

TUGAS AKHIR

ANALISIS KEKUATAN PENGELASAN PLAT BAJA KARBON RENDAH DENGAN METODE ELEMEN HINGGA MENGUNAKAN SOFTWARE (SOLIDWORKS)

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh:

FIKRI ARDIANTO

1607230087



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2021**

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Fikri Ardianto
NPM : 1607230087
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Tugas Akhir : Analisis Kekuatan Pengelasan Plat Baja karbon Rendah Dengan Metode Elemen Hingga Menggunakan Software (Solidworks)
Bidang ilmu : Kontruksi Manufaktur

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai penelitian tugas akhir untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 27 April 2021

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Penguji I



M. Yani, S.T., M.T

Dosen Penguji II



Khairul umurani, S.T., M.T

Dosen Penguji III



Affandi, S.T., M.T

Program Studi Teknik Mesin



SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Fikri Ardianto
Tempat /Tanggal Lahir : Suasari, 31 Januari 1998
NPM : 1607230087
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

“Analisis Kekuatan Pengelasan Plat Baja Karbon Rendah Dengan Metode Elemen Hingga Menggunakan Software (Solidworks)”

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinil dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidak sesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 27 Maret 2021

Saya yang menyatakan,



Fikri Ardianto

ABSTRAK

Pengelasan (*welding*) adalah salah satu teknik penyambungan logam dengan cara mencairkan sebagian logam induk dan logam pengisi dengan atau tanpa tekanan dan dengan atau tanpa logam penambah dan menghasilkan sambungan yang kontinyu. Permasalahan yang sering terjadi pada pengelasan baja ialah di temukan permasalahan *defect welding* diantaranya *defect undercut* pada bagian tepi logam las yang mengikis bagian batas antara logam induk dengan logam hasil pengelasan yang kemudian membentuk garis pemisah antara logam hasil pengelasan dengan logam induk yang di las. Permasalahan yang terjadi diatas sangat berpengaruh pada kekuatan logam yang di las. Permasalahan sesungguhnya dalam penelitian ini adalah analisa kekuatan las pada plat baja karbon rendah dengan metode elemen hingga dengan simulasi yang menggunakan software solidwork sehingga memudahkan untuk mengetahui kekuatan las dari material plat baja karbon rendah. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Mekanika Kekuatan Material (MKM) dan di Laboratorium Komputer Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang beralamat di Jl. Kapten Muchtar Basri, Glugur Darat II, Kec Medan Timur., Kota Medan, Sumatera Utara. Dari penelitian ini didapat hasil eksperimen $2,451E+09$ N/m² dan hasil simulasi untuk total elemen 88481 memiliki nilai $2,454E+09$ N/m², total elemen 23635 memiliki nilai $2,460E+09$ N/m², total elemen 16684 memiliki nilai $2,464E+09$ N/m², total elemen 16900 memiliki nilai $2,474E+09$ N/m², total elemen 16475 memiliki nilai $2,478E+09$ N/m², total elemen 16305 memiliki nilai $2,481E+09$ N/m², total elemen 16299 memiliki nilai $2,487E+09$ N/m² dan total elemen 16198 memiliki nilai $2,504E+09$ N/m². Setelah diamati maka nilai rata-rata depresiasi perhitungan ialah 1,113%.

Kata kunci: Pengelasan, Uji tarik, Solidwork.

ABSTRACT

Welding is one of the metal joining techniques by melting a part of the main metal and filler metal with or without pressure and with or without adding metal and producing a continuous connection. The problem that often occurs in steel welding is that defect welding is found, including an undercut defect on the edge of the weld metal which erodes the boundary between the main metal and the weld metal which then forms a dividing line between the metal being welded and the parent metal being welded. The problems that occur above greatly affect the strength of the metal being welded. The real problem in this study is the analysis of weld strength on low carbon steel plate with the finite element method with simulation using solidwork software so that it is easier to determine the weld strength of low carbon steel plate material. This research was conducted at the Material Strength Mechanics Laboratory (MKM) and at the Computer Laboratory of the Engineering Faculty, Muhammadiyah University, North Sumatra, which is located at Jl. Captain Muchtar Basri, Glugur Darat II, East Medan District, Medan City, North Sumatra. From this determination, the experimental results obtained were $2.451E + 09 \text{ N/m}^2$ and the simulation results for the total elements 88481 have a value of $2.454E + 09 \text{ N/m}^2$, a total of 23635 elements have a value of $2.460E + 09 \text{ N/m}^2$, a total of 16684 elements have a value of $2.464E + 09 \text{ N/m}^2$, a total of 16900 elements have a value of $2.474E + 09 \text{ N/m}^2$, a total of 16475 elements has a value of $2.478E + 09 \text{ N/m}^2$, a total of 16305 elements has a value of $2.481E + 09 \text{ N/m}^2$, a total of 16299 elements has a value of $2.487E + 09 \text{ N/m}^2$ and a total of 16198 elements has a value $2,504E + 09 \text{ N/m}^2$. After being observed, the average value of the calculation depreciation is 1.113%.

Keywords: Welding, Tensile Testing, Solidwork.

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Analisis Kekuatan Pengelasan Plat Baja Karbon Rendah Dengan Metode Elemen Hingga Menggunakan Software (Solidworks)” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Bapak Affandi S.T.,M.T selaku Dosen Pembimbing sekaligus ketua program studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak M.Yani, S.T.,M.T selaku dosen penguji I yang telah banyak mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Khairul Umurani, S.T.,M.T selaku dosen penguji II yang telah banyak mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Munawar Alfansury Siregar S.T.,M.T selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknik mesin kepada penulis.
6. Orang tua penulis: Zakaria dan Sri Arihta Ginting, yang telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi penulis.
7. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Sahabat-sahabat penulis: Ahmad Sofyan, Fikri Ardianto, Andre Irfandi, Ludfy Amru, Rais SyahbanadiHarahap, Septian Fauzi dan lainnya yang tidak mungkin namanya disebut satu per satu.

Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi dunia konstruksi teknik Mesin.

Medan, 27 April 2021

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Fikri Ardianto', written in a cursive style.

Fikri Ardianto

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
ABSTRAK	iv
ABTRACK	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Ruang Lingkup	3
1.4. Tujuan	3
1.5. Manfaat	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Pengelasan	4
2.1.1. Pengertian Las	6
2.1.2. Perubahan Material Disebabkan Oleh Panas	6
2.1.3. Sambungan las	7
2.1.4. Posisi Pengelasan	10
2.2. Metode Elemen Hingga	11
2.2.1. Pengertian Metode Elemen Hingga	11
2.2.2. Diskertisasi	15
2.3. Mesh	16
2.3.1. Mesh Klasifikasi	16
2.3.2. Struktur Mesh	17
2.3.3. Langkah Dasar dalam Metode Elemen Hingga	18
2.3.4. Elemen Dua Dimensi	19
2.4. Software Solidworks	20
2.4.1. Pengertian Solidworks	20
2.4.2. Fungsi Solidworks	21
2.5. Uji Tarik Sambungan Baja Hasil Pengelasan	22
2.5.1. Hukum hooke	
BAB 3 METODE PENELITIAN	24
3.1 Tempat dan Waktu	24
3.1.1. Tempat Penelitian	24
3.1.2. Waktu Penelitian	24
3.2 Bahan dan Alat Penelitian	25
3.2.1. Bahan Penelitian	25
3.2.2. Alat-alat Penelitian	26
3.3 Bagan Alir Penelitian	28

3.4	Prosedur Penelitian	29
3.4.1.	Studi Literatur, Persiapan alat dan Bahan	29
3.4.2.	Pembuatan Spesimen Uji Las dan Pengujian Spesimen	29
3.4.3.	Model dan Geometri spesimen Las Menggunakan Software Solidwork	29
3.4.4.	Simulasi Statik di Solidwork dan Pemaparan Hasil Simulasi	30
3.4.5.	Analisis Hasil Simulasi dan Penulisan Hasil	36
BAB 4	HASIL DAN PEMBAHASAN	37
4.1.	Hasil Pengujian Spesimen Las	37
4.1.1.	Hasil Uji Tarik Dengan Mesin Tensile Test	37
4.1.2.	Hasil Simulasi	38
4.2.	Pembahasan	40
4.2.1.	Validasi	40
4.2.2.	Depresiasi Perhitungan	40
4.2.3.	Konsentrasi tegangan	42
BAB 5	KESIMPULAN DAN SARAN	43
5.1	Kesimpulan	43
5.2	Saran	43
	DAFTAR PUSTAKA	44
	LAMPIRAN	
	LEMBAR ASISTENSI	
	DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Jadwal Kegiatan Penelitian	21
Tabel 4.1 Perbandingan Hasil Simulasi Dan Eksperimen	40

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Daerah hasil pengelasan (Akbar & Santosa, 2012)	6
Gambar 2.2 Nama-nama bagian sambungan las (Hery, 2008)	7
Gambar 2.3 Jenis-jenis sambungan Las(Hery, 2008)	7
Gambar 2.4Macam-macam las (Hery, 2008)	8
Gambar 2.5 Jenis-jenis sambungan dasar (Akbar & Santosa, 2012)	9
Gambar 2.6 Bentuk geometri kampuh (Hery, 2008)	10
Gambar 2.7 Posisi pengelasan (Hery, 2008)	11
Gambar 2.8 Elemen persegi empat sederhana untuk menjelaskan analisa metode elemen hingga (Anggraini, 2016)	12
Gambar 2.9 Elemen yang Lazim Digunakan pada Analisa FEM (a) Elemen dua dimensi paling sederhana, (b) Segitiga dengan enam node, (c) Elemen <i>kuadrilateral</i> , (d) Elemen cincin berdimensisatu, (e) Elemen segitiga berdimensi dua, (f) Segitiga isoparametrik, (g)Tetrahedron,(h) Heksahedron(Anggraini, 2016)	13
Gambar 2.103 node finite elemen didefinisikan dalam satu daerah dan elemen tambahan yang menunjukkan finite elemen mesh (Akin, 2009).	14
Gambar 2.11 Hasil meshing menggunakan metode elemen hingga (Anggraini, 2016)	14
Gambar 2.12.a. Grid Persegi dan b. Mesh Triangular (Caniago & Bengkului, 2015)	15
Gambar 2.13 Type Grid dua dimensi (Mulyadi, 2011)	16
Gambar 2.14 Structure Mesh(M. Z. A. Abidin et al., 2012)	17
Gambar 2.15 Ukuran Mata Jaring Terkontrol (Hutton & V, 2004)	18
Gambar 2.16 Luasan elemen segitiga (Mulyadi, 2011)	19
Gambar 2.17 Skema uji tarik (Sastranegara, 2009)	20
Gambar 3.1 Baja Karbon Rendah	25
Gambar 3.2 Elektroda Las	25
Gambar 3.3 Mesin Las Listrik	26
Gambar 3.4 Universal Test Machine	26
Gambar 3.5 Laptop	27
Gambar 3.6 Jangka Sorong	27
Gambar 3.7 Bagan Alir Penelitian	28
Gambar 3.8 Pemodelan dan Geometri Spesimen	30
Gambar 3.9 Area Pengelasan Spesimen	30
Gambar 3.10 Tampilan Laptop	31
Gambar 3.11 Masukan part geometriuji Tarik yang ingin di simulasi	31
Gambar 3.12 Klik Simulasi	32
Gambar 3.13 Pilih Simulasi Static	32
Gambar 3.14 memilih Meterial	33
Gambar 3.15 <i>Fixtures Advisor</i>	33
Gambar 3.16 Bagian Yang Di <i>Fixture</i>	34
Gambar 3.17 Componen Contact	34
Gambar 3.18 Klik Bonded	34
Gambar 3.19 Force	35
Gambar 3.20 Permukaan yang di berikan <i>force</i>	35

Gambar 3.21	Gambar 3.21. Pilih total note yang digunakan	36
Gambar 3.22	Gambar parameter mesh 2 dengan mesh control fine	36
Gambar 4.1	Spesimen Sebelum Dilakukan Pengujian Uji Tarik	37
Gambar 4.2	Spesimen Hasil Pengujian Uji Tari	37
Gambar 4.3	Gambar 4.3 Hasil simulasi uji tarik dengan total elemen; a). Total Elemen 88481, b). Total Elemen 23635, c). c. Total Elemen 16684, d). Total Elemen 16900, e) Total Elemen 16475, f). Total Elemen 16198	39
Gambar 4.4	Grafik Perbandingan Total Elemen Dengan Tenggangan Simulasi.	41
Gambar 4.5	Grafik Depresiasi Perhitungan	41
Gambar 4.6	Konsentrasi Tegangan Pada Bagian Pengelasan	42
Gambar 4.7	Grafik Konsentrasi Tegangan	42

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pengelasan (*welding*) adalah salah satu teknik penyambungan logam dengan cara mencairkan sebagian logam induk dan logam pengisi dengan atau tanpa tekanan dan dengan atau tanpa logam penambah dan menghasilkan sambungan yang kontinyu (Sugestian, 2019). Berdasarkan definisi dari *American Welding Society* (AWS) las adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair. Salah satu faktor yang mempengaruhi, kualitas hasil penyambungan logam adalah sifat logam.

Metode elemen hingga merupakan metode numerik yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan dalam bidang rekayasa seperti geometri, pembebanan dan sifat-sifat dari material yang sangat rumit. Hal ini sulit diselesaikan dengan solusi analisa matematis. Pendekatan metode elemen hingga adalah menggunakan informasi-informasi pada titik simpul (*node*). Proses dari metode elemen hingga adalah membagi masalah yang kompleks menjadi elemen-elemen agar lebih mudah mendapatkan solusi. Solusi dari tiap elemen kemudian digabungkan sehingga menjadi solusi masalah secara keseluruhan (Rachwawati, 2015). Dalam simulasi pengujian kekuatan las dapat dilakukan dengan menggunakan software (*solidworks*). *Solidworks* adalah software simulasi yang memungkinkan setiap perancang dan insinyur untuk melakukan simulasi struktural pada bagian atau rakitan sebuah struktur dengan analisis elemen hingga (FEM). *Solidworks* mampu memperbaiki dan memvalidasi kinerja dan mengurangi kebutuhan akan prototip atau perubahan desain yang mahal di kemudian hari (Sasmito, 2018). Oleh karena itu dengan adanya *solidworks* sangat membantu untuk membuat desain maupun melakukan simulasi uji kekuatan dari suatu material.

