metode yang sesuai.
- b. Terselenggaranya pembuatan Buku Petunjuk Teknis metode pengolahan citra satelit resolusi tinggi untuk pembuatan peta batimetri (Buku II),
- c. Terselenggaranya kegiatan pemetaan batimetri dengan pemanfaatan citra satelit resolusi tinggi.
- d. Terselenggaranya pelaksanaan kegiatan operasi TNI Angkatan Laut baik berupa Operasi Militer Perang (OMP) maupun Operasi Militer Selain Perang (OMSP) di Perairan Indonesia.

9. Asas-Asas

- a. Asas Ketelitian. Ketelitian dalam pemetaan batimetri merupakan prasarat mutlak yang harus dikerjakan, termasuk pembuatan peta batimetri dari pengolahan citra satelit. Pemilihan citra satelit, penggunaan metode yang tepat serta pemilihan *software* maupun *hardware* yang sesuai, akan menghasilkan ketelitian dalam pengolahan citra satelit yang baik. Data batimetri hasil pengolahan dari citra satelit yang teliti akan berguna untuk mendukung kekurangan data laut dangkal pada peta laut Indonesia. Dengan terdukungnya data peta laut yang teliti akan mendukung pengguna peta dalam melaksanakan tugasnya.

b. Asas Standarisasi. Didalam metode pengolahan citra satelit resolusi tinggi untuk pembuatan peta batimetri harus memenuhi standar kualitas dan resolusi data yang telah ditentukan oleh *International Hydrographic Organization* (IHO). Standarisasi ini diperlukan agar hasil dari pengolahan citra satelit resolusi tinggi untuk pembuatan peta batimetri data tersebut sama dengan negara lain, sehingga kualitas peta laut Indonesia akan tetap memenuhi standar IHO walaupun nantinya sebagian data kedalamam menggunakan data hasil pengolahan citra satelit resolusi tinggi.

c. Asas Kerja sama. Metode pengolahan citra satelit resolusi tinggi untuk pembuatan peta batimetri merupakan hasil kerja sama, dari berbagai institusi antara lain Lembaga Penerbangan dan Antariksa (LAPAN), perguruan tinggi dan menggunakan berbagai sumber referensi pengolahan citra satelit untuk batimetri yang ada pada saat ini. Dengan selalu berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi di bidang penginderaan jauh, kerja sama di bidang penginderaan jauh untuk batimetri dengan berbagai institusi akan selalu dilaksanakan, untuk memperoleh metoda pengolahan citra yang lebih akurat dari waktu ke waktu.

d. Asas Penggunaan Kekuatan Secara Ekonomis. Pengolahan citra satelit yang benar nantinya akan mengefisienkan pelaksanaan survei batimetri di lapangan. Dengan menggunakan Buku Petunjuk Teknis metode pengolahan citra satelit resolusi tinggi untuk pembuatan peta batimetri diharapkan akan mengefektif dan mengefisienkan kekuatan sumberdaya manusia yang ada yang pada gilirannya akan menjadikan nilai keekonomian meningkat.

e. Asas Perencanaan Sederhana dan Sejajar. Dalam pengolahan citra satelit resolusi tinggi untuk pembuatan peta batimetri, dibutuhkan perencanaan yang baik dari berbagai satker yang ada di Pushidrosal, perencanaan harus dibuat sederhana sehingga mudah di mengerti oleh pelaksana dan satker-satker sejajar lain yang terlibat. Dengan perencanaan sederhana dan sejajar diharapkan akan memperoleh data batimetri yang sesuai dengan kebutuhan.

f. Asas Pemutakhiran. Pembuatan Buku Petunjuk Teknis metode pengolahan citra satelit resolusi tinggi untuk pembuatan peta batimetri harus selalu di perbaharui menyesuaikan dengan perkembangan dan kebutuhan teknologi, sehingga dapat tercapai kecukupan data yang mutakhir dan informatif sesuai dengan kebutuhan.

g. Asas Legalitas. Buku Petunjuk Teknis metode pengolahan citra satelit resolusi tinggi untuk pembuatan peta batimetri (Buku II), merupakan produk Pushidrosal yang disusun untuk memenuhi kebutuhan Pushidrosal sendiri. Produk ini nantinya dapat dijadikan pedoman dalam pengolahan citra satelit resolusi tinggi untuk pembuatan peta batimetri di Pushidrosal.

10. Prinsip-Prinsip

a. Pelaksanaan dan Pengendalian secara mandiri. Pembuatan Buku Petunjuk Teknis metode pengolahan citra satelit resolusi tinggi untuk pembuatan peta batimetri (Buku II), dilaksanakan secara mandiri oleh Pushidrosal dan digunakan untuk kepentingan sendiri oleh Pushidrosal. Dengan diterbitkannya produk

bujuknis Buku Petunjuk Teknis metode pengolahan citra satelit resolusi tinggi untuk pembuatan peta batimetri (Buku II) ini, diharapkan dapat mengendalikan satker-satker yang berkaitan dengan pengolahan citra satelit resolusi tinggi untuk pemetaan batimetri di Pushidrosal.

b. Terkoordinasi. Pembuatan Buku Petunjuk Teknis metode pengolahan citra satelit resolusi tinggi untuk pembuatan peta batimetri (Buku II), dapat dijadikan pedoman satker-satker terkait di Pushidrosal dalam melaksanakan koordinasi, dalam rangka pembuatan peta batimetri dari citra satelit sehingga pelaksanaan pengolahan citra satelit sesuai dengan rencana.

c. Keamanan. Buku Petunjuk Teknis metode pengolahan citra satelit resolusi tinggi untuk pembuatan peta batimetri (Buku II), dapat menjadikan data yang dihasilkan sesuai standar yang diharapkan dan pada gilirannya akan meningkatkan keamanan bernavigasi di laut.

d. Legitimasi. Pembuatan Buku Petunjuk Teknis metode pengolahan citra satelit resolusi tinggi untuk pembuatan peta batimetri (Buku II), didasarkan dari hasil *focus group discussion*, pelatihan dan cek lapangan yang dikerjakan oleh Pushidrosal dan Lapan. Dengan demikian produk Juknis ini secara legitimasi dapat dipertanggungjawabkan.

e. Proposional. Kekuatan personel, teknologi dan peralatan yang digunakan dalam metode pengolahan citra satelit resolusi tinggi untuk pembuatan peta batimetri ditentukan secara sepadan, tidak berlebihan, memiliki standar operasi prosedur yang jelas, agar terhindar dari tindakan diluar batas kewajaran.

11. Batasan

a. Kegiatan. Buku Petunjuk Teknis metode pengolahan citra satelit resolusi tinggi untuk pembuatan peta batimetri (Buku II), meliputi kegiatan mulai dari perencanaan, persiapan, pelaksanaan, pengelolaan, serta verifikasi data, dengan batasan kegiatan sebagai berikut:

- 1) Perencanaan meliputi area yang akan dibuat peta batimetrinya, ketelitian dan metode yang akan digunakan;
- 2) Persiapan meliputi penyiapan data batimetri pada area survei, citra satelit yang akan diolah dan *software* maupun *hardware* yang akan digunakan untuk pengolahan citra;
- 3) Pelaksanaan meliputi tahapan pengolahan citra satelit resolusi tinggi untuk pembuatan peta batimetri; dan
- 4) Verifikasi data meliputi verifikasi hasil data pengolahan citra yang berupa kedalaman dibandingkan dengan standar yang dipersyaratkan.

b. Sifat. Buku Petunjuk Teknis metode pengolahan citra satelit resolusi tinggi untuk pembuatan peta batimetri (Buku II), sifatnya sebagai panduan dalam pengolahan citra satelit dengan menggunakan *software* dan metode yang berkembang pada saat buku ini diterbitkan.

- c. Bentuk. Pelaksanaan pembuatan Buku Petunjuk Teknis metode pengolahan citra satelit resolusi tinggi untuk pembuatan peta batimetri (Buku II), dilaksanakan oleh pokja dengan surat perintah Kapushidrosal.

12. Sarana.

a. Alat Utama

Perangkat keras yang digunakan dalam proses pengolahan pada penelitian ini berupa Komputer Dekstop yang memiliki spesifikasi teknis antara lain: prosesor Intel(R) Core (TM) i7-4790 CPU @3.60GHz, dengan RAM minimal 8 GB hardisk 2 Tera.

b. Alat Pendukung

1) Perangkat Lunak Windows 7 *Ultimate* 64-bit.

Perangkat lunak Windows 7 *Ultimate* merupakan perangkat lunak yang berfungsi sebagai *Operating System* dari Laptop.

2) Perangkat Lunak ER *Mapper* 7.

Perangkat lunak ER *Mapper* 7.0 merupakan perangkat lunak yang berfungsi dalam pengolahan awal citra seperti: koreksi geometrik dan *cropping* citra.

3) Perangkat Lunak R i386 3.2.2 (R Studio).

Perangkat lunak R i386 3.2.2 merupakan perangkat lunak pemrograman matematis yang digunakan dalam pengolahan koreksi radiometrik citra, ekstraksi kedalaman dari citra, regresi, validasi dan kalibrasi kedalaman hasil ekstraksi terhadap kedalaman *insitu* serta menampilkan *raster image* hasil ekstraksi dari citra.

4) Perangkat Lunak Arc GIS 9

Perangkat lunak Arc GIS 9 merupakan perangkat lunak pengolahan Sistem Informasi Geografis yang digunakan dalam mengolah data kedalaman hasil ekstraksi menjadi Tabel Ketelitian dan Peta Kedalaman.

5) Perangkat Lunak MS *Excel*.

Perangkat lunak MS *Excel* merupakan perangkat lunak yang digunakan dalam proses uji akurasi data kedalaman hasil ekstraksi dengan metode statistik dan penggambaran grafik ketelitian dari tiap metode yang digunakan.

6) Perangkat Lunak MS *Word*

Perangkat lunak MS *Word* merupakan perangkat lunak yang digunakan dalam proses penulisan laporan penelitian.

BAB III

PETUNJUK TEKNIS METODE PENGOLAHAN CITRA SATELIT RESOLUSI TINGGI UNTUK PEMBUATAN PETA BATIMETRI

13. Umum. Dewasa ini teknologi penginderaan jauh (*remote sensing*) memberikan peluang untuk pemetaan batimetri secara efektif dan efisien, terutama untuk daerah yang memiliki tingkat perubahan kedalaman secara cepat. Keuntungan lainnya yaitu dapat dilakukan revisi pemetaan perairan dangkal dengan cepat dan murah, peningkatan resolusi spasial menyediakan berbagai macam aplikasi dan metode dalam kegiatan pemetaan bawah air. Daerah cakupan data penginderaan jauh cukup luas akan menjadikan pemanfaatan citra satelit untuk pemetaan batimetri dapat berjalan lebih cepat dan mudah. Namun sampai saat ini pengolahan citra satelit untuk pemetaan batimetri belum menemukan metode yang sesuai secara universal berlaku di seluruh perairan di dunia, sehingga perlu dipilih metode yang sesuai dengan karakteristik perairan di Indonesia. Salah satu cara untuk mengekstraksi kedalaman laut adalah dengan metode *Satellite Batimetry* (SDB). SDB dikembangkan pada akhir tahun 1970 an, namun seiring dengan perkembangan teknologi satelit seperti peningkatan resolusi dan band-band multi spectralnya, telah berhasil menaikkan potensinya sebagai salah satu sumber data hidrografi.

Beberapa metode pengolahan citra satelit resolusi tinggi telah diujicobakan oleh Pushidros dan Lapan dengan hasil ketelitian yang berbeda beda. Dalam rangka mendapatkan hasil yang baik, pengolahan citra satelit resolusi tinggi untuk pembuatan peta batimetri, diperlukan beberapa aspek yang harus dipenuhi. Selain menggunakan metode yang sesuai, pengolahan data citra satelit memerlukan tahapan-tahapan yang dimulai dari perencanaan, persiapan, pelaksanaan pengolahan dan verifikasi data hasil pengolahan.

