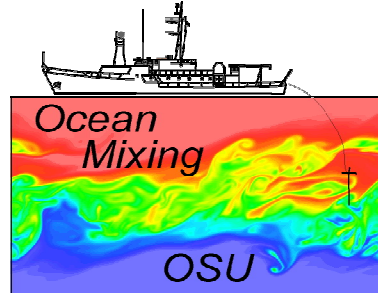


BAB III

Akuisisi dan Pengolahan Data

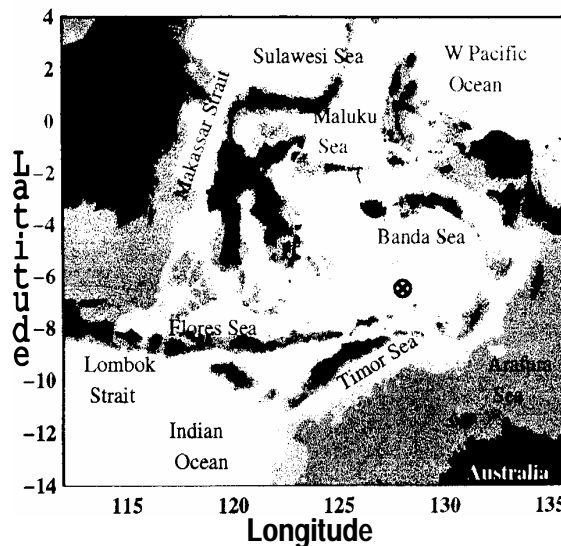
*The main goal of physics is to describe
a maximum of phenomena with
a minimum of variable !*



C. CERN Courier

3.1 Akuisisi data

Pengukuran turbulensi di laut Banda pertama sekali dilaksanakan pada tahun 1998 oleh Applied Physics Laboratory, University of Washington dengan Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT). Eksperimen yang dinamakan ARLINDO microstructure dilaksanakan mulai tanggal 22 Oktober sampai tanggal 7 November 1998 dengan kapal riset Baruna Jaya IV milik BPPT. Kapal riset Baruna Jaya IV mempunyai panjang 60.4 meter, lebar 12.1 meter, draft kapal 4.15 meter, berat kapal 1.219 ton serta kecepatan maximum 13 knot. Lokasi penelitian terletak dalam koordinat ($6.5^{\circ}\text{S}; 128^{\circ}\text{E}$) yang merupakan pusat dari laut Banda. Lokasi penelitian dapat dilihat dalam gambar berikut:



Gambar-1: Peta batimetri secara kasar untuk laut Banda, warna abu-abu menunjukkan kedalaman 0-300m; warna abu-abu muda menunjukkan kedalaman 300-1000m dan warna putih menunjukkan kedalaman ≥ 1000 meter.

Tanda \otimes menunjukkan lokasi penelitian dengan kedalaman 4700 meter.

(sumber: Alford, M et al 1999).

Metode pengukuran adalah deret waktu (time series) selama dua minggu (14 hari) penuh. Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- Modular Microstructure Profiler (MMP) yang mengukur parameter: potensial temperatur, salinitas, potensial densitas, tekanan serta energi kinetik dissipation rate.
- Sea-Bird thermistor floating dalam Tygon tube yang mengukur SST (suhu muka laut secara time series 14 hari).
- RDI broadband ADCP untuk mengukur profil kecepatan arus.
- Aandera system untuk mengukur parameter meteorologi.

Untuk mempertahankan posisi di koordinat ($6.5^{\circ}\text{S}; 128^{\circ}\text{E}$) maka kapal bergerak dengan kecepatan 2 knot disekitar koordinat tersebut. Karena kemampuan kapal yang tidak dapat bergerak dengan kecepatan dua knot secara terus menerus maka survei dilakukan dengan cara kapal bergerak dengan kecepatan 2 knot selama 4 jam dan bergerak dengan kecepatan 4 knot atau lebih selama 2 jam. Selama kapal bergerak dengan kecepatan 2 knot MMP diturunkan (jatuh bebas) dan ditarik lagi. MMP diturunkan sampai kedalaman 300 meter. Waktu penurunan dan naik kembali ke deck memerlukan waktu sekitar 15 menit. Selama survei kita melakukan 519 kali penurunan. Pada saat kapal bergerak 4 knot atau lebih tidak ada pengambilan data turbulen (MMP tidak diturunkan). Memang itu mengurangi kemulusan time series data yang kita inginkan, tetapi itulah hasil terbaik yang dapat dilakukan. Sedangkan peralatan lain seperti ADCP, Aandera system dan Sea-Bird thermistor floating beroperasi secara terus menerus selama 14 hari. Survei MMP dapat dilihat pada gambar berikut:

