

SKRIPSI

**TINJAUAN HIDROTES PIPA PENYALUR GAS BAWAH
LAUT**

Disusun dan diajukan oleh:

**RAHMAHDANI JAPRI
D081 19 1019**



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK KELAUTAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2023**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI**TINJAUAN HIDROTES PIPA PENYALUR GAS BAWAH LAUT**

Disusun dan diajukan oleh

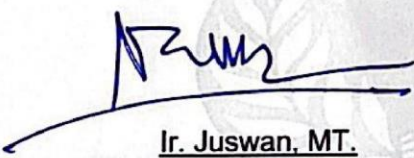
Rahmahdani Japri
D081 19 1019

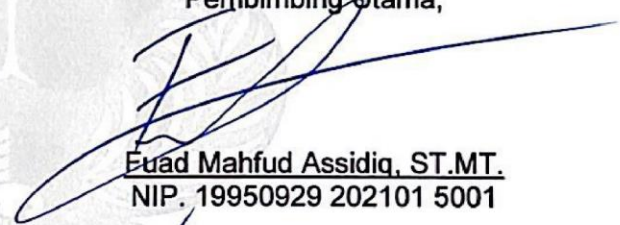
Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana pada Program Studi Teknik Kelautan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Pada tanggal 26/05/2023 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Utama,


Ir. Juswan, MT.
NIP. 19621231 198903 1031


Fuad Mahfud Assidiq, ST.MT.
NIP. 19950929 202101 5001



PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini;
Nama : Rahmahdani Japri
NIM : D081 19 1019
Program Studi : Teknik Kelautan
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

(Tinjauan Hidrotes Pipa Penyalur Gas Bawah Laut)

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

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh Penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

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

Gowa, 7 Maret 2023

Yang Menyatakan,


Rahmahdani Japri
D081 19 1019

ABSTRAK

RAHMAHDANI JAPRI. *Tinjauan Hidrotes Pipa Penyalur Gas Bawah Laut.* (dibimbing oleh Ir. H. Juswan, MT. dan Fuad Mahfud Assidiq, ST., MT.).

Sejak awal industri migas modern pada pertengahan abad ke-19, industri migas telah memainkan peran dominan dalam pertumbuhan ekonomi di seluruh dunia, baik sebagai produsen maupun sebagai konsumen. Berdasarkan desain perpipaan, perpipaan yang dianalisa memiliki tiga keadaan yaitu kondisi instalasi, hidrotes dan kondisi operasional. Dengan kondisi tersebut, pipa penyalur seringkali memiliki berbagai potensi dan bahaya yang mengancam kerusakan pipa dan menyebabkan kelangsungan instalasi, operasi atau proses hidrotes. Beberapa hal yang perlu diperhatikan, seperti: optimal dan aman untuk beroperasi karena masalah mendasar jaringan perpipaan yaitu adanya kebocoran sistem atau kehilangan energi yang signifikan. sehingga perlu dilakukan pengujian kebocoran pipa sebelum dioperasikan. Hidrotes memiliki peranan yang tidak kalah penting yang berfungsi sebagai pendeteksi kebocoran pipa dengan cara menyemprotkan air kedalam pipa. Namun terkadang dalam pengujian hidrotes terjadi kegagalan dikarenakan adanya udara yang terperangkap dalam pipa. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kebocoran pada pipa penyalur gas bawah laut dan untuk mengetahui jumlah volume air yang dibutuhkan pada pengujian mengetahui persentase udara yang terperangkap pada pipa. Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif yaitu metode yang menggunakan angka, mulai dari pengumpulan data, penafsiran terhadap data, serta menampilkan hasil dari data tersebut. Berdasarkan dari pengujian hidrotes yang dilakukan dengan tiga tahap pemberian tekanan yaitu pada saat 35%, 70% dan 100% maka dapat diketahui pada saat proses pengujian pipa terdapat perubahan suhu pada alat ukur (*Temperature Ambient*) dari 37°C menjadi 38°C dan alat ukur (*Temperature Recorder*) dari 41°C menjadi 43°C pada saat tekanan ditahan selama 2 jam dan tidak terdapat kebocoran pada pipa. Berdasarkan perhitungan volume kebutuhan air pada pengujian hidrotes diperoleh total kebutuhan volume air adalah 5.560,658 Liter dan persentase udara terperangkap sebanyak 0,006%.

Kata Kunci: Hidrotes, Pipa Penyalur, Udara Terperangkap.

ABSTRACT

RAHMAHDANI JAPRI. *Hydrotest review of underwater gas pipelines (guided by Ir. H. Juswan, MT. dan Fuad Mahfud Assidiq, ST., MT.)*

Since the dawn of the modern oil and gas industry in the mid-19th century, the oil and gas industry has played a dominant role in economic growth worldwide, both as a producer and as a consumer. Based on the pipeline design, the pipeline being analyzed has three conditions, namely installation conditions, hydrotest and operational conditions. Under these conditions, pipeline distributors often have various potentials and hazards that threaten to damage the pipeline and cause restoration of installations, operations or hydrotest processes. Several things need to be considered, such as: optimal and safe to operate due to the fundamental problem of piping networks, namely system leakage or significant energy loss. so it is necessary to do a pipe leak test before operating. Hydrotest have an equally important role which functions as a pipe leak detector by spraying water into the pipe. However, sometimes failure occurs in the hydrotest test due to air trapped in the pipe. The purpose of this research is to find out the leak in the underwater gas pipeline and to find out the amount of water volume needed in the test to find out the air content trapped in the pipe. This study uses a quantitative method, namely a method that uses numbers, starting from data collection, extracting the data, and displaying the results of the data. Based on the hydrotest test which was carried out with three stages of applying pressure, namely at 35%, 70% and 100%, it can be seen that during the pipe testing process there was a change in temperature on the measuring instrument (Temperature Ambient) from 37°C to 38°C and the measure (Temperature Recorder) from 41°C to 43°C when the pressure is held for 2 hours and there is no leak in the pipe. Based on the calculation of the volume of water needed in the hydrotest test, the total required volume of water is 5,560.658 liters and the proportion of trapped air is 0.006%.

Keywords: *Hydrotest, Pipeline, Trapped Air.*

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	ii
PERNYATAAN KEASLIAN	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL	ix
KATA PENGANTAR	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	2
1.5 Batasan Masalah	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Penelitian Yang Relevan	3
2.2 Gambaran Umum Pipa Penyalur (<i>flowline</i>)	4
2.3 Pipa Penyalur (<i>flowline</i>)	4
2.4 Pipa	5
2.5 Hidrotes	19
2.6 Rekapitulasi Perhitungan Hidrotes Pipa Penyalur	23
BAB III METODE PENELITIAN	26
3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian	26
3.2 Alat dan Bahan Uji Penelitian	26
3.3 Prosedur Penelitian	26
3.4 Diagram Alir Penelitian	26
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	32
4.1. Pengujian Hidrotes Pipa Penyalur Gas Bawah Laut	32
4.2. Perhitungan Kebutuhan Volume Air Pada Pengujian Hidrotes	36
4.3. Persentase Udara Terperangkap Pada Pengujian Hidrotes	37
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	40
5.1 Kesimpulan	40
5.2 Saran	40
DAFTAR PUSTAKA	41

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Subsea Pipeline (Offshore Energy,2020)</i>	4
Gambar 2.2 <i>Spiral Welded Pipe (Akbar, Fachreza, 2012)</i>	7
Gambar 2.3 <i>Seamless Pipe (Akbar, 2012)</i>	7
Gambar 2.4 <i>Butt-Welded Pipe (Akbar, Fachreza, 2012)</i>	7
Gambar 2.5 <i>Tubing (Sungeng, 2014)</i>	8
Gambar 2.6 <i>Socket Flange (S. Gunandi,2022)</i>	9
Gambar 2.7 <i>Slip On Flange (S.Gunandi,2022)</i>	9
Gambar 2.8 <i>Lap Joint Flange (S. Gunandi,2022)</i>	9
Gambar 2.9 <i>Weldneck Flange (S. Gunandi, 2022)</i>	10
Gambar 2.10 <i>Threaded Flange (S. Gunandi,2022)</i>	10
Gambar 2.11 <i>Blind Flange (S. Gunandi, 2022)</i>	11
Gambar 2.12 <i>Fitting (G. Kristianto, 2013)</i>	11
Gambar 2.13 <i>Butt Weded Elbow (E. Kurniawan, 2013)</i>	12
Gambar 2.14 <i>Bend Elbow (G. Kristianto,2013)</i>	12
Gambar 2.15 a) <i>Concentric reducer</i> b) <i>Eccentric reducer (G. Kristianto, 2013)</i> ..	13
Gambar 2.16 <i>Butt-Welding Swage (G. Kristianto,2013)</i>	13
Gambar 2. 17 a) <i>Straight tee</i> b) <i>Reducing tee (G. Kristianto,2013)</i>	14
Gambar 2.18 <i>Gate Valve (Putra et al, 2014)</i>	15
Gambar 2.19 <i>Global Valve (Putra et al, 2014)</i>	16
Gambar 2.20 <i>Ball Valve (Putra et al, 2014)</i>	17
Gambar 2.21 <i>Swing Check Valve (Putra et al, 2014)</i>	18
Gambar 3.1 <i>Drawing isometric</i>	26
Gambar 3.2 <i>Bidi Pig</i>	27
Gambar 3.3 <i>Pompa Bertekanan Rendah</i>	27
Gambar 3.4 <i>Pompa Bertekanan Tinggi</i>	27
Gambar 3.5 <i>DWT (Dead Weigh Tester)</i>	28
Gambar 3.6 <i>Manifold</i>	28
Gambar 3.7 <i>Pressure Gauge</i>	28
Gambar 3.8 <i>Temperature Ambient</i>	29
Gambar 3.9 <i>PSV (Pressure Safety Valve)</i>	29
Gambar 3.10 <i>Fresh Water</i>	29
Gambar 3.11 <i>Barton Chart</i>	30
Gambar 3.12 <i>Diagram Alir Penelitian</i>	31
Gambar 3.13 <i>Grafik udara terperangkap</i>	39
Gambar 4.1 <i>Spool Hidrotes di Lokasi Pengujian</i>	32
Gambar 4.2 <i>Skesta Hidrotes Pipa Penyalur Gas Bawah Laut TN-AA229/230rc</i>	33
Gambar 4.3 <i>Kurva Pengujian</i>	34
Gambar 4.4 <i>Hasil pengujian Hidrotes pada saat tekanan mencapai 35%</i>	34
Gambar 4.5 <i>Hasil pengujian Hidrotes pada saat tekanan mencapai 70%</i>	35
Gambar 4.6 <i>Hasil pengujian Hidrotes pada saat tekanan mencapai 100%</i>	35
Gambar 4.7 <i>Hasil Pengujian setelah selesai</i>	36

