

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. LATAR BELAKANG**

Pemeruman adalah proses dan aktivitas yang ditujukan untuk memperoleh gambaran (model) bentuk permukaan (topografi) dasar perairan (*seabed surface*). Proses penggambaran dasar perairan tersebut (sejak pengukuran, pengolahan hingga visualisasi) disebut dengan survei batimetri. Model batimetri (kontur kedalaman) diperoleh dengan menginterpolasikan titi-titik pengukuran kedalaman bergantung pada skala model yang hendak dibuat.

Pasang surut adalah fenomena naik turunnya muka laut secara berkala akibat adanya gaya tarik benda-benda angkasa terutama matahari dan bulan terhadap massa air di bumi. Namun ada pula yang sepakat bahwa pasang surut adalah suatu fenomena pergerakan naik turunnya permukaan air laut secara berkala yang diakibatkan oleh kombinasi gaya gravitasi dan gaya tarik menarik dari benda-benda astronomi terutama oleh matahari, bumi dan bulan.

Perkembangan teknologi pemetaan pada zaman sekarang ini tidak hanya pada pemetaan wilayah darat saja. Pemetaan wilayah perairan pun sudah sangat berkembang. Adapun metode pemetaan bawah air disebut juga sebagai metode pemeruman.

Titik-titik pengukuran kedalaman berada pada lajur-lajur pengukuran kedalaman yang disebut sebagai lajur perum (*sounding line*). Jarak antar titik-titik fiks perum pada suatu lajur pemeruman setidak-tidaknya sama dengan atau lebih rapat dari interval lajur perum.

Pengukuran kedalaman dilakukan pada titik-titik yang dipilih untuk mewakili keseluruhan daerah yang akan dipetakan. Pada titik-titik tersebut juga dilakukan pengukuran untuk penentuan posisi. Titik-titik tempat dilakukannya pengukuran untuk penentuan posisi dan kedalaman disebut sebagai titik fiks perum.

Pasang surut laut merupakan suatu fenomena pergerakan naik turunnya permukaan air laut secara berkala yang diakibatkan oleh kombinasi gaya gravitasi dan gaya tarik menarik dari benda-benda astronomi terutama oleh matahari, bumi dan bulan. Pengaruh benda angkasa lainnya dapat diabaikan karena jaraknya lebih jauh atau ukurannya lebih kecil.

Faktor non astronomi yang mempengaruhi pasut terutama di perairan semi tertutup seperti teluk adalah bentuk garis pantai dan topografi dasar perairan. Puncak gelombang disebut pasang tinggi dan lembah gelombang disebut pasang rendah.

## **1.2. PERUMUSAN MASALAH**

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Berapa ketelitian pengukuran pada lokasi pemeruman dengan menggunakan alat *Echosounder Hi-Target HD 370*?
2. Berapa rata-rata kedalaman perairan di lokasi perum ?

## **1.3. RUANG LINGKUP PENELITIAN**

Dalam penulisan ini memiliki batasan-batasan sebagai berikut :

1. Daerah penelitian adalah perairan wilayah Pelabuhan Kendal.
2. Metode pengukuran yang dipakai ialah metode pemeruman.
3. Pengolahan data dan penggambaran menggunakan *software NAV 7.0*, *microsoft excel*, dan *Software Autocad Land Dekstop*

## **1.4. MAKSUD DAN TUJUAN PENELITIAN**

Adapun maksud dan tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui kedalaman perairan wilayah Pelabuhan Kendal.
2. Untuk mengetahui pasang surut gelombang wilayah Pelabuhan Kendal.

## **1.5. SISTEMATIKA PENELITIAN**

### **BAB I PENDAHULUAN**

Menjelaskan tentang latar belakang, perumusan masalah, ruang lingkup dan penelitian.

### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Menjelaskan tentang prinsip kerja penelitian ini yang menggunakan metode *singlebeam*.

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

Menjelaskan alur penelitian mulai dari persiapan, survei lapangan, hingga pengolahan data.

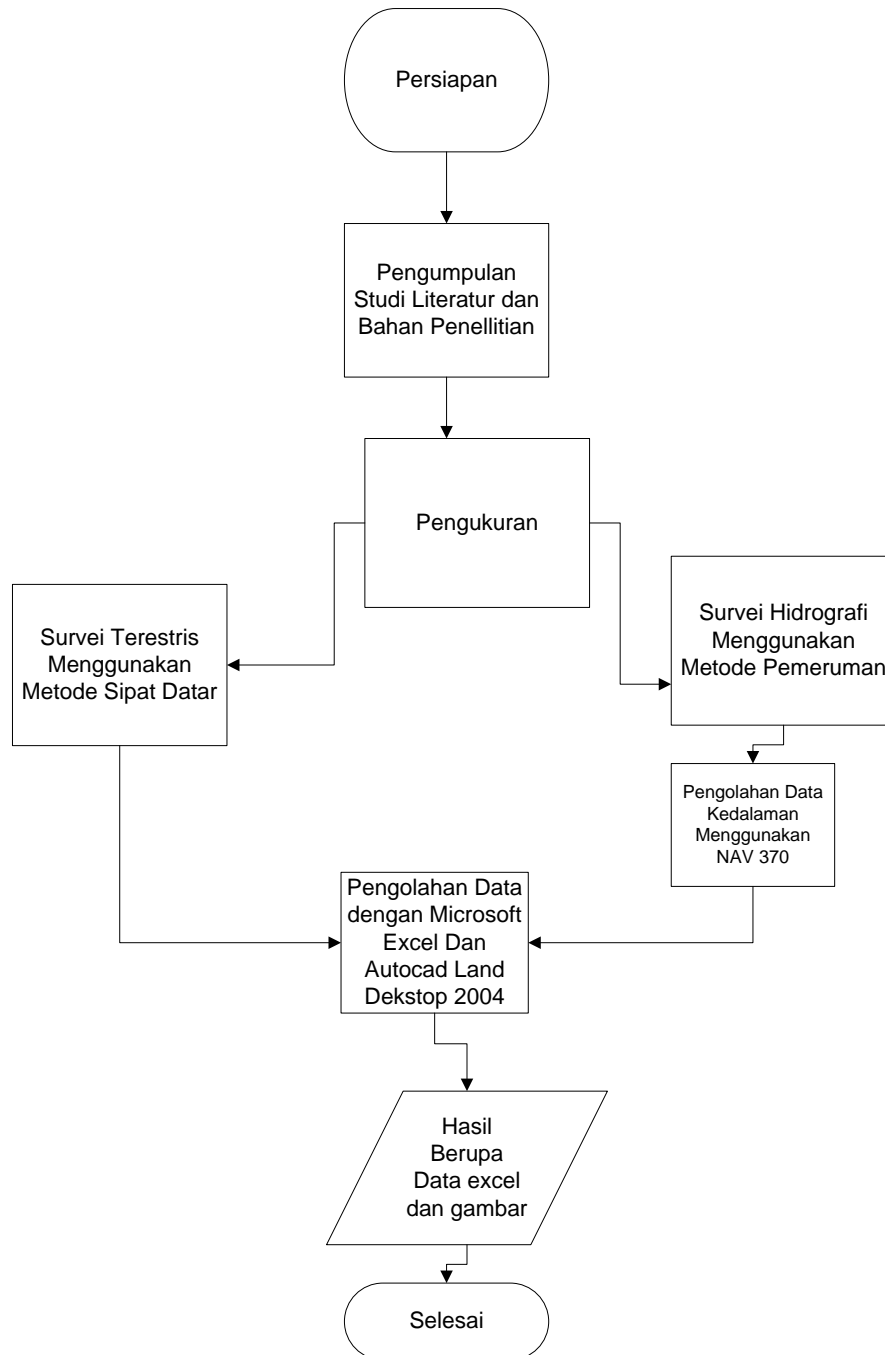
### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

Menjelaskan tentang analisis data.

### **BAB V PENUTUP**

Memaparkan kesimpulan dan saran.

## 1.6. METODELOGI PENELITIAN



**Gambar 1.1** Diagram Alir Penelitian

**a) Persiapan**

Tahap awal penelitian ini meliputi mempelajari studi literatur yang berhubungan dengan tema penelitian untuk mempermudah dalam pelaksanaan dan penyelesaian tugas akhir.

**b) Pengumpulan data**

Tahap pengumpulan data merupakan proses lanjutan dari tahap persiapan. Dalam tahap ini data yang sudah direncanakan akan dikumpulkan secara baik dan lengkap. Data yang dimaksud adalah koordinat (x,y) serta elevasi daerah yang diukur.

**c) Pengolahan Data**

Setelah proses pengumpulan data sudah selesai dan data siap untuk diolah, maka proses selanjutnya adalah pengolahan data dengan *Software NAV 370* dan *Autocad Land Dekstop 2004*.

**d) Uji Ketelitian**

Setelah diperoleh data kedalaman dari *echosounder* maka selanjutnya diuji dengan menggunakan *bar check*.

**e) Hasil dan Kesimpulan**

Dari hasil pengukuran lapangan dan kemudian dihitung kedalaman terkoreksi nya sehingga akan didapat ketelitian pengamatan nya.

## **BAB II**

### **DASAR TEORI**

#### **2.1 SURVEI HIDROGRAFI**

Survei adalah kegiatan terpenting dalam menghasilkan informasi hidrografi, seperti: penentuan posisi laut dan penggunaan sistem referensi, pengukuran kedalaman, pengukuran arus, pengukuran sedimen, pengamatan pasut, pengukuran detil situasi dan garis pantai. ( Eka Djunasjah, 2005 )

Data-data yang diperoleh dari aktivitas-aktivitas tersebut diatas dapat disajikan sebagai informasi dalam bentuk peta dan non-peta serta disusun dalam bentuk basis data kelautan.

Kata hidrografi merupakan serapan dari bahasa inggris '*hydrography*' . secara etimologis, '*hidrography*' ditemukan dari kata sifat dalam bahasa Prancis abad pertengahan '*hydrographique*', sebagai kata yang berhubungan dengan sifat dan pengukuran badan air, misalnya: kedalaman dan arus (Merriam-Webster Online, 2004)

#### **2.2 PEMERUMAN**

Pemeruman adalah proses dan aktivitas yang ditunjukkan untuk memperoleh gambaran (model) bentuk permukaan (topografi) dasar perairan (*seabed surface*). Proses penggambaran dasar perairan tersebut (sejak pengukuran, pengolahan hingga visualisasinya) disebut sebagai survei batimetri.

Pemeruman dilakukan dengan membuat profil (potongan) pengukuran kedalaman. Lajur perum dapat berbentuk garis-garis lurus, lingkaran-lingkaran konsentrik, atau lainnya sesuai metode yang digunakan untuk penentuan posisi titik-titik fiks perumnya. Lajur-lajur perum didesain sedemikian rupa sehingga memungkinkan pendeteksian perubahan kedalaman yang lebih ekstrim. Untuk itu, desain lajur-lajur perum harus memperhatikan kecenderungan bentuk dan topografi pantai sekitar perairan yang akan disurvei. Agar mampu mendeteksi

perubahan kedalaman yang lebih ekstrem lajur perum dipilih dengan arah yang tegak lurus terhadap kecenderungan arah garis pantai. (Bambang Triatmodjo, 1999)

### **2.2.1 Klasifikasi Survei**

Terdapat beberapa klasifikasi dalam proses pemeruman, yakni :

#### **2.2.1.1 Orde khusus**

Orde khusus survei hidrografi mendekati standar ketelitian survei rekayasa dan digunakan secara terbatas di daerah-daerah kritis dimana kedalaman dibawah lunas sangat minim dan dimana karakteristik dasar airnya berpotensi membahayakan kapal. Daerah- daerah kritis tersebut ditentukan secara langsung oleh instansi yang bertanggung jawab dalam masalah kualitas survei. Sebagai contoh adalah pelabuhan-pelabuhan tempat sandar dan alur masuknya. Semua sumber kesalahan harus dibuat minimal.

Orde khusus memerlukan penggunaan yang berkaitan dengan *scan sonar*, *multi transducer arrays* atau *multibeam echosounder* dengan resolusi tinggi dengan jarak antar lajur perum yang rapat untuk mendapatkan gambaran dasar air 100%. Harus pula diyakinkan bahwa setiap benda dengan ukuran lebih besar dari satu meter persegi dapat terlihat oleh peralatan perum yang digunakan. Penggunaan *side scan sonar* dan *multibeam echosounder* mungkin diperlukan di daerah-daerah dimana benda-benda kecil dan rintangan bahaya mungkin ditemukan, atau survei untuk keperluan investigasi.

#### **2.2.1.2 Orde satu**

Orde satu survei hidrografi diperuntukan bagi pelabuhan-pelabuhan, alur pendekat, haluan yang dianjurkan, alur navigasi dan daerah pantai dengan lalu lintas komersial yang padat dimana kedalaman di bawah lunas cukup memadai dan kondisi fisik dasar lautnya tidak begitu membahayakan kapal (misalnya lumpur atau pasir). Survei orde satu berlaku terbatas di daerah dengan kedalaman kurang dari 100 meter. Meskipun persyaratan pemeriksaan dasar laut tidak begitu

ketat jika dibandingkan dengan orde khusus, namun pemeriksaan dasar laut secara menyeluruh tetap diperlukan di daerah-daerah tertentu dimana karakteristik dasar laut dan resiko adanya rintangan berpotensi membahayakan kapal. Pada daerah-daerah yang diteliti tersebut, harus diyakinkan bahwa untuk kedalaman sampai dengan 40 meter benda-benda dengan ukuran lebih besar dari dua meter persegi, atau pada kedalaman lebih dari 40 meter, benda-benda dengan ukuran 10% dari kedalaman harus dapat digambarkan oleh peralatan perum yang digunakan.

#### 2.2.1.3 Orde dua

Orde dua survei hidrografi diperuntukan di daerah dengan kedalaman kurang dari 200 meter yang tidak termasuk dalam orde khusus maupun orde satu, dan dimana gambaran batimetri secara umum sudah mencukupi untuk meyakinkan bahwa tidak terdapat rintangan di dasar laut yang akan membahayakan tipe kapal yang lewat atau bekerja di daerah tersebut. Ini merupakan kriteria yang penggunaannya di bidang kelautan, sangat beraneka ragam, dimana orde hidrografi yang lebih tinggi tidak dapat diberlakukan. Pemeriksaan dasar laut mungkin diperlukan pada daerah-daerah tertentu dimana karakteristik dasar air dan resiko adanya rintangan berpotensi membahayakan kapal.

#### 2.2.1.4 Orde tiga

Orde tiga survei hidrografi diperuntukan untuk semua area yang tidak tercakup oleh orde khusus, orde satu dan dua pada kedalaman lebih besar dari 200 meter. Contoh klasifikasi daerah survei hidrografi disajikan pada Tabel 2.1:



**Tabel 2.1** Klasifikasi daerah survei hidrografi (SNI 7646-2010-  
Hidrografi)

| No | Kelas       | Contoh daerah survei  |
|----|-------------|---|
| 1  | Orde Khusus | 1 Pelabuhan tempat sandar dan alur kritis (yang berhubungan dengannya) dimana kedalaman air di bawah lunas minimum                          |
| 2  | Orde 1      | 1 Pelabuhan,<br>2 Alur pendekat pelabuhan,<br>3 Lintasan/haluan yang dianjurkan<br>4 Daerah-daerah pantai dengan kedalaman hingga 100 meter |
| 3  | Orde 2      | 1 Area yang tidak disebut pada orde khusus dan orde satu<br>2 Area dengan kedalaman hingga 200 meter  |
| 4  | Orde 3      | 1 Daerah lepas pantai yang tidak disebut dalam orde khusus, orde satu dan orde dua  |

## 2.2.2 Ketentuan Survei

### 2.2.2.1 Ketelitian

Ketelitian dari semua pekerjaan penentuan posisi maupun pekerjaan pemeruman selama survei dihitung dengan menggunakan metoda statistik tertentu pada tingkat kepercayaan 95% untuk dikaji dan dilaporkan pada akhir survei. Di bawah ini adalah ringkasan standar ketelitian pengukuran pada survei hidrografi :

**Tabel 2.2** Ketelitian pengukuran parameter survei hidrografi (SNI 7646-2010- Hidrografi)

| No | Deskripsi   | Kelas                    |                                   |                          |                                     |
|----|---|--------------------------|-----------------------------------|--------------------------|-------------------------------------|
|    |   | Orde Khusus              | Orde 1                            | Orde 2                   | Orde 3                              |
| 1  | Akurasi horisontal  | 2 m                      | 5 m + 5% dari kedalaman rata-rata | 20 m + 5% dari kedalaman | 150 m + 5% dari kedalaman rata-rata |
| 2  | Alat bantu navigasi tetap dan kenampakan yang berhubungan dengan navigasi | 2 m                      | 2 m                               | 5 m                      | 5 m                                 |
| 3  | Garis pantai  | 10 m                     | 20 m                              | 20 m                     | 20 m                                |
| 4  | Alat bantu navigasi terapung  | 10 m                     | 10 m                              | 20 m                     | 20 m                                |
| 5  | Kenampakan topografi  | 10 m                     | 10 m                              | 20 m                     | 20 m                                |
| 6  | Akurasi Kedalaman   | a = 0,25 m<br>b = 0,0075 | a = 0,5 m<br>b = 0,013            | a = 1,0 m<br>b = 0,023   | a = 1,0 m<br>b = 0,023              |

Catatan:

1. a dan b adalah *variabel* yang digunakan untuk menghitung ketelitian kedalaman.
2. alat pemeruman dikalibrasi sebelum digunakan

Batas toleransi kesalahan antara kedalaman titik fix perum pada lajur utama dan lajur silang dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$V = \pm \sqrt{a^2 + (bxd)^2} \dots\dots\dots (2.1)$$

dimana :

V = Toleransi kesalahan

a = kesalahan independen (jumlah kesalahan yang bersifat tetap)

b = faktor kesalahan kedalaman dependen (jumlah kesalahan yang bersifat tidak tetap)

d = kedalaman terukur

$(b \times d)$  = kesalahan kedalaman yang dependen (jumlah semua kesalahan kedalaman yang dependen)

### 2.3 TITIK PERUM

Pemeruman dilakukan dengan membuat profil (potongan) pengukuran kedalaman. Lajur perum dapat berbentuk garis-garis lurus, lingkaran-lingkaran konsentrik, atau lain nya sesuai metode yang digunakan untuk menentukan kedalaman.

Pada kegiatan pemeruman memiliki standar ketelitian internasional. Adapun ketelitian posisi fix perum harus memenuhi standar ketelitian international seperti tertera pada Tabel 2.2.

Ketelitian posisi tetap perum pada survei dengan menggunakan singlebeam echosounder adalah ketelitian posisi tranduser.

*Global Positioning System* (GPS) merupakan salah satu sistem penentuan posisi yang banyak digunakan dalam survei hidrografi. Untuk penentuan posisi yang memerlukan ketelitian tinggi menggunakan metode RTK-DGPS, maka harus dipenuhi kriteria berikut untuk menjaga kualitas penentuan posisi. (Eka Djunasjah,2005)

- a. Jumlah minimal satelit aktif/terpantau hingga bisa diteruskan dengan pekerjaan pemeruman adalah lima
- b. PDOP tidak melebihi enam untuk perekaman dan *sounding*, jika lebih hendaknya survei ditunda hingga dipenuhi syarat tersebut.
- c. Sudut minimal untuk *elevation mask* 10 derajat dari horison. Integritas sinyal GPS harus selalu dipantau.

- d. Dilakukan kalibrasi terhadap peralatan penentuan posisi yang digunakan serta dilakukan pengecekan paling sedikit seminggu sekali selama survei.
- e. Pengecekan dilakukan dengan kondisi alat tetap pada posisinya.

Posisi perum, bahaya–bahaya dan benda–benda lain dibawah permukaan yang signifikan harus ditetapkan sedemikian rupa sehingga ketelitian horisontalnya mengacu sebagaimana ditetapkan pada Tabel 2.2.

Ketelitian posisi perum adalah ketelitian letak posisi perum pada dasar laut dalam sistim referensi geodesi dengan pengecualian bagi survei orde dua dan orde tiga yang menggunakan Singlebeam Echosounder, ketelitian yang dimaksud adalah ketelitian posisi dari sistim sensor perum. (Eka Djunasjah, 2005)

#### **2.4 SINGLEBEAM ECHOSOUNDER**

Sebelum pelaksanaan pemeruman harus dibuat rencana lajur utama dan lajur silang. Berikut ini adalah kriteria pemeruman untuk singlebeam echosounder.

Menentukan dari kondisi umum topografi dasar laut, koreksi pasang surut dan pendeteksian, klasifikasi serta penentuan bahaya–bahaya di dasar laut merupakan suatu hal yang mendasar dalam tugas survei hidrografi. Kedalaman air diatas bahaya tersebut harus ditentukan, paling tidak, sesuai ketentuan akurasi kedalaman sebagaimana orde satu pada Tabel 2.2.

Dalam merencanakan kerapatan pemeruman, kondisi alam dasar laut dan persyaratan dari pengguna harus diperhitungkan, dengan maksud untuk menjamin kecukupan penelitian. Lajur perum utama sedapat mungkin harus tegak lurus garis pantai dengan interval maksimal satu cm pada sekala survei. Jarak yang memadai antara lajur perum dari berbagai orde survei sudah diisyaratkan pada SP-44. Berdasarkan prosedur tersebut harus ditentukan apakah perlu dilakukan suatu penelitian dasar laut ataukah dengan memperapat atau memperlebar lajur perum.