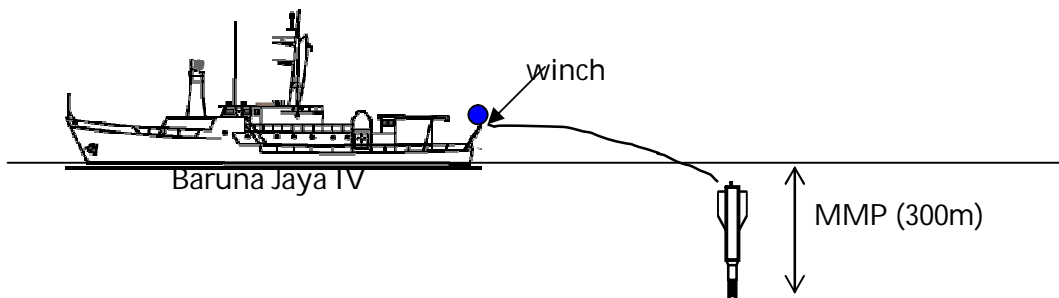


Gambar-2: Akusisi data MMP pada sore hari di buritan kapal Baruna Jaya IV. Tampak ilmuwan & engineer dari BPPT dan APL-UW sedang menarik MMP ke deck (penulis dengan baju garis-garis). (sumber: foto oleh Jenifer)

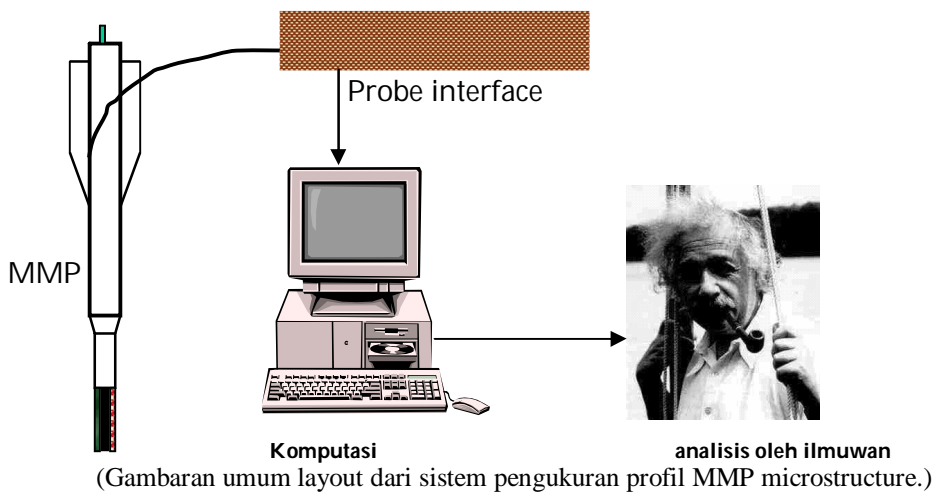


Gambar-3: Akusisi data MMP pada siang hari di buritan kapal Baruna Jaya IV. Kelihatannya seperti orang memancing ikan paus, tapi ternyata bukan! mereka sedang memancing turbulen!!!. (sumber: foto oleh penulis)

Berikut ini adalah penggambaran dari survei turbulen:



(Gambar skematik survei Arlindo microstructure)



Secara umum survei berjalan lancar, kebetulan cuaca sangat cerah dan kondisi laut umumnya tenang. Hasil eksperimen ARLINDO microstructure selama 14 hari diperoleh data-data sebagai berikut:

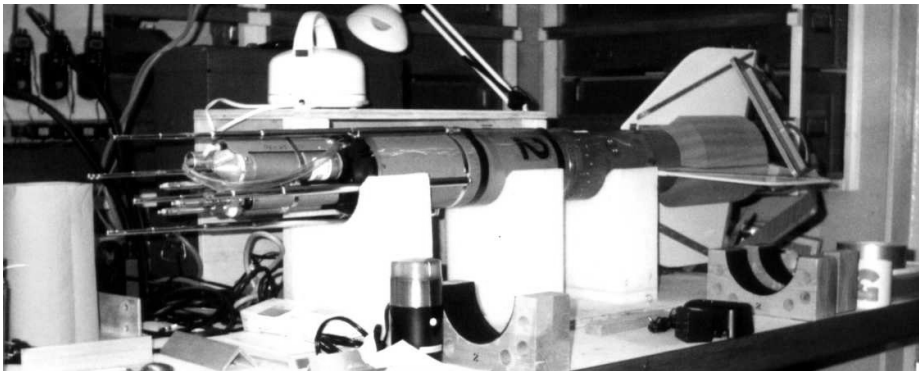
- Profil arus secara vertikal hingga kedalaman ± 200 meter secara kontinu. Data arus berupa komponennya dalam arah vertikal dan horisontal, laju dan arahnya.
- Suhu muka laut dengan sensor Sea-Bird thermistor secara kontinu.
- Data meteorologi standard (kecepatan dan arah angin, kelembaban, temperatur, curah hujan, radiasi dll) secara kontinu.
- Data posisi dengan GPS Astech secara kontinu.
- Data MMP berupa potensial temperatur, salinitas, potensial densitas, tekanan serta energi kinetik dissipation rate, sejumlah 519 profil secara time series.

Semua data tersebut dapat diperoleh di UPT Baruna Jaya – BPPT, Jakarta.

