

PURWARUPA INSTRUMEN CTD PROFILER

Dajad Setyanto¹, Widodo S Pranowo², Luddy Andreas Delia³

¹Mahasiswa Program Studi D-III Hidro-Oseanografi, STTAL

²Dosen Pengajar Prodi S1 Hidrografi dan D-III Hidro-Oseanografi, STTAL

³Dosen Pengajar Prodi D-III Hidro-Oseanografi, STTAL

Abstrak

Tulisan ini menjelaskan tentang perakitan purwarupa CTD profiler, yang meliputi desain serta pembuatan casing, desain rangkaian elektronika, desain bahasa program untuk rangkaian elektronika, serta pembuatan program antarmuka untuk akuisisi data. Data tersebut dibutuhkan oleh echosounder untuk mengoreksi pembiasan dan penyerapan berkas suara sepanjang survei batimetri. Purwarupa ini dirancang untuk mengukur suhu, tekanan, dan konduktivitas pada interval yang dibutuhkan pada saat diturunkan sampai kedalaman tertentu pada area survei. Purwarupa ini juga dirancang dapat bekerja dengan ketersediaan pasokan listrik, maupun tanpa pasokan listrik yang stabil. Pada wahana apung yang tidak terdapat pasokan listrik, purwarupa ini menggunakan baterai. Program antarmuka di desain sedemikian rupa pada sistem operasi windows sehingga mudah dimengerti, mudah diinstall dan mudah dijalankan. Penulisan bahasa program untuk instrumen purwarupa menggunakan platform arduino IDE yang bersifat open source. Sedangkan pembuatan program antarmuka menggunakan platform Borland Delphi 7.

Kata Kunci : CTD, Arduino IDE, Delphi 7

Abstract

This paper describes the assembling of CTD profiler prototypes, that including case design and creation, electronic circuit design and assembling, electronic coding, and interface program design for data acquisition. This data is needed by echosounders to correct the refraction and absorption of sound wave at the bathymetry survey. This prototype is designed to measure temperature, pressure, and conductivity when deploy to a certain depth in the survey area. This prototype is also designed to work with the availability of electricity supply, or without a stable electricity supply. On floating vehicles where there is no electricity supply, this prototype uses batteries. The interface program is designed in the Windows operating system that makes it easy to understand, easy to install and easy to run. Coding for this prototype will use the arduino IDE platform which is open source. And for the interface program will use the Borland Delphi 7 platform.

Keyword : CTD, Arduino IDE, Delphi 7

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Oseanografi dapat didefinisikan secara sederhana sebagai salah satu ilmu yang mempelajari lautan. Ilmu ini bukanlah ilmu yang murni, tetapi merupakan perpaduan dari bermacam-macam ilmu-ilmu dasar yang lain. Ilmu-ilmu lain yang termasuk di dalamnya ialah ilmu tanah, ilmu bumi (geografi), ilmu fisika, ilmu kimia, ilmu biologi, dan ilmu iklim .

Secara umum oseanografi dibedakan menjadi oseanografi fisis, kimia, biologi dan geologi. Oseanografi fisis khusus mempelajari segala sifat dan karakter fisis yang membangun sistem fluidanya. Oseanografi kimia melihat berbagai proses aksi dan reaksi antar unsur, molekul atau campuran dalam sistem samudera yang menyebabkan perubahan zat secara reversible atau irreversible. Oseanografi biologi mempelajari sisi hayati samudera guna mengungkap berbagai siklus kehidupan organisme yang hidup di atau dari samudera.

Oseanografi fisis mempelajari segala sifat dan karakter fisis yang membangun sistem fluida yang terdiri dari beberapa sifat, antara lain adalah temperatur, tekanan, densitas, salinitas, dan kecerahan warna. Sifat-sifat tersebut saling mempengaruhi dan berkaitan. Diantaranya adalah salinitas berpengaruh terhadap konduktifitas, kedalaman berpengaruh terhadap tekanan dan suhu, serta konduktifitas, temperatur, dan kedalaman (Conductivity, Temperature and Depth – CTD) berpengaruh terhadap nilai suatu profil cepat rambat gelombang suara (Sound Velocity Profile – SVP).

Instrumen yang digunakan untuk mengukur konduktifitas, suhu dan kedalaman sering disebut dengan CTD. Data SVP yang didapatkan dari CTD kemudian di gunakan untuk mengkoreksi echosounder yang digunakan dalam survei batimetri. Nilai dari SVP ini sangat penting karena lokasi atau waktu di perairan yang berbeda memiliki nilai SVP yang berbeda pula. Dengan kata lain, CTD adalah salah satu instrumen yang dibutuhkan dalam mendukung survei batimetri dengan menggunakan echosounder.