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Alat Hidrotes Pipa Penyalur Gas Bawah Laut	21
Table 2. Fwt – faktor untuk mengoreksi perubahan termal dalam volume spesifik air dari 60 °F ke suhu air uji	24
Tabel 3. Hasil Pengujian Hidrotes pipa penyalur gas bawah laut	33
Table 4. Volume Berdasarkan Variasi Kenaikan Tekanan (P/V)	38

DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL

Lambang/Singkatan	Arti dan Keterangan
L	Panjang pipa yang diuji (km)
V	Volume yang dibutuhkan untuk mengisi bahan uji pipa (m ³)
d	Diameter dalam pipa (m ³)
P	Tekanan uji (Psi)
D	Diameter luar pipa (m ³)
t	Ketebalan dinding pipa (Inch)
V_{tp}	Volume dalam pipa pada tekanan uji (P) dan suhu (T-°F).
F_{wp}	Faktor untuk mengoreksi kompresibilitas air karena peningkatan tekanan dari 0 Psig ke tekanan uji (P), Psig.
F_{pp}	Faktor untuk mengoreksi perubahan volume dalam pipa karena peningkatan tekanan dari 0 psig untuk menguji tekanan (P), psig.
F_{pwt}	Faktor untuk mengoreksi perubahan volume air dan volume pipa karena perubahan suhu pipa dan air dari dasar 60 °F ke pipa dan suhu uji air (T°F).
F_{pt}	Faktor untuk mengoreksi perubahan volume pipa karena untuk ekspansi termal pipa dari suhu dasar 60 °F.
F_{wt}	Faktor untuk mengoreksi perubahan termal secara spesifik volume air dari 60 °F untuk menguji suhu air.
P ₁	Tekanan gas mula-mula (N/m ²)
P ₂	Tekanan gas akhir (N/m ²)
V ₁	Volume gas mula-mula (m ³)
V ₂	Volume gas akhir (m ³)
TR	<i>Temperature Recorder</i> (°F)
TA	<i>Temperature Ambient</i> (°C)
DWT	<i>Dead Weight Tester</i> (Psi)
Hidrotes	Metode Pengujian pipa dengan tekanan tertentu untuk mendeteksi kebocoran pipa dan kekuatan suatu material dengan cara menyemprotkan air kedalam pipa.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.

Alhamdulillah, Puji Syukur kehadirat Allah SWT bahwasanya penulis dapat menyelesaikan Skripsi. Salawat serta salam penulis panjatkan kehadirat Nabi Muhammad SAW. Skripsi ini sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan di Departemen Teknik Kelautan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, dengan judul:

“TINJAUAN HIDROTES PIPA PENYALUR GAS BAWAH LAUT”

Teristimewa penulis haturkan terima kasih kepada kedua orang tua penulis Bapak **Ir. Japri (Alm)** dan Ibu **Hj. Suryani** yang selalu memberikan dukungan, kasih sayang, doa, nasehat, serta kesabaran yang luar biasa dalam setiap langkah penulis sampai tahap skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.

Keberhasilan skripsi ini, tak luput pula berkat bantuan dari berbagai pihak yang diterima penulis, sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik. Untuk itu dalam kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih dan penghargaan secara tulus dan ikhlas kepada yang terhormat:

1. Bapak **Ir. Juswan, M.T.** selaku dosen pembimbing utama sekaligus kepala labo Manajemen Produksi Bangunan Lepas Pantai yang telah meluangkan waktu dan pikiran untuk memberikan bimbingan dan pengarahan mulai dari awal penelitian hingga terselesaikannya penulisan skripsi ini.
2. Bapak **Fuad Mahfud Assidiq, S.T., M.T.** selaku dosen pembimbing pendamping yang telah meluangkan waktu dan pikiran untuk memberikan bimbingan dan pengarahan mulai dari awal penelitian hingga terselesaikannya penulisan skripsi ini.
3. Bapak **Dr. Ir. Chairul Paotonan, ST., MT.,** selaku Ketua Departemen Teknik Kelautan yang telah mengesahkan skripsi ini.
4. Bapak **Prof. Daeng Paroka, ST., MT., Ph.D.,** dan Bapak **Dr. Ir. Taufiqur Rachman, ST., MT.,** selaku dosen penguji yang memberikan kritik dan saran yang membangun pada skripsi ini.
5. Seluruh **Dosen Departemen Teknik Kelautan** yang telah memberikan pengalaman dan pengetahuannya kepada penulis selama proses perkuliahan.
6. **Staf Administrasi Departemen Teknik Kelautan** yang telah membantu segala aktivitas administrasi selama perkuliahan.

7. Bapak **Slamet Wahyudi** yang telah memberikan pengalaman dan bimbingannya kepada penulis.
8. Bapak **Indra Purnama** yang telah memberikan pengalaman dan bimbingannya kepada penulis.
9. Bapak **H. Musa Nur, S.Pd.I.** dan Ibu **Bebinengsi, S.Kep.,Ns.** yang tak henti-hentinya memberikan kasih sayang, dukungan dan doa kepada penulis.
10. Kakak Tercinta **Abd. Rahman** yang tak henti-hentinya memberikan kasih sayang, motivasi dan doa kepada penulis.
11. **Teman-teman Mahasiswa khususnya Teknik Kelautan 2019 dan PAZZENGER 19** yang telah menjadi keluarga penulis selama perkuliahan dan selalu memberikan motivasi dan dukungannya membantu penulis hingga menyelesaikan tugas akhir ini.
12. Kepada rekan-rekan **Labo MANPRO, Syaifullah, Jalil, Risal, Faiq, Nanna dan Fadhil** yang sama-sama berjuang dalam menyelesaikan studi.
13. Kepada seluruh pihak yang tak sempat penulis ucapkan satu per satu, terima kasih yang sebesar-besarnya untuk segala sumbangsih selama proses penyelesaian skripsi ini.

Penulis menyadari dalam penulisan skripsi ini masih banyak kekurangan, oleh karena itu saran dan kritik sangat penulis harapkan sebagai bahan untuk menutupi kekurangan dari penulisan skripsi ini. Penulis berharap semoga tulisan ini bermanfaat bagi perkembangan ilmu Teknik Kelautan, bagi pembaca umumnya dan penulis pada khususnya.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Gowa, 25 Maret 2023



Rahmahdani Japri

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sejak awal industri migas modern pada pertengahan abad ke-19, industri migas telah memainkan peran dominan dalam pertumbuhan ekonomi di seluruh dunia, baik sebagai produsen maupun sebagai konsumen. Kebutuhan minyak dan gas bumi dalam perkembangan dewasa ini terus meningkat. Banyak aspek kehidupan yang membutuhkan gas dan minyak bumi sebagai sumber energi (Andriani et al, 2021). Salah satu bagian yang sangat penting dari proses produksi minyak dan gas adalah pipa bawah laut, yang berfungsi untuk mengangkut fluida produksi minyak dan gas dari satu titik distribusi ke titik distribusi lain. Sebagai contoh, transportasi minyak bumi dari platform produksi ke fasilitas penerima, baik di darat maupun di lepas pantai (Rahman, 2015).