Lajur silang diperlukan untuk memastikan ketelitian posisi pemeruman dan reduksi pasut. Jarak antar lajur silang adalah 10 kali lebar lajur utama dan membentuk sudut antara 60 derajat sampai 90 derajat terhadap lajur utama. Lajur silang tambahan bisa ditambahkan pada daerah yang direkomendasikan atau terdapat keragu-raguan. Jika terdapat perbedaan yang melebihi toleransi yang ditetapkan (sesuai dengan ordenya) harus dilakukan uji lanjutan dalam suatu analisis secara sistematis terhadap sumber-sumber kesalahan penyebabnya. Setiap ketidakcocokan harus ditindak-lanjuti dengan cara analisis atau survei ulang selama kegiatan survei berlangsung. (Bambang Triatmodjo, 1999)

## 2.5 PASANG SURUT GELOMBANG

Fenomena pasut dijelaskan dengan 'teori pasut setimbang' yang dikemukakan oleh Bapak Fisika Klasik, *Sir Isaac Newton* pada abad ke-17. Teori ini menganggap bahwa bumi berbentuk bola sempurna dan dilingkupi air dengan distribusi massa yang seragam. Pembangkitan pasut dijelaskan dengan 'teori gravitasi universal', yang menyatakan bahwa: pada sistem dua benda dengan massa  $m_1$  dan  $m_2$  akan terjadi gaya tarik menarik sebesar  $F$  di antara keduanya yang besarnya sebanding dengan perkalian massanya dan berbanding terbalik dengan kuadrat jaraknya.

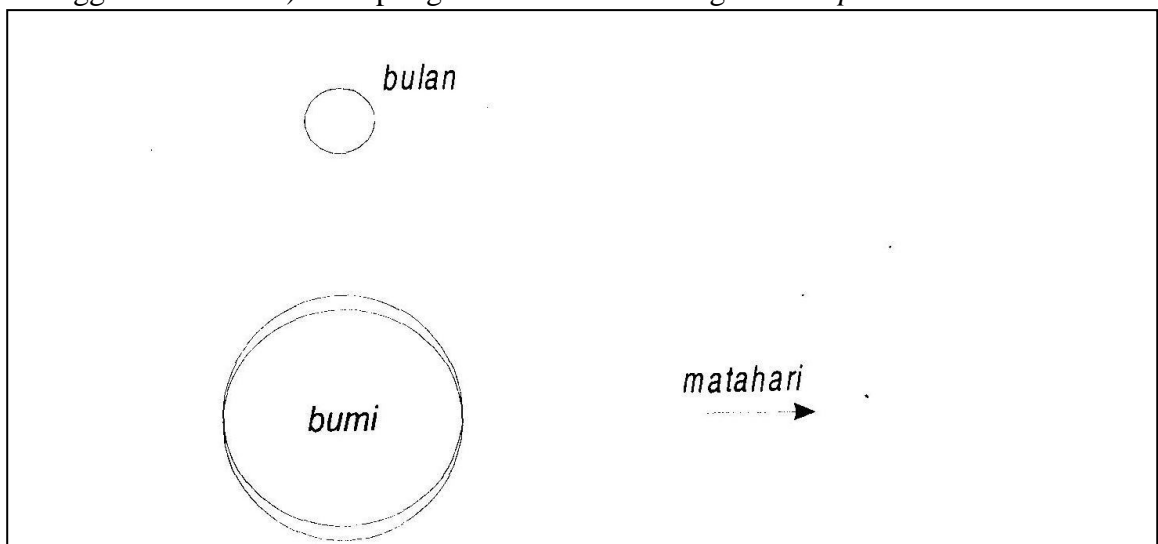
Pada sistem bumi-bulan, gaya-gaya pembangkit pasut (*tide generating forces*) adalah resultan gaya-gaya yang menyebabkan terjadinya pasut, yaitu: gaya sentrifugal sistem bumi-bulan ( $F_S$ ) dan gaya gravitasi bulan ( $F_B$ ).  $F_S$  bekerja dalam persekutuan pusat gravitasi bumi-bulan yang titik massanya terletak di sekitar  $\frac{1}{4}$  jari-jari bumi dari titik pusat bumi.  $F_S$  bekerja dengan kekuatan yang seragam di seluruh titik di permukaan bumi dengan arah yang selalu menjauhi bulan pada garis yang sejajar dengan garis yang menghubungkan pusat bumi dan bulan. Besar  $F_B$  tergantung pada jarak pusat massa suatu titik partikel air di permukaan bumi terhadap pusat massa bulan. Resultan  $F_S$  dan  $F_B$  menghasilkan gaya pembangkit pasut di seujur permukaan bumi.

Pada titik P yang lokasinya terdekat dengan bulan dan segaris dengan sumbu bumi-bulan, gaya gravitasi bulan yang bekerja pada titik pengamat tersebut

lebih besar dibanding dengan gaya sentrifugalnya ( $F_B > F_S$ ). Di titik P badan air tertarik menjauhi bumi ke arah bulan. Seiring dengan menjauhnya lokasi titik pengamat terhadap bulan, gaya gravitasi yang bekerja pada titik-titik di permukaan bumi pun akan semakin kecil. Di titik P', gaya sentrifugal lebih dominan dibanding gaya gravitasi bulan ( $F_B < F_S$ ), sehingga badan air tertarik menjauhi bumi pada arah menjauhi bulan. (Bambang Triatmodjo, 1999)

Fenomena pembangkitan pasut menyebabkan perbedaan tinggi permukaan air laut pada kondisi kedudukan-kedudukan tertentu dari bumi, bulan dan matahari. Saat spring, yaitu saat kedudukan matahari segaris dengan sumbu bumi-bulan, maka terjadi pasang maksimum pada titik di permukaan bumi yang berada di sumbu kedudukan relatif bumi, bulan dan matahari. Saat tersebut terjadi ketika bulan baru dan bulan purnama. Fenomena pasut pada kedudukan demikian disebut dengan spring tide atau pasut perbani.

Saat *neap*, yaitu saat kedudukan matahari tegak lurus dengan sumbu bumi-bulan, terjadi pasut minimum pada titik di permukaan bumi yang tegak lurus sumbu bumi-bulan. Saat tersebut terjadi di perempat bulan awal dan perempat bulan akhir. Fenomena pasut pada kedudukan demikian disebut dengan *neap* tide atau pasut mati. Tunggang pasut (jarak vertikal kedudukan permukaan air tertinggi dan terendah) saat spring lebih besar dibanding saat *neap*.



**Gambar 2.1** Kedudukan bumi, bulan dan matahari saat *neap* (perempat bulan awal dan perempat bulan akhir)

Data pengamatan tinggi muka air  $y_m(t)$  terhadap waktu  $t$  (jam) selama 1 piamtan atau 25 jam saat pasut perbani dengan tunggang pasut sekitar 2 meter dan 1 bulan atau 744 jam. Tipe pasut yang diperlihatkan tergolong harian ganda dengan jarak waktu dua posisi muka air tertinggi sekitar 6 jam. Pasut perbani dan pasut mati berjarak waktu sekitar 7 hari, sedangkan jarak waktu dua pasut perbani adalah sekitar 14 hari.

*Mean Sea Level* (MSL) atau Duduk Tengah adalah muka laut rata-rata pada suatu periode pengamatan yang panjang, sebaiknya selama 18,6 tahun.

*Mean Tide Level* (MTL) adalah rata-rata antara air tinggi dan air rendah pada suatu periode waktu.

*Mean High Water* (MHW) adalah tinggi air rata-rata pada semua pasang tinggi.

*Mean Low Water* (MLW) adalah tinggi air rata-rata pada semua surut rendah.

*Mean Higher High Water* (MHHW) adalah tinggi rata-rata pasang tertinggi dari dua air tinggi harian pada suatu periode waktu yang panjang. Jika hanya satu air tinggi terjadi pada satu hari, maka air tinggi tersebut diambil sebagai air tinggi tertinggi.

*Mean Lower High Water* (MLHW) adalah tinggi rata-rata air terendah dari dua air tinggi harian pada suatu periode waktu yang panjang. Hal ini tidak akan terjadi untuk pasut harian (diurnal).

*Mean Higher Low Water* (MHLW) adalah tinggi rata-rata air tertinggi dari dua air rendah harian pada suatu periode waktu yang panjang. Hal ini tidak akan terdapat pada pasut diurnal.

*Mean Lower Low Water* (MLLW) adalah tinggi rata-rata air terendah dari dua air rendah harian pada suatu periode waktu yang panjang. Jika hanya satu air rendah terjadi pada satu hari, maka harga air rendah tersebut diambil sebagai air rendah terendah.

*Mean High Water Springs* (MHWS) adalah tinggi rata-rata dari dua air tinggi berturut-turut selama periode pasang purnama, yaitu jika tunggang (range) pasut itu tertinggi.

*Mean Low Water Springs* (MLWS) adalah tinggi rata-rata yang diperoleh dari dua air rendah berturut-turut selama periode pasang purnama.

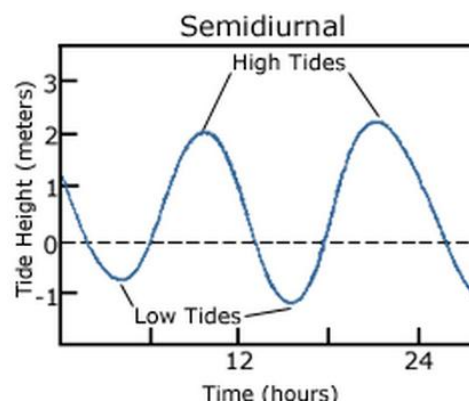
*Mean High Water Neaps* (MHWN) adalah tinggi rata-rata dari dua air tinggi berturut-turut selama periode pasut perbani (neap tides), yaitu jika tunggang (range) pasut paling kecil.

*Mean Low Water Neaps* (MLWN) adalah tinggi rata-rata yang dihitung dari dua air berturut-turut selama periode pasut perbani.

*Highest Astronomical Tide* (HAT)/*Lowest Astronomical Tide* (LAT) adalah permukaan laut tertinggi/terendah yang dapat diramalkan terjadi di bawah pengaruh keadaan

### 2.5.1 Pasang Surut Semi Diurnal

Dalam satu hari terjadi dua kali air pasang dan dua kali air surut dengan tinggi yang hampir sama dan pasang surut terjadi secara berurutan secara teratur. Tipe pasang surut rata-rata adalah 12 jam 24 menit. Pasang surut jenis ini terdapat di selat Malaka sampai laut Andaman.

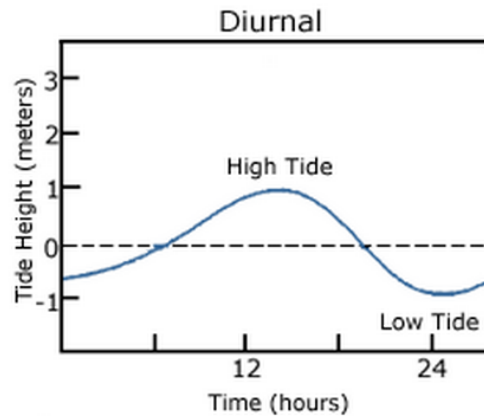


**Gambar 2.2** Gelombang pasang surut semidiurnal (Bambang Triatmodjo, 2008)



### 2.5.2 Pasang Surut Diurnal

Dalam satu hari terjadi satu kali air pasang dan satu kali air surut dengan periode pasang surut adalah 24 jam 50 menit. Pasang surut tipe ini terjadi di perairan selat Karimata.



**Gambar 2.3** Gelombang pasang surut diurnal (Bambang Triatmodjo, 2008)

### 2.5.3 Pasang Surut Campuran Condong ke Harian Ganda

Dalam satu hari terjadi dua kali air pasang dan dua kali air surut, tetapi tinggi dan periodenya berbeda. Pasang surut jenis ini banyak terdapat di perairan Indonesia Timur.

### 2.5.4 Pasang Surut Campuran Condong ke Harian Tunggal

Pada tipe ini, dalam satu hari terjadi satu kali air pasang dan satu kali air surut, tetapi kadang-kadang untuk sementara waktu terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dengan tinggi dan periode yang sangat berbeda. Pasang surut jenis ini terdapat selat Kalimantan dan pantai utara Jawa Barat.

## 2.6 INTERPOLASI PASANG SURUT GELOMBANG

Interpolasi pasang surut diperlukan untuk melihat berapa perbedaan nilai pasang surut gelombang dari jam sebelum ke jam sesudah pengamatan pasang surut. Hal ini berfungsi untuk mendapatkan nilai kedalaman terkoreksi pada saat

pemeruman telah dilakukan. Adapun rumus interpolaasi pasang surut adalah sebagai berikut : (Bambang Triatmodjo, 2008)

$$B = A3 + ((TIME - A1) / (A2 - A1)) \times (A4 - A3) \dots\dots\dots (2.2)$$

- a.  $A3$  = nilai awal pasut ketika pemeruman dengan *interval* 15 menit.
- b.  $TIME$  = jam ketika pemeruman.
- c.  $A1$  = jam pengamatan awal pasut ketika pemeruman yakni dengan *interval* 15 menit.
- d.  $A2$  = jam pengamatan akhir pasut ketika pemeruman yakni dengan *interval* 15.
- e.  $A4$  = nilai akhir pasut ketika sounding dengan *interval* 15 menit.

Setelah nilai interpolasi pasang surut telah didapat maka akan didapat nilai kedalaman terkoreksi pemeruman dengan nmenggunakan rumus sebagai berikut :

$$Depth\ correction = Depth + Draft + (MSL - B) \dots\dots\dots (2.3)$$

- a.  $Depth\ correction$  = kedalaman terkoreksi
- b.  $Depth$  = kedalaman ukuran
- c.  $Draft$  = jarak antara *transducer* ke permukaan air
- d.  $MSL$  = permukaan laut rata-rata
- e.  $B$  = interpolasi pasang surut

## 2.7 PENGUKURAN TERESTRIS

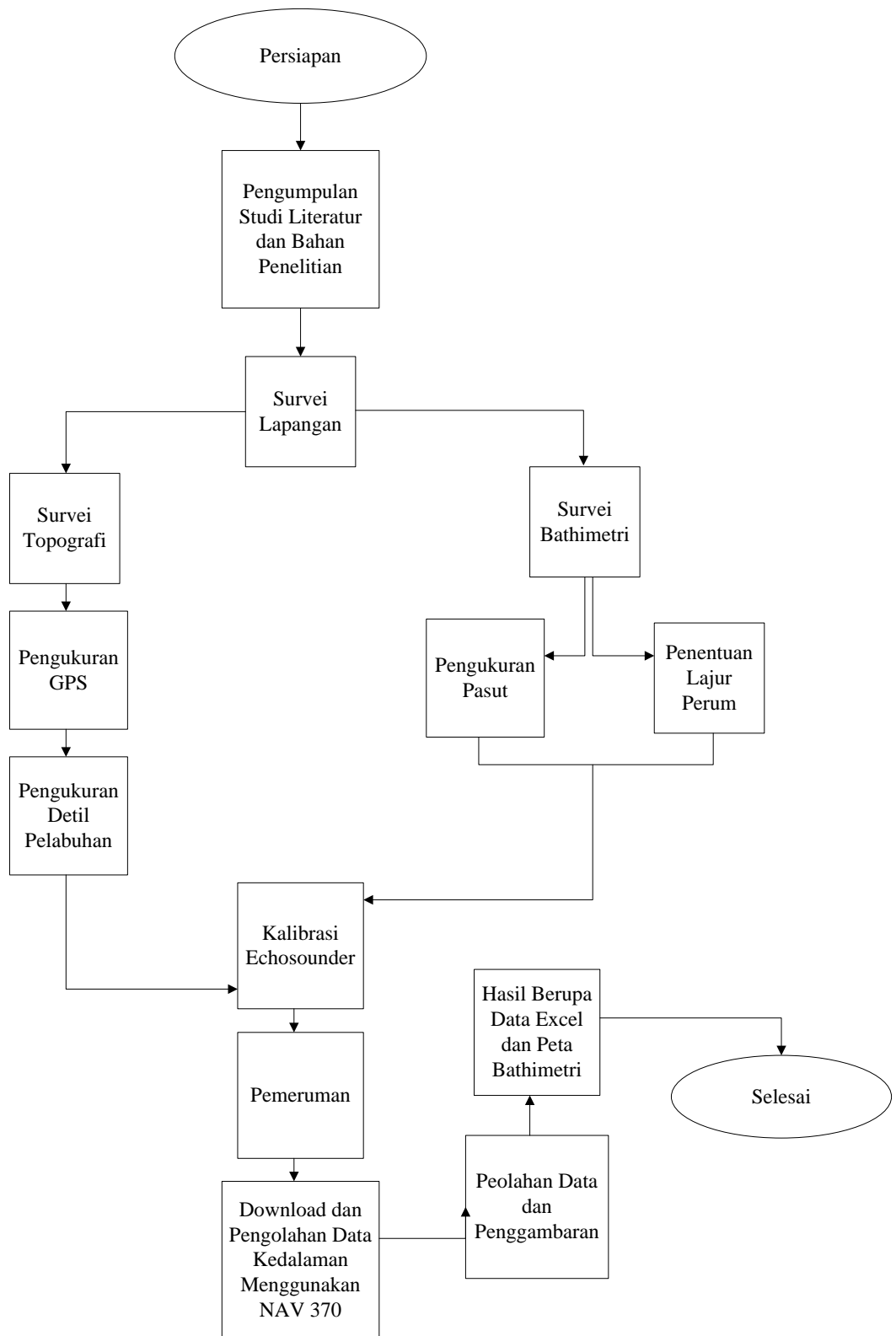
Pengukuran bidang tanah dapat dilakukan secara terestrial, fotogrametrik, atau metoda lainnya. Pengukuran terestris adalah pengukuran dengan menggunakan alat ukur *theodolite*, *total station*, *laser scanner*. Berikut perlengkapannya seperti: pita ukur, baak ukur, electronic distance measurement (EDM), GPS *receiver*, dan lain sebagainya.

Adapun pemetaan secara fotogrametrik adalah pemetaan melalui foto udara (periksa foto simulasi di atas). Pemetaan secara fotogrametrik tidak dapat lepas dari referensi pengukuran secara terestris, mulai dari penetapan *ground controls* (titik dasar kontrol) hingga kepada pengukuran batas tanah.

## **BAB III**

### **PELAKSANAAN PENELITIAN**

Bab ini menjelaskan tahapan pelaksanaan penelitian mulai dari perencanaan, pengambilan data, pengolahan data, pembentukan *surface* menggunakan *NAV 370 Surveying Software*, *Autocad Land Dekstop* dan pembuatan *output* data. Tahapan pelaksanaan penelitian digambarkan seperti gambar 3.1, sebagai berikut :



**Gambar 3.1** Tahapan Pelaksanaan Penelitian

### **3.1 Deskripsi Daerah Penelitian**

Pada penelitian ini penulis melakukan pengukuran di Pelabuhan Kendal. Pelabuhan Kendal terletak di Desa Wonorejo, Kecamatan Kaliwungu, Kabupaten Kendal, kelak bila telah beroperasi memiliki potensi menggeser Pelabuhan Tanjung Emas Semarang. Sebab, lokasinya sangat luas dan bisa lebih dikembangkan bila dibandingkan dengan Tanjung Emas yang sangat terbatas.

Ide pembangunan pelabuhan itu dicetuskan tahun 2001 oleh Bupati Kendal (saat itu) Hendy Boedoro. Hendy Boedoro, yang melihat Pelabuhan Tanjung Emas sering tergenang rob, berupaya menjadikan Kendal memiliki pelabuhan tersendiri.

Namun pembangunan pelabuhan tersebut tidak semudah membalikkan telapak tangan. Sejak 2001 hingga kini pembangunan pelabuhan itu diperkirakan telah menelan biaya Rp 150 miliar. Pembangunan dermaga kurang-lebih 300 m selebar 10 m menelan biaya Rp 45 miliar. Pembangunan itu ditanggung APBN. Tahap pertama dibangun sepanjang 102 m dan lebar 10 m dengan dana Rp 15 miliar.

Namun kendala yang dihadapi adalah jalan menuju pelabuhan sepanjang 4,2 kilometer yang rusak parah. Setelah hujan, jalan berubah seperti arena off road. Pada musim kemarau, debu sangat tebal. Pengguna jalan yang melintas serasa berada di atas kapal yang terombang-ambing ombak.

Kini, Pemerintah Kabupaten Kendal telah memiliki kapal, yakni Kali Bodri 1 dan Kali Bodri 2. Kapal itu saat ini dititipkan di Pelabuhan Tanjung Emas.

Asisten Ekonomi dan Pembangunan mengemukakan saat ini kendala yang masih dihadapi adalah kedalaman laut di pelabuhan penumpang yang cukup dangkal, yakni kurang dari 3 m, sehingga kapal besar kesulitan bersandar. Supaya kapal penumpang bisa berlabuh, paling tidak perlu kedalaman laut maksimal 8 m.

Sementara untuk bisa menjadi pelabuhan internasional, paling tidak berkedalaman minimal 12 m.

### **3.2 Perencanaan**

Tahap ini meliputi penentuan lokasi penelitian, persiapan alat-alat yang dibutuhkan, dan desain lajur perum.

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah :

1. Echosounder HI-Target HD 370
2. GPS Geodetik
3. Waterpass
4. Total Station
5. Tribach
6. Statif
7. Bak ukur

Perangkat lunak yang digunakan pada ini adalah :

1. NAV 370 Surveying Software
2. Autodesk Land Dekstop 2004
3. Microsoft Excel 2007
4. Microsoft Word 2007

### **3.3 Pengukuran**

Pada tahap pengukuran ini terdapat 3 jenis pengukuran, yakni pengukuran kedalaman perairan, pengukuran pasang surut gelombang, dan pengukuran situasi.

#### **3.3.1 Pemeruman**

Pemeruman adalah proses dan aktivitas yang ditujukan untuk memperoleh gambaran (model) bentuk permukaan (topografi) dasar perairan (*seabed surface*). Proses penggambaran dasar perairan tersebut (sejak pengukuran, pengolahan hingga visualisasinya) disebut sebagai survei batimetri.

Garis-garis kontur kedalaman atau model batimetri diperoleh dengan menginterpolasikan titik-titik pengukuran kedalaman yang tersebar pada lokasi yang dikaji. Kerapatan titik-titik pengukuran kedalaman bergantung pada skala model yang hendak dibuat.. Titik-titik pengukuran kedalaman berada pada lajur-lajur pengukuran kedalaman yang disebut sebagai lajur perum atau *sounding line*. Contoh jarak antar lajur perum adalah 100 m yang melingkupi daerah survei seluas sekitar  $3 \times 6 \text{ km}^2$ .

