

**DESAIN SISTEM MONITORING VOLUME CAIRAN TANGKI  
MENGUNAKAN SCILAB**

**SKRIPSI**

**DI TUJUKAN UNTUK MEMENUHI PERSYARATAN  
MEMPEROLEH GELAR SARJANA TEKNIK PADA DEPARTEMEN  
TEKNIK SISTEM PERKAPALAN FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS HASANUDDIN**



**AL FAJRIN SYAWAL PIRDAUS**

**D331 15 508**

**DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**GOWA**

**2021**

**LEMBAR PENGESAHAN (TUGAS AKHIR)****Desain Sistem Monitoring Volume Cairan Tangki Menggunakan Scilab****Disusun dan diajukan oleh****Al Fajrin Syawal Pirdaus****D331 15 508**

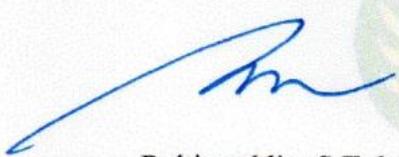
Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Sistem Perkapalan  
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin  
pada tanggal 04-03-2021

dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

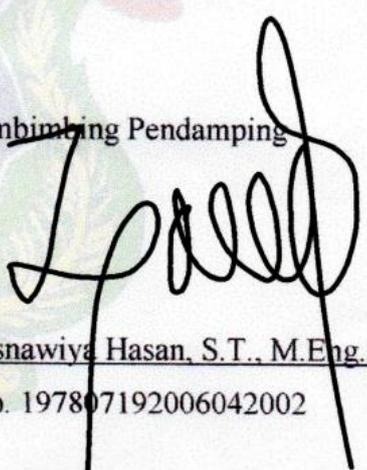
Menyetujui,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping

  
Rahimuddin, S.T., M.T., Ph.D.

Nip. 197108251999031002

  
Hasnawiyah Hasan, S.T., M.Eng.Sc.

Nip. 197807192006042002

  
Ketua Departemen Teknik Sistem Perkapalan  
Dr. Eng. Faisal Mahmuddin, ST., M.Inf.Tech., M. Eng.

Nip. 198102112005011003

**PERNYATAAN KEASLIAN**

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Al Fajrin Syawal Pirdaus

NIM : D331 15 508

Departemen : Teknik Sistem Perkapalan

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

Desain Sistem Monitoring Volume Cairan Tangki Menggunakan Scilab

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain bahwa skripsi yang saya tulis ini benar benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan saya tersebut.

Makassar, 04 Maret 2021

Yang menyatakan



(Al Fajrin Syawal Pirdaus)

# **Desain Sistem Monitoring Volume Cairan Tangki Menggunakan Scilab**

Al FajrinSyawal Pirdaus<sup>1)</sup> Rahimuddin<sup>2)</sup> Hasnawiyah Hasan<sup>3)</sup>

Departemen Teknik Sistem Perkapalan FT-UH

*Email : [alfajrin10@gmail.com](mailto:alfajrin10@gmail.com)*

## **ABSTRAK**

Seiring perkembangan industri melalui revolusi industri 4.0, perkembangan teknologi saat ini bekerja secara cepat dan instan guna menunjang pekerjaan manusia salah satu yang menjadi perkembangan teknologi yaitu di bidang maritime khususnya teknologi perkapalan. Oleh karena itu, dalam tugas akhir ini akan membahas sistem monitoring volume cairan tangki menggunakan scilab. Tujuan penelitian adalah desain program Arduino dan scilab untuk pengukuran volume cairan pada tangki dan mengetahui akurasi sistem pengukuran volume cairan tangki. Penelitian ini menggunakan 2 buah sensor tekanan udara differential agar dapat membaca ketinggian cairan dalam tangki yang dilihat dari perbedaan tekanan udara ditiap ketinggian. Perancangan interface sistem monitoring dibuat pada program scilab menggunakan tools GUI. Berdasarkan hasil pengujian tingkat akurasi sensor menghasilkan error rata-rata yang terjadi saat kondisi tangki 0° yaitu 0,039 %, ketika tangki di miringkan sebesar 5° maka terjadi error rata-rata yaitu 0,038 % sedangkan kemiringan 8° maka error rata-rata yang terjadi yaitu 0,124 %.

**Kata Kunci :** Monitoring ketinggian cairan, Tekanan Differential

# Design The Monitoring System Fluid Volume Tank Using Scilab

Al FajrinSyawal Pirdaus<sup>1)</sup> Rahimuddin<sup>2)</sup> Hasnawiyah Hasan<sup>3)</sup>

Departement Teknik Sistem Perkapalan FT-UH

Email : [alfajrin10@gmail.com](mailto:alfajrin10@gmail.com)

## ABSTRACT

*Along with industrial development through the 4.0 industrial revolution, current technological developments are working quickly and instantaneously to support human work, one of which is the development of technology, namely in the maritime sector, especially shipping technology. Therefore, in this final project will discuss the monitoring system of tank fluid volume using a scilab. The research objectives are how to make a system for measuring the volume of liquid in the tank, how to make a program for measuring the volume of liquid in the tank and to find out the accuracy of the system for measuring the volume of liquid in the tank. This study uses 2 differential air pressure sensors in order to read the fluid level in the tank as seen from the difference in air pressure at each height. The monitoring system interface design is made in the Scilab program using GUI tools. Based on the results of testing the sensor accuracy level produces an average error that occurs when the tank condition is 0°, which is 0.039%, when the tank is tilted by 5°, there is an average error of 0.038% while the slope is 8°, the average error that occurs is 0.124%.*

**Keywords :** *fluid level monitoring, differential pressure*

## **KATA PENGANTAR**

*Assalamualaikum Wr. Wb.*

Alhamdulillah Rabbil'alamin, dengan segala kerendahan hati, penulis panjatkan puja dan puji syukur kehadiran Allah SWT, karena atas izin, dan Rahmatnyalah, sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini. Laporan Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan strata (S1) Departemen Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Tugas Akhir ini disusun berdasarkan kajian literatur, praktik, dan juga diskusi. Dalam penyajian Tugas Akhir ini penulis menyadari masih belum mendekati kesempurnaan, oleh karena itu penulis sangat mengharapkan koreksi dan saran yang sifatnya membangun sebagai bahan masukan yang bermanfaat demi perbaikan dan peningkatan diri dalam bidang ilmu pengetahuan.

Terselesainya Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak yang telah memeberikan semangat, doa dan bimbingannya kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini. Oleh karena itu penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Bapak Saya Pirdaus Pangile dan Ibunda saya Nursiah Amiruddin, Kakak saya Mulfitriana S.Pd. serta keluarga lainnya yang selalu mendoakan dan support serta bantuan finansial untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini. Tak lupa pula penulis mengucapkan terimakasih kepada Dosen Pembimbing, dalam hal ini Bapak Rahimuddin ST., MT., Ph. D. selaku dosen pembimbing utama yang telah meluangkan waktu dan pikiran serta perhatiannya guna memberikan bimbingan dan pengarahan demi terselesaikannya penulisan Tugas Akhir ini, tak lupa juga sya berterima kasih kepada Ibunda Hasaniwayah Hasan ST., M. Eng, selaku dosen pembimbing kedua yang juga salalu mensupport dan meluangkan waktunya. penulis juga berterima kasih kepada para dosen Teknik sistem perkapalan dan juga dosen lain diluar departemen Teknik sistem perkapalan yang sempat mengajar dengan sepenuh hati hingga penulis sampai pada pencapaian

ini serta rekan-rekan mahasiswa yang kebetulan berkuliah di Departemen Teknik Sistem Perkapalan khususnya angkatan 2015 dan Rekan-rekan Laboratorium Listrik dan Kendali yang telah memberikan pengalaman-pengalaman berharga selama penulis menjadi seorang mahasiswa. Tak lupa pula penulis sampaikan banyak terima kasih kepada kanda-kanda Senior dan dinda-dinda Junior atas motivasi dan dukungannya.