Kondisi saat ini, ketersediaan CTD tidak sebanding dengan banyaknya kegiatan survei batimetri. Perawatan dan perbaikan instrumen ini juga masih tergantung pada produsen, sehingga menghambat kelancaran operasi survei.

Idealnya, jumlah instrumen survei khususnya CTD sebanding dengan banyaknya kegiatan survei batimetri. Perawatan dan perbaikan seluruh instrumen survei juga seharusnya dapat dilaksanakan sendiri tanpa tergantung pihak produsen. Sehingga prosedur dan proses perawatan maupun perbaikan tidak berbelit dan memakan waktu yang lama. Hal ini dapat diatasi dengan cara produksi mandiri instrumen survei, dan mengembangkan sumber daya manusia sehingga mampu menguasai instrumen survei tersebut secara menyeluruh.

Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, untuk memenuhi kebutuhan instrumen survey khususnya CTD, maka rumusan

masalah yang didapat adalah bagaimana cara merakit purwarupa CTD mulai dari rencana, pembuatan sketsa dan rancangan, perakitan komponen terpisah menjadi satu kesatuan alat yang dapat bekerja serta penulisan perangkat lunak untuk mengatur, operasional dan mengolah data yang dihasilkan hingga menjadi nilai SVP untuk mendukung survey batimetri maupun kegiatan lainnya.

Tujuan Penelitian

Tujuan dari penulisan ini adalah merakit purwarupa CTD beserta penulisan perangkat lunak antarmukanya yang dapat bekerja untuk mendukung kegiatan yang bersifat pengembangan teknologi serta mendukung pendidikan dan pelatihan.

Manfaat Penelitian

Purwarupa CTD yang akan dirakit diharapkan memiliki manfaat sebagai berikut:

1. Digunakan untuk mendukung operasi survei batimetri.
2. Digunakan sebagai alat instruksi lapangan untuk mendukung proses belajar-mengajar di Pusdikhidros dan STTAL.
3. Digunakan untuk riset dan pengembangan lebih lanjut.

LANDASAN TEORI

Gelombang suara merambat baik dalam air. Dalam air laut yang bersifat konduktif dan keruh, kebanyakan gelombang elektro magnetik (gelombang cahaya dan radio) akan berkurang energinya (teratenuasi) dengan cepat dalam jarak beberapa ratus bahkan puluh meter saja. Penetrasi cahaya praktis hanya dapat mencapai beberapa puluh meter di bawah lapisan permukaan, sementara gelombang suara dapat mencapai dasar laut dengan kedalaman ribuan meter dan dapat merambat puluhan ribu meter melintasi samudra luas .

Kecepatan suara merupakan faktor yang sangat penting dalam survei batimetri. Hal ini disebabkan kecepatan suara dalam air memiliki nilai yang tidak selalu sama untuk setiap wilayah, sehingga langkah awal untuk melakukan

pemetaan dasar laut (Marine mapping) adalah melakukan perhitungan terhadap kecepatan suara di wilayah tersebut. Pengambilan data kecepatan suara dapat dilakukan menggunakan Conductivity Temperature and Depth (CTD) ataupun Sound Velocity Profiler (SVP).

Temperatur.

Dalam oseanografi dikenal dua istilah untuk menentukan temperatur air laut yaitu temperatur insitu (selanjutnya disebut sebagai temperatur saja) dan temperatur potensial. Temperatur adalah sifat termodinamis cairan karena aktivitas molekul dan atom di dalam cairan tersebut. Semakin besar aktivitas (energi), semakin tinggi pula temperaturnya. Temperatur menunjukkan kandungan energi panas. Energi panas dan temperatur dihubungkan oleh energi panas spesifik. Energi panas spesifik sendiri secara sederhana dapat diartikan sebagai jumlah energi panas yang dibutuhkan untuk menaikkan temperatur dari satu satuan massa fluida sebesar 1o. Jika kandungan energi panas nol (tidak ada aktivitas atom dan molekul dalam fluida) maka temperaturnya secara absolut juga nol (dalam skala Kelvin). Jadi nol dalam skala Kelvin adalah suatu kondisi dimana sama sekali tidak ada aktivitas atom dan molekul dalam suatu fluida. Temperatur air laut di permukaan ditentukan oleh adanya pemanasan (heating) di daerah tropis dan pendinginan (cooling) di daerah lintang tinggi. Kisaran harga temperatur di laut adalah -2° s.d. 35°C.