Jarak antar titik-titik fiks perum pada suatu lajur pemeruman setidaknya tidaknya sama dengan atau lebih rapat dari interval lajur perum. Saat ini, teknik perekaman data kedalaman sudah dapat dilakukan secara digital. Laju perekaman data telah mencapai kecepatan yang lebih baik dari 1 titik per detik.

#### **3.3.1.1 Desain Lajur Perum**

Pemeruman dilakukan dengan membuat profil (potongan) pengukuran kedalaman. Lajur perum dapat berbentuk garis-garis lurus, lingkaran-lingkaran konsentrik, atau lainnya sesuai metode yang digunakan untuk penentuan posisi titik-titik fiks perumnya. Lajur-lajur perum didesain sedemikian rupa sehingga memungkinkan pendeteksian perubahan kedalaman yang lebih ekstrim. Untuk itu, desain lajur-lajur perum harus memperhatikan kecenderungan bentuk dan topografi pantai sekitar perairan yang akan disurvei. Agar mampu mendeteksi perubahan kedalaman yang lebih ekstrem lajur perum dipilih dengan arah yang tegak lurus terhadap kecenderungan arah garis pantai.

Dari pengukuran kedalaman di titik-titik fiks perum pada lajur-lajur perum yang telah didesain, akan didapatkan sebaran titik-titik fiks perum pada daerah survei yang nilai-nilai pengukurannya dapat dipakai untuk menggambarkan batimetri yang diinginkan. Berdasarkan sebaran angka-angka kedalaman pada titik-titik fiks perum itu, batimetri perairan yang disurvei dapat diperoleh dengan menarik garis-garis kontur kedalaman. Penarikan garis kontur kedalaman dilakukan dengan membangun grid dari sebaran data kedalaman. Dari grid yang dibangun, dapat ditarik garis-garis yang menunjukkan angka-angka kedalaman yang sama.

### 3.3.1.2 Kerapatan Data dan Deteksi Fitur Bawah Laut

Untuk mengantisipasi tuntutan akan kerapatan data yang dibutuhkan untuk penyelidikan bawah laut, terutama yang berpotensi memhahayakan pelayaran, maka standar tentang hal ini disediakan pada standar survei hidrografi, lebar lajur survei (berkaitan dengan daerah cakupan dasar laut) didasarkan pada skala survei, yaitu tidak boleh melebihi satu sentimeter pada skala survei dan interval titik kedalaman tidak boleh melebihi 4 hingga 6 cm pada skala survei kecuali pada daerah yang relatif datar atau dasar laut yang beraturan. Pendekatan yang lebih ilmiah dilakukan oleh IHO sejalan dengan perkembangan kemampuan komputer pengolah data serta kemajuan teknologi *side scan sonar* dan *multibeam echosounder* yang telah dicapai.

Realisasi dari konsep baru tersebut adalah dengan penentuan kedalaman dasar laut terbaik yang disebut model batimetri dengan metode interpolasi kedalaman hasil pengukuran. Data survei yang dapat diterima atau ditolak, dinilai dengan membandingkan model kesalahan yang dihasilkan dengan untuk ketelitian kedalaman dengan nilai a dan b. Jika melebihi standar yang diberikan, maka titik-titik kedalaman harus lebih dirapatkan.

Berkaitan dengan lebar lajur survei pada edisi-edisi sebelumnya, bergantung pada skala survei, sedangkan pada standar yang baru bergantung pada kedalaman rata-rata perairan. Pengecualian berlaku untuk orde spesial yang menggunakan cakupan dasar laut 100%. Pembesaran lebar lajur survei dapat saja dilakukan, jika prosedur-prosedur yang ada telah dipenuhi sehingga menjamin deteksi bahaya secara baik. Sistem-sistem *sonar* yang digunakan untuk masing-masing orde survei harus mampu mendeteksi fitur bawah laut, sesuai dengan standar yang diberikan.

### 3.3.1.3 Alat Perum Gema

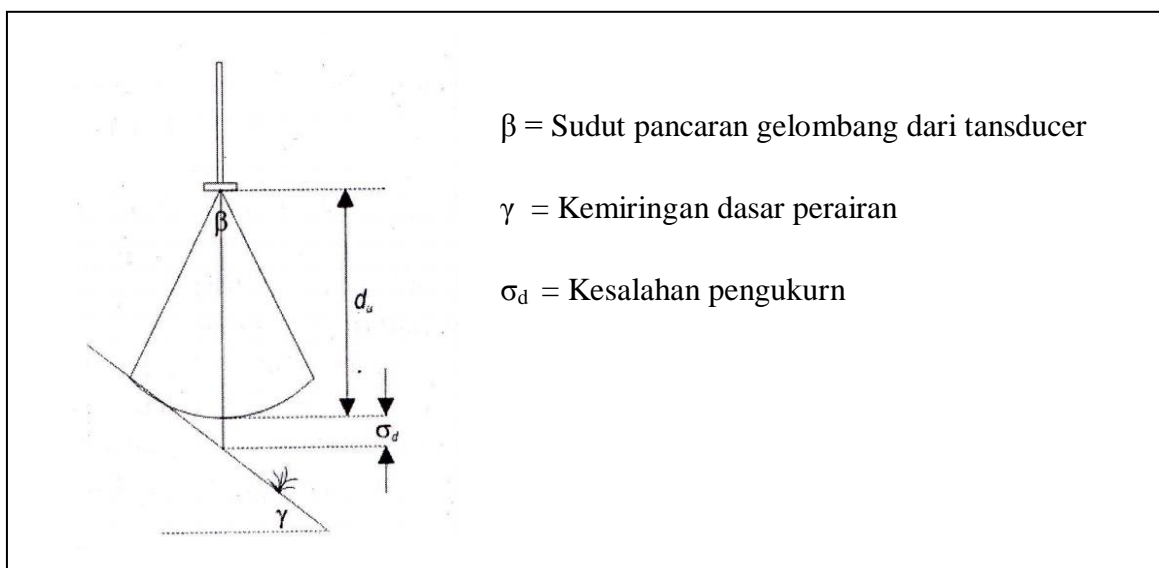
Alat perum gema bekerja pada kisaran frekuensi antara 12 hingga 700 kHz dan gelombang sekitar  $10^{-4}$  hingga  $10^{-3}$  s. Gelombang akustik dibangkitkan dengan sudut pancaran antara 5 hingga  $15^{\circ}$ . Tingkat pembangkitan gelombang berada pada rentang intensitas antara 200 hingga 230 dB. *Transduser* merupakan



bagian penting dari sebuah alat perum gema yang dibuat dari bahan yang bersifat *piezo-electric*. Bahan yang bersifat demikian akan bergetar jika dikenai listrik dan sebaliknya, membangkitkan listrik ketika digetarkan.

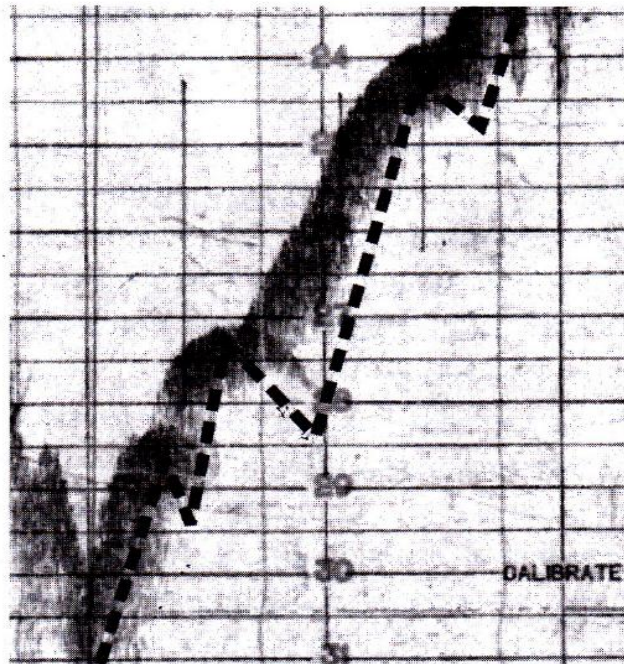
Pada alat perum gema, listrik dibangkitkan dengan sebuah catu daya melalui sebuah *switching unit* dan dialirkan ke *transduser*, kemudian dikonversi menjadi pulsa gelombang suara. Pulsa gelombang suara yang dipantulkan oleh dasar laut diterima kembali oleh *transduser* penerima dan dikonversi kembali menjadi energi listrik yang diperkuat oleh sebuah *amplifying unit*. Energi listrik hasil penguatan tersebut direkam pada sebuah unit secara mekanik (dengan kertas perum gema atau *echogram*), secara elektronik-analog (pada pita magnetik) atau secara digital (pada unit penyimpanan eksternal untuk keperluan ini, biasanya alat perum gema dihubungkan dengan sebuah komputer).

Bentuk gelombang yang dibangkitkan melalui *transduser* sebuah perum gema akan berbentuk seperti pancaran yang menghasilkan jejak (*footprint*) berbentuk lingkaran pada dasar perairan. Jari-jari lingkaran yang dibentuk sebanding dengan kedalaman yang diukur. Sudut pancaran gelombang dari *transduser* membentuk lebar pancaran  $\beta$  sehingga pada profil dasar perairan dengan kemiringan  $\gamma$  akan terjadi kesalahan pengukuran  $\sigma_d$ , akibat dari pantulan gelombang yang berasal dari pancaran pada sisi luar.



**Gambar 3.2** Kesalahan pengukuran akibat lebar pancaran gelombang

Akibat pengaruh lebar pancaran gelombang tersebut, rekaman kedalaman yang diukur oleh perum gema pada puncak-puncak dari perbedaan kedalaman yang ekstrim akan membentuk kurva-kurva setengah lingkaran. Berikut adalah contoh perubahan profil kedalaman.

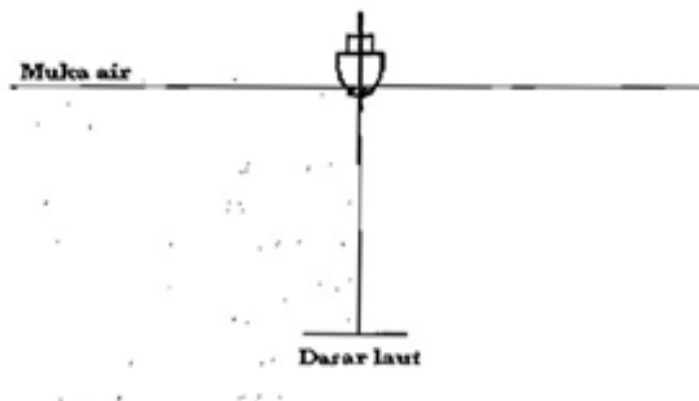


**Gambar 3.3** Perubahan profil kedalaman. (Bambang Triatmodjo, 2008)

Ketelitian pendeteksian perubahan kedalaman pada alat perum gema juga dipengaruhi oleh panjang pulsa, yaitu jarak antar pembangkitan gelombang. Jika perubahan kedalaman lebih kecil dari setengah panjang pulsa, maka perubahan tersebut tidak akan terdeteksi oleh perum gema. Perum gema hanya dapat mendeteksi perubahan kedalaman yang lebih besar dari setengah panjang pulsanya. Lebar pancaran gelombang dan panjang pulsa merupakan keterbatasan alat perum gema yang berasal dari desain dan kemampuan teknologi pemeruman hingga saat ini, sehingga pada umumnya ketelitian pengukuran kedalaman dengan teknik akustik ini berkisar pada angka 1 dm. Jika profil kedalaman yang rinci diperlukan, maka harus dilakukan interpretasi terhadap hasil perekaman data pada kertas perum.

### 1) *Singlebeam Echosounder*

Sistem batimetri dengan menggunakan *singlebeam* secara umum mempunyai susunan *transceiver* (*transducer/receiver*) yang terpasang pada lambung kapal atau sisi bantalan pada kapal. Sistem ini mengukur kedalaman air secara langsung dari kapal penyelidikan. *Transceiver* yang terpasang pada lambung kapal mengirimkan pulsa akustik dengan frekuensi tinggi yang terkandung dalam *beam* (gelombang suara) secara langsung menyusuri bawah kolom air. Energi akustik memantulkan sampai dasar laut dari kapal dan diterima kembali oleh *transceiver* seperti pada gambar 3.4. *Transceiver* terdiri dari sebuah *transmitter* yang mempunyai fungsi sebagai pengontrol panjang gelombang pulsa yang dipancarkan dan menyediakan tenaga elektrik untuk frekuensi yang diberikan.

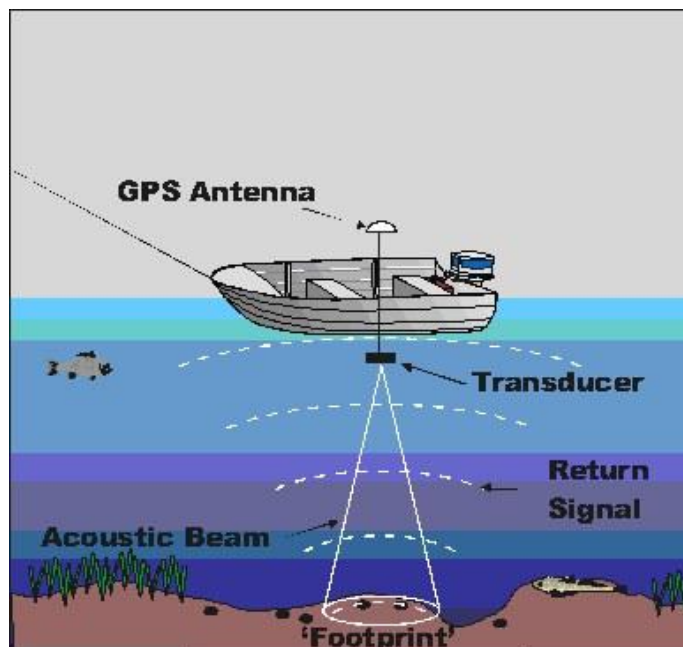


**Gambar 3.4** *SingleBeam Echosounder*

*Transmitter* ini menerima secara berulang-ulang dalam kecepatan yang tinggi, sampai pada orde kecepatan milisekon. Perekaman kedalaman air secara berkesinambungan dari bawah kapal menghasilkan ukuran kedalaman beresolusi tinggi sepanjang lajur yang disurvei. Informasi tambahan seperti *heave* (gerakan naik-turunnya kapal yang disebabkan oleh gaya pengaruh air laut), *pitch* (gerakan kapal ke arah depan (mengangguk) berpusat di titik tengah kapal), dan *roll* (gerakan kapal ke arah sisi-sisinya (lambung kapal) atau pada sumbu memanjang) dari sebuah kapal dapat diukur oleh sebuah alat dengan nama *Motion Reference*

*Unit* (MRU), yang juga digunakan untuk koreksi posisi pengukuran kedalaman selama proses berlangsung.

*Range* frekuensi yang dipakai pada sistem ini menurut WHSC *Sea-floor Mapping Group* mengoperasikan range frekuensi dari 3.5 kHz sampai 200kHz. *Singlebeam echosounders* relatif mudah untuk digunakan, tetapi alat ini hanya menyediakan informasi kedalaman sepanjang garis *track* yang dilalui oleh kapal. Jadi, ada bagian dasar yang tidak terekam antara lajur per lajur sebagai garis *tracking* perekaman, yang mana ada ruang sekitar 10 sampai 100 meter yang tidak terlihat oleh sistem ini.



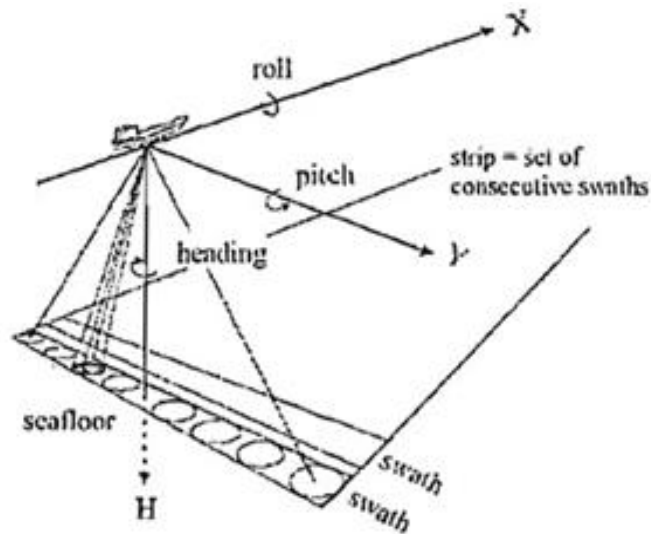
**Gambar 3.5** Proses *Singlebeam Echosounder*. (Bambang Triatmodjo, 2008)

## 2) *Multibeam Echosounder*

*Multibeam Echosounder* menggunakan prinsip yang sama dengan *singlebeam* namun jumlah beam yang dipancarkan adalah lebih dari satu pancaran. Pola pancarannya melebar dan melintang terhadap badan kapal. Setiap beam akan mendapatkan satu titik kedalaman hingga jika titik-titik kedalaman tersebut dihubungkan akan membentuk profil dasar laut. Jika kapal bergerak maju hasil sapuan *multibeam* tersebut menghasilkan suatu luasan yang menggambarkan permukaan dasar laut (Moustier, 1998). Konfigurasi *transducer* merupakan gabungan dari beberapa *stave* yang tersusun seperti *array* (matriks).

*Stave* merupakan bagian *transducer* MBES yang berfungsi sebagai saluran untuk memancarkan maupun menerima pulsa akustik hasil pantulan dari dasar laut (*stave transceiver beam*). Semua *stave* akan menerima sinyal akustik dari segala arah hasil pantulan objek-objek di dasar laut. Semakin dekat objeknya dengan sumber maka intensitasnya pun semakin kuat. Gelombang akustik yang dipantulkan dari dasar laut selanjutnya dianalisis oleh *transducer* sehingga dapat dibedakan gelombang pantul yang datang dari arah yang berbeda. Hasil sudut pancaran *beam* terluar sering kali mengalami kesalahan karena lintasan gelombang akustik yang lebih panjang jaraknya, sehingga memperbesar kesalahan refraksi sudut. Tiap-tiap *stave* pada MBES akan memancarkan sinyal pulsa akustik dengan kode tertentu sehingga kode/sinyal antara *stave* yang satu dengan *stave* yang lain berbeda walaupun menggunakan frekuensi yang sama. Untuk mendeteksi arah datangnya sinyal yang dipantulkan oleh dasar laut, *transducer* pada MBES menggunakan tiga metode pendeteksian, yaitu pendeteksian amplitudo, *fase* dan interferometrik (sudut).

Pada umumnya MBES menggunakan teknik interferometrik untuk mendeteksi arah datangnya gelombang pantul sebagai fungsi dari waktu. Pendeteksian interferometrik digunakan untuk menentukan sudut sinyal datang. Dengan menggunakan akumulasi sinyal akustik yang diterima pada dua *array* yang terpisah, suatu pola interferensi akan terbentuk. Pola ini menunjukkan hubungan *fase* tiap sinyal yang diterima. Berdasarkan hubungan yang ada, suatu arah akan dapat ditentukan. Bila informasi ini dikombinasikan dengan jarak, akan dihasilkan data kedalaman. Pada prinsipnya pengukuran MBES yang digunakan adalah pengukuran selisih *fase* pulsa (jenis pengamatan yang digunakan adalah metode pulsa). Untuk teknik pengukuran yang digunakan selisih *fase* pulsa ini merupakan fungsi dari selisih pulsa waktu pemancaran dan penerimaan pulsa akustik serta sudut datang dari sinyal tiap-tiap *transducer*.



**Gambar 3.6** *Multibeam Echosounder.* (Bambang Triatmodjo, 2008)

Dari gambar di atas terlihat ketika gelombang suara yang dikirimkan ke dasar laut mengenai dasar, maka sebagian gelombangnya akan dipantulkan kembali ke permukaan air, dan akan diterima oleh *receiver* yang jumlahnya banyak. Keuntungan yang diperoleh dengan menggunakan *multibeam* adalah biaya yang efektif karena akan diperoleh peta batimetri yang detail dengan cakupan area yang sangat luas. Secara singkat, jika menggunakan *singlebeam* maka kedalaman yang diperoleh berupa titik, sedangkan menggunakan multi beam akan diperoleh satu sapuan kedalaman yang berupa garis.

Kalibrasi sensor sistem multibeam echosounder akan sangat menentukan kualitas data yang dikumpulkan dengan menggunakan *multibeam echosounder*. Kalibrasi dilakukan dengan membuat satu jalur sapuan multibeam dengan panjang sekitar dua hingga tiga *nautical miles*. Pada garis ini dilakukan pengambilan data batimetri sebanyak tiga kali ulangan. Pengambilan data yang pertama dan kedua dilakukan dengan kecepatan sama, sedangkan yang ketiga, pengambilan data dilakukan dengan kecepatan setengah dari sebelumnya. Ketiga data yang terkumpul ini akan digunakan untuk besarnya nilai *pitch* (anggukan), *roll* (gelengan) kapal, *time delay*, dan *heading* (arah kapal).

Tujuan kalibrasi *roll* adalah untuk mencari besarnya nilai koefisien koreksi *roll*, sehingga kedalaman yang terukur menjadi akurat. Kalibrasi ini dilakukan dengan membuat satu garis sapuan *multibeam* dengan memilih dasar laut yang

datar. Pada garis ini dilakukan pengambilan data kedalaman sebanyak dua kali bolak balik dengan kecepatan sama, dan dibuat koridor untuk memperoleh nilai koefisien *roll*nya. Tujuan kalibrasi *pitch* adalah untuk mencari besarnya nilai koefisien koreksi *pitch* dan *time delay*, sehingga kedalaman yang terukur menjadi akurat. Tujuan utama dari kalibrasi *heading* adalah untuk mencari besarnya nilai koefisien koreksi *heading*, sehingga kedalaman yang terukur jadi akurat.