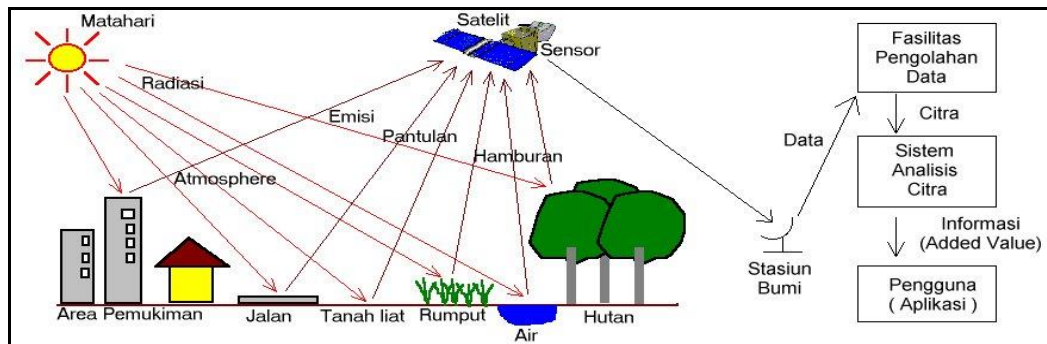
14. Metode Pengolahan Citra Satelit.

a. Dasar Teori.

1) Penginderaan Jauh. Penginderaan jauh atau disebut dengan *Remote Sensing* merupakan ilmu dan seni untuk memperoleh informasi tentang suatu objek, daerah atau fenomena melalui analisis data yang diperoleh dengan suatu alat tanpa kontak langsung dengan objek, daerah atau fenomena tersebut (Lillesand et al., 2007). Teknologi penginderaan jauh berkembang dan berawal dari penginderaan jauh fotografik atau fotogrametri. Sebelum Tahun 1960 penginderaan jauh fotografik dikenal dengan istilah foto udara (Sutanto, 1986) . Konsep dasar penginderaan jauh terdiri atas beberapa elemen atau komponen, meliputi sumber tenaga, atmosfer, interaksi tenaga dengan obyek di permukaan bumi, sensor, system pengolahan data, dan berbagai penggunaan data.

Teknik penginderaan jauh dilaksanakan dengan cara memotret permukaan bumi dengan alat yang disebut sensor. Sensor dipasang di sebuah wahana yang berada di angkasa dalam hal ini adalah satelit dengan ketinggian tertentu dari permukaan bumi. Prinsip penginderaan jauh sesungguhnya seperti prinsip bagaimana mata melihat suatu benda.

Ketika benda menerima energi cahaya dari matahari dengan panjang gelombang tertentu, benda tersebut ada yang bersifat menyerap energi, ada yang memantulkan energi dan ada pula yang menghamburkan energi. Energi yang terpantul dari benda kemudian ditangkap oleh mata, kemudian mata merekam dan mengirimkan informasi tentang benda tersebut ke dalam otak kemudian diolah dan didistribusikan informasi tersebut ke seluruh tubuh. Begitu juga yang terjadi pada perekam yang ada di wahana satelit, data yang diperoleh kemudian disimpan dalam bentuk digital dan dikirim ke stasiun yang ada di Bumi. Data tersebut kemudian diolah di fasilitas laboratorium pengolahan data (Gambar 1).



(Sumber : Sutanto, 1994)

Gambar 1. Prinsip Penginderaan Jauh Satelit

Data yang telah diolah berupa citra satelit kemudian dianalisa oleh sistem analisa citra pada akhirnya didistribusikan kepada *user* sebagai informasi citra satelit yang siap untuk digunakan sesuai dengan kebutuhan penggunaanya.

2) Citra Satelit. Citra satelit merupakan gambaran kenampakan permukaan bumi hasil penginderaan jauh *spectrum electromagnetic* tertentu yang ditayangkan pada layar atau disimpan pada rekam atau cetak. Masukan data atau hasil observasi dari pemotretan atau perekaman dalam proses penginderaan jauh melalui wahana satelit ruang angkasa.

Citra satelit yang dihasilkan memerlukan proses interpretasi atau penafsiran terlebih dahulu dalam pemanfaatannya. Agar dapat dimanfaatkan, citra satelit dibagi dalam beberapa resolusi.

a) **Resolusi Spektral.** Resolusi spektral merupakan interval panjang gelombang khusus pada spektrum elektromagnetik yang direkam oleh sensor (*Red, Green, Blue, Infra Red, Thermal Infra Red dan Microwave*). Semakin sempit lebar interval spektrum elektromagnetik, maka resolusi spektral akan menjadi semakin tinggi. Resolusi spektral menunjukkan kerincian panjang gelombang (λ) yang digunakan dalam perekaman obyek dengan menunjukkan lebar kisaran dari masing-masing band spektral yang diukur oleh sensor. Sehingga dapat digunakan dalam mengenali obyek.

b) **Resolusi Spasial.** Resolusi spasial merupakan ukuran terkecil dari obyek yang dapat direkam oleh suatu sistem sensor. Dengan kerincian informasi yang dapat disajikan dibedakan, dan dikenali pada citra dengan ukuran yang bisa ditentukan. Semakin

kecil ukuran objek yang dapat direkam, semakin baik resolusi spasialnya.

c) Resolusi Temporal. Resolusi Temporal merupakan interval waktu yang dibutuhkan oleh satelit untuk merekam areal yang sama (revisit), atau waktu yang dibutuhkan oleh satelit untuk menyelesaikan seluruh siklus orbitnya. Pertimbangan resolusi ini menjadi penting ketika penginderaan jauh dibutuhkan dalam rangka pemantauan dan atau deteksi obyek permukaan bumi yang relatif dinamis dan terkait dengan variasi musim (waktu).

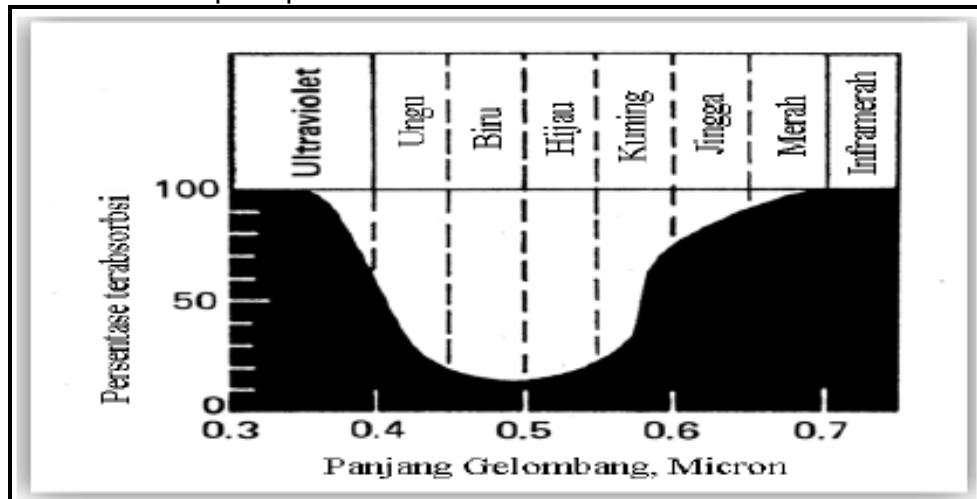
d) Resolusi radiometrik. Merupakan ukuran sensitivitas sistem sensor untuk membedakan aliran radiasi yang dipantulkan atau diemisikan suatu objek oleh permukaan bumi. Ukuran sensitivitas sensor ini dikaitkan dengan kemampuan coding (*digital coding*), yaitu mengubah intensitas pantulan atau pancaran spektral menjadi angka digital dan dinyatakan dalam bit. Angka digital akan mempengaruhi tingkat keabuan yang bisa ditampilkan dilayar monitor. Data digital dengan 1 bit hanya memiliki 2 tingkat keabuan yaitu putih dan hitam, sementara data digital 8 bit memiliki 255 tingkat keabuan mulai dari hitam sampai putih.

b. Metode Pengolahan Citra Satelit untuk Batimetri. Ekstraksi kedalaman laut merupakan tahapan proses penurunan informasi kedalaman laut dari citra penginderaan jauh dengan memanfaatkan setiap nilai pantulan piksel citra dari masing-masing saluran tampak pada citra tersebut. Dalam mengestimasi kedalaman laut menggunakan data citra satelit dapat dilaksanakan dengan menggunakan berbagai model salah satunya adalah model SDB (*Satellite Derived Batimetry*) yang dikembangkan oleh Kanno et al. (2011).

SDB adalah suatu metode survei batimetri menggunakan model analitik penetrasi cahaya pada band cahaya tampak yang melalui badan air dari rekaman satelit hiperspektrometer. Model ini merupakan model yang dikembangkan dari metode Lyzenga 2006 dan kemudian dikemas dalam perangkat lunak pengolahan yang dijalankan dengan script yang ditulis pada perangkat lunak pemrograman R i1386 3.2.2. Di dalam model SDB sendiri terdapat lima metode berbeda antara lain LYZ (lyzenga 2006), KNW (penyeragaman asumsi kondisi citra pada medan air maupun atmosfer), SMP (SeMiParametric regression), STR (Spatial Trend) dan TNP (kombinasi dari tiga metode terakhir terhadap metode Lyzenga yang dijalankan secara bersamaan kemudian ditentukan korelasi tertinggi dari beberapa metode tersebut terhadap nilai kedalaman yang akan memproses citra hingga selesai dan menghasilkan data kedalaman laut.

1) Metode LYZ. Metode ini sudah umum digunakan pada teknologi penginderaan jauh satelit dimana prinsip perambatan gelombang cahaya di dalam air mengalami peristiwa berkurangnya intensitas cahaya seiring dengan meningkatnya kedalaman. Proses ini dikenal sebagai atenuasi dan merupakan fenomena yang selalu terjadi pada data penginderaan jauh di lingkungan perairan. Tingkat atenuasi berbeda untuk setiap panjang gelombang dalam spektrum radiasi elektromagnetik. Dalam daerah cahaya

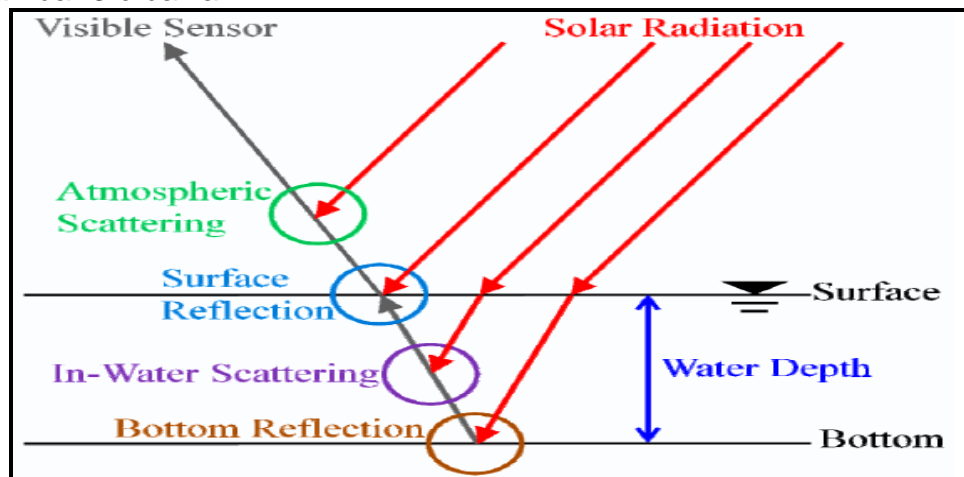
sinar tampak, bagian spektrum merah teratenuasi lebih cepat daripada spektrum biru seperti pada Gambar 2.



(Sumber : Green et al. (2000))

Gambar 2. Grafik Absorpsi Spektrum Cahaya Tampak

Di dalam prinsip ekstraksi kedalaman laut dangkal dengan citra satelit, terdapat empat komponen pokok yaitu: *path radiance* (komponen *atmospheric scattering*), komponen *surface reflection*, komponen *in-water volume scattering*, dan komponen *bottom reflection* seperti tersaji dalam gambar 3 dibawah ini:



(Sumber : Kanno et al. (2011)).

Gambar 3. Komponen Satelit Batimetri

Komponen *Bottom reflection* merupakan komponen utama yang digunakan sebagai nilai dalam menghasilkan kedalaman laut, sedangkan tiga komponen lainnya sebagai komponen residu atau noise yang perlu dihilangkan atau dicari nilainya untuk mengoreksi nilai spektral dari citra yang diterima oleh satelit pengindera. Sehingga dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$L(\lambda) = \{V + (B - V) \exp(-kh)\} TE + S + A \quad (\text{Persamaan 3-1})$$

Dimana:

$L(\lambda)$ = Spektral radiance dari panjang gelombang sinar tampak.