Tekanan di dalam laut akan bertambah dengan bertambahnya kedalaman. Sebuah parsel air yang bergerak dari satu level tekanan ke level tekanan yang lain akan mengalami penekanan (kompresi) atau pengembangan (ekspansi). Jika parsel air mengalami penekanan secara adiabatik (tanpa terjadi pertukaran energi panas), maka temperaturnya akan bertambah. Sebaliknya, jika parsel air mengalami pengembangan (juga secara adiabatik), maka temperaturnya akan berkurang. Perubahan temperatur yang terjadi akibat penekanan dan pengembangan ini bukanlah nilai yang ingin kita cari, karena di dalamnya tidak

terjadi perubahan kandungan energi panas. Untuk itu, jika kita ingin membandingkan temperatur air pada suatu level tekanan dengan level tekanan lainnya, efek penekanan dan pengembangan adiabatik harus dihilangkan. Maka dari itu didefinisikanlah temperatur potensial, yaitu temperatur dimana parsel air telah dipindahkan secara adiabatik ke level tekanan yang lain. Di laut, biasanya digunakan permukaan laut sebagai tekanan referensi untuk temperatur potensial. Jadi kita membandingkan harga temperatur pada level tekanan yang berbeda jika parsel air telah dibawa, tanpa percampuran dan difusi, ke permukaan laut. Karena tekanan di atas permukaan laut adalah yang terendah (jika dibandingkan dengan tekanan di kedalaman laut yang lebih dalam), maka temperatur potensial (yang dihitung pada tekanan permukaan) akan selalu lebih rendah daripada temperatur sebenarnya.

Satuan untuk temperatur dan temperatur potensial adalah derajat Celcius. Sementara itu, jika temperatur akan digunakan untuk menghitung kandungan energi panas dan transpor energi panas, harus digunakan satuan Kelvin. $0^{\circ}\text{C} = 273,16\text{K}$. Perubahan 1°C sama dengan perubahan 1K.

Seperti telah disebutkan di atas, temperatur menunjukkan kandungan energi panas, dimana energi panas dan temperatur dihubungkan melalui energi panas spesifik. Energi panas persatuan volume dihitung dari harga temperatur menggunakan rumus

$Q = \text{densitas} \times \text{energi panas specific} \times \text{temperatur}$ (temperatur dalam satuan Kelvin).

Jika tekanan tidak sama dengan nol, perhitungan energi panas di lautan harus menggunakan temperatur potensial. Satuan untuk energi panas (dalam mks) adalah Joule. Sementara itu, perubahan energi panas dinyatakan dalam Watt (Joule/detik). Aliran (fluks) energi panas dinyatakan dalam Watt/meter² (energi per detik per satuan luas).

Kisaran suhu pada daerah tropis relatif stabil karena cahaya matahari lebih banyak mengenai daerah ekuator daripada daerah kutub. Hal ini dikarenakan cahaya matahari yang merambat melalui atmosfer banyak kehilangan panas sebelum cahaya tersebut mencapai kutub. Suhu di lautan kemungkinan berkisar antara -1.87°C (titik beku air laut) di daerah kutub sampai maksimum sekitar 42°C di daerah perairan dangkal

Sebaran suhu secara menegak (vertikal) diperairan Indonesia terbagi atas tiga lapisan, yakni lapisan hangat di bagian teratas atau lapisan epilimnion dimana pada lapisan ini gradien suhu berubah secara perlahan, lapisan termoklin yaitu lapisan dimana gradien suhu berubah secara cepat sesuai dengan penambahan kedalaman, lapisan dingin di bawah lapisan termoklin yang disebut juga lapisan hipolimnion dimana suhu air laut konstan sebesar 4°C . Pada lapisan termoklin memiliki ciri gradien suhu yaitu perubahan suhu terhadap kedalaman sebesar 0.1°C untuk setiap penambahan kedalaman satu meter)

Suhu menurun secara teratur sesuai dengan kedalaman. Semakin dalam suhu akan semakin rendah atau dingin. Hal ini diakibatkan karena kurangnya intensitas matahari yang masuk kedalam perairan. Pada kedalaman melebihi 1000 meter suhu air relatif konstan dan berkisar antara $2^{\circ}\text{C} - 4^{\circ}\text{C}$.

Suhu mengalami perubahan secara perlahan-lahan dari daerah pantai menuju laut lepas. Umumnya suhu di pantai lebih tinggi dari daerah laut karena daratan lebih mudah menyerap panas matahari sedangkan laut tidak mudah mengubah suhu bila suhu lingkungan tidak berubah. Di daerah lepas pantai suhunya rendah dan stabil.

Lapisan permukaan hingga kedalaman 200 meter cenderung hangat, hal ini dikarenakan sinar matahari yang banyak diserap oleh permukaan. Sedangkan pada kedalaman 200-1000 meter suhu turun secara mendadak yang membentuk sebuah kurva dengan lereng yang

tajam. Pada kedalaman melebihi 1000 meter suhu air laut relatif konstan dan biasanya berkisar antara $2-4^{\circ}\text{C}$.