Karena *beam* dipancarkan tidak tegak-lurus, maka ketelitian data kedalaman yang diukur sangat tergantung pada stabilitas wahana yang digunakan (kapal). Dalam prakteknya, kapal sangat dipengaruhi oleh gelombang, sehingga dalam menjalankan lajur-lajur survei menggunakan alat multibeam mutlak diperlukan alat tambahan untuk mengeliminir pengaruh gelombang.

#### **3.3.1.4 Sumber Kesalahan dan Kalibrasi**

Hampir semua sumber kesalahan merupakan kesalahan sistematis, sehingga dapat didesain cara mengatasinya untuk mendapatkan hasil pengukuran yang benar.

Cara yang efektif untuk menjaga ketelitian pemeruman adalah dengan melakukan kalibrasi menggunakan cakera tera (*bar check*). Kalibrasi ini sangat membantu untuk mendapatkan ukuran kedalaman yang benar akibat beberapa sumber kesalahan sekaligus. *Bar check* terbuat dari lempeng logam berbentuk lingkaran atau segi empat yang digantungkan pada tali atau rantai berskala dan diletakkan di bawah *transduser*. Tali atau rantai berskala dipakai sebagai pembanding hasil pengukuran dengan alat perum gema. Pembandingan pengukuran kedalaman dilakukan untuk setiap perubahan kedalaman, mulai dari kedalaman 0 hingga kedalaman maksimum yang akan diperum dengan interval 1 m. Kalibrasi dengan *bar check* dilakukan setelah pengesetan pulsa awal nol dilakukan (goresan saat pena stilus mendapatkan arus listrik dari gelombang pancar ditepatkan pada skala 0) dan dimulai dari kedalaman tali skala *bar check* 1 meter. Setelah itu, kedudukan *bar check* diturunkan dengan selang satu meter hingga kedalaman maksimum daerah yang akan diperum. Selanjutnya, dari

kedalaman maksimum, tali *bar check* ditarik dengan selang 1 meter hingga kembali pada kedudukan 1 meter.

Berdasarkan mekanisme kalibrasi itu, akan didapatkan jejak seperti - tangga pada kertas perum. Anak-anak tangga yang menunjukkan pengukuran kedalaman dengan *bar check* kemudian dibandingkan dengan skala bacaan kertas perum, sehingga didapatkan tabel kalibrasi pemeruman. Tabel kalibrasi tersebut dipakai untuk memberi koreksi pada hasil pengukuran kedalaman.

Kalibrasi dengan *bar check* harus dilakukan langsung sebelum dan setelah pemeruman dilakukan pada satu sesi atau satu hari pemeruman. Sebelum pemeruman dilakukan, dipilih suatu kawasan air yang relatif tenang dan dalam dengan kapal yang berhenti untuk kalibrasi awal. Pemilihan lokasi *bar check* pada air tenang dilakukan agar lempeng logam tidak melayang karena arus, sehingga tetap berada di bawah *transduser*. Kedalaman tempat kalibrasi juga penting untuk memperoleh kedalaman kalibrasi yang maksimum. Data ukuran kedalaman yang telah dikoreksi dengan kalibrasi menggunakan *bar check* dapat dianggap terbebas dari sumber kesalahan karena sifat perambatan gelombang pada medium air laut. Selain kalibrasi dengan *bar check*, data hasil pengukuran kedalaman harus diberi koreksi-koreksi karena kesalahan akibat :

- 1) Sarat *transduser*, dengan mengukur kedudukan (jarak vertikal) permukaan *transduser* terhadap bidang permukaan laut.
- 2) *Settlement dan squat* (jika dianggap berarti), dengan membandingkan kedudukan vertikal *transduser* terhadap permukaan air saat kapal berjalan.
- 3) Pasut, dengan koreksi tinggi muka air laut sesaat (*sounding datum*) terhadap tinggi bidang referensi vertikal (MSL dan *chart datum*) yang diperoleh dari pengolahan data pengamatan pasut.

### **3.3.2 Pasang Surut Gelombang**

Pasang surut laut (*ocean tide*) adalah fenomena naik dan turunnya permukaan air laut secara periodik yang disebabkan oleh pengaruh gravitasi benda-benda langit terutama bulan dan matahari. Pengaruh gravitasi benda-benda langit terhadap bumi tidak hanya menyebabkan pasut laut, tetapi juga



mengakibatkan perubahan bentuk bumi (*bodily tides*) dan atmosfer (*atmospheric tides*). Istilah pasut yang merupakan gerak naik dan turun muka laut dengan periode rata-rata sekitar 12.4 jam atau 24.8 jam. Fenomena lain yang berhubungan dengan pasut adalah arus pasut, yaitu gerak badan air menuju dan meninggalkan pantai saat air pasang dan surut.

Permukaan air laut dipakai sebagai tinggi nol. Kedalaman suatu titik di dasar perairan atau ketinggian titik di pantai mengacu pada permukaan laut yang dianggap sebagai bidang referensi (datum) vertikal. Karena posisi muka laut selalu berubah, maka penentuan tinggi nol harus dilakukan dengan merata-ratakan data tinggi muka air yang diamati pada rentang waktu tertentu. Data tinggi muka air pada rentang waktu tertentu juga berguna untuk keperluan peramalan pasut. Analisis data pengamatan tinggi muka air juga akan berguna untuk mengenali karakter pasut dan fenomena lain yang mempengaruhi tinggi muka air laut.

Gravitasi bulan merupakan pembangkit utama pasut. Walaupun massa matahari jauh lebih besar dibanding massa bulan, namun karena jarak bulan yang jauh lebih dekat ke bumi dibanding matahari, matahari hanya memberikan pengaruh yang lebih kecil terhadap pembangkitan pasut di bumi. Rasio massa bulan: bumi adalah sekitar 1 : 85, sedangkan rasio massa bulan: matahari adalah sekitar 1 :  $3,18 \times 10^5$ . Jarak rata-rata pusat massa bumi dengan pusat massa matahari adalah sekitar 98,830,000 mil, sedangkan jarak rata-rata pusat massa bumi dengan pusat massa bulan adalah sekitar 238,862 mil, akibatnya perbandingan gravitasi bulan dan matahari (masing-masing terhadap bumi) adalah sekitar 1 : 0,46.

### **3.3.3 Teori Pasut**

Fenomena pasut dijelaskan dengan 'teori pasut setimbang' yang dikemukakan oleh Bapak Fisika Klasik, *Sir Isaac Newton* pada abad ke-17. Teori ini menganggap bahwa bumi berbentuk bola sempurna dan dilingkupi air dengan distribusi massa yang seragam. Pembangkitan pasut dijelaskan dengan 'teori gravitasi universal', yang menyatakan bahwa: pada sistem dua benda dengan massa  $m_1$  dan  $m_2$  akan terjadi gaya tarik menarik sebesar  $F$  di antara keduanya

yang besarnya sebanding dengan perkalian massanya dan berbanding terbalik dengan kuadrat jaraknya.

Pada sistem bumi-bulan, gaya-gaya pembangkit pasut (*tide generating forces*) adalah resultan gaya-gaya yang menyebabkan terjadinya pasut, yaitu: gaya sentrifugal sistem bumi-bulan ( $F_S$ ) dan gaya gravitasi bulan ( $F_B$ ).  $F_S$  bekerja dalam persekutuan pusat gravitasi bumi-bulan yang titik massanya terletak di sekitar  $\frac{1}{4}$  jari-jari bumi dari titik pusat bumi.  $F_S$  bekerja dengan kekuatan yang seragam di seluruh titik di permukaan bumi dengan arah yang selalu menjauhi bulan pada garis yang sejajar dengan garis yang menghubungkan pusat bumi dan bulan. Besar  $F_B$  tergantung pada jarak pusat massa suatu titik partikel air di permukaan bumi terhadap pusat massa bulan. Resultan  $F_S$  dan  $F_B$  menghasilkan gaya pembangkit pasut di seujur permukaan bumi.

Pada titik P yang lokasinya terdekat dengan bulan dan segaris dengan sumbu bumi-bulan, gaya gravitasi bulan yang bekerja pada titik pengamat tersebut lebih besar dibanding dengan gaya sentrifugalnya ( $F_B > F_S$ ). Di titik P badan air tertarik menjauhi bumi ke arah bulan. Seiring dengan menjauhnya lokasi titik pengamat terhadap bulan, gaya gravitasi yang bekerja pada titik-titik di permukaan bumi pun akan semakin kecil. Di titik P', gaya sentrifugal lebih dominan dibanding gaya gravitasi bulan ( $F_B < F_S$ ), sehingga badan air tertarik menjauhi bumi pada arah menjauhi bulan.

Fenomena pembangkitan pasut menyebabkan perbedaan tinggi permukaan air laut pada kondisi kedudukan-kedudukan tertentu dari bumi, bulan dan matahari. Saat spring, yaitu saat kedudukan matahari segaris dengan sumbu bumi-bulan, maka terjadi pasang maksimum pada titik di permukaan bumi yang berada di sumbu kedudukan relatif bumi, bulan dan matahari. Saat tersebut terjadi ketika bulan baru dan bulan purnama. Fenomena pasut pada kedudukan demikian disebut dengan *spring tide* atau pasut perbani.

Saat *neap*, yaitu saat kedudukan matahari tegak lurus dengan sumbu bumi-bulan, terjadi pasut minimum pada titik di permukaan bumi yang tegak lurus sumbu bumi-bulan. Saat tersebut terjadi di perempat bulan awal dan perempat bulan akhir. Fenomena pasut pada kedudukan demikian disebut dengan *neap tide*

atau pasut mati. Tunggang pasut (jarak vertikal kedudukan permukaan air tertinggi dan terendah) saat *spring* lebih besar dibanding saat *neap*.

Data pengamatan tinggi muka air  $y_m(t)$  terhadap waktu  $t$  (jam) selama 1 piamtan atau 25 jam saat pasut perbani dengan tunggang pasut sekitar 2 meter dan 1 bulan atau 744 jam. Tipe pasut yang diperlihatkan tergolong harian ganda dengan jarak waktu dua posisi muka air tertinggi sekitar 6 jam. Pasut perbani dan pasut mati berjarak waktu sekitar 7 hari, sedangkan jarak waktu dua pasut perbani adalah sekitar 14 hari.

### 3.3.4 Model Matematika Pasut dan Konstanta Harmonik

Pasut dimodelkan dengan persamaan :  $YB = AB \text{ Cos}(\varpi t + \phi)$  , dengan  $YB$  = tinggi muka air saat  $t$ ,  $AB$  = amplitudo pasut,  $\varpi$  = kecepatan sudut =  $2\pi f$ ,  $t$  = waktu dan  $\phi$  = keterlambatan *fase*. Pasut yang terjadi di suatu titik di permukaan bumi merupakan resultan dari jarak dan kedudukan bulan dan matahari terhadap bumi yang selalu berubah secara periodik. Fenomena ini dinyatakan dengan superposisi dari persamaan-persamaan gelombang pasut karena bulan, matahari dan kedudukan-kedudukan relatifnya.

Perbandingan amplitudo dan *fase* akibat atraksi benda-benda langit tertentu pada pola pasut dinyatakan dengan konstanta-konstanta perbandingan dengan simbol dan nilai tertentu untuk menjelaskan akibat atraksi gravitasi bulan atau matahari dengan kedudukan tertentu terhadap tinggi muka air. Konstanta-konstanta tersebut disebut sebagai komponen harmonik.

### 3.3.5. Tipe Pasut

Pasut di satu lokasi pengamatan dipisahkan menurut tipe diurnal, semi-diurnal dan *mixed*. Pasut diurnal (harian tunggal) terjadi dari satu kali kedudukan permukaan air tertinggi dan satu kali kedudukan permukaan air terendah dalam satu hari pengamatan. Pasut di pantai utara Jawa termasuk jenis ini. Pasut semi-diurnal (harian ganda) terjadi dari dua kali kedudukan permukaan air tinggi dan dua kali kedudukan permukaan air rendah dalam satu hari pengamatan. Pasut *mixed* (campuran) terjadi dari gabungan diurnal dan semi-diurnal.

Eka Djunasjah (2005) dalam Defant (1958) mengelompokkan pasut menurut perbandingan jumlah amplitudo komponen diurnal terhadap jumlah amplitudo komponen semi-diurnal, yang dinyatakan dengan:

$$N_1 = \frac{K_1 + O_1}{M_2 + S_2} \dots\dots\dots (3.1)$$

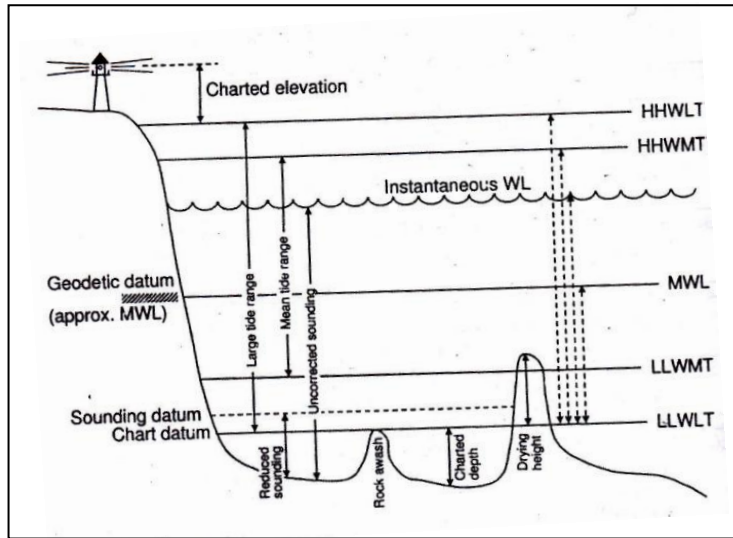
Berdasarkan  $N_i$ , pasut dikelompokkan menurut tipe-tipe yang ditampilkan pada tabel sbb :

**Tabel 3.1** Pengelompokkan tipe pasut (Bambang Triatmodjo, 2008)

| Nilai Bentuk       | Jenis pasut        | Fenomena   |
|--------------------|--------------------|--|
| $0 < N_i < 0,25$   | Harian ganda murni | 2x pasang sehari dengan tinggi yang relatif sama                   |
| $0,25 < N_i < 1,5$ | Campuran ganda     | 2x pasang sehari dengan perbedaan tinggi dan interval yang berbeda |
| $1,5N_i < 3$       | Campuran tunggal   | 1x atau 2x pasang sehari dengan interval yang berbeda              |
| $N_i > 3$          | Tunggal murni      | 1x pasang sehari, saat spring dapat terjadi 2 pasang sehari        |

### 3.3.6 Datum Vertikal

Tinggi titik di pantai atau kedalaman titik di laut hanya dapat ditentukan secara relatif terhadap bidang yang disepakati sebagai referensi tinggi atau datum vertikal. Datum vertikal ditentukan dengan merata-ratakan data pasut sepanjang rentang waktu pengamatan. Permukaan laut rata-rata atau *Mean Sea Level* (MSL) diperoleh dari satu atau beberapa stasiun pengamat pasut dan dipakai sebagai datum vertikal (de Jong, et al., 2002).



**Gambar 3.7** Visualisasi kedudukan beberapa datum vertikal (Bambang Triatmodjo, 2008)

Berikut adalah contoh visualisasi kedudukan titik perum ketika survei lapangan. Adapun titik yang diambil sebagai contoh adalah titik perum yang terletak pada jalur 1 pemeruman.

**Tabel 3.3** Contoh data pemeruman

| Point | X          | Y          | Time     | Depths H | MSL   | B     | Draft | Depths correction |
|-------|------------|------------|----------|----------|-------|-------|-------|-------------------|
| 1     | 421335,180 | 9235144,86 | 16:20:14 | 1,27     | 0,602 | 0,593 | 0,972 | 2,251             |

**Tabel 3.2** Pasut ketika pemeruman

| KETERANGAN | WAKTU SOUNDING |
|------------|----------------|
| A1         | 16:15          |
| A2         | 16:30          |
| KETERANGAN | PASUT SOUNDING |
| A3         | 0,59775        |
| A4         | 0,5855         |

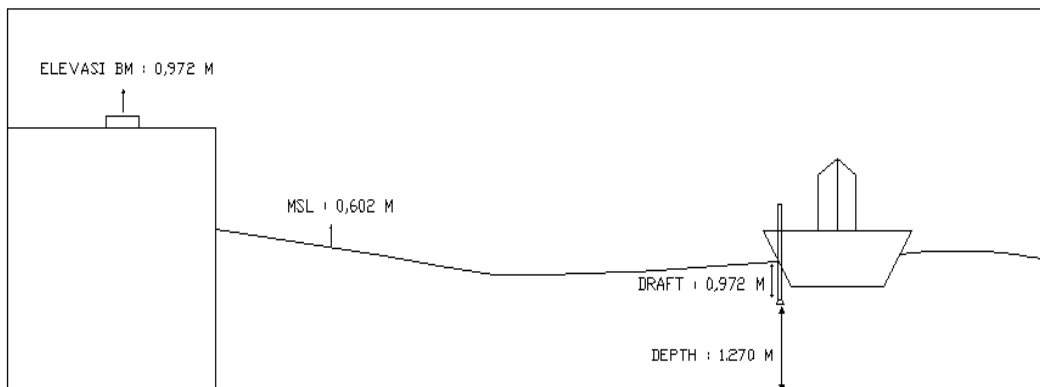
Dimana :

1. (X,Y) sebagai koordinat titik perum.
2. Time adalah waktu ketika penentuan koordinat titik perum.
3. Depths (H) adalah nilai kedalaman yang diperoleh oleh *echosounder*.
4. MSL adalah muka air laut rata-rata di pelabuhan kendal
5. B adalah nilai interpolasi pasang surut yang diperoleh dari menganut rumus (2.2) yakni :

$$B = A3 + ((\text{TIME} - A1) / (A2 - A1)) \times (A4 - A3) \dots\dots\dots (2.2)$$

6. *Draft* adalah jarak dari *transducer* ke badan kapal.
7. *Depth correction* adalah kedalaman terkoreksi yang diperoleh dari menganut rumus (2.3) yakni :

$$\text{Depth correction} = \text{Depth} + \text{Draft} + ( \text{MSL} - B ) \dots\dots\dots (2.3)$$



**Gambar 3.8** Visualisasi survei

Untuk keperluan navigasi digunakan muka air terendah sebagai datum vertikal untuk angka-angka kedalaman laut yang dinyatakan sebagai angka-angka dan garis-garis kontur kedalaman pada peta navigasi laut. Muka air terendah dipilih sedemikian rupa sehingga hampir tidak pernah terjadi keadaan ketika angka kedalaman yang tercantum di peta lebih kecil dari kedalaman aktual. Datum vertikal ini disebut sebagai *chart datum* atau muka surutan. Penentuan muka surutan ditujukan untuk menjamin keselamatan pelayaran. Muka surutan yang ditetapkan dari pengamatan pasut umumnya lebih rendah dari tinggi rata-rata permukaan air laut terendah saat bulan perbani.

### 3.3.7 Pengamatan Pasut

Pengamatan pasut dilakukan untuk memperoleh data tinggi muka air laut di suatu lokasi. Berdasarkan hasil pengamatan tersebut dapat ditetapkan datum vertikal tertentu yang sesuai untuk keperluan-keperluan tertentu pula. Pengamatan pasut dilakukan dengan mencatat atau merekam data tinggi muka air laut-pada setiap interval waktu tertentu. Rentang pengamatan pasut sebaiknya dilakukan selama selang waktu keseluruhan periodisasi benda-benda langit yang mempengaruhi terjadinya pasut telah kembali pada posisinya semula. Rentang waktu pengamatan pasut yang lazim dilakukan untuk keperluan praktis adalah 15 atau 29 piantan (1 piantan = 25 jam). Interval waktu pencatatan atau perkaman tinggi muka laut biasanya adalah 15, 30 atau 60 menit.

Cara yang paling sederhana untuk mengamati pasut dilakukan dengan palem atau rambu pengamat pasut. Tinggi muka air setiap jam diamati secara manual oleh operator (pencatat) dan dicatat pada suatu formulir pengamatan pasut. Pada palem dilukis tanda-tanda skala bacaan dalam satuan desimeter. Pencatat akan menuliskan kedudukan tinggi muka air laut relatif terhadap palem pada jam-jam tertentu sesuai dengan skala bacaan yang tertulis pada palem. Muka air laut yang relatif tidak tenang membatasi kemampuan pencatatan dalam menaksir bacaan skala. Walaupun demikian, cara ini cukup efektif untuk memperoleh data pasut dengan ketelitian hingga sekitar 2.5 cm. Tinggi palem disesuaikan dengan karakter tunggang air pada wilayah perairan yang diamati pola pasutnya, yang biasanya sekitar 4 hingga 6 meter.

Teknologi pengamatan pasut yang lebih maju tidak lagi menggunakan cara manual dan memerlukan orang yang ditugasi untuk mengamati dan mencatat tinggi muka air. Sebuah alat pengamat pasut mekanik yang digunakan untuk ini adalah *tide gauge*. Gerakan naik dan turunnya air laut dideteksi dengan sebuah pelampung yang digantungkan pada kawat baja. Kawat baja tersebut digulungkan pada suatu silinder penggulung. Sebuah sistem mekanik melakukan peredaman dan konversi gerakan silinder penggulung kawat baja dari ke arah vertikal menjadi ke arah horizontal. Gerakan horizontal bolak-balik tersebut kemudian

disambungkan pada sebuah pena yang menggoreskan tinta pada gulungan kertas perekam data yang digulungkan pada suatu silinder.