V = Nilai bias air (*in water scattering*).

B = Nilai reflektan dasar laut (*Bottom reflectan*).
 k = Nilai koefisien atenuasi.
 h = Nilai kedalaman insitu (*Insitu depth*).
 T = Nilai transmisi pada atmosfer dan permukaan air.
 E = Nilai transmisi kebawah (*downwelling irradiance atmosfere*).
 S = Nilai Pantulan permukaan air (*Surface reflection*).
 A = Nilai *Atmosferik Scatering*.

Pada teori Lyzenga 2006 memasukan nilai saluran NIR (*Near Infra Red*) sebagai nilai untuk mengkoreksi nilai piksel pada saluran Biru, Hijau dan Merah karena pada saluran NIR dianggap seluruhnya terabsorbsi oleh air sehingga nilai saluran NIR digunakan sebagai pengganti nilai piksel pada perairan laut dalam yang dianggap seluruhnya sebagai *noise* kemudian dirumuskan sebagai berikut:

$$L^{\infty}(\lambda) = V TE + S + A = \alpha_0 + \alpha_1 L(\lambda_{NR})$$

(Persamaan 3-2)

Dimana:

$L^{\infty}(\lambda)$ = Spektral radiance dari panjang gelombang NIR.
 α_0 = Nilai konstanta pada saluran tampak.
 $\alpha_1 L(\lambda_{NR})$ = Nilai konstanta pada saluran NIR.

Ketika rumus persamaan 3.2 disubstitusikan ke dalam rumus persamaan 3.1 dan dimasukan ke dalam nilai kuantitas X maka dirumuskan sebagai berikut:

$$X(\lambda) = \log\{L(\lambda) - \alpha_0 - \alpha_1 L(\lambda_{NR})\} = -kh + \log\{(B - V)TE\} \quad (\text{Persamaan 3-3})$$

$$X = (1 \ X1 \ \dots \ XM)$$

$$k = (0 \ k1 \ \dots \ kM)$$

$$C = (1 \ \log\{(B1 - V1)T1E1\} \ \dots \ \log\{(BM - VM)TMEM\})$$

$$X = -hk + C$$

Pada metode Lyzenga nilai kedalaman absolut dirumuskan sebagai berikut:

$$\hat{h} = X\beta \quad (\text{Persamaan 3-4})$$

Dimana:

$$\beta = M+1$$

M = Nomor dari saluran tampak.

β = Nilai dimensi dari vektor kolom.

2). Metode KNW. Pada model ini menggunakan prinsip Lyzenga 2006 yang kemudian ditambahkan koreksi terhadap error yang terdapat pada atmosfer dan kolom air. Kemudian prosesnya diparsial secara paralel dengan 3 proses pada masing-masing saluran tampak. Seperti dirumuskan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
X &= \log\{L(\lambda) - \alpha_0 - \alpha_1 L(\lambda NR)\} \\
&= \log\{L(\lambda) - (\hat{\alpha}_0 - \epsilon_2) - (\hat{\alpha}_1 - \epsilon_3)L(\lambda NR)\} \\
&= \bar{X} + \log[1 + \{\epsilon_2 + \epsilon_3 L(\lambda NR)\} \exp^{-1} \bar{X}] \\
&= \bar{X} + \epsilon_2 \exp^{-1} \bar{X} + \epsilon_3 L(\lambda NR) \exp^{-1} \bar{X}
\end{aligned} \tag{Persamaan 3-5}$$

Dimana:

$$\bar{Y} = \exp^{-1} \bar{X} \text{ dan } \bar{Z} = L(\lambda NR) \exp^{-1} \bar{X}$$

Sehingga dapat dirumuskan kedalam satu persamaan vector berikut:

$$X' = (1 \ \bar{X}_1 \ \dots \ \bar{X}_M, \bar{Y}_1 \ \dots \ \bar{Y}_M, \bar{Z}_1 \ \dots \ \bar{Z}_M) \tag{Persamaan 3-6}$$

dan rumus Lyzenga untuk persamaan tersebut menjadi:

$$\hat{h} = X'\beta' \tag{Persamaan 3-7}$$

3). Metode SMP

Pada metode ini menggunakan parameter BI (*Bottom Index*) untuk menghitung regresi nilai digital dari setiap saluran tampak dengan jenis dasar perairan. Seperti tertuang dalam rumus berikut:

$$BI_m = X_m - \cos \frac{km}{km+1} X_m + 1 (m = 1, 2, \dots, M - 1) \tag{Persamaan 3-8}$$

dan bila disubstitusikan rumus persamaan 3-4 kedalam rumus tersebut hasil yang didapat adalah rumus persamaan berikut:

$$E(h) = -\frac{xl}{kl} s(BI_1, \dots, BIM - 1) (l = 1, 2, \dots, M) \tag{Persamaan 3-9}$$

Dimana:

l = nilai dari tiap band tampak.

s = fungsi *smooth nonparametric*.

4) Metode STR. Pada metode ini dikembangkan dari rumus persamaan 3-7 dengan memasukan faktor error pada koordinat spasial dari nilai digital citra. Seperti pada rumus persamaan berikut:

$$\epsilon_1 = t(z) + \epsilon_1' \tag{Persamaan 3-10}$$

$$h = X\beta + \epsilon_1 \tag{Persamaan 3-11}$$

Dimana :

$t(z)$ = fungsi smooth nonparametric koordinat vector 2 dimensi.

5). Metode TNP. Pada metode ini menggabungkan tiga metode terakhir yaitu KNW, SMP dan STR menjadi satu. Sehingga didapat rumus persamaan berikut:

$$E(h) = -\frac{\bar{X}_l}{k_l} + \bar{Y}_l + \bar{Z}_l + s(BI_1, \dots, BIM - 1) + T(z) \tag{Persamaan 3-12}$$

15. Tahapan Pengolahan Citra Satelit Resolusi Tinggi Untuk Pemetaan Batimetri.

a. Tahap Perencanaan. Perencanaan merupakan salah satu yang menentukan dalam segala kegiatan, sehingga dalam pelaksanaan kegiatan pengolahan citra resolusi tinggi untuk pemetaan batimetripun kita perlukan perencanaan yang matang. Beberapa hal yang harus diketahui dalam perencanaan pengolahan citra satelit resolusi tinggi untuk batimetri adalah:

- 1) Daerah/wilayah yang akan dibuat peta batimetrinya. Daerah yang dibuat peta batimetrinya perlu diketahui untuk mendapatkan citra yang tersedia dan untuk mendapatkan data-data yang tersedia di daerah yang akan dibuat petanya. Disamping daerah, perlu juga diketahui luas area yang akan dibuat peta batimetrinya.
- 2) Tujuan pembuatan peta batimetri. Standar ketelitian peta batimetri tergantung dari tujuan peta yang akan di buat. Peta pelabuhan dengan skala besar dibutuhkan standar ketelitian lebih baik dari peta alur pelayaran biasa dengan skala yang lebih kecil. Dengan diketahuinya tujuan pembuatan peta batimetri
- 3) Dukungan data awal. Dukungan awal yang dimaksud adalah budget anggaran yang disediakan untuk kegiatan pembuatan peta harus di ketahui. Hal ini sangat berhubungan dengan seberapa luas area yang akan dibuat petanya dihubungkan dengan biaya untuk uji lapangan ataupun keperluan untuk mendapatkan data *sampling* batimetri yang dibutuhkan.

b. Tahap Persiapan.

- 1) Penyiapan Data Batimetri. Pengolahan data citra satelit resolusi tinggi untuk pemetaan batimetri memerlukan sampel data batimetri (data kedalaman air) yang diambil untuk mewakili area survei. Besarnya kebutuhan sampel data tergantung dari luas area, kompleksitas kondisi perairan serta faktor-faktor lingkungan yang mempengaruhi kekeruhan perairan. Data sampel kedalaman ini dimasukkan dalam pengolahan sebagai perhitungan dengan dasar dari korelasi warna citra satelit dengan kedalaman air.
- 2) Penyiapan Citra Satelit. Di Indonesia penyediaan citra satelit merupakan tugas dan tanggung jawab Lapan. Ketersediaan citra satelit suatu daerah yang dapat diolah tergantung dari beberapa faktor antara lain tutupan awan pada citra di daerah yang akan dibuat petanya, ketersediaan jenis citra satelit resolusi tinggi (*spot*, *world view*, dll) yang tersedia di Lapan dan waktu pencitraan masih dapat diterima sebagai data terkini.
- 3) Penyiapan *Hardware*. Dalam pengolahan data citra satelit dibutuhkan computer dengan spesifikasi tinggi minimal menggunakan computer dengan RAM 8 giga dengan prosesor Core i-7 serta menggunakan layar monitor yang lebar minimal 17 inch.

4) Penyiapan perangkat lunak (*software*). Dalam pengolahan citra satelit untuk pemetaan batimetri diperlukan perangkat lunak yaitu :

a) Perangkat Lunak *Windows 7 Ultimate*.

Perangkat lunak *Windows 7 Ultimate* merupakan perangkat lunak yang berfungsi sebagai *Operating System* dari Laptop.

b) Perangkat Lunak *ER Mapper 7*.

Perangkat lunak *ER Mapper 7.0* merupakan perangkat lunak yang berfungsi dalam pengolahan awal citra seperti: koreksi geometrik dan *cropping* citra.

c) Perangkat Lunak *R i386 3.2.2 (R Studio)*.

Perangkat lunak *R i386 3.2.2* merupakan perangkat lunak pemrograman matematis yang digunakan dalam pengolahan koreksi radiometrik citra, ekstraksi kedalaman dari citra, regresi, validasi dan kalibrasi kedalaman hasil ekstraksi terhadap kedalaman *insitu* serta menampilkan *raster image* hasil ekstraksi dari citra.

d) Perangkat Lunak *Arc GIS 9*

Perangkat lunak *Arc GIS 9* merupakan perangkat lunak pengolahan Sistem Informasi Geografis yang digunakan dalam mengolah data kedalaman hasil ekstraksi menjadi Tabel Ketelitian dan Peta Kedalaman.

e) Perangkat Lunak *MS Excel*.

Perangkat lunak *MS Excel* merupakan perangkat lunak yang digunakan dalam proses uji akurasi data kedalaman hasil ekstraksi dengan metode statistik dan penggambaran grafik ketelitian dari tiap metode yang digunakan.

f) Perangkat Lunak *MS Word*

Perangkat lunak *MS Word* merupakan perangkat lunak yang digunakan dalam proses penulisan laporan penelitian.

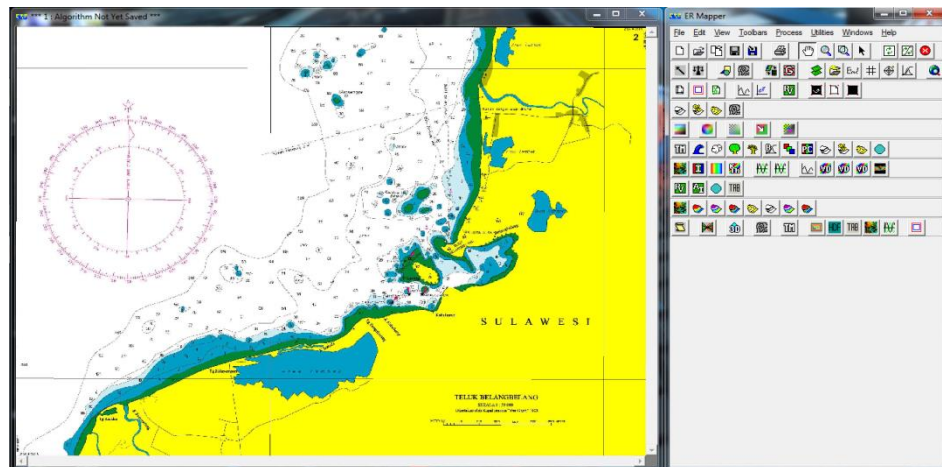
c. Tahap Pelaksanaan. Pelaksanaan pengolahan citra satelit resolusi tinggi untuk pemetaan batimetri memerlukan beberapa tahapan yang dikerjakan secara berurutan dengan metode pengolahan yang telah kita kaji sebelumnya. Metode pengolahan citra satelit untuk pemetaan batimetri yang digunakan pada Bujuknik ini menggunakan metode TNP Kanno. Metode ini merupakan hasil kajian dan pembuktian yang telah dilaksanakan oleh Pushidrosal dan Lapan yang secara institusi bertanggung jawab dalam pengembangan SDB.

