TUGAS AKHIR

ANALISA TEGANGAN SISTEM PERPIPAAN MINYAK DARI SUMUR A KE *MANIFOLD* SUMUR PADA PT. SARANA PEMBANGUNAN RIAU (SPR) LANGGAK MENGGUNAKAN *SOFTWARE CAESAR II 2019*

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada Program Studi Teknik Mesin Universitas Islam Riau

Disusun Oleh:

ALI AFDIL

16.331.0713

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS ISLAM RIAU

PEKANBARU

2021

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

ANALISA TEGANGAN SISTEM PERPIPAAN MINYAK DARI SUMUR A KE *MANIFOLD* SUMUR PADA PT. SARANA PEMBANGUNAN RIAU (SPR) LANGGAK MENGGUNAKAN *SOFTWARE CAESAR II 2019*

Ali Afdil, Syawaldi
[1]*Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Islam Riau*
Email: Aliafdil780@student.uir.ac.id

ABSTRAK

Sistem perpipaan adalah suatu sistem yang digunakan untuk transportasi fluida dari suatu tempat ke tempat yang lain sehingga proses produksi dapat berlangsung. Perlu dilakukan analisa pada sistem perpipaan untuk mengetahui apakah ada terjadi *overstress* yang membuat sistem perpipaan tidak aman. Dimana umur dari sistem perpipaan ini sudah cukup lama, maka perlu dihitung ulang kembali seperti nilai tegangan yang terjadi pada sistem perpipaan tersebut. Pada penelitian ini dilakukan dengan metode survey ke lapangan untuk mengumpulkan data-data sistem perpipaan yang kemudian dianalisa dengan menggunakan software CAESAR II 2019. Hasil yang diperoleh menunjukkan tegangan tertinggi berada pada node 100 dengan 5 *loadcase*. Pada *loadcase* 2 rasio tegangannya mencapai 97,4% dengan nilai tegangannya 134328,5 kPa, *loadcase* 4 rasio tegangannya 96.9% dengan nilai tegangan 133645,4 kPa, *loadcase* 6 rasio tegangan 97,4 % dengan nilai tegangan 134328,6 kPa, *loadcase* 7 rasio tegangan 97,4% dengan nilai tegangan 134328,5 kPa, *loadcase* 8 rasio tegangannya 96,9 dengan nilai tegangan 133645,4 kPa. Nilai tegangan tersebut dibandingkan dengan nilai batas tegangan izin berdasarkan standar ASME B31.3 yaitu 137892 kPa. Setelah dilakukan modifikasi terjadi penurunan tegangan pada node 100 pada *loadcase* 2 menjadi 7220,7 kPa dengan rasio 5,2%, pada *loadcase* 4 menjadi 6537,5 kPa dengan rasio 4,7%, pada *loadcase* 6 menjadi 7220,6 kPa dengan rasio 5,2%, pada *loadcase* 7 menjadi 4059,2 kPa dengan rasio 2,9%, pada *loadcase* 8 menjadi 3376,1 kPa dengan rasio 2,4%. Hasil menunjukkan tidak terjadi *overstrees* pada sistem perpipaan minyak dari sumur A ke *manifold* sumur. Hasil ini dapat dijadikan pertimbangan agar sistem perpipaan lebih aman dalam beroperasi.

Kata kunci: Sistem perpipaan, Tegangan pipa, ASME B31.3, *CAESAR II 2019*

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

STRESS ANALYSIS OF OIL PIPING SYSTEM FROM WELL A TO WELL MANIFOLD IN PT SARANA PEMBANGUNAN RIAU (SPR) LANGGAK USING SOFTWARE CAESAR II 2019

Ali Afdil[1*], Syawaldi[1]
[1]*Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Islam Riau*
*Email: Aliafdil780@student.uir.ac.id

ABSTRACT

The piping system is a system used for fluid transportation from one place to another so that the production process can take place. It is necessary to analyze the piping system to find out whether there is an overstress that makes the piping system unsafe. Where the age of the piping system is long enough, it is necessary to recalculate the value of the stress that occurs in the piping system. This research was conducted with a field survey method to collect data on the piping system which was then analyzed using the CAESAR II 2019 software. The results obtained show that the highest stress is at node 100 with 5 load cases. In loadcase 2 the stres ratio reaches 97.4% with a stress value of 134328.5 kPa, loadcase 4 has a stress ratio of 96.9% with a stress value of 133645.4 kPa, loadcase 6 has a stress ratio of 97.4% with a stress value of 134328.6 kPa, loadcase 7 97.4% stress ratio with a stress value of 134328.5 kPa, loadcase 8 stress ratio 96.9 with a stress value of 133645.4 kPa. The stress value is compared with the permit stress limit value based on the ASME B31.3 standard, namely 137892 kPa. After the modification, there was a decrease in the stress at node 100 at loadcase 2 to 7220.7 kPa with a ratio of 5.2%, at loadcase 4 to 6537.5 kPa with a ratio of 4.7%, at loadcase 6 to 7220.6 kPa with a ratio of 5,2%, in loadcase 7 it became 4059.2 kPa with a ratio of 2.9%, at loadcase 8 it became 3376.1 kPa with a ratio of 2.4%. The results show that there are no overstrees in the oil piping system from the well to the well manifold. These results can be taken into consideration so that the piping system is safer in operation.

Keyword: Piping System, Piping Stress, ASME B31.3, CAESAR II 2019

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

KATA PENGANTAR

Assalamu'allaikum Wr. Wb

Puji dan syukur kepada Allah SWT, atas segala limpahan rahmat dan karunia serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **"Analisa Tegangan Sistem Perpipaan Minyak Dari Sumur A ke *Manifold* Sumur Pada PT. Sarana Pembangunan Riau (SPR) Langgak Menggunakan *Software Caesar ii 2019*"** dengan baik sebagai syarat untuk mendapatkan gelar Strata 1 (S1) Teknik Mesin. Sholawat serta salam senantiasa selalu tersurahkan kepada baginda Rasulullah Muhammad SAW, yang mana telah membawa umatnya dari zaman kebodohan untuk mencapai titik pencerahan dalam kehidupan umat manusia serta sosok yang menjadi tauladan yang sempurna yang berorientasi kepada kemuliaan hidup dan keselamatan jiwa akhirat kelak.

Tugas akhir ini tidak akan terwujud tanpa adanya bantuan, dukungan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Untuk itu, dengan segala kerendahan hati penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orangtua penulis bapak Ali Munir dan ibunda Yulizar yang telah membesarkan dan mendidik penulis sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Dr. Eng. Muslim, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
3. Bapak Ir. Syawaldi, M.Sc. selaku Kepala Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Riau dan selaku Dosen Pembimbing dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

4. Bapak Dr. Dedikarni, ST., M.Sc dan ibuk Dr. Kurnia Hastuti, ST., MT selaku penguji Tugas Akhir ini.
5. Bapak Rafil Arizona, S.T., M.Eng selaku Sekretaris Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
6. Kepada seluruh dosen Program Studi Teknik Mesin yang telah menuangkan ilmunya kepada penulis.
7. Teman-teman seperjuangan teknik mesin yang sudah membantu penulis dalam menyelesaikan proposal tugas sarjana sampai dengan selesai dan memberikan semangat serta dukungan kepada penulis.

Akhir kata, dengan segala penuh harapan semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi para pembaca pada umumnya dan penulis sendiri khususnya. Penulis mengharapkan kritik dan saran yang dapat membantu menyempurnakan Tugas Akhir ini.

Wassalamualaikum, Wr. Wb.

Pekanbaru, 7 Juli 2021

Ali Afdil

163310713

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

DAFTAR ISI

ABSTRAK i

KATA PENGANTAR iii

DAFTAR ISI v

DAFTAR GAMBAR viii

DAFTAR TABEL x

BAB 1 PENDAHULUAN 1

1.1 Latar Belakang 1

1.2 Rumusan Masalah 2

1.3 Tujuan Penelitian 2

1.4 Manfaat Penelitian 3

1.5 Batasan Masalah 3

1.6 Sistematika Penulisan 4

BAB 2 LANDASAN TEORI 5

2.1 Sistem Perpipaan 5

a. ***Piping*** 6

b. ***Pipeline*** 6

2.2 Komponen Sistem Perpipaan 7

2.2.1 Pipa 8

2.2.2 ***Flange*** 17

2.2.3 ***Valve*** **(katup)** 18

2.2.4 **Sambungan** ***(fitting)*** 18

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

2.2.5 Gasket 19

2.2.6 *Support* 21

2.3 Code dan Standard Sstem Perpipaan 22

2.4 Jenis-Jenis Beban pada Sistem Perpipaan 23

2.4.1 Sustained loads 24

2.4.2 Occasional loads 25

2.4.3 Expansion loads 26

2.5 Tegangan Pada Sistem Perpipaan 26

2.5.1 Tegangan longitudinal *(longitudinal stress)* 27

2.5.2 Tegangan radial 29

2.5.3 Tegangan sirkumferensial *(Hoop Stress)* 30

2.5.4 Tegangan Geser *(shear stress)* 31

2.5.5 Tegangan berdasarkan kode desain 32

2.5.6 Flexibilitas Pipa 35

2.5.7* Jarak Penyangga pipa *(pipe support span) 36

2.6 Sumur Minyak 37

2.7 *Software CAESAR II 2019* 38

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN 39

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian 39

3.2 Diagram Alir Penelitian 39

3.3 Pengumpulan Data 41

3.4 Persiapan Pemodelan 41

3.5 Standar dan Kode yang digunakan 41

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

3.6 Data Pemodelan 42
3.6.1 Spesifikasi Material 42
3.6.2* Data *Speadsheet 43
3.6.3 Data Property 43
3.7 Penentuan *Loadcase* 44
3.8 Satuan Ukuran 44
3.9 Prosedur analisa menggunakan *Software CAESAR II 2019* 45
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN 50
4.1 Pemodelan Jalur Sistem Perpipaan 50
4.1.1 Pengecekan Kesalahan *(Error Checking)* 50
4.1.2 Visualisasi Pemodelan 52
4.2 Perhitungan Manual 55
4.2.1 Ketebalan Minimum (*Minimum Wall Thickness*) 55
4.2.2 Jarak Penyangga Pipa (*Pipe Support Span*) 56
4.2.3 Tegangan Pipa 58
4.3 Hasil Analisa Tegangan 62
4.4 Modifikasi Pada Sistem Perpipaan 65
4.4.1 Analisa Setelah Modifikasi 66
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN 71
5.1 KESIMPULAN 71
5.2 SARAN 72
DAFTAR PUSTAKA 73

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Sistem Perpipaan 5

Gambar 2.2 *Piping* 6

Gambar 2.3 *Pipeline* 7

Gambar 2.4 *Seamless Pipe* 8

Gambar 2.5 *Butt Welded Pipe* 9

Gambar 2.6 *Spiral Welded Pipe* 9

Gambar 2.7 Keterangan Ukuran Pipa 13

Gambar 2.8 *Flange* 17

Gambar 2.9 Valve 18

Gambar 2.10 Sambungan 19

Gambar 2.11 Gasket 21

Gambar 2.12 Support 22

Gambar 2.13 Gaya Aksial Pada Pipa 27

Gambar 2.14 Tegangan Dalam Pipa ke Segala Arah 28

Gambar 2.15 Tegangan Radial Dalam Pipa 30

Gambar 2.16 *Hoop Stress* 31

Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian 40

Gambar 3.2 Tampilan Awal *Caesar ii 2019* 46

Gambar 3.3 Pengaturan Satuan 46

Gambar 3.4 Pemilihan Material Pipa 47

Gambar 3.5 Penginputan Data 47

Gambar 3.6 *Error Checking* 48

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Gambar 3.7 Pemilihan *Loadcase* 48

Gambar 3.8 Hasil Analisa Tegangan 49

Gambar 4.1 *Checking Error*..... 50

Gambar 4.2 Titik Terjadi *Error* 51

Gambar 4.3 *Error Checking* Setelah Modifikasi 52

Gambar 4.4 Jalur Pipa Dari Sumur ke *Check Valve* 1 52

Gambar 4.5 Jalur Pipa Dari *Check Valve* 1 ke *Check Valve* 2..... 53

Gambar 4.6 Jalur Pipa Dari *Check Valve* 2 ke *Manifold* Sumur..... 54

Gambar 4.7 Pipa ke *Manifold* Tangki..... 54

Gambar 4.8 Titik Terjadinya Tegangan Tertinggi 64

Gambar 4.9 Penambahan *Support* Y+ pada Node 90 65

Gambar 4.10 Tegangan Pada Jalur Pipa Node 100 Setelah Modifikasi 66

Gambar 4.11 Tegangan Tertinggi Setelah Modifikasi..... 68

Gambar 4.12 Grafik Perbandingan Tegangan..... 70

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

DAFTAR TABEL

Table 2.1 Material Pipa dan Aplikasinya 10

Table 2.2 Material Pipa dan Komponen Pipa yang Umum Digunakan 11

Table 2.3 Tegangan Izin Berdasarkan ASME B31.3 12

Table 2.4 Ukuran Pipa NPS dan DN 14

Table 2.5 *Schedule* Pipa 16

Table 2.6 Siklus Termal Pada Pipa 35

Table 2.7 *Suggested Piping Support Spacing* (*maximum span*) 36

Table 2.8 *Gravity Steel Pipe Support Spacing* 37

Tabel 3.1 Tabel Ghart Chart 39

Table 3.2 Tabel Data Spesifikasi Material 42

Tabel 3.3 Data Properti Pada Pemodelan 43

Tabel 3.4 Jenis *loadcase* Pada pemodelan 44

Table 3.5 Satuan Pada Pemodelan 45

Tabel 4.1 Ketebalan Minimum Pipa 56

Tabel 4.2 Data Material Pipa 58

Tabel 4.3 Nilai Tegangan Ijin 58

Tabel 4.4 Nilai Tegangan Pipa 62

Tabel 4.5 Hasil Analisa Tegangan Tertinggi Pada Setiap *Loadcase* 63

Tabel 4.6 Hasil Analisa Tegangan Tertinggi Pada Setiap *Loadcase* Setelah Modifikasi 67

Tabel 4.7 Nilai Tegangan Tertinggi Sebelum dan Sesudah Modifikasi 69

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sistem perpipaan adalah suatu sistem yang kompleks yang digunakan untuk mengalirkan fluida, pada saat perancangannya banyak aspek-aspek yang perlu diperhatikan dan dipertimbangkan sehingga diperoleh suatu rancangan sistem perpipaan yang baik dan efisien (Mulyanto, 2015). Pada tugas akhir ini, sistem perpipaan yang diteliti ialah sistem perpipaan minyak mentah dari sumur A ke *manifold* sumur yang berada di PT Sarana Pembangunan Riau. Sumur A merupakan salah satu sumur minyak di PT Sarana pembangunan riau yang mulai beroperasi mulai tahun 1988. Pada sumur A ini menggunakan *electrical submersible pumps* (ESP) yang diletakkan di dalam tanah untuk medorong fluida ke *manifold* sumur.

Aplikasi system perpipaan banyak ditemukan pada semua jenis industry, baik itu system perpipaan tunggal maupun system perpipaan yang sangat kompleks. Salah satunya ialah system perpipaan minyak mentah pada PT SPR langgak. Proses ini mengalirkan minyak mentah (*crude oil)* dari sumur A ke *manifold* sumur.

Dalam mengalirkan minyak ke *manifold* sumur, akan mengakibatkan terjadinya kegagalan pada material yang diakibatkan oleh tegangan pada pipa. Tegangan pada pipa tersebut diakibatkan oleh beban dan faktor dari umur pipa. Untuk menghindari terjadinya kegagalan pada material perlu dilakukan analisa dan perhitungan ulang agar sistem perpipaan tersebut aman saat beroperasi. Pada penelitian ini mengacu pada penelitian yang telah dilakukan sebelumnya dengan judul "Perhitungan Tegangan Pipa Dari *Discharge* Kompresor Menuju *Air Cooler*

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Menggunakan *Software CAESAR II 5.10* Pada Proyek *Gas Lift Compresor Station"* oleh (Maulana, 2016). Pada penelitian sebelumnya analisa dilakukan pada pipa discharge yang bertekanan tinggi. Analisa tegangan yang dilakukan dengan cara perhitungan manual sulit dilakukan pada jalur pipa yang panjang, karna memerlukan waktu yang lama dan perhitungan yang rumit. Maka analisa tegangan dan perhitungan system perpipaan dilakukan dengan bantuan *software*. *Software* yang digunakan ialah *CAESAR II 2019* yang mana hasil dari data yang diinput akan dikalkulasikan dan dibandingkan nilai tegangan yang didapat dengan nilai batas tegangan izin *(allowable stress)* berdasarkan standar ASME B31.3.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana menganalisa tegangan yang terjadi pada system perpipaan?
2. Bagaimana menentukan titik tegangan tertinggi yang terjadi pada system perpipaan minyak dari sumur A ke *manifold* sumur?
3. Berapa besar nilai tegangan yang bekerja pada sistem perpipaan minyak dari sumur A ke *manifold* sumur?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mendapatkan metode yang sesuai dalam menganalisa tegangan yang terjadi pada system perpipaan.
2. Untuk mempermudah perhitungan tegangan yang terjadi pada jalur system perpipaan minyak dari sumur A ke *manifold* sumur.
3. Untuk memastikan aman atau tidaknya system perpipaan minyak dari sumur A ke *manifold* sumur.

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk meningkatkan kemampuan mahasiswa dalam menggunakan software untuk menganalisa tegangan sistem perpipaan terutama *software CAESAR II 2019.*
2. Sebagai bahan pembandingan untuk PT Sarana Pembangunan Riau (SPR) Langgak dalam melakukan *maintanance* pada sistem perpipaan tersebut.

1.5 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang akan dibahas pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Objek yang dianalisis hanya yang bekerja pada system perpipaan minyak dari sumur A ke *manifold* sumur.
2. Pipa yang digunakan sesuai dengan standar ASME B31.3.
3. Pemodelan system perpipaan menggunakan *software CEASAR II 2019.*
4. Tidak memperhitungankan masalah *pressure drop* yang terjadi pada system perpipaan minyak dari sumur A ke *manifold* sumur.
5. Analisa tegangan pipa hanya dilakukan dengan beban statik yang meliputi *empty weight* (berat tanpa fluida), *sustained loads* (beban sustain), *expansion loads* (beban ekspansi), *during operation* (selama sistem beroperasi).
6. Modifikasi yang dilakukan hanya sebatas menambah support pada lokasi tertentu.
7. Tidak menghitung pompa yang digunakan pada system perpipaan.

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

1.6 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan Proposal PenelitianTugas Akhir ini untuk memperoleh gambaran secara umum adalah sebagai berikut:

Bab I Pendahulan

Pada bagian pendahuluan berisi latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

Bab II Landasan Teori

Pada bab ini berisi tentang teori-teori yang berkaitan dengan penelitian yang difokuskan pada analisa tegangan pada system perpipaan

Bab III Metodologi Penelitian

Bab ini memberikan tentang tempat dan waktu pelaksanaan penelitian, diagram alir penelitian, pengumpulan data, persiapan pemodelan, dan data-data untuk pemodelan.

Bab IV Hasil dan Pembahasan

Pada bab ini berisikan tentang perhitungan, pembuatan model sistem perpipaan, hasil analisa, dan modifikasi jalur perpipaan

Bab V Penutup

Pada bab ini berisikan kesimpilan dan saran yang didapatkan dalam penelitian ini.