Dalam pembuatan komponen setidaknya ada sambungan permanen maupun non permanen. Contoh sambungan non permanen ialah sambungan mur-baut/ulir dan sambungan pasak, dan sambungan permanen ialah seperti las, paku keling. Setiap sambungan memiliki kekuatan yang berbeda-beda yang belum kita ketahui seberapa besar kekuatan dari suatu sambungan, apalagi pada sambungan

permanen seperti las. Kekuatan las berpengaruh pada model pengelasan dan juga pada material yang di las. Selama proses pengelasan berlangsung, logam akan mengalami siklus termal yaitu proses pemanasan dan pendinginan yang terjadi secara cepat di daerah pengelasan sehingga terjadi proses metalurgi, deformasi yang berpengaruh pada kualitas hasil pengelasan seperti jenis cacat yang dihasilkan, ketangguhan sambungan, kekuatan tarik (*tensile strength*) serta struktur mikro logam.

Permasalahan yang sering terjadi pada pengelasan baja yaitu di temukan permasalahan *defect welding* diantaranya *defect undercut* pada bagian tepi logam las yang mengikis bagian batas antara logam induk dengan logam hasil pengelasan yang kemudian membentuk garis pemisah antara logam hasil pengelasan dengan logam induk yang di las. Permasalahan yang terjadi diatas sangat berpengaruh pada kekuatan logam yang di las. Kekuatan las pada logam baja berpengaruh dengan sambungan pada material yang akan di gunakan untuk membuat suatu produk. Untuk itu kita perlu mengetahui kekuatan suatu material yang telah dilakukan penyambungan dengan cara pengelasan sehingga kita dapat mengetahui seberapa besar beban yang nantinya akan diberikan pada material tersebut.

Berdasarkan pada penelitian sebelumnya yang di lakukan oleh Anurag Mishra, Pradeep Sahu, (2018) dalam jurnal *Engineering dan Technology* yang berjudul “*Finite Element Method of Welding Joint in Shaft and Validation Using Different Method*” mereka telah melakukan penelitian kekuatan pengelasan dengan metode elemen hingga pada poros. Namun mereka tidak melakukan pengujian pada plat baja yang berstandartkan ASTM. Oleh karena itu maka penulis ingin meneliti dan menganalisa kekuatan pengelasan plat logam baja yang berstadart ASTM e-8 dengan metode elemen hingga menggunakan software (solidworks).

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana menganalisa kekuatan las pada plat baja karbon rendah dengan metode elemen hingga dengan simulasi yang menggunakan software solidwork sehingga

memudahkan untuk mengetahui kekuatan las dari material plat baja karbon rendah.

1.3 Ruang lingkup

Adapun ruang lingkup dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menggunakan software solidworks untuk melakukan simulasi kekuatan las pada baja karbon rendah.
2. Bahan plat baja karbon rendah.

1.4 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah

1. Untuk membuat pemodelan spesimen uji plat baja karbon rendah.
2. Untuk merancang geometri spesimen las menggunakan software solidworks.
3. Untuk menganalisa kekuatan las pada baja dengan metode elemen hingga menggunakan simulasi software (solidworks).

1.5 Manfaat

Adapun Manfaat dari penelitian ini adalah

1. Mengetahui bentuk dari spesimen plat baja karbon rendah yang akan dilakukan pengujian.
2. Mengetahui bentuk geometri sesuai dengan standart ASTM e-8.
3. Mengentahui hasil analisa dari kekuatan las pada baja karbon rendah.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengelasan

2.1.1 Pengertian Las

Kemajuan-kemajuan dalam ilmu pengetahuan dan teknologi yang dicapai sampai dengan tahun 1950, telah mulai mempercepat lagi kemajuan dalam bidang las. Pada masa ini telah ditemukan cara-cara baru dalam pengelasan antara lain las tekan dingin, las listrik terak, las busur dengan pelindung CO₂, las gesek, las busur plasma dan masih banyak .

Pengelasan (*welding*) adalah salah satu teknik penyambungan logam dengan cara mencairkan sebagian logam induk dan logam pengisi dengan atau tanpa tekanan dan dengan atau tanpa logam penambah dan menghasilkan sambungan yang kontinyu. Lingkup penggunaan teknik pengelasan dalam konstruksi sangat luas, meliputi perkapalan, jembatan, rangka baja, bejana tekan, pipa pesat, pipa saluran dan sebagainya. Disamping untuk pembuatan, proses las dapat juga dipergunakan untuk reparasi misalnya untuk mengisi lubang-lubang pada coran. Membuat lapisan las pada perkakas mempertebal bagian-bagian yang sudah aus, dan macam-macam reparasi lainnya.

Penyambungan dengan cara mengelas merupakan salah satu metode penyambungan yang luas penggunaannya pada konstruksi bangunan baja dan konstruksi mesin. Metode penyambungan lain yang digunakan pada sambungan logam adalah baut dan keling. Teknologi pengelasan, selain dapat dipakai untuk menyambung dan memotong logam, juga dapat dipakai untuk mengisi lubang- lubang pada coran, membuat lapisan keras pada perkakas, mempertebal bagian-bagian yang sudah aus, dan macam-macam reparasi lainnya (Sam & Nugraha, 2015).

Pengelasan bukan tujuan utama dari konstruksi, tetapi hanya merupakan sarana untuk mencapai ekonomi pembuatan yang lebih baik. Karena itu rancangan las dan cara pengelasan harus betul-betul memperhatikan dan memperlihatkan kesesuaian antara sifat-sifat las dengan kegunaan konstruksi serta kegunaan di sekitarnya. Prosedur pengelasan kelihatannya sangat

sederhana, tetapi sebenarnya didalamnya banyak masalah-masalah yang harus diatasi dimana pemecahannya memerlukan bermacam-macam pengetahuan.

Karena itu didalam pengelasan, pengetahuan harus turut serta mendampingi praktek, secara lebih terperinci dapat dikatakan bahwa perancangan konstruksi bangunan dan mesin dengan sambungan las, harus direncanakan pula tentang cara-cara pengelasan. Cara ini pemeriksaan, bahan las, dan jenis las yang akan digunakan, berdasarkan fungsi dari bagian-bagian bangunan atau mesin yang dirancang.

Berdasarkan definisi dari DIN (*Deutch Industrie Normen*) las adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair. Dari definisi tersebut dapat dijabarkan lebih lanjut bahwa las adalah sambungan setempat dari beberapa batang logam dengan menggunakan energi panas. Pada waktu ini telah dipergunakan lebih dari 40 jenis pengelasan termasuk pengelasan yang dilaksanakan dengan cara menekan dua logam yang disambung sehingga terjadi ikatan antara atom-atom molekul dari logam yang disambungkan. Klasifikasi dari cara-cara pengelasan ini akan diterangkan lebih lanjut (Afit Reni Prastiwi, 2019).

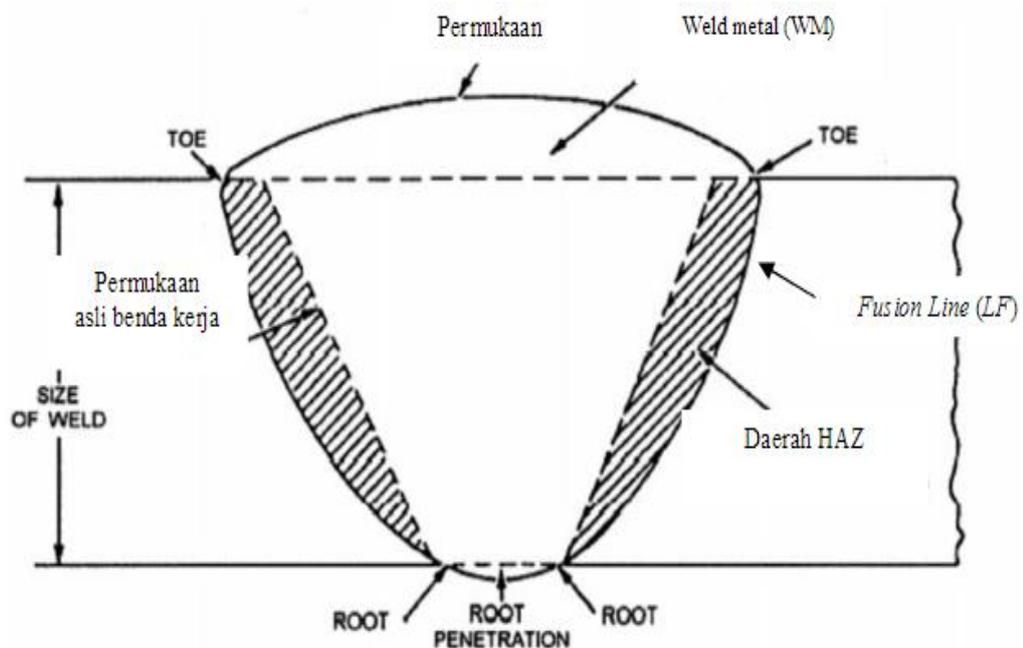
Pada waktu ini pengelasan dan pemotongan merupakan pengelasan pengerjaan yang amat penting dalam teknologi produksi dengan bahan baku logam. Dari pertama perkembangannya sangat pesat telah banyak teknologi baru yang ditemukan. Sehingga boleh dikatakan hampir tidak ada logam yang dapat dipotong dan di las dengan cara-cara yang ada pada waktu ini.

Ada beberapa syarat yang harus dipenuhi untuk keberhasilan proses pengelasan yaitu :

1. Material yang akan disambung dapat mencair oleh panas.
2. Antara material yang akan disambung terdapat kesesuaian sifat lasnya.
3. Cara penyambungan sesuai dengan sifat benda padat dan tujuan penyambungan.

Dalam proses pengelasan, secara umum dapat dikategorikan beberapa daerah hasil pengelasan seperti pada (Gambar 2.1), sesuai dengan perbedaan karakteristik metalurginya yaitu

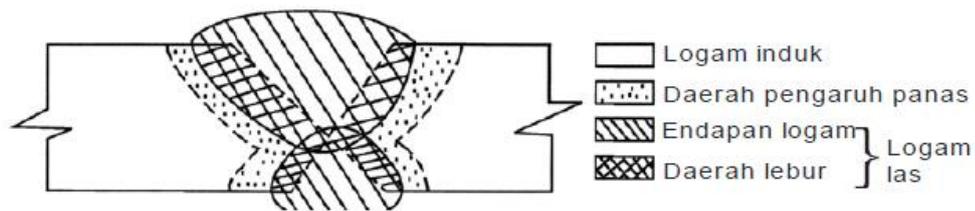
1. *Weld Metal* (WM) atau logam las, merupakan daerah yang mengalami pencairan dan membeku kembali sehingga menyebabkan perubahan struktur mikro dan sifat mekaniknya.
2. *Heat Affected Zone* (HAZ) atau daerah terkena pengaruh panas, merupakan daerah yang tidak terjadi pencairan dan pembekuan tetapi mengalami pengaruh panas sehingga terjadi perubahan struktur mikro.
3. *Fusion Line* (LF) atau daerah fusi, merupakan garis batas antara logam yang mencair dan daerah HAZ.
4. *Based Metal* (BM) atau logam induk, dimana panas dan suhu pengelasan tidak menyebabkan perubahan struktur dan sifat.



Gambar 2.1 Daerah hasil pengelasan (Akbar & Santosa, 2012)

2.1.2 Perubahan Material Disebabkan Oleh Panas

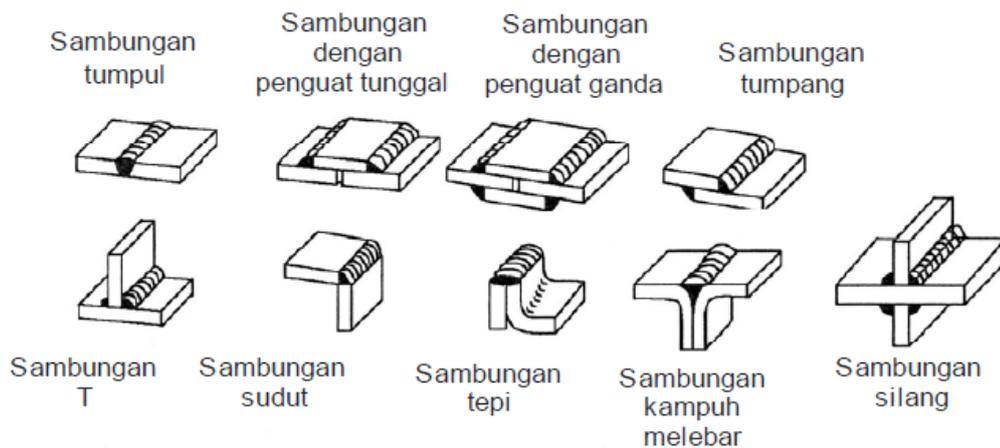
Gambar berikut menunjukkan bagian mikroskopik dari daerah lasan dari baja karbon atau baja campuran rendah yang membedakan logam las ke dalam bagian logam induk dan logam deposit yang mencair dan membeku, daerah terkena pengaruh panas dari logam induk yang telah dipanaskan ke suhu yang lebih rendah dari temperatur lebur dan strukturnya telah berubah, dan bagian logam induk yang tidak terpengaruh oleh panas (Hery, 2008).



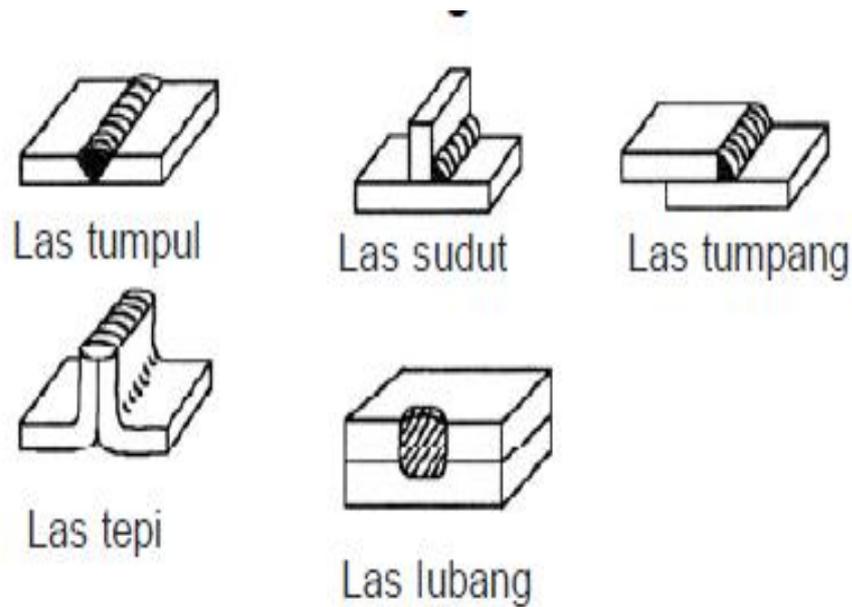
Gambar 2.2 Nama-nama bagian sambungan las (Hery, 2008)

2.1.3 Sambungan Las

Pembuatan struktur las meliputi proses pemotongan material sesuai ukuran, melengkungkannya, dan menyambungkannya satu sama lain. Tiaptiap daerah yang disambung disebut "sambungan". Terdapat beberapa variasi sambungan las sebagai pilihan berdasarkan ketebalan dan kualitas material, metode pengelasan, bentuk struktur dsb. Berdasarkan bentuknya, sambungan las diklasifikasikan antara lain sambungan tumpul, sambungan dengan penguat tunggal, sambungan dengan penguat ganda, sambungan tumpang, sambungan T, sambungan sudut, sambungan tepi, sambungan kampuh melebar dan sambungan bentuk silang, seperti ditunjukkan pada gambar 2. Sambungan-sambungan kampuh las dapat juga diklasifikasikan berdasarkan metode pengelasan, antara lain las tumpul, las sudut, las tepi, las lubang, dan las buildup, seperti ditunjukkan pada gambar berikut ini (Hery, 2008).