Penulis juga menyadari bahwa masih banyak ada kekurangan pada Tugas Akhir ini, oleh karena itu penulis sangat berterima kasih kepada seluruh pihak yang bersedia memberikan saran demi kesempurnaan skripsi ini.

Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih dan semoga Skripsi ini dapat berguna untuk kita semua.

*Wassalamualaikum Wr Wb.*

Gowa, 4 Maret 2021

Al Fajrin Syawal Pirdaus

Nim. D33115508

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>PERNYATAAN KEASLIAN.....</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xi</b>
<b>BAB 1. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah .....	2
1.4 Tujuan Penelitian .....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	3
1.6 Sistematika Penulisan .....	3
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>5</b>
2.1 Sistem Monitoring .....	5
2.2. Pengukuran Volume Tangki Kapal.....	6
2.2.1 Terminologi Pengukuran Tangki.....	8
2.2.2 Proses Perhitungan Volume Tangki Kapal.....	10
2.3. Tekanan Hidrostatik .....	16
2.4 Perhitungan Luasan.....	16
2.5 Program Scilab.....	18
2.5.1. Interface .....	18
2.4.2 File Browser.....	18
2.4.3 Variable Browser .....	19
2.4.4 Variable Editor.....	19
2.4.5 Command History.....	19
2.4.6 SciNotes .....	19

2.6 Mikrokontroler Arduino .....	20
2.6.1 Board Arduino Uno .....	20
2.6.2 Pemrograman Arduino-Uno .....	21
2.7 Sensor Tekanan MPXV7002 .....	22
2.8 Kalibrasi Sensor Menggunakan Regresi Linear Sederhana .....	23
<b>BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>25</b>
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian .....	25
3.2. Teknik dan Metode Pengambilan Data Penelitian .....	25
3.3. Alat, Bahan dan Komponen Penelitian .....	26
3.4. Tahapan Penelitian .....	27
3.5. Kerangka Penelitian .....	30
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>31</b>
4.1 Desain Program Pengukuran .....	31
4.1.1 <i>Software</i> Arduino .....	31
4.1.2 <i>Interface</i> Pengukuran Pada Scilab .....	31
4.1.3 Kalibrasi Pengukuran Arduino-Scilab .....	34
4.2 Pengujian Akurasi Pengukuran .....	36
<b>BAB 5. PENUTUP .....</b>	<b>40</b>
5.1 Kesimpulan .....	40
5.2 Saran .....	40
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>49</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Istilah Pengukuran Tangki.....	8
Gambar 2. 2 Permukaan cairan dalam tangki saat tidak mengalami trim.....	11
Gambar 2. 3 Permukaan cairan pada tangki saat kapal mengalami trim .....	11
Gambar 2. 4 Perbedaan Ullage dan Sounding .....	12
Gambar 2. 5 UTI (Ullage Temperature and Interface). .....	13
Gambar 2. 6 UTI dan Sampling Test .....	14
Gambar 2. 7 Alat untuk pengambilan sample secara terbuka.....	15
Gambar 2. 8 Alat untuk pengambilan sample secara tertutup .....	15
Gambar 2. 9 Metode Offset node.....	17
Gambar 2. 10 Interface Scilab.....	18
Gambar 2. 11 Variabel Editor .....	19
Gambar 2. 12 scinotes .....	20
Gambar 2. 13 Board Arduino Uno.....	21
Gambar 2. 14 Tampilan Program Arduino .....	22
Gambar 2. 15 Sensor Tekanan MPXV7002.....	23
Gambar 2. 16 Grafik regresi linear .....	23
Gambar 3. 1 Blok Diagram Sistem Pengukuran .....	28
Gambar 3. 2 Wiring Diagram Sistem Pengukuran Pengujian.....	29
Gambar 4. 1 Coding pada software Arduino.....	31
Gambar 4. 2 Tampilan Interface Pengukuran Pada Scilab .....	32
Gambar 4. 3 Interface Pengukuran Kemiringan 0° .....	33
Gambar 4. 4 Interface Pengukuran Kemiringan 5° .....	33
Gambar 4. 5 Interface Pengukuran Kemiringan 8° .....	34

## **DAFTAR TABEL**

Tabel 3. 1 Alat, Bahan dan Komponen Penelitian .....	26
Tabel 4. 1 Perbandingan Nilai Analog Sensor dengan Ketinggian dan Volume ..	34
Tabel 4. 2 Hasil Persamaan Konversi Nilai Analog sensor .....	36
Tabel 4. 3 Hasil pengujian volume saat sudut $0^{\circ}$ .....	37
Tabel 4. 4 Hasil pengujian volume sudut $5^{\circ}$ .....	37
Tabel 4. 5 Hasil pengujian volume sudut $8^{\circ}$ .....	38
Tabel 4. 6 Tingkat error sensor dalam pengukuran volume.....	38

## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Transportasi merupakan salah satu sarana yang sangat penting bagi manusia baik dari segi ekonomi ataupun sosial. Salah satu moda transportasi yang berperan penting dalam memperluas cakupan distribusi barang atau jasa adalah transportasi laut. Transportasi laut merupakan salah satu sektor teknologi yang terus mengalami perkembangan. Hal ini dapat dilihat dari jumlah penumpang dan barang yang diangkut oleh kapal laut yang meningkat tiap tahunnya. Perkembangan akan permintaan tersebut harus diimbangi dengan pengembangan teknologi transportasi laut.

Banyaknya jumlah muatan pada tangki penyimpanan kapal yang dipindahkan saat bongkar muat akan membuat banyak pergerakan diatas kapal sehingga menyebabkan perpindahan titik beban yang tidak seimbang dan mengalami kemiringan kapal (trim) yang bisa mengakibatkan kapal tenggelam sehingga mengganggu proses bongkar muat [1].

Cairan yang di muat dalam tangki penyimpanan umumnya terdapat beberapa tangki yaitu tangki bahan bakar, tangki pelumas, tangki air tawar, tangki bilga dan tangki ballast. Perhitungan volume cairan pada tangki utama kapal dikenal dengan istilah sounding. Proses sederhana ini sangat diperlukan agar tidak terjadi kekurangan cairan saat pelayaran atau meluapnya cairan karena kelebihan pada tangki.