Kertas perekam digerakkan dengan sistem mekanik bertenaga listrik sehingga memungkinkan memberikan kecepatan sudut yang konstan dan setara dengan jam pengamatan. Pada kertas perekam juga terdapat skala bacaan yang memungkinkan untuk melakukan kalibrasi dan pembacaan rekaman data yang efisien. *Tide gauge* semacam ini disebut dengan *tide gauge* mekanik, karena sensor tinggi muka air dan pencatatannya pun dilakukan secara mekanik. Pelampung biasanya diletakkan pada pipa dalam sistem bejana berhubungan untuk mereduksi gerak muka laut sesaat karena gelombang dan angin. Pengembangan dari sistem ini adalah penggunaan sensor akustik atau optik (sebagai pengganti sensor mekanik) untuk mengukur tinggi muka air dengan perekaman secara digital.

Untuk skala regional dan global, satelit altimetri *Topex/Poseidon* yang bekerja menggunakan pulsa RADAR kini dapat dimanfaatkan untuk mengukur tinggi muka air laut yang berada jauh dari pantai. Satelit altimetri adalah satelit pengamat global dan dipakai untuk memantau tinggi permukaan laut di seluruh bagian bumi. Sistem ini mempunyai *footprint beam* pada radius sekitar 7 km dan sangat rentan terhadap noise yang ditimbulkan oleh daratan, sehingga tidak memungkinkan untuk pemantauan lokal. Sistem pengamatan pasut lokal dan dekat pantai yang paling maju saat ini adalah dengan suatu sebaran stasiun pengamat pasut permanen dengan sensor laser dan perekaman secara digital. Data pengamatan ditransmisikan melalui jaringan telepon atau gelombang radio ke suatu stasiun pusat pengolahan data.

Referensi (titik ikat) adalah suatu titik tetap yang sudah diketahui nilai koordinat  $x, y$ , dan  $z$  yang kemudian digunakan untuk pedoman sebagai dasar awal dalam perhitungan pengukuran baik itu untuk poligon maupun perhitungan waterpas. Adapun titik ikat yang digunakan dalam pekerjaan survei topografi kali ini adalah BM 1, dimana dilakukan terlebih dahulu pengamatan menggunakan GPS geodetik pada BM tersebut agar mendapatkan koordinat yang presisi.



### **3.3.8 Chart Datum**

*Chart datum* adalah titik nol kedalaman yang digunakan sebagai referensi kedalaman. Adapun *chart datum* yang digunakan dalam pengukuran ini adalah MSL (*Mean Sea Level*), dimana titik nol kedalaman mengacu pada permukaan air laut rata-rata. Hal ini berfungsi untuk menetapkan nilai kedalaman yang diperoleh dari hasil pemeruman mengacu pada permukaan laut rata-rata.

Adapun pengertian MSL adalah nilai permukaan air laut rata-rata yang diperoleh dari hasil pengamatan pasang surut sepanjang rentang waktu pengamatan.

### **3.3.9 Sistem Pengukuran Topografi**

Sistem yang digunakan dalam pengukuran ini adalah sistem poligon terbuka dimana pada kedua ujungnya diikatkan pada patok yang sudah diketahui koordinat dan elevasinya.

Pengukuran dimulai setelah ditetapkan titik awal poligon. Adapun jenis kegiatan pengukuran yang dilakukan adalah :

1. Orientasi lapangan
2. Penentuan titik ikat awal
3. Pengukuran poligon
4. Pengukuran sipat datar
5. Pengukuran situasi
6. Perhitungan dan penggambaran

Tahapan pelaksanaan pengukuran dan metodenya adalah sebagai berikut :

#### **1. Orientasi lapangan**

Orientasi lapangan dilakukan oleh tim survei, dengan maksud untuk mengadakan pengenalan daerah yang akan diukur, memperoleh informasi tentang keadaan lokasi, serta melakukan sinkronisasi rencana kerja dengan kondisi lapangan

2. Penentuan titik ikat awal

Dalam pengukuran situasi patok-patok BM berfungsi sebagai titik ikat pada pengukuran berikutnya, baik jangka pendek maupun jangka panjang. Oleh sebab itu patok-patok BM diletakan di tempat-tempat yang strategis , aman, dan tidak mudah berubah posisinya.

3. Pengukuran poligon

Poligon utama dibuat di sebelah utara Pelabuhan Kendal. Hanya terdapat 2 titik di poligon utama ini. Kedua-duanya dilakukan menggunakan pengamatan GPS geodetik selama 3 jam untuk penentuan koordinat x,y dan pengukuran waterpas untuk elevasi (z) nya.

4. Pengukuran sipat datar

Ketentuan mengenai pengukuran sipat datar adalah sebagai berikut :

- a. Pada pengukuran sipat datar sebelum dan sesudah pengukuran dilaksanakan, dilakukan pengecekan alat dengan pengamatan garis bidik.
- b. Pengukuran dilakukan *double stand*
- c. Pembacaan benang dilakukan lengkap (BT-BA-BB)
- d. Jarak bidik dari alat ke bak ukur maksimum 50 m
- e. Rambu dipasang tegak dengan bantuan nivo
- f. Untuk rambu panjang 3 m, pembacaan benang antara 0,25 m dan 2,75 m

5. Pengukuran situasi

Pengukuran situasi mendapatkan gambaran tentang kondisi areal yang dipetakan, yang meliputi batas-batas tambak, posisi lahan areal parkir, posisi bangunan dll. Ketentuan yang harus diikuti dalam pengukuran ini adalah :

- a. Ketelitian tinggi (beda tinggi)  $\sqrt{30^2}$
- b. Ketelitian jarak 1:1000 dan sudut  $\sqrt{30N}''$  dimana N adalah jumlah titik poligon
- c. Membuat skets pengukuran agar mempermudah dalam penggambaran

6. Penggambaran

Pelaksanaan penggambaran ini dilakukan setelah semua pekerjaan pengolahan data telah selesai. Pada proses penggambaran menggunakan *software Autocad Land Dekstop 2004*.

### 3.4 Pengolahan Data

Pada proses pengolahan data ini terdapat dua macam pengolahan data, yakni pengolahan data perum dan pengolahan data pasang surut. Pengolahan data perum akan dilakukan menggunakan *Microsoft Excel 2007*, dan *software NAV 370* dan pengolahan data pasut akan digunakan menggunakan *Microsoft Excel 2007*.

#### 3.4.1 Pengolahan Data Perum

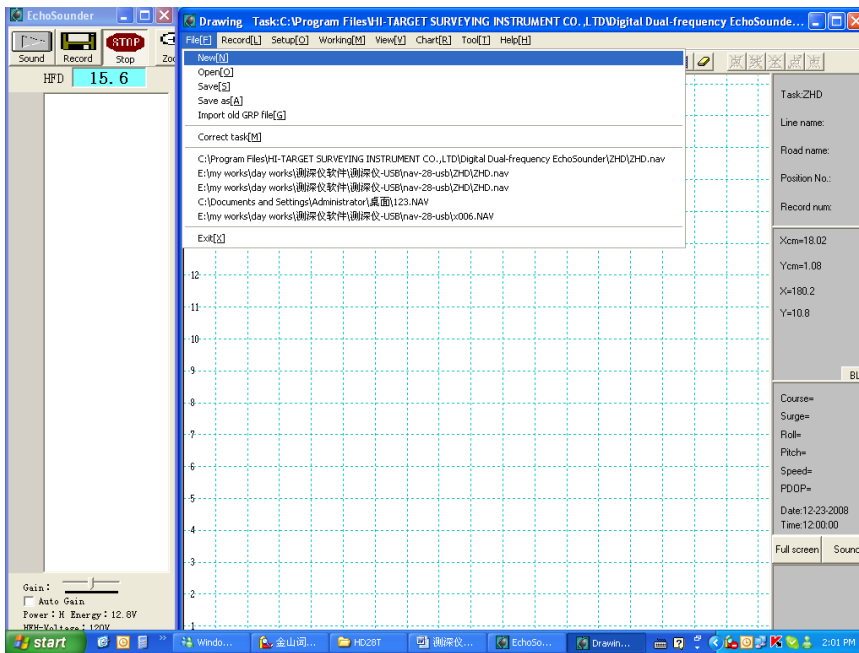
Langkah-langkah dalam proses pemeruman dan pengolahan data perum adalah sebagai berikut :

1. Koneksikan kabel-kabel sesuai dengan fungsinya. *Power* di DC 12V, USB di USB, *connector* GPS pada COM, dan *tranduser* pada TX1. Tekan tombol *power* untuk menyalakan *mainframe*.

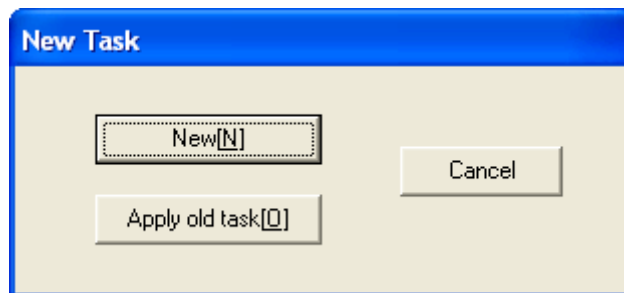


**Gambar 3.9** Koneksi Kabel

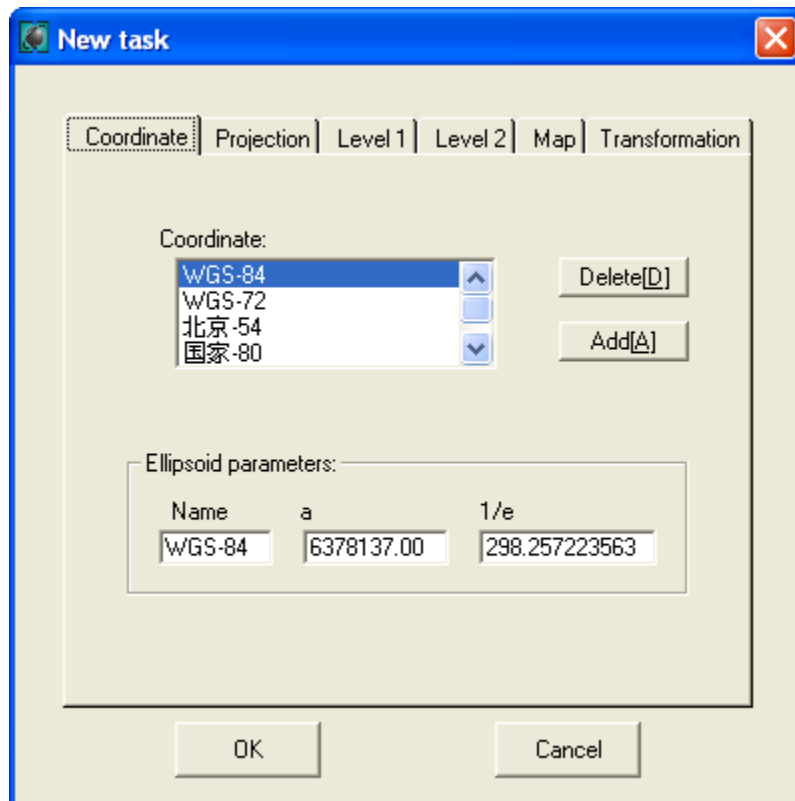
2. Masuk ke program *NAV370 survey software*.
3. Pada *windows drawing* atau *positioning*, klik “File” – “New”. Lalu akan muncul “*Coord Translation*”.



**Gambar 3.10** Membuka *project* baru

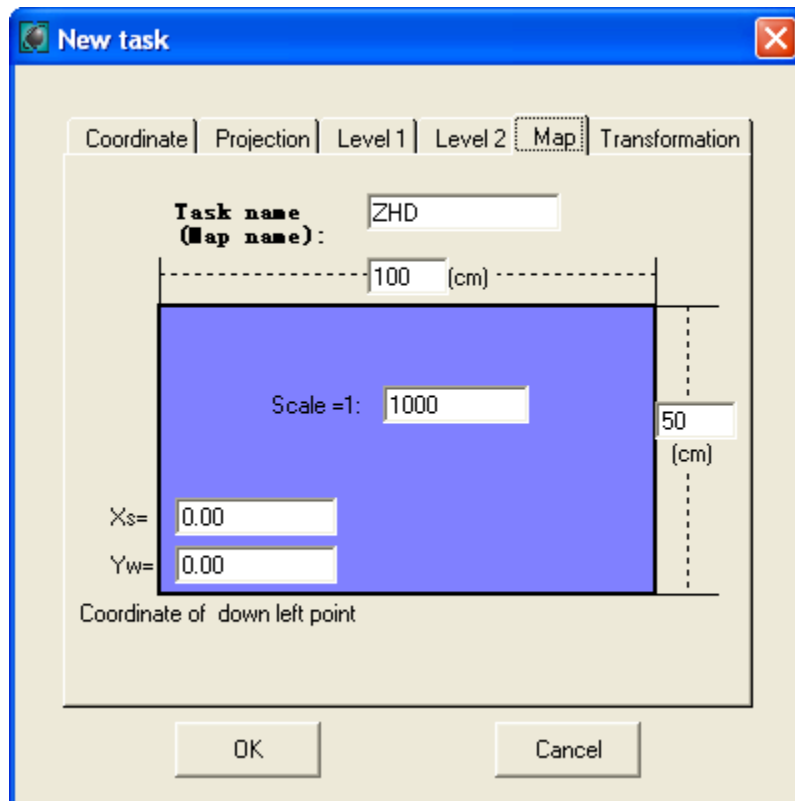


**Gambar 3.11** Membuka *project* baru



**Gambar 3.12** Memasukkan parameter

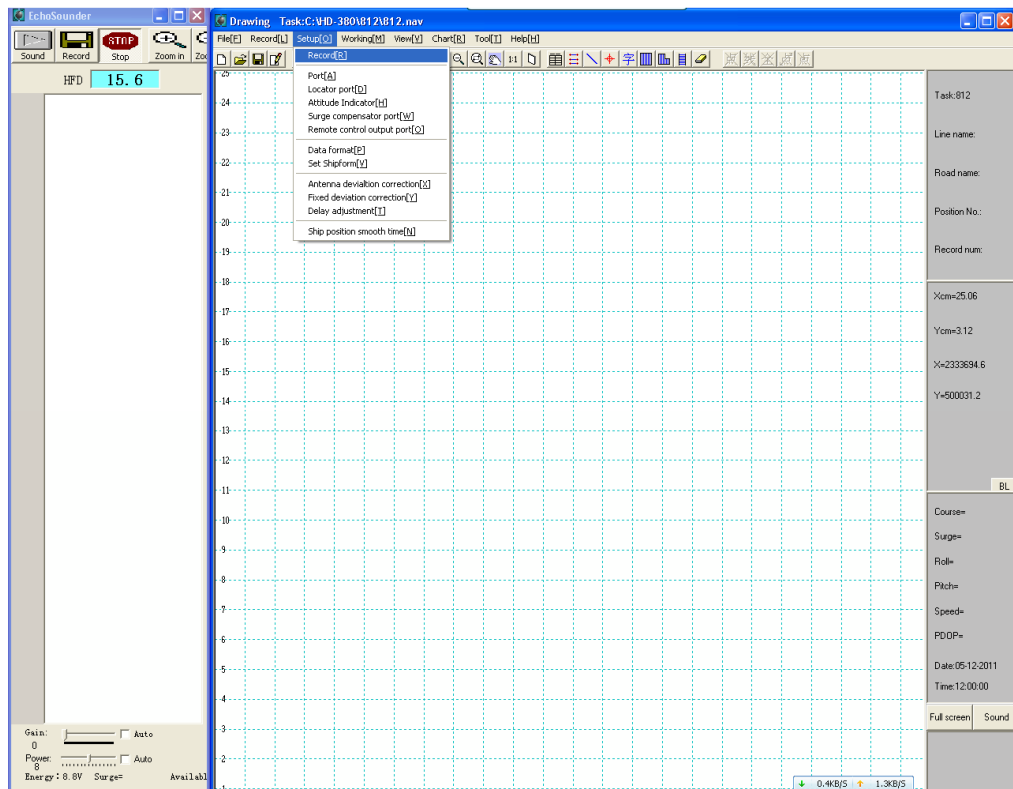
4. Pada tab "Projection" isi parameter sesuai dengan spesifikasi pengukuran Anda. Pada tab "Coordinate" pilih *ellipsoid* yang akan digunakan. Pada tab "Map" isikan koordinat pojok kiri bawah peta yang akan menjadi *area* pengukuran batimetri dan sesuaikan skala peta. Setelah selesai tekan OK. Lalu klik "File" – "Save as" dan beri nama *file* Anda.



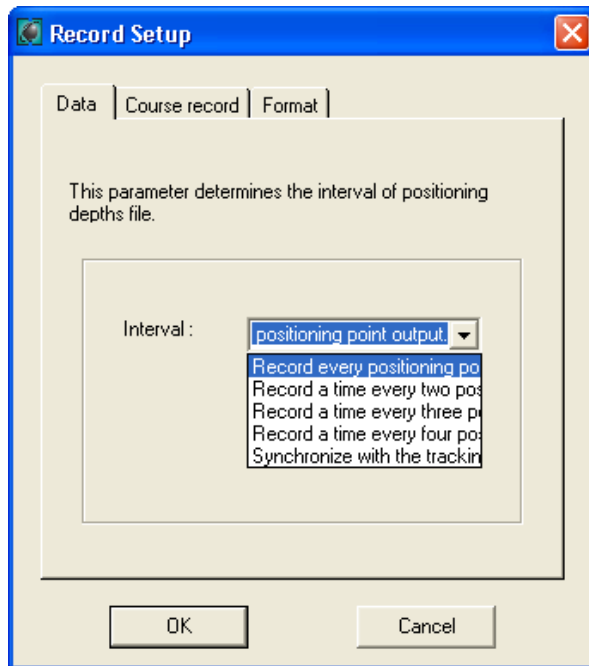
**Gambar 3.13** Memasukkan koordinat dan menyesuaikan dengan skala peta

Klik “*Record*” – “*Limit*”. Pilih *positioning solution* sesuai kebutuhan Anda. Jika ingin melakukan *positioning* hanya dengan *rover*, pilih “*Single Poing Position*” lalu klik OK.

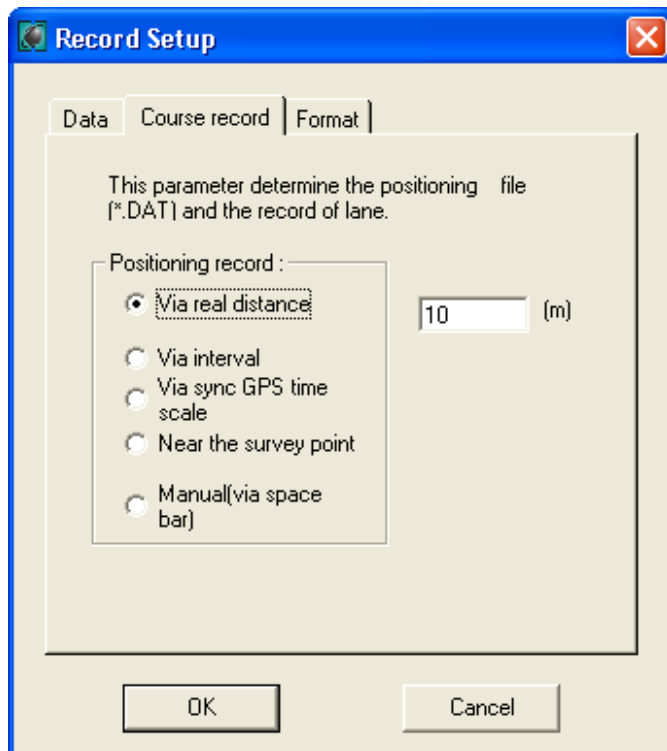
5. Klik “*Setup*” – “*Record*”. Pada tab “*Setting*” pilih interval “*Record every positioning*” agar RAW data yang terekam setiap posisi. Pada tab “*Record Option*” pilih *marking* perekaman *sounding* sesuai kebutuhan Anda (jarak, waktu, atau manual). Lalu klik OK.