Daftar Pustaka

Lampiran

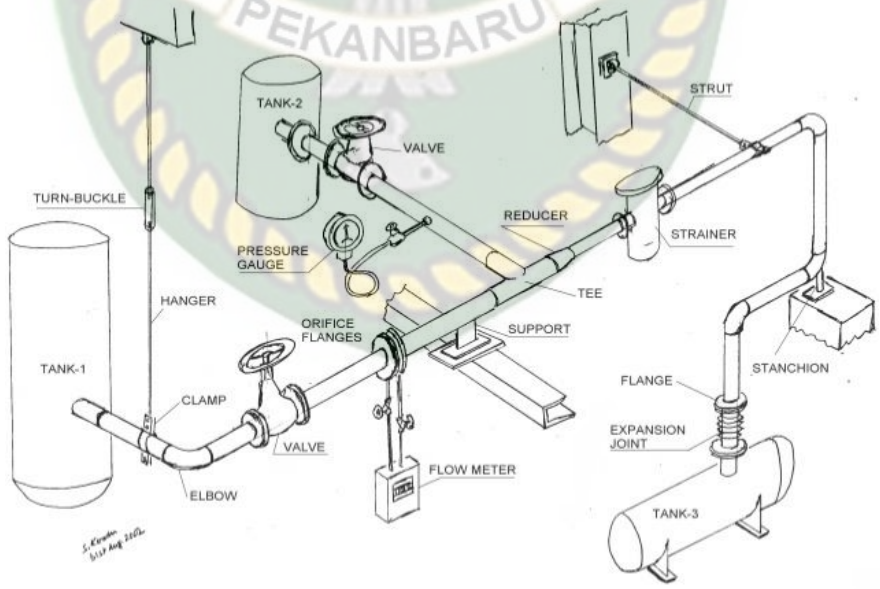
Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

BAB 2

LANDASAN TEORI

2.1 Sistem Perpipaan

System perpipaan adalah suatu sistem yang digunakan untuk transportasi fluida antar peralatan *(equipment)* dalam suatu pabrik atau dari suatu tempat ke tempat yang lain sehingga proses produksi dapat berlangsung (Swardika, 2014). Aplikasi system perpipaan dapat ditemukan di berbagai tempat pada semua jenis industry, mulai dari system perpipaan tunggal maupun system perpipaan bercabang yang sangat kompleks. Sistem perpipaan (piping system) secara umum terdiri dari komponen-komponen seperti pipa, katup, fitting (elbow, reducer, tee), flange, nozzle, penyangga pipa (pipe support dan pipe hanger) dan komponen khusus (strainer, drain, vent) seperti yang terlihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Sistem Perpipaan

(Sumber: Maulana, 2016)

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Dalam dunia industry khususnya bidang oil dan gas *plant*, system perpipaan dikenal dengan dua istilah yaitu *piping* dan *pipeline.*

a. Piping

Piping adalah system perpipaan yang digunakan untuk mengalirkan fluida dari satu atau beberapa peralatan pada suatu fasilitas pengolahan (Swardika, 2014). *Piping* sering disandingkan dengan *terminology process piping* yang diartikan sebagai system dari sebuah pemipaan yang mengangkut fluida untuk keperluan proses dalam suatu fasilitas. Contoh sistem perpipaan *piping* terlihat pada gambar 2.2



Gambar 2.2 *Piping*
(Sumber: Abdillah, 2014)

b. Pipeline

Pipeline adalah sebuah jaringan dari pipa fluida dari sumber yang dialirkan ke distributor. Pipeline biasanya dipasang dengan jarak yang sangat jauh yang menghubungkan satu fasilitas ke fasilitas lainnya (Swardika, 2014). Pipa yang digunakan dapat diletakkan di atas tanah (abouve ground), di dalam tahan (under ground), bahkan di dalam laut. Contoh sistem perpipaan *pipeline* terlihat pada gambar 2.3

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :



Gambar 2.3 *Pipeline*

(Sumber: Abdillah, 2014)

Contoh sistem perpipaan adalah sistem distribusi air bersih pada gedung atau kota, sistem pengangkutan minyak dari sumur ke tandon atau tangki penyimpanan, sistem distribusi udara pendingin pada suatu gedung, sistem distribusi uap pada proses pengeringan dan lain sebagainya (Swardika, 2014). Sistem perpipaan meliputi semua komponen dari lokasi awal sampai dengan lokasi tujuan, yaitu saringan (*strainer*), katup *(valve*), sambungan *(fitting), nozzle* dan lain sebagainya. Untuk sistem perpipaan yang menggunakan fluida cair umumnya dari lokasi awal fluida dipasang saringan untuk menyaring kotoran agar tidak menyumbat aliran fluida. Saringan *(strainer)* dilengkapi dengan katup searah *(foot valve)* yang berfungsi mencegah aliran kembali ke lokasi awal atau tandon. Sedangkan sambungan dapat berupa sambungan penampang tetap, sambungan penampang berubah, belokan *(elbow)* atau sambungan bentuk T *(tee)* dan masih banyak komponen-komponen yang digunakan dalam sistem perpipaan.

2.2 Komponen Sistem Perpipaan

Komponen perpipaan ini harus dibuat sesuai dengan spesifikasi, standar yang terdaftar dalam simbol dan kode yang telah dibuat atau dipilih pada

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

sebelumnya. Komponen-komponen perpipaan tersebut meliputi pipa, gasket, *flange*, sambungan (fitting), katup (valve), instrument, bagian khusus (*special items*), saringan *(strainer)*, penyangga pipi *(support pipe).*

2.2.1 Pipa

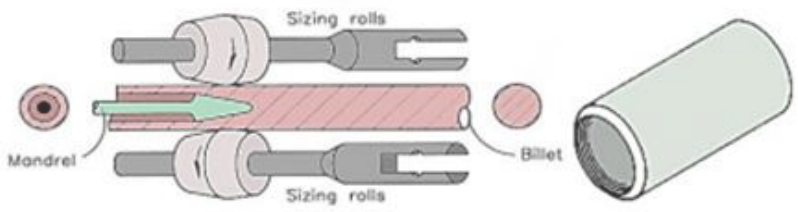
Pipa merupakan suatu komponen yang berbentuk silinder panjang yang berongga yang digunakan untuk mengalirkan fluida dari suatu tempat ke tempat yang lain (Abdillah, 2014). Perbedaan Antara pipa dan tabung ialah diameter kritikal yang digunakan untuk mendeskripsikan ukurannya. Untuk pipa, diameter internal digunakan untuk pengukuran standar ditambah dengan ketebalan dindingnya, sedangkan tabung diameter luarnya merupakan nilai yang digunakan untuk standar ukuran tabung.

A. Proses Pembuatan Pipa

Dalam proses pembuatannya, pipa dibuat dengan 3 cara yaitu

1. Pipa tanpa sambungan *(Seamless pipe)*

Pipa tanpa sambungan ini dibuat dengan cara menusuk batang baja yang mendekati suhu cair dengan menggunakan mandrel yang mana pipa ini tidak memiliki sambungan. Proses pembuatan pipa tanpa sambungan dapat dilihat pada gambar 2.4.

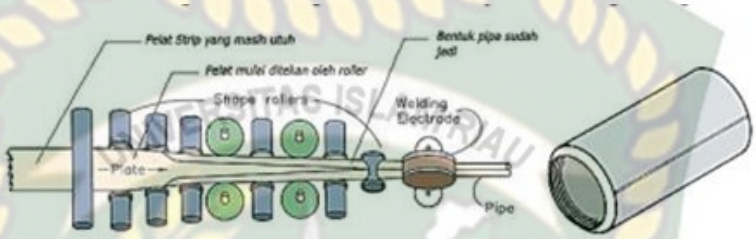


Gambar 2.4 *Seamless Pipe*
Sumber: Theprocesspiping.com

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

2. Pipa dilas *(butt-welded pipe atau straight welded pipe)*

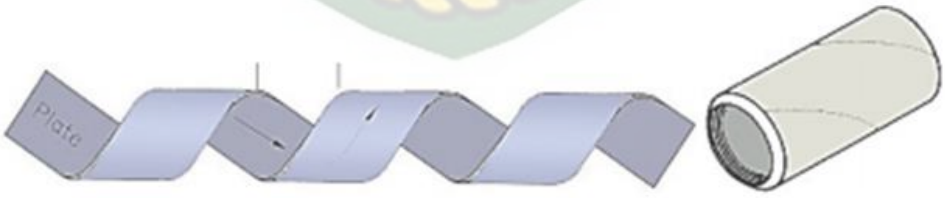
Pipa ini dibuat dengan cara memasukkan plat panas melalui pembentuk *(shaper, shape roller)* yang akan merolnya mejadi bentuk batangan pipa yang berlubang. Penekanan yang sangat kuat pada kedua sisi plat menghasilkan sambungan las seperti telihat pada gambar 2.5.



Gambar 2.5 *Butt-Welded Pipe*
Sumber: Theprocesspiping.com

3. Pipa las spiral *(spiral welding pipe)*

Pipa las spiral dibuat dengan cara memuntir *strip* logam (plat panjang dengan lebar sempit dan pita) dan menjadi bentuk spiral, kemudian dilas pada ujung-ujung sambungan satu dengan yang lainnya sehingga membentuk sebuah sambungan pada pipa. Pipa jenis ini jarang digunakan pada sistem perpipaan, karena jenis pipa ini biasanya digunakan pada tekanan rendah karena tebal pipa yang tipis. Proses pembuatan pipa las spiral dapat dilihat pada gambar 2.6



Gambar 2.6 *Spiral Welded Pipe*
(Sumber: Theprocesspiping.com

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

B. Material Pipa

Material material yang umum digunakan unyuk pipa Antara lain *carbon steel, carbon moly, galvanees, ferro nikel, stainless steel, PVC, chrome moly, viber glass, aluminium, wrought iron, copper, red brass, nickel copper, nikel chrom iron.*

Semua material yang digunakan didefinisikan oleh standar ASTM *(American Society for Testing and Material)* dan ASME *(American Society of Mechanical Engineer).* Ketentuan yang diatur oleh ASTM meliputi komposisi kimia, sifat mekanik, *finishing*, dan test yang diperlukan material. Spesifikasi yang diatur oleh ASME adalah identic dengan ASTM, tetapi ASME lebih ketat karena pemakain yang kritis dan biasanya diperlukan ASME stemp. Beberapa material pipa dan aplikasinya dapat dilihat pada tabel 2.1:

Tabel 2.1 Material Perpipaan dan Aplikasinya

No	Spesifikasi	Produk	*Range* NPS	Aplikasi
1	ASTM A-53	*Seamless / Welded*	1/8" – 26"	*Ordinary use in gas, air, oil, water, steam*
2	ASTM A-106	*Seamless*	1/8" – 48"	*High-temperature service (steam, water, gas, etc.)*
3	ASTM A-369	*Forged & Bored*	*Custom*	*High-temperature service*
4	ASTM A-335	*Seamless*	*Custom*	*High-temperature service*
5	ASTM A-333	*Seamless / Welded*	1/8" & *larger*	*Service requiring excellent fracture toughness at low temperature*
6	ASTM A-671	EFW *(Electric Fussion Welded)*	16" *and larger*	*Low-temperature service*
7	ASTM A-672	EFW *(Electric Fussion Welded)*	16" *and larger*	*Moderate-temperature service*
8	ASTM A-691	EFW *(Electric Fussion Welded)*	16" *and larger*	*High-temperature service*
9	ASTM A-312	*Seamless / Welded*	1/8" & *larger*	*Low to High-temperature and corrosive service*
10	API 5L	*Seamless / Welded*		*Line pipe, refinery, and transmission service*

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Beberapa material pipa dan komponen-komponen pipa yang umum digunakan sesuai standar kode ANSI B31.1, B31.3, dan B31.4 dapat dilihat pada tabel 2.2:

Tabel 2.2 Material Pipa dan Komponen pipa yang Umum Digunakan

No	*Commodity*	B31.1 (*Power Piping*)	B31.3 (*Process Piping*)	B31.4 (*Liquid Fuel Transp. Piping*)
1	*Pipe*	ASTM A 106	ASTM A 53 API 5L	ASTM A 53 API 5L API 5L X
2	*Pipe (Low Temp)*	ASTM A 333 Gr.6	ASTM A 333 Gr.6	ASTM A 333 Gr.6
3	*Pipe (High Temp)*	ASTM A 106	ASTM A 106	ASTM A 106
4	*Bolting*	ASTM A 193 B7	ASTM A 193 B7 ASTM A 320	ASTM A 193 B7 ASTM A 320
5	*Nut*	ASTM A 194 2H	ASTM A 194 2H	ASTM A 194 2H
6	*Fittings*	ASTM A 234 WPB	ASTM A 234 WPB	
7	*Fittings (Low Temp)*	ASTM A 420 WPL6	ASTM A 420 WPL6	ASTM A 420 WPL6
8	*Fittings (High Temp)*	ASTM A 234 WPB ASTM A 216 WCB	ASTM A 234 WPB ASTM A 216 WCB	ASTM A 234 WPB
9	*Flanges*	ASTM A 105 ASTM A 181 ASME B16.5	ASTM A 105 ASTM A 181 ASME B16.5	ASTM A 105 ASTM A 181 ASME B16.5
10	*Flanges (Low Temp)*	ASTM A 350 LF2 ASTM A 352 LCB	ASTM A 350 LF2 ASTM A 352 LCB	ASTM A 350 LF2
11	*Flanges (High Temp)*	ASTM A 105 ASTM A 181 ASTM A 216 WCB	ASTM A 105 ASTM A 181 ASTM A 216 WCB	ASTM A 105 ASTM A 216 WCB
12	*Valves*	ASTM A 105 ASME B16.34	ASTM A 105 API 600	API 6D API 600
13	*Valves (Low Temp)*	ASTM A 350 LF2 ASTM A 352 LCB	ASTM A 350 LF2 ASTM A 352 LCB	
14	*Valves (High Temp)*	ASTM A 216 WCB	ASTM A 216 WCB	

Pada tabel 2.2 terlihat material-material yang umum digunakan untuk pipa dan komponen dari sistem perpipaan. Material yang digunakan tergantung standar dari ASME B31.1 untuk *power piping*, ASME B31.3 untuk *process piping*, dan ASME B31.4 untuk *liquid fuel transportation piping*.

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Tegangan yang diizinkan untuk system perpipaan berdasarkan ASME B31.3 dapat dilihat pada table berikut:

Table 2.3 Tegangan Izin Berdasarkan ASME B31.3

Table A-1 Basic Allowable Stresses in Tension for Metals (Cont'd)

Numbers in Parentheses Refer to Notes for Appendix A Tables; Specifications Are ASTM Unless Otherwise Indicated

Material	Spec. No.	Type/ Grade	UNS No.	Class/ Condition/ Temper	Size, in.	P-No. (5)	Notes	Min. Temp., °F (6)	Specified Min. Strength, ksi Tensile	Yield	Min. Temp. to 100	200	300
Carbon Steel Pipes and Tubes (2)													
A285 Gr. A	A134	...	...	...	...	1	(8b)(57)	B	45	24	15.0	14.7	14.2
A285 Gr. A	A672	A45	K01700	...	...	1	(57)(59)(67)	B	45	24	15.0	14.7	14.2
Butt weld	API 5L	A25	...	...	...	1	(8a)(77)	−20	45	25	15.0	15.0	14.7
Smls & ERW	API 5L	A25	...	...	...	1	(57)(59)(77)	B	45	25	15.0	15.0	14.7
...	A179	...	K01200	...	...	1	(57)(59)	−20	47	26	15.7	15.7	15.3
Type F	A53	A	K02504	...	...	1	(8a)	20	48	30	16.0	16.0	16.0
...	A139	A	...	...	...	1	(8b)	A	48	30	16.0	16.0	16.0
...	A587	...	K11500	...	...	1	(57)(59)	−20	48	30	16.0	16.0	16.0
...	A53	A	K02504	...	...	1	(57)(59)	B	48	30	16.0	16.0	16.0
...	A106	A	K02501	...	...	1	(57)	B	48	30	16.0	16.0	16.0
...	A135	A	...	...	...	1	(57)(59)	B	48	30	16.0	16.0	16.0
...	A369	FPA	K02501	...	...	1	(57)	B	48	30	16.0	16.0	16.0
...	API 5L	A	...	...	...	1	(57)(59)	B	48	30	16.0	16.0	16.0
A285 Gr. B	A134	...	...	...	...	1	(8b)(57)	B	50	27	16.7	16.5	15.9
A285 Gr. B	A672	A50	K02200	...	...	1	(57)(59)(67)	B	50	27	16.7	16.5	15.9
A285 Gr. C	A134	...	...	...	...	1	(8b)(57)	A	55	30	18.3	18.3	17.7
...	A524	II	K02104	...	...	1	(57)	−20	55	30	18.3	18.3	17.7
...	A333	1	K03008	...	...	1	(57)(59)	−50	55	30	18.3	18.3	17.7
...	A334	1	K03008	...	...	1	(57)(59)	−50	55	30	18.3	18.3	17.7
A285 Gr. C	A671	CA55	K02801	...	...	1	(59)(67)	A	55	30	18.3	18.3	17.7
A285 Gr. C	A672	A55	K02801	...	...	1	(57)(59)(67)	A	55	30	18.3	18.3	17.7
A516 Gr. 55	A672	C55	K01800	...	...	1	(57)(67)	C	55	30	18.3	18.3	17.7
A516 Gr. 60	A671	CC60	K02100	...	...	1	(57)(67)	C	60	32	20.0	19.5	18.9
A515 Gr. 60	A671	CB60	K02401	...	...	1	(57)(67)	B	60	32	20.0	19.5	18.9
A515 Gr. 60	A672	B60	K02401	...	...	1	(57)(67)	B	60	32	20.0	19.5	18.9
A516 Gr. 60	A672	C60	K02100	...	...	1	(57)(67)	C	60	32	20.0	19.5	18.9
...	A139	B	K03003	...	...	1	(8b)	A	60	35	20.0	20.0	20.0
...	A135	B	K03018	...	...	1	(57)(59)	B	60	35	20.0	20.0	20.0
...	A524	I	K02104	...	...	1	(57)	−20	60	35	20.0	20.0	20.0
...	A53	B	K03005	...	...	1	(57)(59)	B	60	35	20.0	20.0	20.0
...	A106	B	K03006	...	...	1	(57)	B	60	35	20.0	20.0	20.0
...	A333	6	K03006	...	...	1	(57)	−50	60	35	20.0	20.0	20.0
...	A334	6	K03006	...	...	1	(57)	−50	60	35	20.0	20.0	20.0
...	A369	FPB	K03006	...	...	1	(57)	−20	60	35	20.0	20.0	20.0
...	A381	Y35	...	...	...	1	...	A	60	35	20.0	20.0	20.0
...	API 5L	B	...	...	...	1	(57)(59)(77)	B	60	35	20.0	20.0	20.0

Sumber: ASME B31.3 (2016)

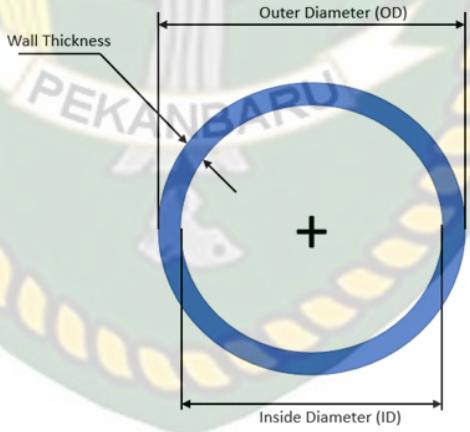
Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

C. Dimensi Pipa

Suatu dimensi dari pipa bisa diketahui dari ukuran dan schedule. Ada tiga istilah berebeda yang umum digunakan untuk menentukan dimensi dari pipa yaitu NPS *(Nominal Pipe Size),* NB (*Nominal bore),* DN (*Diameter Nominal).*

1. NPS *(Nominal Size Pipe)*

NPS adalah suatu angka yang menentukan ukuran pipa. Misalnya, ketika disebutkan pipa 6”, itu adalah nominal size dari pipa tersebut. Untuk NPS 1/8 sampai 12 NPS dan OD *(Outer Diameter)* berbeda. Sebagai contoh OD dari NPS 12 adalah 12.75 inci (324 mm), sedangkan untuk NPS 14 ke atas nilai NPS dan OD sama, jadi untuk NPS 14 OD- nya juga 14 inci (360mm). Dari penjelasan di atas akan lebih mudah dipahami dengan melihat keterangan gambar 2.7 dan tabel 2.4 di bawah ini:



Gambar 2.7 Keterangan Ukuran Pipa
Sumber: Theprocesspiping.com

2. NB *(Nominal Bore)*

NPS *(Nominal Pipe Size)* sering disebut sebagai NB *(Nominal Bore).* Dengan demikian, tidak ada perbedaan antara NB dan NPS. NB juga merupakan cara Amerika untuk merujuk dimensi pipa.