Seiring berkembangnya zaman, teknologi-teknologi canggih banyak diciptakan dan dikembangkan oleh beberapa perusahaan untuk mengatasi masalah tersebut. Perkembangan teknologi saat ini bekerja secara cepat dan instan guna menunjang pekerjaan manusia sedangkan pengamatan bahan bakar minyak pada tangki masih sering dilakukan secara manual dengan menggunakan alat ukur. Dalam perancangan sistem yang memonitor dan mengontrol proses bongkar muat pada kapal harus menggunakan teknologi yang lebih murah, handal, akurat dan praktis yaitu dengan mengembangkan sebuah *virtual control panel* yang dilengkapi dengan sistem otomatisasi dengan program grafis (graphical

programming) untuk selanjutnya digunakan sebagai simulator pengoperasian dalam proses bongkar muat kapal. Virtual control panel berbasis PC akan lebih murah dan memungkinkan untuk dirakit sendiri oleh galangan kapal di Indonesia sehingga import peralatan yang memakan waktu lama dan biaya tinggi bisa dikurangi. Dengan berkembangnya teknologi personal computer (PC) yang mampu mengolah data berkapasitas besar secara akurat dan cepat berbasis PC dengan akurasi yang juga sangat tinggi, membuat perakitan controller berbasis PC tidak perlu disangsikan lagi keandalannya.. Software dapat pula diprogram untuk membuat model dan simulasi proses bongkar muat kapal tanker berdasarkan pola-pola tertentu sesuai kebutuhan [2].

Berdasarkan penelitian sebelumnya yang berjudul “Perancangan Sistem Pengukuran Volume Cairan Tangki Menggunakan Sensor Tekanan” maka pada kesempatan kali ini akan dirancang sistem monitoring volume cairan pada tangki secara otomatis dan dapat diamati secara *realtime* menggunakan scilab.

### **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan permasalahan di atas maka di tentukan pokok permasalahan adalah :

1. Bagaimana desain program arduino dan scilab untuk pengukuran volume cairan pada tangki.
2. Bagaimana akurasi sistem pengukuran volume cairan tangki.

### **1.3 Batasan Masalah**

Untuk memperjelas ruang lingkup penelitian, maka di berikan Batasan masalah:

1. Penelitian dilakukan dengan simulasi menggunakan prototype tangki.
2. Monitoring dilakukan hanya untuk melihat volume tangki.
3. Pengukuran volume dilakukan pada keadaan permukaan yang seimbang dan miring (trim).
4. Pengukuran menggunakan sensor tekanan udara MPXV7002 dan mikrokontroler *arduino uno*.
5. Densitas fluida diabaikan, fluida yang digunakan adalah fluida air.
6. Suhu yang digunakan ialah suhu ruangan/kamar.

#### **1.4 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Desain program Arduino dan scilab untuk pengukuran volume cairan pada tangki
2. Mengetahui akurasi sistem pengukuran volume cairan tangki.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat yang dapat diambil dari hasil penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Dapat mengetahui cara mendesain dan merakit komponen pengukur volume cairan pada tangki.
2. Dapat mempermudah pekerjaan dalam proses monitoring volume bahan cairan pada tangki.

#### **1.6 Sistematika Penulisan**

Secara garis besar, penulis membagi kerangka masalah dalam beberapa bagian yaitu sebagai berikut:

##### **BAB 1 PENDAHULUAN**

Bab ini meliputi latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

##### **BAB 2 LANDASAN TEORI**

Berisi tentang teori-teori dasar yang menunjang dan akan digunakan dalam pembahasan skripsi ini terutama yang berisi teori dan rumus-rumus turbin arus mengapung.

##### **BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN**

Dalam bab ini akan di jelaskan waktu dan lokasi penelitian, tahapan atau prosedur penelitian alat yang digunakan serta kerangka pikir.

##### **BAB 4 PEMBAHASAN**

Bab ini menyajikan hasil penelitian yang didapatkan dan membahas hasil dari penelitian tersebut.

## BAB 5 PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan dan saran sebagai jawaban akhir dari permasalahan yang di analisa.

## **BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA**

### **2.1 Sistem Monitoring**

Monitoring didefinisikan sebagai siklus kegiatan yang mencakup pengumpulan, peninjauan ulang, pelaporan, dan tindakan atas informasi suatu proses yang sedang diimplementasikan. Pada umumnya, monitoring digunakan dalam checking antara kinerja dan target yang telah ditentukan [3]. Monitoring ditinjau dari hubungan terhadap manajemen kinerja adalah proses terintegrasi untuk memastikan bahwa proses berjalan sesuai rencana. Monitoring dapat memberikan informasi berupa proses untuk menetapkan langkah menuju ke arah perbaikan yang berkesinambungan. Pada pelaksanaannya, monitoring dilakukan ketika suatu proses sedang berlangsung. Level kajian sistem monitoring mengacu pada kegiatan per kegiatan dalam suatu bagian [4]

Pada dasarnya, monitoring memiliki dua fungsi dasar yang berhubungan, yaitu compliance monitoring dan performance monitoring. Compliance monitoring berfungsi untuk memastikan proses sesuai dengan harapan atau rencana. Sedangkan, performance monitoring berfungsi untuk mengetahui perkembangan organisasi dalam pencapaian target yang diharapkan.

Output monitoring berupa progress report proses. Output tersebut diukur secara deskriptif maupun non-deskriptif. Output monitoring bertujuan untuk mengetahui kesesuaian proses telah berjalan. Output monitoring berguna pada perbaikan mekanisme proses ataupun kegiatan di mana monitoring dilakukan [3].

Menurut Mercy, Sistem monitoring akan memberikan dampak yang baik bila dirancang dan dilakukan secara efektif. Berikut kriteria sistem monitoring yang efektif:

1. Sederhana dan mudah dimengerti. Monitoring harus dirancang dengan sederhana namun tepat sasaran. Konsep yang digunakan adalah singkat, jelas, dan padat. Singkat berarti sederhana, jelas berarti mudah dimengerti, dan padat berarti bermakna (berbobot).

2. Fokus pada beberapa indikator utama. Indikator diartikan sebagai titik kritis dari suatu cakupan tertentu. Banyaknya indikator membuat pelaku dan obyek monitoring tidak fokus. Hal ini berdampak pada pelaksanaan sistem tidak terarah. Maka itu, fokus diarahkan pada indikator utama yang benar-benar mewakili bagian yang dipantau.
3. Perencanaan matang terhadap aspek-aspek teknis. Tujuan perancangan sistem adalah aplikasi teknis yang terarah dan terstruktur. Maka itu, perencanaan aspek teknis terkait harus dipersiapkan secara matang.
4. Prosedur pengumpulan dan penggalian data. Selain itu, data yang didapatkan dalam pelaksanaan monitoring pada proses yang berjalan harus memiliki prosedur tepat dan sesuai. Hal ini ditujukan untuk kemudahan pelaksanaan proses masuk dan keluarnya data. Prosedur yang tepat akan menghindari proses input dan output data yang salah.

Terdapat beberapa tujuan sistem monitoring. Tujuan sistem monitoring dapat ditinjau dari beberapa segi, misalnya segi obyek dan subyek yang dipantau, serta hasil dari proses monitoring itu sendiri. Adapun beberapa tujuan dari sistem monitoring yaitu [5] :

1. Memastikan suatu proses dilakukan sesuai prosedur yang berlaku. Sehingga, proses berjalan sesuai jalur yang disediakan.
2. Menyediakan probabilitas tinggi akan keakuratan data bagi pelaku monitoring.
3. Mengidentifikasi hasil yang tidak diinginkan pada suatu proses dengan cepat (tanpa menunggu proses selesai).
4. Menumbuh kembangkan motivasi dan kebiasaan positif pekerja.