3.2 Instrumen dan sensor

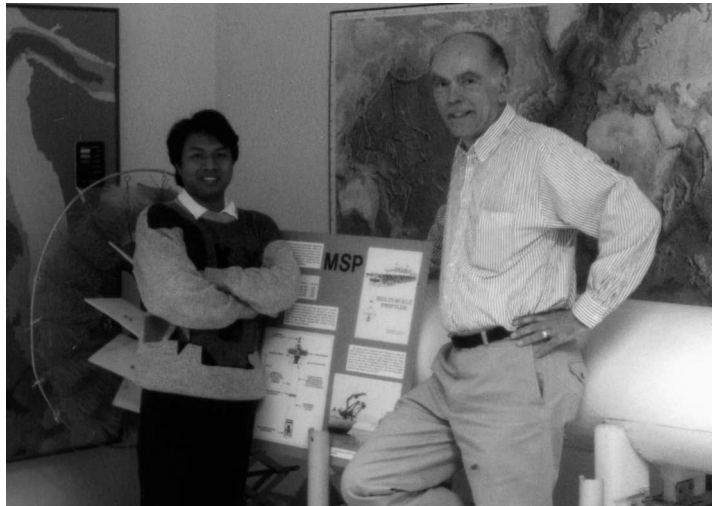
Alat utama dalam pengukuran turbulensi di laut Banda ini adalah MMP

(Modular Microstructure Profiler). Dalam bab ini kita hanya berkonsentrasi pada instrumen dan sensor MMP saja. Bentuk instrumen MMP ini dapat dilihat dalam gambar berikut:



Gambar-4: Instrumen MMP yang dikembangkan oleh Applied Physics Laboratory, University of Washington, sedang parkir di lab basah kapal riset Baruna Jaya IV. (sumber: foto oleh penulis)

Instrumen MMP ini dikembangkan oleh kelompok microstructure applied physics laboratory, university of Washington yang diketuai oleh prof. Michael C. Gregg. Dalam dunia riset microstructure atau proses mixing di laut, prof Gregg merupakan salah satu tokoh utama.



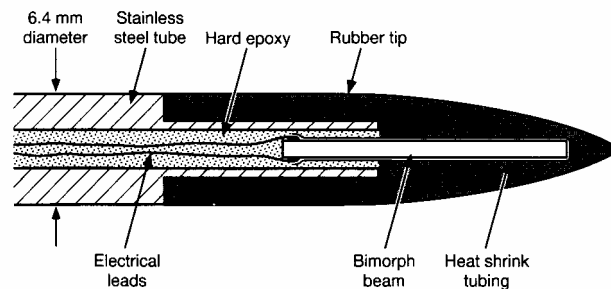
Gambar-5: Penulis dan Prof Mike C. Gregg di Applied Physics Laboratory, University of Washington, Seattle. Latar belakang berupa instrumen MSP yang digunakan dalam eksperimen mixing di selat Florida. (sumber: foto oleh Ilyas)

Instrumen MMP ini dilengkapi dengan sensor CTD tipe Seabird yang lebih presisi yaitu waktu respon dari sensor harus dalam rank milidetik. Kita tidak akan membicarakan lebih jauh tentang sensor CTD ini karena telah banyak digunakan orang dan telah tersedia di pasaran bebas. Parameter selain yang diukur dalam CTD, adalah turbulence kinetic energy dissipation rate (TKE dissipation rate) yang diberi simbol ϵ (epsilon). Pada dasarnya sensor untuk menentukan ϵ adalah mengukur fluktuasi kecepatan. Untuk mengukur fluktuasi kecepatan sensor harus mampu mengukur kecepatan arus dalam resolusi spatial lebih kecil dari 1 cm. Beberapa tipe yang telah dikembangkan untuk pengukuran fluktuasi arus dalam pengukuran turbulen di laut adalah:

- Thermoanemometers
- Acoustical current meter
- Electromagnetic current meters
- Differential pressure transducers
- Airfoil shear probes.

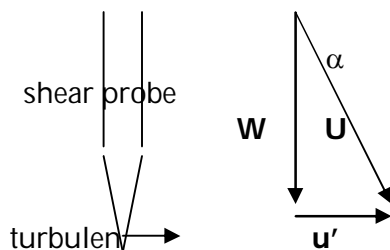
Yang pertama kali digunakan orang adalah thermoanemometers, tetapi sensor ini mempunyai keterbatasan yang berkaitan dengan pemisahan arah arus, ketidakpastian dalam kalibrasi serta pengaruh efek termal yang sensitif, sehingga dalam eksperimen sekarang ini sensor tersebut jarang dipakai. Sedangkan acoustical current meter juga jarang digunakan karena keterbatasan ketelitian yaitu hanya dalam orde beberapa centimeter.

Pengukuran dengan menggunakan electromagnetic current meters hanya dilakukan oleh beberapa peneliti saja seperti Prof Tom Sanford dari Applied Physics Laboratory, University of Washington. Instrumen ini sangat mahal meskipun menjanjikan hasil observasi yang lebih baik. Differential pressure transducers juga sedikit digunakan orang karena kesulitan dengan adanya noise hidrodinamik. Metode yang paling populer adalah dengan menggunakan airfoil shear probe. Instrumen MMP yang digunakan dalam eksperimen di laut Banda ini menggunakan airfoil shear probe untuk mengukur fluktuasi kecepatan. Sensor ini telah dikembangkan lebih dari 20 tahun. Airfoil yang digunakan dalam MMP sebagai berikut:



Gambar-6: Sensor turbulen berupa airfoil yang dikembangkan oleh Applied Physics Laboratory, University of Washington, Seattle.