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

3. DN *(Diameter Nominal)*

DN *(Diameter nominal)* adalah sebutan internasional (SI atau *Matric Designator*) dan juga NPS yang setara di Eropa untuk menunjukkan ukuran pipa. Perlu dicatat bahwa DN menunjukkan ukuran pipa yang berbeda dari NPS. Karena NPS menunjukkan ukuran dalam inci sedangkan DN dalam mm. Sebagai contoh Pipa 2" secara sederhana disebutkan sebagai DN 50, nila DN 50 didapat dari 2" dikalikan 25 . Untuk membuktikannya sesuai dengan standar ASME B36.10 dapat dilihat pada tabel 2.4:

Tabel 2.4. Ukuran Pipa NPS dan DN

Nominal Pipe Size	Diameter Nominal	Nominal Pipe Size	Diameter Nominal
1/8	6	20	500
1/4	8	22	550
3/8	10	24	600
1/2	15	26	650
3/4	20	28	700
1	25	30	750
1 ¼	32	32	800
1 ½	40	36	90
2	50	40	1000
2 ½	65	42	1050
3	80	44	1100
3 ½	90	48	1200
4	100	52	1300
5	125	56	1400
6	150	60	1500
8	200	64	1600
10	250	68	1700
12	300	72	1800
14	350	76	1900
16	400	80	2000
18	450	Based On ASME B36.10	

Sumber : Nayyar, 2000

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

D. Ketebalan Pipa

Pipa diproduksi dalam berbagai macam ketebalan yang sudah distandarkan. Setiap ketebalan pipa diberi penamaan dalam bentuk *schedule number* bukan dalam bentuk ketebalan pipa sebenarnya.Khusus untuk pipa yang digunakan untuk menyalurkan fluida yang bertekanan, ketebalan dinding pipa adalah parameter yang paling penting terhadap kekuatan pipa tersebut. Ketebalan dinding pipa dinyatakan *"schedule number"* atau yang sering disebut *schedule* pipa.

Schedule pipa adalah sebuah parameter ketebalan pipa yang ditentukan berdasarkan hubungan Antara ketebalan pipa terhadap kekuatan pipa untuk menahan tekanan kerja. *Schedule pipe* (Sch) menggunakan standar ANSI. Untuk ukuran *schedule* dan ketebalan pipa ditetapkan dan ditentukan oleh standar ASME B36.10 *(Welded and Seamleass Wrought Steel Pipe)* dan ASME B36.19 *(Stainless Steel Pipe).*

Ketebalan dan *schedule* sangatlah berhubungan, hal ini karena ketebalan pipa tergantung dari pipa itu sendiri. *Schedule* pipa ini dapat dikelompokkan sebagai berikut:

- *Schedule*: 5, 10, 20, 30, 40, 60, 80, 100, 120,160.
- *Schedule* standard.
- *Schedule extra strong* (XS).
- *Schedule double extra strong* (XXS).
- *Schedule* special.

Perbedaan-perbedaan *schedule* ini dibuat guna:

a. Menahan *internal pressure* dari aliran.

b. Kekuatan dari material itu sendiri *(strength of materials).*

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

c. Mengatasi karat.

d. Mengatasi kegetasan pipa.

Berdasarkan kode ASME B31.3 mensyaratkan tebal minimum pipa didasarkan pada tekanan internal mencakup batas kelonggaran *(allowance)* untuk kekuatan mekanis tidak boleh kurang dari ketebalan yang dihitung (Husen, A., Cholis, N., & Setiadi, A. N, 2018)

Table 2.5 Schedule Pipa

Nominal Pipe Size Chart - Nominal Pipe Dimension in Inches

Nominal in Inch	OD	5	5s	10	10s	20	30	40	40s	Std	60	80	80s	XS	100	120	140	160	XXS	Nominal in Inch
1/8	0.405			0.049	0.049			0.068	0.068	0.068		0.095	0.095	0.095						1/8
1/4	0.54			0.065	0.065			0.088	0.088	0.088		0.119	0.119	0.119						1/4
3/8	0.675			0.065	0.065		0.073	0.091	0.091	0.091		0.126	0.126	0.126						3/8
1/2	0.84	0.065	0.065	0.083	0.083		0.095	0.109	0.109	0.109		0.147	0.147	0.147				0.188	0.294	1/2
3/4	1.05	0.065	0.065	0.083	0.083		0.095	0.113	0.113	0.113		0.154	0.154	0.154				0.219	0.308	3/4
1	1.315	0.065	0.065	0.109	0.109		0.114	0.133	0.133	0.133		0.179	0.179	0.179				0.25	0.358	1
1 1/4	1.66	0.065	0.065	0.109	0.109		0.117	0.14	0.14	0.14		0.191	0.191	0.191				0.25	0.382	1 1/4
1 1/2	1.9	0.065	0.065	0.109	0.109		0.125	0.145	0.145	0.145		0.2	0.2	0.2				0.281	0.4	1 1/2
2	2.375	0.065	0.065	0.109	0.109		0.125	0.154	0.154	0.154		0.218	0.218	0.218				0.344	0.436	2
2 1/2	2.875	0.083	0.083	0.12	0.12		0.188	0.203	0.203	0.203		0.276	0.276	0.276				0.375	0.552	2 1/2
3	3.5	0.083	0.083	0.12	0.12		0.188	0.216	0.216	0.216		0.3	0.3	0.3				0.438	0.6	3
3 1/2	4	0.083	0.083	0.12	0.12		0.188	0.226	0.226	0.226		0.318	0.318	0.318					0.636	3 1/2
4	4.5	0.083	0.083	0.12	0.12		0.188	0.237	0.237	0.237		0.337	0.337	0.337		0.438		0.531	0.674	4
5	5.563	0.109	0.109	0.134	0.134			0.258	0.258	0.258		0.375	0.375	0.375		0.5		0.625	0.75	5
6	6.625	0.109	0.109	0.134	0.134			0.28	0.28	0.28		0.432	0.432	0.432		0.562		0.719	0.864	6
8	8.625	0.109	0.109	0.148	0.148	0.25	0.277	0.322	0.322	0.322	0.406	0.5	0.5	0.5	0.594	0.719	0.812	0.906	0.875	8
10	10.75	0.134	0.134	0.165	0.165	0.25	0.307	0.365	0.365	0.365	0.5	0.594	0.5	0.5	0.719	0.844	1	1.125	1	10
12	12.75	0.156	0.156	0.18	0.18	0.25	0.33	0.406	0.375	0.375	0.562	0.688	0.5	0.5	0.844	1	1.125	1.312	1	12
14	14	0.156	0.156	0.25	0.188	0.312	0.375	0.438	0.375	0.375	0.594	0.75	0.5	0.5	0.938	1.094	1.25	1.406		14
16	16	0.165	0.165	0.25	0.188	0.312	0.375	0.5	0.375	0.375	0.656	0.844	0.5	0.5	1.031	1.219	1.438	1.594		16
18	18	0.165	0.165	0.25	0.188	0.312	0.438	0.562	0.375	0.375	0.75	0.938	0.5	0.5	1.156	1.375	1.562	1.781		18
20	20	0.188	0.188	0.25	0.218	0.375	0.5	0.594	0.375	0.375	0.812	1.031	0.5	0.5	1.281	1.5	1.75	1.969		20
22	22	0.188	0.188	0.25	0.218	0.375	0.5			0.375	0.875	1.125		0.5	1.375	1.625	1.875	2.125		22
24	24	0.218	0.218	0.25	0.25	0.375	0.562	0.688	0.375	0.375	0.969	1.219	0.5	0.5	1.531	1.812	2.062	2.344		24
26	26			0.312		0.5				0.375				0.5						
28	28			0.312		0.5	0.625			0.375				0.5						
30	30	0.25	0.25	0.312	0.312	0.5	0.625			0.375				0.5						
32	32			0.312		0.5	0.625	0.688		0.375				0.5						
34	34			0.312		0.5	0.625	0.688		0.375				0.5						
36	36			0.312		0.5	0.625	0.75		0.375				0.5						
38	38									0.375				0.5						
40	40									0.375				0.5						
42	42									0.375				0.5						
44	44									0.375				0.5						
46	46									0.375				0.5						
48	48									0.375				0.5						
Nominal in Inch	OD	5	5s	10	10s	20	30	40	40s	Std	60	80	80s	XS	100	120	140	160	XXS	Nominal in Inch

ASME B36.10M-2015: Welded and Seamless Wrought Steel Pipe
ASME B36.19M-2004: Stainless Steel Pipe (For 5S,10S,40S and 80S)
Don't get confused between 3 1/2 inch nominal with 3.5 inch OD, 4" nominal with 4.000" OD

Untuk menghitung ketebalan dinding pipa pada system perpipaan minyak dari sumur ke tanki penyimpanan digunakan kode standar ASME B31.3 yaitu:

$$t = \frac{P.D}{2(SEW+PY)} \quad \text{.....(2.1)}$$

$$t_m = t + c \quad \text{.....(2.2)}$$

Dimana:

c = jumlah batas perlakuan mesin (0,5mm)

D = diameter luar pipa (mm)

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

d = diameter dalam pipa (mm)

E = faktor kualitas

S = nilai tegangan yang diizinkan pada ASME B31.3

tm = ketebalan minimum yang diperlukan

t = ketebalan dinding pipa dari hasil perhitungan tekanan operasi

W = faktor reduksi kekuatan sambungan pengelasan

Y = koefisien dari table 1, (untuk t < D/6), sedangkan untuk t ≥ D/6 maka digunakan perhitungan berikut:

$$Y = \frac{d+2c}{D+d+2c} \quad \text{.....(2.3)}$$

2.2.2 *Flange*

Flange adalah sebuah mekanisme yang berguna untuk menyambungkan antar elemen atau *equipment* perpipaan yaitu antar dua buah pipa, *equipment*, *fitting* atau *valve*, bejana tekan, dan lainnya dapat dihubungkan bersama-sama. *Flange* tersedia dalam berbagai bentuk, tekanan, rating dan ukuran untuk memenuhi persyaratan desain. Adapun jenis-jenis dari *flange* Antara lain yaitu *blind flange, weld neck flange, slip on flange, threaded flange, lap joint flange, socket weld flenge* seperti terlihat pada gambar 2.8



Gambar 2.8 *Flange*
(Sumber: Antaki, 2005)

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

2.2.3 *Valve* (katup)

Valve merupakan komponen pemipaan yang berfungsi untuk mengatur aliran fluida dengan cara menutup, membuka, dan menghambat sebagian laju aliran fluida. Ada beberapa jenis *valve* yang digunakan pada suatu kilang Antara lain : *gate valves, globe valves,plug valves, ball valves, diaphragm valve dan butterfly valve* seperti gambar 2.9.



Gambar 2.9 *Valve*
(Sumber: Antaki, 2005)

2.2.4 Sambungan *(fitting)*

Sambungan adalah bagian dari komponen suatu instalasi perpipaan yang berfungsi untuk menyambung antar pipa dan sebagai akhir perpipaan. Ada beberapa macam jenis sambungan pipa antara lain: *elbow, reduser, tee, stup in, cap. Elbow* terdiri dari beberapa jenis yaitu *elbow* 90˚, *elbow* 135˚, *famale elbow*, *male elbow*. *Reduser* terdiri dari *reduser* union, *reducing tee*. *Tee* terdiri *tee reduser*, *tee*

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

female. Untuk lebih jelasnya jenis-jenis dari sambungan dapat dilihat pada gambar 2.10.



Gambar 2.10 *Fitting*
Sumber: sumbermasgroup.blogspot.com

2.2.5 Gasket

Gasket adalah suatu kombinasi material yang dirancang untuk mengapit antar permukaan *flange joint*. Fungsi gasket yang utama adalah menahan ketidakteraturan dari tiap permukaan *flange,* mencegah kebocoran fluida yang mengalir di dalam *flange* ke luar. Gasket harus mampu menahan selama pengoperasian berlangsung, dan membuat perlawanan terhadap fluida yang sedang ditahannya, sesuai kebutuhan temperatur dan tekanan.

Gasket dapat digambarkan ke dalam tiga kategori utama jenis *nonmetallic, semimetallic,* dan *spiral wound*

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

A. Gasket nonmetallic

Gasket nonmetallic pada umunya merupakan gabungan lembaran material yang digunakan pada *flat face flange* untuk penggunaan kelas tekanan yang rendah. *Gasket nonmetallic* dihasilkan dari material nonasbestos atau pengkompresian serabut asbes (CAF). Tipe nonasbestos meliputi *arimid fiber*, *glass fiber, elastomer, teflon* (PTFE), dan gasket grafit fleksibel. Tipe *full face gasket* pantas digunakan pada *flat face flange, flat ring gasket* pantas digunakan pada *raised face (RF) flange*

B. Gasket semimetallic

Gasket semimetallic adalah gabungan dari material *nonmetallic* dan logam. Logam mempunyai unsur kekuatan dan keelastisan. Gasket s*emimetallic* dirancang untuk kondisi pengoperasian temperatur dan tekanan yang paling besar. Gasket s*emimetallic* umunya digunakan pada *raise face.*

C. Gasket spiral wound

Gasket spiral wound merupakan gasket yang paling umum digunakan pada *raise face flange.* Spiral *wound* digunakan dalam semua kelas tekanan 150 sampai kelas 2500 Psi. Bagian *gasket* yang mampu menahan antar permukaan *flange* adalah bagian *Spiral wound*. *Spiral wound* dihasilkan dari lilitan potongan sebelum dibentuk logam dan diisi material lembut di sekitar logam. Di dalam dan luar diameter diperkuat oleh beberapa tambahan lilitan logam tanpa pengisi.

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :



Gambar 2.11 Gasket
Sumber: Theprocesspiping.com

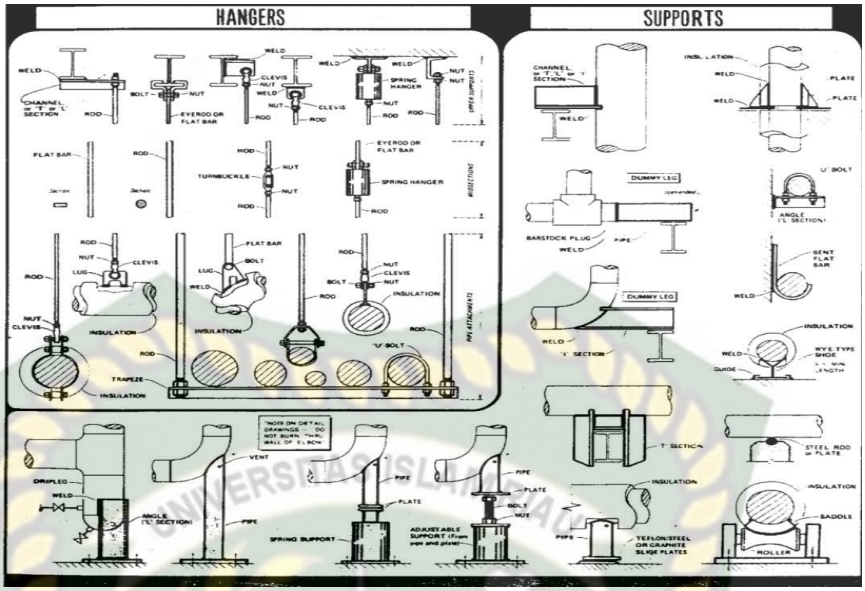
2.2.6 *Support*

Support merupakan penyangga (penahan) dalam pemasangan suatu jalur perpipaan. Pemasangan *support* ini dapat diberikan dari segala arah sesuai fungsinya. Standar-standar *support* yang biasa digunakan:

- MSS SP-58, *Materials and Design of Pipe Supports*
- MSS SP-69, *Selection and Applications of Pipe Support*
- WRC Bulletin 198

Lokasi *support* tergantung banyak pertimbangan seperti ukuran pipa, bentuk pipa, lokasi berat *valves and fitting*, dan struktur yang tersedia untuk *support*. Tidak ada peraturan atau batasan secara positif dalam menentukan *support* dalam pemasangan suatu sistem perpipaan. Saat ini *pipe support* tidak hanya mempertimbangkan dalam menghindari *overstress* saja, tetapi juga mempertimbangkan hal lain seperti efisiensi distribusi tegangan, kemudahan dalam instalasinya, dan biaya dalam pembuatan *pipe support* tersebut (Saputro, dkk, 2015).

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :



Gambar 2.12 *Support*
Sumber: Sherwood (1973)

2.3 Code dan Standard Sstem Perpipaan

Code adalah aturan umum yang sistematis untuk suatu desain, material, fabrikasi, instalasi, pengetesan, dan inspeksi yan telah diakui dan memiliki kekuatan hokum (Smith. dkk, 1987)

Standard adalah dokumen umum yang mengandung peraturan desain dan kontruksi yang dipakai dibidang teknik untuk mempermudah, sesuai dengan persyaratan individu dari komponen yang telah disusun sedemikian rupa (Smith. dkk, 1987)

Code dan standard pada system perpipaan berperan penting dalam perancangan pipa yang bertujuan untuk mendapatkan kepastian agar system pipa aman dan tidak membahayakan jiwa manusia. Selain itu code dan standard juga mempermudah dalam pemilihan dan pemakaian peralatan, jenis material dan prosedur perancangan pipa. Sehingga pada saat perancangan perpipaan yang akan dibuat dapat menghemat biaya produksi.

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Beberapa kode standar desain pipa yang sering digunakan sebagai referensi untuk mendesain system perpipaan:

- ASME/ANSI B31.1 untuk pipa pembangkit listrik
- ASME/ANSI B31.3 untuk pipa proses dan petrokimia
- ASME/ANSI B31.4 untuk pipa transport minyak dan zat cair lainnya
- ASME/ANSI B31.5 untuk pipa pendingin
- ASME/ANSI B31.8 untuk pipa transport bahan bakar gas
- ASME/ANSI B31.9 untuk pipa pada gedung
- ASME/ANSI B31.11 untuk pipa transport slurry

Selain ASME/ANSI B31, ada beberapa kode standart pipa lain yang digunakan baik standar amerika maupun standart negara lain, yaitu

- ASME *Boiler and Pressure Vessel*, *Section* III, *Subsection* NB, NC, ND untuk system perpipaan di industry pembangkit listrik tenaga nuklir.
- Stoomwezen dari Belanda
- SNCT kode dari Prancis untuk petrokimia
- Canadian Z662 dari Kanada
- BS 7159 dari Inggris
- NORWEGIAN dan DNV dari Norwegia

2.4 Jenis-Jenis Beban pada Sistem Perpipaan.

Beban yang bekerja pada system perpipaan terutama beban statis dan dinamis yang akan diteruskan ke *pipe support* dan *restraints.* Beban statik merupakan beban yang disebabkan oleh pengatuh internal seperti tekanan, temperatur, berat pipa dan berat komponen yang terdapat pada sistem perpipaan

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

(Husodo, dkk, 2019). Secara umum ada 2 jenis pembebanan yang terjadi pada system perpipaan yaitu beban internal dan eksternal (Smith. dkk, 1987):

1. Beban internal

   Beban internal ialah beban yang timbul karena efek dari berat pipa, tekanan dan temperature fluida. Beban internal yang terjadi pada system perpipaan Antara lain beban sustain, beban ekspansi dan beban operasi

2. Beban eksternal

   Beban eksternal ialah beban yang terjadi kadang dan timbul karena pergerakan angina, gelombang air laut, gempa bumi dan lain-lain. Beban ini disebut juga dengan beban *occasional.*

Setiap beban yang bekerja pada sitem perpipaan memiliki nilai yang berbeda pada setiap titiknya. Beban pada system perpipaan dapat diklasifikasikan menjadi tiga (Smith, dkk 1987) yaitu:

2.4.1 Sustained loads

Sustained loads adalah beban yang bekerja secara terus-menerus selama kondisi operasi masih normal, misalnya: beban berat dan tekanan (Haryono, dkk, 2014). Tegangan maksimum dan pembebanan pada *support* yang terjadi akibat dari beban berat dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$S = \frac{WL^2}{10Z} \quad \text{.....(2.4)}$$

Dimana:

S = Tegangan maksimum, (N/mm^2)

W = Berat per satuan panjang pipa, (N/mm)

L = Panjang pipa, (mm)

Z = Modulus penampang pipa, (mm^3)

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

2.4.2 Occasional loads

Beban occasional adalah beban yang terjadi kadang-kadang selama operasi pada system perpipaan misalnya beban angin dan beban seismic. Kecepatan angin sangat tergantung pada kondisi local dan ketinggian. Untuk beban angin dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut:

$$F = \frac{C_d D_Q}{1000} \quad \text{.....(2.5)}$$

Sedangkan tekanan dinamik yaitu:

$$q = \frac{1}{2}\rho V^2 \quad \text{.....(2.6)}$$

Dimana:

F = Beban angin pada panjang proyeksi pipa, (N/m)

Cd = Koefisien drag

q = Tekanan dinamik, (N/m^2)

D = Diameter luar pipa (termasuk isolasi) (mm)

ρ = Massa jenis udara, (kg/mm^3)

v = Kecepatan udara, (m/s)

Untuk menghitung beban angin ada hubungan nya dengan bilangan Reynolds yang dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut:

$$R_n = \rho \frac{DV}{1000\mu} \quad \text{.....(2.7)}$$

Dimana:

ρ = Massa jenis udara, (kg/mm^3)

V = Kecepatan udara, (m/s)

D = Diameter luar pipa, (mm)

μ = viskositas dinamik udara, (kg/m.s)

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

2.4.3 Expansion loads

Expansion load adalah beban yang menyebabkan terjadinya *displacement* pada system perpipaan yang disebabkan oleh *thermal expansion* dan *thermal anchor movement* yang bekerja parallel sepanjang sumbu pipa secara aksil. *Thermal expansion* dapat dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut:

$$\Delta = L \int_{T_{cold}}^{T_{hot}} \alpha \, dT \quad \text{.....(2.8)}$$

Dimana

Δ = Ekspansi termal, (mm)

L = Panjang pipa, (mm)

α = Koefisien ekspansi termal, (mm / (mm˚C))

T = Temperatur pipa, (˚C)

2.5 Tegangan Pada Sistem Perpipaan

Tegangan adalah besaran vector yang memiliki arah dan nilai. Nilai dari tegangan didapatkan dari nilai gaya persatuan luas. Tegangan pada pipa dikategorikan menjadi dua kategori dari tegangan. Pertama tengan yang diakibatkan oleh tekanan baik dari dalam pipa maupun dari luar pipa. Kedua, tegangan yang datang dari gaya-gaya dan momen-momen yang bekerja pada sumbu x, y dan z yang diakibatkan oleh berat total, pemuaian panas, angin, gempa bumi dan yang lainnya (Attariq. dkk, 2017). Dalam perancangan system perpipaan harus memenuhi prinsip dasar dari tegangan pipa dan hal yang berhubungan dengan tegangan tersebut. Tegangan yang berlebihan batas material yang diizinkan akan mengakibatkan pipa mengalami kerusakan. Tegangan yang terjadi pada pipa disebabkan oleh tekanan dari dalam pipa, beban luar dan bergantung dari bentuk

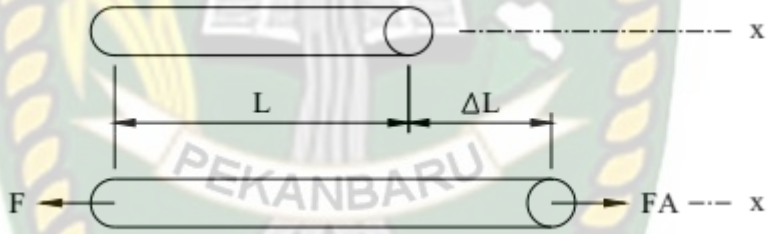
Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

geometri pipa serta jenis material yang digunakan. Untuk tegangan batas lebih banyak ditentukan oleh jenis material dan metode produksinya. Analisa tegangan system perpipaan merupakan perhitungan tegangan statis dan dinamis yang bekerja untuk beban normal. Analisa tegangan ini juga melibatkan evaluasi efek dari gaya dan momen yang terhubung ke *nozzle equipment.* Berikut ini intensitas tegangan yang dapat mempengaruhi pada system perpipaan yaitu:

2.5.1 Tegangan longitudinal *(longitudinal stress)*

Longitudinal stress adalah tegangan yang bekerja sejajar dengan sumbu pipa. Tegangan ini merupakan penjumlahan dari tegangan akibat gaya aksial, tekanan internal dan *bending stress.*

1. Tegangan longitudinal akibat gaya aksial



Gambar 2.13 Gaya Aksial Pada Pipa
(Sumber: Mulyanto, 2015)

Tegangan ini berasal dari efek tekanan dan berat dari komponen perpipaan. Tegangan ini dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut:

$$\sigma_{ax} = \frac{F_{ax}}{Am} \quad \text{.....(2.9)}$$

$$F_{ax} = P.A \quad \text{.....(2.10)}$$

$$Am = \frac{\pi}{4}({d_o}^2 - {d_i}^2) \quad \text{.....(2.11)}$$

Dimana:

P = Tekanan fluida dalam pipa (N/m^2)

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Fax = Gaya aksial (N)

A = Luas diameter dalam pipa (m^2)

Am = Luas permukaan pipa (m^2)

Do = diameter luar pipa (m)

Di = diameter dalam pipa (m)

2. **Tegangan longitudinal akibat tekanan dalam pipa *(internal pressure)***

Jika fluida mengalir melewati pipa maka akan memberikan tekanan terhadap dinding pipa baik searah dengan panjang pipa maupun merata pada dinding pipa.



Gambar 2.14 Tegangan Dalam Pipa Kesegala Arah
(Sumber: Manurung, 2013)

Tegangan internal dalam pipa dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut:

$$\sigma_{ip} = \frac{P.do}{4t} \quad \text{.....(2.12)}$$

Dimana:

P = tekanan fluida dalam pipa (N/mm^2)

Ai = luas permukaan dalam pipa (m^2)

t = ketebalan dinding pipa (m)

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

3. Tegangan longitudinal akibat momen tekuk *(bending stress)*

Momen bending akan menghasilkan distribusi tegangan yang linear dengan tegangan terbesar yang berada di bagian luar permukaan. *Bending stress* dapat dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut:

$$Sb = \frac{M}{I_p}.Y = \frac{M}{I_p/_Y} = \frac{M}{Z} \quad \text{.....(2.13)}$$

Dimana:

Sb = tegangan tekuk (kN/m^2)

M = bending momen (Nm)

Ip = momen inersia penampang pipa (m^4)

R = radius lengkungan pusat bending pipa (m)

E = modulus elastisitas (N/m^2)

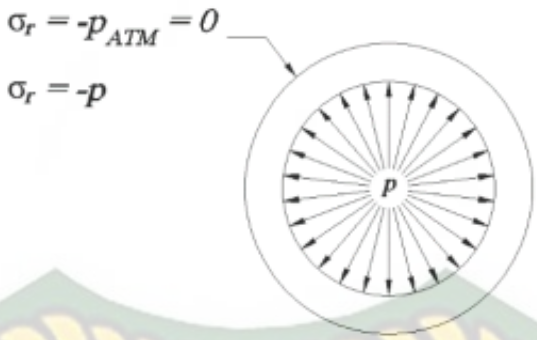
Y = radius pipa dari pusat netral ke titik yang diperhatikan (m)

Z = *modulus cross section* pipa (i/y)

2.5.2 Tegangan radial

Tegangan radial adalah tegangan yang bekerja dalam arah radial pipa atau jari-jari pipa. Besarnya tegangan ini bervariasi dari permukaan dalam pipa ke bagian luar pipa dan dapat dinyatakan dengan persamaan tangensial. Dimana besarnya tegangan pada permukaan sama dengan tekanan dalam atau tekanan yang disebabkan oleh fluida yang mengalir dan permukaan luar pipa besarnya sama dengan tekanan atmosfer. Tegangan ini dapat dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut:

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :



Gambar 2.15 Tekanan Radial Dalam Pipa
(Sumber: Pridyatama, 2014)

$$S_R = \frac{P(r_i{}^2 - \frac{r_i{}^2 r_o{}^2}{r^2})}{r_o{}^2 - r_i{}^2} \quad \text{.....(2.14)}$$

Dimana:

SR = *Radial Stress,* (N/mm^2)

P = Tekanan internal, (N/mm^2)

ri =Radius dalam pipa, (mm)

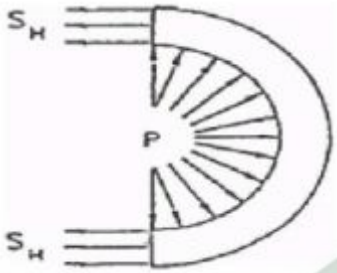
ro = Radius luar pipa, (mm)

r = Radius point of interest, (mm)

2.5.3 Tegangan sirkumferensial *(Hoop Stress)*

Tegangan ini disebabkan oleh tekanan dalam pipa yang bersumber dari fluida dan nilainya selalu positif yang cenderung membelah pipa menjadi dua. Tekanan ini bekerja kearah tangensial dan besarnya bervariasi terhadap tebal dinding pipa. Nilai tekanan yang dialami dinding pipa sama dengan tekanan yang diberikan oleh fluida. Besarnya tekanan dapat dinyatakan dengan persamaaan Lame yaitu:

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :



Gambar 2.16 *Hoop Stress*
(Sumber: Peng dkk, 2009)

$$S_H = \frac{P(r_i{}^2 + \frac{r_i{}^2 r_o{}^2}{r^2})}{r_o{}^2 - r_i{}^2} \quad \text{.....(2.15)}$$

Untuk perpipaan berdinding tipis *(thin walled piping)* digunakan persamaan berikut:

$$S_H = \frac{PD_0}{2t} \quad \text{.....(2.16)}$$

Dimana:

SH = *Hoop stress* (N/mm^2)

P = Tekanan internal (N/mm^2)

ri = Radius dalam pipa (mm)

ro = Radius luar pipa (mm)

r = Radius point of interest, (mm)

Do = diameter luar pipa (mm)

t = Ketebalan dinding pipa (mm)

2.5.4 Tegangan Geser *(shear stress)*

Shear stress adalah tegangan yang bekerja pada arah penampang pipa karena gaya dan momen yang merupakan hasil dari expansi termal, berat, beban internal, dan eksternal.

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

1. Tegangan geser akibat gaya geser

Merupakan gaya yang bekerja pada penampang pipa kearah tegak lurus pada sumbu pipa. Rasio nilai maksimum dan rata-rata disebut sebagai factor distribusi geser. Factor distribusi geser untuk penampang pipa biasanya 2. Tegangan ini dapat dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut:

$$S_s = 2\frac{F_s}{A} \quad \text{.....(2.17)}$$

Dimana:

Ss = tegangan geser akibat gaya geser (N/mm^2)

Fs = gaya geser resultan (N)

A = luas penampang (mm^2)

2. Tegangan torsi akibat momen torsi

Merupakan tegangan yang terjadi akibat efek dari tekanan,berat, dan beban sustain. Tegangan ini didistribusikan secara linear pada arah sepanjang diameter pipa. Besarnya tegangan geser dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut:

$$S_t = \frac{M_t}{2Z} \quad \text{.....(2.18)}$$

Dimana:

St = Tegangan torsi akibat momen torsi (N/mm^2)

Mt = Momen torsi (Nmm)

Z = Modulus penampang pipa (mm^3)

2.5.5 Tegangan berdasarkan kode desain

Dalam menganalisis system perpipaan ini, penulis mengacu pada standar ASME B31.3 *(process piping)* yang mencakup 3 persamaan untuk menganalisis tegangan pipa yaitu:

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

1. Tegangan karena beban tetap *(sustain load)*

Tegangan ini merupakan jumlah dari tegangan longitudinal akibat tekanan, berat, dan beban sustain lainnya yang tidak melebihi batas tegangan izin yang berdasarkan standar ASME B31.3. Adapun persamaan tegangan ini yaitu:

$$S_l = \sqrt{(\mid \sigma ax \mid + Sb)^2 + (2St)^2} \leq S_h \quad \text{.....(2.19)}$$

$$\sigma_{ax} = \frac{I_a F_{ax}}{Am} \quad \text{.....(2.20)}$$

$$S_t = \frac{I_i M_t}{2Z} \quad \text{.....(2.21)}$$

Dimana:

St = Tegangan akibat beban tetap (kN/m^2)

Sb = Tegangan tekuk (kN/m^2)

Sip = Tegangan yang disebabkan tekanan dalam pipa (kN/m^2)

Sh = Tegangan dasar yang diizinkan material berdasarkan ASME B31.3

Ii,Io = Faktor intensifikasi tegangan

Mi = momen lendutan dalam bidang (Nm)

Mo = Momen lendutan luar bidang (Nm)

Z = *effective modulus section*

Fax = Gaya aksial yang disebabkan oleh tekanan pipa (kN)

Ia = *Sustain load factor* (1,00)

Am = Luas penampang pipa (m^2)

2. Tegangan akibat beban ekspansi termal *(expansion load)*

Expansion load adalah tegangan yang terjadi akibat adanya perubahan temperature yang mengakibatkan pipa mengalami pemuaian dan penyusutan. Pemuaian dan penyusutan ini mengakibatkan kegagalan dan kebocoran pada

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

kompresor, pompa, bejana bertekanan, serta peralatan lainnya. Tegangan akibat beban ekspansi dapat dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$\Delta l = \alpha . L . \Delta T \quad \text{.....(2.22)}$$

$$S_e = \alpha . L . E \quad \text{.....(2.23)}$$

Dimana:

Se = Tegangan ekspansi akibat ekspansi termal (kN/m^2)

α = Koefisien ekspansi linear material akibat beda temperature.

ΔT = Perubahan temperature pada system (˚C)

L = Panjang pipa.

ΔL = Perubahan panjang pipa.

Pada ASME B31.3 yang dievaluasi pada beban ekspansi adalah tegangan aksial akibat pertambahan panjang, akibat momen lentur dan tegangan geser akibat momen torsi, dari persamaan tegangan geser maksimum dapat diperoleh persamaan:

$$S_e = \sqrt{(\mid \sigma \alpha x \mid + Sb)^2 + (2St)^2} \leq S_a \quad \text{.....(2.24)}$$

Adapun batas tegangan maksimum yang diizinkan karena beban ekspansi adalah sebagai berikut:

$$S_a = f(1.25S_c + 0.25S_h) \quad \text{.....(2.25)}$$

Dimana:

Sb = Resultan tegangan tekuk (kN/m^2)

Se = Tegangan ekspansi akibat ekspansi thermal (kN/m^2)

σ_{ax} = Tegangan aksial akibat pertambahan panjang (kN/m^2)

Sa = Basic material allowable stress pada temperature maksimum (kN/m^2)

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

St = Mt/2Z = Tegangan punter (N/m^2)

Mt = Momen Puntir (Nm)

Am = Luas penampang pipa

f = factor siklus yang dialami pipa

Adapun nilai f dan siklus termal pada pipa (N) = 1 per hari untuk daerah tropis dan perbaris merupakan akumulasi untuk 19 tahun desain sistem perpipaan dan berlaku kelipatan untuk baris selanjutnya (Usman, 2018). Nilai dari siklus termal pada pipa bisa kita lihat pada Tabel 2.6:

Table 2.6 Siklus Termal pada Pipa

Siklus Termal (N)	f
< 7000	1
7000 < N < 14000	0,9
14000 < N < 22000	0,8
22000 < N < 45000	0,7
45000 < N < 100000	0,6
N > 100000	0,5

Sumber: Usman (2018)

2.5.6 Flexibilitas Pipa

Dalam ASME B31.3 diberikan sebuah rumus untuk mengkalkulasi formal tegangan akibat ekspansi termal pada system perpipaan. Jika hasil yang diperoleh > K1, maka analisis formal diperlukan, jika hasil yang diperoleh ≤K1, maka tidak perlu dianalisis formal dan perhitungan tegangan ttap dilakukan

$$\frac{do.\Delta L}{(L-U)^2} \leq K_1 \quad \text{.....(2.26)}$$

Dimana:

Do = Diameter luar pipa (m)

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

ΔL = Pemuaian yang harus diserap pipa (mm)

L = panjang semua pipa Antara dua ankor (m)

U = Jarak langsung antar dua ankor (m)

K1 = 208.3

2.5.7 Jarak Penyangga pipa *(pipe support span)*

Jarak antar penyangga pipa sangat berpengaruh terhadap stabilitas system perpipaan, oleh karena itu perlu dipertimbangkan secara optimal. Jarak penyangga dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$L = \sqrt{\frac{10Z.Sh}{W}} \quad \text{.....(2.27)}$$

Dimana:

L = panjang span maksimum (m)

Z = modulus penampang

Sh = tegangan dasar yang diizinkan berdasarkan ASME B31.3

W = bobot total pipa (kg/m)

Ada jarak peletakan support yang disarankan seperti pada Tabel 2.7:

Tabel 2.7. *Suggested Piping Support Spacing* (*maximum span*)

	Suggested maximum span, ft (m)	
NPS (DN)	Water service	Steam, gas, or air service
1 (25)	7 (2.13)	9 (2.74)
2 (50)	10 (3.05)	13 (3.96)
3 (80)	12 (3.66)	15 (4.57)
4 (100)	14 (4.27)	17 (5.18)
6 (150)	17 (5.18)	21 (6.40)
8 (200)	19 (5.79)	24 (7.32)
12 (300)	23 (7.01)	30 (9.14)
16 (400)	27 (8.23)	35 (10.7)
20 (500)	30 (9.14)	39 (11.9)
24 (600)	32 (9.75)	42 (12.8)

Sumber: Nayyar (2000)

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Dalam penelitian ini dengan sistem perpipaan bertekanan maka pemilihan jarak pada support bisa dilihat pada Tabel di bawah ini:

Tabel 2.8 *Gravity Steel Pipe Support Spacing*

TABLE B5.3 Gravity Steel Pipe Support Spacing (Pipe Empty, Air, Steam)

			Pipe span, ft-in (m)			
NPS	(DN)	Pipe sch.	No insul.	1-in (25 mm) insul.	1½-in (40 mm) insul.	2-in (50 mm) insul.
½	(15)	40	7-1 (2.16)	5-6 (1.68)	4-7 (1.40)	4-1 (1.24)
		80	6-10 (2.08)	5-6 (1.68)	4-9 (1.45)	4-2 (1.27)
		160	6-7 (2.01)	5-6 (1.68)	4-9 (1.45)	4-3 (1.30)
¾	(20)	40	8-1 (2.46)	6-8 (2.03)	5-9 (1.75)	5-0 (1.52)
		80	7-10 (2.39)	6-8 (2.03)	5-10 (1.78)	5-2 (1.57)
		160	7-5 (2.26)	6-7 (2.01)	5-10 (1.78)	5-4 (1.63)
1	(25)	40	9-2 (2.79)	7-6 (2.29)	6-9 (2.06)	6-0 (1.83)
		80	8-10 (2.69)	7-7 (2.31)	6-11 (2.11)	6-3 (1.91)
		160	8-6 (2.59)	7-5 (2.26)	6-11 (2.11)	6-4 (1.93)
1¼	(32)	40	9-2 (2.79)	7-6 (2.29)	6-9 (2.06)	6-0 (1.83)
		80	8-10 (2.69)	7-7 (2.31)	6-11 (2.11)	6-3 (1.91)
		160	8-6 (2.59)	7-5 (2.26)	6-11 (2.11)	6-4 (1.93)
1½	(40)	40	11-3 (3.43)	9-9 (2.97)	8-11 (2.72)	7-8 (2.34)
		80	11-0 (3.35)	9-10 (3.00)	9-2 (2.79)	8-1 (2.46)
		160	10-6 (3.20)	9-7 (2.92)	9-2 (2.79)	8-3 (2.51)
2	(50)	40	12-8 (3.86)	11-2 (3.40)	10-4 (3.15)	9-6 (2.90)
		80	12-5 (3.78)	11-3 (3.43)	10-7 (3.23)	9-11 (3.02)
		160	11-10 (3.61)	11-0 (3.35)	10-6 (3.20)	10-0 (3.05)

Sumber: Nayyar (2000)

2.6 Sumur Minyak

Sumur minyak merupakan istilah umum untuk segala pemboran melalui permukaan bumi yang dirancang untuk mencari dan mendapatkan hidrokarbon minyak bumi (Sukanta ,2014). Untuk mendapatkan minyak dilakukan proses pengeboran yang memiliki kedalaman 200-300m. Proses pengeboran atau *drilling* merupakan suatu proses dalam kegiatan eksploitasi minyak dan gas bumi yang bertujuan untuk membuktikan ada atau tidaknya kandungan minyak dan gas bumi tersebut di dalam bumi. Pada PT SPR Langgak terdapat 27 sumur minyak yang masih aktif beroperasi. Salah satu sumur minyak di PT SPR Langgak ialah sumur

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

A. Sumur A merupakan sumur minyak yang mulai beroperasi sejak tahun 1988. Pada sumur ini minyak yang berasal dari dalam sumur dialirkan ke *manifold* sumur dengan bantuan pompa. Pompa yang digunakan pada sumur ialah *electrical submersible pumps* (ESP).

2.7 *Software CAESAR II 2019*

CAESAR II 2019 adalah suatu perangkat lunak yang biasa digunakan untuk melakukan analisa tegangan yang terjadi pada system perpipaan dengan hasil yang cepat dan lebih akurat. *CAESAR II 2019* mampu memenuhi kebutuhan untuk menganalisa tegangan pipa seperti:

- Untuk merancang atau memodifikasi system perpipaan
- Patokan fisik yang digunakan untuk kuantifikasi perilaku *"mechanical system"* adalah percepatan, kecepatan, temperature, gaya dan momen, *stress, strain*, perpindahan, reaksi tumpuan dll.
- Nilai batas yang diizinkan untuk setiap parameter ditetapkan agar tidak terjadi kegagalan system.
- Untuk menjaga tegangan didalam pipa dan fitting agar tetap dalam range yang diizinkan code
- Untuk mengatasi problem getaran pada system perpipaan
- Untuk membantu optimasi desain system perpipaan.