Gambar 2.3 Jenis-jenis sambungan Las (Hery, 2008)



Gambar 2.4 Macam-macam las (Hery, 2008)

Ada lima jenis sambungan dasar pengelasan (seperti pada Gambar 2.3), meskipun dalam praktiknya dapat ditemukan banyak variasi dan kombinasi, diantaranya adalah :

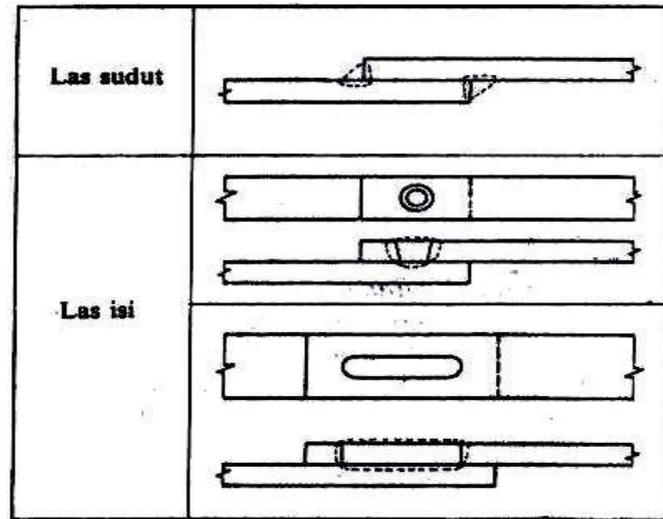
a. Sambungan tumpul/sebidang (*butt joint*)

Sambungan tumpul adalah jenis sambungan yang paling efisien. Bentuk alur sambungan ini sangat mempengaruhi efisiensi pengerjaan, efisiensi sambungan dan jaminan sambungan. Karena itu pemilihan bentuk alur sangat penting, di mana bentuk dan ukuran alur sambungan datar ini sudah banyak distandarkan dalam standar AWS, BS, DIN, GOST, JSSC, dan lain-lain. Sambungan tumpul digunakan untuk menyambung ujung-ujung pelat yang datar dengan ketebalan yang sama atau hampir sama, biasanya divariasikan pada alur atau kampuh (Akbar & Santosa, 2012).

b. Sambungan tumpang (*lap joint*)

Sambungan tumpang dibagi dalam tiga jenis. Karena sambungan ini efisiensinya rendah maka jarang sekali digunakan untuk pelaksanaan penyambungan konstruksi utama. Sambungan tumpang biasanya dilaksanakan dengan las sudut dan las isi. Sambungan tumpang (*lap joint*)

digunakan untuk menyambung pelat yang ketebalan yang berbeda, kelebihanannya ialah sambungan ini tidak membutuhkan kampuh atau alur



Gambar 2.5 Jenis-jenis sambungan dasar (Akbar & Santosa, 2012)

c. Sambungan bentuk T (*Tee joint*)

Pada sambungan bentuk T ini secara garis besar dibagi dalam dua jenis yaitu jenis las dengan alur dan jenis las sudut. Dalam pelaksanaan pengelasan mungkin sekali ada bagian batang yang menghalangi yang dalam hal ini dapat diatasi dengan memperbesar sudut alur. Sambungan bentuk T (*Tee joint*) digunakan untuk menyambung pelat pada bagian-bagian *built up*, seperti profil T, Profil I, atau bagian-bagian yang berbentuk rangka. (Gambar 2.3 c)

d. Sambungan sudut (*corner joint*)

Pada sambungan ini dapat terjadi penyusutan dalam arah tebal pelat yang dapat menyebabkan terjadinya retak lamel. Bila pengelasan dalam tidak dapat dilakukan karena sempitnya ruang maka pelaksanaannya dapat dilakukan dengan pengelasan tembus atau pengelasan dengan pelat pembantu. Sambungan sudut (*corner joint*) digunakan untuk membentuk penampang boks segi empat terangkai (*built-up*) seperti untuk balok baja yang membutuhkan ketahanan terhadap torsi yang tinggi (Gambar 2.3 b).

e. Sambungan sisi (*edge joint*)

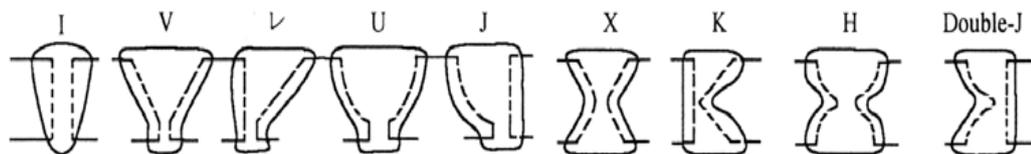
Sambungan sisi dibagi dalam sambungan las dengan alur dan sambungan las ujung. Untuk jenis yang pertama pada pelatnya harus dibuat alur sedangkan pada jenis kedua pengelasan dilakukan pada ujung pelat tanpa ada alur. Sambungan ini digunakan untuk menjaga dua atau lebih pelat agar tetap pada suatu bidang tertentu ataupun untuk mempertahankan kedudukan seperti semula (Gambar 2.3 e) Pemilihan jenis sambungan las terutama didasarkan pada ketebalan pelat yang akan dilas. Dalam pengelasan, ada yang disebut pelat tipis dan pelat tebal. Menurut *AWS Code (American Welding Society)* disebut pelat tipis apabila ketebalannya kurang dari 1 in (= 25,4 mm) dan disebut pelat tebal bila ketebalannya lebih dari 1 in. Mungkin saja dalam pemilihan sambungan ini terdapat lebih dari dua sambungan yang memenuhi persyaratan ketebalan pelat

Ada tiga faktor yang menentukan dalam pemilihan jenis sambungan, yaitu:

- 1) luas penampang sambungan las,
- 2) persiapan kampuh atau pembuatan kampuh, dan
- 3) kemudahan proses pengelasan dikaitkan dengan proses pengelasan dan posisi pengelasan.

2.1.4 Bentuk kampuh Las

Bentuk kampuh las sangat mempengaruhi efisiensi pengerjaan, efisiensi sambungan, dan jaminan sambungan. Karena itu pemilihan bentuk kampuh las sangat penting. Adapun jenis-jenis kampuh las pada sambungan tumpul dapat dilihat pada gambar 11.

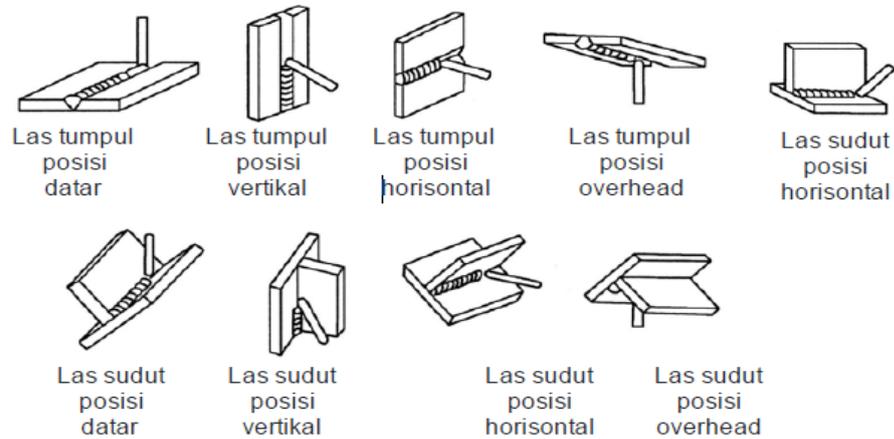


Gambar 2.6 Bentuk geometri kampuh(Hery, 2008).

2.1.4 Posisi Pengelasan

Terdapat empat posisi pengelasan : datar, vertikal, horisontal dan diatas kepala (overhead), seperti ditampilkan pada gambar

ii.63.ketinggian meja dan bangku kerja harus disetel untuk memudahkan pengelasan dilakukan pada posisi yang nyaman dan untuk mempertinggi efisiensi. Pengelasan overhead dan pengelasan pipa sangat sulit sehingga sambungan-sambungan yang sangat dapat diandalkan



dan efisiensi pengelasan yang tinggi belum dapat diharapkan meskipun dengan juru las terlatih. Oleh karena itu sedapat mungkin pengelasan dilakukan dalam posisi datar dengan menggunakan positioner (Hery, 2008).

Gambar 2.7 Posisi pengelasan (Hery, 2008).

2.2 Metode Elemen Hingga

2.2.1 Pengertian Metode Elemen Hingga

Finite Element Method (FEM) atau biasanya disebut *Finite Element Analysis* (FEA), adalah prosedur numeris yang dapat dipakai untuk menyelesaikan masalah-masalah dalam bidang rekayasa (*engineering*), seperti analisa tegangan pada struktur, frekuensi pribadi dan *mode shape*-nya,

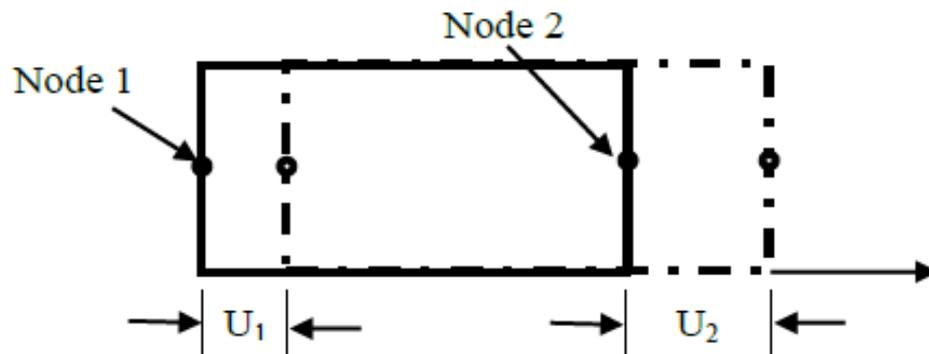
perpindahan *panas, elektromagnetis, dan aliran fluida (Moaveni)*. Metode elemen hingga merupakan salah satu metode numerik untuk memperoleh penyelesaian pendekatan suatu persamaan differensial parsial dan masalah nilai batasnya (Widyanuklida & Sutrasno, 2004).

Metode elemen hingga ialah salah satu metode numerik yang digunakan untuk menyelesaikan persamaan diferensial parsial pada permasalahan ilmu rekayasa dan matematika fisik seperti perpindahan panas, analisis struktur, aliran fluida, transportasi massa dan potensial elektromagnetik. Proses dari metode elemen hingga adalah membagi masalah yang kompleks menjadi elemen-elemen agar lebih mudah mendapatkan solusi. Solusi dari tiap elemen kemudian digabungkan sehingga menjadi solusi masalah secara keseluruhan (Rachwawati, 2015).

Metode ini digunakan pada masalah-masalah rekayasa dimana *exact solution/analytical solution* tidak dapat menyelesaikannya. Inti dari FEM adalah membagi suatu benda yang akan dianalisa, menjadi beberapa bagian dengan jumlah hingga (*finite*). Bagian-bagian ini disebut elemen yang tiap elemen satu dengan elemen lainnya dihubungkan dengan nodal (*node*). Kemudian dibangun persamaan matematika yang menjadi representasi benda tersebut. Proses pembagian benda menjadi beberapa bagian disebut *meshing*. Bentuk geometri *plate* di "*meshing*" menjadi bagian-bagian kecil bentuk segitiga untuk mencari solusi yang berupa distribusi temperatur *plate*. Sebenarnya kasus ini dapat diselesaikan dengan cara langsung yaitu dengan persamaan kesetimbangan panas (*heat balance equation*). Namun untuk geometri yang rumit seperti *engine block* diperlukan FEM untuk mencari distribusi temperatur.

Metode elemen hingga merupakan cara yang sangat baik dalam menentukan tegangan dan defleksi dalam konstruksi yang sulit diselesaikan dengan secara analitik. Pada metode ini konstruksi dibagi menjadi jaringan yang terdiri dari elemen kecil yang dihubungkan satu sama lain pada titik *node*. Analisa elemen hingga dikembangkan dari metode matriks untuk analisa struktur dan ditunjang oleh computer digital yang memungkinkan

diselesaikannya sistem dengan ratusan persamaan simultan (Anggraini, 2016).



Gambar 2.8 Elemen persegi empat sederhana untuk menjelaskan analisa metode elemen hingga (Anggraini, 2016).

Setiap node memiliki satu derajat kebebasan bila bergeser sejauh U_1 dan U_2 . Persamaan yang menyatakan hubungan antara gaya yang bekerja pada node dan pergeseran yang diakibatkannya.

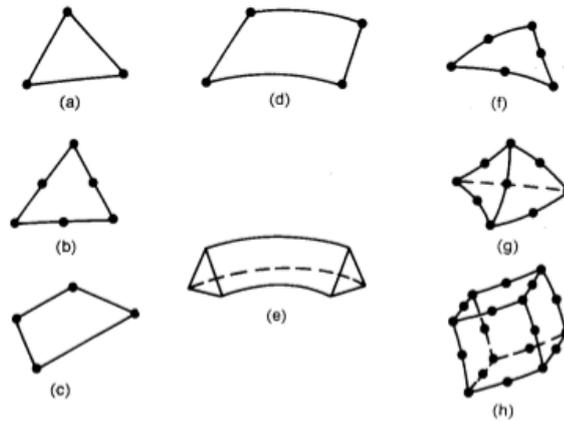
Koefisien kekakuan K_{ij} dihitung dengan program komputer berdasarkan sifat elastik bahan dan geometri elemen hingga dengan bentuk matriksnya adalah

$$\begin{Bmatrix} p_1 \\ p_2 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} K_{11} & K_{12} \\ K_{21} & K_{22} \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} U_1 \\ U_2 \end{Bmatrix} \quad (2.1)$$

Bila kedua elemen tadi digabungkan menjadi suatu konstruksi, dapat digunakan prinsip superposisi untuk menentukan kekakuan struktur dua elemen tadi.

$$\begin{Bmatrix} p_1 \\ p_2 \\ p_3 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} K_{11} & K_{12} & 0 \\ K_{21} & K_{22} + K_{22} & K_{23} \\ 0 & K_{32} & K_{33} \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} U_1 \\ U_2 \\ U_3 \end{Bmatrix} \quad (2.2)$$

Suatu konstruksi tiga dimensi akan mengakibatkan bertambahnya jumlah persamaan simultan; tetapi dengan memanfaatkan elem tingkat tinggi dan computer yang lebih cepat, soal-soal tersebut dapat diselesaikan dengan FEM (Finite Element Methode). Pada gambar 2.3 tampak beberapa elemen yang digunakan dalam analisa FEM.