## **2.2. Pengukuran Volume Tangki Kapal**

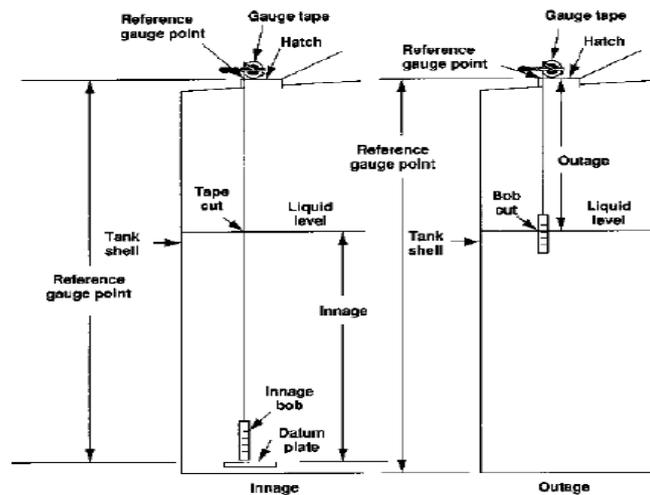
Untuk menjamin proses produksi, distribusi dan penjualan berjalan sesuai dengan rencana dan terhindar dari kerugian yang dimana salah satunya pengadaan material, maka diperlukan data yang mempunyai informasi volume dari material di tangki. Proses perhitungan volume yang dilakukan sebelum proses penimbunan/transfer baik yang keluar dan masuk ke tangki ( *Opening Gauge* ) dan

setelah proses penimbunan/transfer baik yang keluar dan masuk ke tangki ( *Closing Gauge* ).

Pengukuran volume tangki, pada umumnya terdapat dua tipe prosedur dasar yang digunakan untuk, yaitu : *innage* dan *outage (dip dan ullage)*. Untuk metode *innage*, pengukuran level cairan di tangki dilakukan dengan mengukur tinggi cairan dengan lurus vertikal mulai dari datum plate atau bottom tangki hingga ke permukaan cairan. Dengan kata lain, metode *innage* ini adalah pengukuran langsung tinggi cairan yang ada di tangki. Sedangkan metode *outage* adalah pengukuran level cairan dengan mengukur ruang kosong diatas cairan (*ullage*), yaitu pengukuran secara lurus vertikal mulai dari permukaan cairan sampai dengan titik referensi pengukuran (*reference gauge point*) yang ada di atap tangki.

Yang lebih baik dilakukan adalah pengukuran *innage*, karena pengukuran ini akan mengurangi efek perubahan terhadap titik referensi tangki. Tetapi meskipun begitu dalam mengukur level cairan disesuaikan dengan keadaan yang ada sehingga pengukuran *outage* bisa dianggap lebih baik (seperti saat akan dilakukan sampling di titik lubang yang sama dengan lubang pengukuran level cairan). Jika pengukuran *outage* selalu dilakukan maka sebaiknya titik tinggi referensi tangki harus selalu di verifikasi secara *periodic*.

## 2.2.1 Terminologi Pengukuran Tangki



Gambar 2. 1 Istilah Pengukuran Tangki

Ada beberapa istilah yang harus dikenal dalam metode ini, mengingat istilah-istilah ini akan digunakan untuk penentuan level cairan di tangki tegak [6].

Berikut adalah istilah – istilah yang ada pada Gambar 2.1 tersebut.

### 1. Reference Gauge Point

Titik di gauge hatch dari suatu tangki yang menunjukkan posisi dimana pengukuran level cairan dilakukan. Pengukuran di titik reference gauge point ini sangatlah penting untuk mencapai repeatability (keterulangan seseorang melakukan pengukuran cenderung menghasilkan angka yang konstan). Titik ini bisa merupakan tanda yang berupa cat, plat yang di mounting/dilekatkan di dalam gauge hatch, sebuah sayatan horizontal di sisi dalam dari gauge hatch, atau logam yang dilekatkan di atas gauge hatch tapi tidak menyentuh gauge hatch.

### 2. Reference Gauge Height

Jarak standar/jarak referensi dari datum plate atau bottom tangki sampai ke titik reference gauge point. Jarak ini harus secara jelas tertanda di bagian atas tangki dekat gauge hatch.

### 3. Observed Gauge Height

Jarak yang ada dari datum plate atau bottom tangki sampai ke titik reference gauge point.

#### 4. Datum Plate

Datum Plate adalah plat datar yang terletak di bagian bawah tangki yang posisinya lurus tepat dibawah reference gauge point , untuk pengukuran innage ujung bandul harus menyentuh datum plate.

#### 5. Cut

Cut adalah garis demarkasi (batas cairan yang nempel di pita ukur) pada skala alat ukur dengan cairan yang akan diukur.

#### 6. Innage Gauge (Dip Gauge)

Level cairan di tangki yang diukur dari datum plate/bottom tangki sampai dengan permukaan cairan.

#### 7. Outage Gauge (ullage)

Jarak dari permukaan cairan di dalam tangki sampai dengan titik referensi gauge point.

#### 8. Opening Gauge

Pengukuran innage atau outage yang dilakukan sebelum adanya transfer cairan baik yang masuk ataupun yang keluar tangki.

#### 9. Closing Gauge

Pengukuran innage atau outage yang dilakukan setelah adanya transfer cairan baik yang masuk ataupun yang keluar tangki. Pengukuran innage atau outage yang dilakukan setelah adanya transfer cairan baik yang masuk ataupun yang keluar tangki.

#### 10. Free Water

Free water adalah air yang berada di tangki tidak dalam bentuk suspensi maupun dalam bentuk terlarut. Air bebas ini diukur dengan pengukuran innage yang prosedurnya akan di jelaskan kemudian. Air bebas bisa juga di ukur dengan pengukuran outage jika reference gauge height belum berubah dari saat kondisi opening sampai dengan closing. Jika refernce gauge height telah berubah maka harus digunakan pengukuran innage.

#### 11. Critical Zone

Perbedaan jarak antara titik dimana saat floating roof dalam keadaan diam (atau dalam keadaan normal) dengan titik dimana floating roof dalam keadaan mengambang bebas.

#### 12. Suspended Sediment and Water

Suspended Sediment and Water adalah endapan dan air yang tersuspensi di bahan baku/produk. Untuk mengetahui besarnya sediment dan air yang tersuspensi digunakan metode uji ASTM D 4007.

#### 13. Tank Capacity Table (Tank Gauge Table)

Tank Capacity Table adalah tabel yang menunjukkan kapasitas atau volume cairan di dalam tangki yang diukur dari datum plate atau dari reference gauge point pada berbagai level ketinggian cairan di tangki.

#### 14. Trim

Kondisi dimana tangki kapal mengalami miring ke depan atau ke belakang sehingga tidak lurus di garis referensinya.

### 2.2.2 Proses Perhitungan Volume Tangki Kapal

Dalam melakukan proses pengukuran volume muatan, terdapat beberapa hal yang menjadi Perhatian, berupa pengukuran level dari muatan di tangki timbun (pengukuran dilakukan untuk mengetahui tinggi dari volume muatan yang berada di suatu tangki), pengambilan sample dari muatan tangki timbun (untuk mendapatkan data temperature pada sampel dan untuk menguji (*Base Sediment Wate*) yang berada di dalam muatan [6].

Tahapan dalam perhitungan muatan minyak/ oil product, yaitu;

#### 1. Check Data, Table dan Tank Koreksi serta Alat Ukur.

Pengecekan Data, Table dan Koreksi yang berhubungan dengan tanki beserta alat ukur/ullagging device. Pada tahapan ini bertujuan agar kita sebagai cargo surveyor mengetahui berapa nilai koreksi yang ada digunakan dalam perhitungan muatan, dikarenakan tiap-tiap tanki memiliki karakter tersendiri sehingga berbeda nilai koreksinya begitu juga dengan alat ukur yang akan digunakan perlu kita ketahui berapa besar nilai koreksi pengurangan/penambahan dalam perhitungan.