Geometri dari shear probe ditunjukkan oleh gambar berikut:



Kecepatan jatuh dari instrumen adalah W yang bergerak konstan. Karena adanya turbulen (eddy) maka shear probe mengalami gaya (pembengkokkan) kearah horisontal. Pembengkokan tadi menyatakan fluktuasi kecepatan (u'). Hubungan antara gaya pembengkokkan dengan kecepatan jatuh dinyatakan oleh relasi:

$$F = \frac{1}{2} \rho U^2 A \sin 2\alpha \quad 3.2.1$$

Dimana ρ adalah densitas air laut, A adalah luas penampang airfoil di dalam arah axial (jatuh). Jika dinyatakan dalam kecepatan jatuh (W) maka dengan memanfaatkan rumus trigonometri $\sin 2\alpha = 2\sin\alpha\cos\alpha$, maka kita dapatkan:

$$F = A\rho Wu' \quad 3.2.2$$

Dari relasi ini dapat kita estimasi bahwa oleh karena shear harus mempunyai orde 1 s^{-1} (ingat shear adalah $\partial u/\partial x$ maka dimensinya $\text{m s}^{-1}/\text{m} = \text{s}^{-1}$), maka kecepatan jatuh (W) harus dalam mempunyai rank 0.4m/det sampai 0.7 m/det.

Rate disipasi dari energi kinetik turbulen (the TKE dissipation rate) dapat dihitung dari formulasi (ingat bab-2):

$$\varepsilon = \nu \overline{\frac{\partial u_i'}{\partial x_j} \left(\frac{\partial u_i'}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j'}{\partial x_i} \right)}$$

Dengan asumsi turbulen homogen isotropis maka the TKE dissipation rate menjadi:

$$\varepsilon = \frac{15}{2} \nu \overline{\left(\frac{\partial u'}{\partial z} \right)^2} \quad 3.2.3$$

Persyaratan homogen isotropis biasanya harus memenuhi relasi (J.N Moum et al 1995):

$$\varepsilon / \nu N^2 > 20, \quad N^2 = - \left(\frac{g}{\rho} \right) \frac{\partial \rho}{\partial z} - \frac{g^2}{c^2}$$

Dengan c adalah kecepatan rambat bunyi di air laut.

Keluaran dari airfoil adalah menghitung harga shear fluktuasi arus, yang hasilnya berupa sinyal voltase AC. Voltase keluaran ini dinyatakan oleh:

$$E_o(t) = S_v \left(\frac{W^2}{2g} \right) \frac{u'}{W} \quad \text{volt}$$

Dimana S_v adalah sensitifitas sensor. Besaran ini harganya ditentukan dengan kalibrasi berupa aliran yang mengalir dengan kecepatan konstan. Sensitivitas ini akan berubah umumnya setelah 159 kali operasi. Sinyal ini dikuatkan dengan tiga buah high-pass filter. Setelah itu untuk pembacaan dalam Hz dilakukan low-pass filter yang dinamakan Tchebyscheff filter.

Untuk menghitung TKE dissipation rate, pada dasarnya kita menggunakan rumus 3.2.3 tetapi karena datanya berupa sinyal maka yang kita punyai adalah spektrumnya yang diberi simbol $\Phi_R(f)$. Setelah mengalami penfilteran maka spektrum kecepatan akan dinyatakan oleh:

$$\Phi_{vel}(f) = \frac{(2g/S_v W)^2 (10/2^{16})^2}{H_{electronic}^2(f) H_{probe}^2(f, w)} \Phi_R(f) \quad (m^2 s^{-2} Hz^{-1})$$

Dimana masing-masing filter dinyatakan oleh:

$$H_{probe}^2(f, w) = \frac{1}{1 + (\lambda_c f / w)^2}$$

serta

$$H_{electronic}^2(f) = H_{ca}^2(f) H_{diff}^2(f) H_{gain}^2(f) H_{Tc}^2(f)$$

$$H_{ca}^2(f) = \frac{(C_s / C_F)^2 (f / f_L)^2}{[1 + (f / f_L)] [1 + (f / f_H)^2]} \quad ; \quad H_{diff}^2(f) = \frac{K^2 f^2}{[F_1^2 + f^2] [F_2^2 + f^2]}$$

$$H_{gain}^2(f) = \left(\frac{R_{GF}}{R_{GI}} \right)^2 \quad ; \quad H_{Tc}^2(f) = \frac{1}{1 + \alpha^2 [32(f / f_o)^6 - 48(f / f_o)^4 + 18(f / f_o)^2 - 1]}$$

Dimana masing-masing konstanta telah ditentukan, tergantung dari bahan sensor yang digunakan. Maka THE dissipation rate akan dihitung berdasarkan persamaan:

$$\varepsilon = \frac{15}{2} \nu \int_2^{k_c} \Phi_{shear}(k_3) dk_3 \quad (Wkg^{-1})$$

dimana :

$$\Phi_{shear}(k_3) = (2\pi k_3)^2 w \Phi_{vel}(f) \quad (s^{-2} [cpm]^1)$$

Dengan hasil ini maka difusivitas diapiknal dapat dihitung dengan rumus:

$$\kappa_\rho \equiv \gamma_{mix} \frac{\varepsilon}{N^2}$$

Mixing efisiensi diambil 0.2 (Alford, M & M.C Gregg 1999).

