

TUGAS AKHIR

**ANALISA TEGANGAN PIPA PADA JALUR PERPIPAAN MINYAK MENTAH
DARI SUMUR B KE MANIFOLD SUMUR PADA PT. SARANA
PEMBANGUNAN RIAU (SPR) LANGGAK DENGAN PERANGKAT LUNAK
CAESAR II 2019**

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik*



Disusun Oleh :

MUHAMMAD IQBAL

16.331.0687

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS ISLAM RIAU

PEKANBARU

2021

ANALISA TEGANGAN PIPA PADA JALUR PERPIPAAN MINYAK MENTAH DARI SUMUR B KE MANIFOLD SUMUR PADA PT. SARANA PEMBANGUNAN RIAU (SPR) LANGGAK DENGAN PERANGKAT LUNAK CAESAR II 2019

Muhammad iqbal^{1*}, Syawaldi¹

¹Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Islam Riau

*Email: muhammadiqbal06@student.uir.ac.id

Abstrak

Sistem perpipaan di PT. Sarana Pembangunan Riau sudah cukup lama beroperasi di industry perminyakan, karna itu system perpipaan pada PT Sarana Pembangunan Riau perlu dilakukan pengecekan atau maintenance, untuk menganalisa tegangan pipa apakah masih dalam keadaan aman menggunakan *Software Caesar II 2019*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan titik tegangan tertinggi yang terjadi pada system perpipaan, dan mengetahui besar yang terjadi akibat beban sustained dan beban expansion. Dari penelitian ini didapatkan hasil kalkulasi tegangan tertinggi dibandingkan dengan nilai tegangan yang rasio izinkan, pada nilai tegangan tertinggi tidak boleh melebihi 100%, jika terjadi maka system perpipaan perlu dilakukan modifikasi berupa penambahan *Support*, hasil pada desain awal dengan nilai tegangan tertingginya tidak berbahaya tapi hampir mendekati 100% dan ada 4 *Loadcase* pada *Node 80* yang berbeda, pada *Loadcase 2* dengan nilai tegangan 127420.5 KPa, 92.4% pada *Loadcase 4* dengan nilai tegangan 126908.2 KPa, 92,0%. Pada *Loadcase 6* dengan nilai tegangan 127420.5 KPa, 92.4%. pada *Loadcase 7* dengan nilai tegangan 127420.5 KPa, 92.4. setelah dilakukan modifikasi terjadi penurunan tegangan pada *Loadcase 2* dengan nilai tegangan 5871.6 KPa, 4.3%. pada *Loadcase 4* dengan nilai tegangan 5359.2 KPa, 3.9%. pada *Loadcase 6* dengan nilai tegangan 5671.6 KPa, 4.3%. pada *Loadcase 7* dengan nilai tegangan 5871.6 KPa, 4.3%. dan kesimpulan dari data yang didapatkan pada analisa system perpipaan agar bisa mengurangi rasio tegangan yang hamper mendekati 100% maka diberi *Support Y+* pada *node 60* hingga menghasilkan rasio 4.3%.

Kata Kunci :Sistem Perpipaan, Tegangan Pipa, ASME B31.3, CAESAR II 2019

PIPE VOLTAGE ANALYSIS ON CRUDE OIL PIPING LINE FROM WELL B TO MANIFOLD WELLS AT PT. RIAU DEVELOPMENT FACILITIES (SPR) WITH THE CAESAR II 2019 SOFTWARE

Muhammad iqbal^{1*}, Syawaldi¹

¹Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Islam Riau

*Email: muhammadiqbal06@student.uir.ac.id

Abstract

The piping system at PT. Sarana Pembangunan Riau has been operating in the petroleum industry for a long time, therefore the piping system at PT Sarana Pembangunan Riau needs checking or maintenance, to analyze the pipe tension whether it is still in a safe state using Caesar II 2019 Software. The purpose of this research is to get a stress point. the highest that occurs in the piping system, and knows the amount that occurs due to sustained loads and expansion loads. From this research, it is found that the calculation of the highest voltage is compared to the value of the allowable voltage ratio, at the highest voltage value it cannot exceed 100%, if this happens, the piping system needs to be modified in the form of additional support, the results of the initial design with the highest voltage value are not dangerous but almost close to 100% and there are 4 Loadcases on different Node 80, on Loadcase 2 with a voltage value of 127420.5 KPa, 92.4% on Loadcase 4 with a voltage value of 126908.2 KPa, 92.0%. In Loadcase 6 with a voltage value of 127420.5 KPa, 92.4%. on Loadcase 7 with a voltage value of 127420.5 KPa, 92.4. after modification, there was a voltage drop on Loadcase 2 with a voltage value of 5871.6 KPa, 4.3%. on Loadcase 4 with a voltage value of 5359.2 KPa, 3.9%. on Loadcase 6 with a voltage value of 5671.6 KPa, 4.3%. on Loadcase 7 with a voltage value of 5871.6 KPa, 4.3%. and the conclusion from the data obtained in the piping system analysis in order to reduce the voltage ratio which is almost close to 100%, then it is given Support Y + at node 60 to produce a ratio of 4.3%.

Keywords: *Piping System, Pipe Stress, ASME B31.3, CAESAR II 2019*

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 proposal tugas sarjana yang berjudul “Analisa Tegangan Pipa Pada Jalur Perpipaan Minyak Mentah Dari Sumur B Ke *Manifold* Sumur Pada PT.Sarana Pembangunan Riau (SPR) Langgak Menggunakan *Software Caesar II 2019*” dengan baik sebagai syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Strata 1 (S1) Teknik Mesin. Sholawat serta salam senantiasa selalu tercurahkan kepada baginda Rasulullah Muhammad SAW, yang mana telah membawa kita 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 diakhirat kelak.

Proposal tugas sarjana ini tidak akan terwujud tanpa bantuan, dukungan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Untuk itu, dengan segala kerendahan hati penulis haturkan ucapan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Eng. Muslim, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Islam Riau.
2. Bapak Ir. Syawaldi, M.sc. selaku Kepala Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Islam Riau.
3. Bapak Rafil Arizona, S.T., M.Eng selaku Sekretaris Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Islam Riau.
4. Bapak Ir. Syawaldi, M.sc. selaku Dosen Pembimbing dalam penyelesaian tugas akhir sarjana ini.
5. Bapak Irwan Anwar ST., MT. Dan Ibuk Dr. Kurnia Hastuti ST., MT. selaku Dosen Penguji Penyelesaian proposal tugas sarjana ini.
6. Kepada seluruh dosen Program Studi Teknik Mesin yang telah menuangkan ilmunya kepada saya.

7. Teman-teman dan orang terkasih Zulfikar Putra, Ali Afdil, Dita Octaviani yang sudah membantu saya dalam menyelesaikan Skripsi tugas sarjana sampai dengan selesai dan memberikan semangat serta dukungannya kepada penulis.

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

Wassalamualaikum, Wr. Wb.

Pekanbaru, 21 Oktober 2021

Muhammad Iqbal

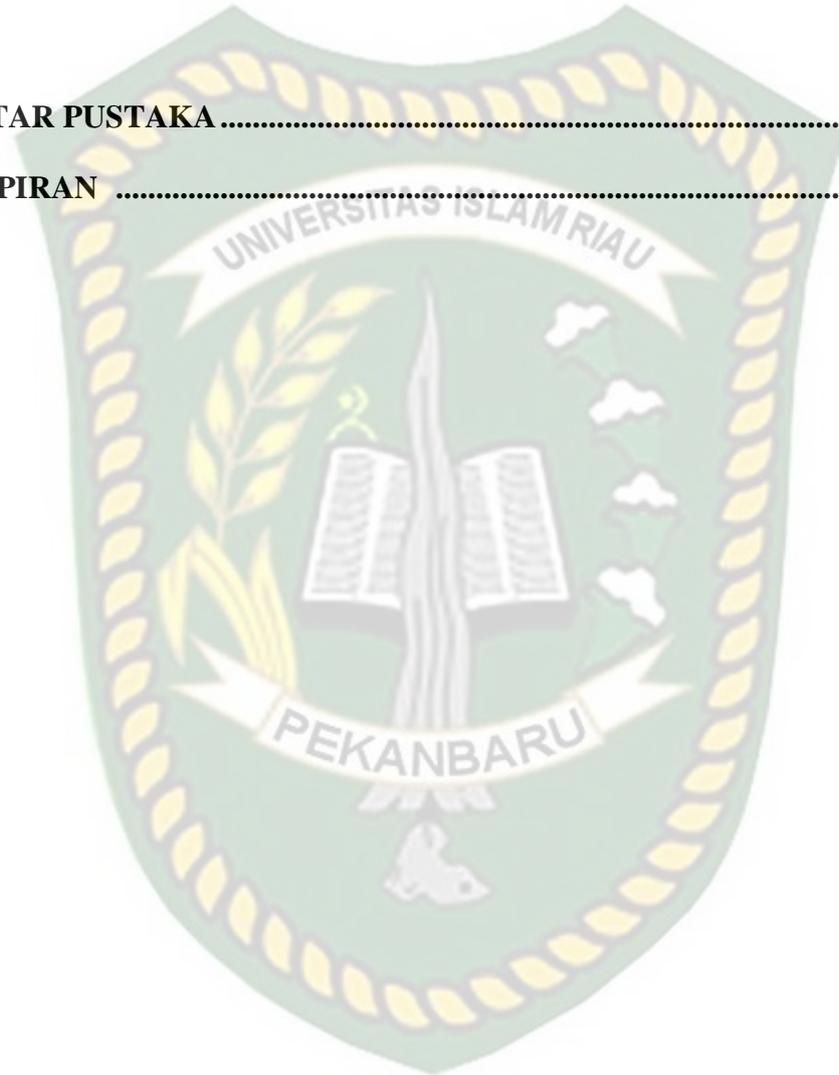
163310687

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR.....	ii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL	viii
BAB I :PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian.....	3
1.4. Manfaat Penelitian.....	3
1.5. Batasan Penelitian	3
1.6. Sistematika Penulisan.....	4
BAB II : TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Sistem Perpipaan	5
2.1.1. <i>Piping</i>	6
2.1.2. <i>Pipeline</i>	6
2.2 Komponen Sistem.....	8
2.2.1. Pipa-pipa (<i>pipes</i>)	8
2.2.2. Flens (<i>flange</i>).....	8
2.2.3. Support Pada Perpipaan	9
2.2.4. Sambungan (<i>Fitting</i>)	10
2.2.5 Jarak Penyangga Pipa.....	11
2.3 Jenis-jenis Beban Pada Sistem Perpipaan.....	12
2.3.1. Beban Internal	12
2.3.2. Beban Eksternal.....	12
2.4 Material Pipa.....	14
2.5 Tegangan Pada Sistem Perpipaan	15

2.5.1. Tegangan Longitudinal	17
2.5.2. Tegangan Tangensial	19
2.5.3. Tegangan Radial.....	20
2.6 Ketebalan Pipa (<i>Wall Thicknes</i>)	20
2.7 Kode dan Standar Perpipaan	22
2.8 Rumus-rumus Yang Digunakan	23
2.8.1. Sustained Loads	23
2.8.2. Expansion Loads	24
2.9. Definisi Aplikasi <i>Caesar II 2019</i>	26
BAB III : METODOLOGI PENELITIAN	28
3.1 Waktu Dan Tempat Penelitian	28
3.2 Diagram Alir	28
3.3 Pengumpulan data	30
3.4 Persiapan Pemodelan	30
3.5 Standar Dan Kode Yang Digunakan.....	31
3.6 Satuan pada Software.....	31
3.7 Prosedur analisa Caesar II 2019.....	32
BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN	37
4.1 Perhitungan	37
4.1.1 Ketebalan Minimum (<i>Minimum Thikness</i>)	38
4.1.2 Jarak Penyangga Pipa (<i>Pipe Support Span</i>)	39
4.1.3 Tegangan Pipa.....	41
4.2 Pembuatan Model Sistem Perpipaan	47
4.3 Hasil Analisa Tegangan Pada Pipa	50
4.4 Modifikasi Pada Sistem Perpipaan	54

BAB V : PENUTUP	60
5. 1 Kesimpulan	60
5. 2 Saran	60
DAFTAR PUSTAKA	61
LAMPIRAN	62



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Perbedaan <i>Piping</i> dan <i>Pipeline</i>	6
Gambar 2.2 <i>Onshore Pipeline</i> dan <i>offshore Pipeline</i>	7
Gambar 2.3 Flens (<i>flange</i>).....	9
Gambar 2.4 Elbow	10
Gambar 2.5 Sambungan Tee	11
Gambar 2.6 Diagram Tegangan-Regangan Baja Lunak	16
Gambar 2.7 Tegangan Aksial Pada Pipa.....	17
Gambar 2.8 Tegangan Longitudinal	18
Gambar 2.9 Tegangan Tangensial.....	19
Gambar 2.10 Tegangan Radial.....	20
Gambar 3.1 Diagram Alir	26
Gambar 3.2 Tampilan awal <i>Caesar II 2019</i>	30
Gambar 3.3 Pengaturan satuan.....	31
Gambar 3.4 Tampilan Input Data	31
Gambar 3.5 Pemeriksaan kesalahan (<i>Error Checking</i>).....	32
Gambar 3.6 Tampilan kalkulasi tegangan.....	33
Gambar 3.7 Hasil analisis	33
Gambar 4.1 <i>Checking Error</i>	43
Gambar 4.2 Jalur sumur ke <i>check valve</i>	44
Gambar 4.3 Jalur perpipaan dari <i>check valve</i> ke <i>manifold</i> sumur.....	45
Gambar 4.4 Titik terjadinya tegangan tertinggi	48
Gambar 4.5 Penambahan Support Y+ pada node 60	49

Gambar 4.6 Tegangan jalur pipa setelah dimodifikasi..... 50

Gambar 4.7 Tegangan tertinggi setelah dimodifikasi 52

Gambar 4.8 Grafik perbandingan tegangan 53



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Material Perpipaan Dan Aplikasinya	14
Tabel 2.2 Material Perpipaan Yang Umum Digunakan	15
Tabel 2.3 Standart Schedule Pipa	21
Tabel 3.1 <i>Ghant Chart</i>	25
Tabel 3.2 Satuan Pada Permodelan	29
Tabel 4.1 Ketebalan minimum pipa	35
Tabel 4.2 Data Material Pipa	37
Tabel 4.3 Tegangan izin Material	37
Tabel 4.4 Perbandingan perhitungan teoritis dan aktual	45
Tabel 4.5 Nilai Tegangan Tertinggi	46
Tabel 4.6 Data Spesifikasi Pipa	47
Tabel 4.7 hasil analisa perpipaan pada <i>loadcase</i> setelah dimodifikasi	56
Tabel 4.8 Nilai Sebelum dan Sesudah Modifikasi Pada Node 80.....	59

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sistem perpipaan adalah salah satu sistem yang digunakan untuk melakukan pemindahan fluida kerja antar peralatan (*equipment*) dalam pabrik (*plant*) atau dari tempat pertama menuju tempat lain sehingga berlangsungnya produksi. Sistem pada perpipaan (*piping sistem*) dilengkapi dengan bagian-bagian seperti pompa flens, percabangan, *zozzle*, *reducer*, belokan, katup, dan lain-lain. Dalam sistem perpipaan dibedakan menjadi dua yaitu *piping* dan *pipeline piping* digunakan untuk mengalirkan fluida dari tempat ke tempat lain dengan jarak yang dekat dan pipa relative lebih kecil, sedangkan *pipeline* digunakan untuk mengalirkan dengan pipa yang cukup besar dan jarak relative lebih jauh (Saputra, 2015).