Kondisi instalasi, hidrotas, dan kondisi operasional membentuk keadaan perpipaan yang dievaluasi berdasarkan desain perpipaan. Dalam situasi seperti ini, pipa penyalur, juga dikenal sebagai pipa aliran, seringkali menghadapi berbagai risiko dan ancaman yang berpotensi menyebabkan kerusakan pipa dan mengancam kelangsungan instalasi, operasi, atau proses hidrotas (Astri et al., 2012). Saat merancang jaringan pipa minyak dan gas, standar harus sesuai dengan tujuan pipa, jenis pipa dan material yang digunakan, dan perhitungan dan penentuan ketebalan pipa untuk memastikan perlindungan. Beberapa hal yang perlu diperhatikan adalah kondisi optimal dan aman untuk beroperasi karena kebocoran sistem atau kehilangan energi yang signifikan, yang merupakan masalah utama jaringan perpipaan. Untuk memastikan bahwa pengujian kebocoran pipa dilakukan sebelum pengoperasian (Zainuddin et al, 2012). Metode hidrotas biasanya digunakan untuk mencegah kegagalan perpipaan. Salah satu fungsi hidrotas yang sangat penting adalah menyemprotkan air ke dalam pipa untuk mendeteksi kebocoran.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini disusun untuk menganalisis pengaruh udara yang terperangkap dalam kegagalan pengujian hidrotas pipa penyalur gas bawah laut proyek milik PT. Pertamina Hulu Mahakam (PHM) area SPU Delta Mahakam, Kalimantan Timur.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang akan dibahas berdasarkan latar belakang masalah di atas adalah:

1. Apakah pipa penyalur gas bawah laut mengalami kebocoran pada saat pengujian hidrotres?
2. Berapa banyak volume air yang dibutuhkan pada pengujian hidrotres?
3. Berapa persentase udara yang terperangkap pada pengujian hidrotres?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, maka tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui kebocoran pada pipa penyalur gas bawah laut.
2. Untuk mengetahui jumlah volume air yang dibutuhkan pada pengujian hidrotres.
3. Untuk mengetahui persentase udara yang terperangkap pada pengujian hidrotres.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi untuk melakukan pengujian hidrotres pipa penyalur penyalur gas bawah laut.
2. Penelitian ini diharapkan menjadi dasar perhitungan volume air yang dibutuhkan pada pengujian hidrotres pipa penyalur gas bawah laut.
3. Sebagai bahan referensi bagi penelitian yang berhubungan terkait udara yang terperangkap pada hidrotres pipa penyalur gas bawah laut.
4. Untuk menambah literatur keteknikan khususnya pada jurusan teknik kelautan mengenai bidang hidrotres pipa penyalur gas bawah laut.

1.5 Batasan Masalah

Sesuai dengan judul penelitian ini, maka dalam penelitian ini akan dibatasi:

1. Penelitian hanya dilakukan di PT. Kaliraya Sari pada bagian Hidrotres pipa penyalur gas bawah laut dan hanya mencakup proyek jalur pipa penyalur mulai dari rute TN-AA229/230 sampai ke TN-AA207/208rc.
2. Estimasi kebutuhan volume air pada proses hidrotres pipa penyalur gas bawah laut.
3. Estimasi persentase udara terperangkap pada proses hidrotres pipa penyalur gas bawah laut.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Yang Relevan

Berikut penelitian yang relevan dengan penelitian ini:

Penelitian oleh Fajarayenta et al (2019) dengan judul Pengujian Pipa Pendingin Kapal Tes Menggunakan Metode *Hydrotest Pressure* dan *Function Test* Pada Kapal Maran (*Harbour Tug*) 2017. Penelitian ini membahas perbandingan 2 metode pengujian pipa dengan menggunakan metode *hydrotest* dan metode *function test*. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa pengujian yang menggunakan metode *hydrotest pressure* dan *function test*. Pada pengujian *hydrotest pressure* dapat mengetahui kebocoran dan ketahanan pipa saat pengujian yang dimana hasil dari perhitungan tekanan pipa tersebut mempunyai tekanan sebanyak 7 bar dan untuk penurunan *pressure drop* pada pipa pengujian ini sebanyak 0.2 bar ini merupakan pengujian yang sesuai dari permintaan *surveyor*, sedangkan untuk pengujian *function test* memastikan bahwa saluran bekerja sempurna dengan generator menyala kecepatan dari 0%-100% dan memastikan alirannya fluidanya keluar melalui *overboard* kapal. Pada grafik yang di buat dilihat bahwasanya setiap mesin yang di tambahkan kecepatan dari 0% hingga 100% dari tekanan *fresh water* mengalami kenaikan dari setiap kecepatan mesin, tekanan pada *sea chest* hanya mengalami kenaikan tekanan pada kecepatan 100% dan untuk *temperature* juga mengalami hal serupa yang dimana untuk *temperature fresh water* mengalami kenaikan grafik pada setiap kecepatan mesin dan *temperature sea chest* pun juga mengalami kenaikan pada setiap kecepatan mesin.

Kemudian, penelitian oleh F. Kiefner (2001) dengan judul *Role of Hydrostatic Testing In Pipeline Integrity Assessment*. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa Presentasi ini telah menunjukkan keunggulan teknologi pengujian hidrostatis sebagai sarana pembuktian integritas jaringan pipa. Model yang diuji telah digunakan untuk menunjukkan bahwa manfaatnya dapat diukur. Referensi 1 dan 2 tersedia bagi mereka yang menginginkan hasil rinci dari 20 tahun kerja yang disponsori oleh A.G.A. terkait masalah ini. Ringkasan yang lebih ringkas dan lebih baru tersedia di Referensi 5. Ekonomi pengujian hidrostatis sangat penting dan akan menentukan apakah pengujian hidrostatis dapat digunakan dalam pipa tertentu. Bagi pengguna yang mampu melakukan pengujian hidrostatis, presentasi ini memberikan panduan yang berguna untuk membantu pengguna mengoptimalkan keyakinan dalam pengujian sebagai sarana untuk memastikan integritas.

Terakhir, penelitian dari Oktaviandri dan Azis (2020) dengan judul Pengaruh Udara Terkurung Pada *Chart Recorder* Pada Proses *Hydrotesting*. Dalam penelitian ini menghasilkan pengaruh yang menyebabkan proses *hydrotesting* berhasil, antara lain persiapan lingkungan, tenaga ahli, alat yang digunakan dan standarisasi yang digunakan dalam proses *hydrotesting* adalah faktor-faktor yang memastikan proses hidrotetes berhasil. Kemudian pengaruh angin terkurung pada proses *hydrotesting* menyebabkan beberapa tekanan pada media uji yang menyebabkan kerusakan yang mengancam jiwa pada proses *hydrotesting*.

2.2 Gambaran Umum Pipa Penyalur (*flowline*)

Pipa penyalur atau juga dikenal *flowline* dirancang untuk mengangkut fluida seperti minyak, gas, atau air dalam jumlah besar ke lokasi yang jauh di laut atau lepas pantai. (S. Hakim, 2011). Pipa ini digunakan untuk memompa minyak atau gas dari anjungan beberapa kilometer diatas dasar laut. Untuk transportasi cairan besar, dalam hal ini minyak dan gas, jaringan pipa adalah alat transportasi yang paling umum. Keunggulan menggunakan pipa penyalur sebagai mode transportasi adalah lebih ekonomis, penggunaan energi yang rendah, ramah lingkungan, aman untuk manusia, tidak terpengaruh cuaca, otomatis, tingkat keamanan dan keandalannya yang tinggi (H. Liu, 2003).

2.3 Pipa Penyalur (*flowline*)

Flowline yang dalam Bahasa Indonesia diistilahkan sebagai pipa penyalur, umumnya adalah pipa terdiri dari batangan-batangan pipa yang saling berhubungan yang digunakan untuk mengalirkan cairan, media, dan gas dari satu lokasi ke lokasi yang lain. Sedangkan *line pipe* adalah setiap batang individu pipa yang memiliki karakteristik bentuk berupa "*hollow tubular*", dan material ini merupakan elemen dasar dari pipeline (Ridwan, 2009).



Gambar 2.1 *Subsea Pipeline* (Offshore Energy,2020)

Pipeline merupakan sarana transportasi fluida yang sering digunakan, terutama untuk di sektor lepas pantai/*offshore*. Selain itu *pipeline* juga harus selalu handal dalam jangka waktu pemakaiannya. *Pipeline* mampu bekerja 24 jam sehari, 365 hari dalam setahun selama umur pipa yang bisa mencapai 30 tahun atau bahkan lebih (Soegiono, 2007).

Menurut (Ridwan, 2009) Terdapat perbedaan untuk istilah *pipeline* (pipa penyalur) dan *line pipe* (batangan pipa). Pipa penyalur sendiri atau pipeline ini bisa ditinjau dari beberapa aspek untuk pengelompokannya:

- Dari sisi jalur geografisnya ada pipa penyalur darat (*onshore pipeline*) dan pipa penyalur di laut (*offshore pipeline*, atau *submarine pipeline*).
- Dari materialnya bisa bermacam-macam: mulai dari baja, *stainless steel*, *duplex* ataupun bahan polimer seperti *polyethylene* dan *polypropylene* juga sudah digunakan untuk beberapa bentangan jalur pipa distribusi gas yang bertekanan relative rendah dibandingkan pipa transmisi.
- Dari sistem jaringannya secara garis besar ada pipa alir sumur (*wellhead line*), pipa transmisi (*transmission line*) dan ada pipa distribusi (*distribution line*), sebetulnya istilah bisa berbeda-beda tergantung bagaimana perusahaan minyak dan gas sebagai operator lahan mengidentifikasi sistem perpipaan dalam sistem operasi mereka.

2.4 Pipa

2.4.1 Pengertian Pipa

Pipa adalah saluran berongga yang digunakan untuk mengalirkan fluida, seperti air, minyak, gas, atau bahan kimia dari satu tempat ke tempat lain. Pipa dapat terbuat dari berbagai bahan, seperti logam (seperti baja), plastik, atau beton. Pipa sering digunakan dalam berbagai industri, termasuk industri minyak dan gas, air minum, perpipaan rumah tangga, dan banyak lagi (Yuda, 2021).