3.3 Pengolahan data

Data yang kita dapatkan dari lapangan adalah data arus (dari ADCP), data CTD dan ϵ (dari MMP), data suhu muka laut (dari Seabird thermistor) serta data meteorologi dari Aanderaa system. Karena pengolahan data suhu muka laut serta data meteorologi sudah banyak dilakukan orang maka kita berkonsentrasi pada pengolahan data MMP, CTD dan ADCP saja. Kembali kita ingatkan bahwa semua data kita peroleh secara deret waktu (time series) dengan satu titik pengamatan.

Pengolahan data ADCP dilakukan sebagai berikut:

- **Ini untuk mengolah data ADCP dari kapal yang bergerak.**

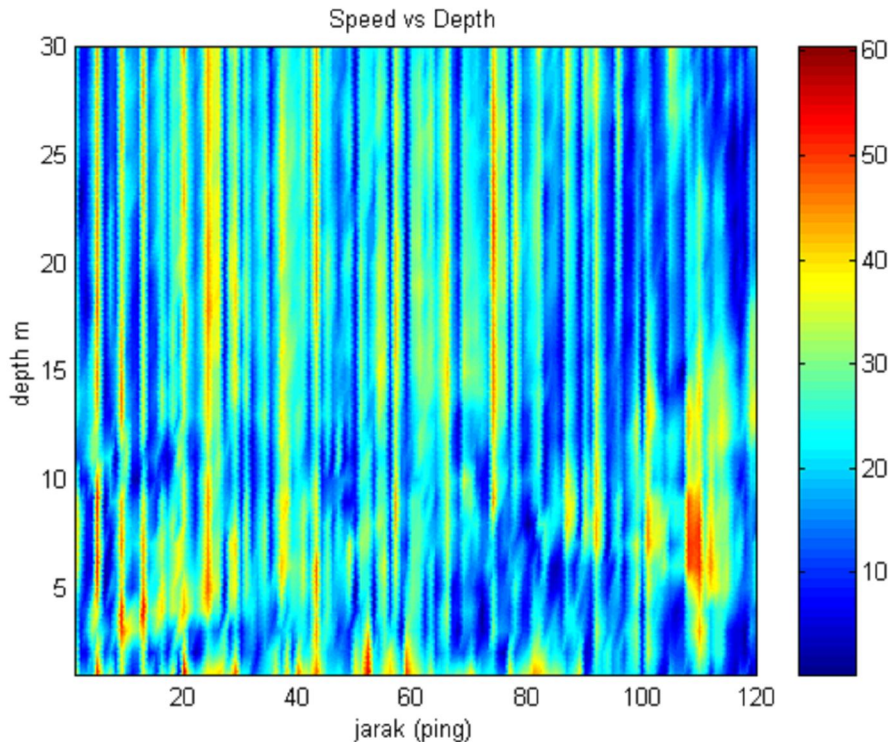
CONTOH UNTUK SATU FILE DATA YANG NAMANYA

ADCPDATA.TXT

Program dengan Matlab sebagai berikut:

```
fid=fopen('adcpdata.txt','r');
fseek(fid,0,-1);
line01=fscanf(fid,'%f',[1,7]);
i=1
while 1
line02=fscanf(fid,'%f',[1,13]);
[message err]=ferror(fid)
if abs(err)>0,break,end
line03=fscanf(fid,'%f',[1,12]);
line04=fscanf(fid,'%f',[1,5]);
line05=fscanf(fid,'%f',[1,5]);
line06=fscanf(fid,'%f',[1,9]);
line07=fscanf(fid,'%s',[1,6]);%karena karakternya huruf maka %s
data=fscanf(fid,'%f',[13,40]);
datan=data';
speed(:,i)=datan(:,2);
i=i+1
end
speed;
pcolor(speed(1:30,1:120))%ini menyatakan speed adalah matrik 30x120
shading interp
colorbar
title('Speed vs Depth')
xlabel('speed (m/s)');
ylabel('depth m');
```

Hasilnya sebagai berikut:



▪ Ini untuk sistem time series

Semua data telah dirata-ratakan dalam selang 8 m dan 30 menit. Hasilnya dinyatakan dalam file.mat

Disini kita punta data yaitu:

u	60x672	322560	double array %kecepatan E-W
uz	60x672	322560	double array %shear dari u
v	60x672	322560	double array %kecepatan N-S
vz	60x672	322560	double array %shear dari v
epsilon	60x672	322560	double array %rate of dissipation
N2	60x672	322560	double array %rekuensi apung
Theta	60x672	322560	double array %potensial temperatur
Sal	60x672	322560	double array %salinitas

yday	1x672	5376	double array %time series (hari)
z_adcp	1x60	480	double array %kedalaman 0-300m