Software ini sangat membantu dalam *Engineering* terutama didalam *mechanical design* dan *piping system*. Pengguna *CAESAR II 2019* dapat membuat pemodelan system perpipaan dan menentukan kondisi pembebanan sesuai dengan kondisi yang ada. Laporan *output* dari *software* dapat dapat dibuat untuk menampilkan data apapun untuk setiap loadcase.

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Untuk mengefisiensi waktu dan terstrukturnya penelitian maka dibuat jadwal dalam bentuk table *Ghant chart* seperti pada tabel 3.1:

Tabel 3.1 Tabel *Ghant Chart*

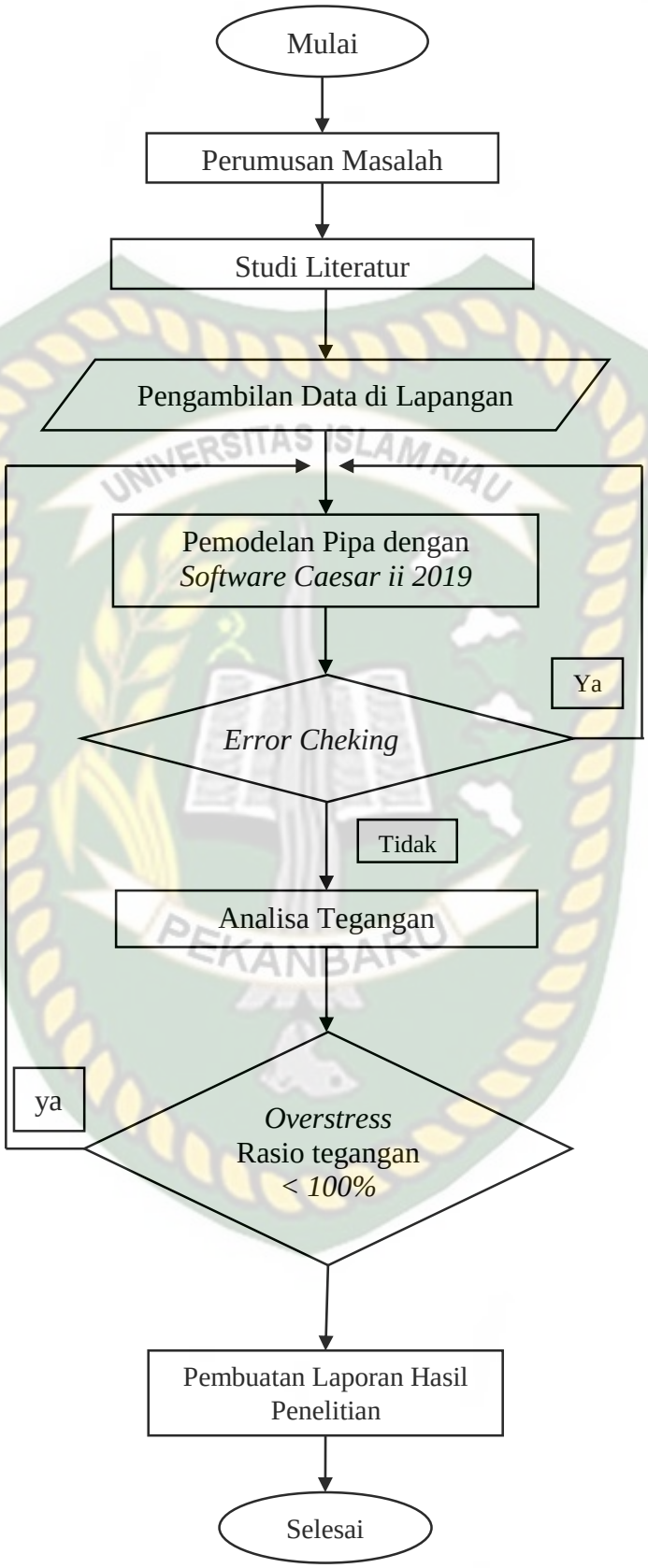
No	Jenis Kegiatan	Oktober				November				Desember				Januari			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Penulisan Proposal																
2	Seminar Proposal																
3	Persiapan Pengambilan Data																
4	Pengambilan Data																
5	Pembuatan Desain dan Analisis																
6	Penulisan Laporan																
7	Seminar Hasil																

Untuk tempat penelitian dan pengambilan data ini dilakukan di PT. Sarana Pembangunan Riau (SPR) Langgak yang beralamat di Jalan Kasikan, Kec. Tapung Hulu, Kab Kampar Prov Riau 28554

3.2 Diagram Alir Penelitian

Dalam proses suatu penelitian diperlukan data-data yang digunakan untuk perhitungan secara manual maupun dengan bantuan software. Pada penelitian ini, diagram alir dibuat untuk menunjukkan proses yang dilakukan dari awal hingga diperoleh suatu kesimpulan. Langkah-langkah yang dilakukan dalam melakukan penelitian tugas akhir ini dapat dilihat pada gambar 3.1

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :



Gambar 3.1 Diagram Alir

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

3.3 Pengumpulan Data

Pengumpulan data didapatkan ketika melakukan obsevari ke PT. Sarana Pembangunan Riau (SPR) Langgak. Adapun data yang akan diperoleh pada penelitian ini menggunakan tahapan sebagai berikut:

1. Pengamatan

   Melakukan pengamatan langsung pada tata letak system perpipaan yang sudah ada. Peneliti melakukan pengamatan secara terstruktur sesuai dengan rancangan pada system perpipaan minyak.

2. Wawancara berstruktur

   Tahap ini dilakukan dengan mewawancarai salah satu enginer yang ada di lapangan tentang data-data yang diperlukan dalam melakukan analisis tegangan system perpipaan tersebut.

3.4 Persiapan Pemodelan

Adapun data yang diperoleh saat pengumpulan data akan digunakan untuk pemodelan pada system perpipaan dengan menggunakan *software.* Adapun software yang akan digunakan antara lain:

a. *CAESAR II 2019* untuk pemodelan dan menganalisa pada system perpipaan.
b. *PipeData-PRO* sebagai database komponen pada sistem perpipaan.
c. *AutoCAD 2013* untuk pemodelan jalur pipa 2 dimensi.

3.5 Standar dan Kode yang digunakan

Dalam penelitian ini analasis yang dilakukan mengacu pada kode dan standar yang telah ditetapkan yaitu standar ASME B31.3 yang mana standar ini mengatur tentang *Proces Plant* pada suatu perusahaan. Berdasarkan standar yang

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

ditetapkan oleh ASME B31.3 dengan nilai tegangan yang diizinkan dilakukan pembandingan dengan nilai tegangan yang yang diperoleh darihasil analisa menggunakan *software* yang dipengaruhi oleh beban pada pipa. Pembandingan ini digunakan untuk memenuhi syarat $S_L < S_h$ (beban sustain) dan $S_E < S_A$ (beban ekspansi) dari nilai hasil tegangan yang diperoleh bisa dihitung dengan perhitungan manual menggunakan persamaan.

3.6 Data Pemodelan

Data pemodelan merupakan data yang diperoleh dari PT Sarana Pembangunan Riau. Data-data tersebut berupa jenis material yang digunakan dalam pendesainan, ketebalan pipa yang terdapat di lapangan, daftar sertifikat dari pipa yang digunakan dan data property yang akan dijelaskan pada penjelasan berikut ini:

3.6.1 Spesifikasi Material

Spesifikasi material yang digunakan dalam pemodelan jalur system perpipaan minyak ini sesuai dengan kebutuhan dan standar. Data yang digunakan dalam kebutuhan pemodelan berupa nominal *size*, jenis material yang digunakan, rating dari komponen perpipaan, dan *wall thickness* dari pipa yang digunakan. Data-data yang diperoleh dari PT. Sarana Pembangunan Riau dapat dilihat pada table 3.2:

Table 3.2 Tabel Data Spesifikasi Material

Pipe				
Nominal Size	**Material**	**Product**	**Wall Thickness**	**Reference To**
2″	A106 Grade B	Seamless	Sch 40	ASME B 31.3
3″				
4″				
Flange				
Nominal Size	**Material**	**Rating**	**Wall thickness**	**Referensi To**
2″	316L (UNS S31603)	#150	-	ASME B16.5
3″				
4″				

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Check Valve & Gate Valve				
Nominal Size	**Material**	**Rating**	**Wall Thickness**	**Referensi To**
2″	ASTM A216 GR.WCB.	#150	-	ASME B16.10.
3″				
4″				
Reduser				
Nominal Size	**Material**	**Type Face**	**Wall Thickness**	**Referensi To**
3″ x 4″	A106 Grade B	Concentric Reducer	Sch 40	ASME B16.9

Sumber: PT Sarana Pembangunan Riau (SPR) Langgak (2021)

3.6.2 Data *Speadsheet*

Data *spreadsheet* merupakan data geometri dari jalur perpipaan yang akan diinput ke dalam *software* sehingga data tersebut dikonversi menjadi visual desain isometric pada jalur perpipaan. Data geometri jalur perpipaan ini dapat dilihat pada table 3.2 yang diletakkan di Lampiran 1.

3.6.3 Data Property

Data property mrerupakan data yang dibutuhkan tekanan, density dari fluida, suhu dan lainnya. Data property ini akan diinput ke dalam software CAESAR II 2019 pada saat pembuatan pemodelan. Data property yang diperoleh dari PT. Sarana Pembangunan Riau dapat dilihat pada table 3.3:

Table 3.3 Data Properti pada Pemodelan

No	Deskripsi	Unit	Data
1	Material Pipa	2"	A106 Grade B
		3"	
		4"	
2	Suhu Ambien T3	°C	30
3	Suhu Desain T1	°C	79.8
4	Suhu Operasi T2	°C	53.2
5	Tekanan Desain P1	kPa	431.6
6	Tekanan Operasi P2	kPa	215.8
7	Fluid density	kg/m^3	0.884
8	Standar	-	ASME B31.3

Sumber: PT Sarana Pembangunan Riau (SPR) Langgak

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

3.7 Penentuan *Loadcase*

Dalam penelitian ini system perpipaan yang dilakukan analisa perlu diketahui pembebanan apa saja yang diberikan pada pipa. Berdasarkan standar ASME B31.3 beban yang berlaku pada pipa Antara lain ialah beban sustain dan beban ekspansi. Ada beberapa penambahan beban pada analisa ini yang dicantumkan pada table 3.4:

Table 3.4 Jenis *loadcase* pada pemodelan

Loadcase	Deskripsi *Loadcase*
L1	*Weight No Contents* (WNC)
L2	*Operating Case Condition 1* (W+T1+P1)
L3	*Alternate Stress Based On Operating Condition 1* (W+P1)
L4	*Operating Case Condistion* 2 (W+T2+P2)
L5	*Alternate Stress Based On Operating Condition* 2 (W+P2)
L6	*Operating Case Condistion* 2 (W+T3+P2)
L7	*Alternate Stress Based On Operating Condition* 3 (W+P1)
L8	*Sustained Case Condition* 1 (W+P1)
L9	*Sustained Case Condition* 2 (W+P2)
L10	*Expansion Case Condition* 1 (L2-L8)
L11	*Expansion Case Condition* 2 (L4-L9)
L12	*Expansion Case Condition* 1-2 (L2-L4)
L13	*Expansion Case Condition* 3 (L6-L8)
L14	*Expansion Case Condition* 1-3 (L2-L6)
L15	*Expansion Case Condition* 2-3 (L4-L6)

3.8 Satuan Ukuran

Dalam pemodelan dalam *software Caesar II 2019,* diperlukan pengaturan satuan untuk menyeragamkan satuan pada hasil analisa, gambar dan spesifikasi material yang digunakan. Satuan yang digunakan dalam pemodelan ini bisa dilihat pada table 3.5:

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Table 3.5 Satuan Ukuran

No	Besaran	
1	*Length*	*mm*
2	*Force*	N
3	*Mass dynamic*	Kg
4	*Moment input*	N.m
5	*Momen output*	N.m
6	*Stress*	N/mm2
7	*Rotation*	Degree
8	*Temperature*	C
9	*Pressure*	N/cm2
10	*Elastic Modulus*	N/mm2
11	*Pipe Density*	Kg/m3
12	*Insulation Density*	Kg/m3
13	*Fluid Density*	Kg/m3
14	*Translational*	N/mm
15	*Rotatonal Stiff*	N.m/deg
16	*Unif. Load*	N/mm
17	*G Load*	g's
18	*Wind Load*	KN/m2
19	*Elevation*	mm
20	*Cmpd Lng*	mm
21	*Diameter*	In
22	*Thickness*	Mm

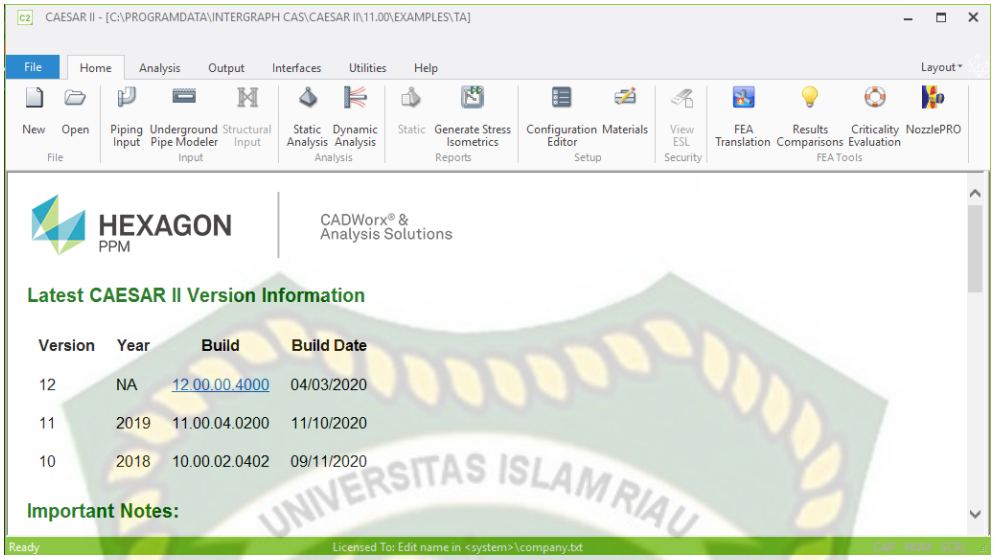
3.9 Prosedur analisa menggunakan *Software CAESAR II 2019*

Berikut proses penginputan data dan analisa menggunakan *software CAESAR II 2019*

1. Tampilan awal

Setelah membuka *software CAESAR II 2019* yang telah diinstal akan keluar tampilan awal dari *software*. Pada tampilan ini terdapat beberapa *toolbar* yang digunakan dalam proses pendesainan. Langkah memulai pendesainan ialah dengan membuat file baru dengan memilih tool New seperti gambar 3.2.

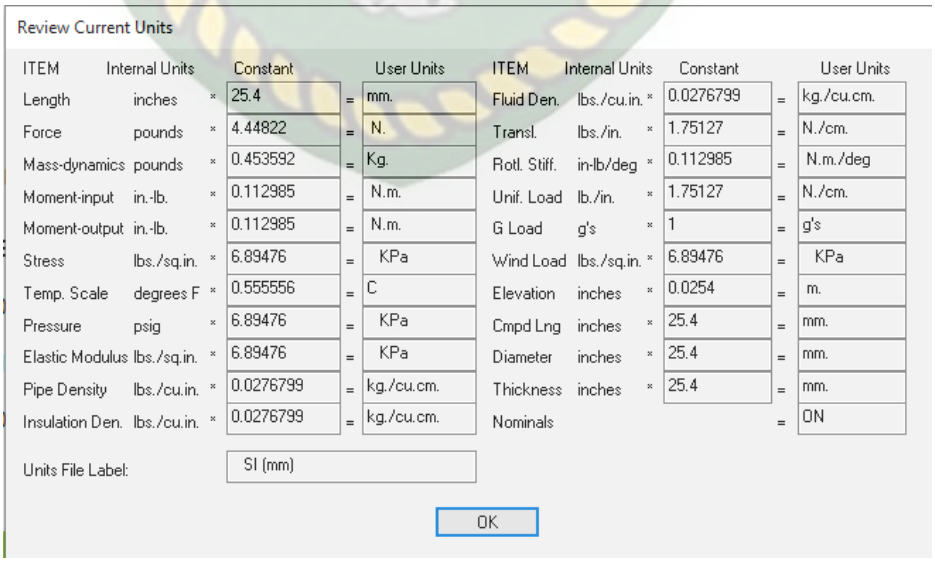
Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :



Gambar 3.2 Tampilan Awal *CAESAR II 2019*

2. Pengaturan satuan

Dalam desain yang memiliki ukuran pasti ada satuan yang digunakan, maka perlu menentukan satuan untuk mempermudah perhitungan. Jenis satuan yang tersedia pada *CAESAR II 2019* ini adalah ENGLISH, SI, dan Metric. Dari berbagai jenis satuan yang tersedia pengguna bisa menentukan jenis satuan sesuai keinginan dan kebutuhan pengguna. Tampilan satuan pada *CAESAR II 2019* bisa dilihat pada Gambar 3.3:



Gambar 3.3 Pengaturan Satuan

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

3. Pemilihan Material pipa

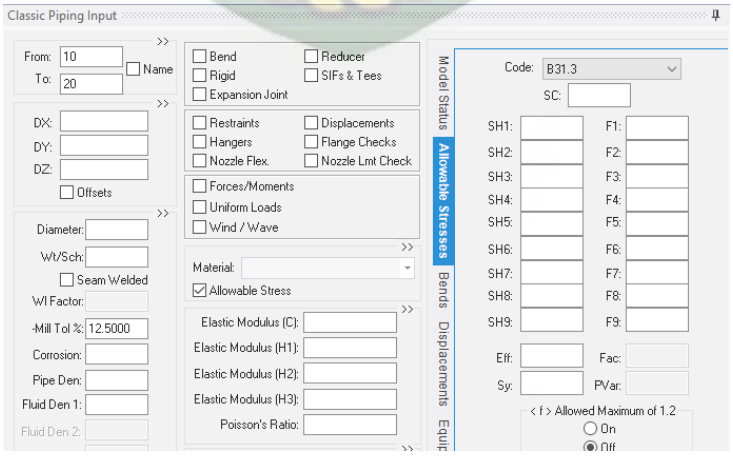
Dalam pemilihan material sesuai dengan data yang telah didapatkan dari perusahaan dan standar yang digunakan. Berikut jenis-jenis material pipa yang umum digunakan:



Gambar 3.4 Pemilihan Material Pipa

4. Tampilan penginputan data design system perpipaan

Dalam tampilan ini terdapat berbagai jenis data yang dimasukkan ke dalam software seperti jenis komponen, panjang pipa, jenis material yang digunakan dan bagian dari pipa.