Untuk mendapatkan data kedalaman laut hasil ekstraksi yang diturunkan dari citra satelit diperlukan langkah-langkah seperti: proses koreksi geometrik, *cropping* citra, proses ekstraksi kedalaman dengan model SDB yang dikembangkan Kanno et al (2011), proses validasi data hasil ekstraksi terhadap data insitu dan proses penggambaran ke dalam peta kedalaman.

16. Proses Koreksi Geometrik

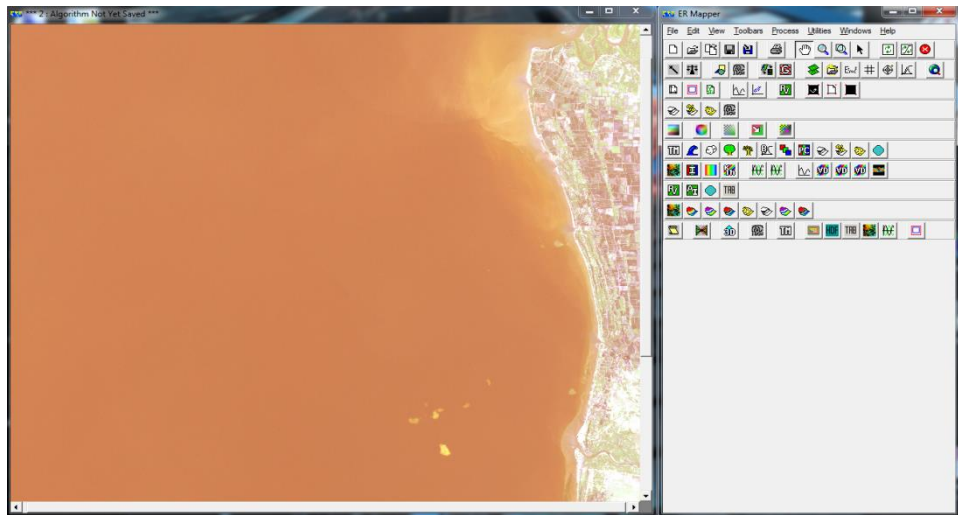
Koreksi geometrik dilaksanakan sebelum proses-proses berikutnya agar data kedalaman hasil ekstraksi dapat sesuai dengan posisi koordinat sesungguhnya. Berikut tahapan yang dilakukan dalam proses koreksi geometrik dengan menggunakan metode GCP (*Ground Control Point*) yang diambil dari peta laut Dishidros Nomor 175 skala 1:50.000 :

- a. Buka perangkat lunak *ER Mapper*, pilih menu *File* kemudian *Open File* selanjutnya pilih *file* peta Mamuju “1752012.tif”, sehingga akan tampil *image* dari peta yang akan dijadikan sebagai referensi titik kontrol. Seperti tertera pada Gambar 4.

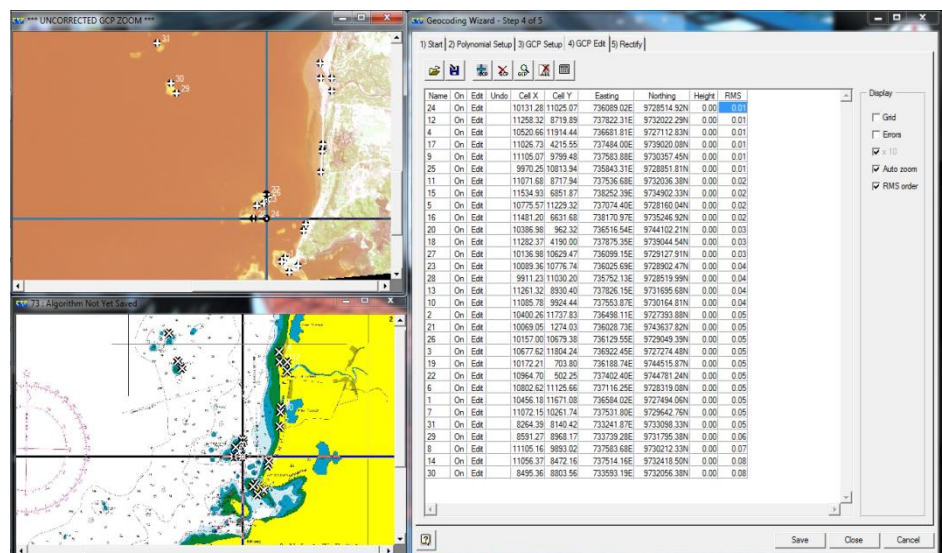


Gambar 4. Proses Buka *Image* Peta Referensi

- b. Buka menu *File New* dan *Open File* pilih *file image* citra satelit “IMG_SPOT7_MS_201507040153280_ORT_SPOT7_20150704_0725351mt45qicweidg_1_R3C2.jp2” Seperti tertera pada Gambar 5.

Gambar 5. Proses Buka *Image* Citra Satelit

c. Klik pada menu *Process* kemudian pilih *Geocoding Wizard*, maka akan tampil jendela *Geocoding Wizard* yang terdiri dari 5 *step*. Pada *step 1 (Start)* masukan *file image* citra yang akan diproses “IMG_SPOT7_MS_201507040153280_OR_T_SPOT7_20150704_0725351mt45qicweidg_1_R3C2.jp2” dan pilih *polynomial*, kemudian pada *step 2 (Polynomial Setup)* pilih *linier*, pada *step 3 (GCP Setup)* pilih *Geocode Image, vector or algorithm* setelah itu masukan *file image* peta referensi “1752012.tif”. Pada *step 4 (GCP Edit)* akan tampil *image* baik peta referensi maupun *image* citra yang akan diolah. Maka isi kolom *GCP* dan sesuaikan posisi visual obyek yang ada di *image* citra dengan obyek yang sama dengan posisi di peta seperti Gambar 6 berikut:

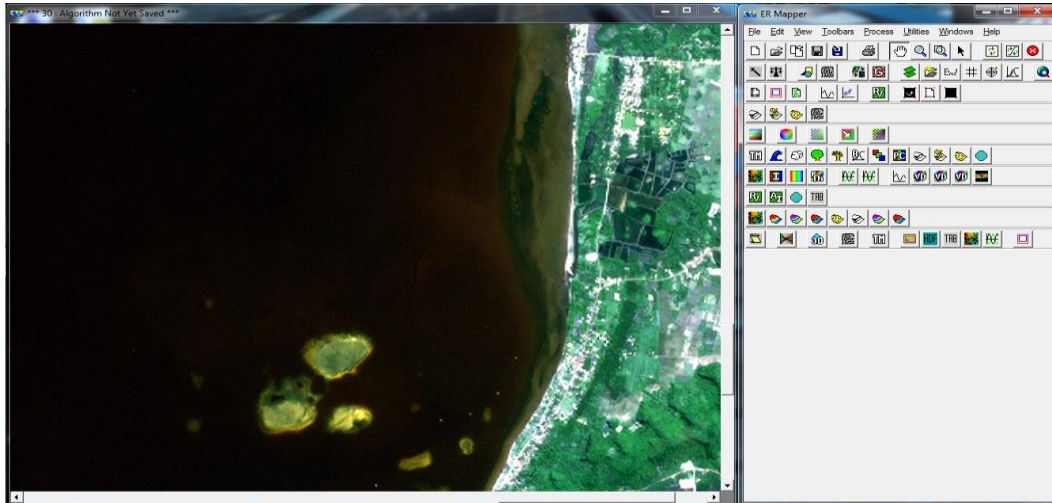


Gambar 6. Proses Koreksi Geometrik Citra

Untuk *Step 5 (Rectify)* berisi pengaturan nama *file* dan format *file* keluaran dari hasil koreksi geometrik yang dilaksanakan. Maka bila rangkaian kelima langkah sudah selesai maka *file* keluaran telah terkoreksi geometrik dan *file* tersebut sudah dapat digunakan untuk proses pengolahan berikutnya.

17. Proses *Cropping* Citra

Proses *cropping* citra dilaksanakan setelah proses koreksi geometrik agar citra yang dihasilkan menjadi simetris dan tidak perlu dilakukan *cropping* ulang. Langkah yang dapat dilaksanakan sebagai berikut : Pada *ER Mapper* 7.0 buka *file* baru, kemudian buka *file* citra yang telah terkoreksi geometrik. Kemudian pilih *icon* menu *Zoom Box Tool* dan blok pada area yang akan dilaksanakan ekstraksi kedalaman laut. Maka *image* citra yang akan tampil hanya area yang telah dipilih seperti terdapat pada Gambar 7.



Gambar 7. Proses *Cropping* Citra

Setelah *image* citra tampil sesuai area yang akan dilaksanakan ekstraksi, lalu simpan *file image* citra tersebut dengan membuka *file* kemudian *Save As* dan pilih penyimpanan *file* di dalam *folder* Spot7img yang telah disiapkan serta format *file* yang akan disimpan tersebut menjadi "geometric4.tif". Maka bila tahapan penyimpanan selesai dilaksanakan maka *file* yang tersimpan tersebut sudah sesuai area yang dipilih dan siap untuk dilaksanakan proses selanjutnya.

18. Proses Ekstraksi Kedalaman Laut

Proses ini merupakan tahapan utama dari seluruh rangkaian yang di dalamnya terdapat proses pengolahan citra dengan model SDB antara lain : koreksi radiometrik, analisis setiap pixel citra satelit, validasi citra terhadap data pengukuran lapangan, kalibrasi nilai pixel citra, analisis metode terbaik, penggambaran visual raster kedalaman dan ekstraksi akhir kedalaman dari citra satelit. Berikut langkah-langkah yang dilaksanakan:

- a. Buka perangkat lunak R, kemudian masukkan script sebagai berikut :

```
#script untuk bathymetry koefisien khusus
rm(list=ls())
cat("\014") #clear console

require(raster)
require(randomForest)
require(rgdal)

#setting dir
```

```

setwd ("C:/WS_3/MANSUAR/Misuar_Free_cloud") #perlu di setting

#Output setting
date      <- 20171008
Site      <- "mansuar"

#setting sesuai dengan citra yang di olah
file.img<-"C:/WS_3/MANSUAR/Misuar_Free_cloud/mansuar_crop_201703170118050.tif"
file.depth <-"C:/WS_3/MANSUAR/Misuar_Free_cloud/mansuar.csv"

#baca data
image <- brick(readGDAL(file.img))
depth <- read.csv(file= file.depth,head=TRUE,sep=",")
plot(image)

#area laut dalam
batas.xy <-c(130.7085,130.7099,-0.5797,-0.5785)#c(xmin,xmax,ymin,ymax)

#sistem koordinat data kedalaman
proj.geo <- "+proj=utm +zone=52 +south +datum=WGS84"

#Setting untuk analisis
ratio.Mreg <- 0.5

##informasi waktu perekaman dan data atribut citra
vct.nyear  <- 2017
vct.nmonth <- 03
vct.day    <- 17
vct.UT     <- 1 + (18/60) + (5/3600)
vct.sun.elv <- 55.5359654812 #degree
vct.sat.elv <- 7.8 #degree

#informasi
gain.band1      <- 9.25
gain.band2      <- 10.34
gain.band3      <- 13.88
gain.band4      <- 7.84
sunirradiance.band1 <- 1826.087443
sunirradiance.band2 <- 1540.494123
sunirradiance.band3 <- 1094.747446
sunirradiance.band4 <- 1982.671954

##step 1 menghitung Julian Date
if(vct.nmonth <= 2 ){
  year = vct.nyear - 1
  month = vct.nmonth + 12 } else {
  year = vct.nyear
  month = vct.nmonth }

JD <- as.integer(362.25 * (year + 4716)) + as.integer(30.6001 * (month +
1))+vct.day+(vct.UT/24)+(2as.integer(year/100)+as.integer((as.integer(year/100)
)/4))-1524.5dES<-1.0014- 0.01671*cos(((357.529 + 0.98560028 * (JD -
2451545))*pi/180))-0.00014*cos(2* ((357.529 + 0.98560028 * (JD -
2451545))*pi/180)) Ts <- cos ((90 - vct.sun.elv) * pi / 180)

#step 2 konfersi DN ke Radiance
image.radiance <- addLayer((raster(image,layer=1) / gain.band1),
                           (raster(image,layer=2) / gain.band2),
                           (raster(image,layer=3) / gain.band3),
                           (raster(image,layer=4) / gain.band4))

img.reflectance <- addLayer
((raster(image.radiance,layer=1)*(dES^2)*pi)/(sunirradiance.band1*ts),
(raster(image.radiance,layer=2)*(dES^2)*pi)/(sunirradiance.band2*ts),
(raster(image.radiance,layer=3)*(dES^2)*pi)/(sunirradiance.band3* ts),
(raster(image.radiance,layer=4)*(dES^2)*pi)/(sunirradiance.band4*ts))

##Step3 pemilihan area laut dalam untuk #Koreksi Atmospheric
batas.laut.dalam <- extent(batas.xy) #fungsi untuk memberitau batas area
img.laut.dalam <- crop(x=img.reflectance, y=batas.laut.dalam) # x adalah
citra yang mau dicrop, y adalah area batas laut dalam
plot(img.laut.dalam)
#menampilkan citra perband bukan RGB
df.laut.dalam <- as.data.frame(img.laut.dalam) #mengubah data raster menjadi
tabular
colnames(df.laut.dalam) <- c("band1", "band2", "band3", "band4")

##Step4 regressi linear antara saluran tampak dan NIR untuk "area laut dalam"