2.4.2 Klasifikasi Pipa

Pipa secara umum di kelompokkan menjadi dua bagian yaitu (Syaefudina, 2018):

1. Jenis pipa tanpa sambungan (pembuatan pipa tanpa sambungan pengelasan)
2. Jenis pipa dengan sambungan (pembuatan pipa dengan pengelasan)

Bahan-bahan pipa secara umum:

Bahan-bahan pipa yang dimaksud disini adalah struktur bahan baru pipa tersebut yang dapat dibagi secara umum sebagai berikut:

1. *Carbon steel* (Baja karbon)

2. *Carbon Moly* (Karbon Moly)
3. *Galvanees* (Galvanis)
4. *Ferro Nikel*
5. *Stainless Steel* (Baja Tahan Karat)
6. *PVC (Polivinil Klorida)*
7. *Chrom Moly*

Sedangkan secara khusus bahan – bahan pipa dapat dikelompokkan sebagai berikut:

1. *Fibre Glass* (Fiberglass)
2. *Alluminium* (Aluminium)
3. *Wrought Iron* (Besi Tanpa Tempa)
4. *Cooper* (Tembaga)
5. *Red Brass* (Kuningan Merah)
6. *Nickel Cooper / Monel* (Timah Tembaga)
7. *Nickel Chrom Iron / Inconel* (Besi Timah Chrom)

2.4.3 Komponen Perpipaian

Berdasarkan spesifikasi, standar yang terdaftar dalam komponen perpipaian dengan simbol dan kode yaitu: pipa (*pipe*), flens (*flange*), sambungan (*fitting*) dan katup (*valve*).

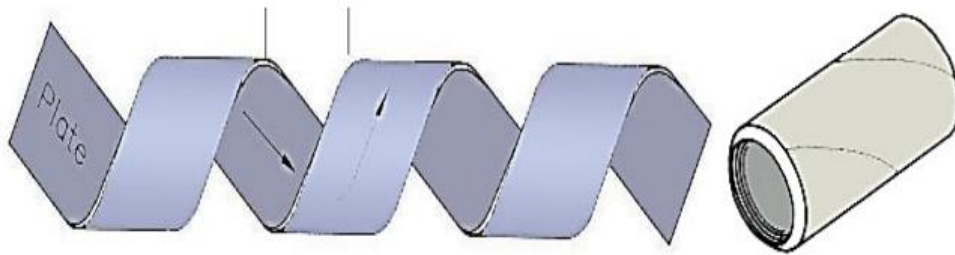
2.4.3.1 Pipa

Pipa yang digunakan untuk transportasi fluida (cair, gas) dari suatu tempat ke tempat lainnya, atau dari suatu equipment ke equipment lainnya. digunakan sebagai sarana untuk mengalirkan fluida berbentuk cair maupun gas. Pipa yang biasanya digunakan pada industri proses maupun industri listrik yaitu pipa baja (*steel pipe*) dan pipa besi (*iron pipe*) (Surya, 2021).

Adapun jenis-jenis pipa antara lain:

1. Pipa Las Spiral

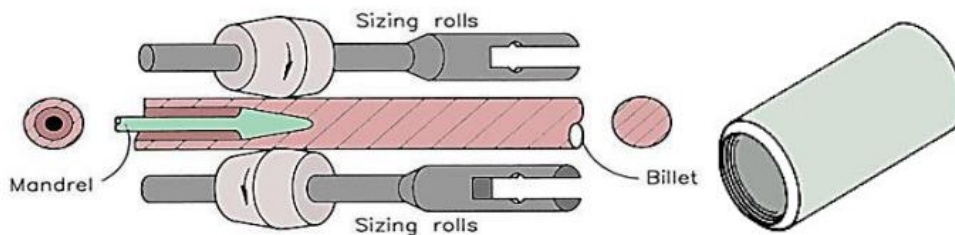
Pipa spiral adalah jenis pipa yang memiliki bentuk fisik yang melingkar seperti spiral atau pegas. Pipa ini terbuat dari bahan logam, biasanya baja, yang dibentuk menjadi spiral atau pegas dengan sambungan yang tumpang tindih. Bentuk spiral ini memberikan kekuatan struktural yang baik pada pipa, sehingga dapat digunakan untuk mengangkut fluida atau gas dengan tekanan tinggi. Pipa jenis ini jarang digunakan pada sistem perpipaian, karena jenis pipa ini biasanya digunakan pada tekanan rendah karena tebal pipa yang tipis (Surya, 2021). Pipa las spiral ditunjukkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 *Spiral Welded Pipe* (Akbar, Fachreza, 2012)

2. Pipa tanpa sambungan

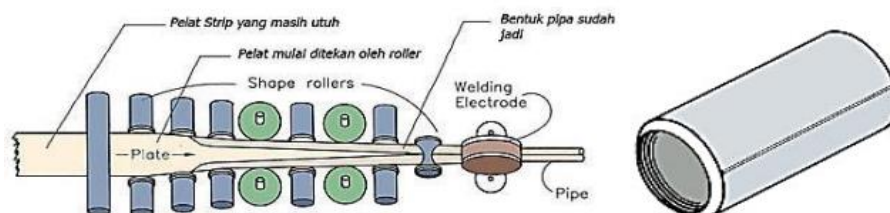
Pipa tanpa sambungan (*seamless pipe*) adalah jenis pipa yang diproduksi dengan metode pembuatan yang menghasilkan pipa tanpa sambungan atau las. Pipa ini dibuat dengan cara memanaskan batang logam dalam bentuk silinder, yang kemudian ditarik melalui sebuah matrice untuk membentuk pipa yang panjangnya dapat mencapai beberapa meter. Pipa ini tidak memiliki sambungan dan digunakan untuk ukuran pipa panjang (Surya, 2021). Gambar 2.3 berikut ini menunjukkan gambar *Seamless pipe*.



Gambar 2.3 *Seamless Pipe* (Akbar, Fachreza 2012)

3. Pipa dilas (*Butt-Welded Pipe* atau *Straight Welded Pipe*)

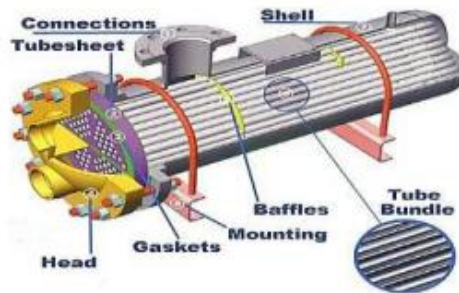
Pipa dilas (*Butt-Welded Pipe* atau *straight welded pipe*) adalah jenis pipa yang dibuat dengan menggabungkan dua atau lebih bagian pipa yang terpisah menggunakan proses pengelasan. Pipa ini dibuat dengan cara memasukkan plat panas melalui pembentuk (*shapers, shape rollers*) yang akan merolnya ke menjadi bentuk batangan pipa yang berlubang. Penekanan yang sangat kuat pada kedua sisi plat akan menghasilkan sambungan las (Surya, 2021). Pipa dilas ditunjukkan seperti pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 *Butt-Welded Pipe* (Akbar, Fachreza, 2012)

4. Tubing

Tubing adalah benda silindris yang memiliki lubang pada tengahnya untuk mengalirkan fluida. Tubing memiliki diameter lebih kecil daripada pipa standar dan biasanya memiliki dinding yang lebih tipis. Tubing sering digunakan pada pipa-pipa alat penukar kalor (*shell and tube heat exchanger*) dan koneksi instrumen seperti pemasangan alat ukur suhu, tekanan, sistem kontrol hidrolik atau pneumatik (Surya, 2021). Tubing ditunjukkan seperti pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Tubing (Sungeng, 2014)

2.4.3.2 Flange

Flange pipa adalah suatu komponen yang digunakan untuk menghubungkan dua bagian pipa, katup atau peralatan yang memiliki permukaan datar. *Flange* berfungsi sebagai komponen penyambungan pipa yang dapat dilepas agar memudahkan dalam pekerjaan perbaikan ataupun penggantian *equipment* tanpa merusak komponen dan peralatan yang terkait (Nursyahid, 2015).

1. Jenis – Jenis Flange

Berdasarkan ANSI (*American National Standards Institute*), jenis-jenis *flange* untuk sistem perpipaan dibedakan menjadi, berikut:

a. *Socket Flange*

Socket flange adalah jenis flange yang memiliki cekungan dalam bentuk rongga di bagian dalam lubangnya. Cekungan ini dirancang untuk memungkinkan ujung pipa yang dilas (*socket*) dimasukkan ke dalam flange dengan pas. *Socket flange* biasanya digunakan dalam sistem pipa yang menggunakan metode penyambungan las socket (*socket welding*) untuk menghubungkan pipa dengan *flange* (Nursyahid, 2015). *Socket flange* ditunjukkan seperti pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Socket Flange (S. Gunandi,2022)

b. Slip On Flange

Jenis *Flange Slip-on flange* adalah jenis flange yang dirancang dengan lubang dalam diameter yang sama dengan pipa yang akan dihubungkan. *Slip-on flange* memiliki permukaan datar di bagian luar dan cekungan pada bagian dalamnya. Pemasangannya hanya masuk sebagian, dan pengelasannya dilakukan pada sisi depan dan belakang flange (Nursyahid, 2015). *Slip-on flange* ditunjukkan seperti pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Slip On Flange (S.Gunandi,2022)

c. Lap Joint Flange

Jenis flange Lap joint flange adalah jenis flange yang digunakan untuk menghubungkan dua bagian pipa atau peralatan dengan cara melapisi ujung pipa dengan flange. yang bisa diputar sehingga posisi lubang bautnya bisa disesuaikan. Jenis *flange* ini tidak disarankan untuk tekanan yang tinggi (Nursyahid, 2015). *Lap Joint Flange* ditunjukkan seperti pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8 Lap Joint Flange (S. Gunandi,2022)

d. *Weldneck Flange*

Flange jenis ini adalah jenis *flange* yang dirancang dengan leher (*neck*) yang memungkinkan pengelasan langsung pada pipa. *Weldneck flange* memiliki leher yang menonjol di bagian dalamnya dengan diameter yang sesuai dengan diameter pipa yang akan dihubungkan. *Flange* jenis ini paling banyak digunakan dalam sebuah plant, karena sifatnya mudah untuk disambungkan pipa. Sangat baik digunakan untuk tekanan dan suhu yang tinggi, juga sama baiknya untuk tekanan dan suhu yang rendah (Nursyahid,2015). *Weldneck Flange* ditunjukkan seperti pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9 *Weldneck Flange* (S. Gunandi, 2022)

e. *Threaded Flange*

Threaded flange adalah jenis *flange* yang memiliki ulir di bagian dalam lubangnya. Biasanya digunakan pada area sistem yang rawan kebakaran, yang tidak diperbolehkan ada pengelasan atau percikan api. Jadi *flange* jenis ini yang akan digunakan. Sehingga jika ada perbaikan akan lebih mudah dilepas (Nursyahid,2015). *Threaded Flange* ditunjukkan seperti pada Gambar 2.10.