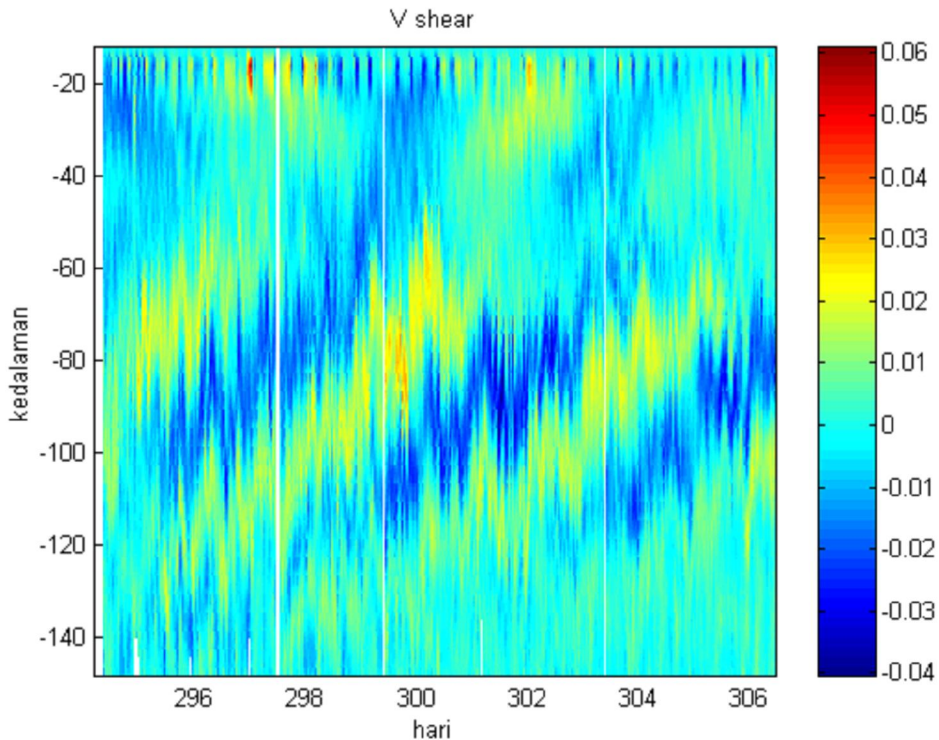
- jika kita ingin memplot vz sebagai fungsi dari kedalaman dan hari maka perintahnya adalah:


```
>> pcolor(yday,-z_adcp,vz);
>> shading interp;
>> colorbar;
```

tetapi karena ada error mulai kedalaman 150m kebawah dan pada awal serta akhir hari maka kita modifikasi sbb:

```
>> pcolor(yday,-z_adcp(1,1:40),vz(1:40,:);
>> shading interp;
>> colorbar;title('Vshear');xlabel('hari');ylabel('kedalaman')
```

Hasilnya dinyatakan dalam gambar berikut:



Dengan cara yang sama kita dapat memplot besaran yang lain, karena semua data yaitu temperatur, salinitas, potensial temperatur, densitas, rate of dissipation (epsilon), frekuensi Brounvaisalaa (gaya apung) telah dinyatakan dalam file.mat.

Pengolahan data CTD dilakukan sebagai berikut:

INI PROGRAM UTAMANYA: NAMANYA KATAKANLAH SAMPLE.M
DENGAN DATANYA ADALAH GUATCTD.TXT.

Program dalam Matlab sebagai berikut:

```
%Program pengolahan data CTD
fid=fopen('guatctd.txt','r');
fseek(fid,0,-1);
data=fscanf(fid,'%f',[3,inf]);
```

```

press=data(1,:);
temp=data(2,:);
cond=data(3,:);
[n m]=size(data);
for i=1:m
zdepth(i,1)=-1.0*depth(press(i,1),15);%data pada lintang 15 derajat
salinity(i,1)= SAL78(cond(i,1),temp(i,1),press(i,1));
dens(i,1)=density(salinity(i,1),temp(i,1),press(i,1));
Sigmat(i,1)=sigmat(salinity(i,1),temp(i,1),press(i,1));
soundvel(i,1)=SVEL(salinity(i,1),temp(i,1),press(i,1));
end
subplot(2,2,1)
plot(soundvel,zdepth)
grid
ylabel('depth (m) ');
title('Sound velocity vs Depth ')
subplot(2,2,2)
plot(salinity,zdepth)
grid
ylabel('depth(m)');
title('Salinity vs Depth');
subplot(2,2,3);
plot(dens,zdepth)
grid
ylabel('depth(m)');
title('Density vs Depth')
subplot(2,2,4)
plot(temp,zdepth)
grid
ylabel('depth (m)');
title('Temperature vs Depth ');
gtext('A. Sulaiman')
gtext('February 03,2000'); gtext('gurune mbah Brian Lewis')

```

fungsi-fungsinya dinyatakan oleh (<http://www.fish.washington.edu>):