```



```

#lm adalah fungsi linear regression
LReg.ld.b1 <- lm(formula=band1~band4, data=df.laut.dalam)
LReg.ld.b2 <- lm(formula=band2~band4, data=df.laut.dalam)
LReg.ld.b3 <- lm(formula=band3~band4, data=df.laut.dalam)

##Step 5 koreksi atmoshere dan permukaan Lyzenga 2006
img.ref.sur <- addLayer
(raster(img.reflectance,layer=1)-LReg.ld.b1$coef[1]-
(LReg.ld.b1$coef[2]*raster(img.reflectance,layer=4))),
raster(img.reflectance,layer=2)-LReg.ld.b2$coef[1]-      (LReg.ld.b2$coef[2]      *
raster(img.reflectance,layer=4))),
raster(img.reflectance,layer=3) - LReg.ld.b3$coef[1] - (LReg.ld.b3$coef[2] *
raster(img.reflectance,layer=4)))
plot(img.ref.sur)

##step6 menglinierkan efek eksponensial kedalaman img.x <- log(img.ref.sur)

####-----TAHAP PREPROCESSING SELESAI-----####

#Persiapan data lapangan
#survey data recordinate and save as shapefile
coordinates(depth) <- c("x", "y")
proj4string(depth) <- proj.geo
depth <- spTransform(depth, CRS(image@crs@projargs))
SP.depth <- SpatialPoints(depth) #save as spatial point
df.depth <- data.frame(depth) #convert again to table

#mengextrak data pixel yang di ketahui nilai kedalamannya
df.extract.img.suf.depth <- as.data.frame(extract(img.x, SP.depth,
method='bilinear'))
df.extract.img.ref.depth<as.data.frame(extract(img.reflectance,SP.depth,method=
'bilinear'))
df.extract.depth <-cbind(df.depth[,3:4], df.extract.img.ref.depth,
df.extract.img.suf.depth,(df.depth[,2]))colnames(df.extract.depth) <- c("x",
"y", "band1", "band2", "band3", "band4", "x1.06", "x2.06", "x3.06", "depth")

#remove and average the duplicate value
df.a<-aggregate(cbind(depth,x,y)~band1+band2+band3+band4+x1.06+x2.06+x3.06,
df.extract.depth,mean)
summary(df.a)
df.extract.depth <- cbind(df.a[,9:10],df.a[,1:7],df.a[,8])
colnames(df.extract.depth) <- c("x", "y", "band1", "band2", "band3", "band4",
"x1.06", "x2.06", "x3.06", "depth")

#analisis estimasi kedalaman
#1.data preparation
df.input <- na.omit(df.extract.depth)
df.input <- subset(df.input, depth <= 20)
vct.sample <- as.integer(ratio.Mreg * nrow(df.input))
df.image <- cbind(as.data.frame(img.reflectance, xy=TRUE),
as.data.frame(img.ref.sur, xy=TRUE))
df.image <- df.image[,-7:-8]
colnames(df.image) <- c("x","y","band1", "band2", "band3", "band4","x1.06",
"x2.06", "x3.06")

#2.membagi data menjadi data untuk membuat model (training) dan test akurasi
(validasi)
randomOrder <- order(runif(nrow(df.input), min=0, max=1))
df.base.rnd <- df.input[randomOrder,] # random sort
df.trais <- df.base.rnd[1:vct.sample,]
df.tests <- df.base.rnd[(vct.sample+1):nrow(df.input),]

#3.algoritma Manessa et al. 2016
manessa.fit <- randomForest(formula= depth~x1.06+x2.06+x3.06,
data=df.trais)
manessa.pred <- round(predict(manessa.fit,df.input), 1)
ME.manessa <- mean(df.input$depth - manessa.pred)
RMSE.manessa <- (mean((df.input$depth - manessa.pred)^2))^0.5
R2.manessa <- cor(df.input$depth, manessa.pred)^2
plot(df.input$depth, manessa.pred)
df.input$prediksi <- manessa.pred
manessa.pred.image <- predict(manessa.fit,df.image)
df.manessa.pred.img <- cbind(df.image,manessa.pred.image)
write.table(df.manessa.pred.img,
"C:/WS_3/MANSUAR/Misuar_Free_cloud/prediksi.mansuar.20170317.csv", quote = F,
row.names=T, col.names=T, append=F, sep=",")

#4.algoritma kanno

```



```

#4.1 setting
library(wle)
library(mgcv)
df.input <- na.omit(df.extract.depth)
df.input <- subset(df.input, depth <= 20)
randomOrder <- order(runif(nrow(df.input), min=0, max=1))
df.base.rnd <- df.input[randomOrder, ] # random sort
df.input <- df.base.rnd[1:500,]
source("C:/WS_3/kanno.R")
df.pred <- cbind(df.input$depth, kanno.TNP.pred)
df.pred <- as.data.frame(df.pred)
colnames(df.pred) <- c("depth", "depth.TNP")
.rs.unloadPackage("mboost")

###-----UJI AKURASI
df.input <- na.omit(df.extract.depth)
df.input <- subset(df.input, depth <= 20)

#Step 1 membuat table untuk menyimpan hasil
Nas <- rep(NA, 2)
df.ordo <- data.frame(OrdoSpecial=Nas, Ordo1A=Nas, Ordo2=Nas,
Exclude=Nas)
rownames(df.ordo) <- c("RF", "TNP")
df.result["RF", "ME"] <- mean(df.input$depth - manessa.pred)
df.result["RF", "RMSE"] <- (mean((df.input$depth - manessa.pred)^2))^0.5
df.result["RF", "R2"] <- cor(df.input$depth, manessa.pred)

#Manessa.RF
df.input$delta <- abs(df.input$depth - manessa.pred)
df.input$OrdoSpecial <- (((0.25^2) + ((0.0075 * manessa.pred)^2))^0.5)
df.input$Ordo1A <- (((0.5^2) + ((0.013 * manessa.pred)^2))^0.5)
df.input$Ordo2 <- (((1^2) + ((0.023 * manessa.pred)^2))^0.5)
df.input$ORDO[df.input$delta <= df.input$Ordo2] <- "ordo2"
df.input$ORDO[df.input$delta <= df.input$Ordo1A] <- "ordo1A"
df.input$ORDO[df.input$delta <= df.input$OrdoSpecial] <- "ordoSpecial"
df.input$ORDO[df.input$delta >= df.input$Ordo2] <- "exclude"
df.ordo["RF", "OrdoSpecial"] <- length(which(df.input$ORDO == "ordoSpecial")) /
nrow(df.input) * 100
df.ordo["RF", "Ordo1A"] <- length(which(df.input$ORDO == "ordo1A")) /
nrow(df.input) * 100 + df.ordo["RF", "OrdoSpecial"]
df.ordo["RF", "Ordo2"] <- length(which(df.input$ORDO == "ordo2")) /
nrow(df.input) * 100 + df.ordo["RF", "Ordo1A"]
df.ordo["RF", "Exclude"] <- length(which(df.input$ORDO == "exclude")) /
nrow(df.input) * 100

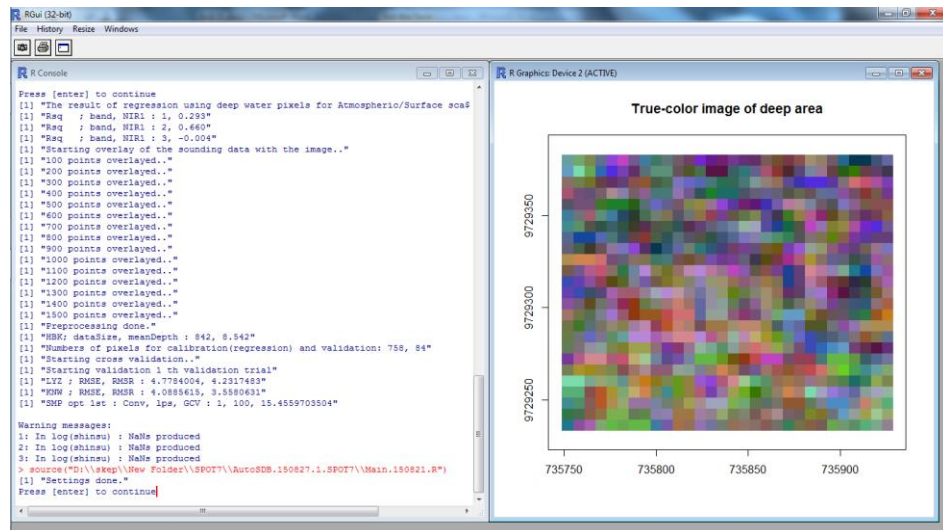
#Kanno.TNP
df.pred$delta <- abs(df.pred$depth - df.pred$depth.TNP)
df.pred$OrdoSpecial <- (((0.25^2) + ((0.0075 * df.pred$depth.TNP)^2))^0.5)
df.pred$Ordo1A <- (((0.5^2) + ((0.013 * df.pred$depth.TNP)^2))^0.5)
df.pred$Ordo2 <- (((1^2) + ((0.023 * df.pred$depth.TNP)^2))^0.5)
df.pred$ORDO[df.pred$delta <= df.pred$Ordo2] <- "ordo2"
df.pred$ORDO[df.pred$delta <= df.pred$Ordo1A] <- "ordo1A"
df.pred$ORDO[df.pred$delta <= df.pred$OrdoSpecial] <- "ordoSpecial"
df.pred$ORDO[df.pred$delta >= df.pred$Ordo2] <- "exclude"
df.ordo["TNP", "OrdoSpecial"] <- length(which(df.pred$ORDO == "ordoSpecial")) /
nrow(df.pred) * 100
df.ordo["TNP", "Ordo1A"] <- length(which(df.pred$ORDO == "ordo1A")) /
nrow(df.pred) * 100 + df.ordo["TNP", "OrdoSpecial"]
df.ordo["TNP", "Ordo2"] <- length(which(df.pred$ORDO == "ordo2")) /
nrow(df.pred) * 100 + df.ordo["TNP", "Ordo1A"]
df.ordo["TNP", "Exclude"] <- length(which(df.pred$ORDO == "exclude")) /
nrow(df.pred) * 100

####-----TAMPILAN-----###
gg.estimate.manessa <- ggplot(data=df.manessa.pred.img, mapping = aes(x=x, y=y,
colour=manessa.pred.image))
gg.estimate.manessa<-
gg.estimate.manessa+geom_point(aes())+scale_colour_gradientn(colours=rainbow(10
))
gg.estimate.manessa<-gg.estimate.manessa+labs(x="Longitude", y="Latitude")
gg.estimate.manessa<-
gg.estimate.manessa+theme(axis.title=element_text(size=18), axis.text =
element_text(size=18))
gg.estimate.manessa<-gg.estimate.manessa+theme(strip.text.x=element_text(size=18
))+theme(strip.text.y=element_text(size=18))+theme_bw()
gg.estimate.manessa <- gg.estimate.manessa + theme(legend.position = "bottom")

```

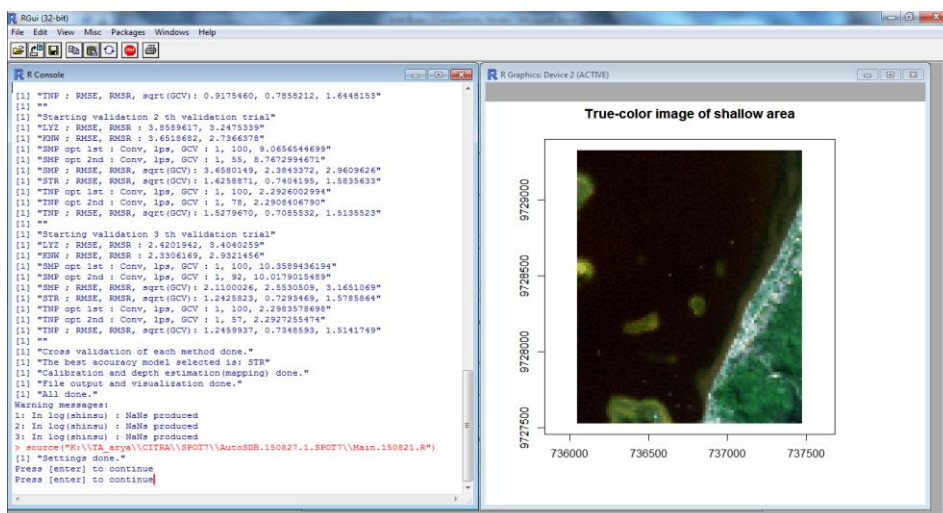
```
gg.estimate.manessa <- gg.estimate.manessa + theme(strip.text.x =
element_text(size = 14, colour = "blue", angle = 0))
gg.estimate.manessa
```

b. Buka *folder* AutoSDB.150827.1.SPOT7 kemudian *drag file* Main.150821.R kedalam perangkat lunak R. Maka akan tampil *display image* area perairan dalam sebagai citra yang akan mengkoreksi citra perairan dangkal yang akan diekstrak (Gambar 8). Atau dapat pula dilaksanakan dengan cara klik menu *File* kemudian pilih *Open Script* dan pilih nama *file* Main.150821.R. Setelah *script* program terbuka blok semua *script* kemudian lanjutkan dengan tombol Ctrl+R. Kemudian R *console* akan meminta perintah lanjutan dengan menekan tombol *Enter*.



Gambar 8. Proses Menampilkan Citra Perairan Dalam

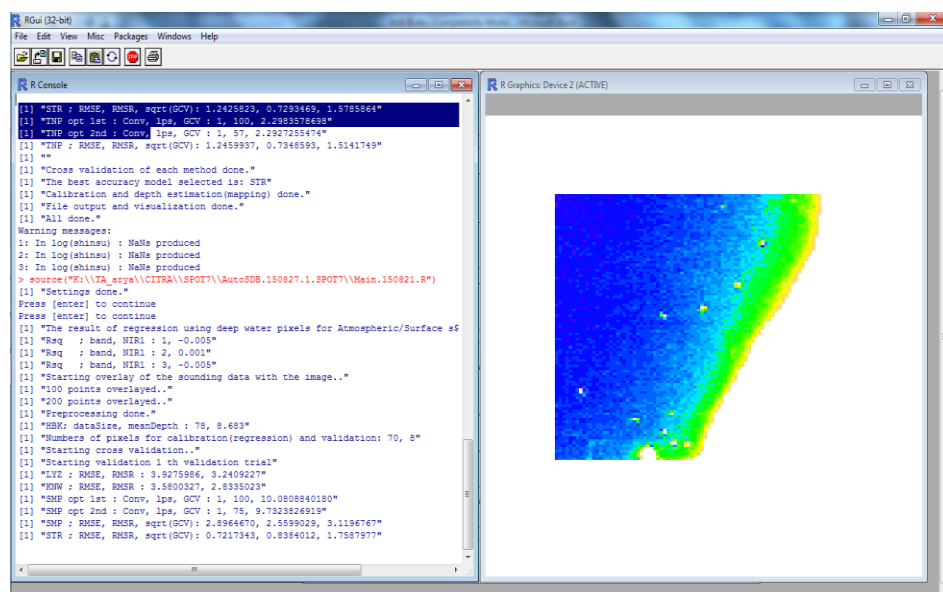
Setelah menekan tombol *Enter*, *display* akan menunjukkan *image* citra perairan dangkal yang akan diekstrak kedalamannya juga meminta perintah lanjutan dengan menekan tombol *Enter* pada R *Console*. Seperti yang terdapat pada Gambar 9 berikut :



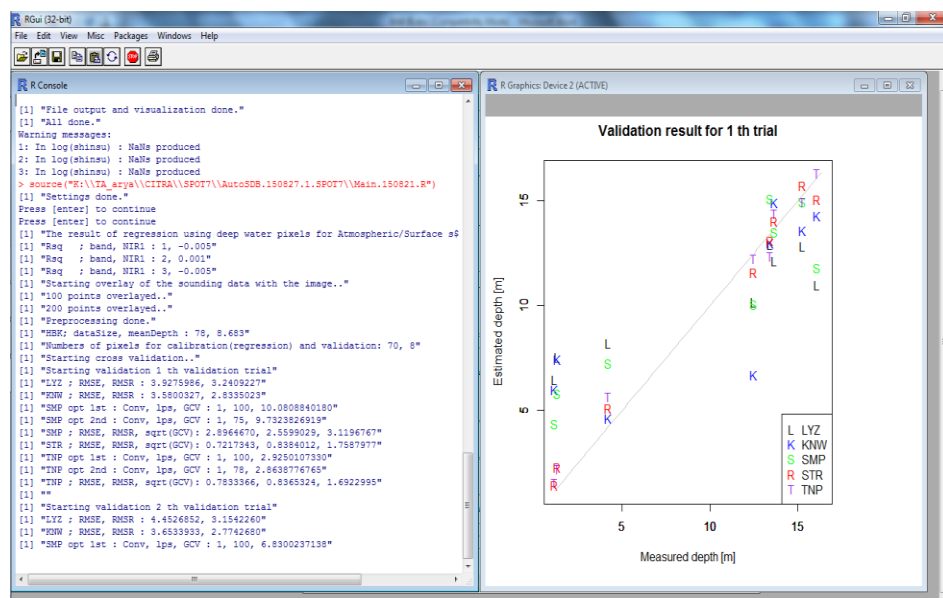
Gambar 9. Proses Menampilkan Citra Perairan Dangkal

c. Setelah menekan tombol *Enter* maka program akan bekerja kembali dan *display* akan menunjukkan secara berurutan dengan jeda waktu tergantung pada

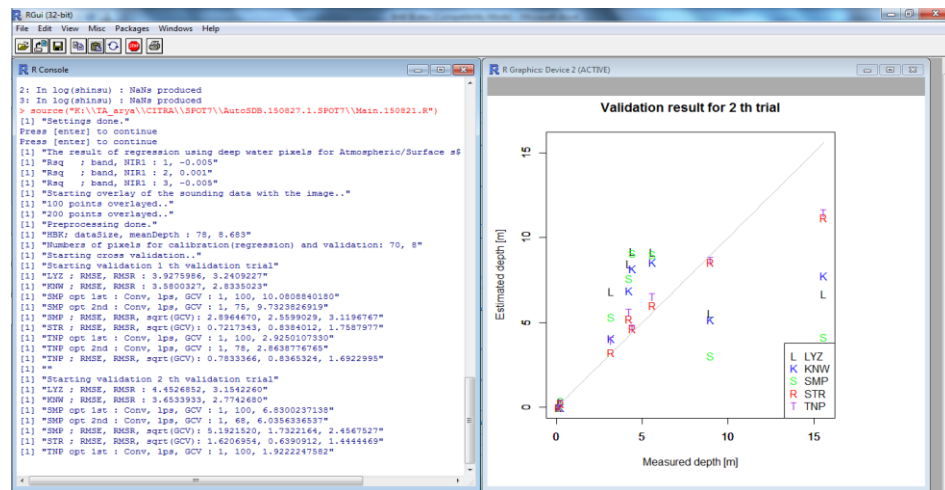
banyaknya data referensi kedalaman hasil pengukuran di lapangan, luas area perairan dangkal yang akan diekstraksi kedalamannya dan perangkat keras yang digunakan. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 10 berikut yang menampilkan visual saluran citra infra merah dekat yang tersedia di daerah perairan dangkal, pada Gambar 11 tampilan visual hasil regresi pertama dari tiap metode dengan data lapangan, pada Gambar 12 tampilan visual hasil regresi kedua dari tiap metode dengan data lapangan, pada Gambar 13 tampilan visual hasil regresi keempat dari tiap metode dengan data lapangan dan pada Gambar 14 tampilan visual raster hasil ekstraksi kedalaman yang diambil dari metode terbaik. Sedangkan pada *R Console* menunjukkan tentang nilai hasil regresi dengan *pixel* perairan dalam sebagai koreksi atmosferik (*surface scattering*), *overlaying* data kedalaman *insitu* dengan image, nilai validasi *trial* 1, 2 dan 3 terhadap hasil ekstraksi menggunakan semua metode dan menunjukan metode mana yang terbaik yang kemudian diturunkan nilainya menjadi data xyz pada *file* "depthMap" ataupun *raster image*.



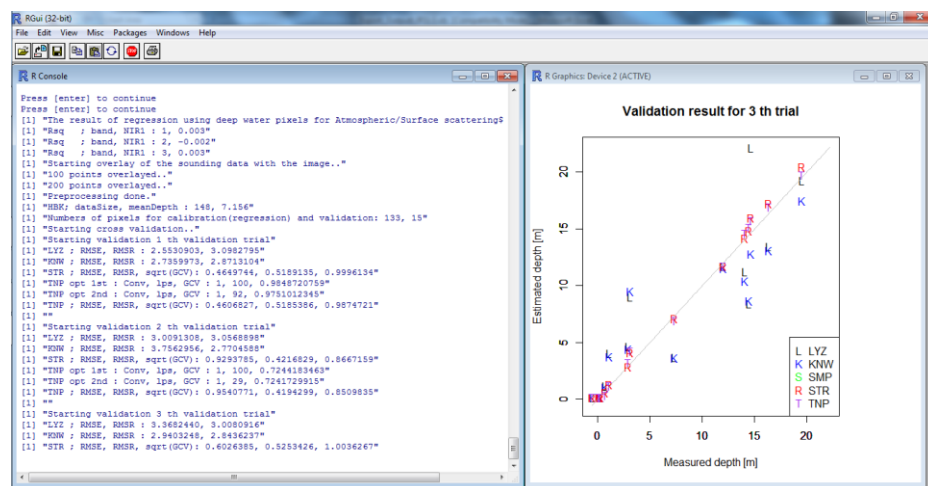
Gambar 10. Visual Saluran Infra Merah Dekat Citra