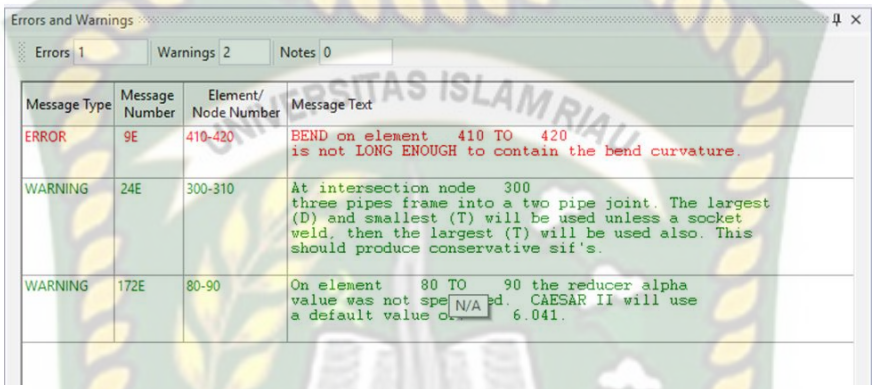


Gambar 3.5 Penginputan Data

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

5. Pemeriksaan Kesalahan (*Error Checking)*

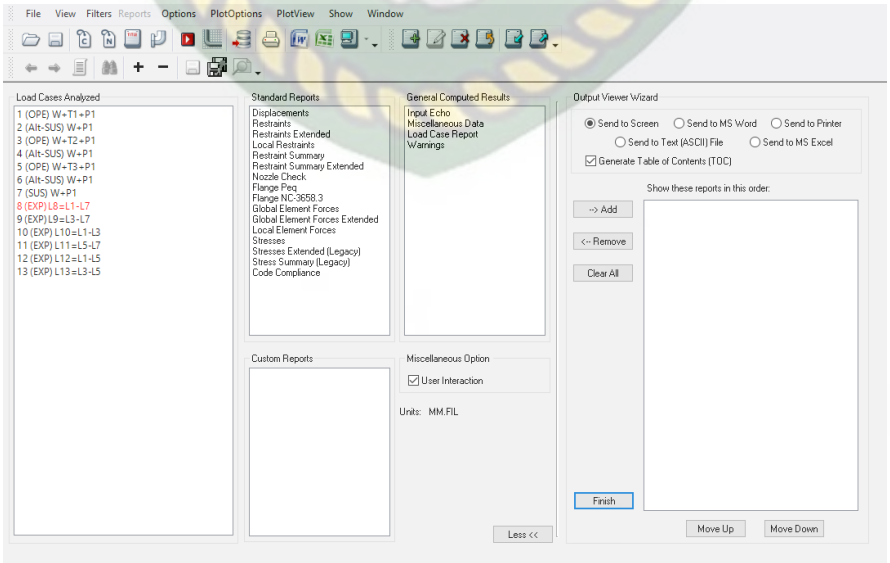
Pada tahap pemeriksaan ini akan tampil secara otomatis apakah model yang dibuat mengalami *error* atau tidak sesuai dengan standar yang ditentukan. Jika pada layar menunjukkan tulisan warna merah maka terjadi *error* pada desain yang telah dibuat. Tampilan saat terjadinya *error* bisa dilihat pada gambar 3.6:



Gambar 3.6 *Error Checking*

6. Tampilan Kalkulasi Tegangan

Pada tampilan ini kalkulasi tegangan dapat dilakukan ketika tidak terjadi lagi *error* pada desain yang dibuat. Tampilan ini juga menampilkan *loadcase* yang ditentukan sebelumnya untuk diinput seperti gambar 3.7:



Gambar 3.7 Pemilihan *Loadcase*

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

7. Tampilan Hasil Analisa

Pada tampilan ini menunjukkan hasil yang telah dikalkulasikan dengan memilih *loadcase* yang dipilih. Berikut hasil analisa tegangan yang telah dikalkulasikan pada gambar 3.8:

Stress Summary (Legacy)

```
CAESAR II 2019  Ver.11.00.00.4800,  (Build 190424)   Date: MAR 20, 2021   Time: 14:42
Job Name: DESAIN SKRIPSI ALI
Licensed To: Licensed To: Edit name in <system>\company.txt
STRESS SUMMARY (LEGACY) REPORT: Highest Stresses Mini Statement
Various Load Cases

LOAD CASE DEFINITION KEY

 NO CODE STRESS CHECK PROCESSED: LOADCASE 1 (OPE) W+T1+P1

Highest Stresses: (KPa       ) LOADCASE 1 (OPE) W+T1+P1
Ratio (%):                0.0       @Node    270
OPE Stress:           34855.0       Allowable Stress:          0.0
Axial Stress:          2663.5       @Node    480
Bending Stress:       33534.3       @Node    270
Torsion Stress:        6681.8       @Node    460
Hoop Stress:           5368.2       @Node    480
Max Stress Intensity: 41884.5       @Node    270

 CODE STRESS CHECK PASSED      : LOADCASE 2 (Alt-SUS) W+P1

Highest Stresses: (KPa       ) LOADCASE 2 (Alt-SUS) W+P1
Ratio (%):               30.2       @Node    430
Code Stress:          41592.1       Allowable Stress:     137892.0
Axial Stress:          3172.4       @Node    480
Bending Stress:       39366.5       @Node    430
Torsion Stress:        3892.3       @Node    450
Hoop Stress:           6520.0       @Node    480
```

Gambar 3.8 Hasil Analisa Tegangan

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

BAB 4

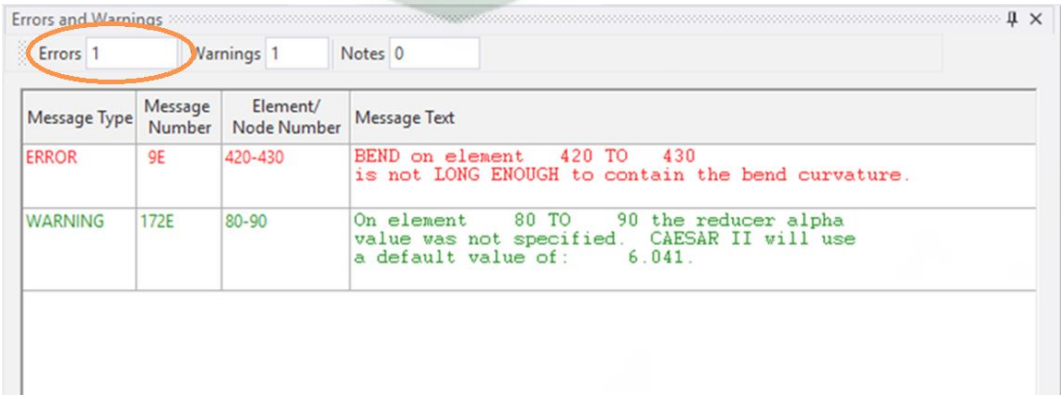
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pemodelan Jalur Sistem Perpipaan

Pemodelan jalur perpipaan merupakan tahap untuk mendesain jalur perpipaan yang akan dilakukan analisa tegangannya. Pemodelan yang di desain ini harus sesuai dengan standar dan ketentuan dari ASME B31.3. Pada tahap pemodelan jalur pipa ini dilakukan dengan menginputkan data dari table *speardsheet* ke dalam *software CAESAR II* 2019. Data-data yang diinput akan menghasilkan desain system perpipaan dan dilakukan analisa pada system perpipaan tersebut.

4.1.1 Pengecekan Kesalahan *(Error Checking)*

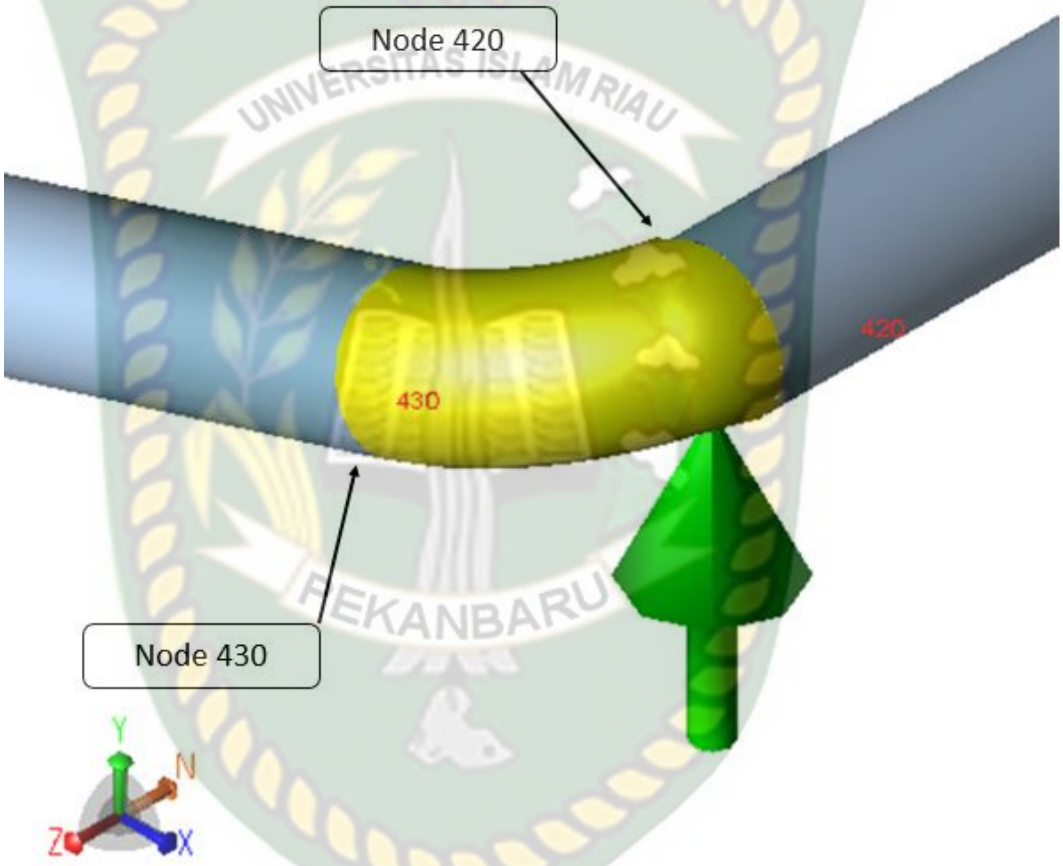
Pengecekan kesalahan merupakan pemeriksaan pada jalur system perpipaan yang telah di desain. Kesalahan ini terjadi pada titik-titik tertentu karena desain yang dibuat tidak sesuai dengan standar. Pengecekan kesalahan pada jalur system perpipaan ini dilakukan setelah data selesai diinput ke dalam *software* dan selanjutnya memilih *toolbar error checking* seperti pada gambar 4.1 untuk menampilkan *check box*. Pada *check box* akan menunjukkan bahwa jalur system perpipaan tersebut apakah sudah sesuai dengan standar ASME B31.3.



Gambar 4.1 *Checking Error*

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

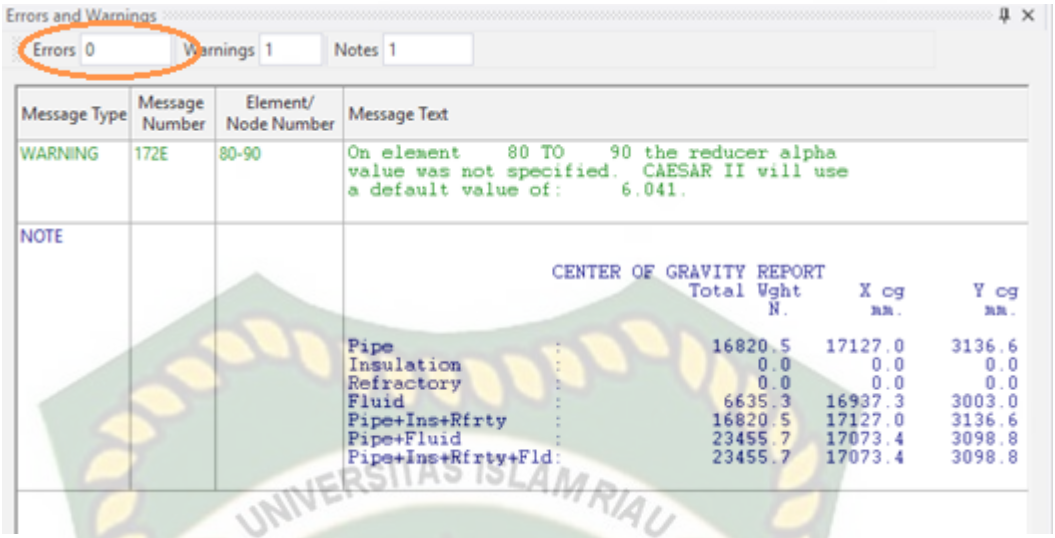
Dari gambar 4.1 terlihat terjadinya *error* pada jalur pipa yang telah di desain. Pada gambar terdapat pesan bahwa terjadi *Error* pada node number 420 ke 430. Error ini karena panjang dari *bend* (belokan) yang dimasukkan ukurannya tidak sesuai dengan standar yang ditetapkan. *Bend* yang mengalami *error* dapat dilihat pada gambar 4.2.



Gambar 4.2 Titik Terjadi *Error*

Gambar 4.2 merupakan titik terjadinya *error* pada jalur pipa yang telah di desain. Dari gambar terlihat *bend* hasil desain ini panjangnya tidak sesuai dengan standarnya yang berkisar 150-200 mm. Untuk mengatasi *error* tersebut maka dilakukan modifikasi dengan mengubah ukuran panjang dari *bend* tersebut. Setelah melakukan modifikasi, maka dilakukan lagi *checking* untuk memastikan tidak ada lagi kesalahan yang terjadi pada jalur perpipaan tersebut.

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

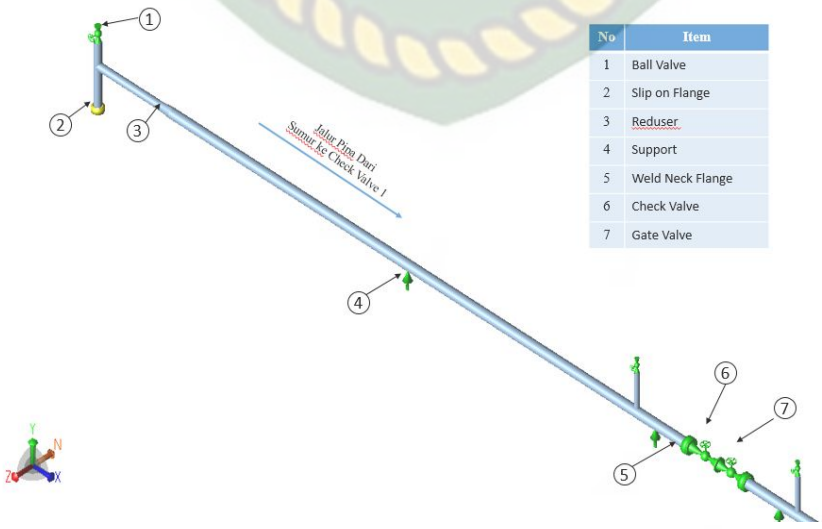


Gambar 4.3 *Error Checking* Setelah Modifikasi

Pada gambar 4.3 dapat dilihat tidak terjadi lagi *error* pada jalur system perpipaan yang telah di desain sebelumnya dan sudah sesuai dengan standar dengan ASME B31.3, sehingga lanjut ke tahap analisa.

4.1.2 Visualisasi Pemodelan

Setelah pengecekan kesalahan pada pemodelan, berikut ini merupakan visualisasi pemodelan jalur system perpipaan dari sumur A ke *manifold* sumur pada PT Sarana Pembangunan Riau. Dikarenakan jalur perpipaan terlalu panjang, maka gambar dibagi menjadi beberapa bagian seperti gambar 4.4, 4.5 dan 4.6:



Gambar 4.4 Jalur Pipa Dari Sumur A ke *Check Valve* 1

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

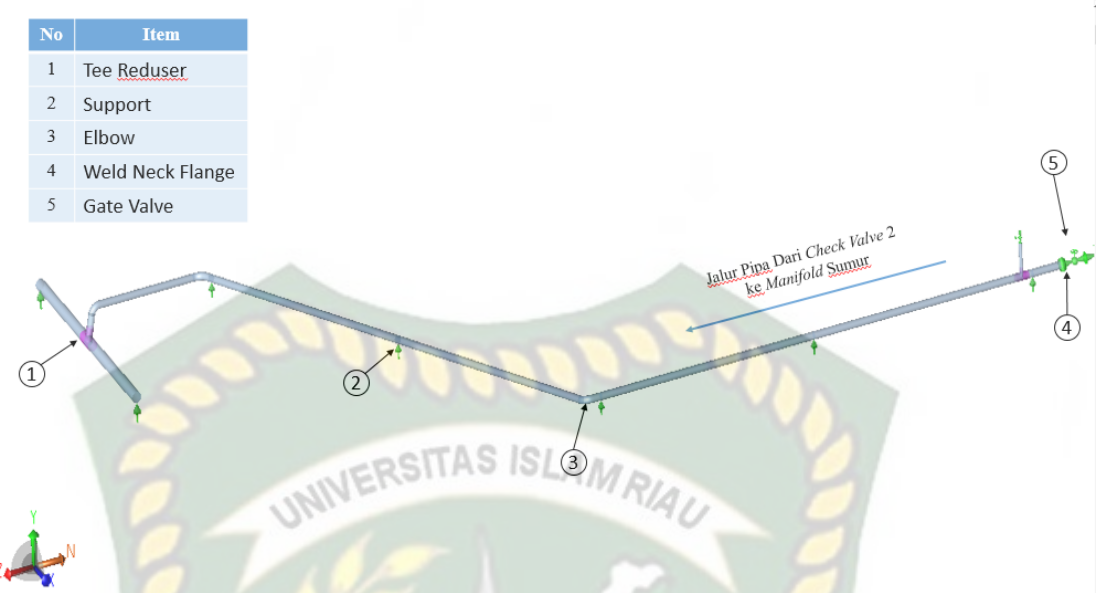
Pada gambar 4.4 merupakan jalur pipa dari sumur A ke check valve 1. Pada jalur ini terdapat pipa yang berdiameter 3 in sepanjang 1 m dan pipa berdiameter 4 in sepanjang 8 m. Pada ujung pipa terdapat satu unit *weld neck flange* yang akan disambungkan dengan *check valve* dan *gate valve*. Selain itu terdapat satu unit *reduser* dari pipa 3 in ke pipa 4 in dan satu unit *tee* untuk menghubungkan pipa dari sumur ke *check valve*. Pada sambungan dari *check valve* 1 dan *gate valve* 1 akan diteruskan lagi ke pipa berdiameter 4 in sepertti yang terlihat pada gambar 4.5.



Gambar 4.5 Jalur Pipa Dari *Check Valve* 1 ke *Check Valve* 2

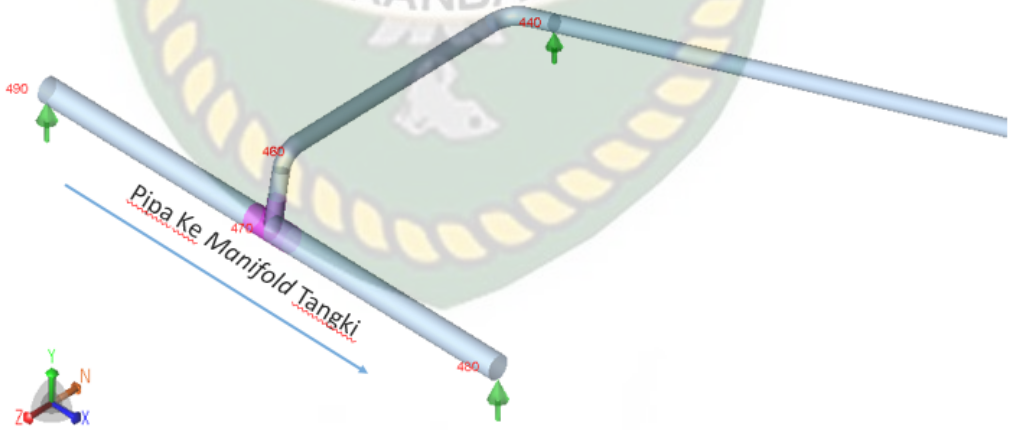
Pada gambar 4.5 diatas merupakan jalur pipa dari *check valve* 1 ke *check valve* 2. Pada jalur ini pipa yang digunakan berdiameter 4 in. Terlihat dari gambar bahwa jalur pipa terdapat belokan 45˚ dan belokan 90˚. Terdapat 2 buah belokan 45˚ dan 3 buah belokan 90˚. Dari check valve 2 ini, pipa diteruskan lagi ke *manifold* sumur seperti pada gambar 4.6

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :



Gambar 4. 6 Jalur Pipa Dari *Check Valve* 2 ke *Manifold* Sumur

Pada gambar 4.6 merupakan jalur pipa dari *check valve* 2 ke *manifold* sumur. *Manifold* sumur merupakan tempat berkumpulnya minyak dari beberapa sumur pengeboran. Jumlah sumur yang dapat ditampung dalam satu *manifold* ialah antara 3-4 sumur tergantung posisi sumur dan jarak sumur ke *manifold*.



Gambar 4.7 Pipa Ke Manifold Tangki

Pada gambar 4.7 merupakan pipa yang menuju ke *manifold*. Dari *manifold* sumur ini tersambung dengan pipa yang berdiameter 6 in diteruskan ke *manifold* tangki.

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

4.2 Perhitungan Manual

Pada perhitungan ini, terdapat beberapa perhitungan yang dilakukan secara manual untuk mendapatkan ketebalan minimum, jarak antara support, dan nilai tegangan pipa.

4.2.1 Ketebalan Minimum (*Minimum Wall Thickness*)

Ketebalan minimum dinding pipa dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.1 dan 2.2.