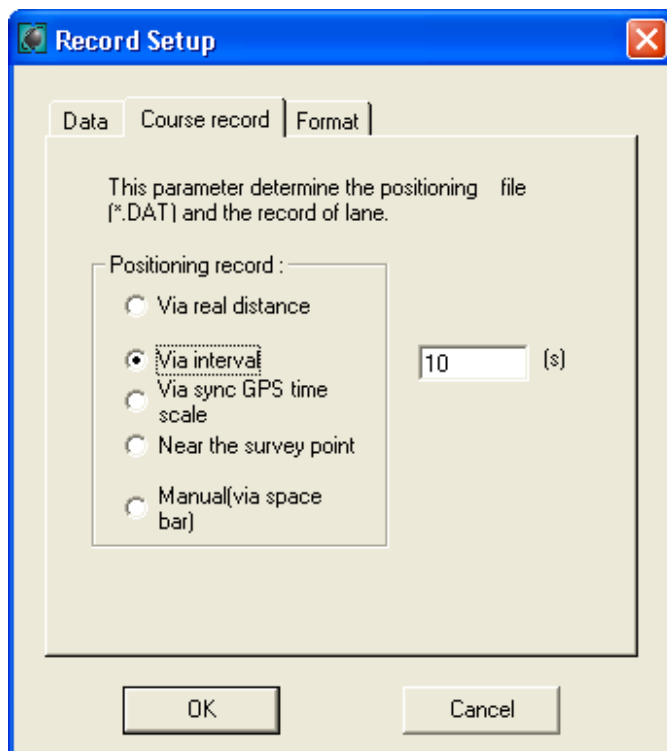
**Gambar 3.14** Memasukkan koordinat dan menyesuaikan dengan skala peta



**Gambar 3.15** Record setup



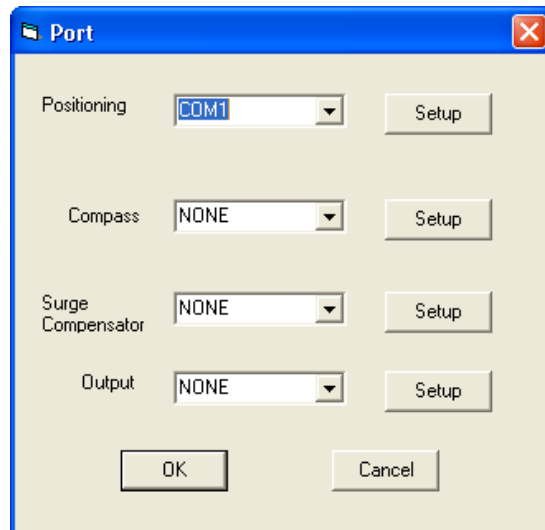
**Gambar 3.16** *Sounding tiap interval jarak*



**Gambar 3.17** *Sounding tiap interval waktu*

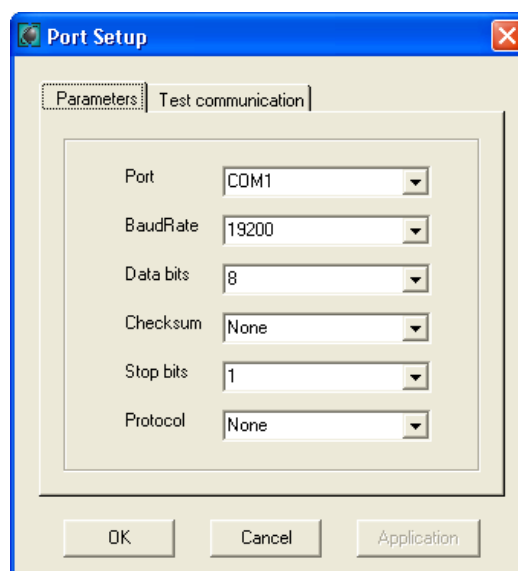


6. Klik “Setup” – “Ports”. Pada “Positioning” sesuaikan COM GPS yang Anda koneksikan, lalu klik “Setup” di sebelahnya.

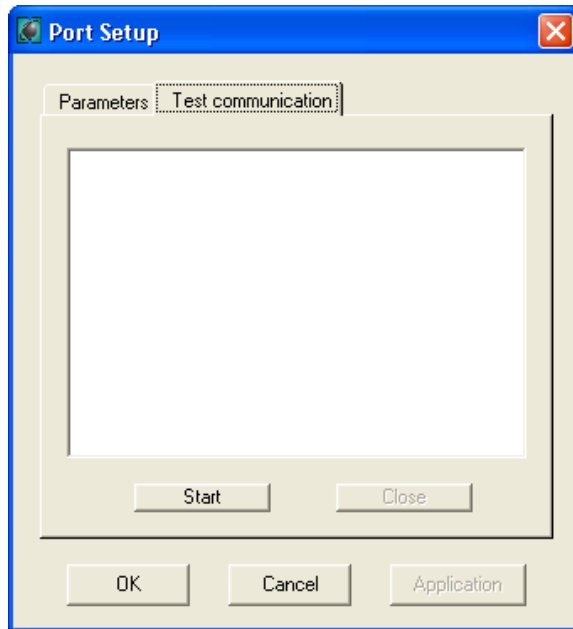


**Gambar 3.18** Mengkoneksikan GPS dengan *Echosounder*

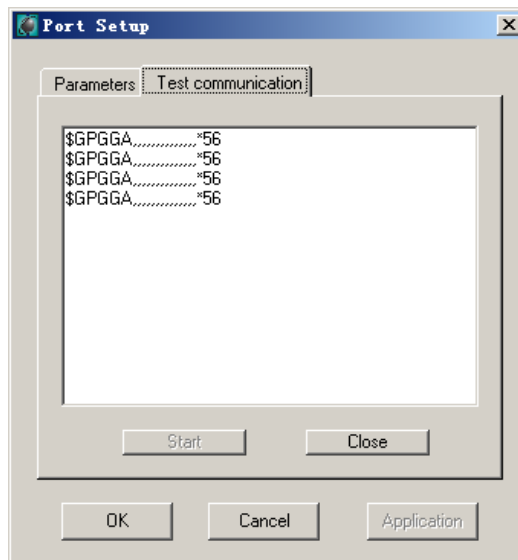
Pada tab “Parameters” pastikan sesuai dengan setting GPS Anda, lalu pada tab “Test communication” klik “Start” dan lihat apakah GPS sudah mengirimkan data. Lalu klik OK.



**Gambar 3.19** Mengkoneksikan GPS dengan *Echosounder*

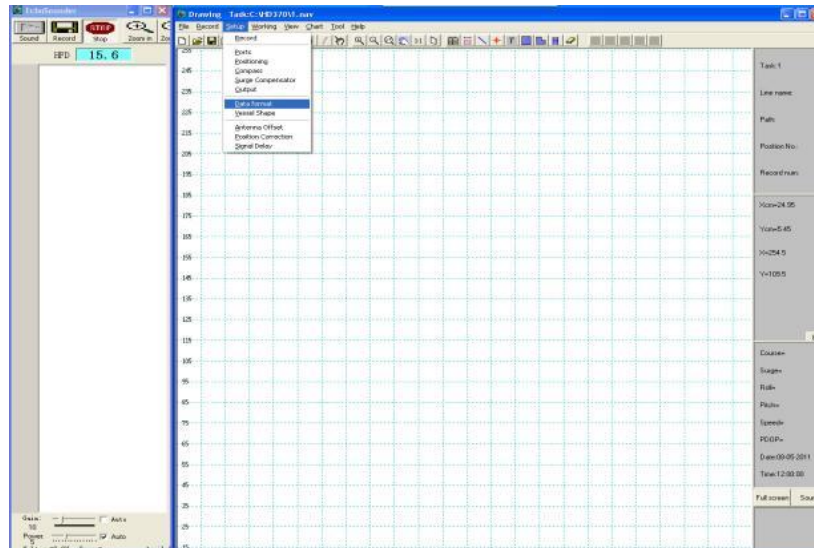


**Gambar 3.20** Mengkoneksikan GPS dengan *Echosounder*

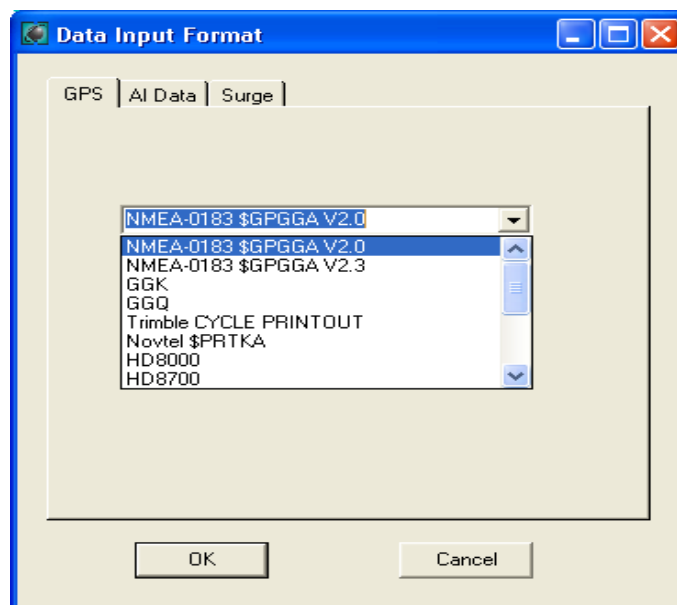


**Gambar 3.22** GPS dan *Echosounder* telah tersambung

7. Jika belum, klik “Setup” – “Data Format” lalu pada tab “GPS” pilih jenis *output* data yang GPS Anda keluarkan sesuai dengan setting GPS Anda. Lalu klik OK.

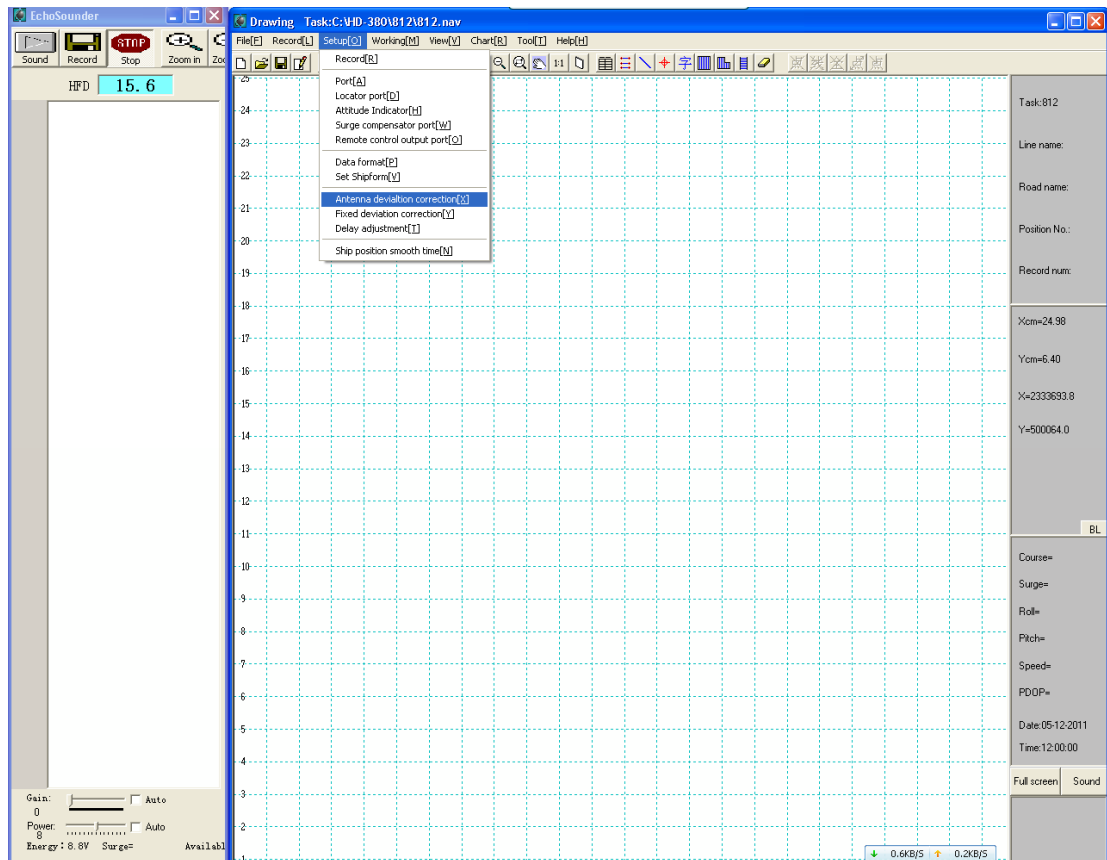


**Gambar 3.23** Menyamakan bahasa GPS dengan *Echosounder*

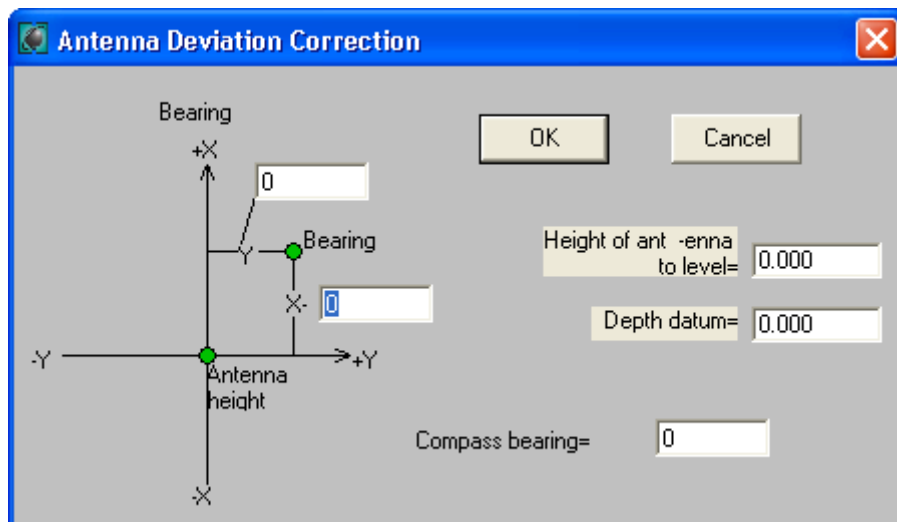


**Gambar 3.24** Menyamakan bahasa GPS dengan *Echosounder*

8. Klik “Setup” – “Antenna deviation setup” untuk mengatur perbedaan posisi GPS dengan *tranduser*.



**Gambar 3.25** Mengatur perbedaan posisi GPS dengan *transduser*

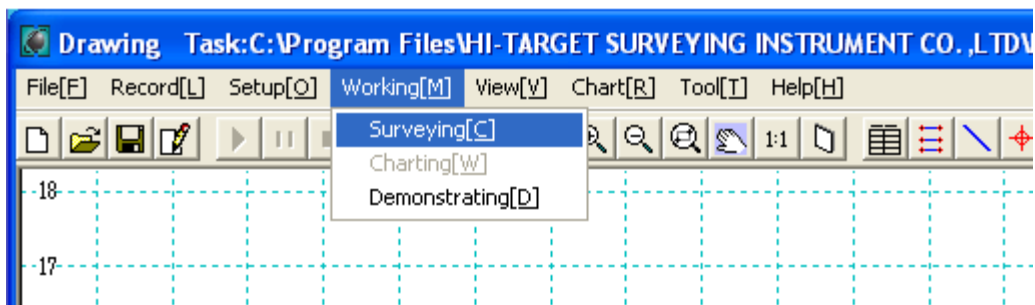


**Gambar 3.26** *Antenna Deviation Correction*

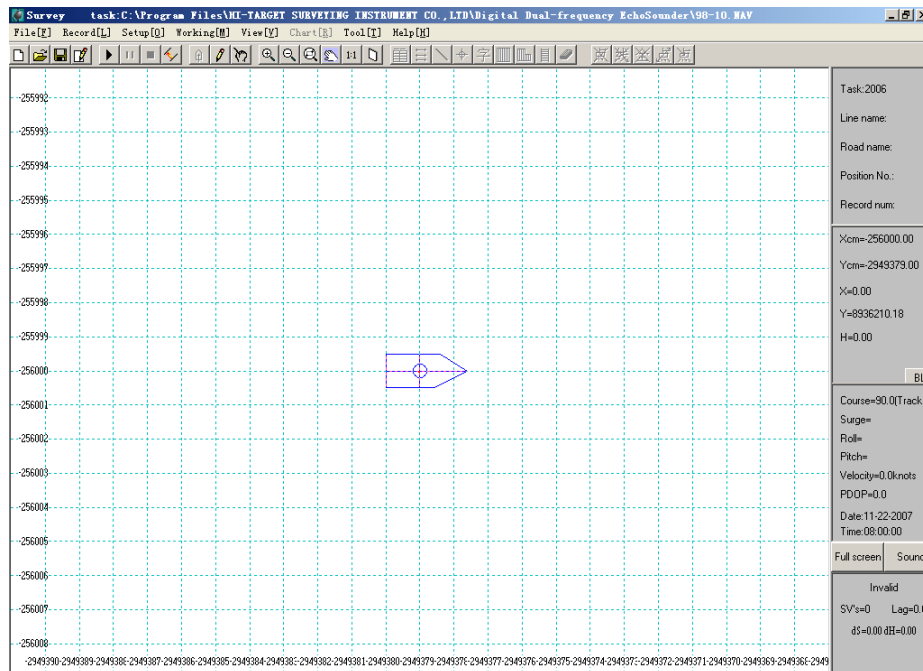
9. Pindah ke *windows EchoSounder*. Lalu klik “*Setup*”. Isi “*Draft*” sesuai dengan kondisi pemasangan *tranduser*. Untuk kecepatan suara/*Sound* klik

“*Calculate*” lalu pilih metode yang akan dipakai dan isikan parameternya lalu klik “*Calculate*” sesudah itu klik OK.

10. *Pulse length* pilih “*Auto*”. *Bottom slope* sesuai kondisi dasar laut.
11. HF Gain dan LF Gain diberi tanda rumput pada AGC agar berfungsi secara otomatis.
12. *Signal Gate* juga pilih “*Auto Gate*”.
13. *HF Transmission Power* pilih “*Auto Power*”.
14. *Gear* pilih “*Automatic*”.
15. Klik OK.
16. Klik “*Record*” lalu berikan nama file *sounding*.

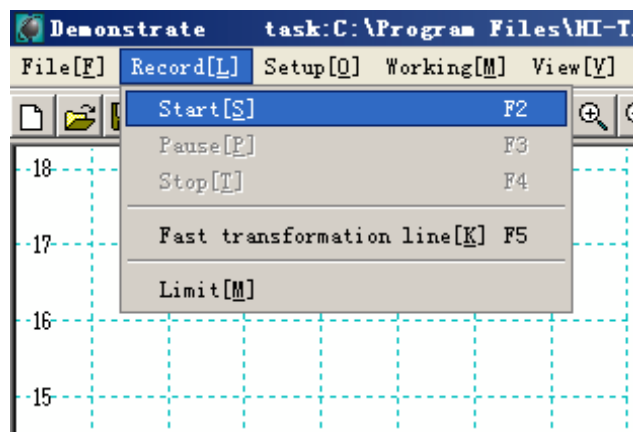


**Gambar 3.27** Mengecek koneksi GPS dengan *Echosounder*



**Gambar 3.28** GPS dan *Echosounder* telah terkoneksi

17. Pindah ke windows drawing/positioning lalu klik “Record” – “Start”.



**Gambar 3.29** Memulai pemeruman

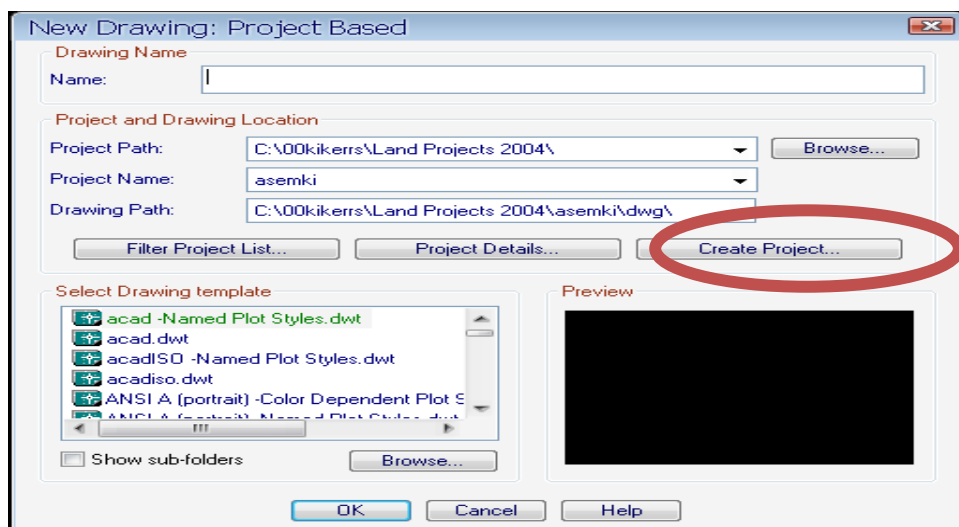
18. Setelah selesai pengukuran klik “Record” – “Stop”. Lalu klik “File” – “Save”.
19. Pindah ke *windows echosounder* lalu klik “Stop”.
20. Untuk melanjutkan pengukuran silahkan mengulang langkah 16-19.

Setelah proses pemeruman selesai maka langkah selanjutnya ialah mengolah data yang telah didapat pada proses pemeruman. Dimana proses pengolahan data menggunakan *Microsoft Excel 2007* dan *Autocad Land Desktop 2004*.