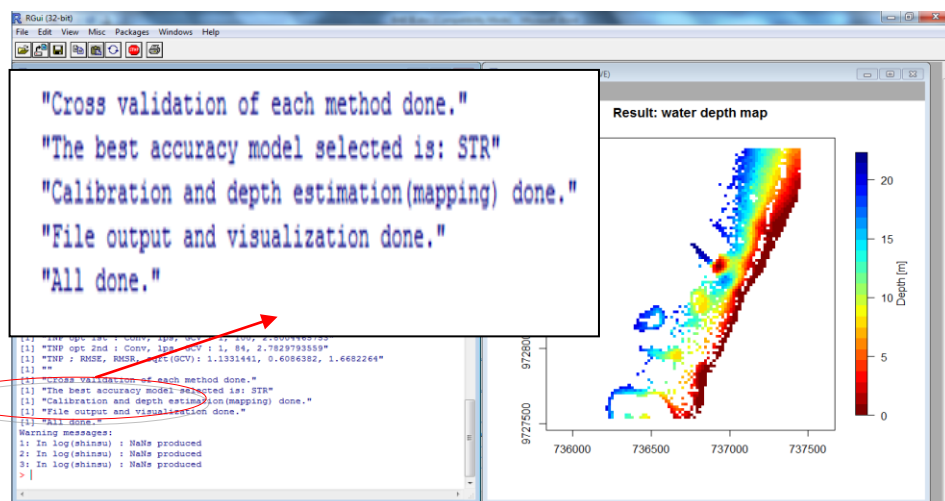
Gambar 11 Regresi Awal Hasil Ekstraksi



Gambar 12. Regresi Kedua Hasil Ekstraksi Kedalaman



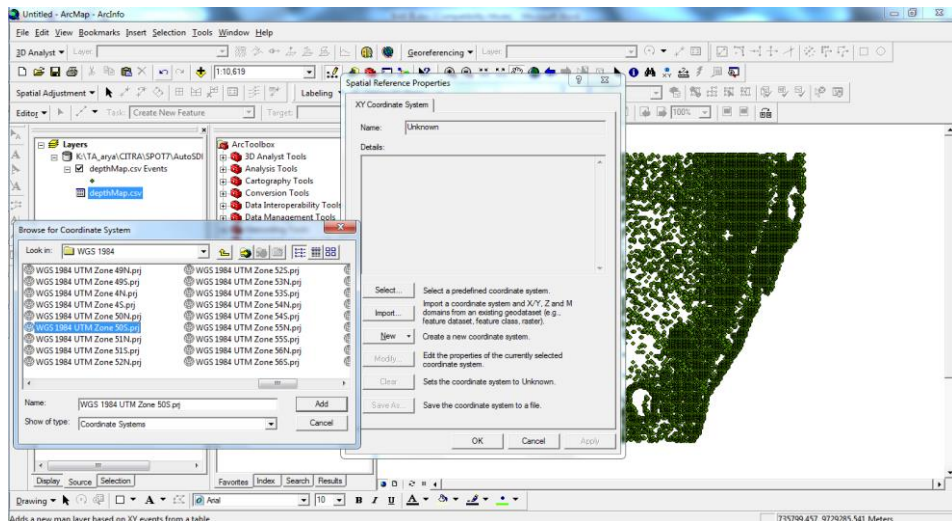
Gambar 13. Regresi Ketiga Hasil Ekstraksi Kedalaman



Gambar 14. Visual Raster Hasil Ekstraksi Kedalaman

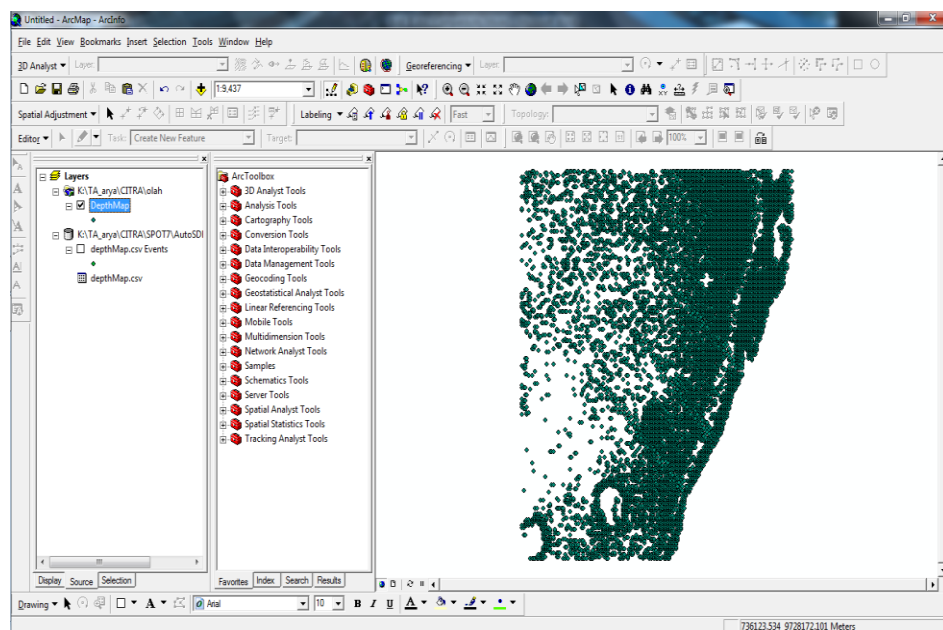
d. Buka perangkat lunak Arc GIS 9, buat *project* baru, pilih menu *File* kemudian pilih *Add Data* dan pilih nama *file* hasil ekstraksi kedalaman yaitu : “depthMap.csv” pada *folder* “AutoSDB.150827.1.SPOT7”. Setelah itu klik kanan nama *file* “depthMap.csv” pada layer dan pilih “Display XY data” dan atur proyeksi

dan Datum yang digunakan. Untuk daerah Mamuju menggunakan system koordinat proyeksi UTM 50 South dengan Datum WGS 84. Seperti yang tertera pada Gambar 15.



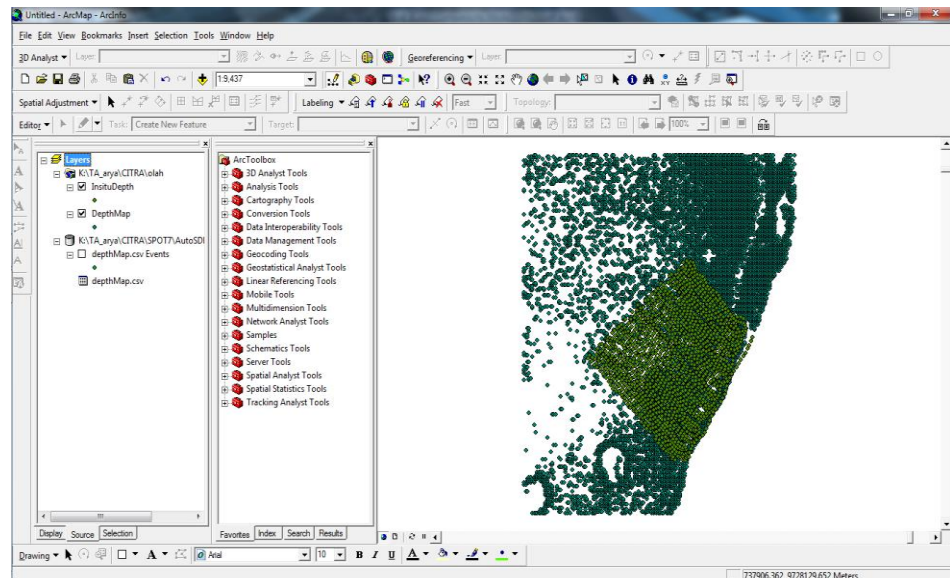
Gambar 15. Proses Menampilkan Hasil Ekstraksi pada Arc

e. Buat *file* dengan format .shp dari nama *file* “depthMap.csv” dengan cara klik kanan nama *file* pada layer. Kemudian pilih Data dan setelah itu pilih *Export Data*. Lalu atur nama *file* baru dengan format .shp dalam hal ini dibuat nama *file* baru dengan nama “depthMap.shp” dan atur penyimpanannya. Selanjutnya tekan Ok dan nama *file* “depthMap.shp” telah jadi dan ditampilkan pada layer. Seperti yang tertera pada Gambar 16.



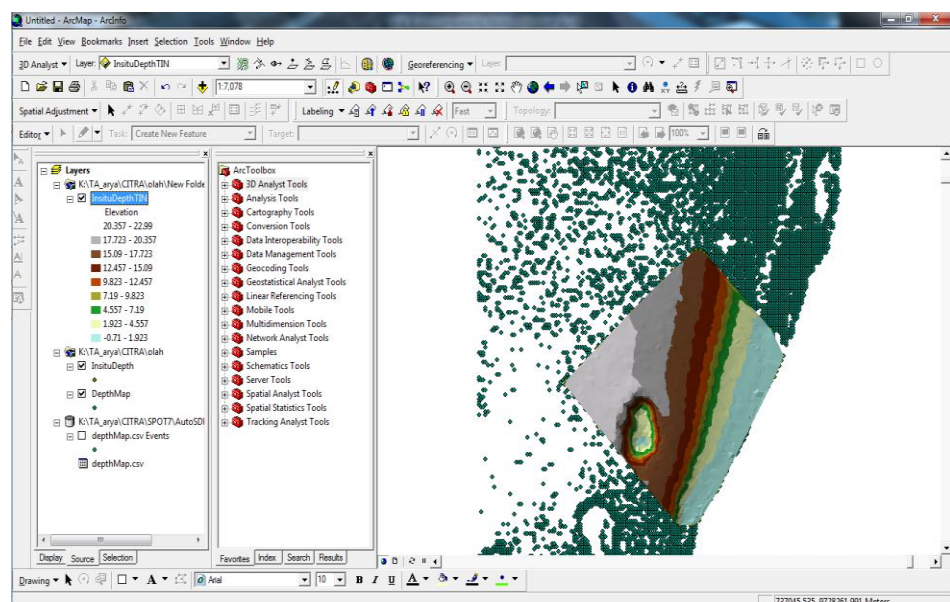
Gambar 16. Proses Membuat *File* Baru Dengan Format .shp

f. Dengan cara yang sama seperti langkah sebelumnya tambahkan pada layer nama *file* “InsituDepth.xls” kemudian buat nama *file* baru dengan format .shp yaitu “InsituDepth.shp” (Gambar 17).



Gambar 17. Proses Menampilkan *File* Baru

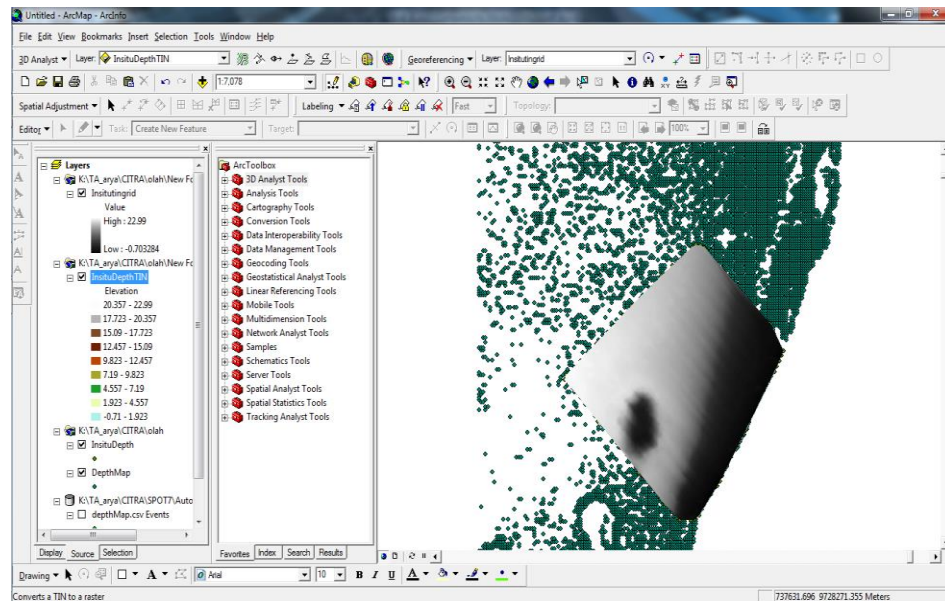
g. Buat *file* TIN dari nama *file* “InsituDepth.shp” dengan cara: pada menu 3D Analyst pilih Create/Modify TIN kemudian pilih Create TIN From Features. Lalu beri tanda \checkmark pada nama *file* “InsituDepth” dan atur untuk Height Source nya menjadi z. Kemudian atur nama *file* TIN keluarannya menjadi “InsituDepthTIN”. Setelah itu pilih Ok. Maka nama *file* “InsituDepthTIN” akan tampil di layer seperti pada Gambar 18.