1. konversi tekanan ke kedalaman

```

function z=depth(p,lat)
x=sin(lat/57.29578);
x=x*x;
%' gr=gravity variation with latitude: Anon (1970)
%' Bulletin Geodesique
gr=9.780318*(1.0+(5.2788E-3+2.36E-5*x)*x)+1.092E-6*p;
depth1=(((-1.82E-15*p+2.279E-10)*p-2.2512E-5)*p+9.72659*p);
z=depth1/gr;

```

2. menghitung salinitas

```

function z=SAL78(CND,T,P)

```

```

R=CND;
DT=T-15.0;
RT=R/(RT35(T)*(1.0+C(P)/(B(T)+A(T)*R)));
RT=sqrt(abs(RT));
z=SAL(RT,DT);
%end function

```

```

% *****
% SAL78 converts conductivity to salinity
% the conductivity ratio (CND)=1.0000000 for salinity=35
% PSS-78. temperature=15.0 deg. celcius, and atmospheric
% pressure.
% *****
% references: also located in UNESCO Report NO. 37 1981
% Practical Salinity Scale 1978: E.L. Lewis IEEE Ocean Eng.
% Jan. 1980
% *****
% units:
%     pressure    P    decibars
%     temperature T    deg. celcius (IPITS-68)
%     conductivity CND    ratio (M=0)
%     salinity    SAL78 (PSS-78) (M=0)
% checkvalues:
%     SAL78=1.888091:CND=40.0000,T=40degC,P=10000dcbrs:M=1
%     SAL78=40.00000:CND=1.888091,T=40degC,P=10000dcbrs:M=0
% SAL78 ratio: returns zero for conductivity ratio: <0.0005
%
% SAL78: returns zero for salinity: <0.02
% *****
% Practical Salinity Scale 1978 definition with temperature
% correction
% *****
% convert conductivity to salinity

```

```

function z=SAL(XR,XT)
z=(((((2.7081*XR-7.0261)*XR+14.0941)*XR+25.3851)*XR-0.1692)*XR+0.0080
+(XT/(1.0+0.0162*XT))*(((((-0.0144*XR+ 0.0636)*XR-0.0375)*XR-0.0066)*XR-
0.0056)*XR+0.0005);
%End function

```

```

function z=RT35(XT)
z=((((1.0031E-9*XT-6.9698E-7)*XT+1.104259E-4)*XT +2.00564E-2)*XT+0.6766097;
%End function
function z=C(XP)
z=((3.989E-15*XP-6.370E-10)*XP+2.070E-5)*XP;

```

```
%End function
```

```
function z=B(XT)
```

```
z=(4.464E-4*XT+3.426E-2)*XT+1.0;
```

```
%End function
```

```
function z=A(XT)
```

```
z=-3.107E-3*XT+0.4215;
```

```
%End function
```

```
% density(S,T,p) -- computes in-situ density
```

```
% @param S Salinity in PSU
```

```
% @param T In-situ temperature in degC
```

```
% @param p Pressure, in decibar (nominally, 1dbar = 1m of water)
```

```
% */
```

3. menghitung densitas

```
function z= density( S, T, p)
```

```
rho_w = 999.842594 + T * (6.793952e-2 + T * (-9.095290e-3 + T * (1.001685e-4 + T * (-1.120083e-6 + T * 6.536332e-9))));
```

```
Kw = 19652.21 + T * (148.4206 + T * (-2.327105 + T * (1.360477e-2 - T * 5.155288e-5)));
```

```
Aw = 3.239908 + T * (1.43713e-3 + T * (1.16092e-4 - T * 5.77905e-7));
```

```
Bw = 8.50935e-5 + T * (-6.12293e-6 + T * 5.2787e-8);
```

```
p1 = 0.1 * p;
```

```
S12 = sqrt(S);
```

```
ro = rho_w + S * (8.24493e-1 + T * (-4.0899e-3 + T * (7.6438e-5 + T * (-8.2467e-7 + T * 5.3875e-9))) + S12 * (-5.72466e-3 + T * (1.0227e-4 - T * 1.6546e-6) + S12 * 4.8314e-4));
```

```
xkst = Kw + S * (54.6746 + T * (-0.603459 + T * (1.09987e-2 - T * 6.1670e-5)) + S12 * (7.944e-2 + T * (1.6483e-2 + T * (-5.3009e-4)))) + p1 * (Aw + S * (2.2838e-3 + T * (-1.0981e-5 + T * (-1.6078e-6)) + S12 * (1.91075e-4)) + p1 * (Bw + S * (-9.9348e-7 + T * (2.0816e-8 + T * (9.1697e-10)))));
```

```
z = (ro / (1.0 - p1 / xkst));
```

```
%end function
```

4. menghitung sigma tetha

```
%sigmat(S,T,p)
```

```
% @param S Salinity in PSU
```

```
% @param T In-situ temperature in degC
```

```
% @param p Pressure, in decibar (nominally, 1dbar = 1m of water)
```

```
% */
```

```
function z=sigmat(S, T, p)
```

```
z = density(S, T, 0);
```

```
%end function
```