### 3.4.2 Penggambaran Data Perum

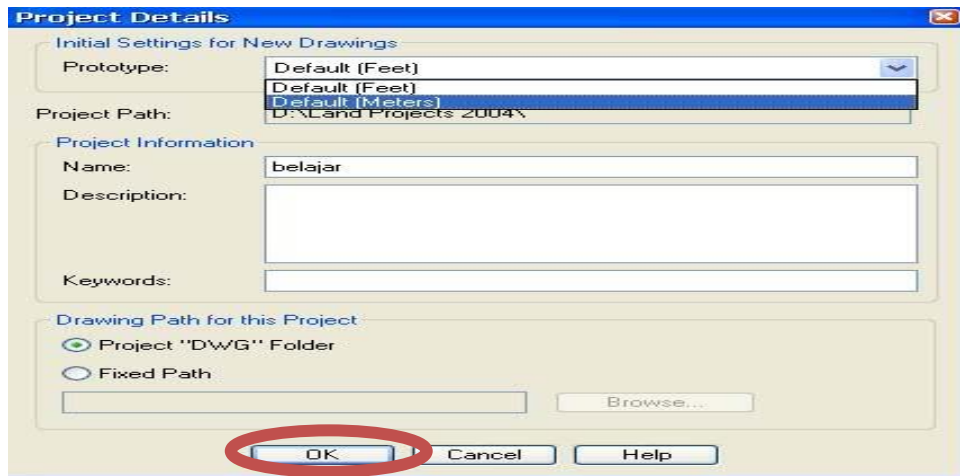
Setelah didapat semua data koordinat (X,Y,H) dari semua titik perum, kemudian akan dilakukan proses penggambaran menggunakan *software Autocad Land Desktop 2004*. Langkah-langkah dalam melakukan penggambaran adalah sebagai berikut :

1. Buka *Autodesk Land Desktop* Muncul *Start Up* pilih Ok  
Pilih *New* pilih *Create Project*



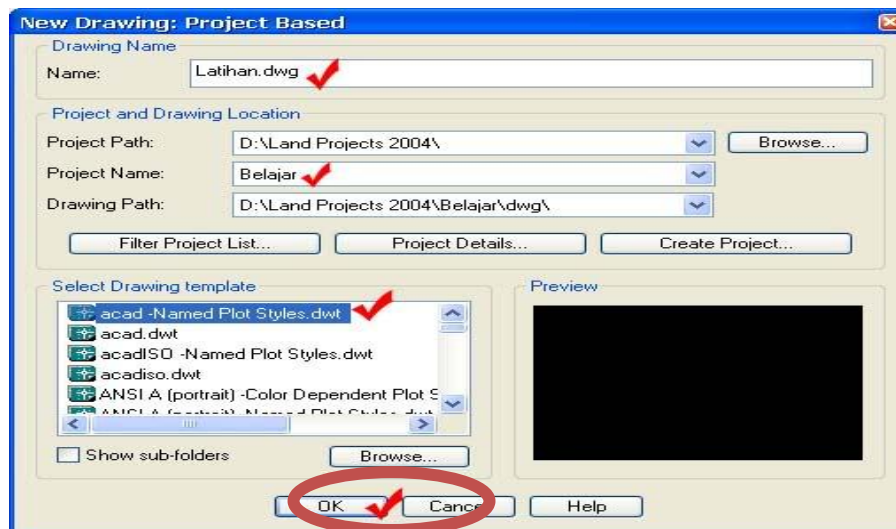
**Gambar 3.30** Pengaturan *create project*

2. Pada *Project Details Prototype* pilih *Deafult (Meters)*



Gambar 3.31 Pengaturan

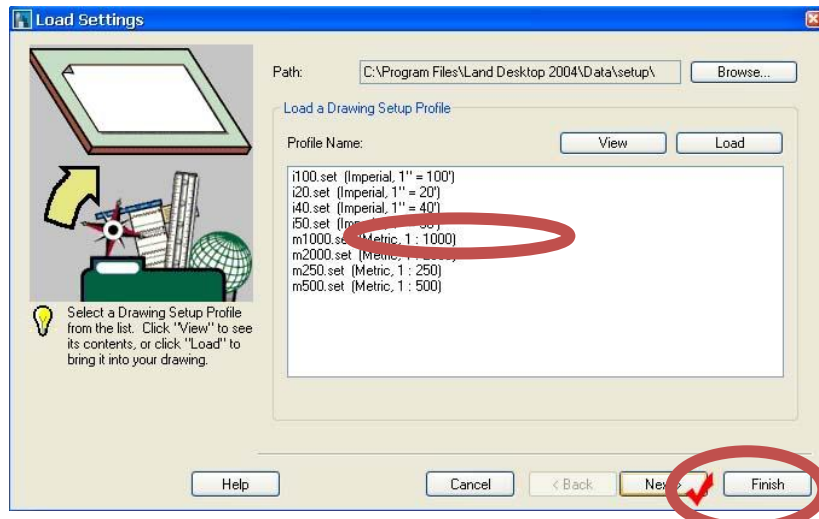
3. Isikan *Name* dan *Discription* Klik Ok



Gambar 3.32 Pastikan telah dilaksanakan

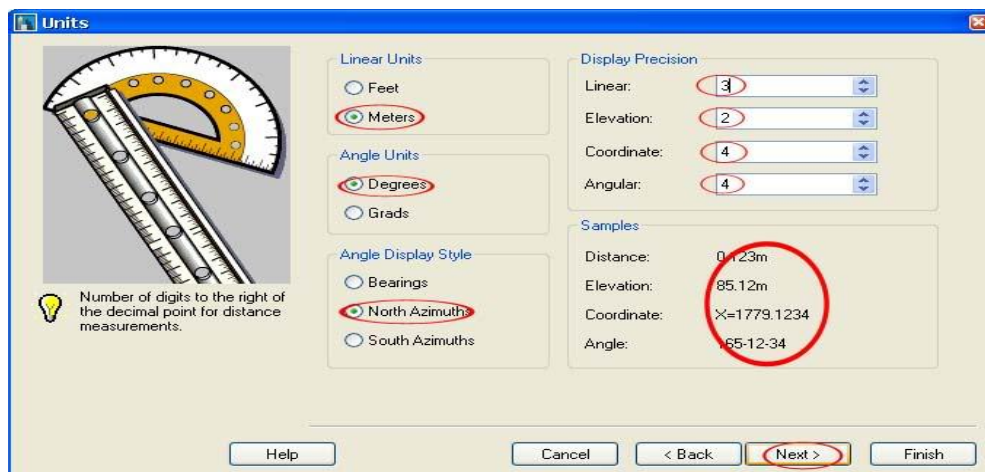


4. Klik Ok Pada *Create Point Database* klik Ok Pada *Load Setting* Klik *Next*



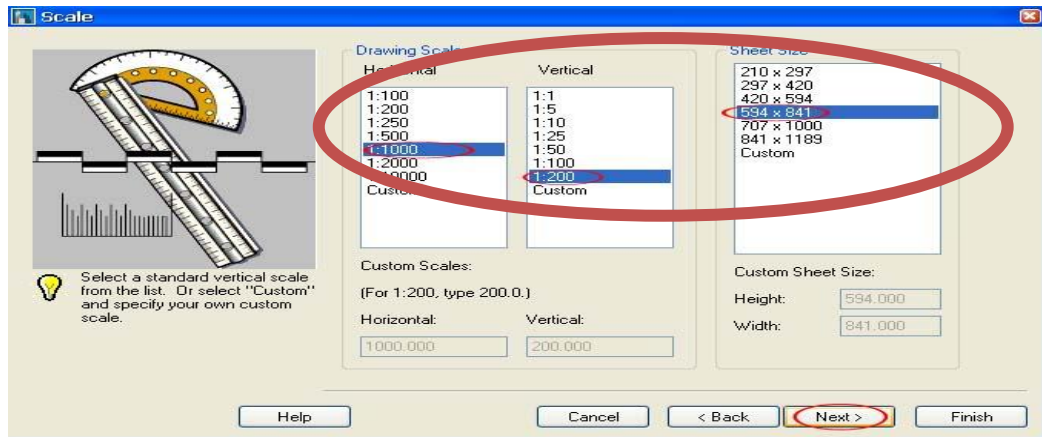
**Gambar 3.33** Pengaturan

5. Pada *Unit* lihat gambar ini



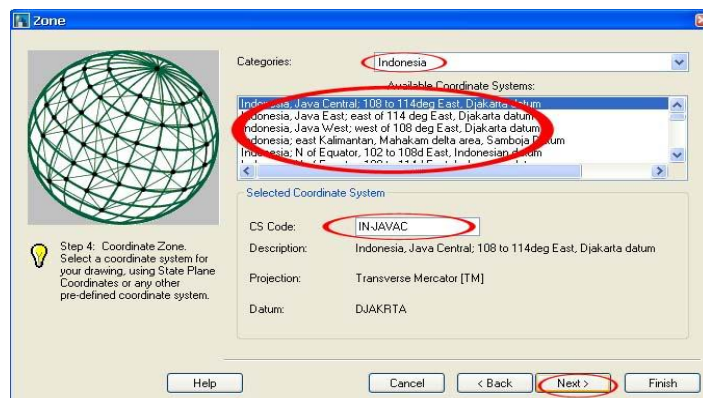
**Gambar 3.34** Pengaturan

6. Pada *Scale* sesuaikan seperti gambar dibawah ini atau ubah sesuai dengan keinginan anda.



Gambar 3.35 Pengaturan

7. Pada *Zone* sesuaikan dengan sistem koordinat yang anda akan gunakan



Gambar 3.36 Pengaturan

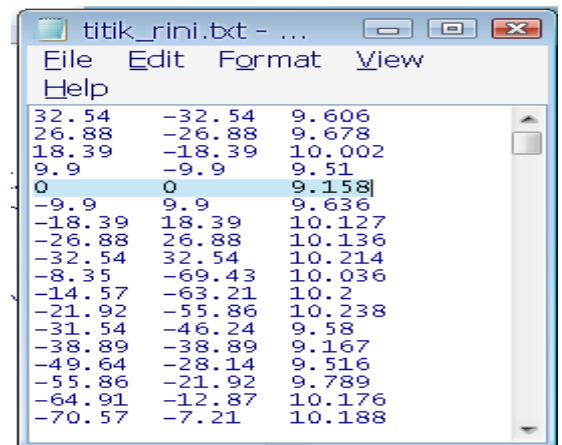


Gambar 3.37 Pengaturan

### 3.4.3 Operasi koordinat perum

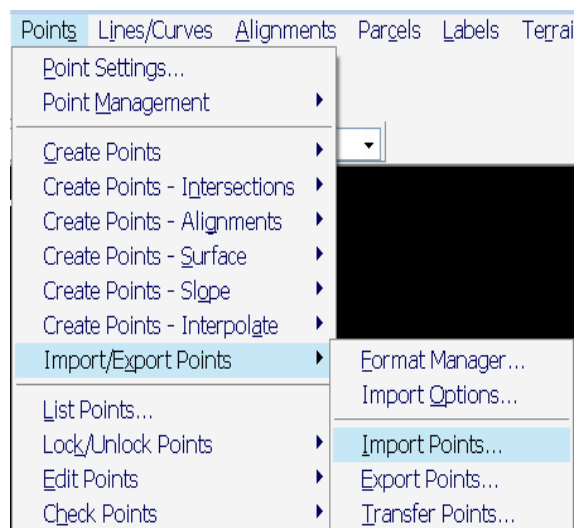
1. *Import data tersebut sesuai format penyimpanan anda (dipisahkan oleh spasi , maka format yang digunakan dalam Land Desktop format ENZ. Artinya E = Easting = x , N=North = y, dan Z=Zenith = elevation =z ada lagi lainnya misal P=Point number D=Description file XLS file TXT dengan spasi*

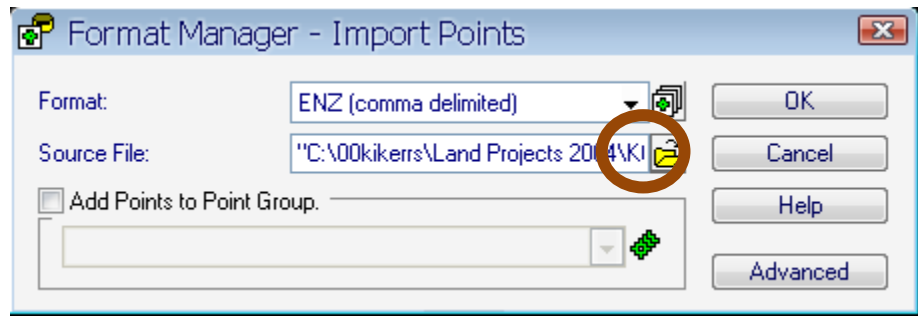
|    | A  | B          | C           | D       | E         | F                             | G | H |
|----|----|------------|-------------|---------|-----------|-------------------------------|---|---|
| 1  |    |            |             |         |           |                               |   |   |
| 2  |    | Name       | Absis       | Ordinat | Elevation |                               |   |   |
| 3  | 1  | 133241.672 | 1154833.668 | 210.45  | POINT     | 133241.672,1154833.668,210.45 |   |   |
| 4  | 2  | 133248.938 | 1154833.96  | 145.47  | POINT     | 133248.938,1154833.96,145.47  |   |   |
| 5  | 3  | 133256.995 | 1154833.642 | 130.49  | POINT     | 133256.995,1154833.642,130.49 |   |   |
| 6  | 4  | 133266.634 | 1154833.032 | 140.5   | POINT     | 133266.634,1154833.032,140.5  |   |   |
| 7  | 5  | 133270.767 | 1154832.462 | 185.52  | POINT     | 133270.767,1154832.462,185.52 |   |   |
| 8  | 6  | 133241.337 | 1154826.3   | 195.53  | POINT     | 133241.337,1154826.3,195.53   |   |   |
| 9  | 7  | 133248.567 | 1154828.341 | 180.55  | POINT     | 133248.567,1154828.341,180.55 |   |   |
| 10 | 8  | 133256.893 | 1154829.388 | 200.57  | POINT     | 133256.893,1154829.388,200.57 |   |   |
| 11 | 9  | 133264.996 | 1154825.828 | 175.58  | POINT     | 133264.996,1154825.828,175.58 |   |   |
| 12 | 10 | 133239.258 | 1154819.133 | 181.6   | POINT     | 133239.258,1154819.133,181.6  |   |   |
| 13 | 11 | 133244.689 | 1154819.2   | 190.62  | POINT     | 133244.689,1154819.2,190.62   |   |   |
| 14 | 12 | 133249.469 | 1154822.139 | 155.63  | POINT     | 133249.469,1154822.139,155.63 |   |   |
| 15 | 13 | 133250.454 | 1154816.588 | 165.65  | POINT     | 133250.454,1154816.588,165.65 |   |   |
| 16 | 14 | 133253.289 | 1154819.806 | 145.66  | POINT     | 133253.289,1154819.806,145.66 |   |   |
| 17 | 15 | 133263.105 | 1154819.117 | 164.68  | POINT     | 133263.105,1154819.117,164.68 |   |   |
| 18 | 16 | 133267.616 | 1154817.191 | 180.7   | POINT     | 133267.616,1154817.191,180.7  |   |   |
| 19 |    |            |             |         |           |                               |   |   |
| 20 |    |            |             |         |           |                               |   |   |



Gambar 3.38 Input data

2. *Pilih Import point*

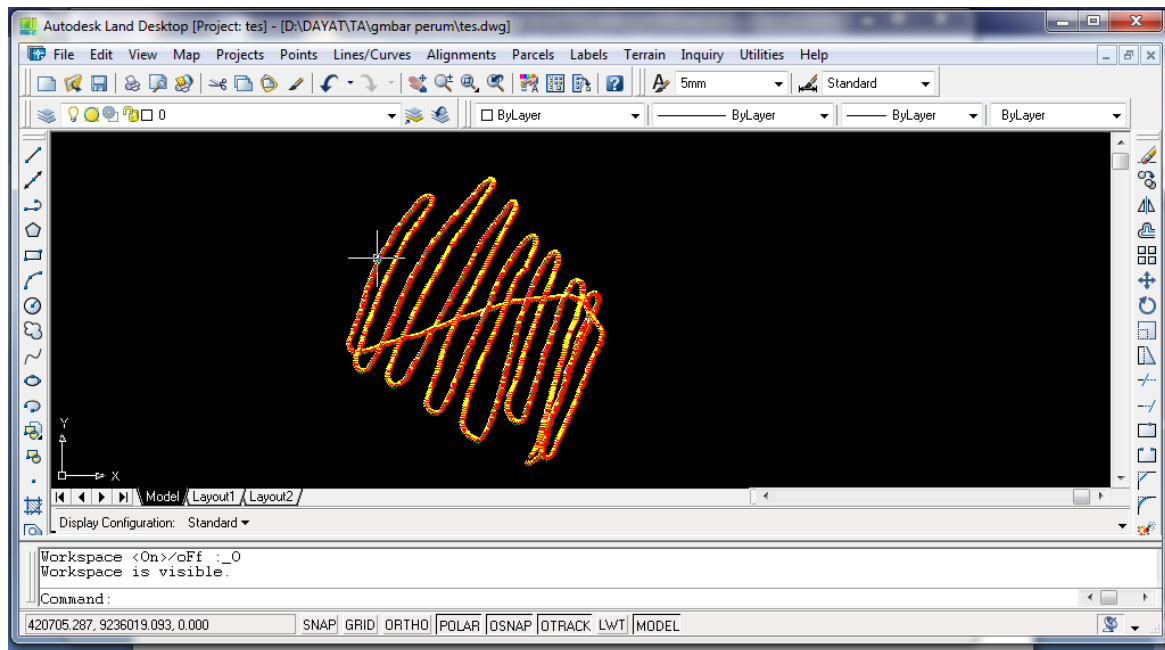




**Gambar 3.39** Mengatur format data

3. Pilih nama *file.txt* yang telah anda simpan

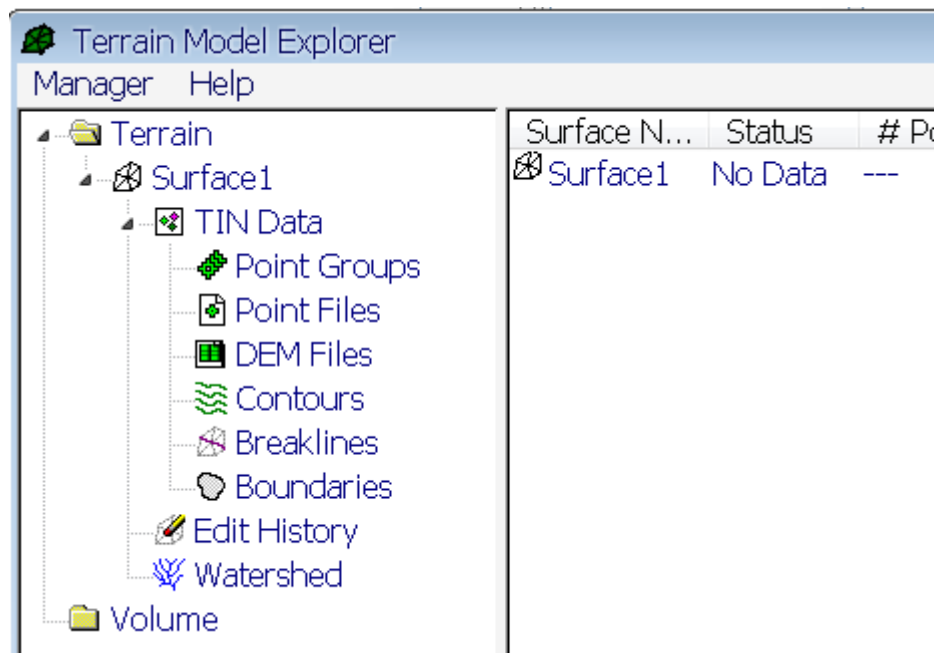
Kemudian klik OK Ok Ok, maka akan muncul seperti berikut ini



**Gambar 3.40** Titik perum

### 3.4.4 Membuat kontur kedalaman

1. Pilih Terrain pada Menu Tool, klik Terrain model explorer, klik kanan pada new surface CREATE new surface, klik kanan pada point-file add point file pilih file titik (*format.txt*) yang anda simpan sebelumnya. Kemudian klik kanan pada *Surface1 build*, kemudian klik Ok dan Tutup jendela *terrain explorer*.



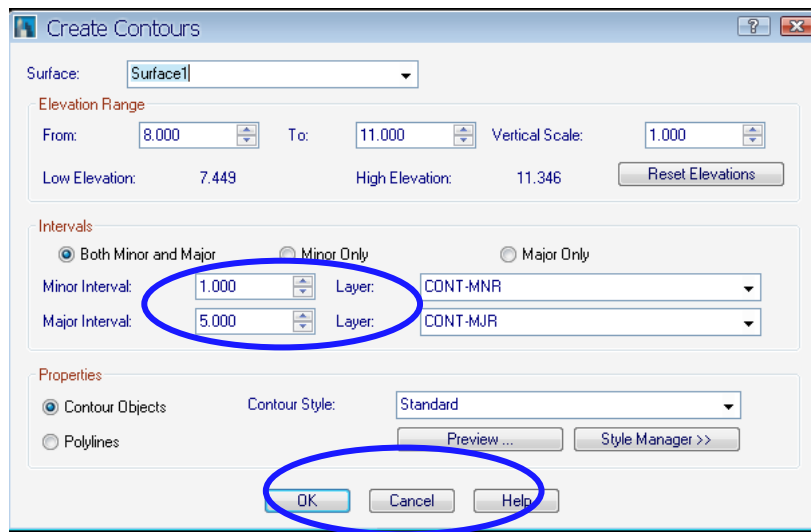
**Gambar 3.41** Layer terrain model explorer

a. Pilih *terrain* kemudian *create contours*.



**Gambar 3.42** Create contours

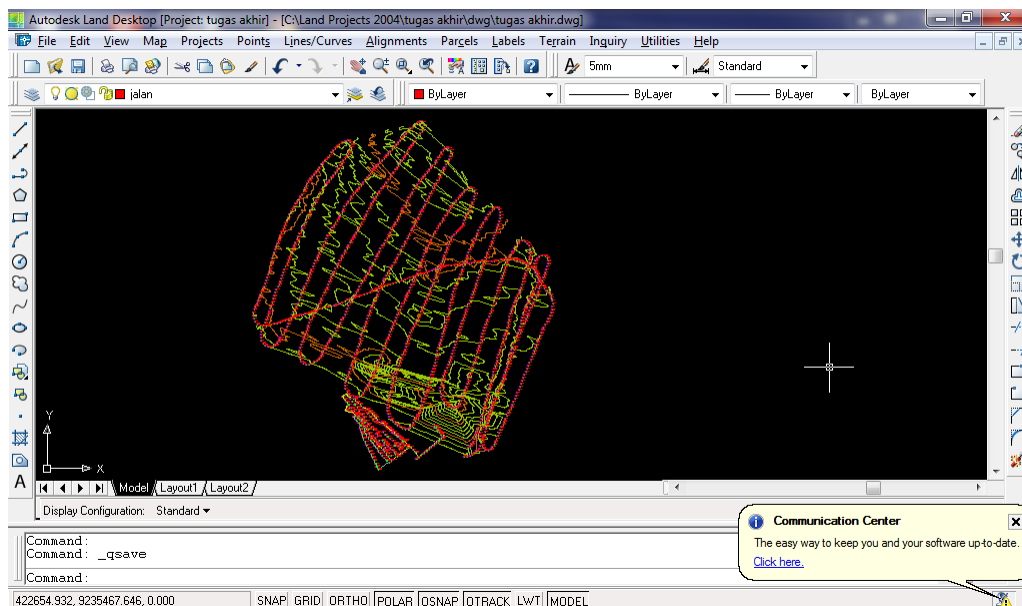
2. Mengatur *interval* kontur minor dan mayor.