Gambar 18. Proses Membuat *File* TIN dari *File* Format .shp

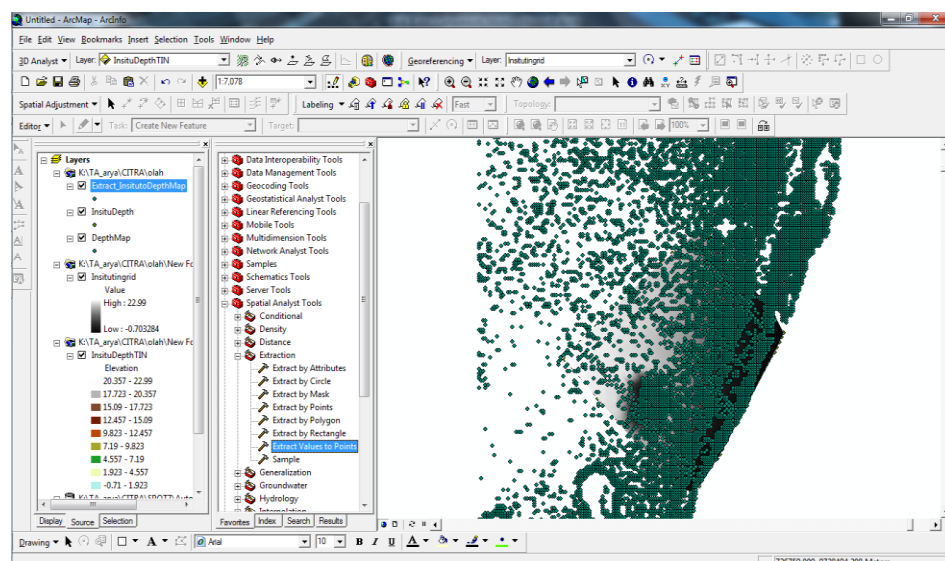
h. Buat *file* raster dari nama *file* “InsituDepthTIN” dengan cara: pada menu 3D Analyst pilih Convert, kemudian pilih TIN to Raster. Lalu atur pada Input TIN pilih “InsituDepthTIN” pada Attribute diisi Elevation, pada Z Factor diisi 1, pada Cell Size diisi 1. Setelah itu atur nama *file* raster keluaran menjadi “Insitutingrid” dan

pilih Ok maka nama *file* raster “Insitutingrid” akan tampil pada *layer* seperti pada Gambar 19.



Gambar 19. Proses Membuat *File* Raster dari *File* TIN

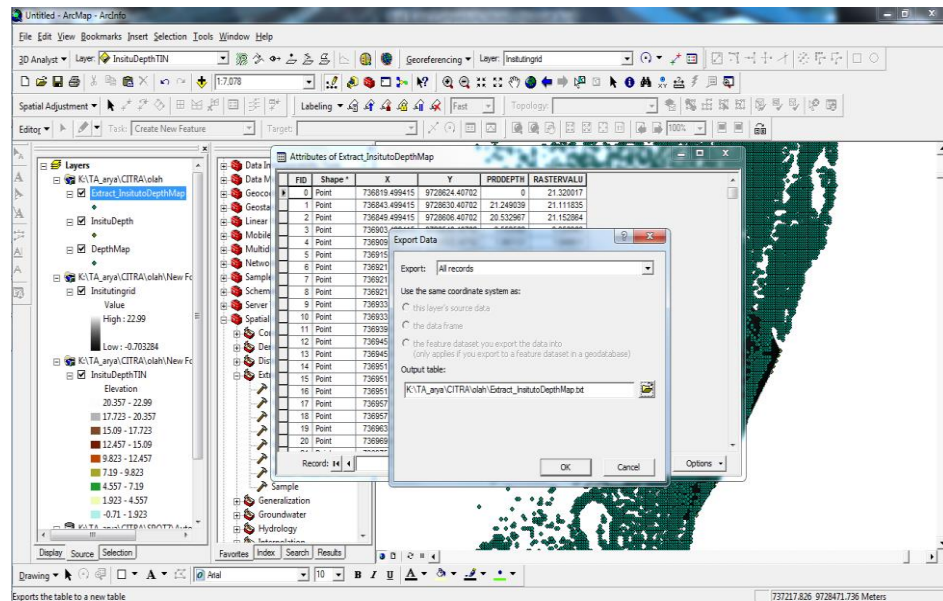
i. Ekstrak nilai Raster pada nama *file* “DepthMap.shp” dengan cara: Pilih Spatial Analysis Tools pada menu ArcToolbox, kemudian pilih Extraction, lalu pilih Extract Value to Points. Setelah itu atur Input Point Features menjadi DepthMap, atur Input Raster menjadi Insitutingrid dan atur *file* keluaran dengan nama *file* “Extract_InsitutoDepthMap.shp” lalu pilih Ok maka *file* hasil ekstraksi akan ditampilkan pada *layer* seperti pada Gambar 20.



Gambar 20. Proses Mengekstraksi Poin dari *File* Raster

j. *Export* hasil ekstraksi menjadi *file* text dengan cara: Klik kanan pada *layer* nama *file* “Extract_InsitutoDepthMap.shp” kemudian pilih Open Attribute Table. Lalu pilih Option setelah itu pilih *export*. Atur nama *file* keluaran dengan nama

“Extract_InstitutoDepthMap.txt” dan pilih Ok maka *file* hasil ekstraksi menjadi *file text* seperti pada Gambar 21.



Gambar 21. Proses Export File Format .shp menjadi File Text

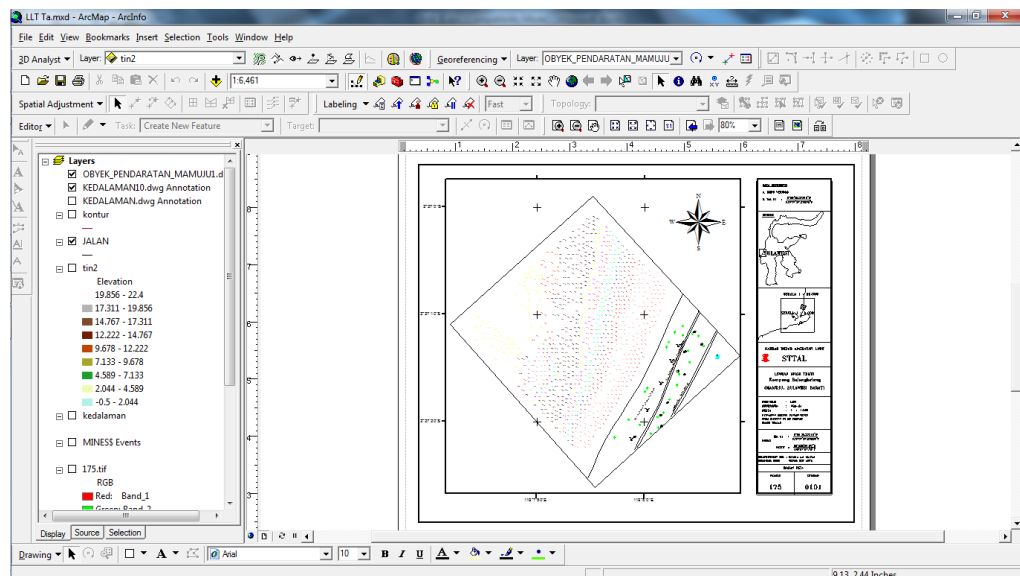
k. Verifikasi data meliputi verifikasi hasil data pengolahan citra yang berupa kedalaman dibandingkan dengan standar yang dipersyaratkan. Proses validasi kedalaman laut hasil ekstraksi terhadap kedalaman laut insitu diperlukan untuk mengetahui tingkat akurasi dari data kedalaman hasil ekstraksi yang diperoleh dan untuk mengetahui kualitas data dalam pemenuhan standar ketelitian berdasarkan IHO S44. Langkah yang dilakukan antara lain: Buka nama *file* “Extract_InstitutoDepthMap.txt” di Excel, kemudian hapus semua poin RASTERVALUE yang memiliki nilai -999 dan buat tabel statistik orde ketelitian berdasarkan standarisasi IHO-S44. Seperti tertera pada Gambar 22.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
1	X	Y	PRDDEPTH	RASTERVLU						70		Orde				
2	737109.3	9728390	-0.482079	-0.390282	0.091797	0.250017	0.500026	1.00004	ORDO KHUSUS	Persentase data Kedalaman < 0 m	84.29%	12.86%	1.43%	1.43%		
3	737103.3	9728384	-0.481029	-0.528916	0.047887	0.250031	0.500047	1.000074	ORDO KHUSUS							
4	737115.3	9728396	-0.480807	-0.23	0.250807	0.250006	0.500009	1.000014	ORDO 1A/1B							
5	737115.3	9728402	-0.444135	-0.257423	0.186712	0.250007	0.500011	1.000018	ORDO KHUSUS							
6	737097.3	9728378	-0.408032	-0.404987	0.003045	0.250018	0.500028	1.000043	ORDO KHUSUS	482		Orde				
7	737079.3	9728354	-0.404611	-0.264745	0.139866	0.250008	0.500012	1.000019	ORDO KHUSUS	Persentase data Kedalaman 0-2 m	63.28%	19.29%	15.56%	1.87%		
8	737079.3	9728348	-0.38564	-0.258115	0.127525	0.250007	0.500011	1.000018	ORDO KHUSUS							
9	737187.3	9728516	-0.368002	-0.204856	0.163146	0.250005	0.500007	1.000011	ORDO KHUSUS							
10	737211.3	9728564	-0.349311	-0.313003	0.036308	0.250011	0.500017	1.000026	ORDO KHUSUS	453		Orde				
11	737205.3	9728552	-0.298255	-0.171092	0.127163	0.250003	0.500005	1.000008	ORDO KHUSUS	Persentase data Kedalaman 2.1-5 m	35.10%	17.00%	22.30%	25.61%		
12	737223.3	9728582	-0.285377	-0.283658	0.001719	0.250009	0.500014	1.000021	ORDO KHUSUS							
13	737127.3	9728426	-0.282204	-0.147857	0.134347	0.250002	0.500004	1.000006	ORDO KHUSUS							
14	737121.3	9728414	-0.274174	-0.085667	0.188507	0.250001	0.500001	1.000002	ORDO KHUSUS	690		Orde				
15	737133.3	9728432	-0.273282	-0.208675	0.064607	0.250005	0.500007	1.000012	ORDO KHUSUS	Persentase data Kedalaman 5.1-10 m	16.09%	12.03%	16.52%	55.36%		
16	737085.3	9728360	-0.26671	-0.152323	0.114387	0.250003	0.500004	1.000006	ORDO KHUSUS							
17	737097.3	9728372	-0.266311	-0.18551	0.080801	0.250004	0.500006	1.000009	ORDO KHUSUS							

Gambar 22. Proses Membuat Tabel Statistik dari File Hasil

I. Penggambaran Peta Kedalaman Laut.

Setelah diketahui kualitas data kedalaman laut hasil ekstraksi langkah berikutnya yaitu melaksanakan proses penggambaran. Proses ini merupakan akhir dari seluruh tahapan proses ekstraksi kedalaman laut. Langkah yang dapat dilaksanakan dengan cara menampilkan data kedalaman dari nilai – nilai poin hasil ekstraksi pada *Layout View* Arc GIS kemudian ditambahkan legenda dan detail-detail obyek lainnya seperti pada Gambar 23.



Gambar 23. Proses Pembuatan Peta Kedalaman

BAB IV PENUTUP

Buku Petunjuk Teknis metode pengolahan citra satelit resolusi tinggi untuk pembuatan peta batimetri (Buku II) dapat dijadikan sebagai pedoman pengolahan citra satelit resolusi tinggi untuk pemetaan batimetri di Pushidrosal.

Buku Petunjuk Teknis metode pengolahan citra satelit resolusi tinggi untuk pembuatan peta batimetri (Buku II) ini masih terbuka untuk disempurnakan melalui umpan balik (*Feed Back*) dari pengawak akibat perkembangan metode pengolahan citra dan teknologi penginderaan jauh.

Dikeluarkan di Jakarta
Pada tanggal November 2017

Kepala Pushidrosal,

Harjo Susmoro
Laksamana Muda TNI

NO	JABATAN	PARAF	TANGGAL
1.	Wakapushidrosal		
2.	Koorsahli		
3.	Diropssurta		
4.	Kadispeta		
5.	Kadishidro		
6.	Kadisinfohta		
7.	Kasetum		