Aplikasi pada penggunaan sistem perpipaan dapat ditemukan hampir pada semua industry, salah satunya PT SPR Langgak biasanya dimulai dari sistem pipa tunggal yang sederhana sampai sistem perpipaan cabang yang begitu banyak rangkaian atau kompleks pada sistem perpipaan.

Dalam proses aliran fluida di sistem perpipaan ini salah satu yaitu pengakutan pada minyak mentah yang dialirkan dari sumur menuju ke *Manifold* sumursementara, dan pada aliran ini akan terjadi tegangan yang menyebabkan beban yang berlebihan, beban yang disebabkan itu karena pengaruh temperature dari lingkungan yang berubah pada saat pipa sedang beroperasi yang disebabkan beban thermal.

Maka dalam studi kasus masalah yang akan dilakukan penulis akan menggunakan bantuan dari perangkat lunak *CAESAR II 2019* yang dimana hasilnya akan diperoleh hasil tegangan yang digunakan pada perangkat lunak yang dipakai dan menggunakan aplikasi ini untuk bertujuan mempermudah pengambilan data yang akan kita perlukan.

Pada judul ini telah ada juga yang mengangkat pada sistem perpipaan yaitu “Analisa Tegangan pipa Pada Jalur Pemipaan Gas Dengan Pendekatan Perangkat Lunak” yang dimana pada sumber ini mengangkatnya pada pemipaan gas, sedangkan pada judul ini mengangkat pada pipa perminyakan (Abdillah.Arno, 2014).

Berdasarkan latar belakang maka dari itu penulis mengangkat judul tentang analisa tegangan pipa pada jalur perpipaan minyak mentah dari sumur ke *Manifold* sumur penyimpanan. Pada permasalahan dalam analisa tegangan ini terdapat dua cara dalam perhitungannya yaitu dalam perhitungan manual dan perhitungan menggunakan perangkat lunak (*software*),

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini, yaitu:

1. Bagaimana metoda analisa tegangan yang terjadi pada sistem perpipaan.
2. Bagaimana menentukan titik tegangan tertinggi yang terjadi pada sistem perpipaan
3. Berapa besar nilai tegangan yang terjadi akibat beban *sustained* dan beban *expansion* pada sistem perpipaan.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Untuk mendapatkan metoda yang digunakan dalam menganalisa sistem perpipaan dari sumur ke *Manifold* Sumur
2. Untuk mendapatkan titik tegangan tertinggi yang terjadi pada sistem perpipaan
3. Untuk mendapatkan besar tegangan yang terjadi akibat beban sustained, dan beban Expansion.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari hasil penelitian ini adalah untuk mendapatkan hasil dari tegangan yang terjadi pada sistem perpipaan yang sesuai dengan tegangan izin yang telah ditetapkan oleh standar code ASME B31.3 sehingga aman dalam pengoperasiaannya dan menambah wawasan pengetahuan pada semua pihak yang berkepentingan dalam sistem perpipaan.

1.5 Batasan Penelitian

Pada penelitian ini, penulis membatasi masalah yang akan di teliti antara lain:

1. Objek yang dianalisis hanyalah pada tegangan pipa pada sumur minyak ke *Manifold* sumur minyak.
2. Tidak menghitung fleksibilitas yang terjadi pada pipa
3. Pipa yang digunakan sesuai dengan standar ASME B31.3.
4. Tidak menghitung sistem pemompaan fluida

5. Tidak memperhitungkan masalah pressure drop yang terjadi

1.6 Sistematika Penulisan

Untuk memperoleh gambaran secara umum tentang analisa ini, penuli melengkapi penguraiannya sebagai berikut :

Bab I Pendahuluan

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

Bab II Tinjauan Pustaka

Pada bab ini berisi tentang teori-teori yang berkaitan dengan sistem perpipaan, komponen perpipaan, jeni-jenis beban, material pipa, tegangan pada sistem perpipaan, ketebalan pipa, standar kode, rumus yang digunakan dan definisi aplikasi Caesar II 2019 penelitian yang difokuskan pada sistem perpipaan,

Bab III Metodologi Penelitian

Bab ini memberikan informasi mengenai tempat dan waktu pelaksanaan penelitian, peralatan yang digunakan, tahapan dan prosedur penelitian.

Bab IV Hasil dan Pembahasan

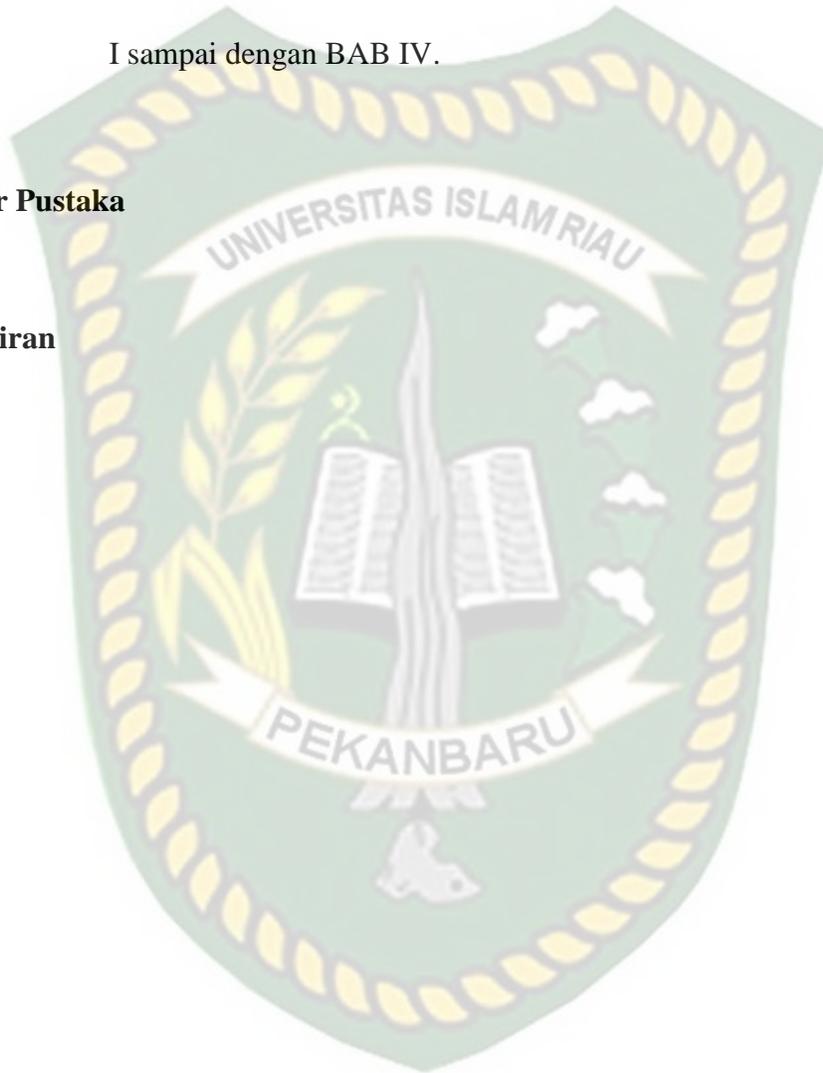
Pada bab ini membahas tentang hasil selama penelitian.

Bab V Penutup

Bab ini menjelaskan tentang kesimpulan dan saran selama pembuatan skripsi dengan materi sistem perpipaan yang telah dijelaskan dari BAB I sampai dengan BAB IV.

Daftar Pustaka

Lampiran



BAB II

DASAR TEORI

2.1 Sistem Perpipaan

Sistem perpipaan merupakan salah satu sistem perpipaan yang dipakai dalam perusahaan yang dalam mengalirkan suatu aliran fluida ketempat lain sehingga jalannya produksi dalam industry lancar tanpa ada masalah yang terjadi. Sistem perpipaan (*piping sistem*) dilengkapi dengan adanya komponen-komponen seperti katup, flens, belokan (*elbow*), percabangan, *zozzle*, *reducer*, tumpuan, isolasi, dan lain-lainnya.

Dalam sistem perpipaan kita akan sering menemukannya hampir semua jenis industry menggunakan sistem perpipaan. Contoh sistem perpipaan adalah sistem distribusi air bersih pada gedung kekota dan masih banyak lagi bagian-bagian yang digunakan dalam sistem perpipaan (E Saputra, 2015).

Pipa sering dimanfaatkan pada berbagai macam industri pada sebuah plant, baik itu LNG, pabrik petrokimia, pupuk, nuklir, panas bumi, dan lain-lain baik pada *Onshore* maupun *dioffshore*.

untuk semua industri tersebut harus ada dan membutuhkan instalasi pipa baik *pipeline* ataupun *piping* yaitu *piping* biasa digunakan pada kilang sedangkan *pipeline* digunakan pada jarak yang jauh seperti pada gambar 2.1 dan gambar 2.2.

2.1.1. *Piping*

Piping mempunyai fungsi dan kegunaan untuk proses pada suatu plant, seperti terminal atau kilang sebagai fasilitas untuk mengantarkan fluida antara satu peralatan ke peralatan lainnya untuk melewati proses-proses tertentu (Erinofiardi, 2014).



Gambar 2.1 Perbedaan *piping* dan *pipeline*
(Sumber: Erinofiardi, 2014)

2.1.2. *Pipeline*

Pipeline berguna untuk mengalirkan suatu fluida dari satu tempat ke tempat lainnya yang jaraknya yang jauh. Dan yang terdapat di dalam *pipeline* tersebut, bisa berupa gas ataupun air yang mempunyai tekanan dan temperatur yang sudah ditentukan. *Pipeline* merupakan sebuah sistem pemipaan yang sering dipakai sebagai alat penyaluran aliran minyak atau gas bumi dalam skala besar.

Pada penggunaan *Pipeline* akan melalui jarak dan medan yang beragam atau bermacam-macam, baik melalui jalur darat, sungai, bawah laut, atau daerah dilepas pantai (Erinifiardi, 2014).

Pipeline terbagi atas dua lokasi yaitu pada daratan dan laut seperti pada gambar 2.2



Gambar 2.2 *Onshore pipeline* dan *offshore pipeline*
(Sumber: Erinofiardi, 2014)

Onshore pipeline adalah *pipeline* yang terdapat pada darat atau daratan baik itu di pegunungan, gurun, lereng, hutan, perkotaan, bawah tanah yang terdapat didarat, sedangkan *offshore pipeline* adalah *pipeline* yang terdapat di daerah lepas pantai atau bawah laut (Erinofiardi, 2014).

Pada pipa terdapat beberapa hal yang harus diperhatikan pada saat perancangannya. Kita harus membuat pipa tergantung tempat yang akan gunakan pipa tersebut contohnya, kita akan membuat pipa dipegunungan harus menggunakan pembuatan pipa yang *onshore pipeline*, hal ini digunakan untuk bisa menjamin pipa yang di rancang (Erinofiardi, 2014).

Ada beberapa Negara maju yang telah banyak yang menggunakan *pipeline* sebagai sarana transportasi untuk berbagai pengangkutan diantaranya sebagai berikut:

1. mengalirkan air dari tempat pengolahan menuju rumah atau bangunan yang memerlukannya.
2. mengalirkan kotoran dari rumah dan tempat industri ketempat pengolahan limbah.

3. mengalirkan gas alam ke daerah-daerah yang jarak nya ribuan mil.
4. mengalirkan minyak mentah dari sumur menuju kilang
5. mengalirkan hasil proses bensin, solar, oli dari kilang minyak ke kota dengan jarak yang cukup jauh

2.2 Komponen Sistem Perpipaan

Komponen dalam sistem perpipaan ini harus dibuat sesuai dengan spesifikasi standard, yang telah ditentukan atau telah terdaftar dalam symbol dan kode yang dipilih atau dibuat sebelumnya. Komponen-komponen tersebut meliputi pipa-pipa (*pipes*), flens-flens (*flanges*), sambungan (*fittings*), katup (*valves*), baut-baut (*boltings*), gasket, bagian khusus (*special items*), saringan (*strainer*) (gelger, 2019).

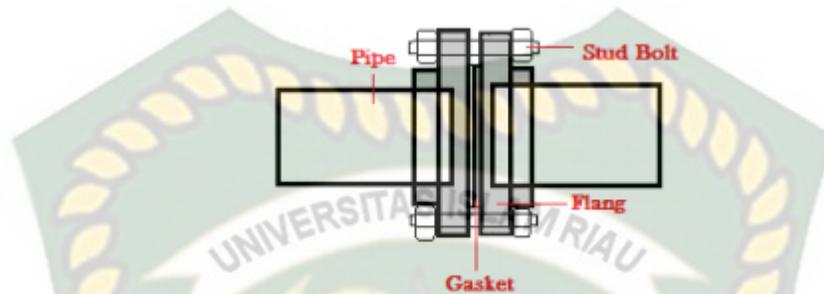
2.2.1 Pipa(*pipes*)

Pipa-pipa merupakan saluran yang digunakan pada pengaliran atau transportasi fluida yang tertutup, bisa juga digunakan sebagai sarana pengaliran atau transportasi energy dalam aliran. Pipa yang sering digunakan pada industry proses dan pembangkit listrik (*power plant*) yaitu pipa baja (*steel pipe*) dan pipa besi.

2.2.2 Flens (*flange*)

Flens merupakan sebuah mekanisme yang bisa menyambungkan antar elemen pada perpipaan yaitu aliran antara dua buah pipa, *equitment*, *fitting* atau *valve*, bejana tekan, kolom reaksi, pompa dan lainnya yang bisa dihubungkan secara bersama-sama.

Flange tersedia dalam berbagai bentuk, tekanan, rating, dan ukuran untuk memenuhi persyaratannya desain.



Gambar 2.3 Flens (*flange*)
(Sumber: Candy Edward, 2019)

2.2.3 *Support* pada perpipaan

Support merupakan penyangga pada pipa (penahan) dalam jalur perpipaan. Pemasangan dalam hal perpipaan ini digunakan dalam perpipaan sesuai dalam kegunaan dalam pipa tersebut (wijaya intan, 2018).

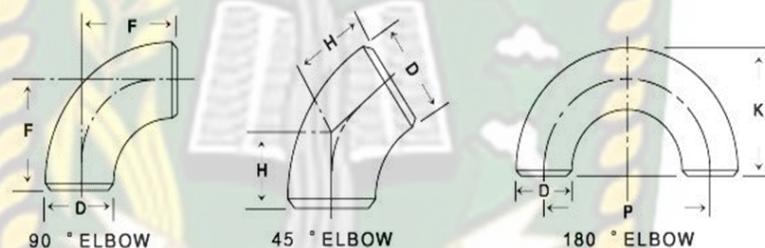
Lokasi *support* disesuaikan dengan berbagai pertimbangan dalam ukuran pipa yang akan digunakan pada pipa, bentuk pipa, lokasi berat *valves* dan *fitting*, dan bagian yang tersedia dalam *support*. Dalam perpipaan tidak ada batasan dalam peraturan, untuk menentukan *support* dalam pemasangan dalam pipa tersebut (wijaya intan, 2018). Dalam *Support* pada pemipaan terdapat beberapa *support* yang pada masing-masing fungsinya berbeda-beda yang terdiri dari *Rigid support*, *spring support*, yang pada fungsinya berbeda-beda sesuai kegunaan.

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:

1. *Elbow* (*siku*)

Sambungan *elbow* adalah jenis sambungan yang berfungsi untuk merubah arah aliran fluida. *Elbow* terdiri dari 3 jenis yang paling umum digunakan yaitu 45°, 90°, dan 180°.



Gambar 2.4 *Elbow*
(Sumber: Akbar, 2018)

2. Sambungan Tee

Sambungan *tee* berfungsi untuk membagi aliran fluida agar fluida bisa terbagi menjadi dua aliran, biasanya cabang ini memiliki ukuran diameter yang sama dengan ukuran diameter pipa utamanya dengan nama lain *straight tee*, sedangkan jika ukuran berbeda dengan pipa utama disebut *tee reducer*.



Gambar 2.5 Sambungan Tee
(Sumber: Akbar, 2018)

2.2.5. Jarak Penyangga pipa

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

$$L = \sqrt{\frac{10Z \cdot Sh}{W}} \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana:

L = panjang span maksimum (m)

Z = modulus penampang

Sh = tegangan dasar yang diizinkan berdasarkan ASME B31.3

W = bobot total pipa (kg/m)

2.3 Jenis-jenis Beban pada Sistem Perpipaan

Secara umum system pemipaan mengalami 2 jenis pembebanan yaitu beban *Internal* dan beban *Eksternal*(afriyanto Romi, 2020).

2.3.1. Beban *Internal*

Beban Internal merupakan beban yang timbul pada pipa tersebut Karena efek berat pipa, tekanan, dan temperature fluida pipa tersebut, beban internal yang bekerja pada system perpipaan antara lain, beban sustain, beban ekspansi dan operasi

2.3.2. Beban *eksternal*

Beban eksternal disebut juga dengan beban *occasional*, merupakan beban yang terjadi sekali-sekali dan muncul karena pergerakan angin, air laut, gempa bumi dan lain-lain (afriyanto romi, 2020).

Berikut Penggolongan pembebanan pada system pemipaan berdasarkan pada jenis beban yang terjadi sebagai berikut:

1. **Beban Sustain (*Sustain Loads*)**

Beban *sustain* adalah beban yang bekerja selalu tanpa berhenti selama operasi. Beban yang merupakan gabungan beban yang disebabkan oleh tekanan internal dari fluida yang dialirkan dan beban berat. Pada beban sustain terjadi tegangan akibat

internal pressure dan tegangan akibat gaya beban dalam system perpipaan tersebut (santoso mardi, 2013).

2. Beban Ekspansi termal (*ekspansion load*)

Beban *ekspansi* adalah beban yang timbul karena adanya perpindahan pada struktur bagian-bagian pipa (*ekspansi thermal*), pada sistem perpipaan beban *ekspansi thermal* ini dibagi menjadi beberapa hal yaitu: (santoso mardi, 2013).

1. Beban *ekspansi* termal akibat pembatasan gerak oleh tumpuan saat pipa mengalami *ekspansi*.
2. Beban *termal* akibat perbedaan temperatur yang besar dan sangat cepat dalam dinding pipa sehingga mampu menimbulkan tegangan.
3. Beban akibat perbedaan koefisien *ekspansi* pipa yang tersusun dari dua atau lebih material logam yang berbeda.

3. Beban Operasi (*Operating Load*)

Beban operasi yaitu beban gabungan dari beban sustain dan beban termal yang di kombinasikan. Beban tersebut diterima oleh pipa selama operasi dijalankan. Dengan kata lain beban tersebut bisa kita tuliskan sebagai berikut: (santoso mardi, 2013).

Beban Operasi = Beban sustain + Beban ekspansi

2.4. Material Pipa

Material yang sering digunakan pada pipa antara lain *Carbon moly*, *Carbon steel*, *Galvanes*, *ferro nikel*, *stainless steel*, *PVC*, *Crome moly*, *Viber glass*, *Aluminium*, *red Brass*, *nikel Chrom iron*, dan lain-lain.

Semua material tersebut didefinisikan sesuai dari standar ASTM (*American Society for Testing and Material*) dan ASME (*American Society of Mechanical engineering*), semua material yang dipakai pada standart ASTM dan ASME sama. Tetapi pada material ASME lebih ketat karna pasa ASME terdapat pemakaian kritis dan biasanya diperlukan ASME stemp beberapa material terdapat tabel 2.1:

Tabel 2.1 Material Perpipaian dan Aplikasinya

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

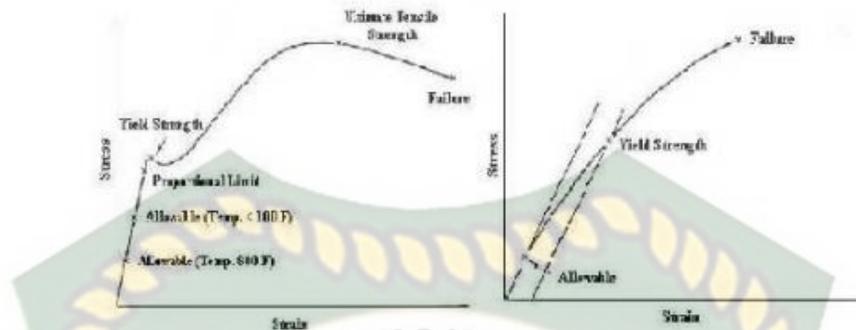
Beberapa material pipa dan komponen-komponen pipa yang umum digunakan sesuai standar kode ANSI B31.1, B31.3, dan B31.4 dapat dilihat pada tabel 2.2

Tabel 2.2 Material perpipaan 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	

2.5 Tegangan pada Sistem Pemipaan

Tegangan adalah besaran vector yang selain memiliki nilai juga memerlukan arah. Nilai dari tegangan didefinisikan sebagai gaya (F) persatuan luas (A). pada suatu system pemipaan, teori tegangan secara umum merupakan pengembangan dari teori tegangan yang sudah ada. Tegangan yang terjadi pada pemipaan disebabkan oleh tekanan yang terjadi pada internal, eksternal, beban berat dan beban ekspansi akibat terjadinya temperature. Dalam analisa tegangan pada system pemipaan kita menyesuaikan pada diagram tegangan-regangan yang ditunjukkan pada gambar dibawah ini.: (Abdillah, 2014).



Gambar 2.6 Diagram tegangan-regangan baja lunak dan diagram tegangan-regangan bahan getas
(Sumber: Abdillah, 2014)

Pada gambar yang telah di ditampilkan pada 2.6 di atas titik luluh (*yield strength*) adalah titik acuan sebagai pembatas tegangan ijin dalam perancangan. Sedangkan tegangan tegangan maksimum (*ultimate strength*) adalah titiki yang menunjukkan besarnya tegangan maksimum yang bisa atau mampu ditahan oleh material sebelum mengalami kegagalan.

Sedangkan titik failure ialah titik yang dimana material tersebut mengalami kegagalan. Dibawah dari titik tegangan *yield strength* adalah material yang bersifat elastis, dan yang disebelah kanan titik tegangan *yield* merupakan material yang bersifat plastis. Analisa tegangan yang terjadi pada pipa adalah berdasarkan standar system pemipaan dari *code ASME*, sehingga tegangan dapat dikelompokan kedalam dua kategori, yaitu: (Abdillah, 2014).

2.5.1. Tegangan Longitudinal (*Longitudinal stress*)

Tegangan longitudinal merupakan tegangan yang bekerja yang searah dengan sumbu pipa. Tegangan longitudinal terdiri dari beberapa tegangan yaitu aksial(*axial stress*), tekuk(*bending stress*) dan longitudinal tekanan(*pressure stress*). Berikut adalah uraian dari tegangan yang ada pada tegangan longitudinal (husen ahmad, 2018).

- Tegangan longitudinal akibat gaya aksial (σ_{ax}) adalah tegangan yang ditimbulkan oleh gaya aksial (F_{ax}), yang bekerja searah dengan sumbu pipa. Dapat dilihat pada gambar 2.7



Gambar 2.7 Tegangan aksial pada pipa
(Sumber: Husen Ahmad, 2018)

Berikut rumus tegangan aksial :

$$\sigma_{ax} = \frac{F_{ax}}{A_m} \dots\dots\dots(2.2)$$

$$F_{ax} = P \cdot A \dots\dots\dots(2.3)$$

$$A = \left(\frac{\pi(d_0^2 - d_1^2)}{4} \right) \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana :

A = luas penampang dalam pipa (m²)

A_m = Luas Permukaan Pipa (m²)

d_0 = diameter luar pipa (m)

d_1 = diameter dalam pipa (m)

F_{ax} = gaya aksial yang terjadi sepanjang pipa (N)

σ_{ax} = tegangan aksial

Tegangan internal dalam pipa dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut:

$$\sigma_{ip} = \frac{P \cdot d_0}{4t} \dots\dots\dots(2.5)$$

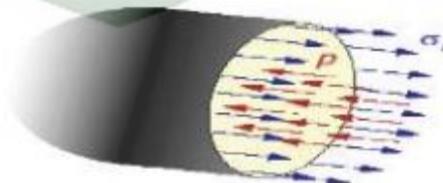
Dimana:

P = tekanan fluida dalam pipa (N/mm²)

A_i = luas permukaan dalam pipa (m²)

t = ketebalan dinding pipa (m)

- Tegangan longitudinal tekan (σ_{Lp}) adalah tegangan yang ditimbulkan oleh gaya tekan *internal* (p) yang bekerja pada dinding pipa searah sumbu pipa (lihat Gambar dibawah ini)



Gambar 2.8 Tegangan longitudinal tekan pada pipa
(Sumber: Candy Edward, 2019)

$$S_b = \frac{M}{I_p} \cdot Y = \frac{M}{I_p/Y} = \frac{M}{Z} \dots \dots \dots (2.6)$$

Dimana:

S_b = tegangan tekuk (kN/m^2)

M = bending momen (Nm)

I_p = momen inersia penampang pipa (m^4)

R = radius lengkungan pusat bending pipa (m)

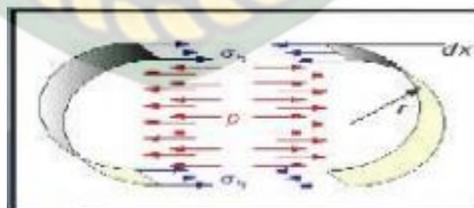
E = modulus elastisitas (N/m^2)

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

Z = modulus cross section pipa (i/y)

2.5.2. Tegangan Tangensial (*hoop stress*)

Tegangan tangensial ditimbulkan karena adanya tekanan internal yang bekerja secara tangensial dan besarnya bervariasi yang memiliki tekanan yang berbeda-beda tergantung pada tebalnya dinding pada pipa. Dan bisa dilihat pada gambar 2.9 yang tentang tegangan tangensial (Husen ahmad, 2013).

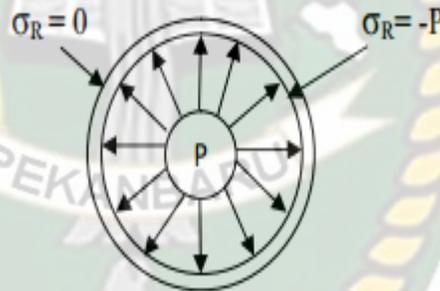


Gambar 2.9 Tegangan Tangensial atau tegangan keliling
(Sumber: Husen Ahmad, 2013)

2.5.3. Tegangan Radial (*Radial Stress*)

Tegangan radial merupakan tegangan yang jumlah besar tegangannya bervariasi atau bermacam-macam dari permukaan dalam pipa ke permukaan luar pipa tersebut.

Tekanan internal dalam pada tegangan Radial maksimum ini terjadi di permukaan dalam pipa dan pada tegangan minimum pada pipa bagian permukaan luarnya. Kedua tegangan ini sangat berlawanan dengan tegangan tekuk, sehingga tegangan radial ini sangat kecil, jika dibandingkan dengan tegangan tekuk jadi tegangan radial sering diabaikan dan bisa dilihat pada gambar 2.10 (Husen Ahmad, 2013).



Gambar 2.10 Tegangan radial (*radial stress*)
(Sumber: Husen Ahmad, 2013)

2.6 Ketebalan Pipa (*wall thickness*)

Dalam dunia pemipaan terdapat berbagai macam ketebalan yang berbeda yang di produksi, setiap dari masing-masing pipa memiliki ketebalan pipa yang tertentu. Pada pipa di beri penamaan dalam bentuk *schedule number* bukan lah dalam bentuk ketebalan pipa yang sebenarnya (Abdillah Arno, 2014).

Ketebalan pipa itu sangatlah menentukan tegangan-tegangannya yang terjadi pada system perpipaan, dan disamakan dengan rumus yang ada pada *standard code* pipa yang di *schedule number*. Selain itu penentuan pipa pada *standard code*,

Tabel 2.3 Tabel *Standard 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			0.126	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	4		
5	5.563	0.109	0.109	0.134	0.134			0.258	0.258	0.258	0.258			0.375	0.375	0.375			0.5	0.625	5		
6	6.625	0.109	0.109	0.134	0.134			0.28	0.28	0.28	0.28			0.432	0.432	0.432			0.562	0.719	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	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									

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

Tabel 2.3 *standard schedule* pipe
(Sumber: Abdillah Arno, 2014)

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

$$t = \frac{P.D}{2(SEW+PY)} \dots\dots\dots(2.7)$$

$$t_m = t + c \dots\dots\dots(2.8)$$

Dimana:

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

D = diameter luar pipa (mm)

d = diameter dalam pipa (mm)

E = faktor kualitas

S = nilai tegangan yang diizinkan pada ASME B31.3

t_m = 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 $t \geq D/6$ maka digunakan perhitungan berikut:

$$Y = \frac{d+2c}{D+d+2c} \dots\dots\dots (2.9)$$

2.7 Kode dan Standar Perpipaan

Dalam sistem perpipaan yang dilakukan, untuk merekayasa analisis tegangan memerlukan kode dan standar perpipaan yang dulu disebut dengan analisis flexibelitas. (Husen Ahmad, 2018) Kode dan standar sangatlah dibutuhkan, karena satu persyaratan minimum yang harus digunakan pada setiap sistem perpipaan agar mendapatkan hasil yang aman. Standar mencantumkan spesifikasi material yang

diizinkan rancang fabrika yang bisa diterima pada sistem perpipaan dan prosedur inspeksi (Cholis Nur, 2018).

Pada saat ini ada beberapa buah kode standar yang dipakai untuk acuan di Indonesia sebagai kebutuhan dibidang industry, yaitu: (Nayyar, 2019).

- ASME/ANSI B31.1 untuk sistem perpipaan yang digunakan di industry pembangkit listrik;
- ASME/ANSI B31.3 digunakan pada sistem perpipaan untuk industry proses dan petrokimia
- ASME/ANSI B31.4 digunakan pada sistem perpipaan untuk industry transportasi pipa minyak dan zat cair lain.
- ASME/ANSI B31.5 digunakan pada sistem perpipaan pendingin
- ASME/ANSI B31.8 digunakan untuk pipa transportasi gas
- API 570 digunakan pada industry migas selain ASME
- API 5LX65 digunakan pada perminyakan
- ASTM A-312 digunakan pada pipa di perminyakan.

2.8 Rumus-Rumus Yang Digunakan

2.8.1 Sustained loads

Rumus yang digunakan untuk perhitungan sustained loads karena beban yang bekerja terus-menerus selama kondisi operasi masih normal adalah sebagai berikut :

$$S = \frac{WL^2}{10Z} \dots\dots\dots (2.10)$$

Dimana:

S = Tegangan maksimum, (N/mm²)

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

L = Panjang pipa, (mm)

Z = Modulus penampang pipa, (mm³)

2.8.2 Expansion Loads

Rumus yang digunakan pada Expansion loads ini merupakan beban yang terjadi karena displacement pada sistem perpipaan, yang disebabkan karena thermal expansion dan thermal anchor maka digunakan rumus berikut:

$$\Delta l = \alpha \cdot L \cdot \Delta T \dots\dots\dots(2.11)$$

$$S_e = \alpha \cdot L \cdot E \dots\dots\dots(2.12)$$

Dimana:

S_e = Tegangan ekspansi akibat ekspansi termal (kN/m²)

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:

$$S_e = \sqrt{(\sigma_{ax} + Sb)^2 + (2St)^2} \leq S_a \dots\dots\dots(2.13)$$

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

$$S_a = f(1.25S_c + 0.25S_h) \dots\dots\dots(2.14)$$

Dimana:

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

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

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

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

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

M_t = Momen Puntir (Nm)

A_m = Luas penampang pipa

f = factor siklus yang dialami pipa

2.9 Definisi aplikasi *CAESAR II 2019*

Caesar II 2019 adalah suatu aplikasi yang digunakan perusahaan didalam bidang sistem pemipaan, sebuah aplikasi rancang bangun untuk analisa tegangan dan beban penyangga, dalam hal ini aplikasi ini memang di khusus kan untuk pipa yang dimana berfungsi sebagai untuk mencari beban sustained, occasional, dan expansion. Pada aplikasi ini juga bisa mencari tegangan pada sistem pemipaan dengan cara, meminta data ke perusahaan dan memasukan data tersebut dalam aplikasi *Caesar II 2019*(pustandyo).

CAESAR II 2019 adalah suatu perangkat lunak yang biasa digunakan untuk melakukan perhitungan pada analisa tegangan pipa. *CAESAR II* 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

Tampilan *Software CAESAR II 2019* tidak begitu banyak perubahan dari tahun-tahun sebelumnya.

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. Dengan memberikan dan membuat inputan, CAESAR II 2019 dapat menghasilkan hasil analisa berupa stress yang terjadi, beban dan pergeseran terhadap system yang dianalisa.

CAESAR II 2019 memudahkan pemodelan system perpipaan dan penambahan baja pendukung, dengan merevolusi jalur pipe stress mendekati analisis fleksibilitas. Perancangan, memperlancar dan respon dari alat inovatif pemodelan sangat mengurangi waktu pemodelan. CAESAR II 2019 dilengkapi dengan code, standard dan basis data yang dibutuhkan, untuk banyaknya aplikasi di seluruh dunia sehingga pengguna dapat memulai pekerjaannya (SST System, 2020).

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

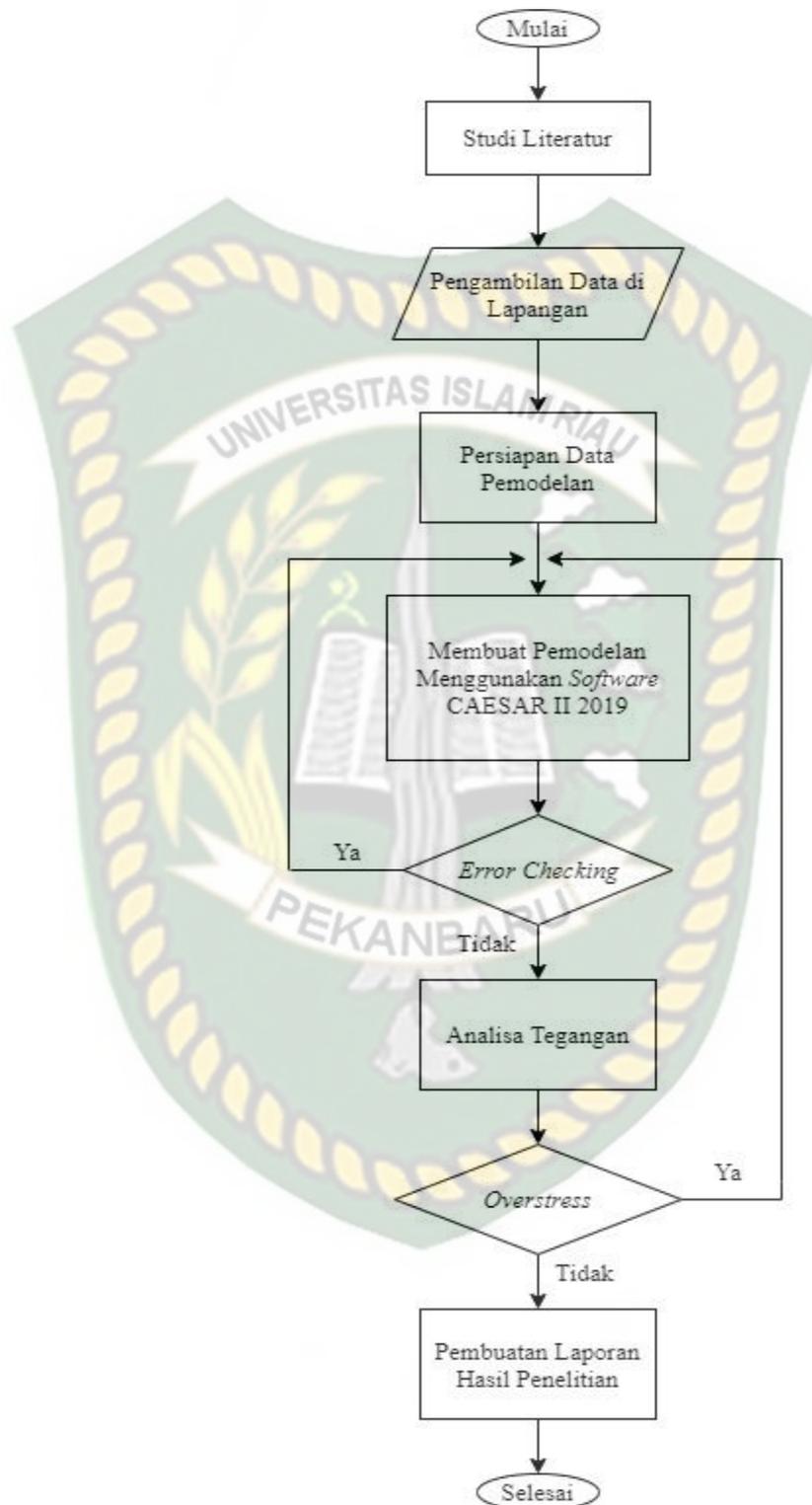
Untuk mengefisiensi waktu dan terstrukturanya penelitian maka dibuat jadwal dalam bentuk table 3.1 *Ghant chart*.

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 adanya data-data pendukung penelitian yang digunakan untuk menunjukkan proses yang dilakukan dari awal hingga kesimpulan. Langkah yang dilakukan sesuai gambar sebagai berikut:



Gambar 3.1 Diagram Alir penelitian

3.3 Pengumpulan Data

Pengumpulan data didapatkan ketika melakukan observasi 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 engineer 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*. Pada penelitian ini, *software* yang digunakan untuk menganalisa tegangan yang terjadi pada system perpipaan ialah CAESAR II 2019. Karena pada *Software CAESAR II 2019* sangat berkaitan dengan system perpipaan yang akan dianalisa, sehingga setelah data di dapatkan maka persiapan model telah selesai dilaksanakan sehingga bisa dilakukan perancangan pada *Software CAESAR II 2019*.

3.5 Standar dan Kode yang digunakan

Dalam penelitian ini analisis yang dilakukan mengacu pada kode dan standar yang telah ditetapkan yaitu standar ASME B 31.3 yang mana standar ini mengatur tentang *Proses Plant* pada suatu perusahaan. Berdasarkan standar yang ditetapkan oleh ASME B31.3 dengan nilai tegangan yang diizinkan, dilakukan perbandingan dengan nilai tegangan yang diperoleh dari hasil analisa menggunakan *software*, yang dipengaruhi oleh beban pada pipa. Perbandingan ini digunakan untuk memenuhi syarat $S_L < S_h$ (beban sustain) dan $S_E < S_A$ (beban ekspansi) dari nilai hasil tegangan yang diperoleh, sehingga pada standar kode ini bisa dilakukan berupa perhitungan *Software* maupun perhitungan manual sesuai dengan data yang didapatkan dalam pengambilan data di perusahaan bisa dihitung dengan perhitungan manual menggunakan persamaan.

3.6 Satuan Pada *Software*

Dalam pemodelan dalam *software*, diperlukan pengaturan satuan untuk menyeragamkan satuan pada hasil analisa, gambar dan spesifikasi material yang digunakan. Semua satuan tersebut harus sesuai dengan ketentuan dari satuan ASME sehingga dapat dihasilkan Satuan yang dapat digunakan dalam pemodelan pemipaan ini, satuan tersebut bisa dilihat pada table 3.2.

Table 3.2 Satuan pada pemodelan adalah table yang semua satuan telah ditentukan oleh satuan dari ASME/ASTM.

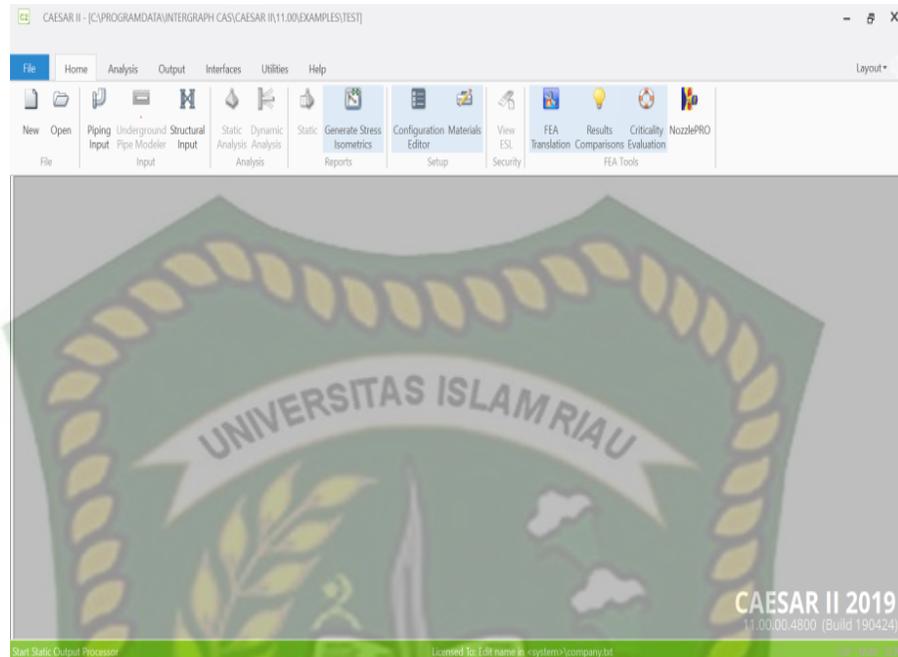
No	Besaran	
1	<i>Length</i>	<i>Mm</i>
2	<i>Force</i>	N
3	<i>Mass dynamic</i>	Kg
4	<i>Moment input</i>	N.m
5	<i>Momen output</i>	N.m
6	<i>Stress</i>	N/mm ²
7	<i>Rotation</i>	Degree
8	<i>Temperature</i>	C
9	<i>Pressure</i>	N/cm ²
10	<i>Elastic Modulus</i>	N/mm ²
11	<i>Pipe Density</i>	Kg/m ³
12	<i>Insulation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

3.7 Prosedur analisa menggunakan *Software CAESAR II 2019*

Berikut proses analisa menggunakan *software CAESAR II 2019*

1. Tampilan awal

Setelah membuka *software CAESAR II 2019* yang telah diinstal maka tampilan awal *software* bisa dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Tampilan Awal Software
Sumber: *Software 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 *BAR*, *DEUTCH*, *ENGLISH*, *FRANCE*, *JAPAN*, *MM*, *SI*, dan *TUV*. Dari berbagai jenis satuan yang tersedia pengguna bisa menentukan jenis satuan sesuai keinginan dan kebutuhan pengguna. Dan harus sangat diperhatikan juga dalam pengaturan satuan ini jika mengalami hasil yang akan didapatkan juga akan menjadi kacau atau *error checking*. Tampilan satuan pada *CAESAR II 2019* bisa dilihat pada Gambar 3.3.

ITEM	Internal Units	Constant	User Units	ITEM	Internal Units	Constant	User Units
Length	inches	* 1	= in.	Fluid Den.	lbs./cu.in.	* 1	= lb./cu.in.
Force	pounds	* 1	= lb.	Transl.	lbs./in.	* 1	= lb./in.
Mass-dynamics	pounds	* 1	= lbm	Rotl. Stiff.	in-lb/deg	* 1	= in.lb./deg
Moment-input	in.-lb.	* 1	= in.lb.	Unif. Load	lb./in.	* 1	= lb./in.
Moment-output	in.-lb.	* 0.0833333	= ft.lb.	G Load	g's	* 1	= g's
Stress	lbs./sq.in.	* 1	= lb./sq.in.	Wind Load	lbs./sq.in.	* 144	= lb./sq.ft.
Temp. Scale	degrees F	* 1	= F	Elevation	inches	* 0.0833333	= ft.
Pressure	psig	* 1	= lb./sq.in.	Cmpd Lng	inches	* 0.0833333	= ft.
Elastic Modulus	lbs./sq.in.	* 1	= lb./sq.in.	Diameter	inches	* 1	= in.
Pipe Density	lbs./cu.in.	* 1	= lb./cu.in.	Thickness	inches	* 1	= in.
Insulation Den.	lbs./cu.in.	* 1	= lb./cu.in.	Nominals			= ON

Units File Label: ENGLISH

OK

Gambar 3.3 Pengaturan Satuan
Sumber: *Software CAESAR II 2019*

3. Tampilan Input Data Pipa

Dalam tampilan ini digunakan untuk menginput data yang diambil di PT Patria Maritim Perkasa yang telah disusun dalam bentuk tabel *spreadsheet* sehingga memudahkan pengguna dalam menginput data.

Gambar 3.4 Input Data Pipa
Sumber: *Software CAESAR II 2019*

4. Pemeriksaan Kesalahan (*Error Checking*)

Pada tampilan ini digunakan untuk memeriksa apakah pada model yang telah dibuat mengalami *error* atau tidak sesuai dengan standar yang ditetapkan. Pada tahap pemeriksaan ini otomatis akan ditampilkan setelah kalkulasi dilakukan. Adapun cara manual untuk melakukan *errorchecking* dengan meng-klik ikon *start* pada *software* atau bisa juga dari menu *File-ErrorCheck*. Jika tampilan dari layar monitor tulisannya berwarna merah maka itu menandakan terjadinya *Error* pada desain. Tampilan saat tidak terjadinya *error* bisa dilihat pada Gambar 3.5.

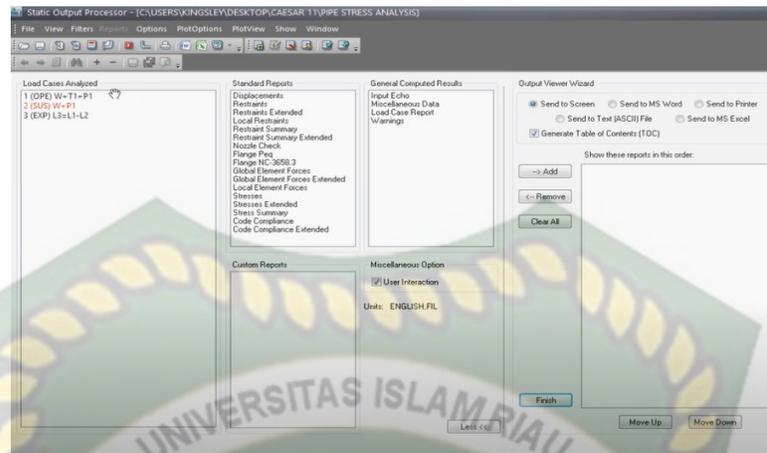
	Message Type	Message Number	Element/Node Number	Message Text																											
18	WARNING	172E	460-470	On element 460 TO 470 the reducer alpha value was not specified. CAESAR II will use a default value of: 15.514.																											
19	WARNING	172E	220-230	On element 220 TO 230 the reducer alpha value was not specified. CAESAR II will use a default value of: 19.136.																											
20	WARNING	172E	340-350	On element 340 TO 350 the reducer alpha value was not specified. CAESAR II will use a default value of: 15.514.																											
21	WARNING	172E		The [WARNING 172E] count exceeded the specified displ limit of [5].																											
22	NOTE			<p style="text-align: center;">CENTER OF GRAVITY REPORT</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;"></th> <th style="text-align: right;">Total Wght</th> <th style="text-align: right;">X cg</th> </tr> <tr> <th style="text-align: left;"></th> <th style="text-align: right;">N.</th> <th style="text-align: right;">mm.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Pipe</td> <td style="text-align: right;">4311362.0</td> <td style="text-align: right;">12819.4</td> </tr> <tr> <td>Insulation</td> <td style="text-align: right;">25392.7</td> <td style="text-align: right;">9011.0</td> </tr> <tr> <td>Refractory</td> <td style="text-align: right;">0.0</td> <td style="text-align: right;">0.0</td> </tr> <tr> <td>Fluid</td> <td style="text-align: right;">1806.5</td> <td style="text-align: right;">9750.1</td> </tr> <tr> <td>Pipe+Ins+Rfrty</td> <td style="text-align: right;">4336757.5</td> <td style="text-align: right;">12797.1</td> </tr> <tr> <td>Pipe+Fluid</td> <td style="text-align: right;">4313168.5</td> <td style="text-align: right;">12818.1</td> </tr> <tr> <td>Pipe+Ins+Rfrty+Fld</td> <td style="text-align: right;">4338562.0</td> <td style="text-align: right;">12795.8</td> </tr> </tbody> </table>		Total Wght	X cg		N.	mm.	Pipe	4311362.0	12819.4	Insulation	25392.7	9011.0	Refractory	0.0	0.0	Fluid	1806.5	9750.1	Pipe+Ins+Rfrty	4336757.5	12797.1	Pipe+Fluid	4313168.5	12818.1	Pipe+Ins+Rfrty+Fld	4338562.0	12795.8
	Total Wght	X cg																													
	N.	mm.																													
Pipe	4311362.0	12819.4																													
Insulation	25392.7	9011.0																													
Refractory	0.0	0.0																													
Fluid	1806.5	9750.1																													
Pipe+Ins+Rfrty	4336757.5	12797.1																													
Pipe+Fluid	4313168.5	12818.1																													
Pipe+Ins+Rfrty+Fld	4338562.0	12795.8																													

Gambar 3.5 Tampilan Pemeriksaan Kesalahan

Sumber: *Software CAESAR II 2019*

5. Tampilan Kalkulasi Tegangan

Tampilan selanjutnya yaitu tampilan kalkulasi tegangan yang dilakukan ketika sudah tidak ada terjadinya *error* pada desain, dengan meng-klik ikon *batchrun* atau dari *file-batchrun*. Selain itu akan ditampilkan juga *loadcase* yang telah ditentukan sebelumnya untuk diinput seperti pada Gambar 3.6.



Gambar 3.6 Kalkulasi Tegangan
Sumber: *Software CAESAR II 2019*

6. Tampilan Hasil Analisis

Dari desain yang telah dikalkulasikan maka tampilan dari hasil analisis bisa dilihat dengan meng-klik tombol *viewreports*. Berikut contoh hasil dari tegangan yang telah dikalkulasikan pada Gambar 3.7.

Node	Bending Stress lb./sq.in.	Torsion Stress lb./sq.in.	SIF In Plane	SIF Out Plane	Code Stress lb./sq.in.	Allowable Stress lb./sq.in.	Ratio %	Piping Code
Max Stress Intensity:			97539.4	@Node	78			
10	0.0	0.0	0.000	0.000	0.0	0.0	0.0	B31.3
20	0.0	0.0	0.000	0.000	0.0	0.0	0.0	B31.3
20	18365.7	20274.8	1.000	1.000	45295.8	19953.0	227.0	B31.3 *
28	855.6	-20274.8	1.000	1.000	40639.7	19953.0	203.7	B31.3 *
28	2421.3	20274.8	2.758	2.299	40712.2	19953.0	204.0	B31.3 *
29	60253.1	-14897.5	2.758	2.299	55633.3	19953.0	278.8	B31.3 *
29	60253.1	14897.5	2.758	2.299	55633.3	19953.0	278.8	B31.3 *
30	85767.9	-1752.9	2.758	2.299	66203.1	19953.0	331.8	B31.3 *
30	37306.9	1752.9	1.000	1.000	39248.1	19953.0	196.7	B31.3 *
38	20177.9	-1752.9	1.000	1.000	22240.3	19953.0	111.5	B31.3 *

Gambar 3.7 Hasil Analisis
Sumber: *Software CAESAR II 2019*

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Perhitungan

4.1.1 Ketebalan Minimum (Minimum Wall Thickness)

Ketebalan minimum dinding pipa dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.7 dan 2.8.

$$P = 0,413 \text{ Mpa}$$

$$D = 114,3 \text{ mm}$$

$$S = 137,89 \text{ MPa}$$

$$E = 1$$

$$W = 0,9$$

$$Y = 0,4$$

$$C = 3$$

$$\begin{aligned} t &= \frac{P \cdot D}{2(SEW + PY)} \\ &= \frac{0,413 \text{ MPa} \cdot 114,3 \text{ mm}}{2(137,89 \text{ MPa} \cdot 1 \cdot 0,9 + 0,413 \text{ MPa} \cdot 0,4)} \\ &= \frac{47,21}{2(124,27)} \text{ mm} \\ &= \frac{47,21}{248,53} \text{ mm} \end{aligned}$$

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

$$t_m = t + c$$

$$= 0,2 \text{ mm} + 3$$

$$= 3,2 \text{ mm}$$

Tabel 4.1 Ketebalan Minimum Pipa

Parameter	Besaran	Satuan
P (<i>Pressure</i>)	0,413	MPa
D (<i>Diameter</i>)	114,3	Mm
S (<i>Allowable Stress</i>)	137,89	MPa
E (<i>Coefisien Factor</i>)	1	
Y (<i>Coefisien Y</i>)	0,4	
c (<i>Allowance Corosion</i>)	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 6,8 mm-3,2 mm. sehingga pipa dinyatakan aman karena nilai “t” perhitungan manual < “t” actual.

4.1.2 Jarak Penyangga Pipa (*Pipe Support Span*)

Perhitungan jarak penyangga pipa dapat dihitung dengan persamaan 2.1

$$L = \sqrt{\frac{0.4 Z \cdot Sh}{W}}$$

- Menentukan nilai *modulus section*

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

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

$$= \frac{\pi}{64} (0,000169 - 0,0001041)$$

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

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

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

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

- Menghitung gaya total

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$\begin{aligned}
 \text{Total gaya (W)} &= (W_{\text{fluida}} + W_{\text{pipa}}) \times g \\
 &= (7.1 \text{ Kg/m} + 17,78 \text{ kg/m}) \times 10 \text{ m/s}^2 \\
 &= 248,8 \text{ N/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L &= \sqrt{\frac{0,4 \times 5,69 \times 10^{-5} \text{ m}^4 \times 137890 \text{ kPa}}{248,8 \text{ N/m}}} \\
 &= \sqrt{\frac{0,4 \times 5,69 \text{ m}^3 \times 137890000 \text{ N/m}^2}{248,8 \text{ N/m} \times 10^6}} \\
 &= \sqrt{\frac{313837640}{24880000}} \\
 &= \sqrt{12,6} \\
 &= 3,6 \text{ m}
 \end{aligned}$$

4.1.3 Tegangan Pipa

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

Tabel 4.2 Data Material Pipa

Parameter	Besaran	Satuan
NPS (4 inchi)	114,3	Mm
<i>Schedule</i>	40	
<i>Inside Diameter</i>	101	Mm
<i>Outside Diameter</i>	114,3	Mm
<i>Wall Thickness</i>	6,6	Mm
<i>Corrosion Allowance</i>	3	Mm
<i>Pipe Density</i>	8025	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 dilihat 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:

$$\begin{aligned}
 S_{\text{occasional}} &= 1,33 \times S_h \\
 &= 1,33 \times 137,89 \text{ MPa} \\
 &= 183,3937 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Dari persamaan 2.14 kondisi *ekspansi thermal* nilai tegangan ijin material dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 S_{\text{ekspansi}} &= f (1.25 S_c + 0.25 S_h) \\
 &= 1 (1.25 \times 137,89 \text{ MPa} + 0.25 \times 137,89 \text{ MPa}) \\
 &= 1 (172,36 + 34,47) \text{ MPa} \\
 &= 206,83 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

2. Nilai Tegangan *Longitudinal Load*

Longitudinal load adalah total dari *longitudinal stress* yang disebabkan oleh tegangan longitudinal tekan, tegangan axial dan tegangan tekuk.

- Nilai dari tegangan longitudinal tekan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.5

$$\begin{aligned}\sigma_{ip} &= \frac{P \cdot d_o}{4t} \\ &= \frac{0,413 \text{ MPa} \times 114,3 \text{ mm}}{4 \times 6,8 \text{ mm}} \\ &= \frac{47,21}{27,2} \text{ MPa} \\ &= 1,74 \text{ MPa} \\ &= 1740 \text{ kPa}\end{aligned}$$

- Nilai dari tegangan akibat gaya aksial dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.4..

➤ *Pipa outside*

$$\begin{aligned}A_o &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times d_o^2 \\ &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times (114,3 \text{ mm})^2 \\ &= 10255,62 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

➤ *Pipe inside*

$$\begin{aligned}A_i &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times d_i^2 \\ &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times (101 \text{ mm})^2 \\ &= 8007,79 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_m &= A_o - A_i \\ &= 10255,62 \text{ mm}^2 - 8007,79 \text{ mm}^2 \\ &= 2247,83 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \sigma_{ax} &= \frac{P \times A_i}{A_m} \\
 &= \frac{0,413 \text{ MPa} \times 8007,79 \text{ mm}^2}{2247,83 \text{ mm}^2} \\
 &= 1,47 \text{ MPa} \\
 &= 1470 \text{ kPa}
 \end{aligned}$$

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

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

$$\begin{aligned}
 M_b &= \frac{W \times L^2}{10} \\
 &= \frac{168,84 \text{ N} \times (4 \text{ m})^2}{10} \\
 &= 270,144 \text{ Nm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Z &= \frac{I}{R_o} \\
 &= \frac{3,25 \times 10^{-6} \text{ m}^4}{0,05715 \text{ m}} \\
 &= 5,69 \times 10^{-5} \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \sigma_b &= \frac{Mb}{z} \\
 &= \frac{270,144 \text{ Nm}}{5,69 \times 10^{-5} \text{ m}^3} \\
 &= 4747697,7 \text{ Pa} = 4.75 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

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.:

$$\begin{aligned}
 S_H &= \frac{PD_0}{2t} \\
 &= \frac{0,413 \text{ MPa} \times 114,3 \text{ mm}}{2 \times 6,6 \text{ mm}} \\
 &= \frac{47,21}{13,2} \text{ MPa} \\
 &= 3,57 \text{ MPa} \\
 &= 3577 \text{ kPa}
 \end{aligned}$$

Table 4.4 perbandingan perhitungan teoritis dan aktual

NO	Parameter	Teoritis	Aktual
1	Ketebalan Minimum	3.2 mm	3.21 mm
2	Tegangan Izin Soccasional	183.39 MPa	137.89 MPa
3	Tegangan Izin Sekspansi	206.83 MPa	137.89 MPa
4	Jarak Penyangga Pipa	3.6 m	4 m
5	Tegangan Sirkumferensial Sh	3.57 MPa	-

Pada perbandingan diatas merupakan perbandingan antara perhitungan berdasarkan *Software Caesar II* (Aktual) dan Perhitungan manual (Teoritis). Dan dari data ditabel menunjukkan bahwa memiliki selisih dan juga yang ada diperhitungan tidak dimiliki diperhitungan actual.

Tabel 4.5 Nilai Tegangan Pipa

Parameter	Besaran	Satuan
NPS (4 inchi)	114,3	Mm
P (<i>Pressure</i>)	0,413	MPa
OD (<i>Outside Diameter</i>)	114,3	Mm
ID (<i>Inside Diameter</i>)	101	Mm
Ai (<i>Inside Area</i>)	8007.79	mm ²
Am (<i>Area Section</i>)	2247,83	mm ²
Mb (Momen)	270,144	Nm
Z (<i>Modulus Section</i>)	$5,69 \times 10^{-5}$	m ³
t (<i>Wall Thickness</i>)	6,6	Mm
σ_{ip} (<i>Internal Pressure</i>)	1,87	MPa
σ_{ax} (<i>Axial Stress</i>)	1,55	MPa
σ_b (<i>Bending stress</i>)	4,75	MPa
S _{occasional}	183,3937	MPa
S _{ekspansi}	206,83	MPa
S _H	3,57	MPa

Data yang didapat pada saat penelitian yang akan diolah dengan menggunakan *Software CAESAR II*. Adapun data yang diperlukan untuk menganalisa tegangan yang terjadi pada sistem perpipaan minyak dari sumur B ke *Manifold* sumur ini bisa dilihat pada table 4.6. :

Table 4.6 Data spesifikasi pipa

NO	DATA YANG DIBUTUHKAN	NILAI YANG DIDAPAT
1	Material Pipa	ASTM/ASME
2	Kelas Flange	300 SID
3	Diameter Luar (D)	4 Inchi
4	Desain Temperature Sistem	54.25 °C
5	Temperature Operasi	43.4 °C
6	Temperature Ambient	25 °C
7	Desain Tekanan	80 °C
8	Tekanan Operasi	60 Psi
9	Massa jenis Fluida	0.842 / 0.892
10	Insulasi Pipa	Raping
11	Tegangan Izin Material	18.3 MPa
12	Faktor Kualitas (Ec)	1
13	Kode Standar Desain	B 31.3

4.2 Pembuatan Model Sistem Perpipaian

Model system perpipaian adalah suatu pembuatan desain pemipaian yang dapat dibuat dengan beberapa *Software* salah satunya menggunakan *Caesar II*, pembuatan model dengan cara menginput data, setelah data diinput maka akan dianalisis system perpipaian yang telah didesain, adapun tahapannya sebagai berikut:

1. Pengecekan Kesalahan (*ErrorChecking*)

Pengecekan kesalahan (*errorchecking*) merupakan salah satu proses pemeriksaan jalur pada perpipaian, yang telah didesain yang bertujuan untuk mengetahui apakah ada kesalahan pada titik tertentu atau (*error*), pada desain yang tidak sesuai dengan ketentuan atau standar, apakah pada titik-titik tertentu ada terjadinya kesalahan (*error*), karena desain yang tidak sesuai dengan standar atau tidak dan setelah itu memilih *toolbar error checking* kemudian akan muncul *check box* pada gambar 4.1.

Message Type	Message Number	Element/Node Number	Message Text																																													
WARNING	172E	60-70	On element 60 TO 70 the reducer alpha value was not specified. CAESAR II will use a default value of: 6.041.																																													
NOTE			<p style="text-align: center;">CENTER OF GRAVITY REPORT</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Total Wght</th> <th>X cg</th> <th>Y cg</th> <th>Z cg</th> </tr> <tr> <th></th> <th>N.</th> <th>mm.</th> <th>mm.</th> <th>mm.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Pipe</td> <td>22172.3</td> <td>10326.6</td> <td>1812.1</td> <td>37723.0</td> </tr> <tr> <td>Insulation</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> </tr> <tr> <td>Refractory</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> </tr> <tr> <td>Fluid</td> <td>8571.0</td> <td>11329.4</td> <td>1947.0</td> <td>44586.1</td> </tr> <tr> <td>Pipe+Ins+Rfrty</td> <td>22172.3</td> <td>10326.6</td> <td>1812.1</td> <td>37723.0</td> </tr> <tr> <td>Pipe+Fluid</td> <td>30743.3</td> <td>10606.2</td> <td>1849.7</td> <td>39636.4</td> </tr> <tr> <td>Pipe+Ins+Rfrty+Fld</td> <td>30743.3</td> <td>10606.2</td> <td>1849.7</td> <td>39636.4</td> </tr> </tbody> </table>		Total Wght	X cg	Y cg	Z cg		N.	mm.	mm.	mm.	Pipe	22172.3	10326.6	1812.1	37723.0	Insulation	0.0	0.0	0.0	0.0	Refractory	0.0	0.0	0.0	0.0	Fluid	8571.0	11329.4	1947.0	44586.1	Pipe+Ins+Rfrty	22172.3	10326.6	1812.1	37723.0	Pipe+Fluid	30743.3	10606.2	1849.7	39636.4	Pipe+Ins+Rfrty+Fld	30743.3	10606.2	1849.7	39636.4
	Total Wght	X cg	Y cg	Z cg																																												
	N.	mm.	mm.	mm.																																												
Pipe	22172.3	10326.6	1812.1	37723.0																																												
Insulation	0.0	0.0	0.0	0.0																																												
Refractory	0.0	0.0	0.0	0.0																																												
Fluid	8571.0	11329.4	1947.0	44586.1																																												
Pipe+Ins+Rfrty	22172.3	10326.6	1812.1	37723.0																																												
Pipe+Fluid	30743.3	10606.2	1849.7	39636.4																																												
Pipe+Ins+Rfrty+Fld	30743.3	10606.2	1849.7	39636.4																																												

Gambar 4.1 Checking Error

Pada gambar 4.1 yang menjelaskan bahwa pada jalur perpipaan tidak ada terjadinya kesalahan (*error*). Tidak ada kesalahan (*error*) pada chekx box menandakan bahwa pada jalur perpipaan sudah sesuai dengan standar yang telah ditetapkan.

2. Visualisasi Pemodelan

Setelah pengecekan kesalahan pada pemodelan, selanjutnya merupakan visualisasi pemodelan jalur perpipaan dari sumur ke *Manifold* sumur pada PT. Sarana Pembangunan Riau. Karena pipa pada jalur perpipaan terlalu panjang maka gambar dibagi beberapa bagian seperti gambar 4.2 .



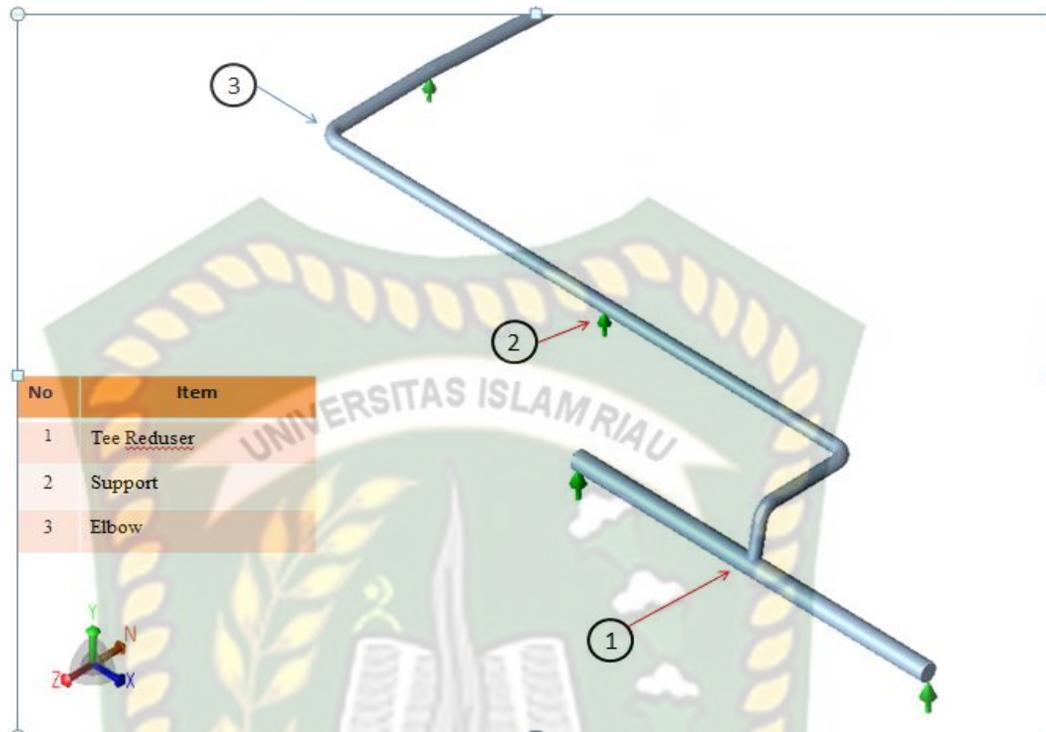
Gambar 4.2 Jalur Sumur ke *Check Valve*

Sumber: *Software CAESAR II 2019*

Pada gambar 4.2 merupakan jalur perpipaan dari sumur minyak dari pompa ke *Check valve* 1.

Pada jalur dari sumur ke *Check valve* 1 ini terdapat pipa yang berdiameter 3 in sepanjang 1.8 m dan pipa berdiameter 4 in sepanjang 5 m.

Pada ujung pipa terdapat satu unit *weld neck flange* yang akan disambungkan dengan *check valve* dan *gate valve*. Selain itu terdapat satu unit *reducer* dari pipa 3 in ke pipa 4 in dan satu unit *tee* untuk menghubungkan pipa dari sumur ke *check valve*.



Gambar 4.3 Jalur Perpipaan Dari *Check Valve* ke *Manifold* Sumur

Pada gambar 4.3 adalah gambar dari jalur perpipaan *Check Valve* ke *Manifold* sumur merupakan tempat titik jumpa jalur perpipaan dari sumur lain, yang masing-masing pipa dari sumur lain sama ukuran, pada *manifold* ini bisa menampung antara 4 sampai 5 sumur dan setelah itu baru dari *Manifold* dialirkan ketangki Penyimpanan.

4.3 Hasil Analisa Tegangan pada Pipa

Analisa tegangan pipa pada jalur perpipaan minyak mentah dari sumur B ke *Manifold* sumur pada PT. Sarana Pembangunan Riau (SPR) Langgak dengan menggunakan *Software CAESAR II 2019* akan menghasilkan data tegangan yang terjadi pada jalur perpipaan yang sudah di desain pada aplikasi sebelumnya.

perhitungan tegangan yang sudah dilakukan sesuai dengan pembebanan yang ditentukan pada *loadcase*. Hasil yang telah didapat dari aplikasi, setelah itu dianalisa dengan membandingkan hasil tegangan maksimum yang telah didapatkan, dalam nilai tegangan yang telah izinkan berdasarkan standart ASME B31.3.

Nilai perhitungan dapat dilihat diaplikasi *software* pada *CAESAR II 2019* pada menu *summary* pada *static output preprocessor*, setelah dilakukan *Run batch* pada *software*.. Data-data yang telah didapatkan dari aplikasi adalah *code stress* yang terjadi pada setiap *loadcase*. *Allowable stress* yang berdasarkan pada standart yang telah ditetapkan. *Node* terjadinya tegangan tertinggi pada jalur perpipaan di *loadcase*.

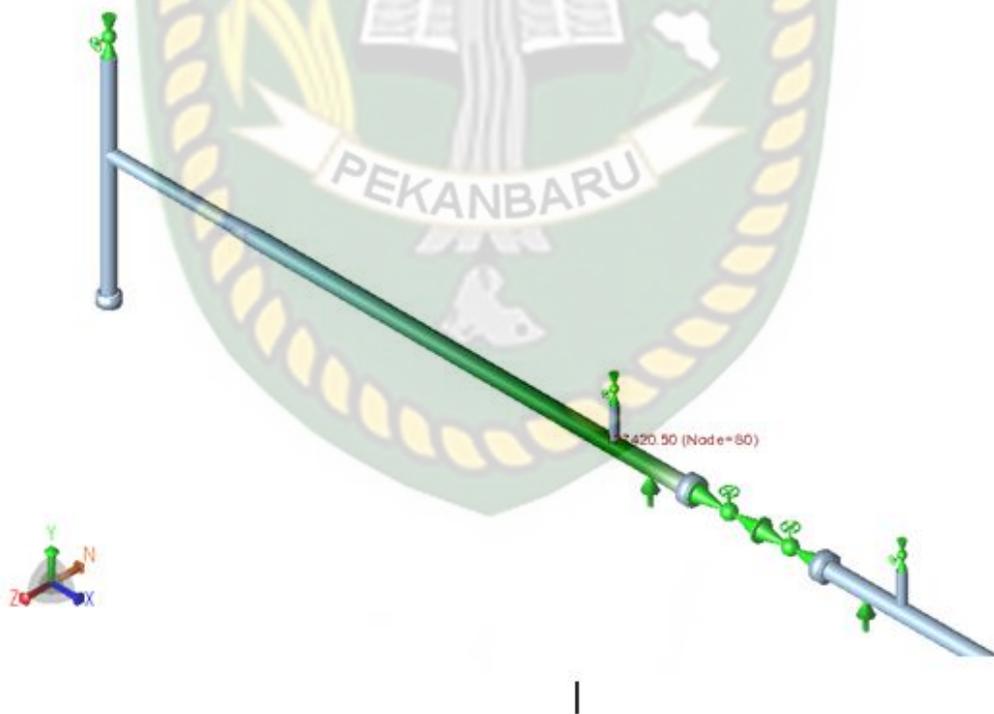
Dan rasio dari tegangan tertinggi. Hasil analisa yang detail dapat diketahui dari table 4.2 yang merupakan nilai titik tertinggi terjadinya tegangan pada setiap *loadcase*.

Tabel 4.2 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	80	0	144639.6	0	Safe
L2 = W+P1(Alt SUS)	Alternatif sustained Stress Based On Operating Condition 1	80	137892.0	127420.5	92.4	Safe
L3 = W+T2+P2 (OPE)	Operating Case Condition 2	80	0	144224.8	0	Safe
L4 = W+P2 (Alt SUS)	Alternate Sustained Stress Based On Operating Condition 2	80	137892.0	126908.2	92.0	Safe
L5 = W+T3+P1 (OPE)	Operating Case Condition 3	80	0	144639.6	0	Safe
L6 = W+P1 (Alt SUS)	Alternate Sustained Stress Based On Operating Condition 3	80	137892.0	1127420.5	92.4	Safe
L7 = W+P1 (SUS)	Sustained Case Condition 1	80	137892.0	127420.5	92.4	Safe
L8 = W+P2 (SUS)	Sustained Case Condition 2	80	137892.0	102537.1	92.0	Safe
L9 = WNC (SUS)	Weight No Content	80	137892.0	102537.1	74.4	Safe
L10 = L1-L7 (EXP)	Expansion Case Condition 1	228	338410.1	28821.2	8.5	Safe
L11 = L3-L8 (EXP)	Expansion Case Condition 2	229	340293.8	21593.9	6.3	Safe
L12 = L1-L3 (EXP)	Expansion Case Condition 3	228	338410.1	7381.0	2.2	Safe
L13 = L3-L7 (EXP)	Expansion Case Condition 1-2	439	339628.6	9746.5	2.9	Safe
L14 = L1-L5 (EXP)	Expansion Case Condition 1-3	228	338410.1	23459.0	6.0	Safe
L15 = L3-L5 (EXP)	Expansion Case Condition 2-3	228	338410.1	13078.0	3.9	Safe

Berdasarkan dari data analisa pada table 4.2 didapatkan hasil 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, dan 7 dengan rasionya 92.4% pada node 80.

Hasil analisa yang dilakukan tersebut menunjukkan bahwa jalur perpipaan minyak dari sumur ke B ke *manifold* sumur PT. SPR Langgak masih dalam keadaan kondisi aman, tetapi harus tetap melakukan pengecekan berkala. Meskipun dalam keadaan masih aman, tetap perlu melakukan modifikasi pada beberapa *Loadcase* yang rasio nya hampir mendekati 100% biar menjadi lebih aman.



Gambar 4.4 Titik Terjadinya Tegangan tertinggi

Pada gambar 4.4 merupakan titik tertinggi terjadinya tegangan pada jalur perpipaan yang terjadi pada node 80. Hal menunjukkan dengan warna hijau pada jalur perpipaan yang mengalami *Overstress*.

4.4 Modifikasi Pada Sistem Perpipaan

Berdasarkan hasil analisa diatas. Terdapat beberapa *loadcase* yang memiliki nilai tegangan yang tinggi terjadi pada node 80. Dan dari pada itu untuk mengurangi rasio yang besar pada tegangan node 80, maka di modifikasi pada jalur perpipaan dengan menambahkan *support*. Penambahan *support* dilakukan pada arah sumbu Y dengan jarak 3m dari sumur. jarak yang berada dari sumur ke node 80 lumayan cukup jauh jadi tambahkan pada node 70. *Support* yang diberikan yaitu Y+, seperti gambar

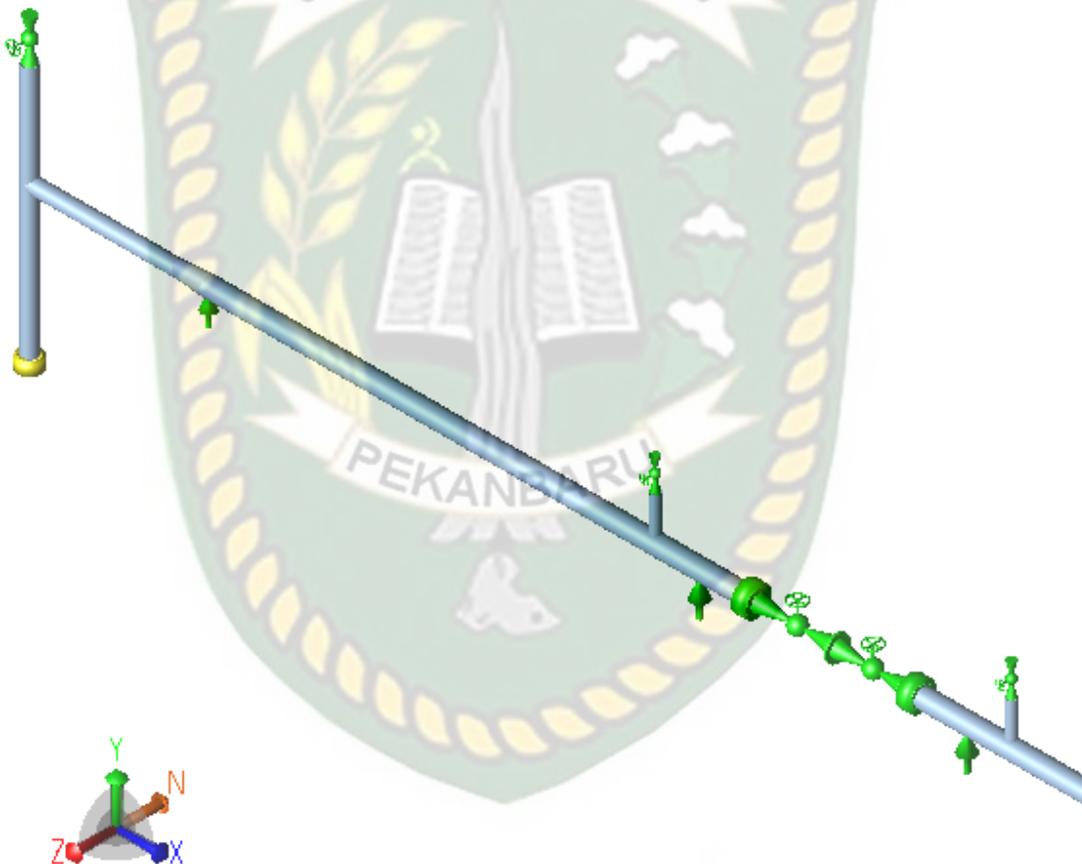
4.5



Gambar 4.5 Penambahan *Support Y+* pada node 60

Pada gambar 4.5 merupakan gambar modifikasi dari jalur pemipaan yang dimana ditambahkan *Support* jenis Y+ pada node 70. Penambahan *support* ini bertujuan agar tegangan tidak mendekati 100%.

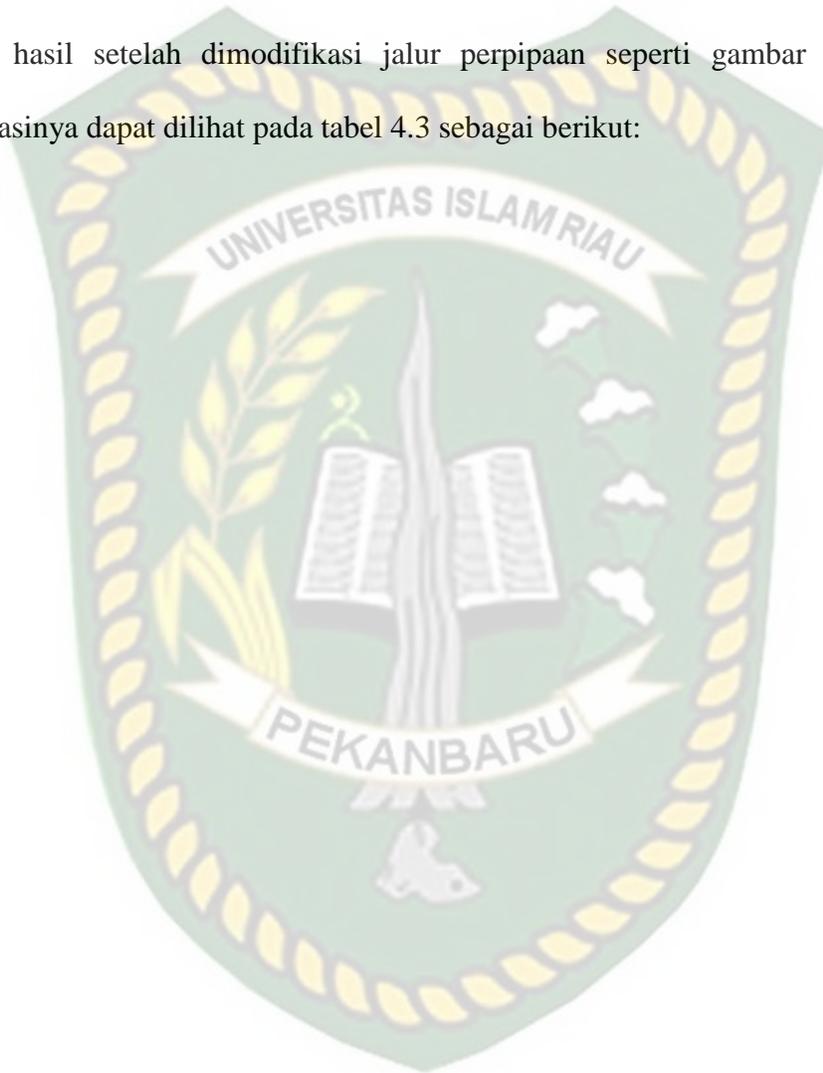
Setelah dilakukannya modifikasi pada jalur perpipaan. Maka terjadi perubahan yang dilihat dari warna pada jalur pipa. Perubahan tersebut terlihat dari warna pipa yang berwarna biru seperti gambar 4.6 dibawah ini:



Gambar 4.6 Tegangan Jalur Pipa Setelah Dimodifikasi

Gambar diatas menampilkan perubahan yang terjadi pada jalur perpipaan setelah dimodifikasi, dengan warna biru yang menandakan bahwa tegangan yang tinggi tadi menurun sehingga menjadi aman.

hasil setelah dimodifikasi jalur perpipaan seperti gambar 4.6 hasil dari kalkulasinya dapat dilihat pada tabel 4.3 sebagai berikut:



Tabel 4.7 hasil analisa tegangan jalur perpipaan pada setiap *loadcase* setelah dimodifikasi

Loadcase	Name	Node	Allowable Stress (kPa)	Code Stress (kPa)	Ratio (%)	Information	After Modification		
							Code Stress (kPa)	Ratio (%)	information
L1 = W+T1+P1 (OPE)	<i>Operating Case Condition 1</i>	80	0	144639.6	0	Safe	5600.6	0	Safe
L2 = W+P1 (Alt SUS)	<i>Alternate Sustained Stress Based On Operating Condition 1</i>	80	137892	127420.5	92.4	Safe	5871.6	4.3	Safe
L3 = W+T2+P2 (OPE)	<i>Operating Case Condition 2</i>	80	0	144224.8	0	Safe	5217.4	0	Safe
L4 = W+P2 (Alt SUS)	<i>Alternate Sustained Stress Based On Operating Condition 2</i>	80	137892	126908.2	92.0	Safe	5359.2	3.9	Safe
L5 = W+T3+P1 (OPE)	<i>Operating Case Condition 3</i>	80	0	144639.6	0	Safe	5613.3	0	Safe
L6 = W+P1 (Alt SUS)	<i>Alternate Sustained Stress Based On Operating Condition 3</i>	80	137892	127420.5	92.4	Safe	5871.6	4.3	Safe
L7 = W+P1 (SUS)	<i>Sustained Case Condition 1</i>	80	137892	127420.5	92.4	Safe	5871.6	4.3	Safe
L8 = W+P2 (SUS)	<i>Sustained Case Condition 2</i>	80	137892	102537.1	92.0	Safe	5359.2	3.9	Safe
L9 = WNC (SUS)	<i>Weight No Content</i>	80	137892	102537.1	74	Safe	3333.4	2.4	Safe
L10 = L1-L7 (EXP)	<i>Expansion Case Condition 1</i>	228	338410.1	28821.2	8.5	Safe	562.9	0.2	Safe
L11 = L3-L8 (EXP)	<i>Expansion Case Condition 2</i>	229	340293.8	21593.9	6.3	Safe	449.3	0.1	Safe
L12 = L1-L3 (EXP)	<i>Expansion Case Condition 3</i>	228	338410.1	7381.0	2.2	Safe	202	0.1	Safe
L13 = L3-L7 (EXP)	<i>Expansion Case Condition 1-2</i>	439	339628.6	9746.5	2.9	Safe	466.7	0.1	Safe
L14 = L1-L5 (EXP)	<i>Expansion Case Condition 1-3</i>	228	338410.1	23459.0	6.0	Safe	150.6	0	Safe
L15 = L3-L5 (EXP)	<i>Expansion Case Condition 2-3</i>	228	338410.1	13078.0	3.9	Safe	51.4	0	Safe

Pada tabel 4.3 diatas dapat dilihat bahwa hasil dari kalkulasi dengan aplikasi setelah dilakukan modifikasi pada jalur perpipaan, dengan menambahkan *Support Y+* pada node 70. Hasil dari data yang didapatkan tidak ada lagi terjadi tegangan pada *loadcase* node 80.

Dapat dilihat dari tabel 4.3 hasil yang didapatkan dengan *Software CAESAR II 2019* menunjukkan bahwa tegangan tertinggi terdapat *loadcase* 2 node 60 dengan rasio 25.1% dan nilai tegangannya 34625.4 kPa.



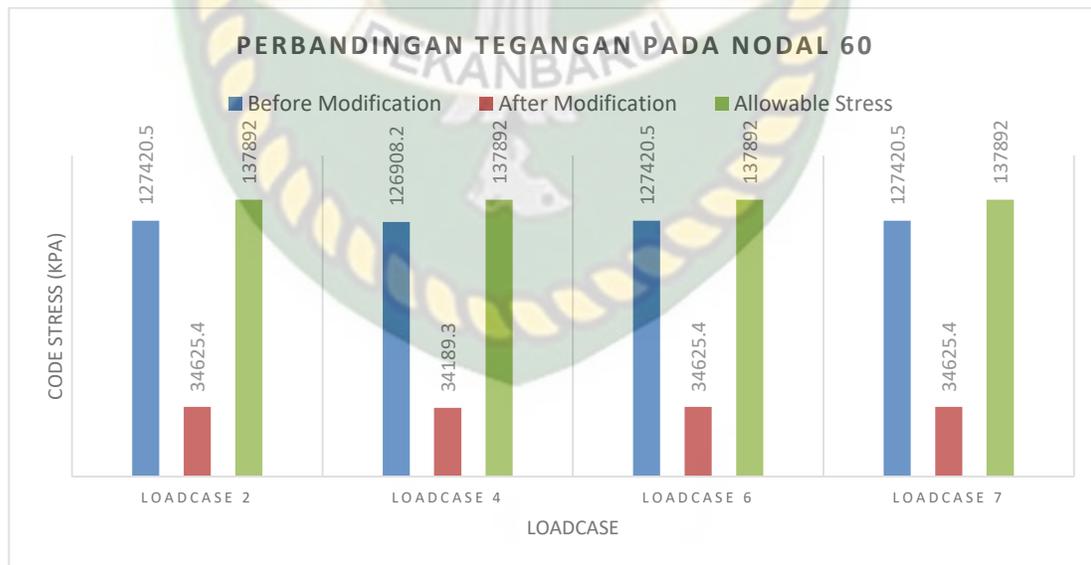
Gambar 4.7 Tegangan Tertinggi setelah Dimodifikasi

Sumber: *Software CAESAR II 2019*

Pada gambar 4.7 merupakan titik terjadinya tegangan yang telah dimodifikasi pada jalur perpipaan. Dari gambar terlihat bahwa tegangan yang terjadi pada pipa tidak terlalu besar lagi. Hal ini dibuktikan pada pipa node 60 yang berwarna biru muda. Itu menunjukkan bahwa tegangan pipa tidak tinggi lagi maka jalur ini dapat aman untuk beroperasi.

Ini sudah dipastikan dengan dilakukan analisa menggunakan aplikasi CAESAR II 2019. Analisa dengan menggunakan aplikasi ini sangat membantu dalam *engineering* terutama dalam *mechanical design dan piping system* sehingga dapat menyelesaikannya dengan sangat bagus.

Gambar 4.8 perbandingan tegangan antara sebelum di modifikasi dengan yang sesudah dimodifikasi.



Gambar 4.8 Grafik perbandingan tegangan

Tabel 4.8 Nilai Tegangan Tertinggi Sebelum dan Sesudah Modifikasi Pada Node 80

Loadcase	Name	Node	Allowable Stress (kPa)	Code Stress (kPa)	Ratio (%)	Information	After Modification		
							Code Stress (kPa)	Ratio (%)	information
L1 = W+T1+P1 (OPE)	<i>Operating Case Condition 1</i>	80	0	144639.6	0	Safe	5600.6	0	Safe
L2 = W+P1 (Alt SUS)	<i>Alternate Sustained Stress Based On Operating Condition 1</i>	80	137892	127420.5	92.4	Safe	5871.6	4.3	Safe
L3 = W+T2+P2 (OPE)	<i>Operating Case Condition 2</i>	80	0	144224.8	0	Safe	5217.4	0	Safe
L4 = W+P2 (Alt SUS)	<i>Alternate Sustained Stress Based On Operating Condition 2</i>	80	137892	126908.2	92.0	Safe	5359.2	3.9	Safe
L5 = W+T3+P1 (OPE)	<i>Operating Case Condition 3</i>	80	0	144639.6	0	Safe	5613.3	0	Safe
L6 = W+P1 (Alt SUS)	<i>Alternate Sustained Stress Based On Operating Condition 3</i>	80	137892	127420.5	92.4	Safe	5871.6	4.3	Safe
L7 = W+P1 (SUS)	<i>Sustained Case Condition 1</i>	80	137892	127420,5	92.4	Safe	5871.6	4.3	Safe
L8 = W+P2 (SUS)	<i>Sustained Case Condition 2</i>	80	137892	102537,1	92.0	Safe	5359.2	3.9	Safe
L9 = WNC (SUS)	<i>Weight No Content</i>	80	137892	102537.1	74	Safe	3333.4	2.4	Safe
L10 = L1-L7 (EXP)	<i>Expansion Case Condition 1</i>	228	338410.1	28821.2	8.5	Safe	562.9	0.2	Safe
L11 = L3-L8 (EXP)	<i>Expansion Case Condition 2</i>	229	340293.8	21593.9	6.3	Safe	449.3	0.1	Safe
L12 = L1-L3 (EXP)	<i>Expansion Case Condition 3</i>	228	338410.1	7381.0	2.2	Safe	202	0.1	Safe
L13 = L3-L7 (EXP)	<i>Expansion Case Condition 1-2</i>	439	339628.6	9746.5	2.9	Safe	466.7	0.1	Safe
L14 = L1-L5 (EXP)	<i>Expansion Case Condition 1-3</i>	228	338410.1	23459.0	6.0	Safe	150.6	0	Safe
L15 = L3-L5 (EXP)	<i>Expansion Case Condition 2-3</i>	228	338410.1	13078.0	3.9	Safe	51.4	0	Safe



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang didapat pada analisa sistem perpipaan pada PT. Sarana Pembangunan Riau yakni sebagai berikut:

1. Pada sistem perpipaan yang dianalisa pada hasil dari *Software Caesar II* menunjukkan pada analisa data tidak terjadinya *Error Cheking*, sehingga pada sistem perpipaannya masih dalam keadaan aman.
2. dalam analisa data pada *Software Caesar II* terdapat tegangan tertinggi yang terjadi pada node 80 dengan 3 *Loadcase* yang rasio tegangannya mencapai 100% dengan rasio tegangan 92.4% dan nilai tegangan 137892.0 KPa pada node 80 dengan *loadcase* 2, 6, 7.
3. pada analisa ini dilakukan modifikasi pada sistem perpipaan agar bisa mengurangi rasio tegangan dan nilai tegangan yang hampir mencapai 100%. Dengan tidak melebihi batas tegangan izin yang ditentukan pada ASME 31.3 modifikasi yang dilakukan dengan pemberian *Support Y+* pada Node 60 dan hasil modifikasi menghasilkan rasionya 4.3%.

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat peneliti berikan pada perusahaan PT Sarana Pembangunan Riau adalah:

1. Sebaiknya pada sistem perpipaan perlu dilakukan modifikasi pada jalur pipa node 80 karena pada node tersebut terdapat tegangan tertinggi yang terjadi.
2. Pada analisa ini perusahaan bisa menjadikan referensi penelitian ini walaupun dalam analisa tegangan sistem perpipaan tidak melebihi tegangan izin yang ditentukan oleh ASME 31.3.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdillah, Arno. 2014. *Analisa Tegangan Pipa Pada Jalur Pemipaan Gas Dengan Pendekatan Perangkat Lunak*. Universitas Bengkulu.
- Tri Adi Siswanto. 2014. *Analisa Pengaruh Water Hammer Terhadap Nilai Stress Pipa Pada Sistem Loading-Offloading PT. DABN*. Institut Teknologi Sepuluh November.
- Mulyanto Sigit. 2015. *Analisa Tegangan Pipa Steam Low Condensate Diameter 6 Pada PT IKPT*. Universitas Mercubuana. Yogyakarta.
- Rosyidul Aththar M. 2013. *Analisa Tegangan Sistem Perpipaan Pada Jalur Metering Sampai Tanki TB-T 01, TB-T 02, TB-T 03*. Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
- ASME B31.3. 2012. *Pipeline Transportation System For Liquids And Slurrles*. New York: America Society Of Mechanical Engineers.
- Husen Ahmad. 2018. *Analisa Tegangan Pipa Sistem Instalasi Pipipaan Geothermal Di Proyek X*. Institut Sains Dan Teknologi Nasional. Jakarta Selatan.
- Afiyanto Romy. 2020. *Analisa Tegangan Ekspansi Pada Seamless Carbon Steel (ASTM SA 106)*. Institut Teknologi Nasional Malang.
- Erinofiadi. 2014. *Desain Tegangan Pada Jalur Pemipaan Gas Dengan Pendekatan Perangkat Lunak*. Universitas Bengkulu.
- (McGraw-Hill handbooks) Mohinder Nayar. 2020 *Piping Handbook-McGraw-Hill*.

- Parada Anugerah Pridyatama. 2014. *Analisa Rancangan Pipe Support Pada Sistem Perpipaan High Pressure Vent Berdasarkan Stress Analysis Dengan Pendekatan Caesar II*. Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya
- Satrijo Djoeli. 2014. *Perancangan Dan Analisa Sistem Perpipaan Procces Plant Dengan Metode Elemen Hingga*. Universitas Diponegoro.
- Usman. N, A. 2018. *Analisis Tegangan Pipa Dan Defleksi Pada Jalur Penghubung Reaktor (RE-101) Pada Vinychoride Monomer (VCM) Plant PT. ASAHIMAS CHEMICAL Dengan Menggunakan Software Caesar II 2016*. Yogyakarta: UMY Repository.
- Raswari. (1987). *Perencanaan Dan Penggambaran Sistem Perpipaan Ammonia Unitized Chiller*. Depok: Universitas Indonesia.
- ASME. (2016). *Process Piping ASME Code For Preassure Piping 31.3*. New york.
- Peng, Ling-Chuan, dan Tsen Long Peng. *Pipe stress Engineering*. USA: ASME Press 2009