Gambar 3.43 Mengatur *interval* kontur

3. Maka jadilah kontur-nya seperti gambar berikut

Setelah itu pada *command* akan terdapat perintah seperti ini “Erase old contours (Yes/No), <Yes>” : pilih *yes* dengan cara ketik “y” enter, lalu akan muncul hasil seperti ini :



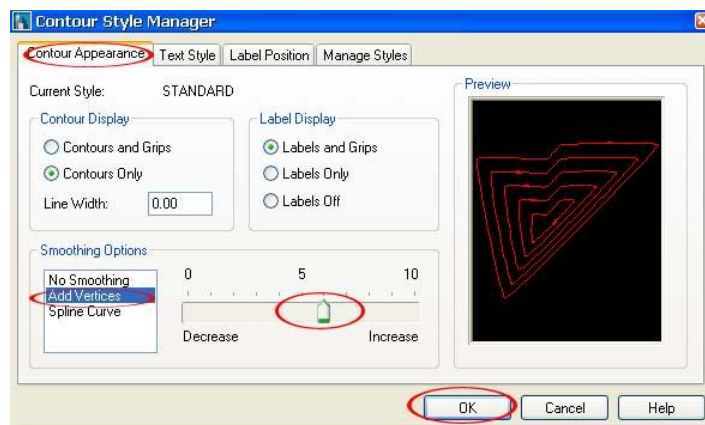
Gambar 3.44 Kontur yang terbentuk

- Setelah itu anda bisa *setting style contour* lewat *terrain – Style Contour Manager*



**Gambar 3.45** Mengatur *style* kontur

- Lakukan seperti gambar dibawah ini.



**Gambar 3.46** Mengatur *style* kontur

6. Untuk label ketinggian garis contour dapat anda buat pada terrain contour label.



**Gambar 3.47** Mengatur *style* kontur



## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Hasil Pasang Surut

Pada pengolahan data pasang surut menganut rumus berikut berdasarkan rumus III.1 sebagai pememtuatan interpolasi pasang surut nya

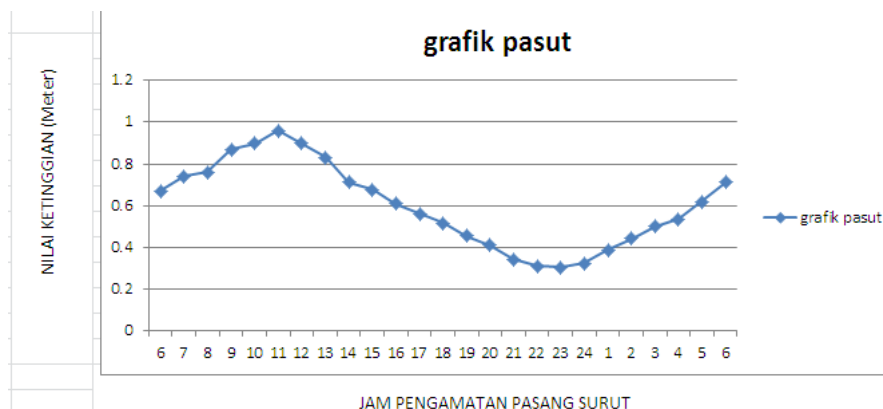
$$B = \text{Elev awal} + (\text{Jam pengukuran} - \text{Jam awal} / \text{Jam akhir} - \text{jam awal}) \times (\text{Elev akhir} - \text{Elev awal}) \dots\dots\dots (3.1)$$

Sehingga interpolasi yang didapat digunakan untuk mencari nilai kedalaman terkoreksi dari pemeruman yang telah dilakukan.

Hasil pasang surut yang dilakukan di pelabuhan kendal adalah sebagai berikut:

1. Nilai Mean Sea Level (MSL) harian yang didapat dari pengukuran pasang surut 1 piantan di perairan pelabuhan kendal adalah 0,602 meter. Dimana pasang tertinggi terjadi pada pukul 11.00 dengan nilai 0,96 meter dan surut terendah terjadi pada pukul 23.00 dengan nilai 0,305 meter.

Dimana hasil grafik pasang surut yang dlakukan di pelabuhan Kendal adalah sebagai berikut.



**Gambar 4.1** Grafik pasut

## 4.2 Hasil Pemeruman

Pada hasil pemeruman ini perhitungan yang digunakan adalah perhitungan untuk mencari kedalaman terkoreksi dari kedalaman ukuran yang diperoleh. Rumus untuk mendapatkan kedalaman terkoreksi ialah berdasarkan rumus 2.2 yaitu :

$$E = D + d + (\text{MSL} - B) \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana :

E = Kedalaman terkoreksi

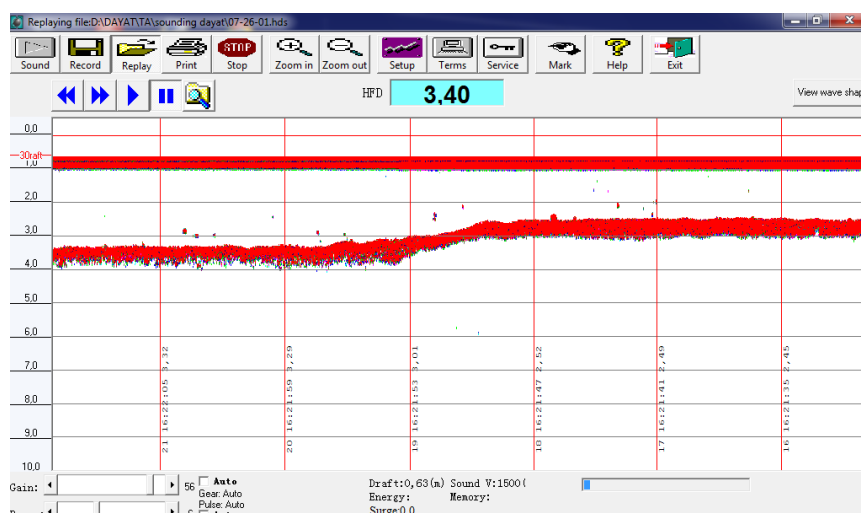
D = Depth / H

d = Draft kapal

MSL = muka laut rata-rata

B = Interpolasi pasang surut

Dibawah ini adalah contoh *echogram* ketika survei :

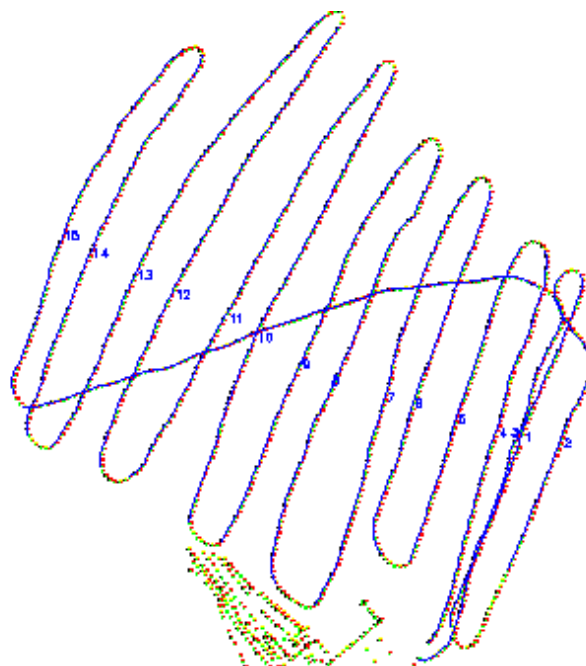


Gambar 4.3 *Echogram*

Hasil pemeruman yang dilakukan di Pelabuhan Kendal ialah sebagai berikut :

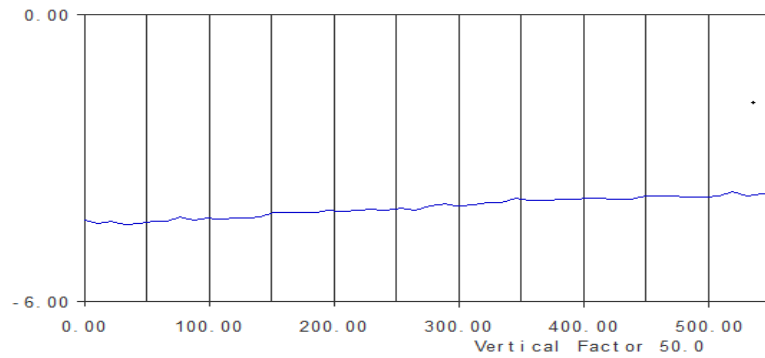
1. Terdapat sebanyak 1283 kedalaman yang terekam dengan interval 10 meter tiap titik nya.
2. Kedalaman rata-rata dari pemeruman yang dilakukan di pelabuhan kendal ialah 2,898 meter.
3. Sedangkan kedalaman terkoreksi rata-rata yang didapat dari proses perhitungan adalah 3,209 meter.

Terdapat 15 jalur penampang yang dianalisa. Berikut adalah contoh gambar jalur penampang yang di analisa.



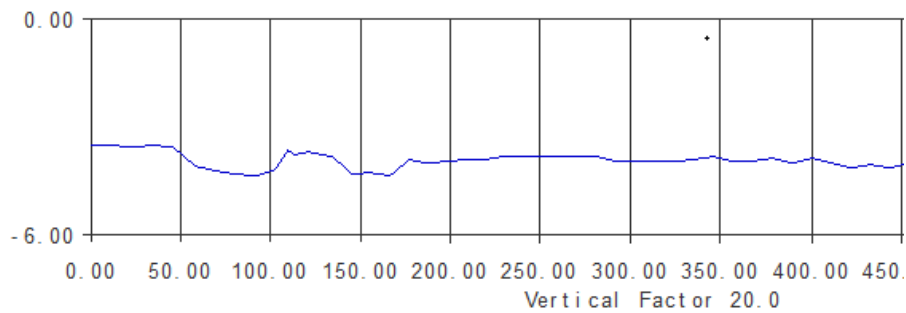
**Gambar 4.4** Jalur penampang

Berikut adalah contoh gambar penampang melintang dari hasil pemeruman yang dilakukan :



**Gambar 4.5** Penampang memanjang 2

Pada penampang melintang 2 kedalaman relatif sama mulai dari 0 meter hingga 550 meter jarak pengukuran.



**Gambar 4.6** Penampang memanjang 3

Pada penampang melintang 3 kedalaman tampak meningkat ketika memasuki jarak 50 meter pemeruman dan kemudian cenderung konstan hingga jarak 450 meter pemeruman. Keseluruhan grafik terdapat di lampiran.

**4.3 HASIL STANDAR DEVIASI**

Standar deviasi dari data *overlap* yang diperoleh dari proses pemeruman. Terdapat 43 titik *overlap* dimana pada setiap titik *overlap* nya memiliki selisih kedalaman yang masuk toleransi pada orde khusus.

Adapun rumus standar deviasi nya adalah menganut pada rumus (2.1) sebagai berikut :

$$V = \sqrt{a^2 + (bxd)^2} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana :

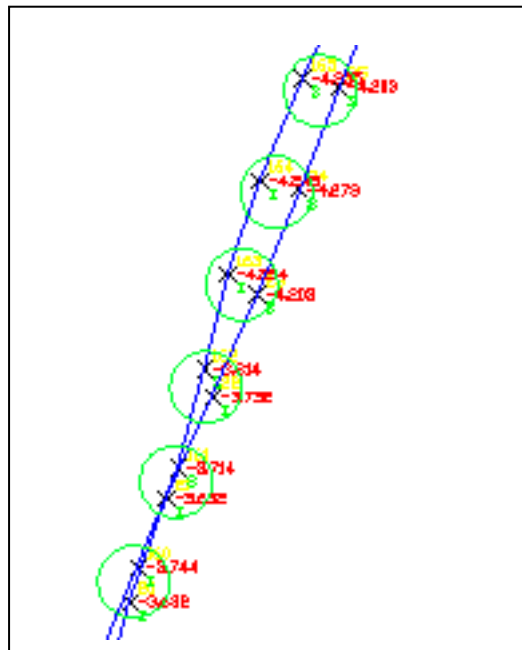
a = kesalahan independen (jumlah kesalahan yang bersifat tetap).

b = faktor kesalahan kedalaman dependen (jumlah kesalahan yang bersifat tidak tetap).

d = kedalaman terukur.

(b x d) = kesalahan kedalaman yang dependen (jumlah semua kesalahan kedalaman yang dependen).

Berikut ialah ilustrasi gambar titik perum yang bertampalan :



**Gambar 4.7** Titik bertampalan

Dimana pada contoh gambar diatas terletak pada jalur 1 dan jalur 3 pemeruman. Kemudian berikut adalah data titik perum bertampalan yang telah dihitung standar deviasi nya :

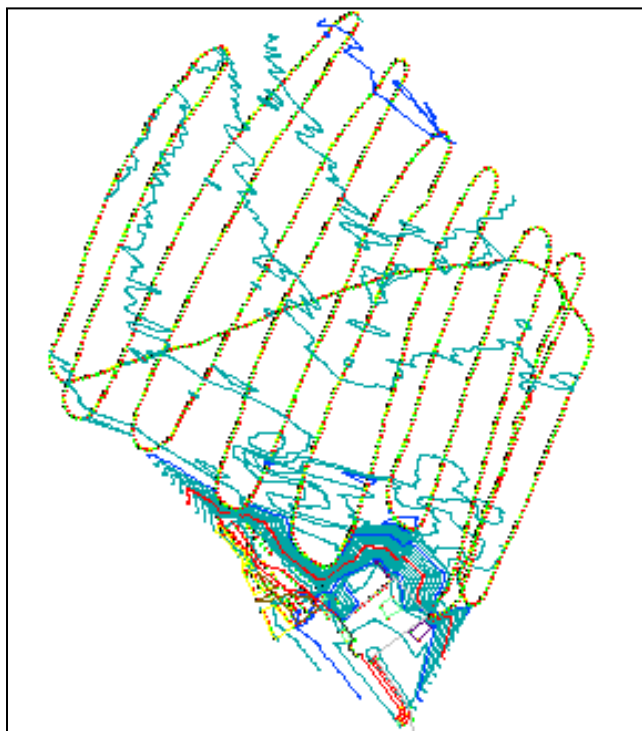
**Tabel 4.1** Data standar deviasi titik perum

| No | Pasangan Titik Validasi |     | Rata Kedalaman | Selisih Kedalaman | Akurasi SD SNI | Keterangan |
|----|-------------------------|-----|----------------|-------------------|----------------|------------|
| 1  | 8                       | 148 | 3,312          | 0,022             | 0,251          | Diterima   |
| 2  | 9                       | 149 | 3,322          | 0,122             | 0,251          | Diterima   |
| 3  | 18                      | 157 | 4,258          | 0,072             | 0,252          | Diterima   |

| No | Pasangan Titik Validasi |      | Rata      | Selisih   | Akurasi SD SNI | Keterangan |
|----|-------------------------|------|-----------|-----------|----------------|------------|
|    |                         |      | Kedalaman | Kedalaman |                |            |
| 4  | 19                      | 159  | 4,223     | 0,118     | 0,252          | Diterima   |
| 5  | 20                      | 160  | 3,688     | 0,112     | 0,252          | Diterima   |
| 6  | 21                      | 161  | 3,683     | 0,062     | 0,252          | Diterima   |
| 7  | 22                      | 162  | 3,773     | 0,082     | 0,252          | Diterima   |
| 8  | 23                      | 163  | 4,249     | 0,092     | 0,252          | Diterima   |
| 9  | 24                      | 164  | 4,259     | 0,028     | 0,252          | Diterima   |
| 10 | 26                      | 166  | 3,879     | 0,052     | 0,252          | Diterima   |
| 11 | 27                      | 167  | 3,974     | 0,002     | 0,252          | Diterima   |
| 12 | 28                      | 168  | 3,904     | 0,042     | 0,252          | Diterima   |
| 13 | 29                      | 169  | 3,894     | 0,002     | 0,252          | Diterima   |
| 14 | 30                      | 171  | 3,779     | 0,092     | 0,252          | Diterima   |
| 15 | 31                      | 172  | 3,844     | 0,098     | 0,252          | Diterima   |
| 16 | 32                      | 173  | 3,789     | 0,052     | 0,252          | Diterima   |
| 17 | 33                      | 174  | 3,819     | 0,048     | 0,252          | Diterima   |
| 18 | 34                      | 175  | 3,844     | 0,058     | 0,252          | Diterima   |
| 19 | 35                      | 176  | 3,825     | 0,058     | 0,252          | Diterima   |
| 20 | 36                      | 177  | 3,885     | 0,082     | 0,252          | Diterima   |
| 21 | 37                      | 178  | 3,830     | 0,192     | 0,252          | Diterima   |
| 22 | 38                      | 179  | 3,895     | 0,062     | 0,252          | Diterima   |
| 23 | 39                      | 180  | 3,910     | 0,052     | 0,252          | Diterima   |
| 24 | 40                      | 181  | 3,875     | 0,062     | 0,252          | Diterima   |
| 25 | 44                      | 186  | 3,985     | 0,018     | 0,252          | Diterima   |
| 26 | 45                      | 187  | 3,911     | 0,128     | 0,252          | Diterima   |
| 27 | 46                      | 188  | 3,946     | 0,062     | 0,252          | Diterima   |
| 28 | 47                      | 189  | 4,051     | 0,092     | 0,252          | Diterima   |
| 29 | 84                      | 208  | 4,228     | 0,119     | 0,252          | Diterima   |
| 30 | 83                      | 209  | 4,223     | 0,011     | 0,252          | Diterima   |
| 31 | 82                      | 210  | 4,283     | 0,069     | 0,252          | Diterima   |
| 32 | 81                      | 211  | 4,278     | 0,059     | 0,252          | Diterima   |
| 33 | 213                     | 1216 | 4,261     | 0,157     | 0,252          | Diterima   |
| 34 | 220                     | 1198 | 4,430     | 0,260     | 0,252          | Ditolak    |
| 35 | 228                     | 1091 | 4,279     | 0,118     | 0,252          | Diterima   |
| 36 | 235                     | 1050 | 4,452     | 0,017     | 0,252          | Diterima   |
| 37 | 243                     | 929  | 4,367     | 0,289     | 0,252          | Ditolak    |
| 38 | 252                     | 863  | 4,294     | 0,156     | 0,252          | Diterima   |
| 39 | 264                     | 776  | 3,892     | 0,003     | 0,252          | Diterima   |
| 40 | 274                     | 666  | 3,708     | 0,191     | 0,252          | Diterima   |
| 41 | 287                     | 617  | 3,452     | 0,146     | 0,251          | Diterima   |

| No        | Pasangan Titik Validasi |     | Rata Kedalaman | Selisih Kedalaman | Akurasi SD SNI | Keterangan |
|-----------|-------------------------|-----|----------------|-------------------|----------------|------------|
|           | 42                      | 296 | 465            | 3,322             |                |            |
| 43        | 306                     | 444 | 2,981          | 0,089             | 0,251          | Diterima   |
| MINIMAL   |                         |     |                | 0,003             |                |            |
| MAKSIMAL  |                         |     |                | 0,289             |                |            |
| RATA-RATA |                         |     |                | 0,085             |                |            |
| SD        |                         |     |                | 0,064             |                |            |

Dari data diatas didapatkan selisih minimal kedalaman 0,003 meter, selisih maksimal kedalaman 0,289 meter, rata-rata selisih kedalaman 0,085 meter, standar deviasi selisih kedalaman 0,064 meter, dan standar deviasi SNI 0,251 dan 0,252 meter. Adapun standar deviasi SNI didapat dari variabel a dan b pada orde khusus dimana  $a = 0,25$  meter, dan  $b = 0,0075$  meter. Dari 43 jumlah titik yang bertampalan dapat dinyatakan bahwa 41 titik masuk pada orde khusus dan 2 titik ditolak pada orde khusus.

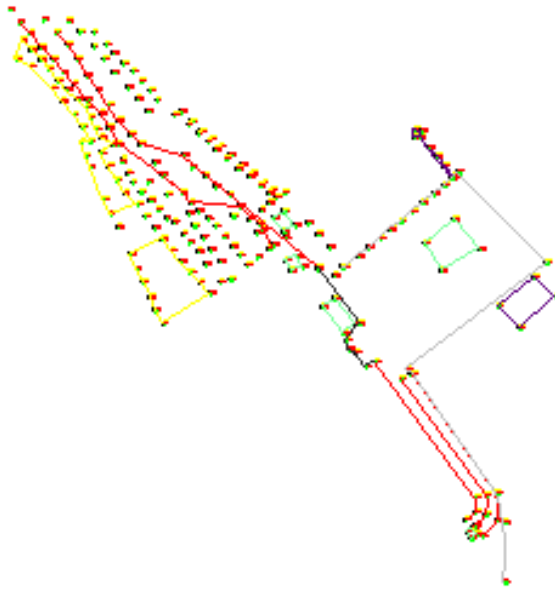


**Gambar 4.8** Gambar pemeruman

Dari hasil pemeruman yang yang dilakukan, dapat dianalisa bahwa kedalaman perairan pelabuhan kendal relatif dangkal

#### 4.4 HASIL TOPOGRAFI

Pengukuran topografi yang dilakukan menggunakan *Total Station Topcon*. Data yang diperoleh akan ditampilkan pada lampiran. Berikut adalah gambar mengenai hasil survei topografi yang telah dilakukan.



**Gambar 4.9** Topografi Pelabuhan Kendal



## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 KESIMPULAN**

Kesimpulan yang dapat diangkat pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil standar deviasi titik pemeruman, hasil pengukuran di lokasi perum masuk pada orde khusus yakni dengan nilai standar deviasi 0,064 meter.
2. Nilai Mean Sea Level (MSL) yang didapat dari pengukuran pasang surut 1 piantan di perairan pelabuhan kendal adalah 0,602 meter. Dimana pasang tertinggi terjadi pada pukul 11.00 dengan nilai 0,96 meter dan surut terendah terjadi pada pukul 23.00 dengan nilai 0,305 meter. Kedalaman rata-rata dari pemeruman yang dilakukan di pelabuhan kendal ialah 2,898 meter. Sedangkan kedalaman terkoreksi rata-rata yang didapat dari proses perhitungan adalah 3,209 meter.

#### **5.2 SARAN**

1. Sebaiknya menggunakan software navigasi yang terintegrasi pada alat, sehingga dapat meminimalisir adanya kesalahan pada posisi titik perum.
2. Data hasil pengukuran perum dapat digunakan sebagai referensi pengukuran selanjutnya baik yang bersifat kontinu maupun tidak.
3. Sebaiknya pengamatan pasang surut di Pelabuhan Kendal agar lebih diperlama. Hal ini guna untuk mendapatkan tingkat presisi data pasang surut yang lebih baik lagi.