P = 0,432 Mpa

D = 114,3 mm

S = 137,89 MPa

E = 1

W = 0,9

Y = 0,4

C = 3

$$t = \frac{P.D}{2(SEW + PY)}$$

$$= \frac{0{,}432\ MPa\ .\ 114{,}3\ mm}{2(137{,}89\ MPa\ .\ 1\ .\ 0{,}9 + 0{,}432\ MPa\ .\ 0{,}4)}$$

$$= \frac{49{,}38}{2(124{,}27)} mm$$

$$= \frac{49{,}38}{248{,}76} mm$$

$$t = 0{,}2mm$$

$$t_m = t + c$$

= 0,2 mm + 3

=3,2 mm

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Tabel 4.1 Ketebalan Minimum Pipa

Parameter	Besaran	Satuan
P (*Pressure*)	0,432	MPa
D (Diameter)	114,3	mm
S (*Allowable Stress*)	137,89	MPa
E (*Coefisien Factor*)	1	
Y (Coefisien Y)	0,4	
c (*Allowance Corosion*)	3	mm
t	0,2	mm
Tm	3,2	mm

Perbandingan antara hasil perhitungan ketebalan pipa manual dengan ketebalan pipa rancangan awal mempunyai selisih yang besar yaitu 6,6 mm-3,2 mm = 3,4 mm . Sehingga pipa dinyatakan aman untuk beroperasi karena nilai "t" perhitungan manual < "t" actual.

4.2.2 Jarak Penyangga Pipa (*Pipe Support Span*)

Perhitungan jarak penyangga pipa dapat dihitung dengan persamaan 2.27

$$L = \sqrt{\frac{0{,}4\ Z.Sh}{W}}$$

- Menentukan nilai *modulus section*

$$I = \frac{\pi}{64}(do^4 - di^4)$$

$$= \frac{\pi}{64}((0{,}114m)^4 - (0{,}101m)^4)$$

$$= \frac{\pi}{64}\ 6{,}62\ m^4$$

$$= 3{,}25\ x\ 10^{-6} m^4$$

$$Z = \frac{I}{Ro}$$

$$= \frac{3{,}25\ x\ 10^{-6}}{0{,}0575}$$

$=5{,}69 \text{ x } 10^{-5}\ m^3$

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

- Menghitung gaya total

W_{pipa} $= \rho_{pipa} \times A_{pipa}$

$= 7833{,}4\ kg/m^3 \times (\pi r_o^2 - \pi r_i^2)$

$= 7833{,}4\ kg/m^3 \times (\pi\ (0{,}05715\ m)^2 - \pi\ (0{,}05055m)^2)$

$= 7833{,}4\ kg/m^3 \times 0{,}00227\ m^2$

$= 17{,}78\ kg/m$

W_{fluida} $= \rho_{fluida} \times A_{pipa}$

$= 884\ kg/m^3 \times \pi r_i^2$

$= 884\ kg/m^3 \times \pi\ (0{,}05055\ m)^2$

$= 7{,}1\ kg/m$

Total gaya (W) $= (W_{fluida} + W_{pipa}) \times g$

$= (7{,}1\ kg/m + 17{,}78\ kg/m) \times 10\ m/s^2$

$= 248{,}8\ N/m$

$$L = \sqrt{\frac{0{,}4\ x\ 5{,}69\ x10^{-5}\ m^3 x\ 137890\ kPa}{248{,}8\ N/m}}$$

$$= \sqrt{\frac{0{,}4\ x\ 5{,}69\ m^3\ x\ 137890000\ N/m^2}{248{,}8\ N/m\ x\ 10^5}}$$

$$= \sqrt{\frac{313837640}{24880000}}$$

$$= \sqrt{12{,}6}$$

$$= 3{,}6\ m$$

Perbandingan antara jarak penyangga pipa di lapangan dengan hasil perhitungan manual memiliki perbedaan yang sedikit yaitu 4 m – 3,6 m = 0,4 m. Dari hasil ini pipa dinyatakan aman dalam beroperasi.

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

4.2.3 Tegangan Pipa

Perhitungan Tegangan pipa terdiri dari tegangan ijin, tegangan *sustained load*, dan tegangan *exspansion load*. Berikut data material pipa pada tabel 4.2

Tabel 4.2 Data Material Pipa

Parameter	Besaran	Satuan
NPS (4 inchi)	114,3	mm
Schedule	40	
Inside Diameter	101,1	mm
Outside Diameter	114,3	mm
Wall Thickness	6,6	mm
Corrosion Allowance	3	mm
Pipe Density	7833.4	Kg/m^3

1. Tegangan ijin *(Allowable Stress)*

Nilai tegangan ijin yang digunakan sebagai acuan adalah nilai tegangan ijin berdasarkan desain temperatur. Nilai tegangan ijin dari setiap kondisi berbeda. Untuk kondisi *sustained load* nilai tegangan ijinnya bisa diihat pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 Nilai Tegangan Ijin Material untuk *Sustained Load*

Temperatur (˚F)	S (MPa)
100	137,89
200	137,89
347	137,89

Untuk kondisi *occasional load* nilai tegangan ijin dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$S_{occasional}$ = 1,33 x Sh

= 1,33 x 137,89 MPa

= 183,3937 MPa

Dari persamaan 2.25 kondisi *ekspansi thermal* nilai tegangan ijin material dapat dihitung sebagai berikut:

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

$S_{ekspansi}$ = f (1.25 Sc + 0.25 Sh)

=1 (1.25 x 137,89 MPa + 0.25 x 137,89MPa)

= 1 (172,36 + 34,47) MPa

= 206,83 MPa

Dari hasil perhitungan diperoleh nilai tegangan ijin untuk *occasional load* sebesar 183,3937 MPa dan untuk *ekspansi thermal* sebesar 206,83 MPa.

2. Nilai Tegangan *Longitudinal pipa*

Tegangan *longitudinal* disebabkan oleh tegangan longitudinal tekan, tegangan axial dan tegangan tekuk.

- Nilai dari tegangan longitudinal tekan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.12

$$\sigma_{ip} = \frac{P.do}{4t}$$

$$= \frac{0{,}432\ MPa\ x\ 114{,}3\ mm}{4\ x\ 6{,}6\ mm}$$

$$= \frac{49{,}38}{26{,}4}\ MPa$$

$$= 1{,}87\ MPa$$

$$= 1870\ kPa$$

- Nilai dari tegangan akibat gaya aksial dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.9.

  - *Pipa outside*

A_o = ¼ x 3,14 x do^2

= ¼ x 3,14 x $(114{,}3mm)^2$

=10255,62 mm^2

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

➢ *Pipe inside*

A_i = ¼ x 3,14 x di^2

= ¼ x 3.14 x $(101,1\ mm)^2$

= 8023,65 mm^2

A_m = A_o - A_i

= 10255,62 mm^2 – 8023,65 mm^2

= 2231,97 mm^2

➢ $\sigma_{ax} = \frac{P\ x\ Ai}{Am}$

$$= \frac{0{,}432\ MPa\ x\ 8023{,}65\ mm^2}{2231{,}97\ mm^2}$$

$$= \frac{3466{,}22}{2231{,}97}\ MPa$$

$$= 1{,}55\ MPa$$

$$= 1550$$

- Nilai dari tegangan akibat gaya tekuk dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.13.

$$\sigma_b = \frac{Mb}{Z}$$

➢ $M_b = \frac{W\ x\ L^2}{10}$

$$= \frac{168{,}84\ N\ x\ (4\ m)^2}{10}$$

$$= 270{,}144\ Nm$$

➢ $Z = \frac{I}{Ro}$

$$= \frac{3{,}25\ x\ 10^{-6}\ m^4}{0{,}05715\ m}$$

$$= 5{,}69\ x\ 10^{-5}\ m^3$$

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

➢ $\sigma_b = \frac{Mb}{z}$

$$= \frac{270{,}144\ Nm}{5{,}69\ x\ 10^{-5} m^3}$$

$$= 4747697{,}7\ Pa$$

$$= 4{,}75\ MPa$$

Dari hasil perhitungan diperoleh nilai tegangan longitudinal akibat beban tekan sebesar 1870 kPa, akibat gaya aksial sebesar 1550 kPa, dan akibat gaya tekuk sebesar 4,75 MPa

3. Tegangan Sirkumferensial *(Hoop Stress)*

Tegangan ini disebabkan oleh tekanan dalam pipa dimana tekanan ini bersumber dari fluida dan nilainya selalu positif jika tegangan cenderung membelah pipa menjadi dua. Untuk menghitung nilai tegangan sirkumferensial dapat menggunakan persamaan 2.16:

$$S_H = \frac{PD_0}{2t}$$

$$= \frac{0{,}432\ MPa\ x\ 114{,}3\ mm}{2\ x\ 6{,}6\ mm}$$

$$= \frac{49{,}38}{13{,}2}\ MPa$$

$$= 3{,}74\ MPa$$

$$= 3740\ kPa$$

Dari hasil perhitungan diperoleh nilai tegangan yang disebabkan oleh tekanan dalam pipa yang berasal dari fluida ialah 3740 kPa. Hasil dari perhitungan tegangan yang terjadi dalam pipa dapat dilihat pada tabel 4.4 nilai tegangan pipa.

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Tabel 4.4 Nilai Tegangan Pipa

Parameter	Besaran	Satuan
NPS (4 inchi)	114,3	mm
P (*Pressure*)	0,432	MPa
OD (*Outside Diameter*)	114,3	mm
ID (*Inside Diameter*)	101,1	mm
Ai (*Inside Area*)	8023,65	mm^2
Am (*Area Section*)	2231,97	mm^2
Mb (Momen)	270,144	Nm
Z (*Modulus Section*)	$5{,}69\ x\ 10^{-5}$	m^3
t (*Wall Thickness)*	6,6	mm
σ_{ip} (*Internal Pressure*)	1,87	MPa
σ_{ax} (*Axial Stress*)	1,55	MPa
σ_b (*Bending stress*)	4,75	MPa
$S_{occasional}$	183,3937	MPa
$S_{ekspansi}$	206,83	MPa
S_H	3,74	MPa

4.3 Hasil Analisa Tegangan

Software CAESAR II 2019 akan melakukan kalkulasi tegangan yang terjadi pada system perpipaan yang telah di desain sebelumnya. Hasil yang diperoleh dari *software* dianalisa dengan membandingkan hasil tegangan maksimum yang diperoleh terhadap nilai tegangan ijin berdasarkan standar ASME B31.3. Dari hasil perhitungan tersebut didapatkan hasil dari setiap *loadcase* yang dipilih. Data-data yang diperoleh dari *software* ialah *code stress* yang terjadi pada setiap *loadcase*, *allowable stress* berdasarkan standar ASME B31.3, *node* terjadinya tegangan tertinggi pada setiap *loadcase*, dan rasio dari tegangan yang dikalkulasikan yang dibandingkan dengan tegangan ijin. Dari data yang diperoleh telihat apakah nilai tegangan yang dikalkulasi mengalami overstress atau tidak. Hasil analisa secara detail dapat dilihat pada table 4.6 yang merupakan titik tertinggi terjadinya tegangan pada setiap *loadcase.*

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

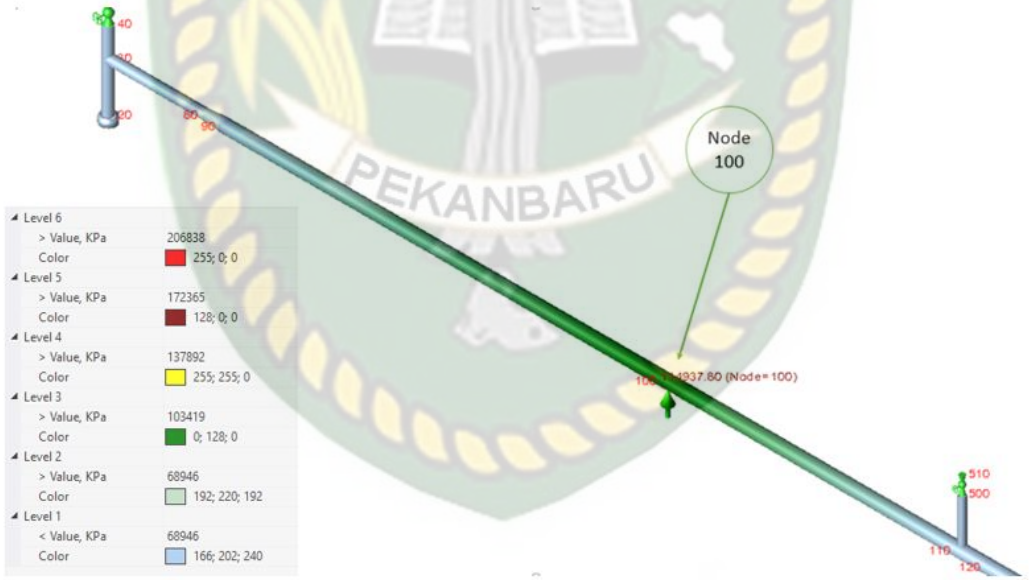
Table 4.5 Hasil Analisa Tegangan Tertinggi Pada Setiap *Loadcase*

Loadcase	**Name**	**Node**	***Allowable Stress* (kPa)**	***Code Stress* (kPa)**	***Ratio* (%)**	***Information***
L1 = W+T1+P1 (OPE)	*Operating Case Condition 1*	100	0	114937.8	0	Safe
L2 = W+P1 (Alt SUS)	*Alternate Sustained Stress Based On Operating Condition 1*	100	137892	134328.5	97.4	Safe
L3 = W+T2+P2 (OPE)	*Operating Case Condition 2*	100	0	114384.8	0	Safe
L4 = W+P2 (Alt SUS)	*Alternate Sustained Stress Based On Operating Condition 2*	100	137892	133645.4	96.9	Safe
L5 = W+T3+P1 (OPE)	*Operating Case Condition 3*	100	0	114937.8	0	Safe
L6 = W+P1 (Alt SUS)	*Alternate Sustained Stress Based On Operating Condition 3*	100	137892	134328.8	97.4	Safe
L7 = W+P1 (SUS)	*Sustained Case Condition 1*	100	137892	134328,5	97.4	Safe
L8 =W+P2 (SUS)	*Sustained Case Condition 2*	100	137892	133645,4	96.9	Safe
L9 = WNC (SUS)	*Weight No Content*	100	137892	104776.9	76	Safe
L10 = L1-L7 (EXP)	*Expansion Case Condition 1*	278	338990.3	31606	9.2	Safe
L11 = L3-L8 (EXP)	*Expansion Case Condition 2*	490	338990.3	17909.4	5.3	Safe
L12 = L1-L3 (EXP)	*Expansion Case Condition 3*	490	336507.7	13816.8	4.1	Safe
L13 = L5-L7 (EXP)	*Expansion Case Condition 1-2*	490	327346.5	6295.8	1.9	Safe
L14 = L1-L5 (EXP)	*Expansion Case Condition 1-3*	490	336507.7	25296.9	7.5	Safe
L15 = L3-L5 (EXP)	*Expansion Case Condition 2-3*	490	336507.7	11480.1	3.4	Safe

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Berdasarkan data analisis pada table 4.5 hasil dari kalkulasi dengan menggunakan *Software CAESAR II 2019* menunjukkan bahwa tidak ada *loadcase* yang mengalami *overstress*, namun ada beberapa *loadcase* yang memiliki rasio tegangan yang hampir mendekati 100%. *Loadcase* tersebut adalah *loadcase* 2, 6, 7 dengan rasionya 97,4% pada nodal 100.

Hasil analisa tersebut menunjukan bahwa jalur perpipaan minyak dari sumur A ke *manifold* sumur pada PT SPR Langgak masih termasuk aman dalam operasi dan perlu pengecekan secara berkala. Meskipun begitu tetap perlu dilakukan modifikasi karena ada beberapa *loadcase* yang rasionya sangat tinggi agar system perpipaan tersebut dapat dikategorikan lebih aman.



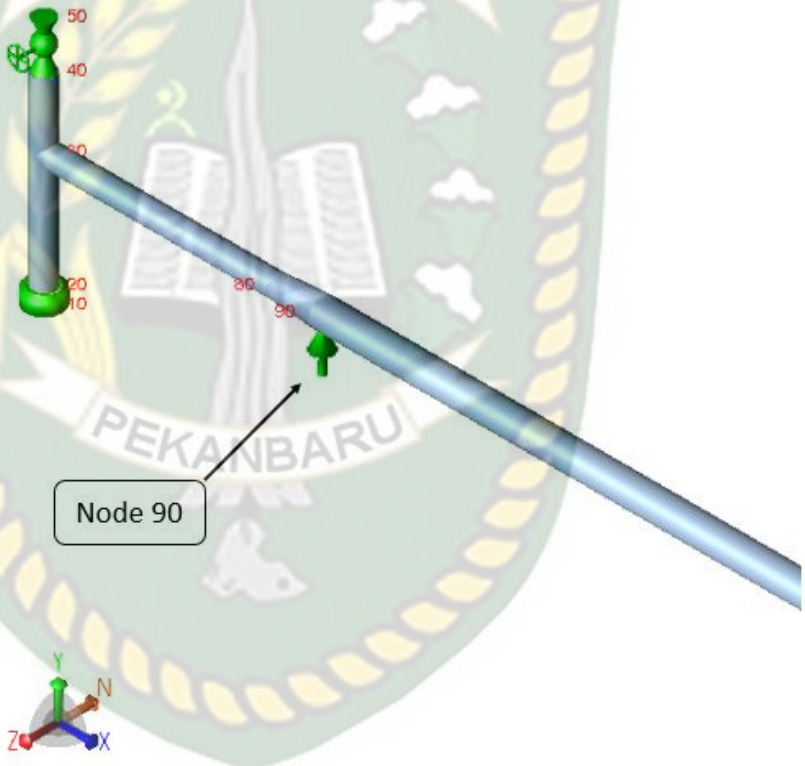
Gambar 4.8 Titik Terjadinya Tegangan Tertinggi

Pada gambar 4.8 merupakan titik tertinggi terjadinya tegangan pada jalur system perpipaan yang terjadi pada node 100. Hal ini ditunjukkan dengan warna hijau pada jalur pipa yang mana tegangan tidak mengalami *overstress.*

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

4.4 Modifikasi Pada Sistem Perpipaan

Berdasarkan hasil analisa diatas, terdapat beberapa *loadcase* yang memiliki nilai tegangan yang tinggi terjadi pada node 100. Untuk mengurangi rasio tegangan tersebut, maka dilakukan modifikasi pada jalur perpipaan dengan menambahkan *support*. Penambahan *support* ini dilakukan pada arah sumbu Y. Jarak dari sumur ke node 100 cukup jauh, maka ditambahkan *support* pada node 90. *Support* yang digunakan yaitu tipe Y+ seperti Gambar 4.9

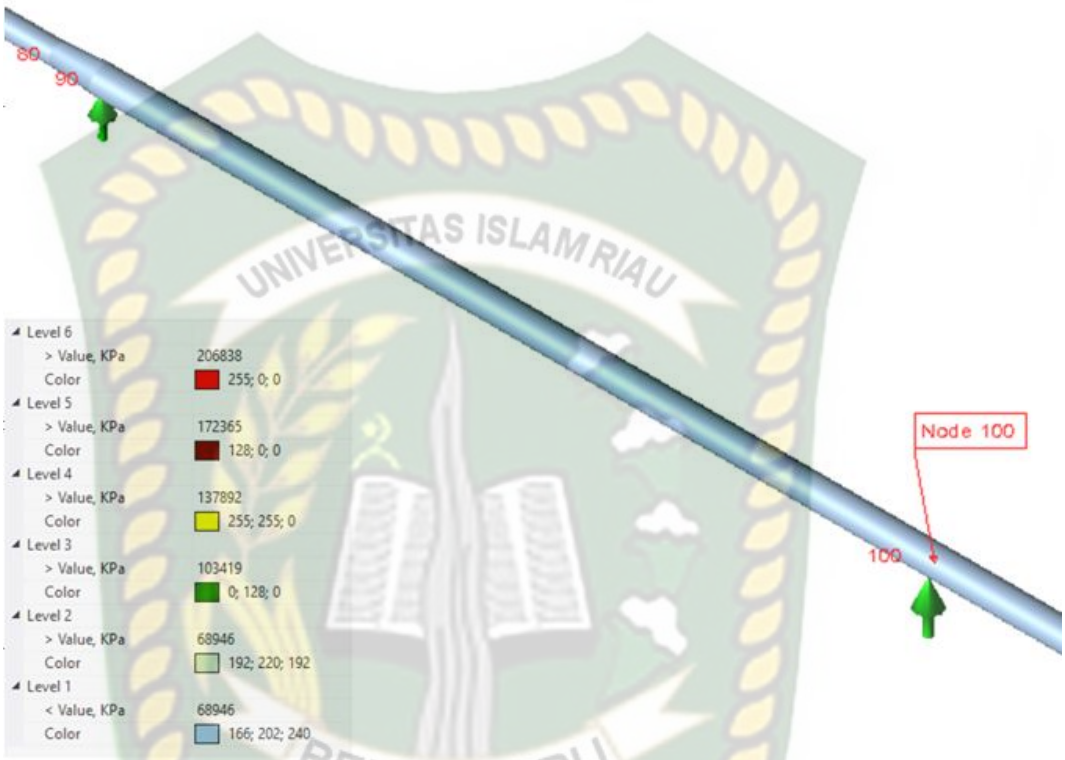


Gambar 4.9 Penambahan *Support* Y+ pada node 90

Pada gambar 4.9 merupakan gambar modifikasi jalur perpipaan dengan menambahkan support jenis Y+ pada node 90. Penambahan support ini bertujuan untuk mengurangi tegangan yang terjadi pada node 100 yang rasio tegangannya 97,4% dengan nilai tegangannya sebesar 134328,5kPa.