Faktor yang memengaruhi suhu permukaan laut adalah letak ketinggian dari permukaan laut (Altituded), intensitas cahaya matahari yang diterima, musim, cuaca, kedalaman air, sirkulasi udara, dan penutupan awan

Salinitas

Mula-mula diperkirakan bahwa zat-zat kimia yang menyebabkan air laut asin berasal dari darat yang dibawa oleh sungai-sungai yang mengalir ke laut, entah itu dari pengikisan batu-batuan darat, dari tanah longsor, dari air hujan atau dari gejala alam lainnya, yang terbawa oleh air sungai ke laut. Jika hal ini benar tentunya susunan kimiawi air sungai tidak akan berbeda dengan susunan kimiawi air laut. Namun tabel 2 menunjukkan bahwa ada perbedaan besar dalam susunan kimiawi kedua macam air tersebut. Jadi dugaan itu tidak benar. Lalu dari mana sebenarnya asal garam-garam tersebut.

Menurut teori, zat-zat garam tersebut berasal dari dalam dasar laut melalui proses outgassing, yakni rembesan dari kulit bumi di dasar laut yang berbentuk gas ke permukaan dasar laut. Bersama gas-gas ini, terlarut pula hasil kikisan kerak bumi dan bersama-sama garam-garam ini merembes pula air, semua dalam perbandingan yang tetap sehingga terbentuk garam di laut. Kadar garam ini tetap tidak berubah sepanjang masa. Artinya kita tidak menjumpai bahwa air laut makin lama makin asin.

Zat-zat yang terlarut yang membentuk garam, yang kadarnya diukur dengan istilah salinitas dapat dibagi menjadi empat kelompok, yakni:

1. Konstituen utama : Cl, Na, SO_4 , dan Mg.
2. Gas terlarut : CO_2 , N_2 , dan O_2 .
3. Unsur Hara : Si, N, dan P.
4. Unsur Runut : I, Fe, Mn, Pb, dan Hg.

Konstituen utama merupakan 99,7% dari seluruh zat terlarut dalam air laut, sedangkan sisanya 0,3% terdiri dari ketiga kelompok zat lainnya. Akan tetapi meskipun kelompok zat terakhir ini

sangat kecil persentasenya, mereka banyak menentukan kehidupan di laut. Sebaliknya kepekatan zat-zat ini banyak ditentukan oleh aktivitas kehidupan di laut.

Selain zat-zat terlarut ini, air juga mengandung butiran-butiran halus dalam suspense. Sebagian dari zat ini akhirnya terlarut, sebagian lagi mengendap ke dasar laut dan sisanya diurai oleh bakteri menjadi zat-zat hara yang dimanfaatkan tumbuhan untuk fotosintesis.

Perbedaan kandungan garam dan ion utama antara air laut dan air sungai

Nama Unsur	% Jumlah Berat Seluruh Gram	
	Air Laut	Air Sungai
Klorida	55,04	5,68
Natrium	30,61	5,79
Sulfat	7,68	12,14
Magnesium	3,69	3,41
Kalsium	1,16	20,29
Kalium	1,10	2,12
Bikarbonat	0,41	-
Karbonat	-	35,15
Brom	0,19	-
Asam borak	0,07	-
Strontium	0,04	-
Flour	0,00	-
Silika	-	11,67
Oksida	-	2,75
Nitrat	-	0,90

Air laut mengandung 3,5% garam-garaman, gas-gas terlarut, bahan-bahan organik dan partikel-partikel tak terlarut. Keberadaan garam-garaman mempengaruhi sifat fisis air laut (seperti: densitas, kompresibilitas, titik beku, dan temperatur dimana densitas menjadi maksimum) beberapa tingkat, tetapi tidak menentukannya. Beberapa sifat (viskositas, daya serap cahaya) tidak terpengaruh secara signifikan oleh salinitas. Dua sifat yang sangat ditentukan oleh jumlah garam di laut (salinitas) adalah daya hantar listrik (konduktivitas) dan tekanan osmosis.

Garam-garaman utama yang terdapat dalam air laut adalah klorida (55%), natrium (31%), sulfat (8%), magnesium (4%), kalsium (1%), potasium (1%) dan sisanya (kurang dari 1%) terdiri dari bikarbonat, bromida, asam borak, strontium dan florida. Tiga sumber utama garam-garaman di laut adalah pelapukan batuan di darat, gas-gas vulkanik dan sirkulasi lubang-lubang hidrotermal (hydrothermal vents) di laut dalam.

Secara ideal, salinitas merupakan jumlah dari seluruh garam-garaman dalam gram pada setiap kilogram air laut. Secara praktis, adalah susah untuk mengukur salinitas di laut, oleh karena itu penentuan harga salinitas dilakukan dengan meninjau komponen yang terpenting saja yaitu klorida (Cl). Kandungan klorida ditetapkan pada tahun 1902 sebagai jumlah dalam gram ion klorida pada satu kilogram air laut jika semua halogen digantikan oleh klorida. Penetapan ini mencerminkan proses kimiawi titrasi untuk menentukan kandungan klorida.

Salinitas ditetapkan pada tahun 1902 sebagai jumlah total dalam gram bahan-bahan terlarut dalam satu kilogram air laut jika semua karbonat dirubah menjadi oksida, semua bromida dan yodium dirubah menjadi klorida dan semua bahan-bahan organik dioksidasi. Selanjutnya hubungan antara salinitas dan klorida ditentukan melalui suatu rangkaian pengukuran dasar laboratorium berdasarkan pada sampel air laut di seluruh dunia dan dinyatakan sebagai:

$$S (\text{‰}) = 0.03 + 1.805 \text{ Cl} (\text{‰}) \quad (1902)$$

Lambang ‰ (dibaca per mil) adalah bagian per seribu. Kandungan garam 3,5% sebanding dengan 35 ‰ atau 35 gram garam di dalam satu kilogram air laut. Persamaan tahun 1902 di atas akan memberikan harga salinitas sebesar 0,03 ‰ jika klorinitas sama dengan nol dan hal ini sangat menarik perhatian dan menunjukkan adanya masalah dalam sampel air yang digunakan untuk pengukuran laboratorium. Oleh karena itu, pada tahun 1969 UNESCO memutuskan untuk mengulang kembali penentuan dasar hubungan antara klorinitas dan

salinitas dan memperkenalkan definisi baru yang dikenal sebagai salinitas absolut dengan rumus:

$$S (\text{‰}) = 1.80655 \text{ Cl} (\text{‰}) \text{ (1969)}$$

Namun demikian, dari hasil pengulangan definisi ini ternyata didapatkan hasil yang sama dengan definisi sebelumnya.

Definisi salinitas ditinjau kembali ketika teknik untuk menentukan salinitas dari pengukuran konduktivitas, temperatur dan tekanan dikembangkan. Sejak tahun 1978, didefinisikan suatu satuan baru yaitu *Practical Salinity Scale* (Skala Salinitas Praktis) dengan simbol S, sebagai rasio dari konduktivitas.

Salinitas praktis dari suatu sampel air laut ditetapkan sebagai rasio dari konduktivitas listrik (K) sampel air laut pada temperatur 15°C dan tekanan satu standar atmosfer terhadap larutan kalium klorida (KCl), dimana bagian massa KCl adalah 0,0324356 pada temperatur dan tekanan yang sama. Rumus dari definisi ini adalah:

$$S = 0.0080 - 0.1692 K^{1/2} + 25.3853 K + 14.0941 K^{3/2} - 7.0261 K^2 + 2.7081 K^{5/2}$$

Catatan:

Dari penggunaan definisi baru ini, dimana salinitas dinyatakan sebagai rasio, maka satuan ‰ tidak lagi berlaku, nilai 35 ‰ berkaitan dengan nilai 35 dalam satuan praktis. Beberapa oseanografer menggunakan satuan "psu" dalam menuliskan harga salinitas, yang merupakan singkatan dari "*practical salinity unit*". Karena salinitas praktis adalah rasio, maka sebenarnya ia tidak memiliki satuan, jadi penggunaan satuan "psu" sebenarnya tidak mengandung makna apapun dan tidak diperlukan. Pada kebanyakan peralatan yang ada saat ini, pengukuran harga salinitas dilakukan berdasarkan pada hasil pengukuran konduktivitas.

Salinitas di daerah subpolar (yaitu daerah di atas daerah subtropis hingga mendekati kutub) rendah di permukaan dan bertambah secara tetap (*monotonik*) terhadap kedalaman. Di daerah subtropis (atau semi tropis, yaitu daerah antara 23,5° - 40°LU atau 23,5° - 40°LS), salinitas di permukaan lebih besar daripada di kedalaman akibat

besarnya evaporasi (penguapan). Di kedalaman sekitar 500 sampai 1000 meter nilai salinitasnya rendah dan kembali bertambah secara monotonik terhadap kedalaman. Sementara itu, di daerah tropis salinitas di permukaan lebih rendah daripada di kedalaman akibatnya tingginya presipitasi (curah hujan).