Beberapa koreksi yang akan anda temui dalam perhitungan muatan minyak, yaitu;

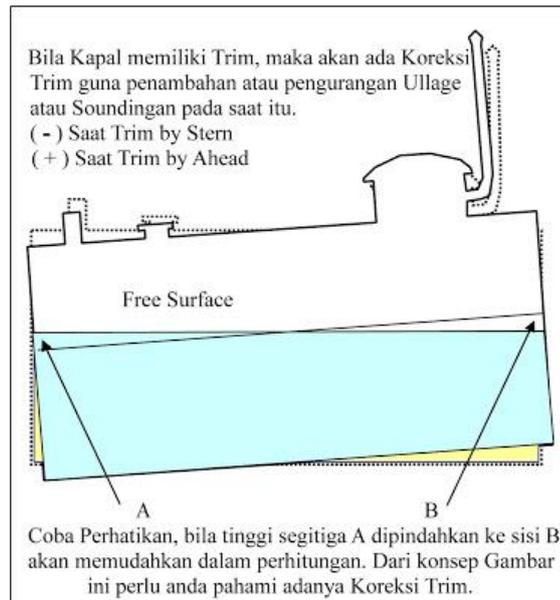
##### a. Koreksi dari Tanki

Koreksi Trim dan Koreksi List, koreksi ini akan muncul/ ada apabila kondisi kapal terdapat trim dan list/ miring sehingga muatan cair dalam tanki yang seharusnya berbentuk kubus maupun persegi panjang akan tetapi membentuk bangun persegi yang kurang beraturan atau trapesium dimana juga terdapat permukaan bebas muatan tersebut.



Gambaran membujur

Gambar 2. 2 Permukaan cairan dalam tanki saat tidak mengalami trim



Gambar 2. 3 Permukaan cairan pada tanki saat kapal mengalami trim

b. Koreksi Peralatan dari Ullaging/ Sounding Device

Koreksi Ketinggian Alat Ukur terhadap Main Deck/ Top Tank guna menentukan Zero Point sebagai titik awal nol permulaan untuk pembacaan Ullage/ Sounding didalam tanki muatan. Data Koreksi serta referensi ketinggian pipa

koneksi dan alat ukur terhadap main deck, bahkan referensi kedalaman tanki terlampir dalam Ullage/ Sounding Tank Table.

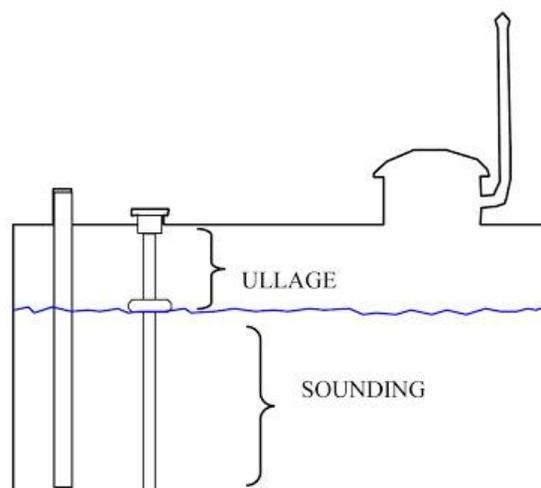
c. Koreksi dari Muatan itu sendiri

Koreksi Temperature, koreksi ini untuk mengetahui pengaruh perubahan suhu muatan yang menjadikan volume muatan berubah dari nilai volume standar suhu yang sudah ditentukan. Semakin turun suhu muatan tersebut maka volume muatan mengecil begitu juga sebaliknya.

Koreksi Density (Specific Gravity)/ Kekentalan, koreksi ini ada hubungannya dengan koreksi perubahan suhu dari standar yang sudah ditentukan. Dengan pengambilan sample untuk pengukuran suhu serta density, maka kita dapatkan nilai observasi, perubahan density dari standar ukurnya maka berpengaruh pada nilai bobot muatan yang dimuat. Maka kita dapatkan koreksi density dengan table standar ukur yang terdapat referensi berdasarkan perubahan density dan suhu muatan tersebut. Tabel Standar Ukur yang berlaku yang sering disebut adalah ASTM Petroleum Measurement Table.

2. Ullaging/ Sounding dan Sampling Cargo

Ullaging atau Sounding Merupakan cara mengetahui volume muatan dalam tanki dengan teknik pengukuran yang telah ditetapkan, dimana di atas kapal selalu di sediakan dua alat ukur serta dua tabel ukur, tabel tersebut yaitu Tabel Ullage dan Tabel Sounding. Untuk memudahkan memahami perbedaan ullaging dan sounding.



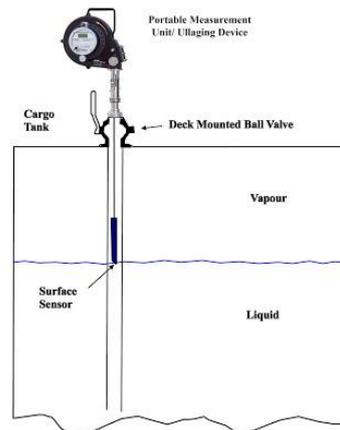
Gambar 2. 4 Perbedaan Ullage dan Sounding

Jadi dari gambar diatas, dapat anda simpulkan, Ullage adalah pengukuran volume tanki dengan mengukur jarak antara permukaan muatan dengan top tank, dari referensi jarak tersebut di tabel kan dengan tabel ullage. Sounding/ Innage adalah pengukuran volume tanki dengan mengukur kedalaman atau jarak antara dasar tanki hingga permukaan muatan. Sekarang ini banyak kapal tanker menggunakan alat ukur/ measurement device yang lebih baik dan efisien daripada menggunakan alat jenis sounding tape karena alat sounding tape tidak memiliki sensor untuk mengukur temperatur muatan dalam tanki. Sehingga alat yang lebih baik dalam penggunaannya yaitu UTI (Ullange Temperature and Interface). Alat UTI ini mampu membaca temperatur muatan, membaca ullage permukaan muatan/ oil, membaca permukaan air (Pembacaan antara Minyak dengan Air dibedakan dengan jenis suara yang dihasilkan). Berikut adalah contoh UTI dan penerapan diatas Tanki.



Gambar 2. 5 UTI (Ullange Temperature and Interface).

Untuk mengetahui lebih mengenai UTI dan Sampling Device.



Gambar 2. 6 UTI dan Sampling Test

Pengambilan sample/ contoh muatan bertujuan untuk mengukur nilai perubahan temperatur dan density muatan, karena perubahan tersebut sangat berpengaruh pada quantity muatan. Dari observasi ini maka kita bisa mendapatkan nilai koreksi untuk perubahan tersebut dari standar ukur yang sudah ditentukan.