5. menghitung cepat rambat bunyi di air

```
function z=SVEL(S,T,PO)
```

```

% *****
% Sound Speed Seawater Chen and Millero 1977,JASA,62,1129-35
% units:
%     pressure    PO    decibars
%     temperature T    deg celcius (IPTS-68)
%     salinity    S    (PSS-78)
%     sound speed SVEL meters/second
% checkvalue:SVEL=1731,995m/s,S=40(PSS-78),T=40degC,P=10000db
% *****
% scale pressure to bars
%     P=PO/10.;
%     SR=sqrt(abs(S));
% S**2 term
%     D=1.727E-3-7.9836E-6*P;
% S**3/2 term
%     B1=7.3637E-5+1.7945E-7*T;
%     B0=-1.922E-2-4.42E-5*T;
%     B4=B0+B1*P;
% S**1 term
%     A3=(-3.389E-13*T+6.649E-12)*T+1.100E-10;
%     A2=((7.988E-12*T-1.6002E-10)*T+9.1041E-9)*T-3.9064E-7;
%     A1=(((-2.0122E-10*T+1.0507E-8)*T-6.4885E-8)*T-1.2580E-5)*T+9.4742E-5;
%     A0=(((-3.21E-8*T+2.006E-6)*T+7.164E-5)*T-1.262E-2)*T+1.389;
%     A4=((A3*P+A2)*P+A1)*P+A0;
% s**0 term
%     C3=(-2.3643E-12*T+3.8504E-10)*T-9.7729E-9;
%     C2=((1.0405E-12*T-2.5335E-10)*T+2.5974E-8)*T-1.7107E-6)*T+3.1260E-5;
%     C1=(((-6.1185E-10*T+1.3621E-7)*T-8.1788E-6)*T+6.8982E-4)*T+0.153563;
%     C0=((((3.1464E-9*T-1.47800E-6)*T+3.3420E-4)*T-5.80852E-
%         2)*T+5.03711)*T+1402.388;
%     C4=((C3*P+C2)*P+C1)*P+C0;
% sound speed return
%     z=C4+(A4+B4*SR+D*S)*S;
%End function
% theta(S,T,p) -- computes potential temperature
% @param S Salinity in PSU
% @param T In-situ temperature in degC
% @param p Pressure, in decibar (nominally, 1dbar = 1m of water)

```

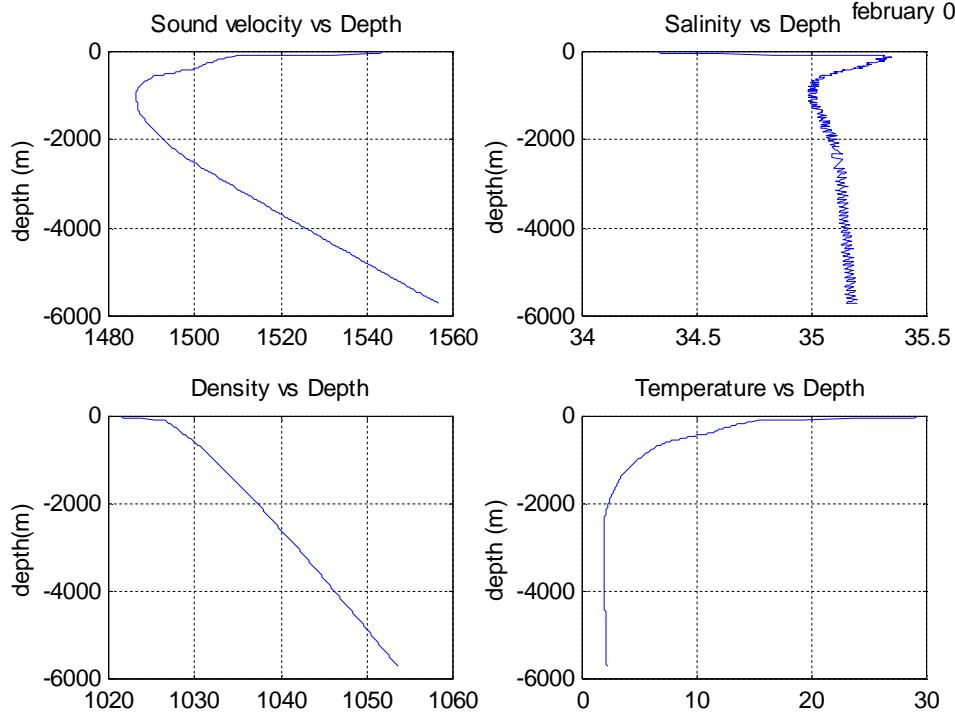
6. menghitung potenasial temperatur

```

function z= theta(SS, T, pp)
S = SS- 35.00;
p = pp/10.0;
z =T - p * (((3.6504e-4 + T * (8.3198e-5 + T * (-5.4065e-7 + T *
4.0274e-9)))) + S * (1.7439e-5 - T * 2.9778e-7)) + p * ((8.9309e-7
+ T * (-3.1628e-8 + T * 2.1987e-10) - S * 4.1057e-9) + p * (-1.6056e-10 + T * 5.0484e-12)));

```

Hasilnya sebagai berikut:



gurune mbah brian lewis

a. sulaiman