Densita

Densitas merupakan salah satu parameter terpenting dalam mempelajari dinamika laut. Perbedaan densitas yang kecil secara horisontal (misalnya akibat perbedaan pemanasan di permukaan) dapat menghasilkan arus laut yang sangat kuat. Oleh karena itu penentuan densitas merupakan hal yang sangat penting dalam oseanografi. Lambang yang digunakan untuk menyatakan densitas adalah ρ (rho).

Densitas air laut bergantung pada temperatur (T), salinitas (S) dan tekanan (p). Kebergantungan ini dikenal sebagai persamaan keadaan air laut (*Equation of State of Sea Water*):

$$\rho = \rho(T, S, p)$$

Penentuan dasar pertama dalam membuat persamaan di atas dilakukan oleh Knudsen dan Ekman pada tahun 1902. Pada persamaan mereka, ρ dinyatakan dalam g cm^{-3} . Penentuan dasar yang baru didasarkan pada data tekanan dan salinitas dengan kisaran yang lebih besar, menghasilkan persamaan densitas baru yang dikenal sebagai Persamaan Keadaan Internasional (*The International Equation of State*, 1980). Persamaan ini menggunakan temperatur dalam °C, salinitas dari Skala Salinitas Praktis dan tekanan dalam dbar (1 dbar = 10.000 pascal = 10.000 N m^{-2}). Densitas dalam persamaan ini dinyatakan dalam kg m^{-3} . Jadi, densitas dengan harga 1,025 g cm^{-3} dalam rumusan yang lama sama dengan densitas dengan harga 1025 kg m^{-3} dalam Persamaan Keadaan Internasional.

Densitas bertambah dengan bertambahnya salinitas dan berkurangnya temperatur, kecuali pada temperatur di bawah densitas maksimum. Densitas air laut terletak pada kisaran 1025 kg/m^3 sedangkan pada air tawar 1000 kg/m^3 . Para

oseanografer biasanya menggunakan lambang σ_t (huruf Yunani sigma dengan subskrip t, dan dibaca sigma-t) untuk menyatakan densitas air laut. dimana $\sigma_t = \rho - 1000$ dan biasanya tidak menggunakan satuan (seharusnya menggunakan satuan yang sama dengan ρ). Densitas rata-rata air laut adalah $\sigma_t = 25$. Aturan praktis yang dapat kita gunakan untuk menentukan perubahan densitas adalah: σ_t berubah dengan nilai yang sama jika T berubah 1°C , S 0,1, dan p yang sebanding dengan perubahan kedalaman 50 m.

Perlu diperhatikan bahwa densitas maksimum terjadi di atas titik beku untuk salinitas di bawah 24,7 dan di bawah titik beku untuk salinitas di atas 24,7. Hal ini mengakibatkan adanya konveksi panas.

$S < 24.7$: air menjadi dingin hingga dicapai densitas maksimum, kemudian jika air permukaan menjadi lebih ringan (ketika densitas maksimum telah terlewati) pendinginan terjadi hanya pada lapisan campuran akibat angin (*wind mixed layer*) saja, dimana akhirnya terjadi pembekuan. Di bagian kolam (basin) yang lebih dalam akan dipenuhi oleh air dengan densitas maksimum.

$S > 24.7$: konveksi selalu terjadi di keseluruhan badan air. Pendinginan diperlambat akibat adanya sejumlah besar energi panas (*heat*) yang tersimpan di dalam badan air. Hal ini terjadi karena air mencapai titik bekunya sebelum densitas maksimum tercapai.

Seperti halnya pada temperatur, pada densitas juga dikenal parameter densitas potensial yang didefinisikan sebagai densitas parcel air laut yang dibawa secara adiabatik ke level tekanan referensi. Densitas air tawar adalah 1000kg/m^3 . Air laut lebih padat karena terdapat salinitas. Densitas air laut adalah 1027 kg/m^3 Perubahan densitas dipengaruhi oleh proses-proses, salah satunya adalah evaporasi (penguapan). Dan terjadinya perubahan suhu yang drastis (thermocline) dan salinitas (Halocline) yang menghasilkan perubahan densitas secara drastis (Pycnocline)

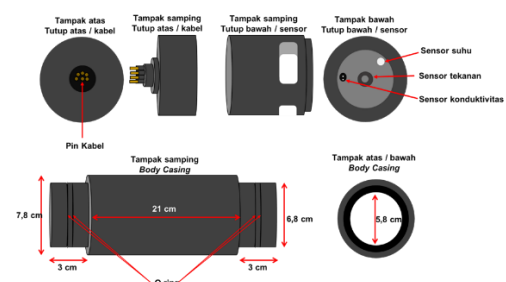
SKEMA DAN DESAIN

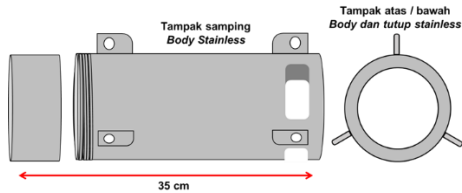
Material yang digunakan untuk pembuatan *casing* adalah *nylon rod / silinder bar* berwarna hitam. Material ini memiliki beberapa kelebihan diantaranya harga yang murah, sifatnya yang lentur serta tahan terhadap tekanan. Sedangkan kekurangan dari material ini adalah kurang efektif terhadap panas.

Material yang telah didapat kemudian dibentuk dengan menggunakan mesin bubut berbentuk pipa dengan diameter dalam 5,8 cm, diameter luar 7,8 cm serta panjang 27 cm. Desain tutup atas berbentuk tutup pipa dengan diameter dalam 6,5 cm, diameter luar 7,8 cm serta panjang 5 cm dengan dilengkapi lubang untuk kabel di bagian atas dengan diameter 2,8 cm. Desain tutup bawah berbentuk tutup pipa dengan diameter seperti tutup atas, dengan panjang 8 cm, dilengkapi tiga lubang sensor dengan diameter sesuai masing-masing sensor.

Casing ini juga dilengkapi material logam pipa *stainless* sebagai pelindung benturan serta pemberat dengan diameter dalam 7,9 cm, diameter luar 8,2 cm serta panjang total 35 cm dilengkapi dengan plat berlubang untuk tempat mengikat tali sejumlah tiga buah dibagian atas dan untuk mengikat pemberat sebanyak tiga buah di bagian bawah.

Untuk kekedapan terhadap tekanan, *casing* ini juga dilengkapi dengan *Seal / O ring* karet sebanyak dua buah di bagian tutup atas serta dua buah dibagian tutup bawah nilon dengan diameter dalam 5,8 cm dan ketebalan 2,5 mm.





Secara sederhana, skema purwarupa CTD terdiri dari prosesor yang didukung oleh sumber daya, dan mengatur proses pengambilan serta perekaman data dari sensor suhu, tekanan, dan konduktivitas, kemudian *raw data* diolah oleh prosesor untuk mendapatkan nilai salinitas, *Sound Velocity Profiler (SVP)* berdasarkan persamaan Chen-Milero, Delgrosso dan Wilson.

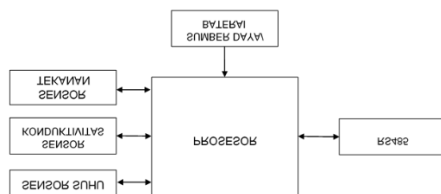


Diagram alir purwarupa ini adalah setelah menerima perintah dari antarmuka kemudian mengatur agar sensor suhu, konduktivitas, dan temperatur mengambil data sesuai tipe sensor, kemudian data di olah lagi oleh prosessor untuk kemudian disimpan di *SD card* pada metode *standalone*, atau diteruskan ke komputer/laptop untuk ditampilkan di antarmuka dan kemudian disimpan di *harddisk*.

PRODUK AKHIR PURWARUPA



Gambar rangkaian CTD

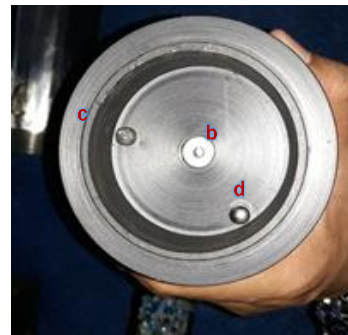
Keterangan :

- a. Konektor power 7 s/d 9 Volt DC
- b. Konektor data
- c. Konektor sensor konduktivitas
- d. Konektor sensor tekanan
- e. Konektor sensor suhu

- f. Media penyimpanan data SD Card
- g. Baterai BIOS untuk menyimpan data waktu dan pengaturan dasar



Gambar Purwarupa tampak atas



Gambar Purwarupa tampak bawah

Keterangan :

- a. Konektor kabel data dan daya
- b. Sensor Tekanan
- c. Sensor Konduktivitas
- d. Sensor Suhu



Gambar Purwarupa utuh beserta casing

HASIL UJI ALAT

Date	Time	Cond ($\mu\text{S/cm}$)	Temp (C)	Depth (m)	Salinity (PSU)	SVP CM (m/s)	SVP Del (m/s)	SVP Wil (m/s)
7/12/2019	16:13:41	45814	29.5	0.03	26.907	1533.9	1533.75	1534.06
7/12/2019	16:13:42	45055	29.44	0.398	26.23	1532.52	1532.36	1532.69
7/12/2019	16:13:43	45005	29.44	0.689	26.135	1535.27	1535.12	1535.42
7/12/2019	16:13:44	54428	29.38	0.783	32.294	1534.44	1534.29	1534.59
7/12/2019	16:13:45	54427	28.81	0.89	32.282	1533.94	1533.8	1534.09
7/12/2019	16:13:46	54447	29.38	0.997	32.296	1534.09	1533.94	1534.25
7/12/2019	16:13:47	54441	29.25	1.135	32.284	1534.17	1534.02	1534.32
7/12/2019	16:13:48	54446	29.19	1.217	32.28	1531.75	1531.59	1531.91
7/12/2019	16:13:49	54446	29.31	1.353	32.277	1532.48	1532.31	1532.64
7/12/2019	16:13:50	54443	28.5	1.401	32.279	1532.43	1532.29	1532.58
7/12/2019	16:13:51	54443	29.25	1.522	32.285	1532	1531.84	1532.16
7/12/2019	16:13:52	54448	29.31	1.769	32.284	1533.39	1533.23	1533.54
7/12/2019	16:13:53	54453	29.19	2.023	32.282	1534.39	1534.24	1534.54
7/12/2019	16:13:54	54453	29.19	2.346	32.279	1534.27	1534.13	1534.42
7/12/2019	16:13:55	54444	29.12	2.485	32.273	1523.88	1523.68	1524.19
7/12/2019	16:13:56	54456	29	2.687	32.279	1523.57	1523.37	1523.88
7/12/2019	16:13:57	54458	28.94	2.999	32.274	1523.41	1523.22	1523.72
7/12/2019	16:13:58	54471	28.38	3.239	32.283	1521.53	1521.34	1521.83
7/12/2019	16:13:59	54473	28.94	3.509	32.285	1523.98	1523.79	1524.27
7/12/2019	16:14:00	54468	28.44	3.773	32.284	1522.25	1522.07	1522.54
7/12/2019	16:14:01	54473	28.19	3.954	32.286	1521.62	1521.44	1521.9
7/12/2019	16:14:02	54486	28.31	4.113	32.291	1521.94	1521.75	1522.22
7/12/2019	16:14:03	54485	28.06	4.52	32.288	1521.21	1521.02	1521.48
7/12/2019	16:14:04	54488	28.75	4.738	32.29	1523.04	1522.85	1523.34
7/12/2019	16:14:05	54485	28.81	4.969	32.289	1523.19	1523	1523.49
7/12/2019	16:14:06	54482	28.69	5.06	32.285	1522.79	1522.6	1523.09
7/12/2019	16:14:07	54491	28.12	5.131	32.289	1521.46	1521.28	1521.73
7/12/2019	16:14:08	54495	28.69	5.134	32.289	1522.98	1522.79	1523.27
7/12/2019	16:14:09	54497	28.62	5.287	32.289	1522.63	1522.44	1522.93
7/12/2019	16:14:10	54499	28.75	5.503	32.292	1523.04	1522.85	1523.34
7/12/2019	16:14:11	54498	28.81	5.727	32.293	1523.19	1523	1523.49
7/12/2019	16:14:12	54499	28.88	5.923	32.297	1523.26	1523.06	1523.56

DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, Umam, Aldi, M. Rian, 2014, "Makalah Oseanografi Sifat Fisik Air Laut"
- Hariyadi, TS. 2017. "Prototype alat ukur pola arus dengan menggunakan GPS tracker (Study kasus perairan teluk Jakarta)"
- Hutabarat, Sahala, Evans, SM. 2006. "Buku Pengantar Oseanografi. Jakarta: UI-Press"
- Jiwa, FT. 2017. "Prototype alat ukur arah dan kecepatan arus laut menggunakan microcontroller Arduino dengan Sensor rotary optocoupler"
- N, Adhi Kusuma. 2012. "Pembuatan prototipe alat ukur jarak bawah laut pada wahana towing menggunakan sensor akustik"
- Permana, BS. 2017. "Prototype alat ukur pasang surut menggunakan sensor infrared"
- Setiawan, Arif. 2019. "Pembangunan purwarupa alat ukur gelombang menggunakan sensor tekanan dilengkapi telemetry"
- Shaban, AN. 2017. "Design of sound speed profiler Water Parameter Sensor"
- Wibowo, Yusuf. 2018. "Upgrade prototype alat ukur pasang surut sensor ultra sonic dengan perangkat telemetry menggunakan modem gsm"
- Yanwar, IM. 2018. "Upgrade prototype alat ukur arus sensor reed switch dengan perangkat telemetry menggunakan modem gsm"