Gambar 2.10 *Threaded Flange* (S. Gunandi,2022)

f. *Blind Flange*

Blind Flange adalah jenis *flange* yang digunakan untuk menutup ujung pipa atau saluran yang tidak digunakan atau tidak terhubung dengan peralatan atau sistem lainnya. *Blind Flange* berfungsi untuk menutup aliran, seperti halnya cap dalam *fitting*. Jenis *flange* ini rata, tidak berlubang karena memang berfungsi untuk penutup, *Blind Flange* dapat ditunjukkan pada Gambar 2.11.



Gambar 2.11 *Blind Flange* (S. Gunandi, 2022)

2.4.3.3 *Fitting*

Fitting adalah komponen sistem perpipaan yang mengubah arah jalur pipa, mengubah diameter jalur pipa dan cabang pipa. *Fitting* umumnya terbuat dari bahan yang sesuai dengan pipa atau saluran yang terhubung, seperti baja karbon, baja tahan karat (*stainless steel*), tembaga, kuningan, atau bahan plastik seperti PVC (*Polyvinyl Chloride*). (G. Kristianto, 2013).

Jenis *fitting* umumnya diklasifikasikan menurut metode perakitan, yang menunjukkan jenis ujung fitting tersebut. Metode penyambungan dapat diklasifikasikan menjadi (G. Kristianto, 2013):

1. *Butt-Welding* (pengelasan ujung)
2. *Socket-Welding* (ujung fitting jenis socket, selanjutnya dilas)
3. *Screwed/Threaded* (ujung fitting berulir)
4. *Bolted Flange* (sambungan ujung dengan lens dan baut)



Gambar 2.12 *Fitting* (G. Kristianto, 2013).

a. *Butt-Welding Elbow*

Butt-Welding Elbow berfungsi untuk mengubah dan meningkatkan aliran fluida jalur perpipaan. *Butt-Welding Elbow* dapat dilihat pada Gambar 2.13.

Berdasarkan sudut pembelokannya, *elbow* dibagi menjadi:

- *Elbow 45°*
- *Elbow 90°*

- *Elbow 180°*

Untuk sudut pembelokan 180°, *elbow* dikenal dengan nama *return*, biasanya digunakan untuk koil pemanas dan *vent* pada tangki. Berdasarkan radius, *elbow* diklasifikasikan menjadi (E Kurniawan, 2013):

- *Long Radius* merupakan radius dari *centerline elbow* sebesar: 1.5 NPS (*Nominal Pipe Size*). Untuk *elbow* dengan NPS 3/4" dan yang lebih besar.
- *Short Radius* merupakan radius dari *centerline elbow* sebesar 1.0 NPS (*Nominal Pipe Size*). Berdasarkan ada tidaknya pengecilan diameter, *elbow* diklasifikasikan menjadi:
 - *Straight Elbow* (tidak ada pengecilan diameter)
 - *Reducing Elbow* (ada pengecilan diameter)



Gambar 2.13 *Butt Weded Elbow* (E. Kurniawan, 2013)

b. *Bend*

Bend (bengkok) merupakan *elbow* yang terbuat dari pipa lurus yang dibengkokkan sehingga ketebalan dinding *bend* pada bagian belokan. Penipisan ini menyebabkan tekanan operasional dan ukuran yang sama, *elbow* lebih kuat dari *bend*. *Bend Elbow* dapat dilihat pada Gambar 2.14.

Berdasarkan radius bending, *Bend* dibedakan menjadi (G. Kristianto, 2013):

- *Bend 3R* (3xNPS).
- *Bend 5R* (5xNPS).

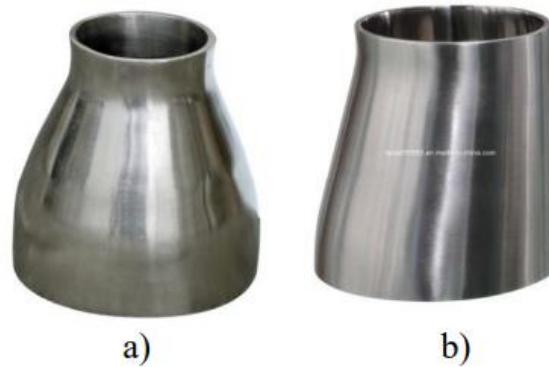


Gambar 2.14 *Bend Elbow* (G. Kristianto, 2013)

c. *Butt-Welding Reducer*

Reducer berfungsi untuk pengecilan dan pembesaran jalur pipa. Berdasarkan garis sumbunya, *reducer* dibedakan menjadi *reducer* 2 jenis (G. Kristianto, 2013):

- *Concentric* (sesumbu).
- *Eccentric* (jarak antar sumbu atau *offset* = $0.5 (Id_{max} - Id_{min})$).



Gambar 2.15 a) *Concentric reducer* b) *Eccentric reducer* (G. Kristianto, 2013)

d. *Butt-Welding Swage*

Swage menghubungkan pipa dengan berbagai diameter. *Swage* digunakan pada pipa NPS kecil (2" ke bawah). Jenis sambungan ujung adalah *socket-welded* dan *screwed (threaded)*. *Reducer* dapat dimasukkan jika perubahan diameternya besar. *Swage* dibedakan menjadi (E. Kurniawan, 2013):

- Jenis *Concentric*
- Jenis *Eccentric*
- Jenis *Venture* (aliran menjadi lebih halus atau *smooth*).

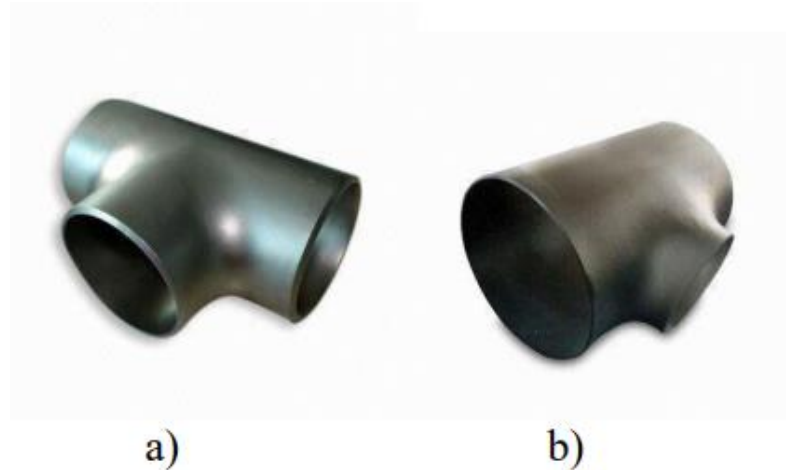


Gambar 2.16 *Butt-Welding Swage* (G. Kristianto, 2013)

e. *Tee*

Tee digunakan untuk percabangan 90°. Berdasarkan ukuran diameter cabang dibandingkan dengan diameter pipa utama. *tee* dapat diklasifikasikan menjadi (G. Kristianto, 2013):

- *Straight tee* dimana ukuran cabang = ukuran pipa *header*, Misal: Tee 6x6x6.
- *Reducing Tee* dimana ukuran pipa tidak sama dengan ukuran pipa *header*, Misal: Red Tee 6x6x4.



Gambar 2. 17 a) *Straight tee* b) *Reducing tee* (G. Kristianto,2013)

2.4.3.4 *Valve*

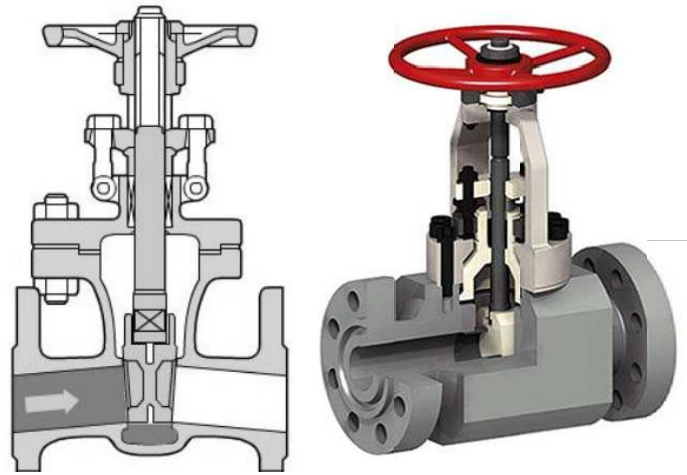
Valve (katup) adalah suatu perangkat mekanis yang digunakan untuk mengatur aliran fluida (baik gas, cairan, atau campuran keduanya) dalam sebuah sistem pipa atau saluran. Fungsi utama *valve* adalah mengontrol aliran fluida dengan cara membuka, menutup, atau mengatur sejauh mana aliran fluida tersebut dapat mengalir melalui pipa. Proses membuka, menutup, atau menutup sebagian dari jalur aliran cairan tersebut dapat terjadi (Putra et al., 2014).

Pemilihan jenis *valve* bergantung pada:

- Jenis fluida yang mengalir
- Jumlah aliran
- Tujuan/fungsi valvenya

Macam-macam *valve*:

1) *Gate Valve*



Gambar 2.18 Gate Valve (Putra et al, 2014)

Gate Valve adalah jenis valve yang paling umum digunakan dalam sistem perpipaan. Valve gate tidak dirancang untuk mengatur aliran fluida yang besar atau kecil dengan membuka setengah atau seperempat dari posisinya. Akibatnya, posisi gate pada valve ini harus tertutup penuh (*full closed*) atau terbuka penuh (*full open*). Turbulensi aliran akan terjadi jika posisi gate setengah terbuka (Putra et al., 2014).

Dan turbulensi ini akan menyebabkan:

- a. Sudut-sudut gate akan terjadi pengikisan.
- b. Laju aliran fluida yang disebabkan oleh turbulensi ini dapat mengikis sudut-sudut gate, yang dapat menyebabkan kerusakan dan akhirnya menghentikan valve untuk berfungsi secara penuh.
- c. Laju aliran fluida yg turbulensi ini dapat mengikis sudut-sudut *gate* yang dapat menyebabkan erosi dan pada akhirnya *valve* tidak dapat bekerja secara sempurna.
- d. Terjadi perubahan pada posisi dudukan gerbang penutupnya.
- e. Gerbang penutup akan mengayun terhadap posisi dudukan selama beberapa waktu, sehingga keamanan posisinya berubah terhadap dudukan. Akibatnya, apabila valve ditutup, gerbang penutupnya mungkin tidak berada pada posisi yang tepat, yang dapat menyebabkan *passing*.

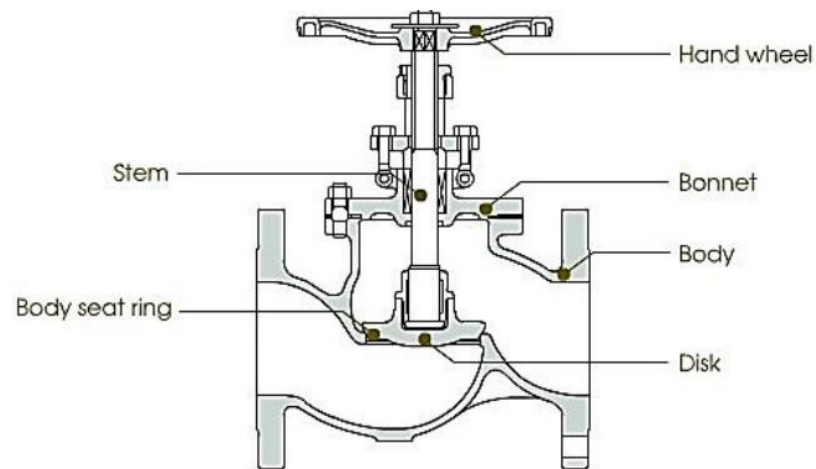
Keuntungan menggunakan *Gate Valve*:

- a. *Low pressure drop* waktu buka penuh
- b. Waktu penutupan penuh yang sangat ketat dan cukup baik
- c. Tidak ada kontaminasi
- d. Berfungsi sebagai gerbang penutupan penuh, sehingga tidak ada tekanan lagi Sangat cocok untuk perbaikan atau perawatan pipa.

Kerugian menggunakan *Gate Valve*:

- a. Tidak disarankan untuk digunakan selama separuh buka karena turbulensi dapat menyebabkan erosi dan perubahan posisi gate pada dudukan.
- b. Untuk membuka dan menutup valve diperlukan waktu yang lama dan torsi/torque yang tinggi.
- c. Tidak cocok dipakai untuk separuh buka, karena akan menimbulkan turbulensi sehingga bisa mengakibatkan erosi dan perubahan posisi *gate* pada dudukan.
- d. Untuk ukuran 10" ke atas tidak cocok dipakai untuk *steam*.

2) *Globe Valve*



Gambar 2.19 *Globe Valve* (Putra et al, 2014)

Globe Valve mengontrol laju aliran fluida dalam pipa tanpa menimbulkan turbulensi. Gerakan disk tegak lurus dari dudukannya adalah prinsip dasar pengoperasian *Globe Valve*. Ini memastikan bahwa ruang berbentuk cincin antara disk dan cincin kursi secara bertahap ditutup sedekat Valve. Jenis valve ini sangat cocok untuk sistem instalasi air tawar (Putra et al., 2014).

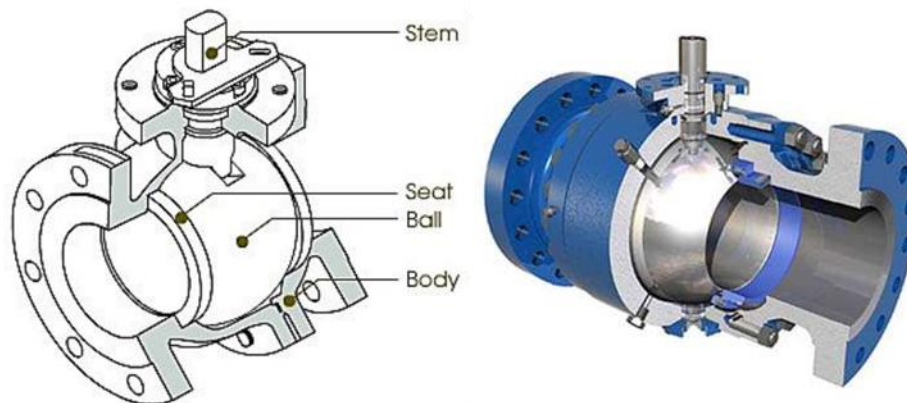
Keuntungan menggunakan *Globe valve* adalah:

- a. Kemampuan untuk menutup dengan baik.
- b. Kemampuan untuk mengontrol kecepatan aliran cukup baik.

Kerugian utama penggunaan *Globe Valve* adalah:

- a. Tekanan yang lebih rendah daripada *Gate Valve*.
- b. Untuk berfungsi dengan baik, pipa berukuran besar membutuhkan daya atau aktuator yang lebih besar.

3) *Ball Valve*



Gambar 2.20 *Ball Valve* (Putra et al, 2014)

Ball Valve adalah katup atau valve dengan kontrol aliran berbentuk disc bulat. Bola memiliki lubang di tengahnya, sehingga aliran terjadi ketika lubang lurus atau segaris dengan kedua ujung katup. Tetapi ketika katup tertutup, lubang berada tegak lurus di ujungnya, menyebabkan aliran tersumbat atau tertutup. Valve ini biasanya digunakan dalam sistem yang memiliki saluran bahan bakar dipasang. *Ball Valve* banyak digunakan karena mudah diperbaiki dan dapat menahan tekanan dan suhu tinggi. Bergantung pada bahannya, *Ball Valve* dapat menahan tekanan hingga 10.000 Psi dan dengan suhu sekitar 200°C. *Ball Valve* banyak digunakan dalam aplikasi industri karena sangat serbaguna dan dapat menahan tekanan hingga 1000 bar dan suhu hingga 482 ° F (250 ° C). *Ball Valve* berkisaran dari 0,2-11,81 inci (0,5 cm hingga 30 cm). *Ball Valve* dapat terbuat dari logam, plastik atau pun dari bahan keramik. Bolanya sering dilapisi *chrome* untuk membuatnya lebih tahan lama (Putra et al, 2014).

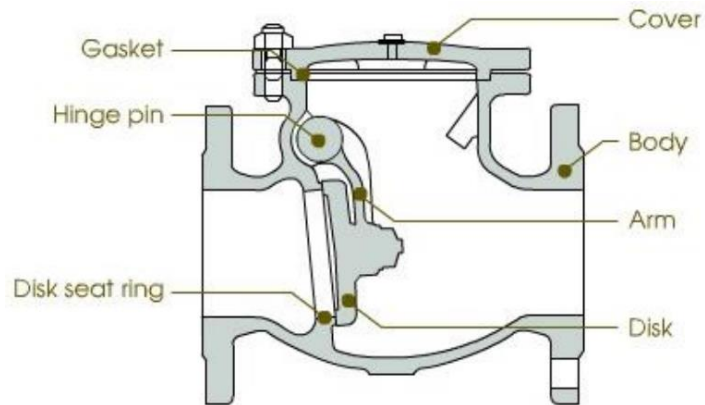
Keuntungan menggunakan *Ball Valve* adalah:

- *A very low pressure drop/* Kehilangan tekanan yang sangat rendah,
- *Low leakage/bocor* yang rendah,
- *Small in size dan ball valve* yang beratnya ringan jika dibandingkan dengan *valve* sejenis lainnya.
- Mudah dibuka dan tidak mudah terkontaminasi.