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Setelah dilakukan modifikasi pada jalur perpipaan tersebut, terjadi perubahan yang dilihat dari warna pada jalur pipa. Jalur pipa yang telah dimodifikasi dapat dilihat pada gambar 4.10:



Gambar 4.10 Tegangan Pada Jalur Pipa Node 100 Setelah Modifikasi

Pada gambar 4.10 menunjukkan tampilan jalur pipa yang telah dimodifikasi. Tampilan ini menunjukkan jalur pipa dengan warna biru yang menandakan tegangan pada jalur tersebut sudah menurun dari rasio tegangan 97,4 % menjadi 5,2%.

4.4.1 Analisa Setelah Modifikasi

Hasil modifikasi pada jalur pipa seperti pada gambar 4.9 menandakan tidak terjadi lagi tegangan maksimum pada node 100. Hasil kalkulasinya dapat dilihat pada table 4.7 sebagai berikut:

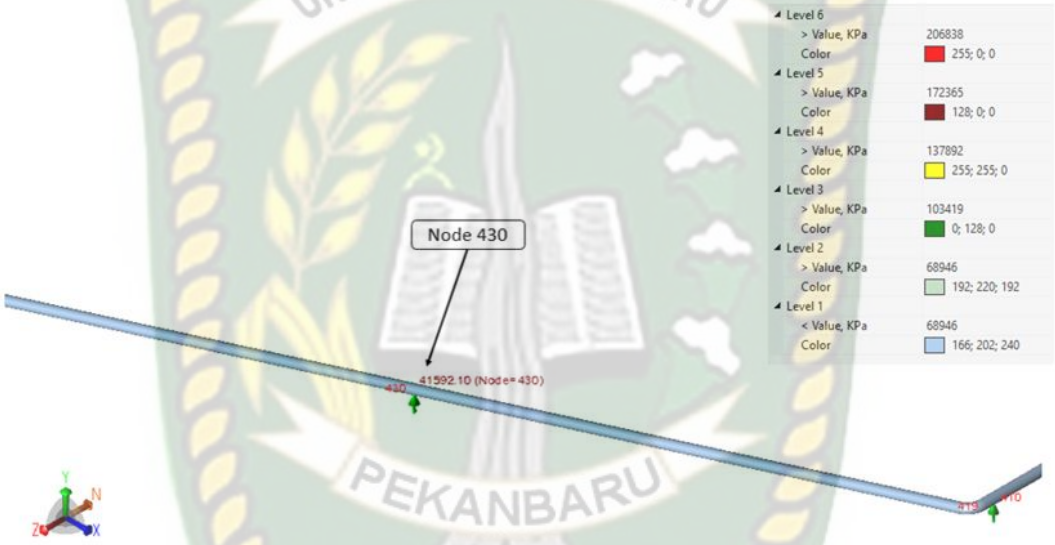
Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Table 4.6 Hasil Analisa Tegangan Tertinggi Pada Setiap *Loadcase* Setelah Modifikasi

Loadcase	***Name***	**Node**	***Allowable Stress* (kPa)**	***Code Stress* (kPa)**	***Ratio* (%)**	***Information***
L1 = W+T1+P1 (OPE)	*Operating Case Condition 1*	270	0	35520	0	Safe
L2 = W+P1 (Alt SUS)	*Alternate Sustained Stress Based On Operating Condition 1*	430	137892	41591.6	30.2	Safe
L3 = W+T2+P2 (OPE)	*Operating Case Condition 2*	430	0	34375.2	0	Safe
L4 = W+P2 (Alt SUS)	*Alternate Sustained Stress Based On Operating Condition 2*	430	137892	40888.8	29.7	Safe
L5 = W+T3+P1 (OPE)	*Operating Case Condition 3*	430	0	35193	0	Safe
L6 = W+P1 (Alt SUS)	*Alternate Sustained Stress Based On Operating Condition 3*	430	137892	41557.8	30.1	Safe
L7 = W+P1 (SUS)	*Sustained Case Condition 1*	430	137892	41527	30.1	Safe
L8 =W+P2 (SUS)	*Sustained Case Condition 2*	430	137892	40844	29.6	Safe
L9 = WNC (SUS)	*Weight No Content*	430	137892	27182.3	19.7	Safe
L10 = L1-L7 (EXP)	*Expansion Case Condition 1*	278	339008.7	31540.3	9.3	Safe
L11 = L3-L8 (EXP)	*Expansion Case Condition 2*	278	339008.7	17851.2	5.3	Safe
L12 = L1-L3 (EXP)	*Expansion Case Condition 3*	279	336506.6	13804.1	4.1	Safe
L13 = L5-L7 (EXP)	*Expansion Case Condition 1-2*	470	327346.6	6295.9	1.9	Safe
L14 = L1-L5 (EXP)	*Expansion Case Condition 1-3*	279	336506.6	25428.4	7.6	Safe
L15 = L3-L5 (EXP)	*Expansion Case Condition 2-3*	279	336506.6	12624.3	3.5	Safe

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Pada tabel 4.6 merupakan hasil kalkulasi dengan software setelah dilakukannya modifikasi pada jalur pipa dengan menambahkan *support* Y+ pada node 90. Hasil kalkulasi menunjukkan tidak terjadi lagi tegangan tertinggi pada loadcase pada node 100. Dapat dilihat pada table 4.6 hasil kalkulasi menggunakan *Software CAESAR II 2019* menunjukkan bahwa tegangan tertinggi terjadi pada *loadcase* 2 dan 2 pada node 430 dengan rasio tegangan 30,2% dan nilai tegangannya 41619,7 kPa.



Gambar 4.11 Tegangan Tertinggi Setelah Modifikasi

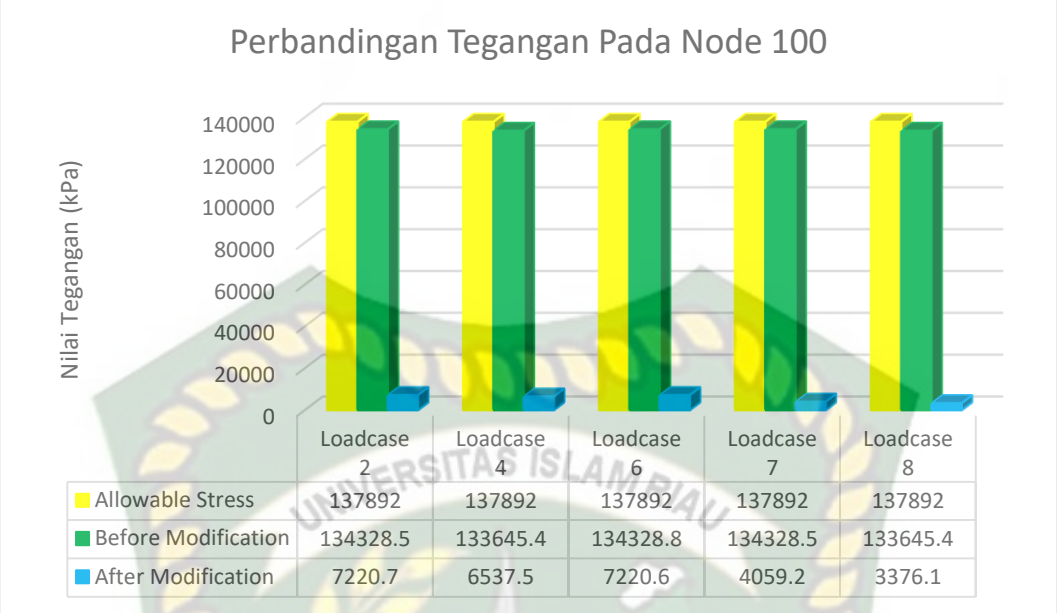
Pada gambar 4.11 merupakan titik terjadinya tegangan tertinggi setelah dilakukannya modifikasi pada jalur perpipaan. Dari gambar terlihat bahwa tegangan yang terjadi pada pipa tidak terlalu besar lagi. Hal ini dibuktikan dengan pipa pada node 430 berwarna biru muda. Ini menunjukkan rasio dari tegangan pipa tidak terlalu tinggi lagi. Maka jalur ini dapat dikatakan aman untuk beroperasi. Hal ini sudah dipastikan karena proses analisa dilakukan dengan menggunakan *Software CAESAR II 2019*. Analisis dengan menggunakan *Software* ini sangat membantu dalam *Engineering* terutama didalam *mechanical design* dan *piping system* sehingga dapat diselesaikan dengan mudah.

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Tabel 4.8 Nilai Tegangan Tertinggi Sebelum dan Sesudah Modifikasi Pada Node 100

Loadcase	Name	Node	*Allowable Stress* (kPa)	*Before Modification*			*After Modification*		
				Code Stress (kPa)	*Ratio (%)*	*information*	*Code Stress (kPa)*	*Ratio (%)*	*information*
L1 = W+T1+P1 (OPE)	*Operating Case Condition 1*	100	0	114937.8	0	Safe	3200,1	0	Safe
L2 = W+P1 (Alt SUS)	*Alternate Sustained Stress Based On Operating Condition 1*	100	137892	134328.5	97.4	Safe	7220,7	5,2	Safe
L3 = W+T2+P2 (OPE)	*Operating Case Condition 2*	100	0	114384.8	0	Safe	2636,9	0	Safe
L4 = W+P2 (Alt SUS)	*Alternate Sustained Stress Based On Operating Condition 2*	100	137892	133645.4	96.9	Safe	6537,5	4,7	Safe
L5 = W+T3+P1 (OPE)	*Operating Case Condition 3*	100	0	114937.8	0	Safe	3188	0	Safe
L6 = W+P1 (Alt SUS)	*Alternate Sustained Stress Based On Operating Condition 3*	100	137892	134328.8	97.4	Safe	7220,6	5,2	Safe
L7 = W+P1 (SUS)	*Sustained Case Condition 1*	100	137892	134328,5	97.4	Safe	4059,2	2,9	Safe
L8 =W+P2 (SUS)	*Sustained Case Condition 2*	100	137892	133645,4	96.9	Safe	3376,1	2,4	Safe
L9 = WNC (SUS)	*Weight No Content*	100	137892	104776.9	76	Safe	4551,2	3,3	Safe
L10 = L1-L7 (EXP)	*Expansion Case Condition 1*	278	338990.3	31606	9.2	Safe	31540,3	9,3	Safe
L11 = L3-L8 (EXP)	*Expansion Case Condition 2*	490	338990.3	17909.4	5.3	Safe	15254,6	4,5	Safe
L12 = L1-L3 (EXP)	*Expansion Case Condition 3*	490	336507.7	13816.8	4.1	Safe	12787,3	3,8	Safe
L13 = L5-L7 (EXP)	*Expansion Case Condition 1-2*	490	327346.5	6295.8	1.9	Safe	6546,9	2	Safe
L14 = L1-L5 (EXP)	*Expansion Case Condition 1-3*	490	336507.7	25296.9	7.5	Safe	25574,6	7,6	Safe
L15 = L3-L5 (EXP)	*Expansion Case Condition 2-3*	490	336507.7	11480.1	3.4	Safe	10431,7	3,1	Safe

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Digitalisasi Arsip Milik :



Gambar 4.12 Grafik Perbandingan Tegangan

Berdasarkan tabel 4.7 terlihat bahwa nilai tegangan maksimum yang terjadi pada jalur pipa sebelum dan sesudah modifikasi. Pada *loadcase* 2, 4, 6, 7, 8 sebelum modifikasi rasio tegangannya hampir mendekati 100%. Modifikasi dilakukan dengan menambahkan *support* Y+ pada node 90 dan hasil modifikasi memperlihatkan nilai tegangan berkurang menjadi 5,2%, 4,7%, 5,2%, 2,9%, dan 2,4%.

Dari gambar 4.12 diketahui bahwa nilai tegangan pada *loadcase* 2 berkurang dari 1344328,5 kPa menjadi 7220,7 kPa, pada *loadcase* 4 berkurang dari 133428,4 kPa menjadi 6537,5 kPa, *loadcase* 6 berkurang dari 134328,8 kPa menjadi 7220,6 kPa, *loadcase* 7 berkurang dari 134328,5 kPa menjadi 4059,2 kPa, pada *loadcase* 8 berkurang dari 133645,4 kPa menjadi 3376,1 kPa.

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan tegangan yang terjadi pada system perpipaan minyak dari sumur A ke *manifold* sumur dengan menggunakan *software CAESAR II 2019* pada PT SPR Langgak dapat disimpulakn sebagai berikut:

1. System perpipaan yang dianalisa dan hasil kalkulasi dengan menggunakan *software CAESAR II 2019* tidak mengalami *overstress*.
2. Titik terjadinya tegangan tertinggi berada pada node 100 dengan 5 *loadcase*. Pada *loadcase* 2 rasio tegangannya mencapai 97,4% dengan nilai tegangannya 134328,5 kPa, pada *loadcase* 4 rasio tegangannya 96.9% dengan nilai tegangan 133645,4 kPa, pada *loadcase* 6 rasio tegangan 97,4 % dengan nilai tegangan 134328,6 kPa, pada *loadcase* 7 rasio tegangan 97,4% dengan nilai tegangan 134328,5 kPa, pada *loadcase* 8 rasio tegangannya 96,9 dengan nilai tegangan 133645,4 kPa. Nilai tegangan tersebut dibandingkan dengan nilai batas tegangan izin berdasarkan standar ASME B31.3 yaitu 137892 kPa.
3. Dilakukan modifikasi pada jalur perpipaan agar nilai tegangan yang terjadi tidak mendekati nilai tegangan izin sesuai dengan standar ASME B31.3 . Modifikasi dilakukan dengan penambahan *support* Y+ pada node 90. Setelah dilakukan modifikasi terjadi penurunan tegangan pada node 100 pada *loadcase* 2 menjadi 7220,7 kPa dengan rasio 5,2%, pada *loadcase* 4 menjadi 6537,5 kPa dengan rasio 4,7%, pada *loadcase* 6 menjadi 7220,6

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

kPa dengan rasio 5,2%, pada *loadcase* 7 menjadi 4059,2 kPa dengan rasio 2,9%, pada *loadcase* 8 menjadi 3376,1 kPa dengan rasio 2,4%

5.2 SARAN

Adapun saran untuk yang dibutuhkan dalam system perpipaan minyak pada PT Sarana Pembangunan Riau adalah sebagai berikut:

1. Pengecekan secara berkala pada jalur perpipaan untuk mengetahui apakah tegangan maksimum yang terjadi memberikan dampak pada saat beroperasi.
2. Memberikan perhatian lebih terhadap *equipment* pipa dengan beban yang besar, karna berpotensi mengalami *overstress.*
3. Karna pada beban operating tidak ada *allowable* maka belum tentu tegangan tersebut aman atau tidak. Perlu diperhatikan apabila beban yang terjadi tidak melebihi dari beban ijin terbesar dari *loadcase* yang lain maka tegangan yang terjadi masih dalam keadaan aman.

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

DAFTAR PUSTAKA

Abdillah, A. (2014). *Analisa Tegangan Pipa Pada Jalur Pemipaan Gas Dengan Pendekatan Perangkat Lunak.* Bengkulu: Universitas Bengkulu.

Antaki, G, A. (2005). *Piping and Pipeline Enginering*. Ney York: Marcel Dekker, INC

ASME. (2016). *Process Piping ASME Code for Pressure Piping B31.3.* New York.

ASME B16.5. 1996*. "Pipe Flanges and Flange Fitting", USA.*

Attariq, M., Satria, I., Duskiardi. (2017). *Analisa Tegangan Statik Pipa Yang Terhubung Dengan Tangki Minyak (Oil Tank) Menggunakan Software Caesar II.* Padang: Universitas Bung Hatta.

Chamsudi, A. (2005). *Diktat - Piping Stress Analysis.* Jakarta: Chamsudi Copyright.

Haryono, S., Purwadi, M, D., Basori. (2014). *Analisis Tegangan Sistem Perpipaan Minyak Pada Sisi Hisap Pompa Dengan Perangkat Lunak CAESAR II.* 16(2)

Husen, A., Cholis, N., & Setiadi, A. N. (2018). *Analisis Tegangan Pipa pada Sistem Instalasi Perpipaan Geothermal di Proyek X*. *Bina Teknika*, 63.

Husodo, A, W., Mahardhika, P., Vadilla, V. (2019). *Analisa Fleksibilitas Sistem Perpipaan Pada Fatty Acid Plant Akibat Pergeseran Posisi Evaporator. e-*ISSN, 112-118

Maulana, A. (2016). *Perhitungan Tegangan Pipa Dari Discharge Kompresor Menuju Air Cooler Menggunakan Software CAESAR II 5.10 pada Proyek Gas Lift Compressor Station*. *JTM*, 50-63.

Manurung, P., & Syam, B. (2013). Analisa Tegangan Pipa pada Sistem Perpipaan Heavy Fuel Oil dari Daily Tank Unit 1 dan Unit 2 Menuju Heat Exchanger PLTU Belawan. *E-Dinamis*, 39-40.

Mulyanto, S. (2015). *Analisa Tegangan Pipa Steam Low Condensate Diameter 6" Pada PT IKPT. JMT,* 14-19.

Nayyar, M. (2000). *Piping Handbook.* New York: McGraw-Hill.

Peng, Ling-Chuan, dan Tsen Long Peng. *Pipe Stress Engineering*. USA: ASME Press. 2009.

Pridyatama, P. A. (2014). *Analisa Rancangan Pipe Support pada Sistem Perpipaan High Pressure Vent Berdasarkan Stress Analysis dengan Pendekatan Caesar II.* Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November.

Rohana, M. (2009). *Analisa Tegangan Pada Sistem Perpipaan Ammonia Unitized Chiller.* Depok: Universitas Indonesia.

Saputro, A, D., Kurniawan, B, A. (2015). *Analisa Rancangan Pipe Suppport Sistem Perpipaan Dari Pressure Vessel Ke Air Condenser Berdasarkan Stress Analysis Dengan Pendekatan CAESAR II. ITS, 1-5*

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Sherwood, D, R. (1978). *The Piping Guide For ThSe Design And Drafting Of Industrial Piping System*, Syentek Inc: USA

Sukanta, Angga. (2014). *Evaluasi Lintasan Pemboran Berarah Pada Sumur X Ditinjau Dari Aspek Geologi, Rangkaian BHA, dan Parameter Pemboran.* Jakarta: Universitas Trisakti.

Swardika, A, Y, P. (2014). *Analisa Tegangan Dan Defleksi Pipa Dengan Software Caesar II Verso 5.00 Pada Jalur Main Steam Pipe Di PT. PJB Unit Bisnis Jasa Operating & Maintenance PLTU Pacitan.* Yogyakarta: UMY Repository

Theprocesspiping.com (diakses tanggal 10 November 2020)

Usman, N, A. (2018). *Analisis Tegangan Pipa dan Defleksi Pada Jalur Penghubung Reaktor (RE-101) Pada Vinylchoride Monomer (VCM) Plant PT ASAHIMAS CHEMICAL Dengan Menggunakan Software Caesar II 2016.* Yogyakarta: UMY Repository

Wijaya, I. (2018). *Analisis Tegangan Pipa, Defleksi, Dan Pengecekan Kebocoran Flange Menggunakan CAESAR II 2013 Pada Jalur Pipa TN-S177RC TUNU PHASE 11A PT. TOTAL E&P INDONESIA. UMY Repository*.

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :