

ANALISIS DISTRIBUSI TEGANGAN PADA PERCABANGAN PIPA 90⁰

AKIBAT BEBAN LENTUR

SKRIPSI

Oleh:

Nama : Gian Wicaksana

NRP : 143030042



PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS PASUNDAN

BANDUNG

2021

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

N a m a : Gian Wicaksana

Nomor Pokok Mahasiswa : 143030042

Program Studi : Teknik Mesin FT UNPAS

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Dalam Skripsi yang saya kerjakan ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan/ditulis oleh orang lain untuk memperoleh gelar dari suatu perguruan tinggi,
2. Sepanjang pengetahuan saya, tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis dan diterbitkan oleh orang lain kecuali yang secara tertulis diacu/dikutip/disitasi dalam naskah ini dan disebutkan dalam referensi,
3. Naskah laporan skripsi yang ditulis bukan dilakukan secara *copy paste* dari karya orang lain dan mengganti beberapa kata yang tidak perlu.
4. Naskah laporan skripsi bukan hasil plagiarisme.

Apabila dikemudian hari terbukti bahwa pernyataan ini tidak benar maka saya sanggup menerima hukuman/sanksi apapun sesuai peraturan yang berlaku.

Bandung, 18 Desember 2021

Penulis

Materai 10.000

Gian Wicaksana

SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan di bawah ini, sebagai sivitas akademik Universitas Pasundan, saya:

N a m a : Gian Wicaksana
NPM : 143030042
Program Studi : Teknik Mesin FT UNPAS
Jenis Karya : Skripsi

Menyatakan bahwa sebagai pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, saya menyetujui memberikan kepada Universitas Pasundan Hak Bebas Royalti Noneksklusif atas karya ilmiah saya yang berjudul:

ANALISIS DISTRIBUSI TEGANGAN PADA PERCABANGAN PIPA 90⁰ AKIBAT BEBAN LENTUR

Beserta perangkat yang ada (jika ada). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Pasundan berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pakalan data (database), merawat, dan mempublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta,

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Bandung, 18-Desember-2021

Yang menyatakan

Materai 10.000

Gian Wicaksana

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS DISTRIBUSI TEGANGAN PADA PERCABANGAN PIPA 90⁰

AKIBAT BEBAN LENTUR



Nama : Gian Wicaksana

NRP : 143030042

Pembimbing Utama

(Ir. Gatot Santoso, MT.,)

Pembimbing Pendamping

(Dr. Ir. Sugiharto, MT.,)

KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur saya ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan sumber-sumber kehidupan. Sehingga saya dapat menyelesaikan tugas akhir saya yang berjudul **“ANALISIS DISTRIBUSI TEGANGAN PADA PERCABANGAN PIPA 90° AKIBAT BEBAN LENTUR”**.

Tujuan pembuatan tugas akhir tersebut saya selesaikan untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan sarjana strata-1 program studi teknik mesin fakultas teknik Universitas Pasundan. Saya menyadari bahwa dalam pembuatan tugas akhir ini masih banyak sekali kesalahan dan kekurangan.

Maka dari kesalahan dan kekurangan saya, saya mendapat beberapa hambatan dalam mengerjakan tugas akhir ini. Tetapi berkat dukungan dan bantuan yang saya terima selama pembuatan tugas akhir ini hingga pada akhirnya saya dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Dengan penuh rasa terimakasih dan hormat, saya ucapkan kepada :

1. Tuhan Yang Maha Esa, karena berkat dan segala kemurahannya yang begitu berlimpah,
2. Kedua orang Tua saya, Ibu (Kristinah), Bapa (Bowo Budiyono), kakak (Aquila Galih Septian. SDS, Jean Pricilia Kasanke. SDS), keponakan (Olivia Kirana Sarasvati) atas segala doa dan dukungan materi dan non materi sehingga saya dapat menyelesaikan tugas akhir saya dengan sepenuh hati,
3. Ir. Gatot Santoso, MT selaku dosen pembimbing utama yang telah membimbing saya dan selalu memberikan masukan, tenaga, pikiran, serta waktunya,
4. Dr. Ir. Sugiharto, MT selaku dosen pembimbing selaku dosen pembimbing utama yang telah membimbing saya dan selalu memberikan masukan, tenaga, pikiran, serta waktunya,
5. Seluruh Dosen Teknik Mesin Universitas Pasundan atas ilmu yang diberikan selama saya belajar di dalam kelas maupun di luar kelas baik itu ilmu akademik dan non akademik, beserta staff prodi Teknik mesin,
6. Rekan – rekan seperjuangan saya mahasiswa Teknik Mesin Universitas Pasundan Angkatan 2014 ,
7. Tri Widya Murti, SE yang selalu memberikan semangat dan dukungan untuk menyelesaikan tugas akhir ini.

Dalam saya mengerjakan tugas akhir masih banyak kekurangan dan kesalahan karena keterbatasan saya, maka dari itu saya berharap kepada pembaca untuk memberikan saran

dan kritik yang bersifat membangun sangat saya harapkan untuk kesempurnaan penulisan tugas akhir ini sehingga bermanfaat untuk saya dan pembaca.

Untuk akhir kata saya ucapkan permohonan kepada Tuhan Yang Maha Esa supaya membalas segala kebaikan dan dukungan yang telah saya terima, Aminnn.

Bandung, 18 Desember 2021

Penulis



Daftar Isi

SURAT PERNYATAAN	i
SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
Daftar Isi	vi
Daftar Gambar	viii
Daftar Tabel	x
ABSTRAK	xi
ABSTRACT	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1. Latar Belakang	1
2. Rumusan Masalah	1
3. Tujuan	2
5. Batasan Masalah.....	2
6. Sistematika Penulis	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
1. Solidworks.....	4
2. Finite Element Analysis	4
3. Keterbatasan FEA Untuk Insinyur Desain	4
4. Tujuan FEA Untuk Insinyur Desain.....	5
5. Model Geometri CAD	5
6. Model Elemen Terbatas	6
7. Kesalahan Dalam FEA.....	7
8. Definisi Pipa.....	7
9. Jenis-Jenis Pipa	7
1. Material pipa yang digunakan secara umum:.....	7
2. Fungsi dan kegunaan pipa	8
3. Berdasarkan Proses Pembuatannya	8
10. Fungsi pipa	9
11. Komponen perpipaan	10
1. <i>Flanges</i> pipa menurut ANSI	10
2. Jenis <i>flanges</i> berdasarkan tipe muka(<i>face</i>).....	12
3. <i>Pipe Fitting</i>	14
12. ANSI Pipe Schedule.....	16
BAB III METEDOLIGI	17

1.	Metedologi Penelitian	17
2.	Diagram Alir	18
3.	Persiapan Perangkat Lunak	21
BAB IV ANALISIS DATA		22
1.	Hasil Penelitian	22
1.	Hasil Pengamatan Simulasi Percabangan pipa 6"/6"	22
2.	Hasil Pengamatan Simulasi Percabangan pipa 6"/5"	26
3.	Hasil Pengamatan Simulasi Percabangan pipa 6"/4"	30
4.	Hasil Pengamatan Simulasi Percabangan pipa 6"/3"	34
5.	Hasil Pengamatan Simulasi Percabangan Pipa.	38
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		41
1.	Kesimpulan	41
2.	Saran.....	41
DAFTAR PUSTAKA		42
LAMPIRAN.....		43



Daftar Gambar

Gambar 2. 1 Model Matematika [1]	6
Gambar 2. 2 Model Elemen Terbatas [1]	6
Gambar 2. 3 Pipa Baja Seamless	8
Gambar 2. 4 Pipa Baja Welded	9
Gambar 2. 5 Pipa Besi Dectile	9
Gambar 2. 6 Socket Flanges [3]	10
Gambar 2. 7 Slip On Flanges [3]	11
Gambar 2. 8 <i>Lap Joint Flanges</i> [3]	11
Gambar 2. 9 Welneck Flanges [3]	11
Gambar 2. 10 Thereaded Flange [3]	12
Gambar 2. 11 Blind Flange [3]	12
Gambar 2. 12 <i>Flat Face</i> [3]	13
Gambar 2. 13 Raides Face [3]	13
Gambar 2. 14 Ring Type Joint [3]	14
Gambar 2. 15 Butt Welded Compenent [3]	14
Gambar 2. 16 Socket Welded Compenent [3]	15
Gambar 2. 17 Thereaded Compenent [3]	15
Gambar 2. 18 ANSI Schedule [5]	16
Gambar 3. 1 Laptop Pribadi	17
Gambar 3. 2 Perangkat Lunak Solidworks 2018	18
Gambar 3. 3 Diagram Alir	19
Gambar 3. 4 Model Pipa 90 ⁰	21
Gambar 4. 1 Tegangan <i>hoop</i> pipa 6"/6" (sisikiri)	23
Gambar 4. 2 Gambar tegangan <i>axial</i> pipa 6"/6" (sisi kiri)	24
Gambar 4. 3 Tegangan <i>hoop</i> pipa 6"/6" (sisi kanan)	25
Gambar 4. 4 Tegangan <i>axial</i> pipa 6"/6" (sisi kanan)	26
Gambar 4. 5 Tegangan <i>hoop</i> pipa 6"/5" (sisi kiri)	27
Gambar 4. 6 Tegangan <i>axial</i> pipa 6"/5" (sisi kiri)	28
Gambar 4. 7 Tegangan <i>hoop</i> pipa 6"/5" (sisi kanan)	29
Gambar 4. 8 Tegangan <i>axial</i> pipa 6"/5" (sisi kanan)	30
Gambar 4. 9 Tegangan <i>hoop</i> pipa 6"/4" (sisi kiri)	31
Gambar 4. 10 Tegangan <i>axial</i> pipa 6"/4" (sisi kiri)	32
Gambar 4. 11 Tegangan <i>hoop</i> pipa 6"/4" (sisi kanan)	33
Gambar 4. 12 Tegangan <i>axial</i> pipa 6"/4" (sisi kanan)	34
Gambar 4. 13 Tegangan <i>hoop</i> pipa 6"/3" (sisi kiri)	35
Gambar 4. 14 Tegangan <i>axial</i> pipa 6"/3" (sisi kiri)	36
Gambar 4. 15 Tegangan <i>hoop</i> pipa 6"/3" (sisi kanan)	37
Gambar 4. 16 Tegangan <i>axial</i> pipa 6"/3" (sisi kanan)	38



Daftar Tabel

Tabel 3. 1 Dimensi Pipa Schedule 40.....	20
Tabel 4. 1 Hasil <i>probing result</i> tegangan pipa utama 6"/6" (sisi kiri).....	22
Tabel 4. 2 Hasil <i>probing result</i> tegangan pipa cabang 6"/6" (sisi kiri).....	23
Tabel 4. 3 Hasil <i>probing result</i> tegangan pipa utama 6"/6" (sisi kanan).....	24
Tabel 4. 4 Hasil <i>probing result</i> tegangan pipa cabang 6"/6" (sisi kanan).....	25
Tabel 4. 5 Hasil <i>probing result</i> tegangan pipa utama 6"/5" (sisi kiri).....	26
Tabel 4. 6 Hasil <i>probing result</i> tegangan pipa cabang 6"/5" (sisi kiri).....	27
Tabel 4. 7 Hasil <i>probing result</i> tegangan pipa utama 6"/5" (sisi kanan).....	28
Tabel 4. 8 Hasil <i>probing result</i> tegangan pipa cabang 6"/5" (sisi kanan).....	29
Tabel 4. 9 Hasil <i>probing result</i> tegangan pipa utama 6"/4" (sisi kiri).....	30
Tabel 4. 10 Hasil <i>probing result</i> tegangan pipa cabang 6"/4" (sisi kiri).....	31
Tabel 4. 11 Hasil <i>probing result</i> tegangan pipa utama 6"/4" (sisi kanan).....	32
Tabel 4. 12 Hasil <i>probing result</i> tegangan pipa cabang 6"/4" (sisi kanan).....	33
Tabel 4. 13 Hasil <i>probing result</i> tegangan pipa utama 6"/3" (sisi kiri).....	34
Tabel 4. 14 Hasil <i>probing result</i> tegangan pipa cabang 6"/3" (sisi kiri).....	35
Tabel 4. 15 Hasil <i>probing result</i> tegangan pipa utama 6"/3" (sisi kanan).....	36
Tabel 4. 16 Hasil <i>probing result</i> tegangan pipa cabang 6"/3" (sisi kanan).....	37
Tabel 4. 17 Hasil <i>probing result</i> tegangan von mises di percabangan pipa.....	38

ABSTRAK

Banyaknya variabel yang terlibat dalam penelitian dengan metode numerik, menyebabkan perlunya penelitian lebih lanjut mengenai distribusi tegangan yang terjadi di percabangan pipa. Maka dari itu tujuan yang ingin dicapai adalah mengidentifikasi distribusi tegangan yang terjadi pada percabangan pipa dengan sudut 90° , dan mengamati pengaruh rasio diameter pipa cabang dan pipa utama terhadap distribusi tegangan yang terjadi.

Adapun penelitian dengan metode numerik yang dilakukan, dimana model percabangan pipa dikenai beban lentur yang sejajar dengan sumbu x, pipa utama dan pipa cabang yang digunakan adalah pipa dengan *schedule 40*. Proses simulasi yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan perangkat lunak Solidworks

Dari hasil pengamatan yang telah dilakukan pada 4 model percabangan pipa dengan sudut 90° , dapat diketahui, bahwa rasio diameter pipa cabang mempengaruhi distribusi tegangan *hoop*, tegangan *axial*, dan tegangan *von mises* yang terjadi pada setiap model. diperoleh hasil tegangan *hoop* terbesar terjadi pada titik perpotongan pipa antara pipa utama dengan pipa cabang, Tegangan *axial* terbesar pada rasio diameter pipa $6''/6''$, $6''/5''$, $6''/4''$ tidak terjadi pada titik perpotongan antara pipa utama dengan pipa cabang, terkecuali untuk rasio diameter pipa $6''/3''$, yang terjadi di titik perpotongan pipa utama dengan pipa cabang, dan tegangan von mises terbesar pada daerah perpotongan pipa terjadi pada rasio diameter pipa $6''/6''$.

Kata kunci: Percabangan pipa, Distribusi tegangan, Simulasi, Analisis numerik, beban lentur.

ABSTRACT

The variable numbers included in research with numerical methods, causes the need for further research on the stress distribution that occurs in branching pipes. Therefore, the goal to be achieved is to identify the stress distribution that occurs in the branch pipe at an angle of 90°, and observe the effect of the diameter ratio of the branch pipe and the main pipe on the stress distribution that occurs.

The research with numerical methods was carried out, where the branching model of the pipe was subjected to a flexural load parallel to the x-axis, the main pipe and branch pipe used were pipes with schedule 40. The simulation process carried out in this study used Solidworks software.

From the observations that have been made on 4 branching pipe models with an angle of 90°, it can be seen that the branch pipe diameter ratio affects the distribution of hoop stress, axial stress, and von Mises stress that occurs in each model. The results obtained that the largest hoop stress occurs at the point of intersection of the pipe between the main pipe and the branch pipe, the largest axial stress at a pipe diameter ratio of 6"/6", 6"/5", 6"/4" does not occur at the point of intersection between the main pipe and the main pipe. branch pipe, except for the 6"/3" pipe diameter ratio, which occurs at the point of intersection of the main pipe with the branch pipe, and the largest von Mises stress in the pipe intersection area occurs at the 6"/6" pipe diameter ratio.

Keywords: Pipe branching, stress distribution, simulation, numerical analysis, bending load



BAB I

PENDAHULUAN

1. Latar Belakang

Dalam dunia *engineering* tepatnya dunia industri pipa merupakan komponen penting untuk menyalurkan atau menghubungkan fluida (cair atau gas) yang berpindah dari tempat asal ke tempat tujuan. Dengan demikian pada industri yang banyak menggunakan instalasi perpipaan yang berguna untuk mengalirkan fluida ke tempat tujuan. Pada instalasi ini, banyak dipakai sambungan yang berfungsi untuk membelokkan atau membagi aliran menjadi bercabang. Pembagian aliran fluida pada percabangan sendiri adalah suatu proses irreversibel dimana irreversibilitas ini di dalam aplikasi teknik akan menurunkan unjuk kerja dari sistem.

Pada percabangan pipa terdapat tegangan yang tidak sama pada setiap bagian percabangan tersebut, dan banyak faktor yang dapat mempengaruhi perubahan tekanan pada rangkaian pipa, baik faktor internal maupun eksternal. Diantaranya adalah percabangan pipa, ukuran pipa, material pipa, debit aliran fluida, maupun tata letak dari instalasi perpipaan. Maka dari itu faktor-faktor tersebut merupakan variable yang harus diperhitungkan dalam sebuah merancang suatu system perpipaan. Fluida bertekanan yang melalui sebuah pipa akan memberikan gaya yang tentunya dipengaruhi oleh material dan desain pipa. Untuk menjamin supaya tekanan dari suatu fluida yang mengalir tersebut stabil, maka analisis dari percabangan pipa tersebut stabil, maka analisis dari percabangan pipa harus baik.

Maka dari itu dilakukan penelitian tentang percabangan pipa dengan menggunakan software SolidWork, untuk mengetahui apa yang terjadi pada pipa tersebut.

2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Pada rasio diameter pipa berapakah tegangan *von misses*, *aksial*, dan *hoop* terbesar?
2. Berapakah diameter percabangan pipa yang disarankan?

3. Tujuan

Tujuan dari pembuatan tugas akhir ini selain untuk memenuhi kriteria menjadi sarjana, adalah:

1. Meneliti pengaruh diameter pipa cabang pada percabangan pipa 90^0 akibat beban lentur.
2. Mengetahui diameter yang tepat untuk percabangan pipa 90^0 .

4. Manfaat

1. Saya dapat mengetahui berapa rasio diameter pipa yang dapat dinyatakan aman untuk percabangan pipa 90^0 .
2. Saya dapat mengetahui lokasi tegangan aksial, *hoop*, dan *von-misses* percabangan pipa.

5. Batasan Masalah

Dalam pembahasan penelitian ini, yang mencakup tentang pembuatan model dan menganalisis data tegangan yang terjadi pada percabangan pipa, ada beberapa hal yang menjadi batasan masalah, yaitu :

1. Model pipa utama dengan dimensi 6 *inch* dengan *sch* 40.
2. Model percabangan pipa dengan dimensi 6 *inch*, 5 *inch*, 4 *inch*, 3 *inch* dengan *sch* 40.
3. Model untuk percabangan pipanya adalah 90^0 .
4. Semua ujung pipa tertutup.
5. Gaya yang diberikan sebesar 1000 *psi*.

6. Sistematika Penulis

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini membahas tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan pada tugas akhir ini.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisikan tentang metode yang digunakan dalam penelitian, materi diambil dari buku teks, atau jurnal. Materi dapat berupa tabel, gambar atau teori yang berhubungan dengan tugas akhir ini.

BAB III METEDOLOGI

Bab ini berisikan tentang tahapan yang akan dilakukan untuk menyelesaikan penelitian. Tahapan yang dilakukan adalah pembuatan model pipa CAD, proses simulasi, dan

probling result untuk mengetahui distribusi tegangan pada percabangan pipa secara numerik.

Bab IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisikan tentang pembahasan hasil penelitian dan data-data yang didapat dalam melakukan penelitian.

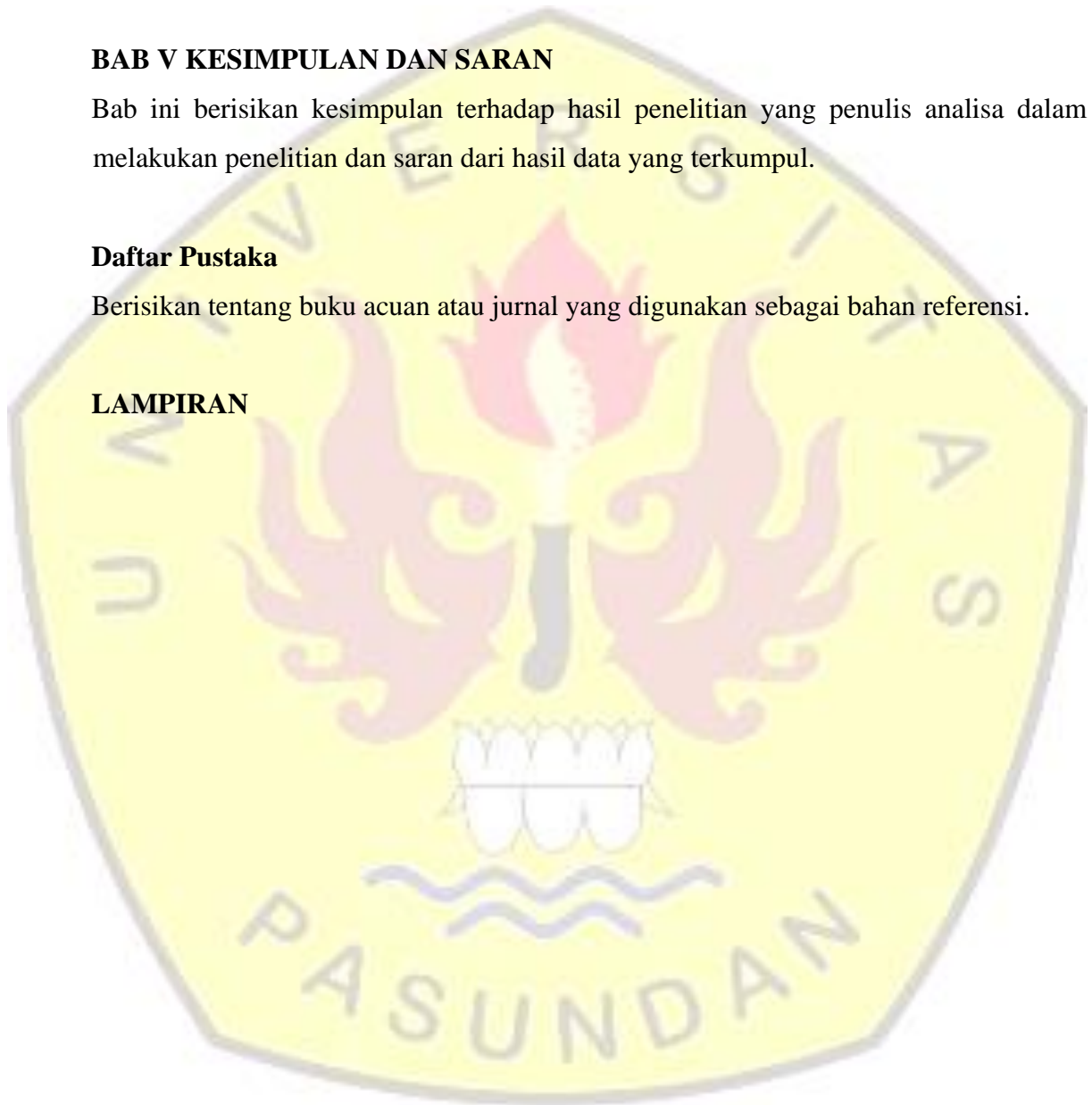
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisikan kesimpulan terhadap hasil penelitian yang penulis analisa dalam melakukan penelitian dan saran dari hasil data yang terkumpul.

Daftar Pustaka

Berisikan tentang buku acuan atau jurnal yang digunakan sebagai bahan referensi.

LAMPIRAN



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

1. Solidworks

Solidworks adalah implementasi dari FEA yang dapat menyelesaikan masalah yang biasa ditemukan dalam rekayasa desain, seperti analisis perpindahan, tegangan, frekuensi alami, getaran, tekuk, aliran panas. Solidworks adalah keluarga produk perangkat lunak analisis Teknik yang awalnya dikembangkan oleh *Structural Research Analysis Corporation* (SRAC). SRAC didirikan pada tahun 1982 dan sejak awal berdirinya telah berkontribusi pada inovasi yang berdampak signifikan pada evolusi FEA. Pada tahun 1995, SRAC bermitra dengan Solidworks Corporation dan menciptakan COSMOSWorks, salah satu produk Solidworks pertama yang menjadi produk solusi analisis untuk Solidworks Corporation. Kesuksesan komersial dari COSMOSWorks yang terintegrasi dengan perangkat lunak Solidworks CAD menghasilkan akuisisi SRAC pada tahun 2001 oleh Dassault Systemes, induk dari Solidworks Corporation. Pada tahun 2003, operasi SRAC digabungkan dengan Solidworks Corporation. Pada tahun 2009, COSMOSWorks diubah namanya menjadi Solidworks Simulation. Simulasi Solidworks terintegrasi dengan perangkat lunak Solidworks CAD dan menggunakan Solidworks untuk membuat dan mengubah model geometri. Solidworks adalah system CAD solid, parametrik, dan berbasis fitur yang dikembangkan khusus untuk *system* operasi Windows [1].

2. Finite Element Analysis

Finite Element merupakan salah satu dari metode numerik yang memanfaatkan operasi *matrix* dalam penyelesaian masalah-masalah fisik. Dalam istilah matematika, *finite element* analisis teknik numerik digunakan untuk memecahkan masalah lapangan yang dijelaskan oleh serangkaian persamaan diferensial parsial. Sedangkan dalam teknik mesin digunakan untuk memecahkan masalah structural, getaran, dan termal. Adapun metode lainnya yang dapat digunakan tetapi karena fleksibilitas dan efisiensi numeriknya, analisis ini telah mendominasi pasar perangkat lunak [1].

3. Keterbatasan FEA Untuk Insinyur Desain

Ada beberapa pertanyaan yang akan ditanyakan salah satunya adalah apakah dengan melakukan analisis FEA dan membiarkan insinyur desain untuk mendesain produk baru.

Jawabannya tergantung pada ukuran bisnis, organisasi, jenis produk dan budaya perusahaan serta faktor-faktor lainnya yang dapat mempengaruhi. Pertimbangan yang harus difikirkan kembali yaitu insinyur desain harus menangani analisis yang relatif sederhana tetapi melakukannya dengan cepat dan dapat diandalkan. Analisis yang sangat kompleks dan memakan waktu tidak dapat dijalankan secara bersamaan dengan proses desain dan biasanya ditangani dengan lebih baik oleh analis yang berdedikasi atau dikontrak oleh konsultan khusus [1].

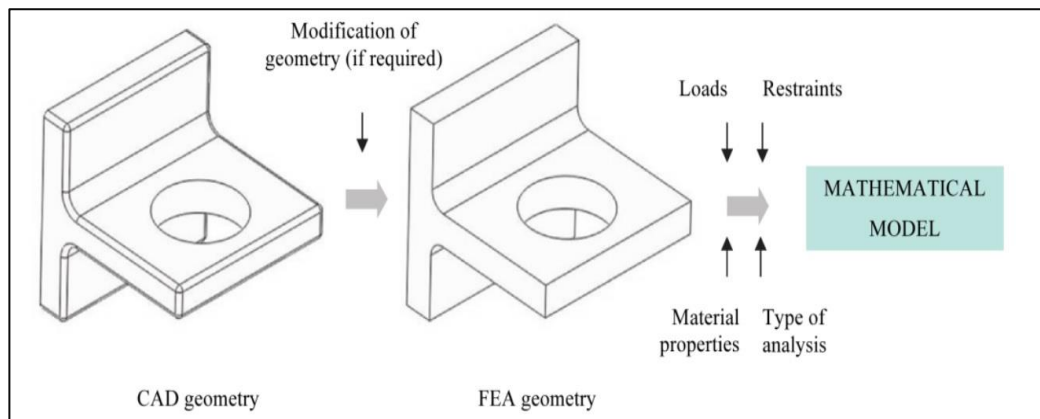
4. Tujuan FEA Untuk Insinyur Desain

Tujuan umum dari FEA untuk mengurangi biaya pengujian prototipe suatu produk secara eksperimen. Dimana untuk menyederhanakan proses prototipe tidak digunakan sebagai alat desain tetapi untuk validasi desain akhir saja. Proses dalam pengembang produk digerakkan oleh simulasi menggunakan model *numerik*, bukan prototipe fisik untuk mendorong suatu pengembangan. Dalam prosesnya simulasi prototipe tidak lagi menjadi bagian dari *loop* desain berulang [1].

5. Model Geometri CAD

Model geometri ini harus disatukan untuk menjadi elemen hingga yang benar. Dalam pemersatuan elemen ini memiliki persyaratan dimana kita perlu memastikan bahwa geometri CAD akan bertautan sehingga elemen yang dihasilkan akan menyediakan data dengan akurasi yang diterima [1].

Mesh seringkali membutuhkan modifikasi pada geometri CAD yang berupa *defeaturing*, *idealization*, dan *clean-up*. Dalam penyederhanaan model CAD bukan satu-satunya tujuan membuatnya dapat bertautan. Seringkali kita harus menyederhanakan model meskipun model itu akan menyambung dengan benar apa adanya, karena elemen yang dihasilkan akan menjadi besar dan berakibat pembuatan tautan serta analisis akan memakan waktu terlalu lama. Modifikasi geometri memungkinkan *mesh* yang lebih sederhana dan *meshing* serta waktu komputasi yang lebih pendek [1].

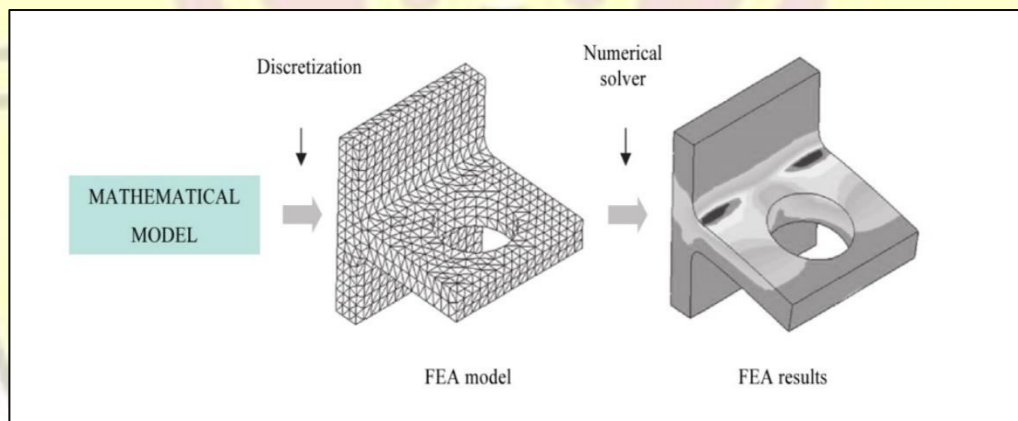


Gambar 2. 1 Model Matematika [1]

Gambar diatas merupakan proses pembuatan model matematis terdiri dari modifikasi geometri CAD (di sini menghilangkan *fillet* luar), definisi beban, batasan, sifat material, dan definisi jenis analisis (misalnya statis *linier*) yang akan dilakukan.

6. Model Elemen Terbatas

Dalam model matematika perlu dipecah menjadi elemen hingga menggunakan proses diskritisasi, lebih dikenal sebagai proses *meshing*. [1]



Gambar 2. 2 Model Elemen Terbatas [1]

Setelah membuat model elemen hingga, sekarang kita menggunakan pemecah yang disediakan dalam simulasi solidworks untuk menghasilkan data yang diinginkan. Seringkali langkah yang paling sulit dari FEA adalah menganalisis hasil. Interpretasi hasil yang tepat mengharuskan kita memahami semua penyederhanaan (dan kesalahan yang mereka perkenalkan) dalam tiga langkah pertama: mendefinisikan model matematika, menghubungkan, dan menyelesaikan. model matematika didiskritisasi menjadi model elemen hingga. ini melengkapi fase pra-pemrosesan. Model FEA kemudian diselesaikan dengan salah satu pemecah numerik yang tersedia dalam simulasi solidworks. [1]

7. Kesalahan Dalam FEA

Proses yang diilustrasikan pada gambar 1-2 dan gambar 1-3 menghasilkan kesalahan yang tidak dapat dihindari. perumusan model matematika memperkenalkan kesalahan pemodelan (juga disebut kesalahan idealisasi), diskritisasi model matematika memperkenalkan kesalahan diskritisasi, dan pemecahan memperkenalkan kesalahan solusi. ada tiga jenis kesalahan, hanya kesalahan diskritisasi yang khusus untuk FEA. kesalahan pemodelan yang mempengaruhi model matematika diperkenalkan sebelum FEA digunakan dan hanya dapat dikontrol dengan menggunakan teknik pemodelan yang benar. kesalahan solusi disebabkan oleh akumulasi kesalahan *round-off*. [1]

8. Definisi Pipa

Pipa adalah saluran tertutup sebagai sarana pengaliran atau transportasi fluida, sarana pengaliran atau transportasi energi dalam aliran. Pipa biasanya ditentukan berdasarkan ukuran nominalnya, sedangkan *tube* adalah merupakan salah satu jenis pipa yang ditetapkan berdasarkan diameter luarnya. Dalam suatu perusahaan industri, pipa merupakan salah satu peralatan pokok diluar rangkaian proses yang dipergunakan untuk mengalirkan suatu fluida, yaitu berupa fluida cair dan fluida gas. Fluida yang mengalir ini memiliki temperature dan tekanan yang berbeda-beda. Bentuk kontruksi pipa yang terdapat di suatu perusahaan industry dipengaruhi oleh jenis fluida yang akan dialirkan melalui pipa tersebut dengan mempertimbangkan pengaruh lingkungan yang ada [3].

9. Jenis-Jenis Pipa

Pipa dapat diklasifikasikan berdasarkan material yang digunakan, fungsi dan kegunaan, dan proses pembuatannya [3].

1. Material pipa yang digunakan secara umum:

1. Pipa *Carbon Steel*
2. Pipa *Carbon Moly*
3. Pipa *Steinless Steel*
4. Pipa *Duplex* (biasa digunakan di proyek migas)
5. Pipa *Galvanis*
6. Pipa *Ferro Nikel*
7. Pipa *Chrom Moly*
8. Pipa *PVC*
9. Pipa *HDPE (High Density PolyEthylene)*

Selain itu ada juga jenis pipa dari bahan khusus antara lain :

1. Pipa *Vibre Glass*
2. Pipa Aluminium
3. Pipa *Wrought Iron* (besi tanpa tempa)
4. Pipa *Cooper* (tembaga)
5. Pipa *Nickel Cooper* (timah tembaga)
6. Pipa *Nickel Chrom Iron / inconnel* (besi timah chrom)
7. Pipa *Red Brass* (kuningan merah)

2. Fungsi dan kegunaan pipa

Fungsi dan kegunaan pipa harus melalui proses pemilihan material yang dibutuhkan untuk pengaplikasian pipa tersebut, seperti: [2]

1. Perpipaan untuk pembangkit tenaga
2. Perpipaan untuk industri bahan migas
3. Perpipaan untuk penyulingan minyak mentah
4. Perpipaan untuk pengangkutan minyak
5. Perpipaan untuk proses pendinginan
6. Perpipaan untuk tenaga nuklir
7. Perpipaan untuk distribusi dan transmisi gas

Karena untuk pengaplikasian pipa berbeda-beda maka harus diketahui jenis aliran temperatur, sifat korosi, Faktor gaya serta kebutuhan lainnya dari aliran serta pipanya

3. Berdasarkan Proses Pembuatannya

Berdasarkan cara pembuatannya secara umum kita mengenal 3 jenis pipa besi yaitu:

1. Pipa Baja *Seamless*

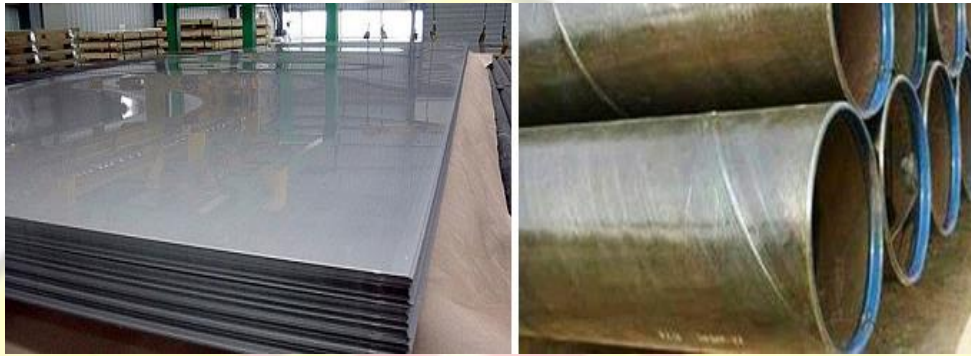
Pembuatan pipa tanpa pengelasan, yaitu dibentuk dengan menusuk batang besi silinder untuk menghasilkan lubang pada diameter dalam pipa.



Gambar 2. 3 Pipa Baja *Seamless*

2. Pipa Baja *Welded*

Pipa baja *welded* atau pembuatan pipa melalui pelat baja dengan sambungan las yaitu pelat baja tersebut dibentuk menjadi pipa dengan melengkungkan pipa tersebut ke arah sumbu pendeknya dengan *roll* pembentuk (*shaper roll*) sehingga membentuk sebuah pipa. Celah pertemuan kedua sisi pelat strip tersebut kemudian di las memanjang sehingga membentuk sebuah pipa tanpa celah.



Gambar 2. 4 Pipa Baja *Welded*

3. Pipa Besi *Ductile*

Pipa yang dibentuk dengan cara casting sentrifugal logam campuran panas.



Gambar 2. 5 Pipa Besi *Ductile*

10. Fungsi pipa

Fungsi dari pipa, yaitu sebagai sarana untuk menyalurkan bahan fluida cair, gas maupun uap dari suatu tempat ke tempat tertentu dengan mempertimbangkan efek, temperature dan tekanan fluida yang dialirkan, lokasi serta pengaruh lingkungan sekitar, selain fungsi di atas jenis pipa tertentu bisa juga digunakan sebagai konstruksi bangunan gedung, gudang dan lain-lain [2].

11. Komponen perpipaan

Dalam sebuah proyek instalasi perpipaan baik migas maupun non migas kita melihat ada komponen lain yang selalu berhubungan dan menempel pada pipa.

Komponen-komponen tersebut adalah :

- *Flanges* - alat penggabung ke komponen lain
- *Fittings* - sambungan pipa
- *Valves* - katup
- *Strainger* - saringan
- *Bland*
- *Boltings* - baut
- *Gasket*
- *Special Items*, dan lain-lain

1. *Flanges* pipa menurut ANSI

Flanges adalah suatu komponen yang digunakan untuk menggabungkan antara dua elemen pipa dengan *valve*, atau pipa dengan *equipment* lainnya menjadi satu kesatuan dengan menggunakan baut sebagai perekatnya [3].

1. *Socket flanges*

Socket flange adalah *flange* yang pada sisi terluarnya terdapat tahanan yang menyebabkan pipa yang dimasukkan ke dalamnya tidak tembus ke luar.



Gambar 2. 6 *Socket Flanges* [3]

2. *Slip on flanges*

Pada *flanges* ini, *flange* hanya masuk sebagian sisi luar dan dalamnya akan dilas, oleh karena itu diameter dalam *slip on flanges* ini harus lebih besar dari diameter luar pipa.



Gambar 2. 7 Slip On Flanges [3]

3. *Lap joint flanges*

Jenis *flange* yang bisa diputar posisi lubang bautnya. Jenis *flange* ini tidak disarankan untuk tekanan yang tinggi.



Gambar 2. 8 Lap Joint Flanges [3]

4. *Weldneck flanges*

Flange jenis ini biasa dan paling banyak digunakan dalam sebuah *plant*, karena sifatnya mudah untuk disambung dengan pipa. Selain dapat digunakan untuk tekanan dan temperatur yang rendah, baik juga tekanan dan temperatur yang tinggi.



Gambar 2. 9 Welneck Flanges [3]

5. *Threaded flanges*

Jenis *flange* ini memiliki tipe penyambungan menggunakan ulir. Biasanya digunakan untuk sistem yang sangat rawan kebakaran jika menggunakan pengelasan.



Gambar 2. 10 *Threaded Flange* [3]

6. *Blind flanges*

Flange yang berfungsi untuk menutup aliran, seperti halnya *cap* dalam *fitting*. Jenis *flange* ini rata, tidak berlubang karena memang berfungsi untuk menutup.



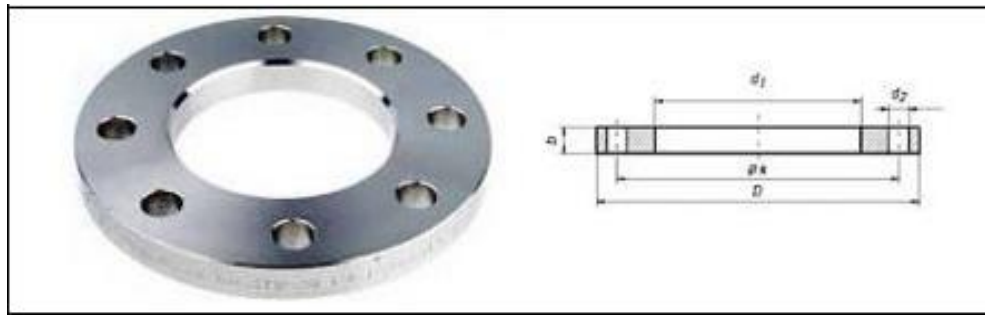
Gambar 2. 11 *Blind Flange* [3]

2. Jenis *flanges* berdasarkan tipe muka (*face*)

Jenis *flange* dapat juga dibedakan dengan melihat permukaan *flange* (*face*) yang merupakan tempat gasket. Ada tiga tipe *flange* jenis ini yaitu: [3]

1. Tipe *flat face* (FF)

Flat face adalah *flange* yang memiliki permukaan sentuh rata, *flat* atau polos tidak ada tekstur apapun [3].



Gambar 2. 12 Flat Face [3]

Flange jenis ini biasanya digunakan untuk jenis baja tuang (*cast iron*) dan juga *galvanize*. Biasa digunakan untuk tekanan rendah, untuk tipe *gasket* yang digunakan, biasanya berupa *flat sheet* atau *full face*.

2. Tipe raised face (RF)

Flange tipe ini memiliki permukaan sentuh yang lebih tinggi atau istilahnya *raised*, dengan tekstur garis-garis kecil melingkar. Jadi jika dilihat dari samping, terlihat bentuk menonjol di tengah.



Gambar 2. 13 Raides Face [3]

Flange ini biasanya digunakan untuk rating medium, ukuran fluida biasanya C150 – C600. Sedangkan untuk gasketnya, biasanya menggunakan *spiral wood gasket*.

3. Ring type Joint (RTJ)

Ring type joint memiliki bentuk yang hampir mirip dengan tipe *Raised Face*, perbedaannya terletak pada cekungan. Pada permukaan *flange* yang merupakan tempat *ring gasket* dan *raised* (permukaan sentuh) yang lebih besar di bandingkan dengan tipe *raised face*. *Tipe flange* ini biasanya digunakan untuk rating yang tinggi yaitu rating 900 ke atas, biasanya digunakan untuk fluida yang memiliki nilai aliran CL900 ke atas.



Gambar 2. 14 Ring Type Joint [3]

3. Pipe Fitting

Pipe Fitting (sambungan pipa) adalah sebuah benda yang dipergunakan untuk menyambung dua buah pipa atau lebih dan bisa berbentuk *elbow*, *tee*, *reducer*. Dalam proses menyambung pipa baja menggunakan *fitting*, tentunya harus dipelajari terlebih dahulu apakah sambungan yang dibuat tersebut bersifat tetap dan tidak bisa dibuka atau sambungan tersebut diinginkan sewaktu – waktu dapat dibuka untuk keperluan *maintenance* atau perbaikan. Sambungan pipa atau *fitting* ini secara garis besar terbagi menjadi dua jenis, yaitu: [4]

1. Welded component

Welded component yaitu *fitting* yang disambung pada pipa dengan dengan cara dilas (*welding*), sehingga sambungannya menjadi tetap dan tidak dapat dibuka. Fitting ini biasa digunakan pada *main line pipe*. *Fitting* jenis ini terbagi menjadi dua yaitu

- a. *Butt welded component*, komponen perpipaan yang proses pengelasannya langsung pada butt dari pipa dan *fitting*.



Gambar 2. 15 Butt Welded Component [3]

- b. *Socket welded component, fitting* yang disambung dengan cara memasukkan *socket fitting* pada pipa kemudian dilakukan pengelasan pada bagian *fillet* dari pertemuan antara pipa dan *fitting*.



Gambar 2. 16 *Socket Welded Component* [3]

2. *Threaded component*

Threaded Component yaitu *fitting* yang disambung pada pipa dengan cara diulir sehingga jika diperlukan suatu saat bisa dilepas. Dengan menggunakan fitting jenis ini pipa yang disambung dapat di buka kembali. Dan ini memudahkan untuk proses perbaikan atau *maintenance*. *Fitting* jenis ini biasa digunakan pada perpipaan mesin, *compressor*, pipa perhotelan dan lain-lain.



Gambar 2. 17 *Threaded Component* [3]

Secara garis besar sambungan pipa (*pipe fitting*) sudah dijelaskan di atas, adapun jenis-jenis *Fitting* lain:

- A. Cap
- B. Concentric Reducer
- C. Concentric Tee
- D. Cross
- E. Coupling
- F. Elbow SR/LR
- G. Elbow SR/LR Return 180
- H. Equal Tee
- I. Union
- J. Nipple, dan lain – lain.

12. ANSI Pipe Schedule

Berikut adalah tabel standar dari ANSI [5]

PIPE SIZE	O.D. in inches	5	10	20	30	40	STD.	60	80	XH	100	120	140	160	XXH
1/8	.405	.035	.049			.068	.068		.095	.095					
		.138	.186			.245	.245		.315	.315					
1/4	.540	.049	.065			.088	.088		.119	.119					
		.257	.330			.425	.425		.535	.535					
3/8	.675	.049	.065			.091	.091		.126	.126					
		.338	.424			.568	.568		.739	.739					
1/2	.840	.068	.083			.109	.109		.147	.147				.187	.294
		.538	.671			.851	.851		1.088	1.088				1.304	1.714
3/4	1.050	.068	.083			.113	.113		.154	.154				.218	.308
		.684	.857			1.131	1.131		1.474	1.474				1.937	2.441
1	1.315	.068	.109			.133	.133		.179	.179				.350	.358
		.868	1.404			1.679	1.679		2.172	2.172				2.844	3.659
1-1/4	1.660	.068	.109			.140	.140		.191	.191				.350	.382
		1.107	1.806			2.273	2.273		2.997	2.997				3.765	5.214
1-1/2	1.900	.068	.109			.145	.145		.200	.200				.381	.400
		1.274	2.085			2.718	2.718		3.631	3.631				4.859	6.408
2	2.375	.068	.109			.154	.154		.218	.218				.443	.456
		1.604	2.638			3.653	3.653		5.022	5.022				7.444	9.029
2-1/2	2.875	.083	.120			.203	.203		.276	.276				.375	.552
		2.475	3.531			5.793	5.793		7.661	7.661				10.010	13.700
3	3.500	.083	.120			.216	.216		.300	.300				.437	.600
		3.029	4.332			7.576	7.576		10.250	10.250				14.320	18.580
3-1/2	4.0	.083	.120			.226	.226		.318	.318				.437	.636
		3.472	4.973			9.109	9.109		12.510	12.510				16.510	22.850
4	4.5	.083	.120			.237	.237	.281	.337	.337			.437	.531	.874
		3.915	5.613			10.790	10.790	12.660	14.980	14.980		19.010		22.510	27.540
4-1/2	5.0					.247	.247		.355	.355				.437	.710
						12.530	12.530		17.610	17.610				22.510	32.530
5	5.563	.109	.134			.258	.258		.375	.375		.500		.625	.750
		6.349	7.770			14.620	14.620		20.780	20.780		27.040		32.960	38.550
6	6.625	.109	.134			.280	.280		.432	.432		.562		.718	.864
		7.585	9.289			18.970	18.970		28.570	28.570		36.390		45.300	53.160
7	7.625					.301	.301		.500	.500		.630		.785	.875
						23.570	23.570		38.050	38.050		48.720		63.000	63.000
8	8.625	.109	.148	.250	.277	.322	.322	.406	.500	.500	.593	.718	.812	.906	.875
		9.914	13.400	22.360	24.700	28.550	28.550	35.640	43.390	43.390	50.870	60.630	67.760	74.690	72.420
9	9.625					.342	.342		.500	.500		.630		.785	.875
						33.900	33.900		48.720	48.720		63.000		78.500	87.500
10	10.75	.134	.165	.250	.307	.365	.365	.500	.593	.500	.718	.843	1.000	1.125	
		15.190	18.700	28.040	34.240	40.480	40.480	54.740	64.330	54.740	76.930	89.200	104.100	115.700	
11	11.75					.375	.375		.500	.500		.630		.785	.875
						45.550	45.550		60.070	60.070		78.500		98.000	108.000
12	12.75	.165	.180	.250	.330	.406	.375	.562	.687	.500	.843	1.000	1.125	1.312	
		22.180	24.200	33.380	43.770	53.530	49.560	73.160	88.510	65.420	107.200	125.500	139.700	160.300	
14	14.0	.250	.312	.375	.437	.500	.375	.593	.750	.500	.937	1.093	1.250	1.408	
		26.710	45.680	54.570	63.370	63.370	54.570	84.910	106.100	72.090	130.700	150.700	170.200	189.100	
16	16.0	.250	.312	.375	.437	.500	.375	.593	.750	.500	1.031	1.218	1.437	1.593	
		42.050	52.360	62.580	82.770	62.580	107.500	136.500	82.770	164.800	192.300	223.500	245.100		
18	18.0	.250	.312	.375	.437	.500	.375	.750	.937	.500	1.196	1.375	1.562	1.781	
		47.290	59.000	82.060	104.800	70.590	138.200	170.800	93.450	208.000	244.100	274.200	308.500		
20	20.0	.250	.375	.500	.593	.375	.812	1.031	.500	1.280	1.500	1.750	1.968		
		52.730	78.600	104.100	122.900	78.600	166.400	208.900	104.100	256.100	296.400	341.100	379.000		
22	22.0	.250	.375	.500	.593	.375	.875	1.125	.500	1.375	1.625	1.875	2.125		
		58.070	86.610	114.800		86.610	197.400	250.800	114.800	302.900	353.600	403.000	451.100		
24	24.0	.250	.375	.562	.687	.375	.968	1.218	.500	1.531	1.812	2.062	2.343		
		63.410	94.620	140.800	171.200	94.620	238.100	296.400	125.500	367.400	429.400	483.100	541.900		
26	26.0	.312	.500			.375			.500						
		85.600	136.200			102.600			136.200						
28	28.0	.312	.500	.625		.375			.500						
		92.260	146.800	182.700		110.600			146.800						
30	30.0	.312	.500	.625		.375			.500						
		98.930	157.500	196.100		118.600			157.500						
32	32.0	.312	.500	.625	.688	.375			.500						
		105.600	168.200	209.400	230.100	126.700			168.200						
34	34.0	.344	.500	.625	.688	.375			.500						
		123.700	178.900	222.800	244.800	134.700			178.900						
36	36.0	.312	.500	.625	.750	.375			.500						
		118.900	189.600	236.100	282.300	142.700			189.600						
42	42.0					.375			.500						
						166.700			221.600						
48	48.0					.375			.500						
						190.700			253.600						

Gambar 2. 18 ANSI Schedule [5]

BAB III

METEDOLIGI

1. Metodologi Penelitian

Analisis pendistribusian tegangan pada percabangan pipa dibantu menggunakan perangkat lunak SOLIDWORK dengan metode pembebanan bending eksternal pada pipa. Pipa utama dan pipa cabang yang digunakan adalah pipa dengan schedule 40. Simulasi yang dilakukan pada pembuatan tugas akhir ini menggunakan perangkat lunak Solidworks, untuk alat yang digunakan adalah laptop milik pribadi, dengan spesifikasi:

3.1.1. Perangkat yang digunakan untuk penelitian

Perangkat keras yang digunakan dalam penelitian



Gambar 3. 1 Laptop Pribadi

Sistem model : HP Laptop 14s-dk1xxx

Sistem tipe : 64-bit *operating system*, x64-based *processor*

Processor : AMD Ryzen 3 3250U

Memory : 8,00 GB (5,92 GB *usable*)

Display : Radeon Graphics 2.60 GHz

Perangkat lunak yang digunakan untuk melakukan penelitian:

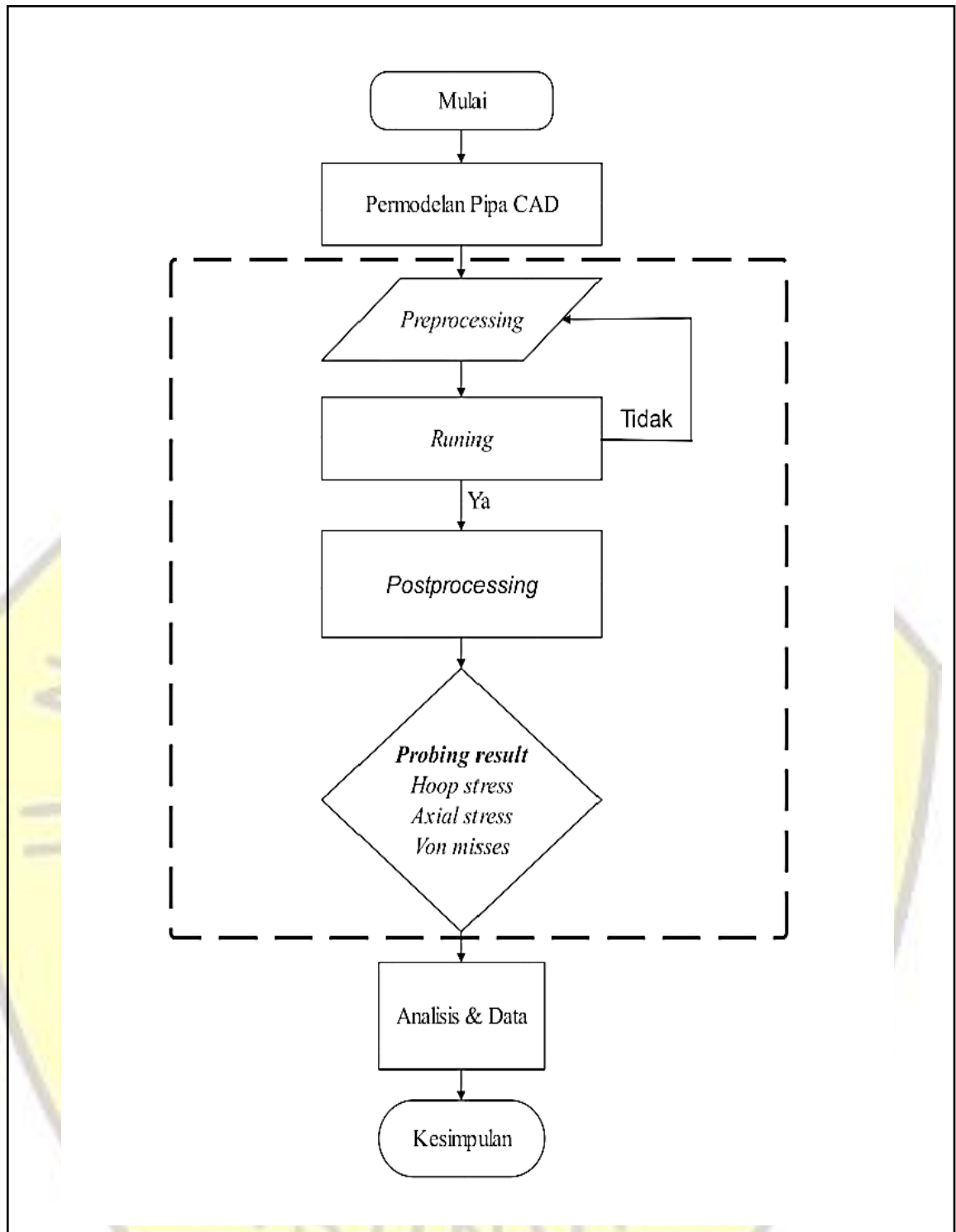


Gambar 3. 2 Perangkat Lunak Solidworks 2018

Sistem operasi : Windows 10 *Home Single Language* 64-bit
CAD : SOLIDWORKS Premium 2018 SP5.0

2. Diagram Alir

Untuk mendapatkan hasil permodelan CAD percabangan pipa yang sesuai dengan hasil perhitungan numerik maka, proses permodelan CAD yang dibantu menggunakan perangkat lunak Solidwork akan ditunjukkan oleh diagram alir berikut.



Gambar 3. 3 Diagram Alir

- a) Tahapa pertama yang dilakukan pada penelitian adalah, desain model CAD percabangan pipa dengan menggunakan tiga jenis ukuran percabangan piapa untuk menghasilkan distribusi tegangan pipa pada setiap permodelan.

- b) Tahap kedua yang dilakukan adalah, simulation pada SOLIDWORKS untuk melakukan *new study* untuk menentukan jenis analisis yang digunakan.
- c) Tahap ketiga yang dilakukan adalah, *fixtured and loads* yang merupakan tahap penentuan dan pemilihan tumpuan serta pemberi beban pada permodelan.
- d) Tahap ke empat yang dilakukan adalah, proses *mesh* yang merupakan tahap metode membagi geometri dari model menjadi elemen-elemen yang digunakan untuk mengolah data.
- e) Tahap kelima yang digunakan adalah, *run* yang merupakan langkah akhir yang digunakan pada proses simulation berguna untuk menentukan hasil berupa tegangan aksial, tegangan *hoop*, dan *von misses* pada bagian percabangan pipa.

Tabel 3. 1 Dimensi Pipa Schedule 40

Dimensi Pipa Schedule 40						
Model	D(inch)	d(inch)	L(inch)	l(inch)	T(inch)	t(inch)
1	6	6	40	20	0.280	0.280
2	6	5	40	20	0.280	0.258
3	6	4	40	20	0.280	0.237
4	6	3	40	20	0.280	0.216

Keterangan :

D : Diameter pipa utama

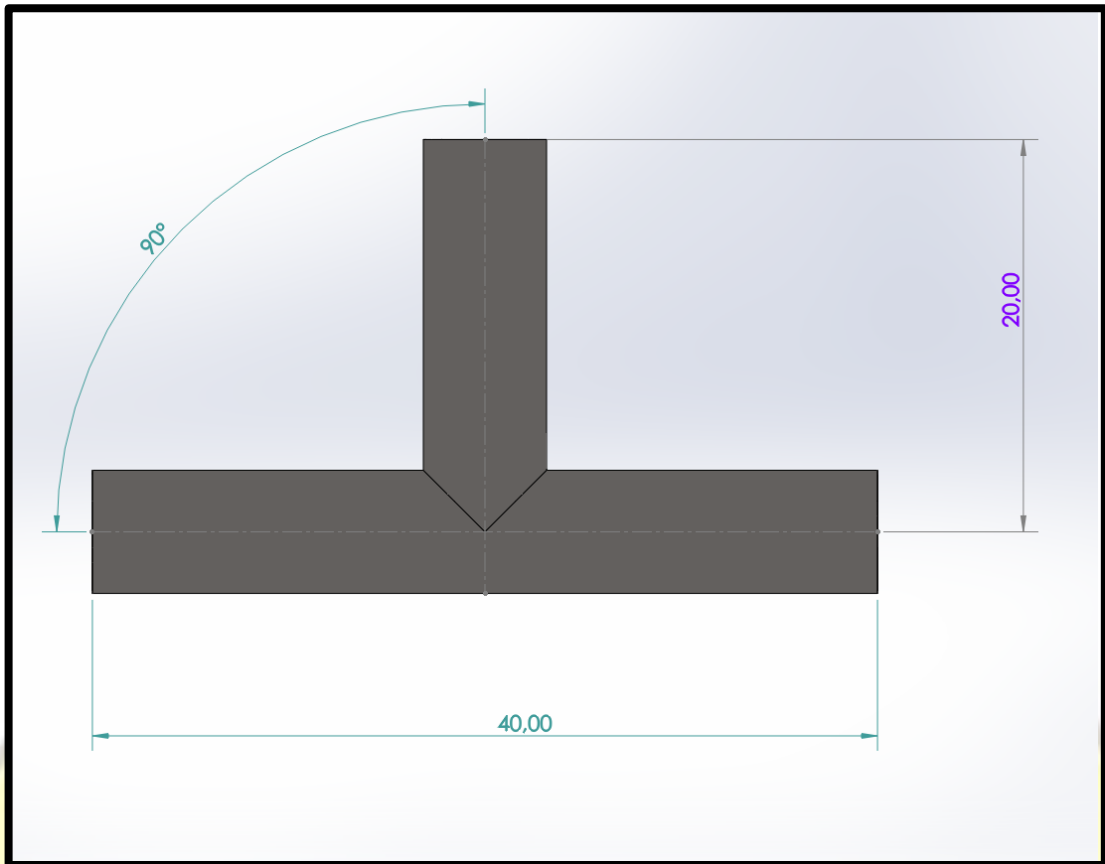
d : Diameter percabangan pipa

L : Panjang pipa utama

l : Panjang percabangan pipa

T : Tinggi pipa utama

t : Tinggi percabangan pipa



Gambar 3. 4 Model Pipa 90⁰

3. Persiapan Perangkat Lunak

Setelah melakukan studi literatur maka tahap selanjutnya adalah mempersiapkan perangkat lunak yang digunakan untuk proses simulasi. Langkah awal sebelum memulai simulasi adalah perlu mempersiapkan perangkat lunak yang akan digunakan. Proses persiapan dilakukan dengan menginstal perangkat lunak yang diperlukan untuk proses pemodelan dan simulasi sampai selesai. Langkah selanjutnya adalah menganalisa data dari hasil simulasi apakah sesuai yang diharapkan atau tidak. Adapun alat sebagai berikut.

A. Perangkat lunak yang digunakan :

- Perangkat lunak SOLIDWORK Premium 2018 SP5.

BAB IV

ANALISIS DATA

1. Hasil Penelitian

Dari hasil pengamatan simulasi pada empat model percabangan pipa 90° menggunakan perangkat lunak Solidworks 2018, diperoleh nilai tegangan *hoop*, tegangan *axial*, dan tegangan *von mises* yang terjadi pada setiap model.

1. Hasil Pengamatan Simulasi Percabangan pipa 6"/6"

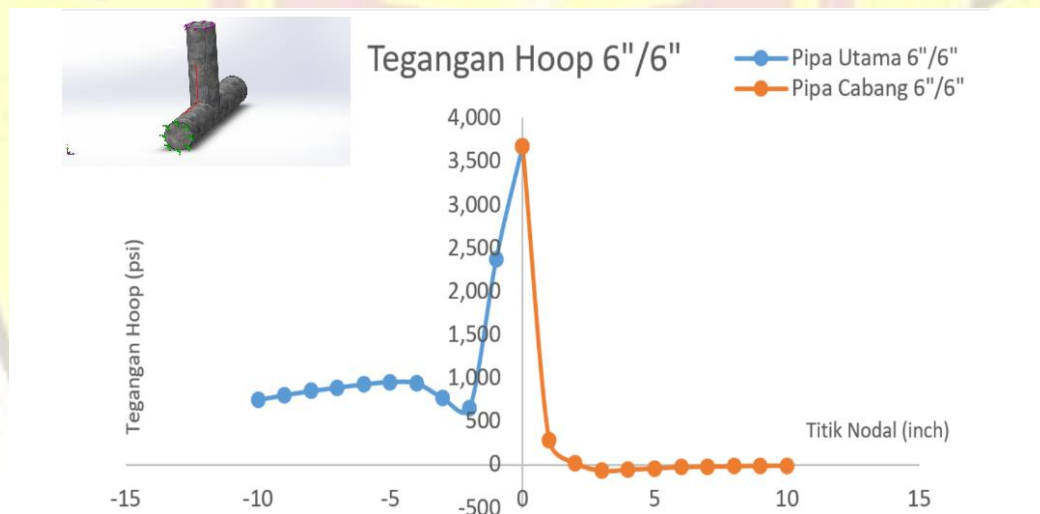
Setelah melakukan simulasi, dipergunakan fitur *probing result* untuk mendapatkan data. Data yang diperoleh adalah tegangan yang terjadi di permukaan bagian punggung pipa utama, dan pipa cabang.

Tabel 4. 1 Hasil *probing result* tegangan pipa utama 6"/6" (sisi kiri)

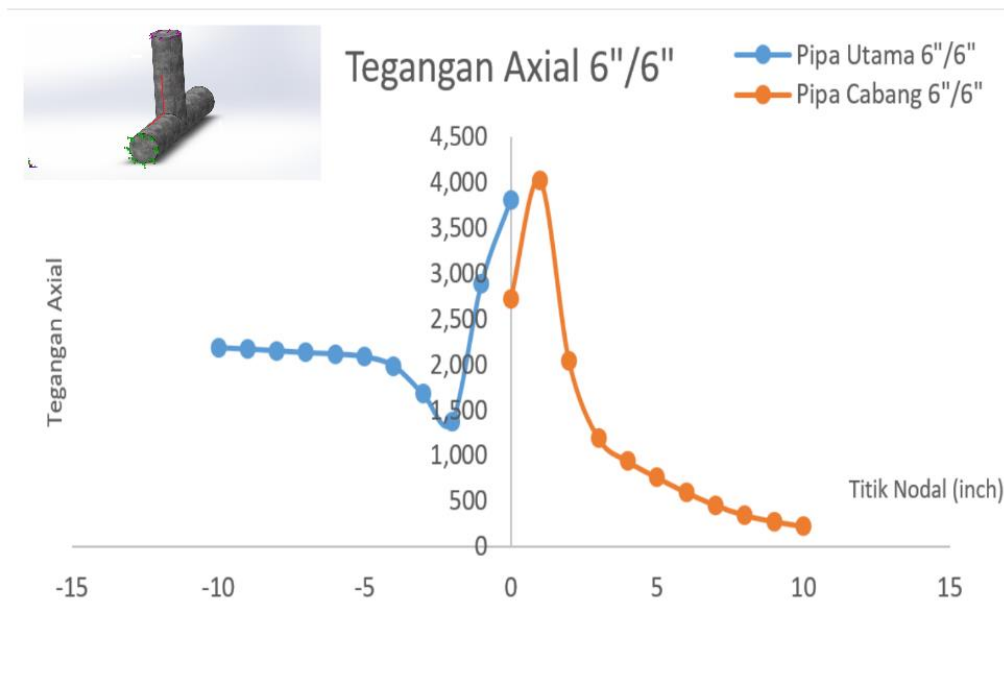
Pipa Utama 6"/6"				
No	Nomor Nodal	Tegangan <i>Hoop</i> (psi)	Nomor Nodal	Tegangan <i>Axial</i> (psi)
1	12,418	3,680	12,418	3,808
2	1,661	2,371	1,126	2,892
3	1,654	657	1,119	1,379
4	1,647	767	1,112	1,684
5	1,640	939	1,105	1,989
6	1,633	954	1,098	2,090
7	1,626	927	1,091	2,120
8	1,619	891	1,084	2,135
9	1,535	849	1,000	2,156
10	1,542	803	1,007	2,174
11	1,549	746	1,014	2,190

Tabel 4. 2 Hasil *probing result* tegangan pipa cabang 6"/6" (sisi kiri)

Pipa Cabang 6"/6"				
No	Nomor Nodal	Tegangan <i>Hoop</i> (psi)	Nomor Nodal	Tegangan <i>Axial</i> (psi)
1	12,418	3,680	12,418	2,721
2	1,126	281	1,661	4,031
3	1,119	19	1,654	2,041
4	1,112	-71	1,647	1,196
5	1,105	-59	1,640	943
6	1,098	-43	1,633	764
7	1,091	-29	1,626	601
8	1,084	-23	1,619	460
9	1,000	-18	1,535	349
10	1,007	-14	1,542	281
11	1,014	-12	1,549	227



Gambar 4. 1 Tegangan *hoop* pipa 6"/6" (sisi kiri)



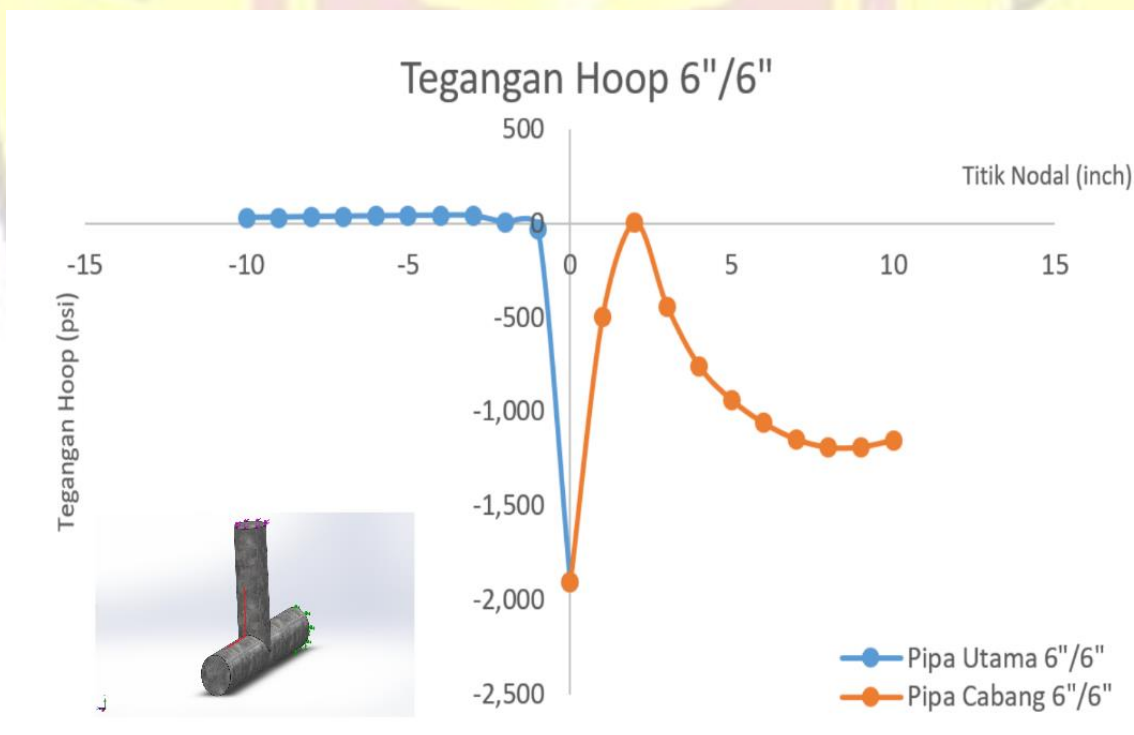
Gambar 4. 2 Gambar tegangan *axial* pipa 6"/6" (sisi kiri)

Tabel 4. 3 Hasil *probing result* tegangan pipa utama 6"/6" (sisi kanan)

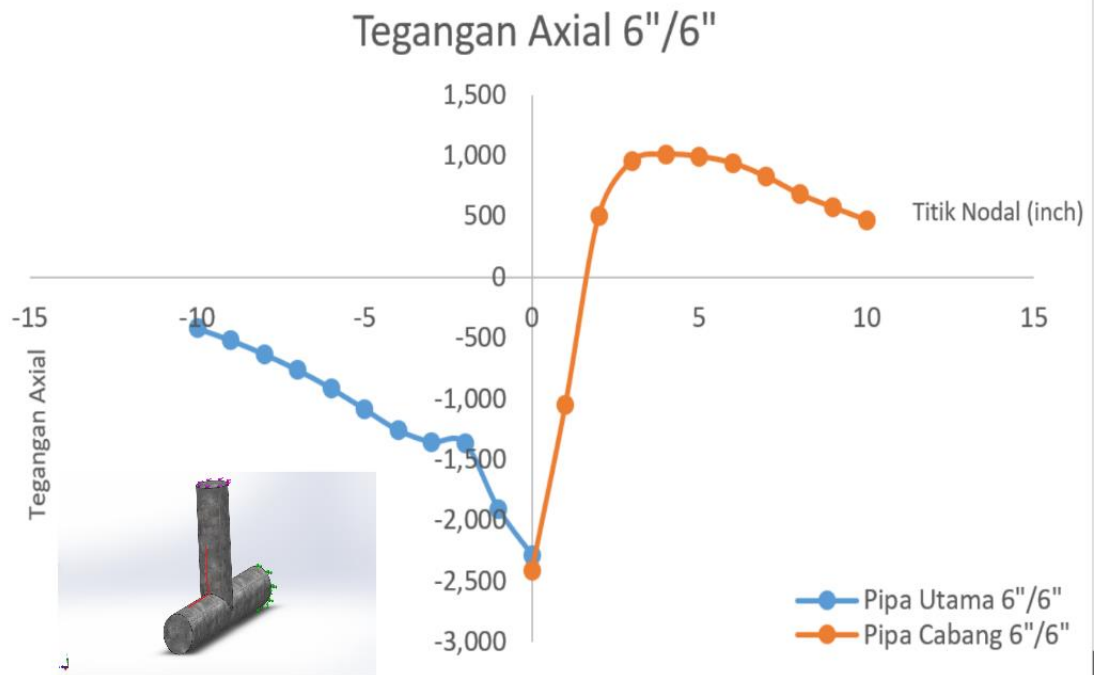
Pipa Utama 6"/6"				
No	Nomor Nodal	Tegangan <i>Hoop</i> (psi)	Nomor Nodal	Tegangan <i>Axial</i> (psi)
1	17,467	-1,904	17,467	-2,283
2	871	-28	871	-1,903
3	864	3	864	-1,362
4	857	40	857	-1,353
5	850	42	850	-1,256
6	843	41	843	-1,084
7	836	39	836	-912
8	829	37	829	-762
9	822	35	822	-631
10	884	32	884	-517
11	891	31	891	-419

Tabel 4. 4 Hasil *probing result* tegangan pipa cabang 6"/6" (sisi kanan)

Pipa Cabang 6"/6"				
No	Nomor Nodal	Tegangan <i>Hoop</i> (psi)	Nomor Nodal	Tegangan <i>Axial</i> (psi)
1	17,467	-1,904	17,467	-2,416
2	381	-494	381	-1,052
3	374	4	374	507
4	367	-439	367	957
5	360	-758	360	1,011
6	353	-936	353	995
7	346	-1,059	346	940
8	339	-1,144	339	830
9	255	-1,187	255	686
10	262	-1,185	262	576
11	269	-1,149	269	471



Gambar 4. 3 Tegangan *hoop* pipa 6"/6" (sisi kanan)



Gambar 4. 4 Tegangan *axial* pipa 6"/6" (sisi kanan)

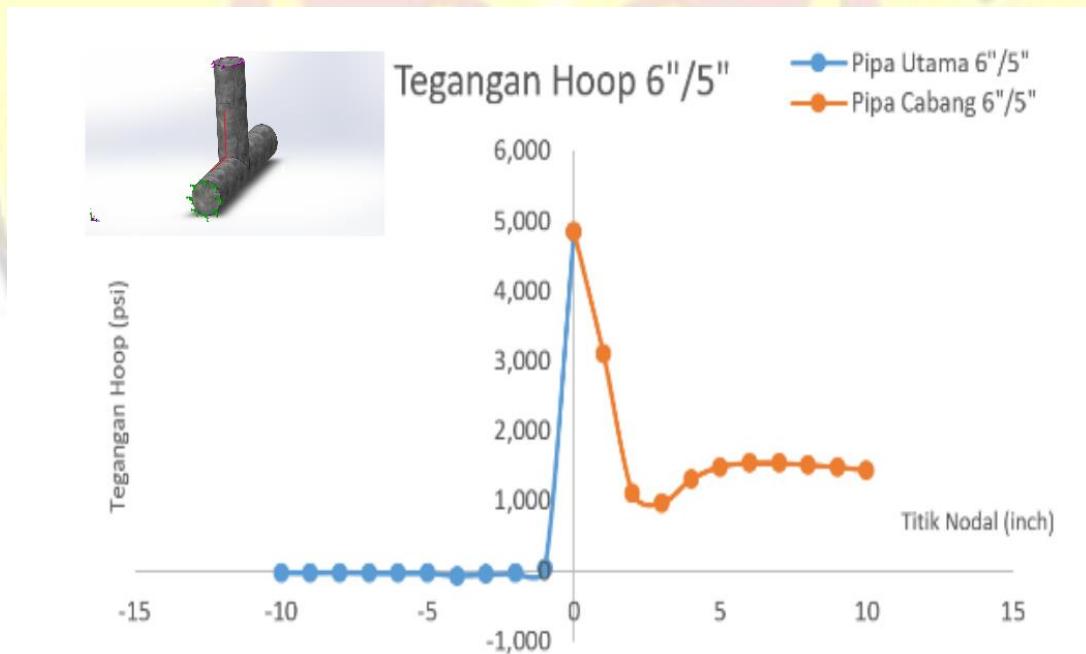
2. Hasil Pengamatan Simulasi Percabangan pipa 6"/5"

Tabel 4. 5 Hasil *probing result* tegangan pipa utama 6"/5" (sisi kiri)

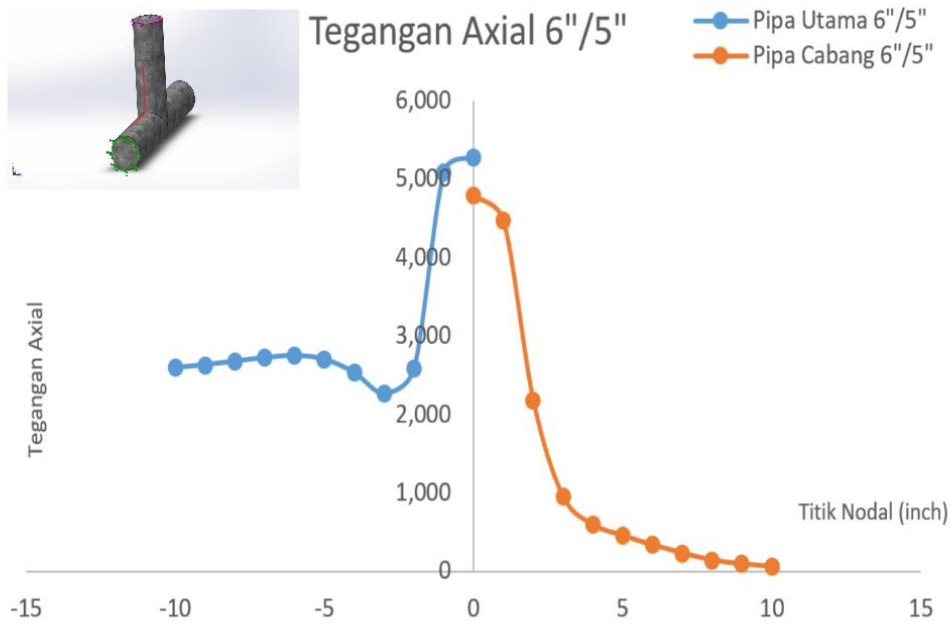
Pipa Utama 6"/5"				
No	Nomor Nodal	Tegangan <i>Hoop</i> (psi)	Nomor Nodal	Tegangan <i>Axial</i> (psi)
1	24,762	4,853	24,762	5,268
2	1,661	47	1,661	5,083
3	1,671	-25	1,671	2,578
4	1,681	-42	1,681	2,260
5	1,691	-60	1,691	2,526
6	1,701	-25	1,701	2,698
7	1,711	-26	1,711	2,745
8	1,721	-24	1,721	2,718
9	1,731	-15	1,731	2,673
10	1,741	-21	1,741	2,627
11	1,751	-18	1,751	2,590

Tabel 4. 6 Hasil *probing result* tegangan pipa cabang 6"/5" (sisi kiri)

Pipa Cabang 6"/5"				
No	Nomor Nodal	Tegangan <i>Hoop</i> (psi)	Nomor Nodal	Tegangan <i>Axial</i> (psi)
1	24,762	4,853	24,762	4,788
2	2,883	3,118	2,883	4,464
3	2,875	1,124	2,875	2,173
4	2,867	978	2,867	948
5	2,859	1,316	2,859	594
6	2,851	1,498	2,851	452
7	2,843	1,547	2,843	333
8	2,835	1,546	2,835	229
9	2,827	1,523	2,827	139
10	2,819	1,492	2,819	90
11	2,811	1,447	2,811	59



Gambar 4. 5 Tegangan *hoop* pipa 6"/5" (sisi kiri)



Gambar 4. 6 Tegangan *axial* pipa 6"/5" (sisi kiri)

Tabel 4. 7 Hasil *probing result* tegangan pipa utama 6"/5" (sisi kanan)

Pipa Utama 6"/5"				
No	Nomor Nodal	Tegangan <i>Hoop</i> (psi)	Nomor Nodal	Tegangan <i>Axial</i> (psi)
1	31,670	-3,464	31,670	-3,995
2	1,388	-49	1,388	-4,033
3	1,398	48	1,398	-2,379
4	1,408	57	1,408	-1,939
5	1,418	52	1,418	-1,907
6	1,428	51	1,428	-1,776
7	1,438	49	1,438	-1,562
8	1,448	45	1,448	-1,345
9	1,458	43	1,458	-1,152
10	1,468	39	1,468	-991
11	1,478	36	1,478	-849

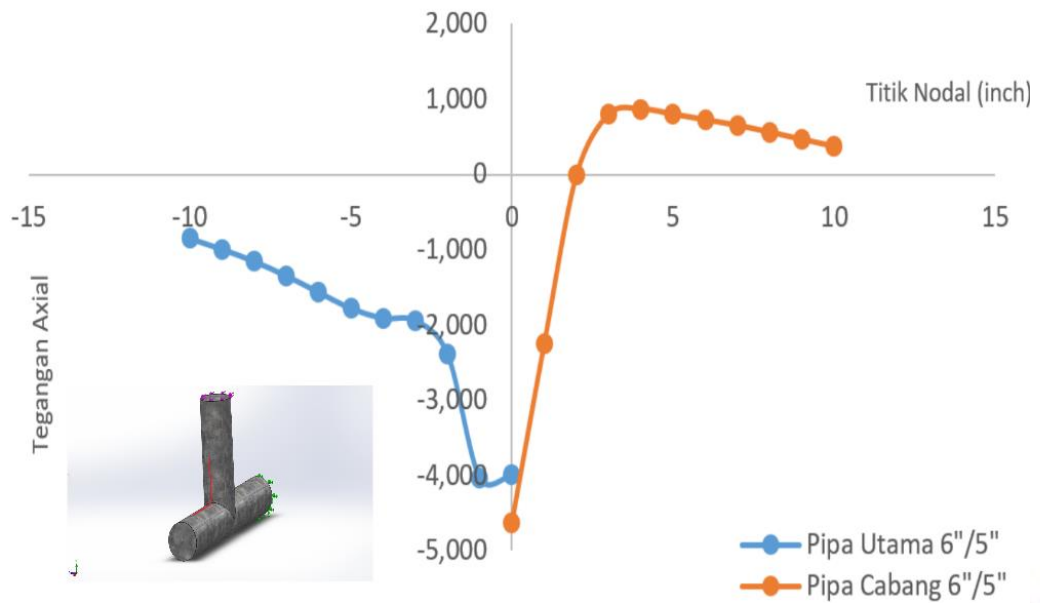
Tabel 4. 8 Hasil *probing result* tegangan pipa cabang 6"/5" (sisi kanan)

Pipa Cabang 6"/5"				
No	Nomor Nodal	Tegangan <i>Hoop</i> (psi)	Nomor Nodal	Tegangan <i>Axial</i> (psi)
1	31,670	-3,464	31,670	-4,623
2	533	-1,521	533	-2,255
3	525	-521	525	-13
4	517	-918	517	796
5	509	-1,455	509	867
6	501	-1,750	501	798
7	493	-1,886	493	724
8	485	-1,949	485	649
9	477	-1,974	477	559
10	469	-1,967	469	463
11	461	-1,929	461	371



Gambar 4. 7 Tegangan *hoop* pipa 6"/5" (sisi kanan)

Tegangan Axial 6"/5"



Gambar 4. 8 Tegangan *axial* pipa 6"/5" (sisi kanan)

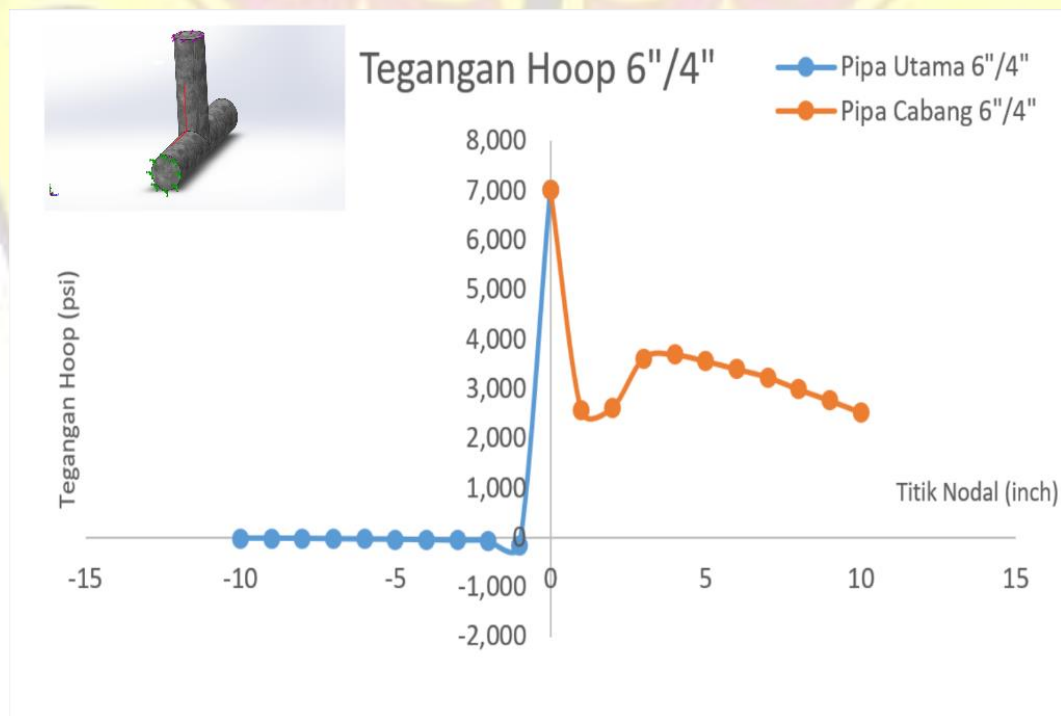
3. Hasil Pengamatan Simulasi Percabangan pipa 6"/4"

Tabel 4. 9 Hasil *probing result* tegangan pipa utama 6"/4" (sisi kiri)

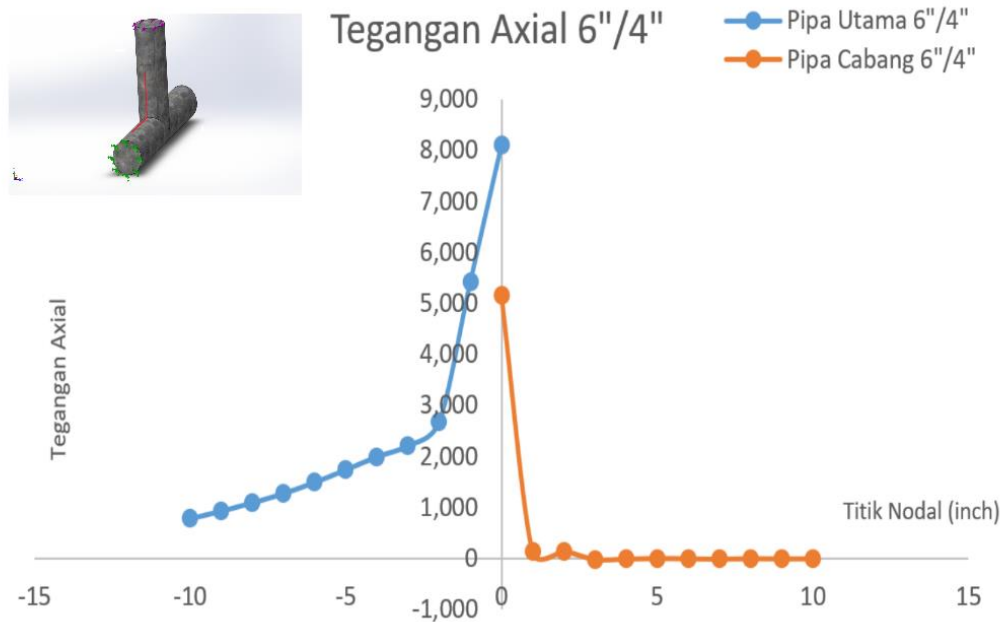
Pipa Utama 6"/4"				
No	Nomor Nodal	Tegangan <i>Hoop</i> (psi)	Nomor Nodal	Tegangan <i>Axial</i> (psi)
1	180	7,021	180	8,106
2	961	-164	961	5,430
3	968	-62	968	2,694
4	975	-57	975	2,220
5	982	-44	982	2,003
6	989	-37	989	1,747
7	996	-32	996	1,501
8	1,003	-28	1,003	1,283
9	1,010	-21	1,010	1,101
10	1,017	-17	1,017	937
11	1,024	-17	1,024	791

Tabel 4. 10 Hasil *probing result* tegangan pipa cabang 6"/4" (sisi kiri)

Pipa Cabang 6"/4"				
No	Nomor Nodal	Tegangan <i>Hoop</i> (psi)	Nomor Nodal	Tegangan <i>Axial</i> (psi)
1	180	7,021	180	5,161
2	179	2,566	179	135
3	178	2,621	178	150
4	177	3,618	177	-12
5	176	3,690	176	-5
6	175	3,559	175	8
7	174	3,401	174	2
8	173	3,237	173	-5
9	172	2,992	172	4
10	171	2,769	171	0
11	170	2,532	170	2



Gambar 4. 9 Tegangan *hoop* pipa 6"/4" (sisi kiri)



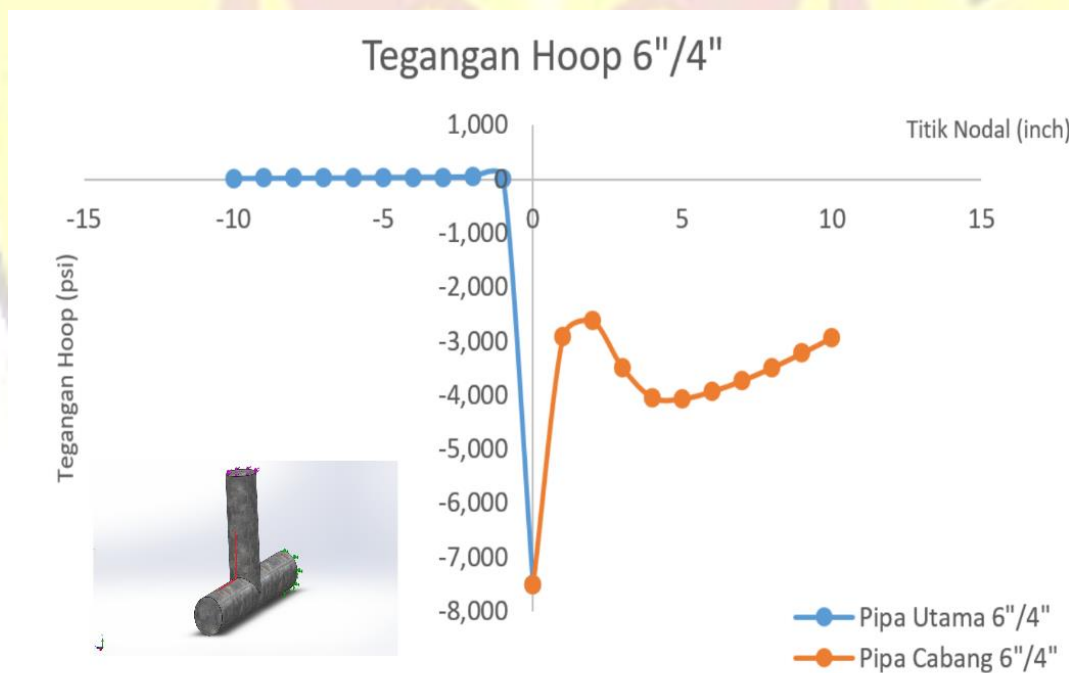
Gambar 4. 10 Tegangan *axial* pipa 6"/4" (sisi kiri)

Tabel 4. 11 Hasil *probing result* tegangan pipa utama 6"/4" (sisi kanan)

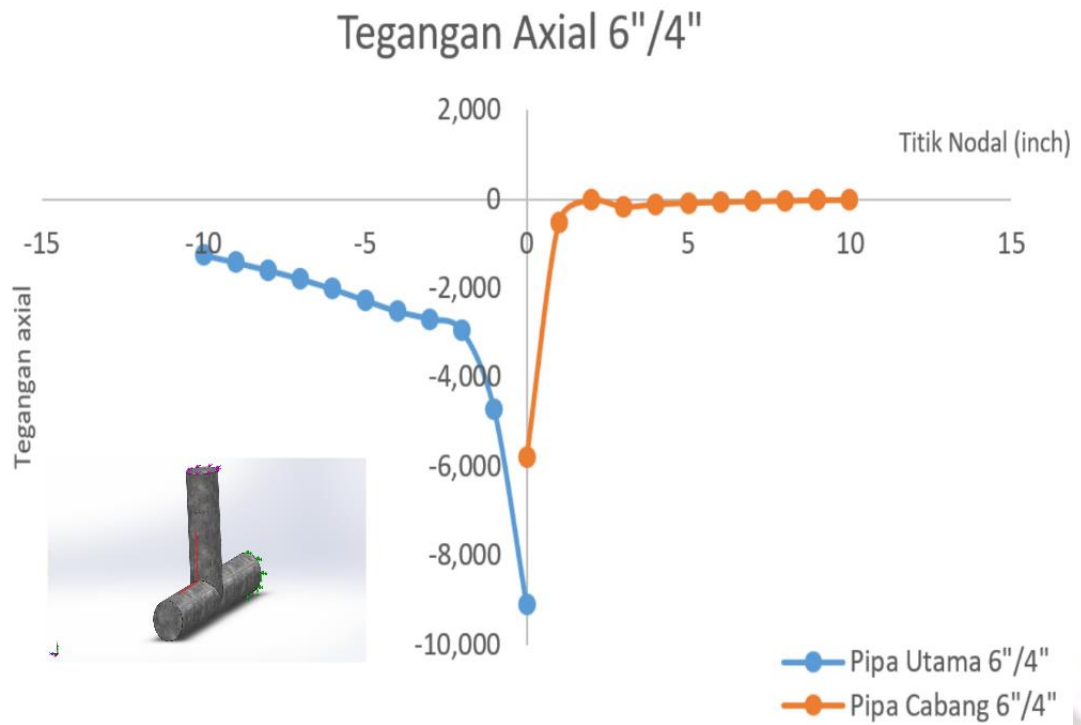
Pipa Utama 6"/4"				
No	Nomor Nodal	Tegangan <i>Hoop</i> (psi)	Nomor Nodal	Tegangan <i>Axial</i> (psi)
1	19,222	-7,505	19,222	-9,105
2	811	13	811	-4,719
3	818	51	818	-2,944
4	825	45	825	-2,680
5	832	45	832	-2,509
6	839	40	839	-2,260
7	846	36	846	-2,004
8	853	32	853	-1,780
9	860	29	860	-1,587
10	867	26	867	-1,409
11	874	23	874	-1,245

Tabel 4. 12 Hasil *probing result* tegangan pipa cabang 6"/4" (sisi kanan)

Pipa Cabang 6"/4"				
No	Nomor Nodal	Tegangan <i>Hoop</i> (psi)	Nomor Nodal	Tegangan <i>Axial</i> (psi)
1	19,222	-7,505	19,222	-5,797
2	148	-2,910	148	-505
3	143	-2,618	143	-15
4	138	-3,487	138	-162
5	133	-4,033	133	-102
6	128	-4,056	128	-73
7	123	-3,919	123	-53
8	118	-3,720	118	-38
9	113	-3,481	113	-24
10	108	-3,211	108	-12
11	58	-2,926	58	-6



Gambar 4. 11 Tegangan *hoop* pipa 6"/4" (sisi kanan)



Gambar 4. 12 Tegangan *axial* pipa 6"/4" (sisi kanan)

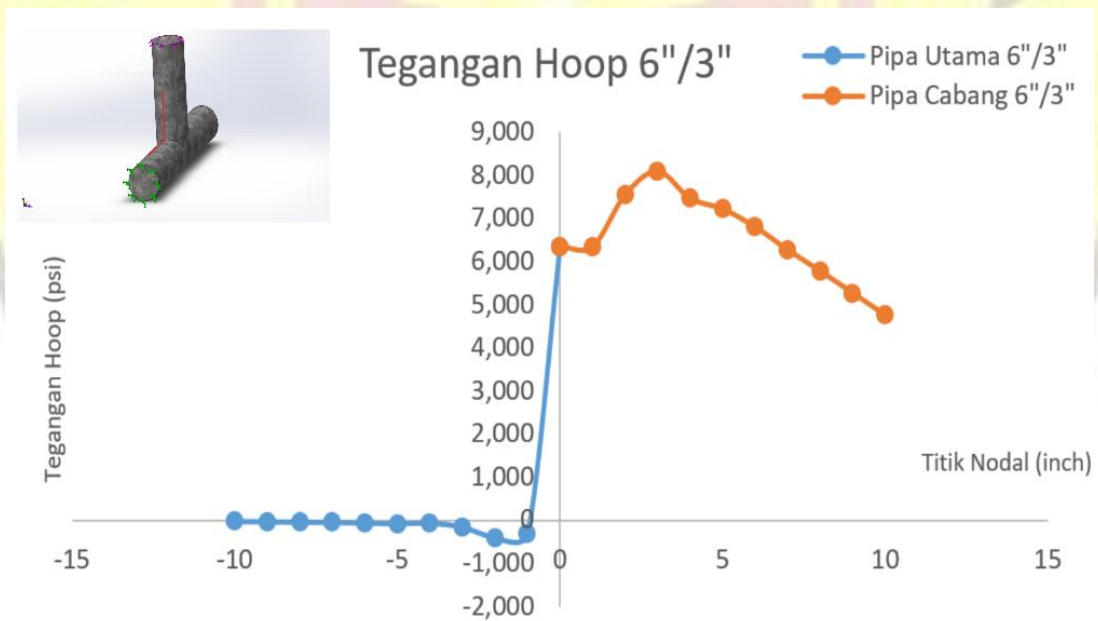
4. Hasil Pengamatan Simulasi Percabangan pipa 6"/3"

Tabel 4. 13 Hasil *probing result* tegangan pipa utama 6"/3" (sisi kiri)

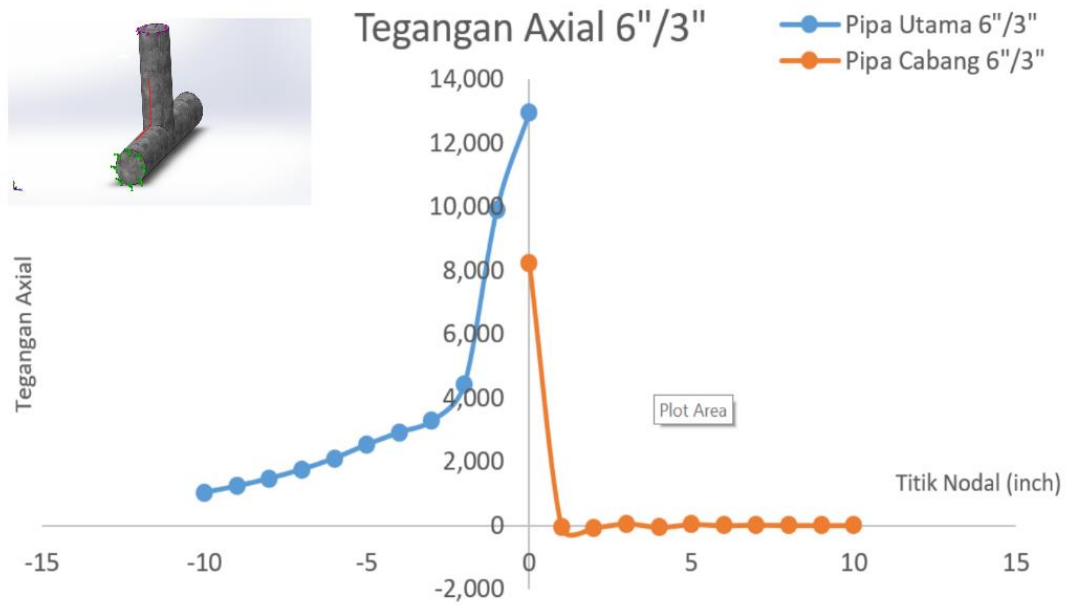
Pipa Utama 6"/3"				
No	Nomor Nodal	Tegangan <i>Hoop</i> (psi)	Nomor Nodal	Tegangan <i>Axial</i> (psi)
1	601	6,354	601	12,964
2	669	-295	669	9,916
3	676	-392	676	4,429
4	683	-153	683	3,293
5	690	-60	690	2,928
6	697	-73	697	2,547
7	704	-57	704	2,116
8	711	-43	711	1,768
9	718	-35	718	1,482
10	725	-28	725	1,243
11	732	-21	732	1,041

Tabel 4. 14 Hasil *probing result* tegangan pipa cabang 6"/3" (sisi kiri)

Pipa Cabang 6"/3"				
No	Nomor Nodal	Tegangan <i>Hoop</i> (psi)	Nomor Nodal	Tegangan <i>Axial</i> (psi)
1	601	6,354	601	8,250
2	1,370	6,353	1,370	-47
3	1,367	7,558	1,367	-53
4	1,364	8,102	1,364	70
5	1,361	7,472	1,361	-40
6	1,358	7,227	1,358	45
7	1,355	6,810	1,355	12
8	1,352	6,278	1,352	31
9	1,349	5,786	1,349	17
10	1,319	5,277	1,319	17
11	1,322	4,761	1,322	15



Gambar 4. 13 Tegangan *hoop* pipa 6"/3" (sisi kiri)



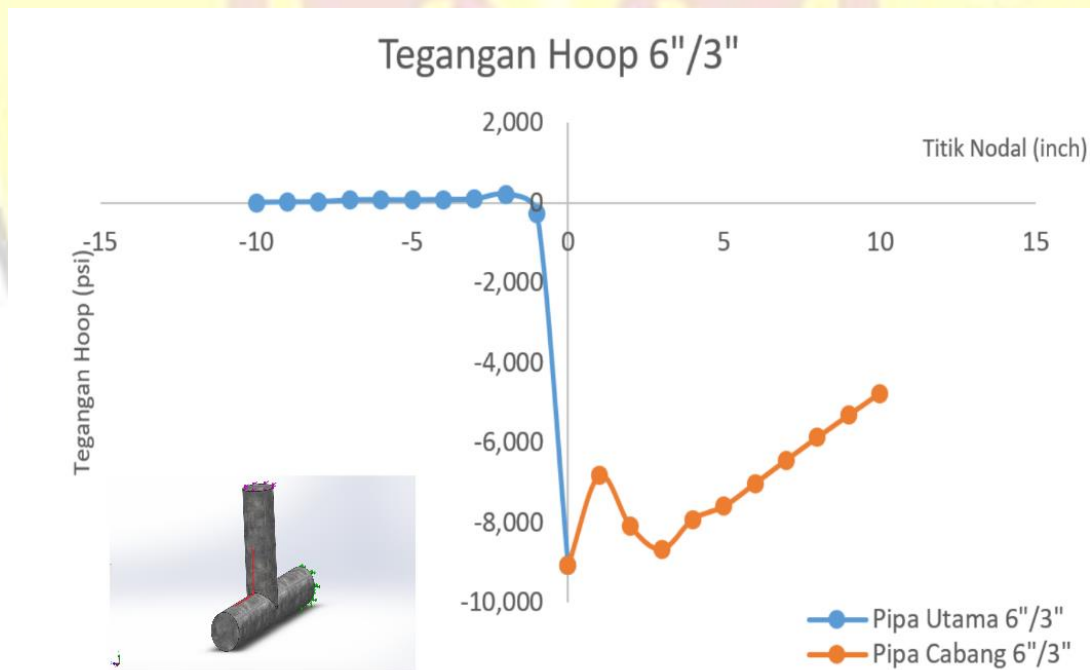
Gambar 4. 14 Tegangan *axial* pipa 6"/3" (sisi kiri)

Tabel 4. 15 Hasil *probing result* tegangan pipa utama 6"/3" (sisi kanan)

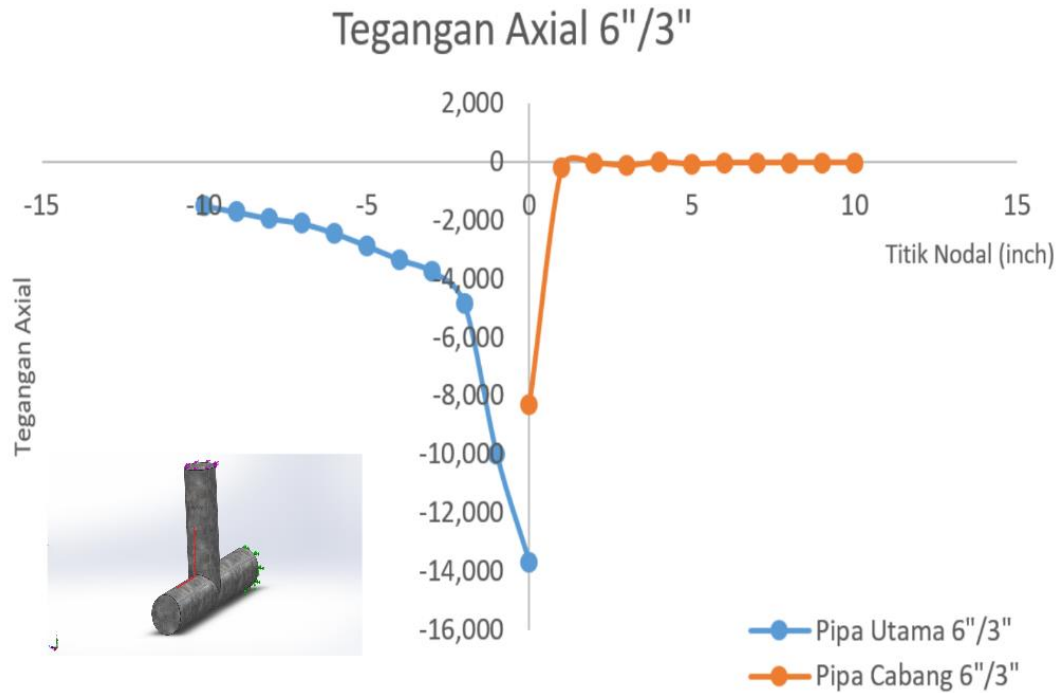
Pipa Utama 6"/3"				
No	Nomor Nodal	Tegangan <i>Hoop</i> (psi)	Nomor Nodal	Tegangan <i>Axial</i> (psi)
1	109	-9,081	109	-13,665
2	809	-261	809	-9,992
3	816	210	816	-4,829
4	823	97	823	-3,734
5	830	80	830	-3,325
6	837	71	837	-2,855
7	844	75	844	-2,421
8	851	72	851	-2,087
9	858	26	858	-1,921
10	865	24	865	-1,699
11	872	11	872	-1,487

Tabel 4. 16 Hasil *probing result* tegangan pipa cabang 6"/3" (sisi kanan)

Pipa Cabang 6"/3"				
No	Nomor Nodal	Tegangan <i>Hoop</i> (psi)	Nomor Nodal	Tegangan <i>Axial</i> (psi)
1	109	-9,081	109	-8,291
2	186	-6,826	186	-185
3	183	-8,096	183	-37
4	180	-8,668	180	-112
5	177	-7,917	177	6
6	174	-7,589	174	-65
7	171	-7,018	171	-20
8	168	-6,431	168	-16
9	165	-5,861	165	-11
10	135	-5,307	135	-9
11	138	-4,762	138	-9



Gambar 4. 15 Tegangan *hoop* pipa 6"/3" (sisi kanan)



Gambar 4. 16 Tegangan *axial* pipa 6"/3" (sisi kanan)

5. Hasil Pengamatan Simulasi Percabangan Pipa.

Setelah melakukan simulasi, dipergunakan fitur probing result untuk mendapatkan data. Data yang diperoleh adalah tegangan yang terjadi di permukaan pada percabangan pipa.

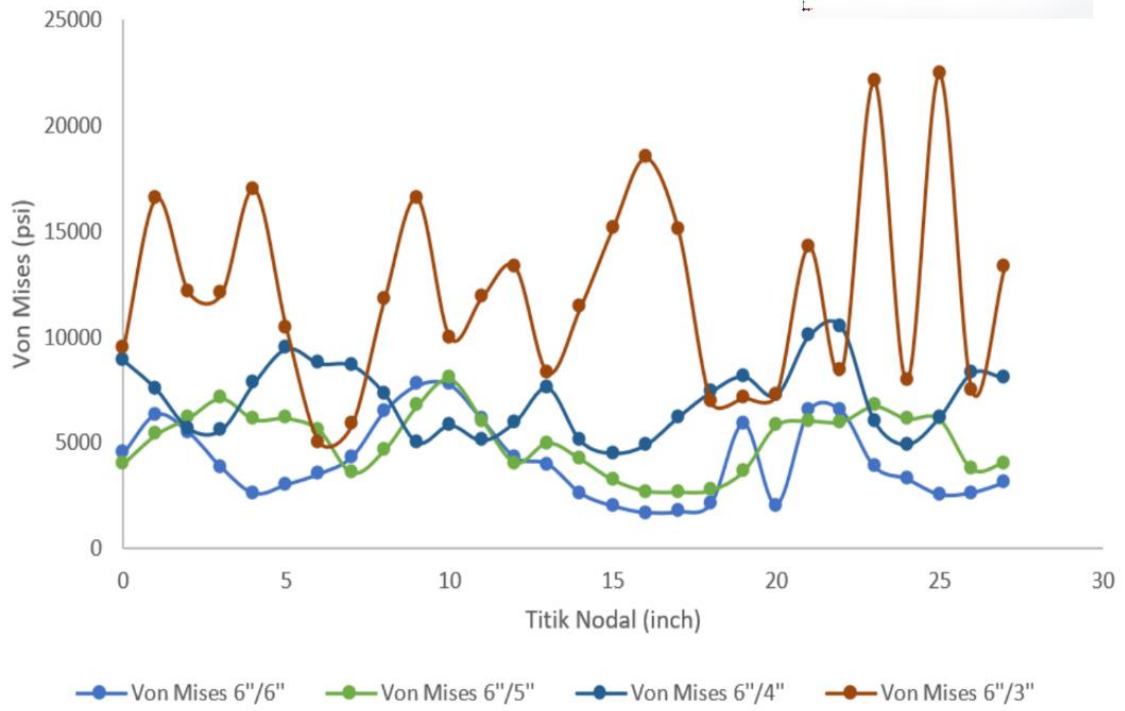
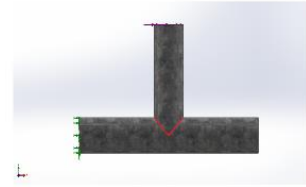
Tabel 4. 17 Hasil *probing result* tegangan *von mises* di percabangan pipa

Von Mises								
No	Nodal	Von Mises 6"/6" (psi)	Nodal	Von Mises 6"/5" (psi)	Nodal	Von Mises 6"/4" (psi)	Nodal	Von Mises 6"/3" (psi)
0	4	4507	1	3995	1	8909	1	9499
1	5	6351	2	5382	2	7541	2	16581
2	6	5490	3	6181	3	5659	3	12136
3	7	3821	4	7104	4	5600	45	12050
4	55	2593	5	6107	5	7815	46	17029
5	56	3014	6	6157	6	9461	47	10390
6	57	3524	7	5586	55	8756	48	5047
7	58	4331	8	3564	151	8661	106	5859

8	59	6493	9	4652	152	7319	107	11802
9	210	7726	10	6753	153	5002	108	16573
10	211	7750	11	8036	154	5814	109	9992
11	212	6072	12	6056	180	5094	599	11921
12	213	4299	13	4047	181	5969	600	13332
13	214	3985	410	4994	182	7592	601	8329
14	215	2598	411	4217	17949	5081	11233	11401
15	216	1987	412	3226	17960	4488	11241	15169
16	217	1676	413	2701	18180	4879	14696	18481
17	218	1711	414	2644	18189	6205	14705	15094
18	219	2102	415	2725	18201	7398	14715	6969
19	956	5917	416	3635	18202	8146	14717	7145
20	957	2055	461	5811	18791	7240	15083	7279
21	958	6527	462	6033	19191	10054	15089	14301
22	959	6510	463	5994	19201	10497	15098	8404
23	960	3875	464	6734	19212	6048	15100	22103
24	961	3276	465	6139	19222	4903	15406	7939
25	962	2541	466	6127	19233	6185	15416	22458
26	963	2625	914	3740	19242	8302	15425	7494
27	964	3104	915	4051	19244	8059	15426	13321



Antar Pipa



Gambar 4. 17 Tegangan *von mises* percabangan pipa

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

1. Kesimpulan

Dari hasil pengamatan yang telah dilakukan pada empat model percabangan pipa dengan sudut 90° , dapat disimpulkan, bahwa rasio diameter pipa cabang mempengaruhi distribusi tegangan *hoop*, tegangan *axial*, dan tegangan *von mises* yang terjadi pada setiap model, diperoleh :

1. Tegangan *hoop* terbesar terjadi pada titik perpotongan antara pipa utama dengan pipa cabang untuk semua rasio diameter pipa utama, dan pipa cabang,
2. Tegangan *axial* terbesar pada rasio diameter pipa $6''/6''$, $6''/5''$, $6''/4''$ tidak terjadi pada titik perpotongan antara pipa utama dengan pipa cabang, kecuali untuk rasio diameter pipa $6''/3''$, yang terjadi di titik perpotongan pipa utama dengan pipa cabang,
3. Tegangan *von mises* terbesar pada daerah perpotongan pipa terjadi pada rasio diameter pipa $6''/3''$.

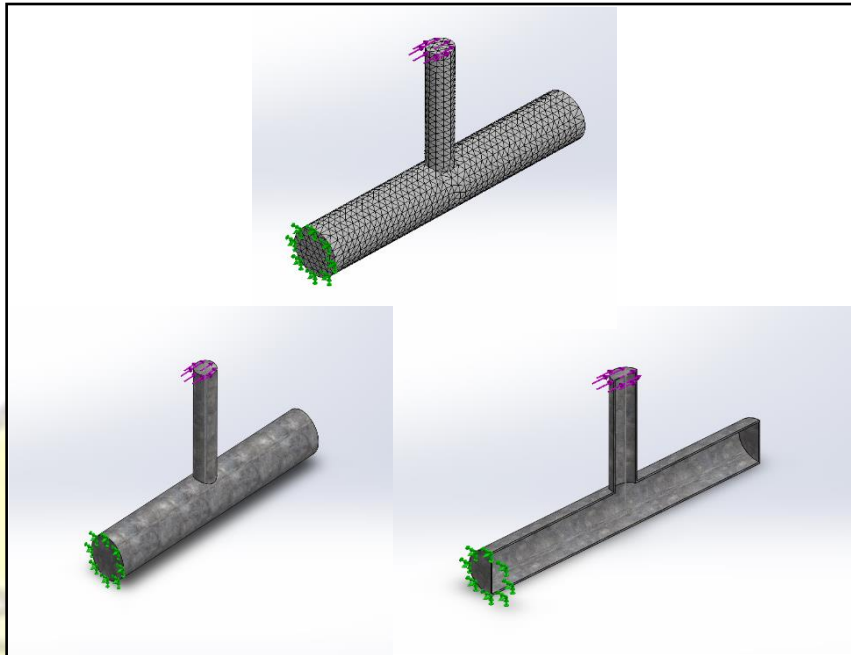
2. Saran

1. Membuat model yang memiliki radius pada percabangan pipa,
2. Melakukan penelitian dengan menggunakan elemen *shell* pada model yang sama, dan membandingkan tegangan yang diperoleh dengan hasil penelitian ini.

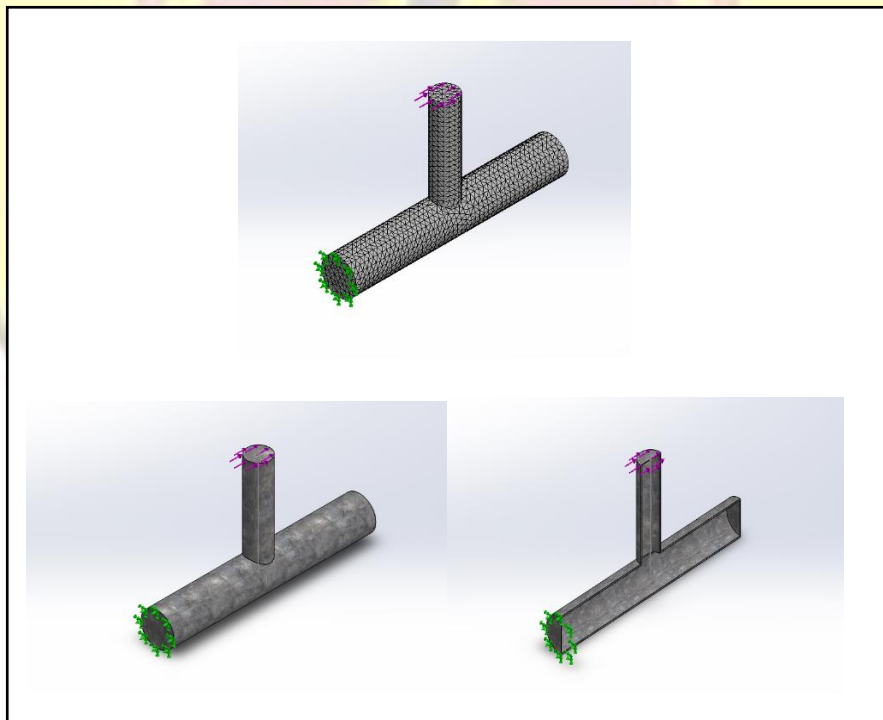
DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. M. Kurowski, *Engineering Analysis with SOLIDWORKS Simulation 2018*, SDC Publications, 2018.
- [2] N. MR, "Ilmu Pipa - Mengenal Fungsi, Jenis-jenis Pipa dan Komponennya," Project Team, 2020. [Online]. Available: <https://www.cnzahid.com/2015/08/mengenal-fungsi-jenis-dan-komponen-pipa.html>. [Accessed 18 April 2021].
- [3] N. MR, "Ilmu Pipa - Definisi, Fungsi dan Jenis-jenis Flange," Project Team, 2020. [Online]. Available: <https://www.cnzahid.com/2015/08/ilmu-pipa-definisifungsi-dan-jenis.html>. [Accessed 18 April 2021].
- [4] N. MR, "ILMU PIPA - Pengertian dan Macam-macam Pipe Fitting," Project Team, 2020. [Online]. Available: <https://www.cnzahid.com/2015/02/pengertian-pipe-fitting-dan-jenis.html>. [Accessed 18 April 2021].
- [5] pitpipe, "ANSI Pipe Schedule Chart," P.I.T Pipe, [Online]. Available: <https://www.pitpipe.com/pipe-schedule-chart.html>. [Accessed 18 April 2021].
- [6] Sutowo, C., Mesin, T., Pamulang, U., & Selatan, T. (2019). *ASTM grade A-234 WPB*. *I(1)*, 39–44.

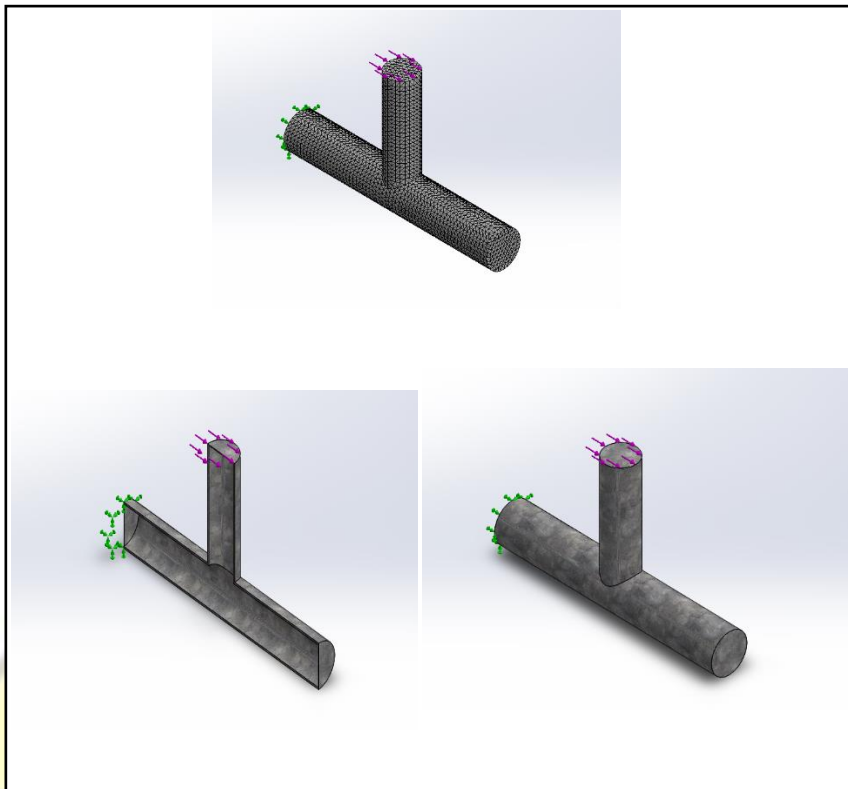
LAMPIRAN



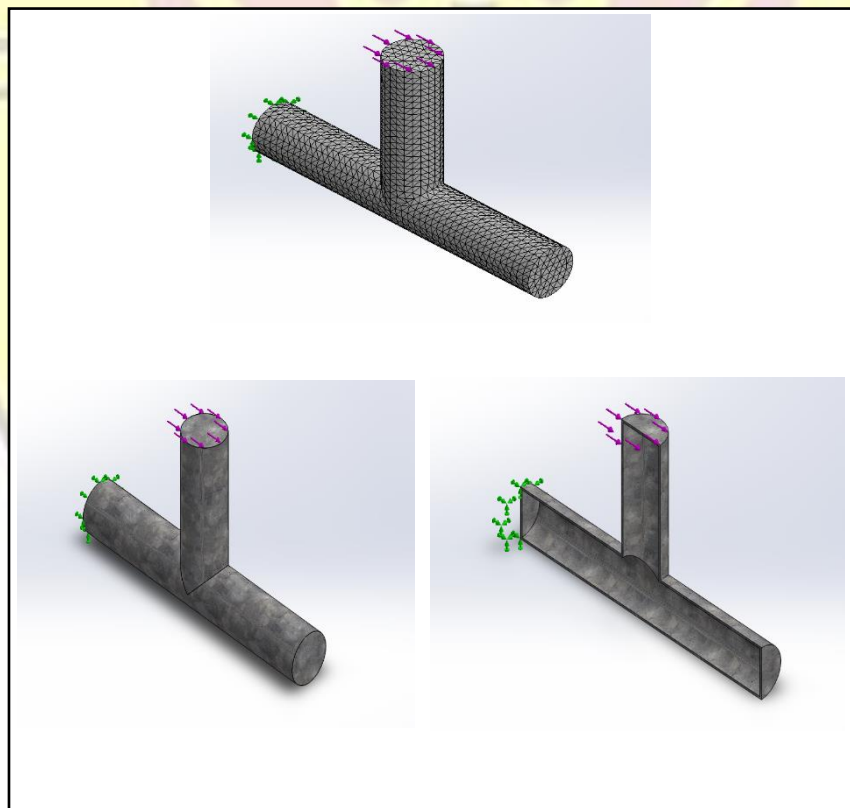
Lampiran 1 Gambar model pipa 63



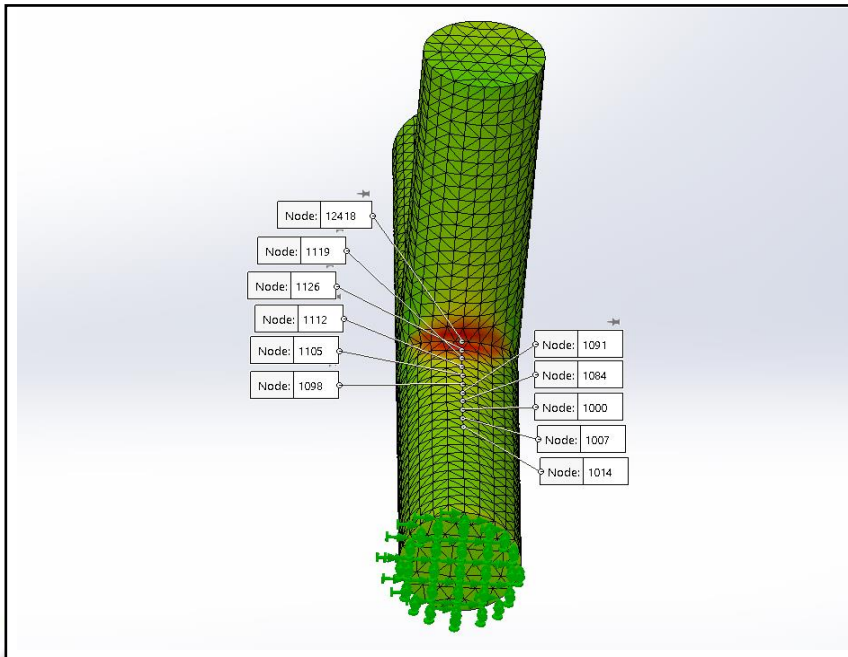
Lampiran 2 Gambar model pipa 64



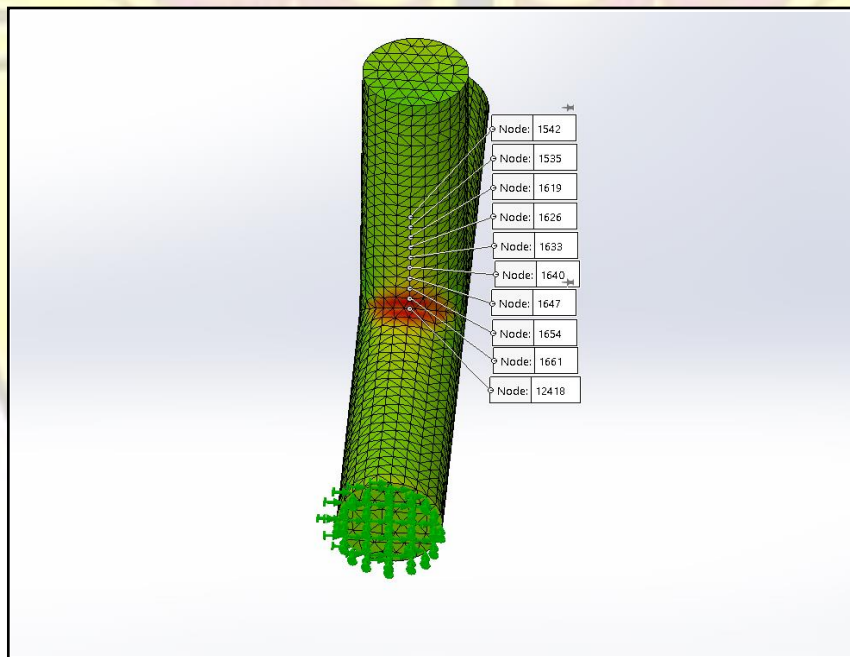
Lampiran 3. Gambar model pipa 65



Lampiran 4. Gambar model pipa 66



Lampiran 5. Gambar probing result pipa utama



Lampiran 6. Gambar probing result pipa cabang