Kerugian utama penggunaan *Ball Valve* adalah:

- Gesekan antara *ball* dan *seat* dapat menyebabkan kerusakan *seat*.
- Pembukaan *handle* yang cepat dapat menyebabkan tekanan yang besar pada sistem, menyebabkan *water hammer* atau palu air. Ini dapat merusak sistem, sambungan, dan dinding pipa.

4) *Swing Check Valve*



Gambar 2.21 *Swing Check Valve* (Putra et al, 2014)

Swing Check Valve terdiri dari sebuah *disk* seukuran pipa yang digunakan dan dibuat untuk digantung di bagian atas poros juga dikenal sebagai *hinge pin*. *Disk* akan terdorong oleh tekanan saat aliran maju atau ke depan terjadi, yang memungkinkan fluida mengalir ke saluran *outlet*. Sebaliknya, tekanan fluida akan mendorong disk rapat sehingga tidak ada aliran balik atau aliran balik. Disk lebih dekat ke posisinya dengan tekanan dinamis yang lebih tinggi. *Valve* ini cocok untuk pipa dan sistem instalasi pipa *sanitary & sewage* (Putra et al, 2014).

Keuntungan menggunakan *Swing Check Valve* adalah:

- a) *Low pressure drop* / kehilangantekanan sangat rendah, *cost* nya murah.
- b) Untuk mencegah aliran balik (*backflow*) pada sistem pipa. Ketika aliran fluida berhenti atau berbalik arah, piringan (*disc*) pada valve akan terbuka dan memungkinkan aliran melalui, sedangkan saat aliran normal berlangsung, piringan akan tertutup dan mencegah aliran balik yang tidak diinginkan.
- c) Membutuhkan tekanan yang relatif rendah untuk membuka dan menutup. Hal ini berarti valve dapat berfungsi efektif bahkan dalam kondisi tekanan yang lebih rendah, sehingga dapat menghemat energi dan mengurangi beban pada sistem pipa.

Kerugian utama penggunaan *Swing Check Valve* adalah:

- a) Potensi untuk terjadinya water hammer
- b) Batasan pada laju aliran
- c) Kelebihan tekanan jangka pendek
- d) Ukuran dan berat yang lebih besar
- e) Kebocoran amat tinggi dan aliran rendah karena terganggu dengan adanya hambatan.

2.5 Hidrotes

2.5.1 Pengertian Hidrotes

Hydrotest atau singkatan dari *Hydrostatic test* adalah pengujian dengan tekanan tertentu dengan menggunakan media air sebagai pengujinya untuk mengetahui kekuatan suatu material dan untuk mengetahui apakah terdapat kebocoran atau tidak merujuk pada nilai MAOP (*Maximum Allowable Operating Pressure*) (Fatoni et al, 2021). Besaran nilai tekanan dalam pengujian ini adalah sebesar 1,3 – 1,5 MAOP (*Process Piping: ASME B 31.3, 2004*).

2.5.2 Standar yang digunakan dalam pengujian Hidrotes

Dalam pengujian hidrotes pipa penyalur gas bawah laut, beberapa standar yang umumnya digunakan adalah sebagai berikut:

- DNV-OS-F101: Standar ini diterbitkan oleh *Det Norske Veritas* (DNV) dan mengatur desain, konstruksi, pengujian, operasi, dan perawatan sistem pipa bawah laut. DNV-OS-F101 mencakup persyaratan umum untuk pengujian hidrotes pipa penyalur gas bawah laut.
- ASME B31.8: Standar ini diterbitkan oleh *American Society of Mechanical Engineers* (ASME) dan mencakup persyaratan untuk desain, konstruksi, pengujian, operasi, dan perawatan sistem pipa penyalur gas. ASME B31.8 berlaku untuk sistem pipa penyalur gas yang termasuk pipa bawah laut.
- API RP 1110: Dokumen Rekomendasi Praktek *American Petroleum Institute* (API) ini memberikan panduan untuk pengujian hidrotes sistem pipa penyalur gas. Meskipun tidak secara khusus berkaitan dengan pipa bawah laut, beberapa persyaratan dan prinsip yang diberikan dalam API RP 1110 dapat diterapkan dalam pengujian hidrotes pipa penyalur gas bawah laut.

2.5.3 Prosedur Hidrotes

Berikut ada beberapa prosedur yang harus dilakukan dalam hidrotes yaitu:

1. Memastikan bahwa semua pekerjaan sistem perpipaan telah selesai dengan baik sebelum pengujian dimulai.
2. Membentuk tim pengujian sebagai penanggung jawab tugas atau *performing authority*. Semua anggota tim harus benar-benar mengerti dan menguasai proses pengujian tes *hydro*, termasuk SOP dan prosedur keselamatannya.

3. Menyiapkan semua peralatan yang dibutuhkan agar pengujian selesai tepat waktu.
4. Memastikan bahwa prosedur pengujian sesuai dengan PTW (*Permit to works*), TRA (*Task Risk Assessment*) dan HIT (*Hazzard Identification*) dan yang tak kalah penting sudah disahkan oleh penanggung jawab pengujian tersebut.
5. Memasang barikade dengan jarak minimal 3 meter dari lokasi pengujian. Melakukan pemasangan tanda-tanda atau rambu bahwa sedang dilakukan pengujian pipa.
6. Melakukan *tool box meeting* sebelum melaksanakan pekerjaan.
7. Semua pekerja yang terlibat dalam hidrotres ini harus menggunakan APD (Alat Pelindung Diri).
8. Menyiapkan Hidrotres Package merupakan kumpulan dokumen yang memuat panduan dan keterangan dari proses penyelesaian jalur yang akan dilakukan pengujian. Hidrotres *Package* ini memuat: Nomor Tes Paket, penandaan pada gambar *isometric*, penandaan pada *drawing*, Lembaran *Summary welding* seperti hasil NDT, RT, MT, dan ITR (*Inspection and Test record*).

2.5.4 Prosedur Pelaksanaan Hidrotres

Prosedur pelaksanaan hidrotres dapat dilakukan dengan:

1. Pemberian tekanan

Pemberian tekanan dilakukan dengan meningkatkan tekanan air pada *spool* penghubung yang terhubung. Pemberian tekanan dilakukan dengan tiga tahap:

Tahap 1:

Tekanan meningkat (1.523 psi) atau 35% dari tekanan uji, Setelah tekanan tercapai, hentikan tekanan dan tahan lima belas menit dan periksa pipa jika ada kebocoran.

Tahap 2:

Setelah 15 menit stabilisasi pada 35% tekanan uji, tingkatkan tekanan hingga (3.045 psi) atau 70%, Setelah itu tekanan hingga mencapai tahap tekanan 70%, hentikan tekanan dan tahan tekanan 15 menit dan periksa pipa jika ada kebocoran.

Tahap 3:

Setelah 15 menit stabilisasi pada 70% tekanan uji, tekan tekanan hingga (4.350 psi) atau 100%, Setelah itu tekanan mencapai 100%, tahan tekanan minimal 2 jam, dan periksa pipa jika ada kebocoran. Selama

tekanan ditahan selama 2 jam, pengujian harus dilindungi dengan baik terhadap radiasi matahari, hujan dan angin.

2. Selama pengujian, pengukuran berikut akan dilakukan:
 - a. Setiap 15 Menit, suhu sekitar di permukaan dan suhu pipa dari sumur termo akan dicatat.
 - b. Setiap setengah jam, tekanan barometrik harus dicatat
3. Pelepasan Tekanan
 - a. Baca pengukur tekanan, thermometer, pengukur bobot mati, dll.
 - b. Periksa hasilnya dan setelah semua pihak menerima, kurangi tekanan hingga 70% dari tekanan akhir dan tahan selama 15 menit.
 - c. Kemudian turunkan tekanan mencapai tahap tekanan 35%, hentikan penurunan tekanan dan tahan 15 menit. Jika waktu menahan tekanan 35% telah selesai, buang habis tekanan sampai bebas dari tekanan.
4. Pengeringan

Setelah menyelesaikan uji hidrostatis, Kontraktor harus menguras pipa dengan benar. Cairan uji harus dikeluarkan (dalam persetujuan dengan orang yang berwenang).

2.5.5 Alat dan Bahan Uji Hidrotes

Dalam pengujian hidrotes ada beberapa alat yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 1 sebagai berikut:

Tabel 1. Alat Hidrotes Pipa Penyalur Gas Bawah Laut

No	Nama Alat
1	<i>Haskell Pump</i>
2	<i>Hand Pressure Pump</i>
3	<i>Electric Air Compressor</i>
4	<i>Pressure Gauge 0 – 10.000 Psi</i>
5	<i>Pressure & Temp. Recorder 0 – 10.000 psi</i>
6	<i>Temperature Gauge 0° - 100°C</i>
7	<i>Dead Weight Tester 0 – 10000 psi</i>
8	<i>Manifold</i>
9	<i>PSV (Pressure Safety Valve)</i>

2.5.6 Persyaratan Umum Uji Tekanan

Dalam pengujian hidrotes ada beberapa persyaratan umum yang harus dipenuhi sebelum dilakukan pengujian berdasarkan standar perusahaan yang digunakan diantaranya:

1. Peralatan untuk pengujian harus sesuai dengan kebutuhan perusahaan dan peralatan harus tersedia sebelum memulai pengujian

2. Hasil keakuratan alat pengukur dan peralatan uji harus bersertifikat dan diserahkan kepada *owner* sebelum dilakukan pengujian.
3. Peralatan dan bahan harus disediakan
 - a. Pompa atau pompa pengisi, isian harus disegel untuk mencegah udara masuk dan harus ada pompa cadangan.
 - b. Selang hisap harus memiliki filter dengan saringan 50 *mesh*.
 - c. Pompa berkecepatan variabel positif yang dilengkapi dengan penghitung langkah untuk menekan pipa dengan volume yang diketahui dalam satu langkah dan mampu melebihi tekanan uji tidak kurang dari 20 bar (280 psi).
 - d. Pasokan air murni secara terus-menerus ke pompa selama pengisian dan penyesuaian tekanan akhir.
 - e. Empat pengukur *bourdon* dengan rentang tekanan 1,5 hingga 4 kali pengujian.
 - f. Uji sertifikat kalibrasi tidak boleh lebih dari 6 bulan.
 - g. *Dead Weight Tester* dengan akurasi 0,1 persen bar mengukur dalam peningkatan 0,05 Bar, dilengkapi dengan sertifikat kalibrasi tidak lebih dari 6 bulan.