Adapun jenis pengambilan sample:

- Sample 1st Foot (Ketika dalam tank mulai termuat 1 kaki)
- Sample Manifold (Ketika mulai muat)
- Sample dari dalam Tank (Kedalaman 75%, 50% dan 25%)

Cara pengambilan sample ada dua jenis

a. Opening System/ Terbuka

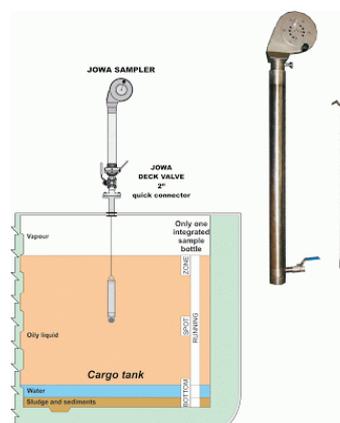
Pada system ini pengambilan secara terbuka saat mengambil sample, sehingga dengan membuka manhole/ tank dome untuk mengambil sample muatan. System ini perlu perhatian penuh terutama untuk menghindari resiko kebakaran serta resiko terhirup vapour/ gas dari muatan tersebut. Maka perlu dipersiapkan peralatan pemadam kebakaran dan alat keselamatan.



Gambar 2. 7 Alat untuk pengambilan sample secara terbuka

#### b. Closed System/ Tertutup

Pada system ini pengambilan secara tertutup menggunakan peralatan sampling yang disahkan/ diijinkan untuk digunakan. Hal ini untuk menghindari resiko bahaya kebakaran dan resiko terhadap kesehatan.



Gambar 2. 8 Alat untuk pengambilan sample secara tertutup

### 3. Cargo calculation.

Tahap Cargo Calculation/ Perhitungan Muatan ini setelah kita melewati tahapan 1 dan 2, dimana informasi Tank Ullage/ Sounding telah kita tabelkan untuk mendapatkan volume muatan dan pengambilan sample untuk mendapatkan temperature dan density (SG/ Specific Gravity). Perlu diperhatikan dan dicatat akan kondisi heel/ list dan trim kapal (draft kapal), catat hasil ullage masing-masing tanki yang diukur serta mendeteksi akan adanya air dalam tanki muatan. Setelah itu kita memasuki tahap perhitungan muatan dengan mempersiapkan tabel ASTM untuk perhitungan [6].

### 2.3. Tekanan Hidrostatik

Tekanan  $p$ , didefinisikan sebagai besarnya gaya normal per satuan luas permukaan. Suatu fluida yang mengalami tekanan akan mengerahkan sebuah gaya pada setiap permukaan yang bersentuhan dengan fluida tersebut, hal ini sesuai dengan prinsip Archimedes. Untuk suatu cairan dengan sebuah permukaan bebas (free surface), maka  $h$  adalah selisih jarak dari permukaan bebas tersebut sampai titik tertentu dibawahnya (kedalaman) dimana tekanan akan diukur. Dengan tekanan total  $p$ , tekanan gravitasi  $g$ , dan kedalaman  $h$ , maka persamaan tekanan adalah :

$$P = \rho \cdot g \cdot h \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan :

$P$  = tekanan hidrostatik ( $N/m^2$ )

$g$  = percepatan gravitasi ( $m/s^2$ )

$\rho$  = massa jenis zat cair ( $kg/m^3$ )

$h$  = ketinggian (m)

Dari persamaan tersebut dapat diketahui pula hubungan antara tekanan, massa jenis, percepatan gravitasi dan kedalaman  $h$  yang semuanya menunjukkan hubungan yang berbanding lurus. Jadi, semakin besar nilai massa jenis maka semakin besar tekanannya, begitu juga jika percepatan gravitasi maupun kedalamannya semakin besar, maka nilai tekanan akan semakin besar.

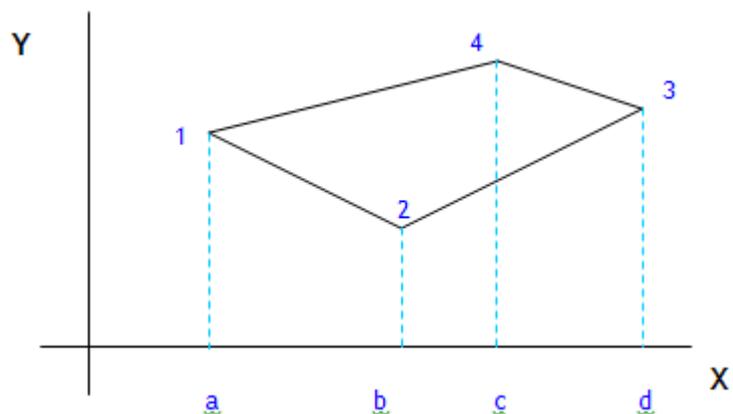
Sehingga jika suatu benda dicelupkan ke dalam wadah berisi air maka semakin dalam benda tersebut tercelup atau masuk ke dalam air, tekanan yang dialami benda pun semakin besar. Sementara jika suatu benda diubah ukurannya tidak akan menyebabkan tekanan / gaya yang dialami benda berubah selama massa jenisnya tetap. Contohnya jika mula-mula sebuah plastisin sebesar bola tenis dimasukkan ke dalam wadah berisi air tenggelam, maka jika ukurannya diubah menjadi sebesar bola pingpong dan dimasukkan ke dalam wadah berisi air yang sama juga akan tetap tenggelam, karena yang terjadi hanya perubahan ukuran, massa jenis sama sekali tidak berubah [7].

### 2.4 Perhitungan Luasan

Luas suatu wilayah merupakan luas pada bidang datar (X dan Y) tanpa ada unsur ketinggian (Z). Kondisi di lapangan yang tidak datar (tidak beraturan)

tersebut diproyeksikan ke bidang datar sehingga yang tampak dalam gambar adalah bidang X dan Y. Akibat proyeksi tersebut, luas di gambar tampaknya lebih kecil dari pada luas di lapangan. Dalam menghitung suatu area dapat digunakan metode offset node / biasa disebut dengan area poligon.

Metode ini menggunakan titik ordinat, seperti poligon tertutup dengan koordinat masing-masing titik poligon diketahui seperti gambar 2. Luas poligon tersebut adalah jumlah luas trapesium 14ca dan 43dc dikurangi jumlah trapesium 12ba dan 23db.



Gambar 2. 9 Metode Offset node

Sehingga secara umum dapat disimpulkan bahwa untuk menghitung luas poligon sebanyak n titik dapat digunakan perumusan berikut ini (tanda mutlak untuk menghindari luas yang negatif).

$$A_{T} = (X_1 Y_2 - X_2 Y_1) + (X_2 Y_3 - X_3 Y_2) + \dots + (X_n Y_1 - X_1 Y_n) \dots (2.2)$$

$$A_{T} = \sum_{i=1}^n (X_i Y_{i+1} - X_{i+1} Y_i) + X_n Y_1 - X_1 Y_n \dots (2.3)$$

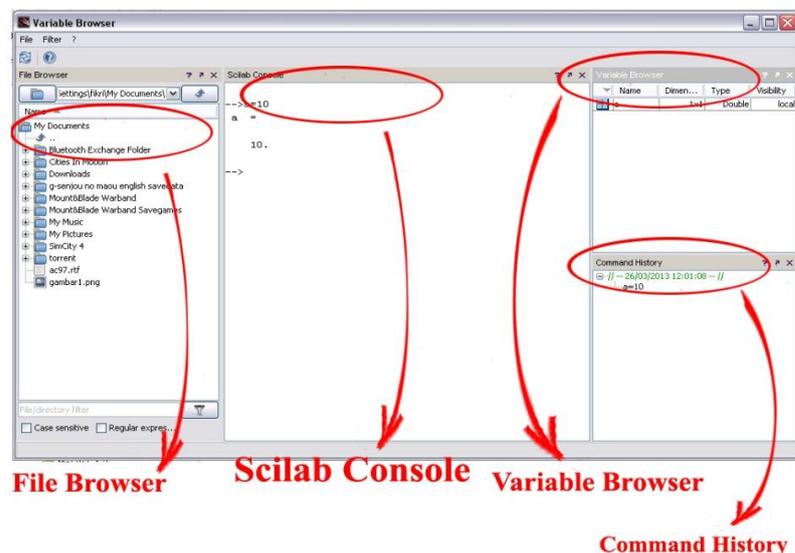
## 2.5 Program Scilab

Scilab adalah software free dan open source untuk komputasi numerik. Software ini menyediakan lingkungan untuk perhitungan yang dibutuhkan bidang sains dan keteknikan. Scilab dirilis sebagai open source dibawah lisensi CeCILL. Scilab tersedia pada system operasi GNU/Linux, Mac OS X dan Windows.