2.5.7 Udara Terperangkap Pada Pengujian Hidrotes Pipa Penyalur

Udara terperangkap dalam pipa penyalur merupakan suatu kondisi dimana air pada pengujian hidrotes yang dimasukkan kedalam pipa terhalang masuk kedalam saluran pipa dikarenakan adanya udara yang memenuhi pipa. Pada kondisi ini akan semakin parah bilamana saluran pada pipa sangat panjang.

Penyebab udara terperangkap pada pipa:

- Udara masuk secara perlahan dari aliran air. Kondisinya ini biasanya tidak terjadi seketika. Melainkan butuh proses yang cukup lama sampai akhirnya udara memenuhi rongga pipa.
- Terdapat kebocoran pipa di sepanjang instalasi. Meskipun kebocorannya kecil, ini bisa menjadi biang masalah. Udara bisa memasuki lubang kecil tersebut sehingga membuat pipa penuh dengan angin.
- Adanya rongga kecil pada sambungan. Ini bermula dari teknik penyambungan yang kurang pas. Hal inilah yang membuat udara masuk dan menimbulkan penumpukan udara di dalamnya.

2.6 Rekapitulasi Perhitungan Hidrotes Pipa Penyalur

Perhitungan kebutuhan volume air pada proses pengujian hidrotes

1. Perhitungan volume air yang dibutuhkan untuk mengisi pipa

Setelah mengikuti prosedur pengujian *hydrotest*, volume air yang dibutuhkan untuk mengisi pipa dapat dihitung dengan rumus berikut (McAllister, 2022):

$$V = L \times \frac{(3.14 \times \frac{d^2}{4}) \times 12}{231}$$

$$V = 0,0408 \times d^2 \times L \quad (2.1)$$

Dimana:

L : Panjang pipa yang diuji (km)

V : Volume yang dibutuhkan untuk mengisi bahan uji pada saat 0 Psig

d : Diameter dalam pipa (inch)

2. Perhitungan volume air yang dibutuhkan pada tekanan pipa

$$V_{tp} = V \times F_{wp} \times F_{pp} \times F_{pwt} \quad (2.2)$$

Dimana:

a. Faktor untuk mengoreksi kompresibilitas air karena peningkatan tekanan dari 0 psig ke tekanan uji psig

$$F_{wp} = 1/[1 - (4,5 \times 10^{-5}) \times (P \times 14,73)] \quad (2.3)$$

b. Faktor untuk mengoreksi perubahan volume dalam pipa karena peningkatan tekanan dari 0 psig untuk menguji tekanan (P), psig.

$$F_{pp} = 1 + \left[\left(\frac{D}{t} \right) \times \left(0,91 \frac{P}{30 \times 10^6} \right) \right] \quad (2.4)$$

c. Faktor untuk mengoreksi perubahan volume air dan volume pipa karena perubahan suhu pipa dan air dari dasar 60 ° F ke pipa dan suhu uji air (T -°F).

$$F_{pwt} = \frac{F_{pt}}{F_{wt}} \quad (2.5)$$

Dimana:

$$F_{pt} = 1 + [(T - 60) \times 18,2 \times 10^{-6}] \quad (2.6)$$

F_{wt} : Faktor untuk mengoreksi perubahan termal secara spesifik volume air dari 60 ° F untuk menguji suhu air. Mengacu pada Tabel 1.

F_{wt} – faktor untuk mengoreksi perubahan termal dalam volume spesifik air dari 60 °F ke suhu air uji

Keterangan:

P : Tekanan uji (psig)

D : Diameter luar pipa (Inch)

t : Ketebalan dinding pipa (Inch)

T : Suhu Pipa (°F)

- V_{tp} : Volume dalam pipa pada tekanan uji (P) dan suhu (T-F°).
- F_{wp} : Faktor untuk mengoreksi kompresibilitas air karena peningkatan tekanan dari 0 psig ke tekanan uji (P), Psig.
- F_{pp} : Faktor untuk mengoreksi perubahan volume dalam pipa karena peningkatan tekanan dari 0 psig untuk menguji tekanan (P), psig.
- F_{pwt} : Faktor untuk mengoreksi perubahan volume air dan volume pipa karena perubahan suhu pipa dan air dari dasar 60 ° F ke pipa dan suhu uji air (T -°F).
- F_{pt} : Faktor untuk mengoreksi perubahan volume pipa karena untuk ekspansi termal pipa dari suhu dasar 60 °F.
- F_{wt} : Faktor untuk mengoreksi perubahan termal secara spesifik volume air dari 60 °F untuk menguji suhu air.

Table 2. Fwt – faktor untuk mengoreksi perubahan termal dalam volume spesifik air dari 60 °F ke suhu air uji

Temp (°F)	F _{wt}	Temp (°F)	F _{wt}
35	0.09990777	70	1.0010364
36	0.09990590	71	1.0011696
37	0.09990458	72	1.0012832
38	0.09990375	73	1.0014229
39	0.09990340	74	1.0015420
40	0.09990357	75	1.0016883
41	0.09990421	76	1.0018130
42	0.09990536	77	1.0019657
43	0.09990694	78	1.0021222
44	0.09990903	79	1.0022552
45	0.09991150	80	1.0024178
46	0.09991451	81	1.0025561
47	0.09991791	82	1.0027251
48	0.09992168	83	1.0028684
49	0.09992599	84	1.0030435
50	0.09993061	85	1.0031919
51	0.09993615	86	1.0033730
52	0.09994112	87	1.0035573
53	0.09994715	88	1.0037133
54	0.09995322	89	1.0039034
55	0.09996046	90	1.0040642
56	0.09996683	91	1.0042601
57	0.09997488	92	1.0044357
58	0.09998191	93	1.0046271
59	0.09999074	94	1.0047972
60	1.0000000	95	1.0050043
61	1.0000803	96	1.0052142
62	1.0001805	97	1.0053915
63	1.0002671	98	1.0056067
64	1.0003746	99	1.0057884
65	1.0004674	100	1.0060090
66	1.0005823	101	1.0061949
67	1.0006811	102	1.0064207
68	1.0008031	103	1.0066108
69	1.0009290	104	1.0068417

Sumber: Pipeline Rules of Thumb Handbook

3. Perhitungan Udara Terperangkap Pipa Pada Saat Pengujian Hidrotes

Perhitungan udara terperangkap menggunakan Hukum Boyle. Hukum Boyle merupakan hukum fisika yang membahas tentang bagaimana hubungan antara tekanan dan volume suatu gas. Penemu hukum Boyle adalah Robert Boyle (1627-1691), dia mengadakan suatu penelitian agar mengetahui keterkaitan antara tekanan dengan volume gas pada suhu yang konstan. Dari penelitiannya tersebut, Robert Boyle mendapatkan bahwa hasil kali tekanan dan volume gas didalam ruangan tertutup adalah tetap atau konstan.

Dari hukum Boyle tersebut memiliki arti bahwa hasil kali tekanan dan volume gas didalam ruang yang tertutup adalah konstan (tetap) dengan syarat suhu gas tetap. Pernyataan diatas apabila dituliskan dalam rumus, yaitu:

$$P \cdot V = C \quad (2.7)$$

Yang mana C merupakan bilangan tetap (konstanta). Jika tekanan diubah maka volume gas akan berubah juga, maka rumus diatas dapat ditulis sebagai berikut:

$$P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2 \quad (2.8)$$

Dengan ketentuan:

P_1 = Tekanan gas mula-mula (N/m^2)

P_2 = Tekanan gas akhir (N/m^2)

V_1 = Volume gas mula-mula (m^3)

V_2 = Volume gas akhir (m^3)

Hukum Boyle hanya bisa berlaku pada kondisi: Suhu gas tetap atau konstan, gas ada didalam ruangan tertutup, tidak adanya reaksi kimia dan tidak adanya perubahan wujud gas. Dalam Hal ini Persamaan yang digunakan untuk menghitung udara yang terperangkap pada pipa adalah:

$$V_1 = V + V_{tp} \quad (2.9)$$

$$V_{tp} = V_{pc} (V_1 + V_2) \quad (2.10)$$

Dimana:

V_1 = Total Kebutuhan Volume air pada pengujian Hidrotes (Liter)

V_2 = Volume Akumulasi (Liter)

V_{pc} = Volume *Plotted Chart* (Liter)

V_{tp} = Persentase volume udara yang terperangkap pada pengujian hidrotes (%)

Kriteria penerimaan udara yang terperangkap tidak boleh $\geq 0,2\%$ dari seluruh volume air yang diisi di saluran yang diuji (Gray JC, 1976).