Scilab menyediakan ratusan fungsi matematis. Software ini memiliki Bahasa pemrograman tingkat tinggi dan dapat mengakses struktur data, plot 2D, plot 3D dan fungsi grafis [8].

### 2.5.1. Interface

Bentuk interface default dari Scilab dibagi menjadi 3 window utama: File browser, Scilab Console dan Variable Browser. Interface Scilab menggunakan system docking, yaitu komponen-komponen interface dapat dipindah-pindahkan sesuai kebutuhan pengguna.



Gambar 2. 10 Interface Scilab

### 2.4.2 File Browser

File browser berguna bagi saat kita membuka berkas yang dibutuhkan dengan cepat, terutama file SciNOTES.

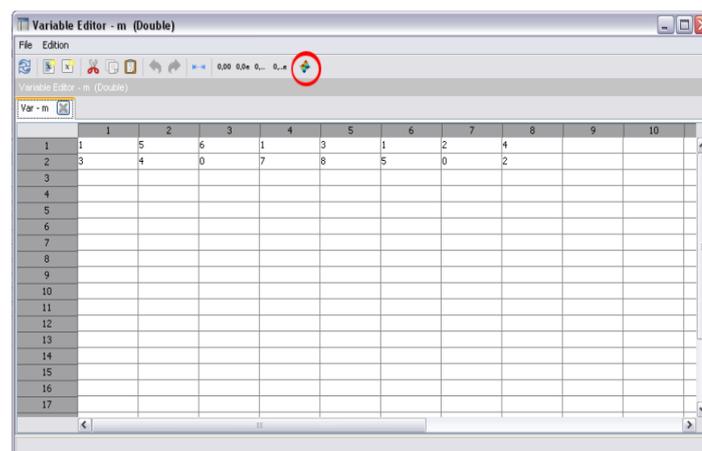
Scilab console adalah tempat untuk menulis perintah pada scilab. Perintah akan langsung dijalankan saat kita menekan Enter dan hasil akan langsung ditampilkan jika kita tidak menggunakan semicolon ( ; ) pada akhir baris perintah.

### 2.4.3 Variable Browser

Pada variable browser, kita dapat melihat variable yang telah digunakan, dimensi, dan tipenya. Variable browser memudahkan kita untuk mengingat variable yang telah kita gunakan, terutama jika variable yang digunakan berjumlah banyak.

### 2.4.4 Variable Editor

Pada variable Editor, memungkinkan kita untuk melihat isi variable dalam bentuk spreadsheet, selanjutnya nilai variable-variabel dapat kita ubah menggunakan Variabel Editor. Kita juga dapat mengplot variable dengan cara memilih variable yang akan diplot lalu mengklik tombol plot dan memilih tipe plot.



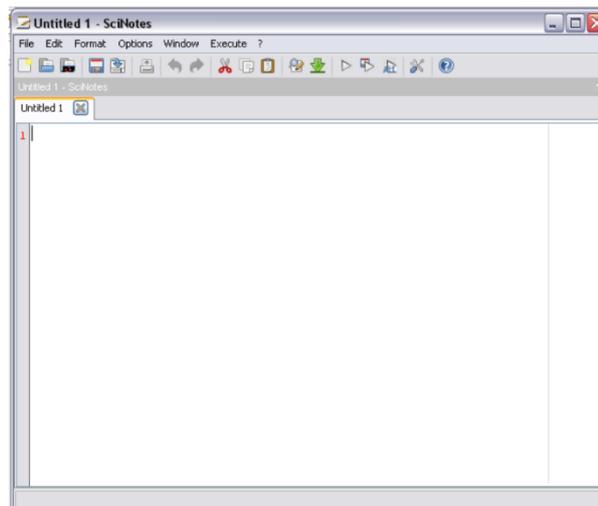
Gambar 2. 11 Variabel Editor

### 2.4.5 Command History

Command history menampilkan perintah-perintah yang telah kita kerjakan.

### 2.4.6 SciNotes

SciNotes merupakan tempat untuk menulis perintah dalam scilab. Perbedaan SciNotes dan Scilab Console terdapat pada waktu eksekusi. Scilab Console akan menjalankan hasil perintah jika kita menekan tombol execute. SciNotes berguna saat perintah yang akan ditulis terlalu Panjang.



Gambar 2. 12 scinotes

## 2.6 Mikrokontroler Arduino

Arduino dikatakan sebagai sebuah platform dari physical computing yang bersifat open source. Arduino tidak hanya sekedar sebuah alat pengembangan, tetapi merupakan kombinasi dari hardware, bahasa pemrograman dan Integrated Development Environment (IDE) yang canggih. IDE adalah sebuah software yang sangat berperan untuk menulis program, meng-compile menjadi kode biner dan meng-upload ke dalam memory mikrokontroler. Ada banyak projek dan alat-alat dikembangkan oleh akademisi dan profesional dengan menggunakan Arduino, selain itu juga ada banyak modul-modul pendukung (sensor, tampilan, penggerak dan sebagainya) yang dibuat oleh pihak lain untuk bisa disambungkan dengan Arduino [9].

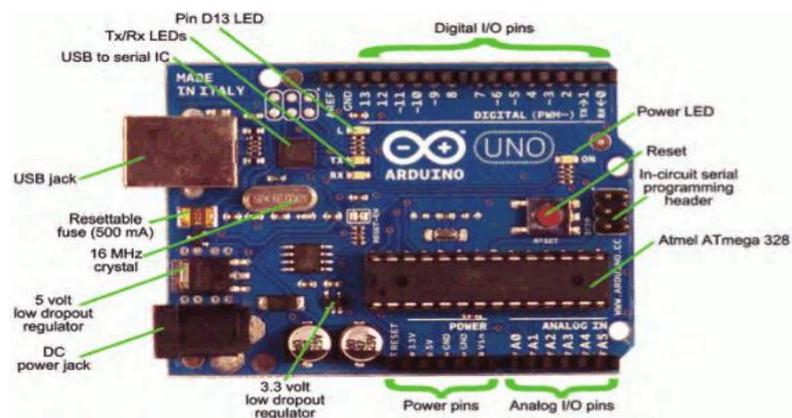
### 2.6.1 Board Arduino Uno

Arduino Uno R3 adalah papan pengembangan (development board) mikrokontroler yang berbasis chip ATmega328P. Disebut sebagai papan pengembangan karena board ini memang berfungsi sebagai arena prototyping sirkuit mikrokontroler. Dengan menggunakan papan pengembangan, sehingga akan lebih mudah merangkai rangkaian elektronika mikrokontroler dibanding jika memulai merakit ATmega328 dari awal di breadboard.

Arduino Uno memiliki 14 digital pin input / output (atau biasa ditulis I/O, dimana 6 pin diantaranya dapat digunakan sebagai output PWM), 6 pin input

analog, menggunakan crystal 16 MHz, koneksi USB, jack listrik, header ICSP dan tombol reset. Alat-alat tersebutlah yang diperlukan mendukung sebuah rangkaian mikrokontroler. Cukup dengan menghubungkannya ke komputer dengan kabel USB atau diberi power dengan adaptor AC-DC atau baterai. Kata " Uno " berasal dari bahasa Italia yang berarti "satu", dan dipilih untuk menandai peluncuran Software Arduino (IDE) versi 1.0. Arduino. Sejak awal peluncuran hingga sekarang, Uno telah berkembang menjadi versi Revisi 3 atau biasa ditulis REV 3 atau R3. Software Arduino IDE, yang dapat diinstall di Windows maupun Mac dan Linux, berfungsi sebagai software yang membantu memasukkan (upload) program ke chip ATmega328 dengan mudah [9].

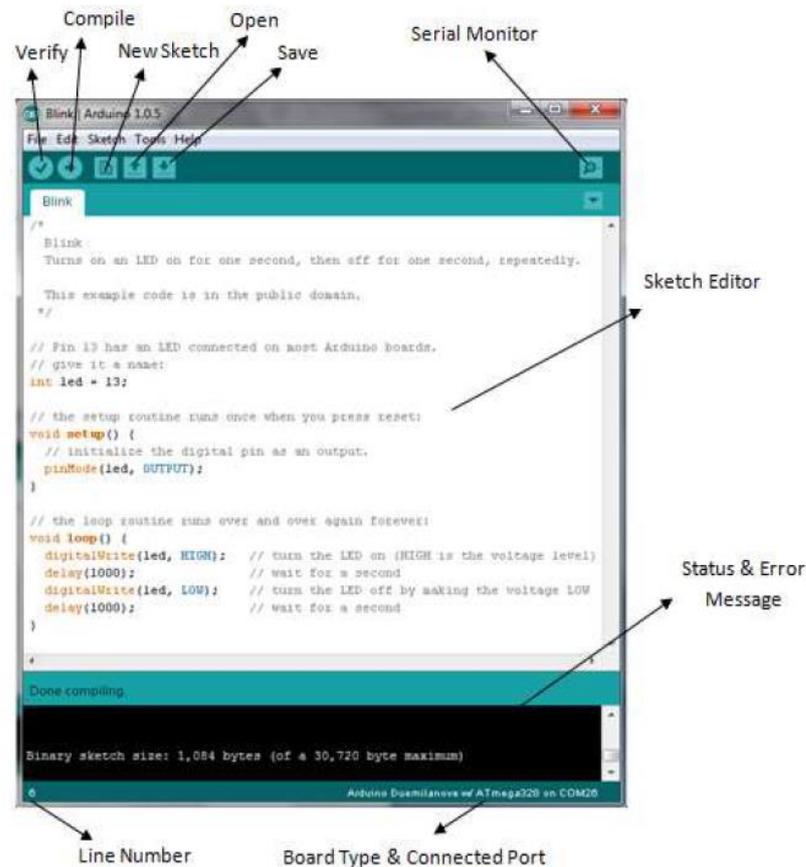
Board Arduino Uno memiliki fitur – fitur baru sebagai berikut :



Gambar 2. 13 Board Arduino Uno

### 2.6.2 Pemrograman Arduino-Uno

Pemrograman board Arduino dilakukan dengan menggunakan Arduino Software (IDE). Chip ATmega328 yang terdapat pada Arduino Uno R3 telah diisi program awal yang sering disebut bootloader. Bootloader tersebut yang bertugas untuk memudahkan melakukan pemrograman lebih sederhana menggunakan Arduino Software, tanpa harus menggunakan tambahan hardware lain. Cukup hubungkan Arduino dengan kabel USB ke PC atau Mac/Linux. Arduino Uno R3 telah dilengkapi dengan chip ATmega16U2 yang telah diprogram sebagai konverter USB to Serial [9].



Gambar 2. 14 Tampilan Program Arduino

## 2.7 Sensor Tekanan MPXV7002

Seri MPXV7002 piezoresistive transducer adalah state-of-the-art sensor tekanan silikon monolitik yang dirancang untuk berbagai aplikasi, tetapi terutama mereka yang menggunakan mikrokontroler atau mikroprosesor dengan A / D Input. Transduser ini menggabungkan teknik micromachining canggih, thinfilm metallisasi, dan pemrosesan bipolar untuk memberikan tingkat yang akurat dan tinggi sinyal output analog yang proporsional dengan tekanan yang diterapkan [10].

Fitur pada sensor tekanan MPXV7002 sebagai berikut :

1. 2.5% Kesalahan Umum lebih dari +10 ° C hingga +60 ° C dengan Auto Zero.
2. 6.25% Kesalahan Maksimum lebih dari +10 ° C hingga +60°C tanpa Auto Zero
3. Idealnya Cocok untuk Mikroprosesor atau Sistem Berbasis Mikrokontroler
4. Paket Dudukan Permukaan Termoplastik (PPS)
5. Suhu Dikompensasi lebih dari +10° hingga +60 ° C

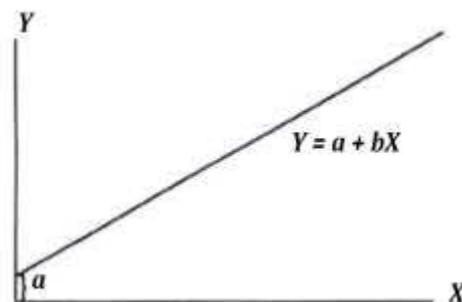
6. Pengukur Strain Stres Geser Silikon yang dipatenkan
7. Tersedia dalam Konfigurasi Diferensial dan Pengukur



Gambar 2. 15 Sensor Tekanan MPXV7002

## 2.8 Kalibrasi Sensor Menggunakan Regresi Linear Sederhana

Persamaan regresi linier sederhana merupakan suatu model persamaan yang menggambarkan hubungan satu variabel bebas/ predictor (X) dengan satu variabel tak bebas/response (Y), yang biasanya digambarkan dengan garis lurus, seperti disajikan pada gambar berikut.



Gambar 2. 16 Grafik regresi linear

Persamaan regresi linier sederhana secara matematik diekspresikan oleh :

$$Y = a + bX \dots\dots\dots (2.4)$$

Keterangan :

Y = garis regresi/ variable response

a = konstanta (intersep), perpotongan dengan sumbu vertikal

b = konstanta regresi (slope)

X = variabel bebas/ predictor

Untuk mengukur kekuatan hubungan antar variable predictor X dan response Y, dilakukan analisis korelasi yang hasilnya dinyatakan oleh suatu bilangan yang dikenal dengan koefisien korelasi. Biasanya analisis regresi sering dilakukan bersama-sama dengan analisis korelasi.

Koefisien determinasi dapat ditentukan dengan mengkuadratkan koefisien korelasi. Sebagai contoh koefisien determinasinya adalah  $r^2 = 0,90$  . Nilai ini berarti bahwa, 90% variabel bebas/ predictor X dapat menerangkan/ menjelaskan variabel tak bebas/ response Y dan 10% dijelaskan oleh variabel lainnya [11].