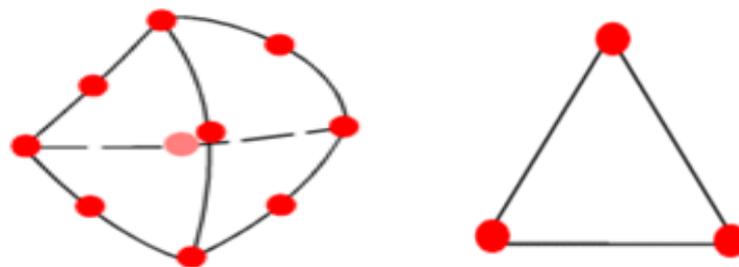


Gambar 2.9 Elemen yang Lazim Digunakan pada Analisa FEM (a) Elemen dua dimensi paling sederhana, (b) Segitiga dengan enam node, (c) Elemen kuadrilateral, (d) Elemen cincin berdimensi satu, (e) Elemen segitiga berdimensi dua, (f) Segitiga isoparametrik, (g) Tetrahedron, (h) Heksahedron. (Anggraini, 2016).

Penyelesaian Elemen hingga mencakup perhitungan matriks kekakuan untuk setiap elemen dalam struktur. Elemen tersebut kemudian dirakit membentuk matriks kekakuan $[K]$ untuk seluruh konstruksi.

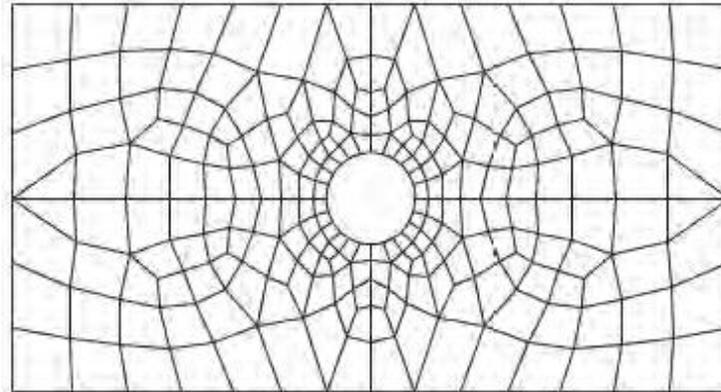
$$\{P\} = [K] \{u\} \tag{2.3}$$

Secara umum teknis dan terminology finite element analysis digambarkan pada gambar 2.10. Gambar mewakili volume suatu material yang sudah diketahui properties fisiknya. Volume mewakili domain boundary yang akan dihasilkan. Untuk singkatnya diasumsikan dengan kasus 2-dimensi untuk menentukan setiap titik $P(x,y)$



Gambar 2.10. (a) 3 node finite elemen didefinisikan dalam satu daerah (b) elemen tambahan yang menunjukkan finite elemen mesh (Akin, 2009).

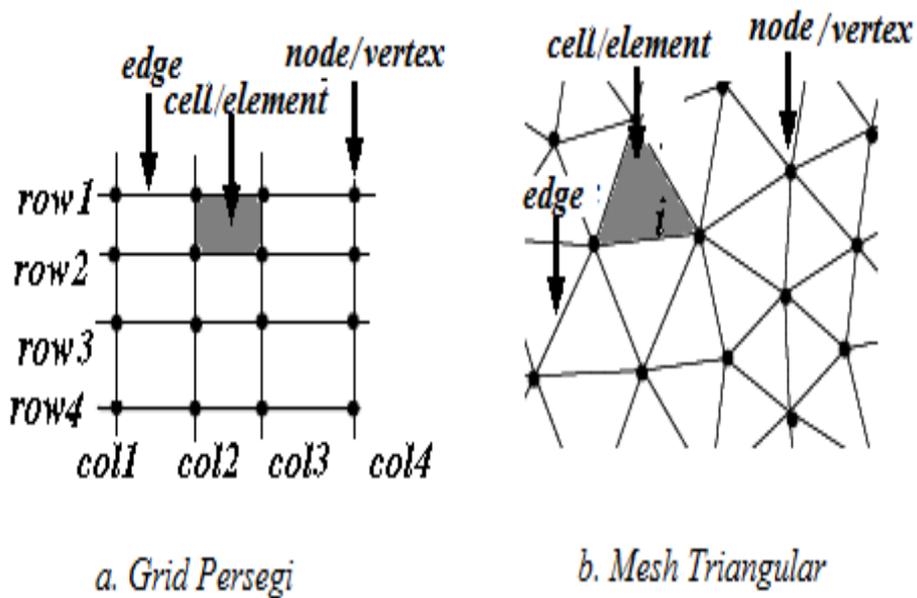
Menggunakan metode finite elemen ditunjukkan pada gambar 2.11 yang menggambarkan persegi panjang dengan lubang dibagian tengah. Diasumsikan persegi panjang memiliki tebal yang konstan pada arah z. Hasil meshing menunjukkan bentuk yang bermacam-macam (*triangles* dan *quadrilaterals*) dan ukuran yang berbeda-beda.



Gambar 2.11. Hasil meshing menggunakan metode elemen hingga (Anggraini, 2016).

2.2.2. Diskretisasi

Elemen adalah kumpulan titik (nodal) yang saling terhubung. Sedangkan kumpulan nodal dan elemen didefinisikan sebagai mesh. Proses pembentukan mesh ini disebut diskretisasi atau metode pemisahan (*discretization*). Diskretisasi adalah proses pembentukan suatu benda/body dengan memisahkannya kedalam sebuah sistem yang ekuivalen dari bagian terkecil atau unit (elemen) yang saling berhubungan antar nodal sehingga menjadi dua atau lebih element dengan garis batas dan permukaan. Ide dasar dari FEM adalah membagi struktur, badan (*body*), atau daerah yang dianalisis menjadi jumlah yang sangat besar dari suatu elemen hingga (*finite element*). Dengan kata lain ide dasar dari FEM adalah proses diskretisasi. Elemen ini bisa dalam bentuk satu, dua, atau tiga dimensi.



Gambar 2.12.a. Grid Persegi dan b. Mesh Triangular(Caniago & Bengkului, 2015).

Bentuk yang sering dipergunakan elemen segitiga dan elemen segiempat. Linier elemen mempunyai sisi yang lurus. Elemen dengan order lebih tinggi (quadratic, cubic) dapat sisi lurus atau lengkung. Modeling untuk domain dengan batas sisi lengkung dimungkinkan dengan penambahan node tengah (midside node). Ketebalan elemen bisa sama (konstan) atau bisa sebagai fungsi dari koordinat.



Gambar 2.13 Type Grid dua dimensi (Mulyadi, 2011).

2.3. Mesh

Pengertian ukuran Mesh adalah ukuran dari jumlah lubang suatu jaring atau kasa pada luasan 1 inch persegi jaring / kasa yang bisa dilalui oleh material padat .Mesh 20 memiliki arti terdapat 20 lubang pada bidang jaring / kasa seluas 1 inch, demikian seterusnya. Oleh karena itu, untuk menganalisa

aliran fluida, aliran domain dibagi menjadi subdomain yang lebih kecil (terdiri dari geometris primitif seperti hexahedra dan tetrahedra di 3D, dan segiempat dan segitiga di 2D) dan Persamaan pengatur terdiskritisasi diselesaikan dalam masing-masing bagian dari domain. Masing-masing bagian dari domain dikenal sebagai unsur atau sel, dan kumpulan semua elemen ini dikenal sebagai mesh atau grid. Ada banyak sel dari beberapa bentuk grid yang tersedia. Tergantung pada problem dan cara penyelesaian (M. Z. Abidin et al., 2012).

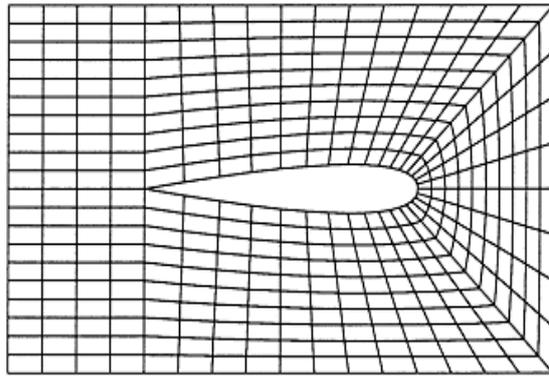
Proses untuk mendapatkan sebuah mesh yang tepat (atau grid) disebut *mesh generation* (atau *grid generation*), dan telah lama dianggap sebagai hambatan dalam proses analisis karena kurangnya prosedur *mesh generation* secara otomatis. Programs software khusus telah dikembangkan untuk tujuan mesh dan generasi grid, dan penggunaan software yang baik dan keahlian dalam menggunakan software ini sangat penting untuk keberhasilan dari upaya pemodelan

2.3.1. Mesh Klasifikasi

Elemen-elemen dalam mesh dapat diklasifikasikan dalam berbagai cara yang paling mudah didasarkan pada dimensi dan jenis elemen. Elemen umum dalam 2D adalah segitiga atau persegi panjang, dan elemen umum dalam 3D tetrahedral atau batu bata. Bentuk paling dasar dari klasifikasi mesh berdasarkan konektivitas mesh: terstruktur atau tidak terstruktur (M. Z. Abidin et al., 2012).

2.3.2. Struktur Mesh

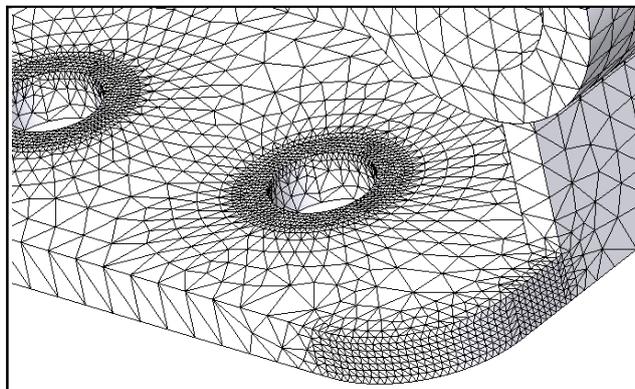
Sebuah jala terstruktur ditandai dengan konektivitas biasa yang dapat dinyatakan sebagai susunan dua dimensi atau tiga dimensi. Ini membatasi pilihan elemen segiempat dalam 2D atau hexahedra dalam 3D. Contoh mesh di bawah adalah mesh terstruktur, karena kita bisa menyimpan konektivitas mesh dalam 12 hingga 40 susunan. Keteraturan konektivitas memungkinkan kita untuk menghemat ruang karena hubungan lingkungan ditentukan oleh pengaturan penyimpanan. Klasifikasi tambahan dapat dibuat pada apakah mesh adalah konformal atau tidak (M. Z. Abidin et al., 2012).



Gambar 2.14. Structure Mesh(M. Z. Abidin et al., 2012).

- Pratinjau Mesh

Create untuk menghasilkan mesh. Kemudian periksa mata jaring dan tambah atau kurangi ukuran lokal yang ditentukan di atas sehingga terlihat dapat diterima, seperti yang ditunjukkan pada Gambar berikut ini. Perhatikan bahwa mesh membuat transisi yang mulus dari ukuran elemen yang lebih kecil ke ukuran default yang lebih besar di bagian tubuh yang jauh. Perbaikan tambahan di dekat sudut alas dan kaki berbentuk persegi panjang (di bawah tabung yang dibebani) juga akan bijaksana. Anda harus



selalu melihat pratinjau mesh sebelum menjalankan solusi. Gunakan Mesh

Gambar 2.15 Ukuran Mata Jaring Terkontrol (Hutton & V, 2004)

2.3.3 Langkah Dasar dalam Metode Elemen Hingga

Langkah-langkah dasar dalam *finite element analysis* adalah sebagai berikut:

- *Processing Phase*

1. Membuat dan menentukan daerah yang akan diselesaikan menggunakan elemen hingga, kemudian menguraikan masalah menjadi nodal-nodal dan elemen-elemen.
2. Mengasumsikan bentuk fungsi untuk menggambarkan sifat fisik dari sebuah elemen, yang merupakan pendekatan fungsi kontinu yang diasumsikan untuk menggambarkan solusi dari sebuah elemen.
3. Menyelesaikan persamaan untuk sebuah elemen
4. Menyatukan elemen-elemen untuk menghadirkan keseluruhan masalah. Membentuk matrik kekakuan global *discretize*.
5. Terapkan kondisi batas, kondisi awal dan pembebanan.

- *Solution Phase*

Memecahkan satu set persamaan aljabar linier atau non linier secara cepat untuk mendapatkan hasil nodal seperti nilai perpindahan pada nodal-nodal yang berbeda atau nilai temperatur pada nodal-nodal yang berbeda dalam masalah perpindahan panas.

Berdasarkan pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (Mishra & Sahu, 2018) dalam jurnal Engineering dan Technology yang berjudul “*Finite Element Method of Welding Joint in Shaft and Validation Using Different Method*” mereka telah melakukan penelitian kekuatan pengelasan dengan metode elemen hingga pada poros. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode numerik juga dapat menggambarkan keadaan tegangan dan lendutan dengan presisi yang memadai. Berdasarkan percobaan didapatkan parameter distribusi tegangan nyata yang akan digunakan sebagai parameter referensi untuk penelitian lebih lanjut. Hasil numerik dapat lebih difilter dengan menggunakan fine meshing geometri cad tetapi dikenakan lebih banyak ram dan persyaratan grafis yang hanya mungkin di stasiun kerja (Mishra & Sahu, 2018).

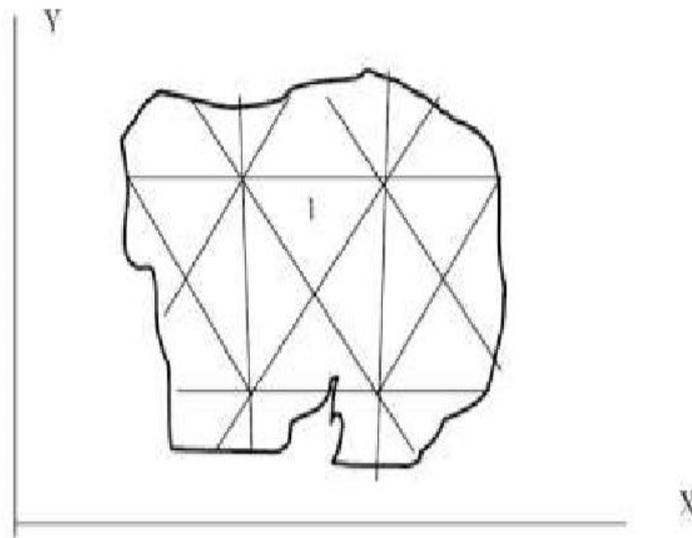
2.3.4 Elemen Dua Dimensi

Bentuk yang sering dipergunakan elemen segitiga dan elemen segiempat. Linier elemen mempunyai sisi yang lurus. Elemen dengan order lebih tinggi (quadratic, cubic) dapat sisi lurus atau lengkung. Modeling untuk domain dengan batas sisi lengkung dimungkinkan dengan penambahan node

tengah (midside node). Ketebalan elemen bisa sama (konstan) atau bisa sebagai fungsi dari koordinat.



Gambar 2.16 Type Grid dua dimensi(Mulyadi, 2011).



Gambar 2.17 Luasan elemen segitiga(Mulyadi, 2011).

Berdasarkan penelitian sebelumnya yang pernah dilakukan oleh Ellysa Kusuma Laksanawati & Alvin Adhita Gunawan (2018), dalam Jurnal Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Tangerang yang berjudul “Pengujian Kekuatan Rig Untuk Uji Tarik Baja A36 Diameter 30 Mm Bentuk Standard Dengan Analisa Software Solidwork”. Dari hasil pengujian dan analisa yang telah dilakukan dengan software solidworks, mereka mendapatkan hasil, Benda uji telah mengalami kerusakan karena yang terjadi pada daerah uji sebesar 321.695 N/mm^2 lebih besar dibandingkan dengan kekuatan yield dari bahan benda uji (250 N/mm^2), dan Rig dinyatakan kuat dimana Palang (Glagar), tiang dan baut kuat untuk melakukan pengujian dengan beban 200 kN dan untuk menopang actuator.

2.4 Software Solidworks

2.4.1 Pengertian Solidwork

Solidworks merupakan salah satu software yang digunakan untuk merancang part permesinan atau susunan part pemesinan yang berupa *assembling* dengan tampilan 3d untuk mempresentasikan part sebelum real partnya dibuat atau tampilan 2D (*drawing*) untuk gambar proses pemesinan (Laksanawati & Gunawan, 2018). Solidworks adalah apa yang kita sebut “parametrik” modelling yang solid yang diperuntukan untuk pemodelan desain 3-D. Parametrik sendiri itu berarti bahwa dimensi dapat memiliki hubungan antara satu dengan yang lainnya dan dapat diubah pada saat proses desain dan secara otomatis mengubah part solid dan dokumentasi terkait (blueprint).

SolidWorks sendiri adalah software program mekanikal 3D CAD (*computer aided design*) yang berjalan pada *Microsoft Windows*. CAD adalah suatu program komputer untuk menggambar suatu produk atau bagian dari suatu produk. Produk yang ingin digambarkan bisa diwakili oleh garis-garis maupun simbol-simbol yang memiliki makna tertentu. CAD bisa berupa gambar 2 dimensi dan gambar 3 dimensi (Umurani & Amri, 2019).

Berbagai macam tools dapat digunakan untuk mengekstrak sub-file, meskipun sub-file dalam banyak kasus menggunakan format file biner. SolidWorks adalah parasolid yang berbasis solid modelling, dan menggunakan pendekatan berbasis fitur-parametrik untuk membuat model dan assembly atau perakitan. Parameter mengacu pada pembatasan yang bernilai menentukan bentuk atau geometri dari model.

Parameter dapat berupa numerik, seperti panjang garis atau diameter lingkaran, atau geometris, seperti tangen, paralel, konsentris, horizontal atau vertikal. parameter numerik dapat dikaitkan dengan satu sama lain melalui penggunaan hubungan, yang memungkinkan mereka untuk menangkap maksud dari desain.

2.4.2 Fungsi Solidwork

Sebagai software CAD, Solidworks dipercaya sebagai perangkat lunak untuk membantu proses desain suatu benda atau bangunan dengan mudah. Di

Indonesia sendiri terdapat banyak perusahaan manufaktur yang mengimplementasikan perangkat lunak solidworks. Keunggulan solidworks dari software CAD lain adalah mampu menyediakan sketsa 2D yang dapat diupgrade menjadi bentuk 3D. Selain itu pemakaiannya pun mudah karena memang dirancang khusus untuk mendesai benda sederhana maupun yang rumit sekali pun. Inilah yang membuat solidworks menjadi populer dan menggeser ketenaran software CAD lainnya.

Solidworks dipakai banyak orang untuk membantu desain benda atau bangunan sederhana hingga yang kompleks. Solidworks banyak digunakan untuk merancang roda gigi, mesin mobil, casing ponsel dan lain-lain. Fitur yang tersedia dalam solidworks lebih *easy-to-use* dibanding dengan aplikasi CAD lainnya. Bagi mahasiswa yang sedang menempuh pendidikan di jurusan teknik sipil, teknik industri dan teknik mesin sangat disarankan untuk mempelajari solidworks. Karena solidworks sangat sesuai dengan kebutuhan mahasiswa yang mengambil tiga jurusan tersebut dan yang paling utama proses penggunaan solidworks lebih cepat dibanding vendor-vendor software CAD lain yang lebih dulu hadir. Anda juga dapat melakukan simulasi pada desain yang Anda buat dengan solidworks. Analisis kekuatan desain juga dapat dilakukan secara sederhana dengan solidworks. Dan yang paling penting, Anda dapat membuat desain animasi menggunakan fitur yang telah disediakan solidworks.

2.5 Uji Tarik Sambungan Baja Hasil Pengelasan

Uji tarik mungkin adalah cara pengujian bahan yang paling mendasar. Pengujian ini sangat sederhana, tidak mahal dan sudah mengalami standarisasi di seluruh dunia, misalnya di Amerika dengan ASTM E8 dan Jepang dengan JIS 2241. Dengan menarik suatu bahan kita akan segera mengetahui bagaimana bahan tersebut bereaksi terhadap tenaga tarikan dan mengetahui sejauh mana material itu bertambah panjang. Alat eksperimen untuk uji tarik ini harus memiliki cengkeraman (grip) yang kuat dan kekakuan yang tinggi (highly stiff). Brand terkenal untuk alat uji tarik antara lain adalah antara lain adalah Shimadzu, Instron dan Dartec (Sastranegara, 2009).



Gambar 2.18 Skema uji tarik (Sastranegara, 2009)

Untuk melaksanakan pengujian tarik dibutuhkan batang tarik. Batang tarik, dengan ukuran-ukuran yang dinormalisasikan, dibubut dari spesimen yang akan diuji. Uji tarik merupakan salah satu dari beberapa pengujian yang umum digunakan untuk mengetahui sifat mekanik dari satu material. Dalam bentuk yang sederhana, uji tarik dilakukan dengan menjepit kedua ujung spesimen uji tarik pada rangka beban uji tarik. Gaya tarik terhadap spesimen uji tarik diberikan oleh mesin uji tarik (*Universal Testing Machine*) yang menyebabkan terjadinya pemanjangan spesimen uji dan sampai terjadi patah.

2.5.1 Hukum hooke (*Hooke's Law*)

Rasio tegangan (stress) dan regangan (strain) adalah konstan. Stress adalah beban dibagi luas penampang bahan dan strain adalah pertambahan panjang dibagi panjang awal bahan. Dalam pengujian, spesimen uji dibebani dengan kenaikan beban sedikit demi sedikit hingga spesimen uji tersebut

patah, kemudian sifat-sifat tarikannya dapat dihitung dengan persamaan (Laksanawati & Gunawan, 2018):

Tegangan:

$$\sigma = \frac{F}{A_o} \text{ (kg/mm}^2\text{)} \quad (2.4)$$

Dimana:

F = beban (kgf)

A_o = luas mula dari penampang batang uji (mm²)

Regangan:

$$\varepsilon = \frac{L_i - L_o}{L_o} \quad (2.5)$$

Dimana:

L_o = panjang mula dari batang uji (mm)

L_i = panjang batang uji yang dibebani (mm)

Modulus elastis

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \text{ (Kgf/mm}^2\text{)} \quad (2.6)$$

Dimana;

σ = Tegangan

ε = Regangan

BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

3.1.1 Tempat Penelitian

Tempat pelaksanaan penelitian ini ialah di Laboratorium Mekanika Kekuatan Material (MKM) program studi teknik mesin dan di Laboratorium Komputer Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang beralamat di Jl. Kapten Muchtar Basri, Glugur Darat II, Kec Medan Timur., Kota Medan, Sumatera Utara.

3.1.2. Waktu Penelitian

Waktu pelaksanaan penelitian ini di mulai dari tanggal disahkannya pengajuan judul penelitian oleh Ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dan akan dikerjakan selama kurang lebih 6 bulan sampai di nyatakan selesai.

Tabel 3.1 Jadwal Kegiatan Penelitian

No	Uraian Kegiatan	Bulan					
		1	2	3	4	5	6
1	Pengajuan Judul	■					
2	Studi Litelatur	■	■	■	■		
3	Penulisan Bab 1 s/d Bab 3		■	■	■	■	
4	Pembuatan Desain Simulasi			■	■	■	
5	Seminar Proposal				■	■	
6	Pembuatan spesimen				■	■	
7	Pengujian spesimen					■	
8	Pengolahan data simulasi						■
9	Sidang						■

3.2 BahandanAlat Penelitian

3.2.1 Bahan Penelitian

Adapun bahan yang digunakan dalam pembuatan alat ini adalah sebagai berikut :

1. Baja karbon rendah (*Low Carbon Steel*)

Baja karbon rendah ialah baja yang kandungan karbonnya memiliki kadar karbon antara 0,1 % sampai dengan 0,3 %.



Gambar 3.1 Baja Karbon Rendah

2. Elektroda las

Elektroda las atau disebut juga dengan kawat las merupakan suatu material yang digunakan untuk melakukan pengelasan listrik yang berfungsi sebagai pembakar yang akan menimbulkan busur nyala. Elektroda yang digunakan pada penelitian ini ialah elektroda E 6013 RB-26



Gambar 3.2 Elektroda Las

3.2.2. Alat-alat Penelitian

Adapun alat-alat yang di gunakan pada saat pengambilan data adalah sebagai berikut:

1. Mesin Las listrik (*welding inverter*)

Mesin Las Listrik (*welding inverter*) dan di indonesia sering juga disebut Travo las. Mesin las Listrik merupakan mesin yang mengalirkan listrik yang bertumpuh pada busur listrik sehingga dapat menimbulkan panas yang tinggi, sehingga dapat mencairkan logam.



Gambar 3.3 Mesin Las Listrik

2. Mesin *Tensille Test*

Mesin *Tensille Test* ialah mesin uji yang menggunakan gaya tarik, mesin ini yang nantinya akan saya gunakan untuk pengujian spesimen plat baja yang sudah dilakukan pengelasan. Pada mesin *tensille test* saya menggunakan *TYPE UTM-LC05T* dengan *Capasitas : 5000 kgf*.

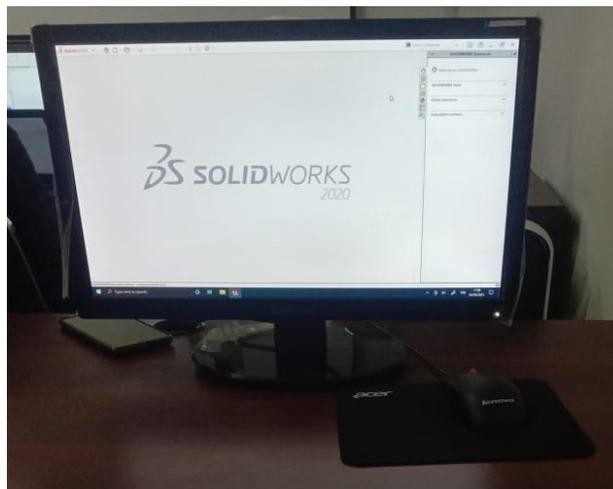


Gambar 3.4 *Universal Test Machine*

3. Personal Computer (PC)

PC sebagai alat media dalam penulisan penelitian ini. PC yang digunakan ialah

- Processor : Intel Xeon CPU E3-1246 v3 @3,50GHz.
- Ram : 8,00 GB.
- System type : 64-bit Operating System x64-based.
- Operasi System : Windows 10 Pro.



Gambar 3.5 PC (Personal Computer)

4. Jangka Sorong (*Vernier Caliper*)

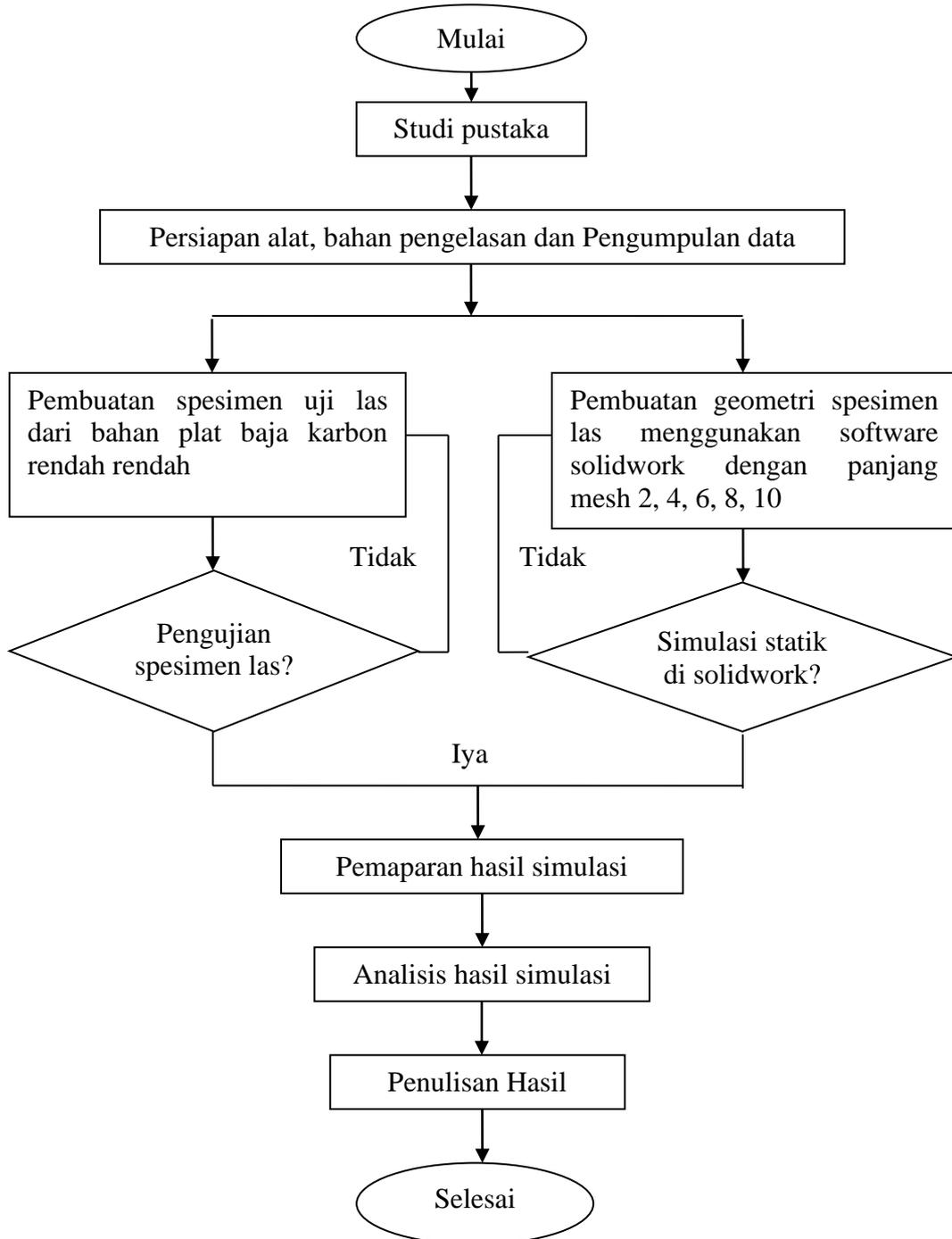
Jangka Sorong (*Vernier Caliper*) merupakan alat ukur yang ketelitiannya dapat mencapai sepeseratus milimeter. Jangka sorong digunakan sebagai alat pengukur panjang, ketebalan, diameter, dan kedalaman.



Gambar 3.6 Jangka Sorong

3.3. Bagan Alir

Berikut ini adalah tahapan-tahapan yang dilakukan ketika melakukan penelitian ini, dapat dilihat pada gambar 3.7 di bawah ini.



Gambar 3.7 Bagan Alir Penelitian

3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1. Studi Literatur, Persiapkan Alat dan Bahan

Penelitian dimulai dengan studi literatur dan mencari referensi jurnal dan buku yang berkaitan dengan penelitian. Kemudian mempersiapkan alat dan bahan pengelasan seperti mesin las dan mesin uji tensile test. Adapun bahan yang di gunakan adalah baja karbon rendah dan elektroda las.

3.4.2. Pembuatan spesimen uji las dan pengujian spesimen

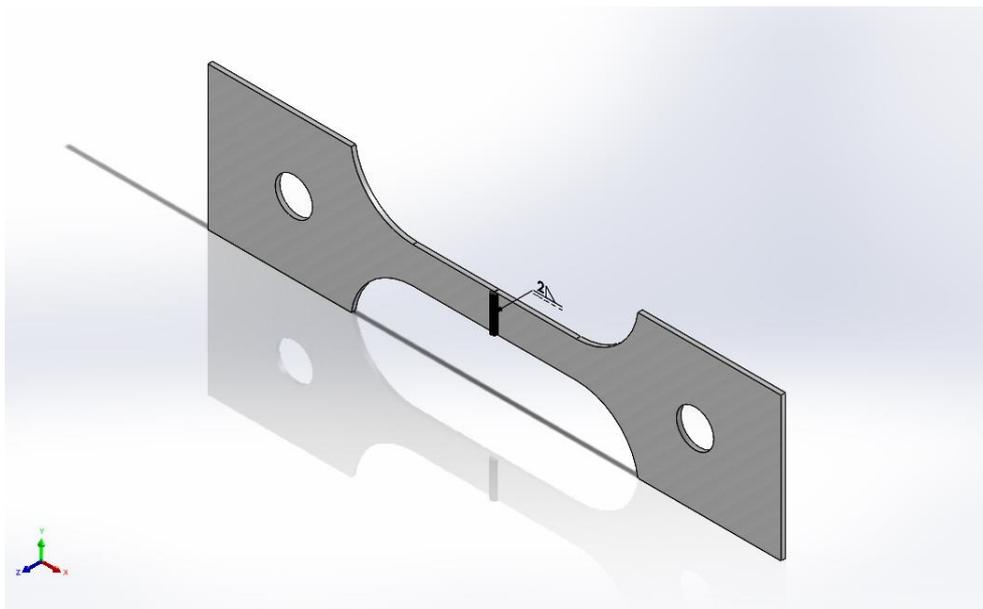
Adapun pada penelitian ini saya membuat spesimen uji dari bahan plat baja karbon rendah yang kemudian di lakukan pengelasan pada bagian yang akan di uji. Kemudian spesimen yang telah di lakukan pengelasan dilakukan pengujian dengan mesin tensile test, sampai mendapatkan hasil.

3.4.3. Model dan Geometri Spesimen Las Menggunakan Software Solidwork

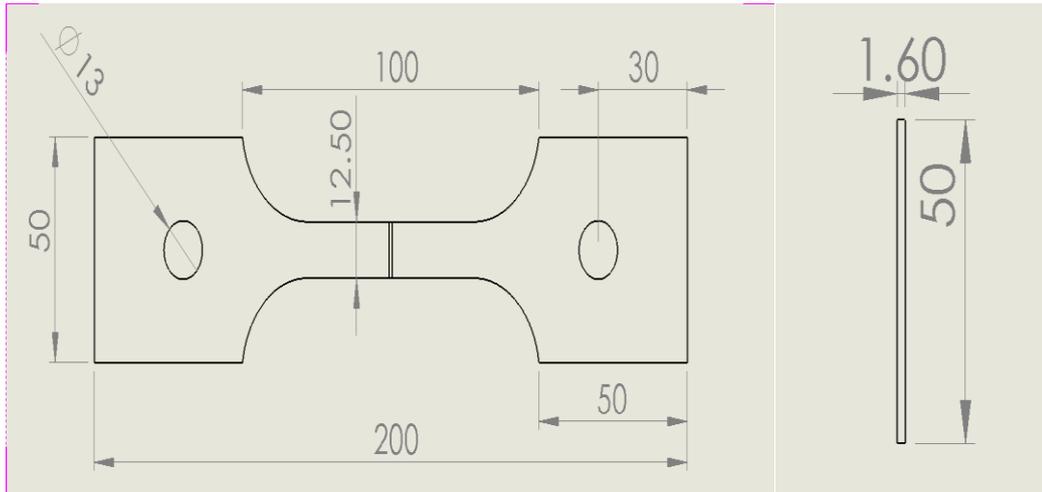
Adapun bentuk geometri dalam penelitian ini adalah plat baja karbon rendah yang akan di las untuk mengetahui kekuatan dari las tersebut. Pembuatan geometri di lakukan menggunakan software (solidwork) begitu juga dengan pengaplikasian pengujian kekuatan pengelasan tersebut.

A. Spesimen uji

Pemodelan dan geometri spesimen uji plat baja karbon rendah yang berdasarkan standart ASTM e-8 dapat dilihat pada Gambar 3.7 geometri dan pemodelan baja carbon rendah.



a. Pemodelan spesimen

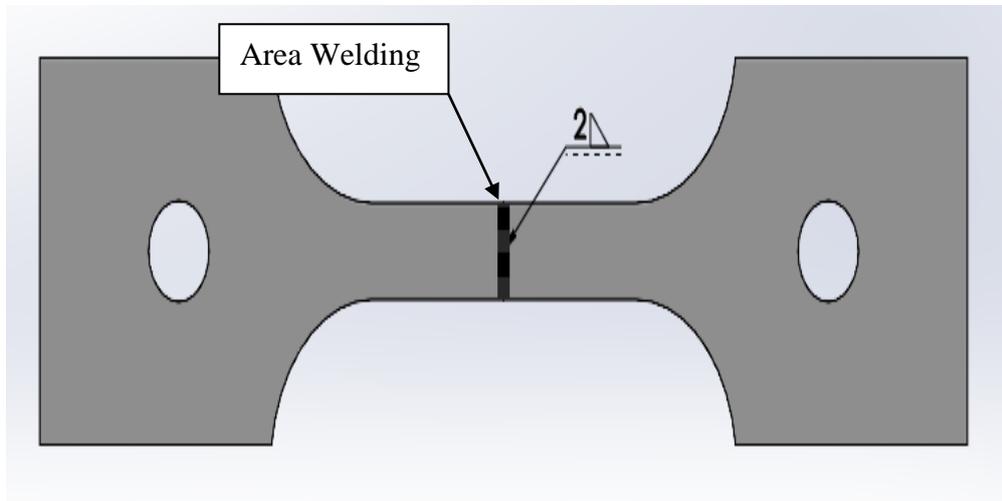


b. Geometri spesimen

Gambar 3.8(a) Pemodelan (b)Geometri spesimen

B. Area Spesimen Yang di Las

Area yang akan dilakukan proses pengelasan pada spesimen ini berada pada tengah spesimen dengan jarak pengelasan 1 mm, jenis kampuh las yang digunakan *square groove* (alur persegi), model spesimen yang akan dilas dapat dilihat pada gambar 3.8 Area Pengelasan spesimen.



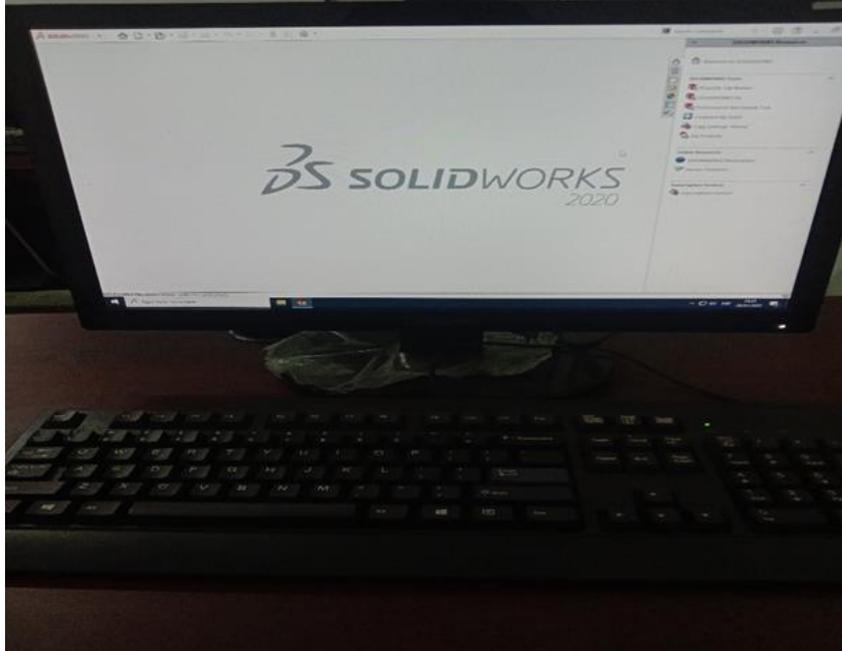
Gambar 3.9 Area pengelasan spesimen

3.4.4. Simulasi Statik Di Solidwork Dan Pemaparan Hasil Simulasi

Setelah pembuatan geometri selesai spesimen langsung disimulasikan menggunakan solidwork untuk mendapatkan hasil kekuatan las pada plat baja karbon rendah.

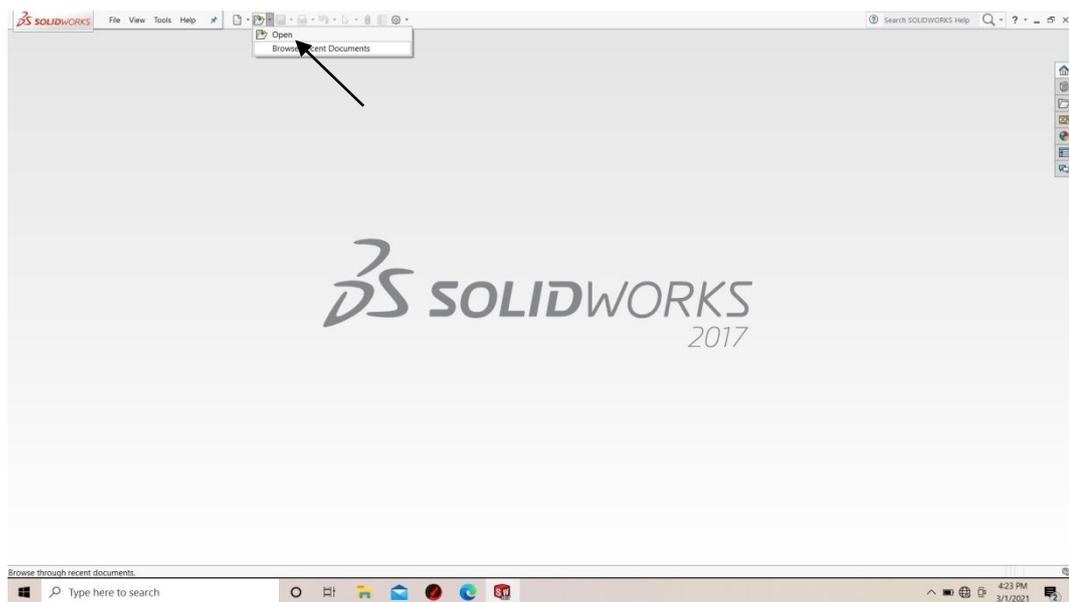
Berikut langkah-langkah simulasi ujt tarik:

- Menyalakan komputer dan memilih software *solidworks*. *solidworks* yang digunakan adalah *solidwork 2020*.



Gambar 3.10. Tampilan laptop

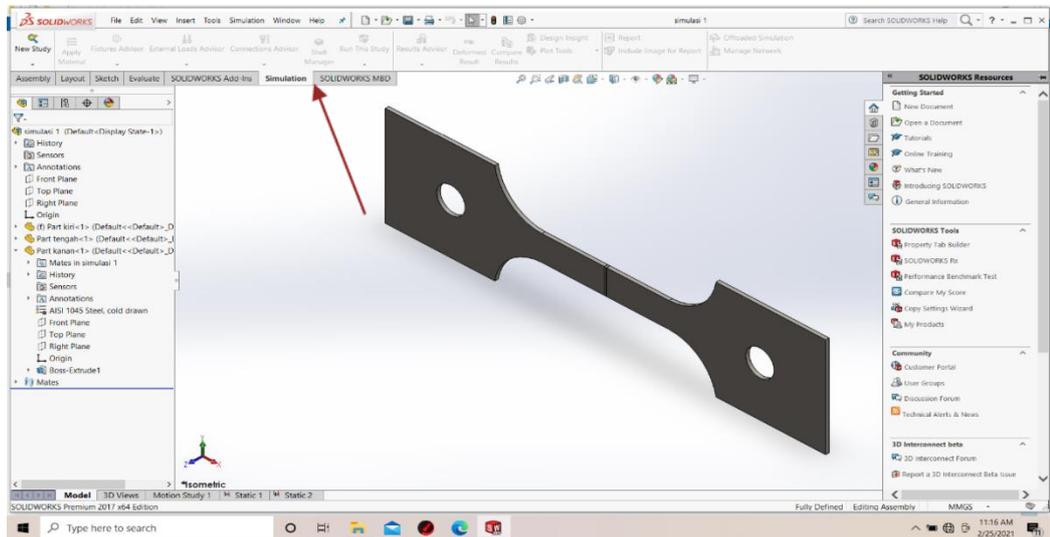
- Masukan part geometri uji Tarik yang sudah kita buat sebelumnya dengan klik open seperti pada gambar berikut ini.



Gambar 3.11. Masukan part geometri uji Tarik yang ingin di simulasi

-Memilih simulasi

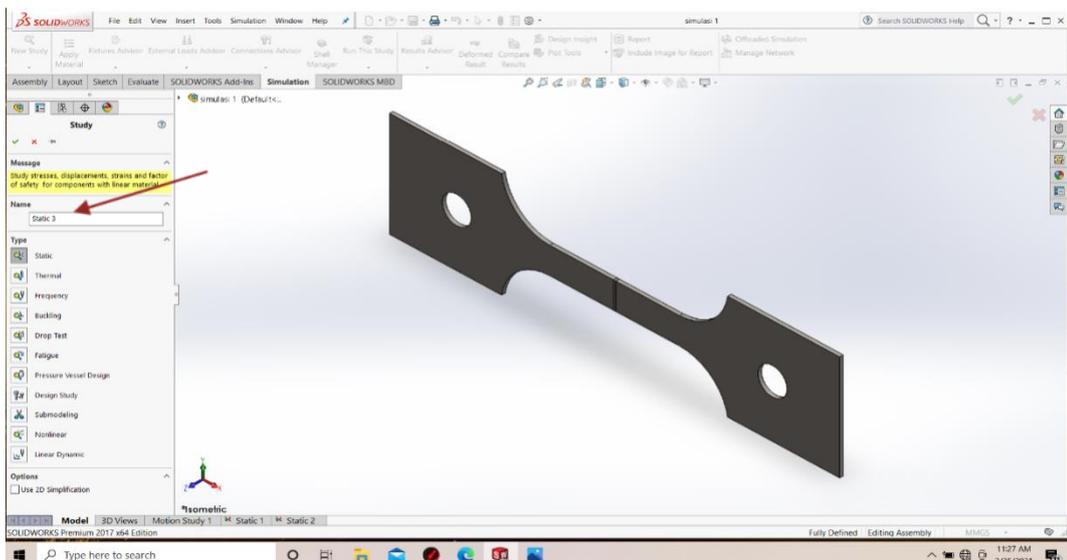
Bahwasimulasi yang di gunakandalamanalisaadalah Tarik/Force, makalangkahselanjutnyaadalahklik *simulation*sepertigambar 3.12 berikut ini.



Gambar 3.12.Klik *Simulation*

- Memilih simulasi *static*

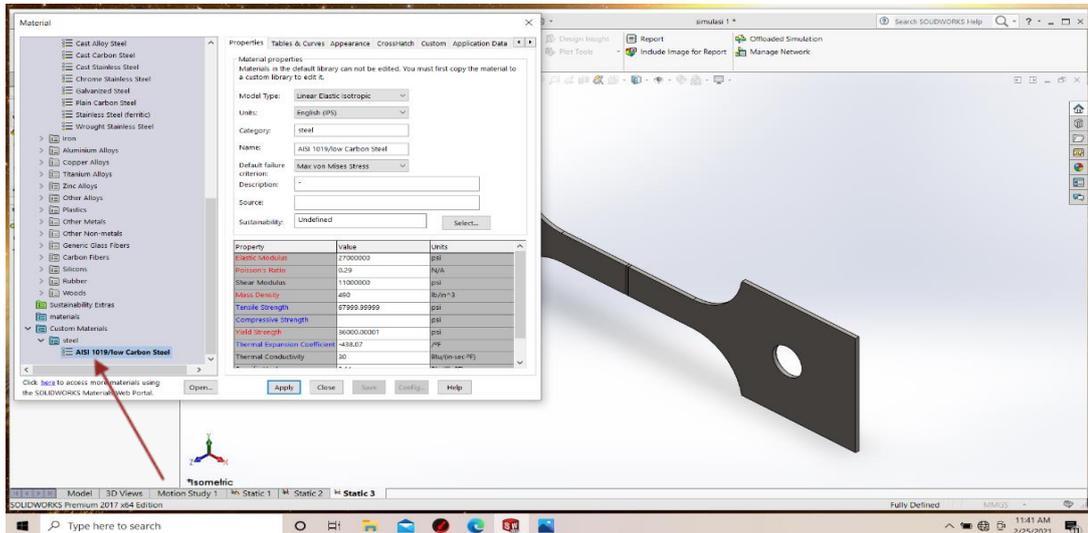
Simulasi yang di gunakandalamsimulasi Tarik iniadalahdenganmenggunakan*static*, sepertigambar di bawahini.



Gambar 3.13. Pilih simulasi *static*

- Masukkan material

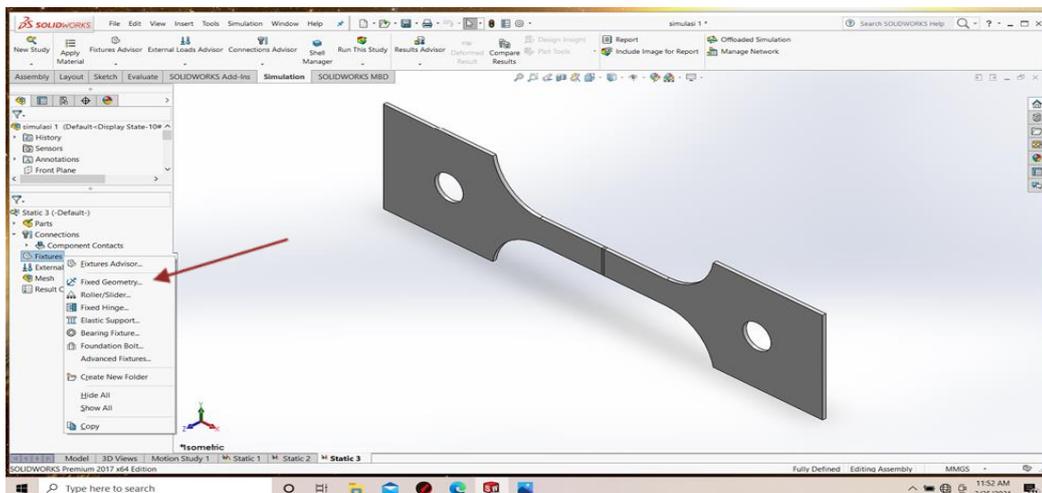
Fitur material adalah fasilitas yang adapada *software solidworks*, bertujuan untuk menentukan sebuah material yang akan di gunakan dalam pengujian tersebut, langkahnya adalah klikkanan pada *apply* material maka akan terlihat seperti gambar di bawah ini .



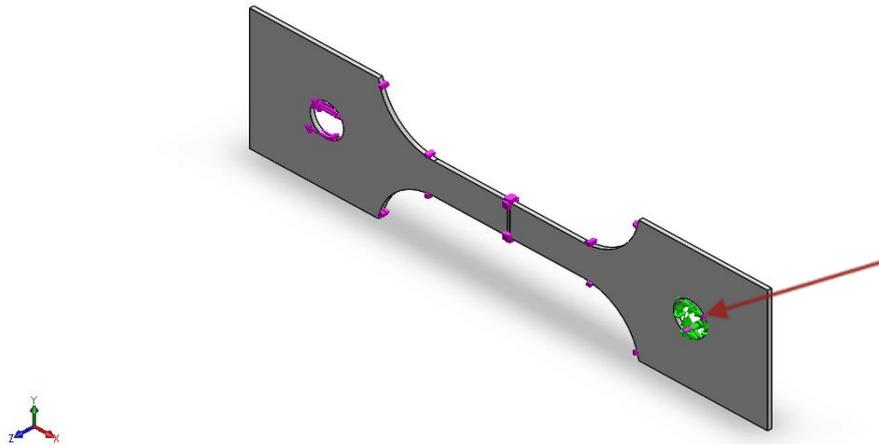
Gambar 3.14. Pilih material

- *Fixture geometri uji Tarik*

Fixtures advisor adalah fasilitas yang adapada *software solidworks*, langkahnya adalah klikkanan pada *Fixtures advisor* lalu pilih fixed geometry kemudian klik mana yang ingin di tahan maka akan terlihat seperti gambar di bawah ini.



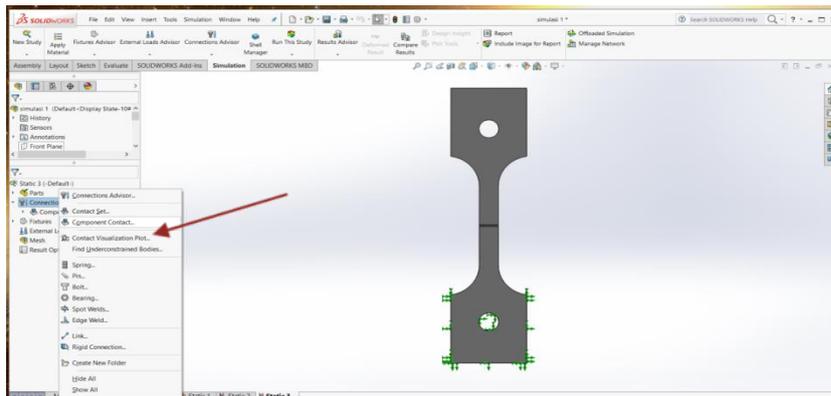
Gambar 3.15. *fixture advisor*



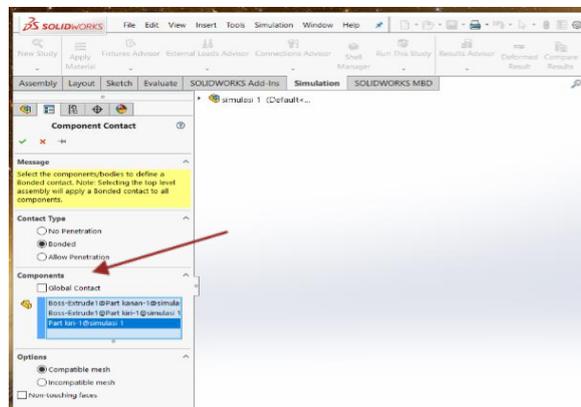
Gambar 3.16. bagian yang difixture

-Connections advisor

Connections advisor adalah fasilitas yang ada di software solidwork ini, langkahnya klik kirik kemudian pilih *Component contact* kemudian klik *bonded* seperti gambar di bawah ini.



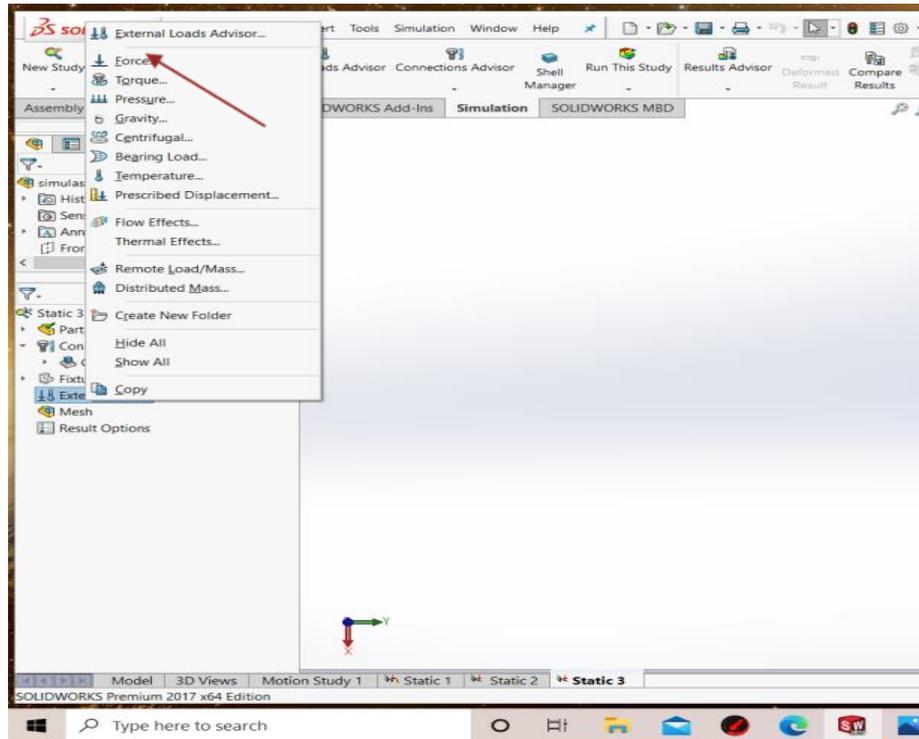
Gambar 3.17. componen contact



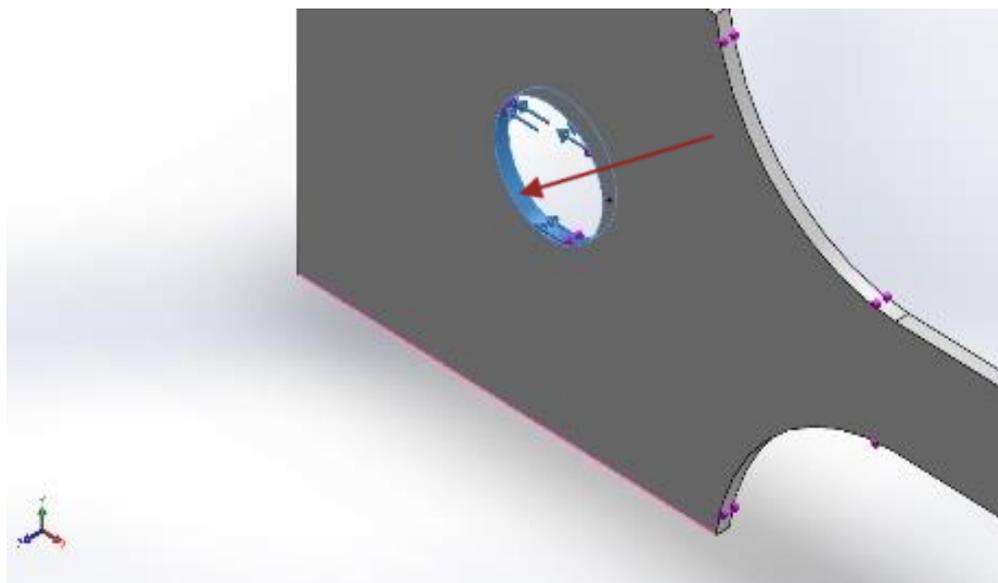
Gambar 3.18. Klik bonded

- Memberi *Force* pada geometri uji Tarik

External loads advisor adalah fasilitas yang ada pada *software solidworks*, langkahnya adalah klik *External loads advisor* lalu pilih *force* kemudian klik mana yang ingin di tarik maka akan terlihat seperti gambar di bawah ini.



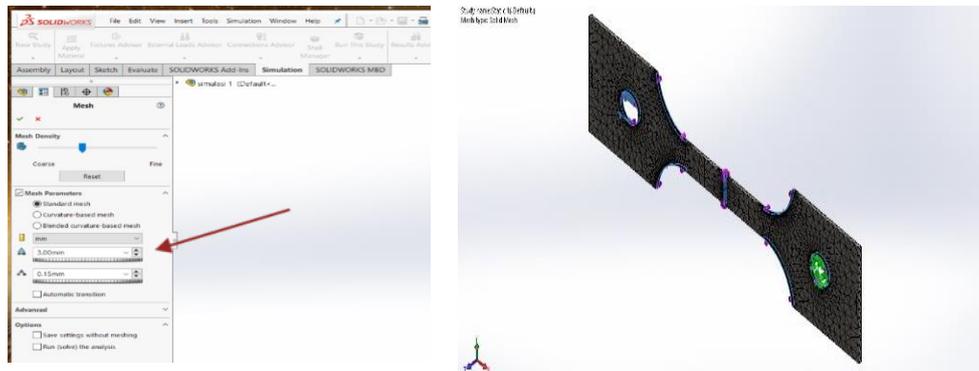
Gambar 3.19. *force*



Gambar 3.20 Permukaan yang di berikan *force*

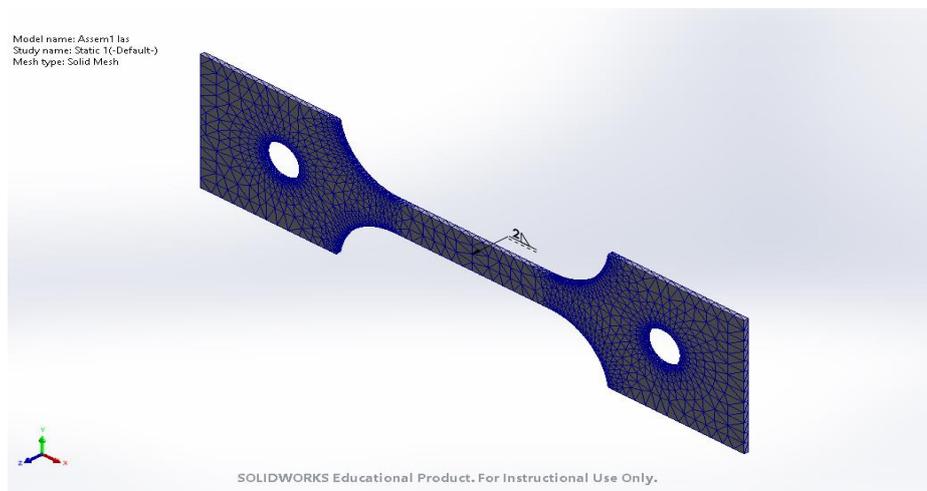
- Penentuan Mesh geometri uji Tarik

Mesh adalah fasilitas yang ada di *software solidwork* ini, langkahnya klik *Mesh* kemudian pilih *Mesh Control* pilih sisi yang ingin di beri mesh khusus, kemudian klik *Mesh* kemudian memvariasikan mesh yang sudah di tentukan seperti gambar di bawah ini.



Gambar 3.21. Pilih total note yang digunakan

Pada saat simulasi dilakukan 8 variasi dengan total elemen mesh yang berbeda.



Gambar 3.22 Gambar parameter mesh 2 dengan mesh control fine

- Setelah memberikan mesh pada pada speimen uji tarik selanjutnya klik run study yang berada pada bagian *toolbar*, maka simulasi akan berjalan.

3.4.5. Analisis Hasil Simulasi Dan Penulisan Hasil

Pada tahap ini hasil dari simulasi statik di solidwork akan di analisis untuk mengetahui seberapa besar kekuatan dari pengelasan pada baja karbon rendah. Selanjutnya hasil analisa akan langsung di tuliskan pada tugas akhir.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengujian Spesimen Las

4.1.1 Hasil eksperimen

Hasil pengujian spesimen pada baja karbon rendah yang telah dilakukan uji komposisi yang dilakukan di Laboratorium/*Workshop* Teknik Mesin Universitas Negeri Medan (UNIMED), dapat dilihat pada lampiran. Spesimen dibentuk sesuai dengan standart ASTM E-8. Selanjutnya dilakukan pengujian dengan uji tarik (*tensile testing*), kemudian dilakukan simulasi dengan menggunakan software solidwork. Adapun hasil pengujian yang dilakukan pada uji tarik ini dapat dilihat pada gambar berikut ini.

a. Spesimen sebelum dilakukan pengujian



Gambar 4.1 spesimen sebelum dilakukan pengujian uji tarik

Pada gambar 4.1 menunjukkan foto spesimen baja karbon rendah yang telah memiliki ukuran sesuai dengan ASTM e-8 dan telah dilakukan penyambungan dengan cara pengelasan.

b. Spesimen setelah dilakukan pengujian

Gambar dibawah ini menunjukkan hasil dari pengujian tarik.



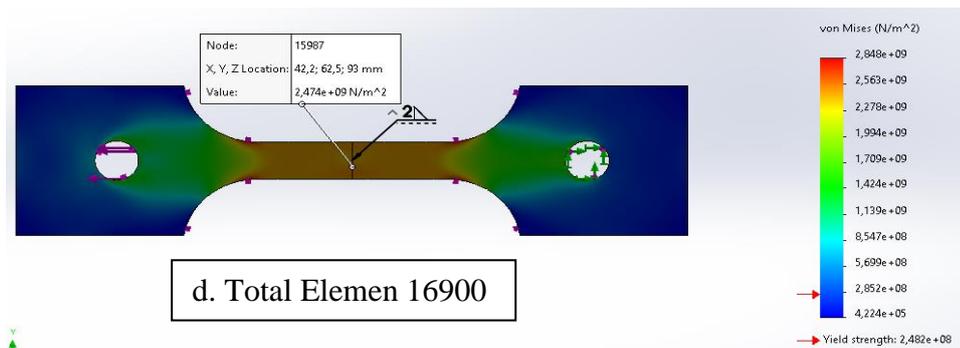
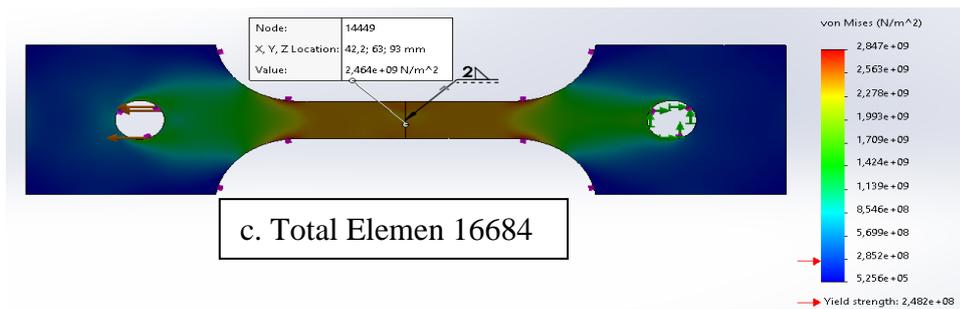
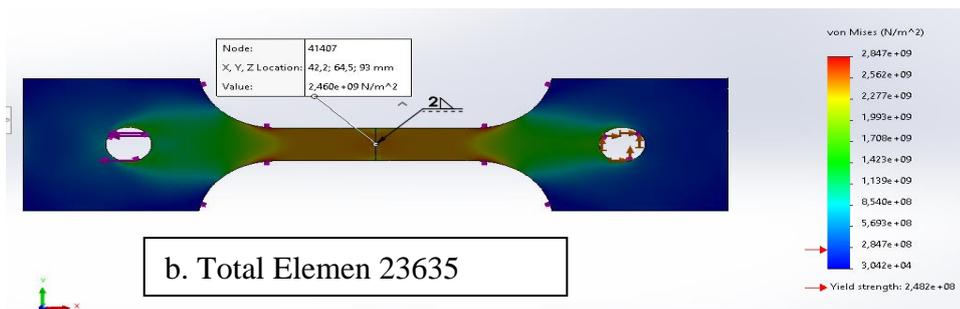
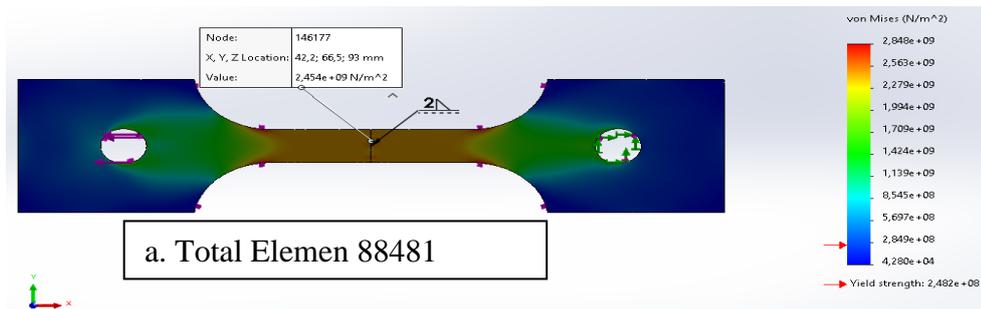
Gambar 4.2 spesimen hasil pengujian uji tarik

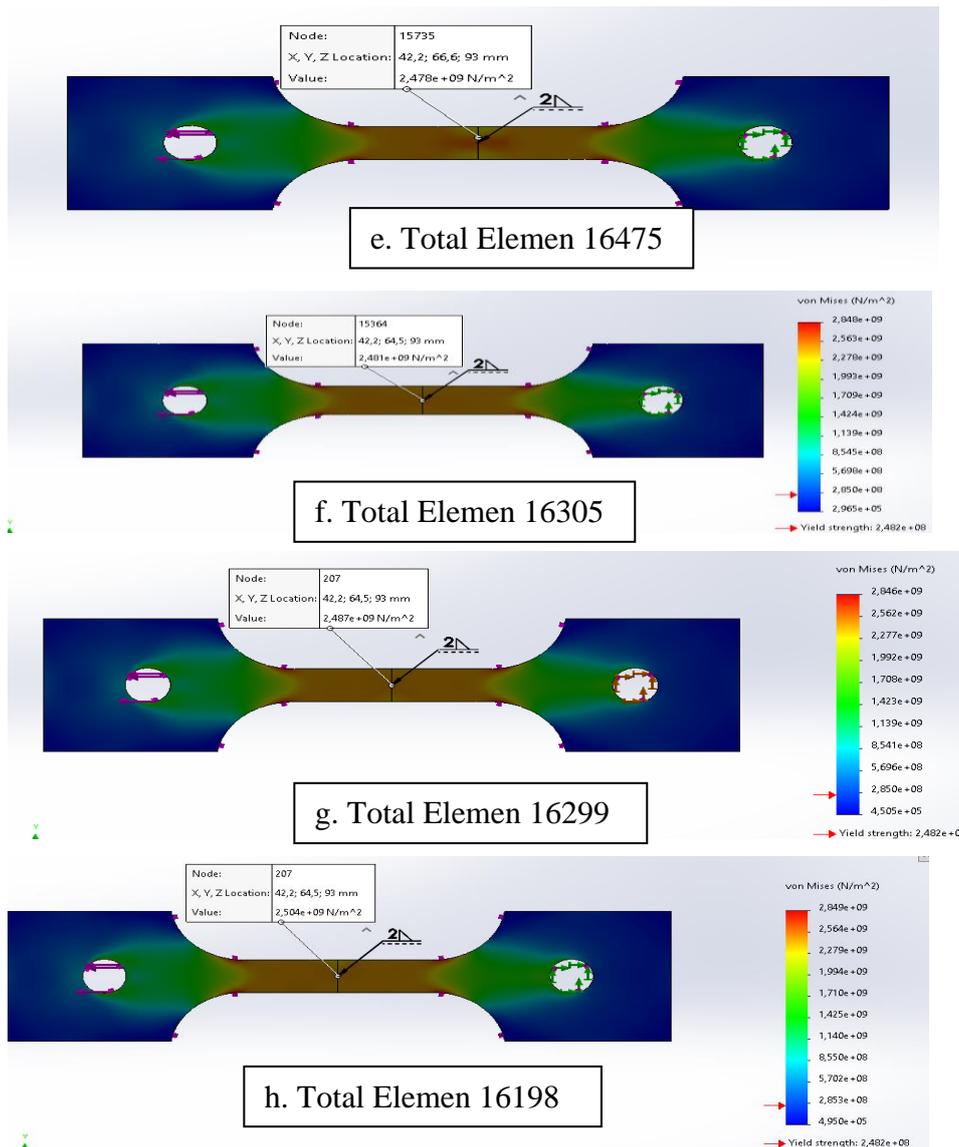
Gambar 4.2 di atas adalah hasil akhir spesimen yang telah dilakukan pengujian dengan pengujian uji tarik yang telah dilakukan pada spesimen baja karbon rendah.

4.1.2 Hasil Simulasi

Simulasi yang dilakukan pada software solidwork menggunakan jenis material *custom* yang berisikan data properti dari baja karbon rendah. Spesimen yang digunakan memiliki sambungan las pada bagian tengah dan simulasi dilakukan dengan menggunakan total elemen yang berbeda-beda.

Berdasarkan hasil simulasi yang dilakukan di software solidwork dengan spesimen baja karbon rendah yang berstandart ASTM e-8, berikut dibawah ini adalah hasil simulasi pada software solidwork.





Gambar 4.3 Hasil simulasi uji tarik dengan total elemen; a). Total Elemen 88481, b). Total Elemen 23635, c). Total Elemen 16684, d). Total Elemen 16900, e) Total Elemen 16475, f). Total Elemen 16198, g). Total Elemen 16299, h). Total Elemen 16198

Berdasarkan dari hasil simulasi pada gambar 4.3 maka hasil tengangan untuk total elemen 88481 memiliki nilai 2,454E+09 N/m², total elemen 23635 memiliki nilai 2,460E+09 N/m², total elemen 16684 memiliki nilai 2,464E+09 N/m², total elemen 16900 memiliki nilai 2,474E+09 N/m², total elemen 16475 memiliki nilai 2,478E+09 N/m², total elemen 16305 memiliki nilai 2,481E+09 N/m², total elemen 16299 memiliki nilai 2,487E+09 N/m² dan total elemen 16198 memiliki nilai 2,504E+09 N/m².

4.2 Pembahasan

4.2.1 Validasi

$$\text{Dik : } L_0 = 200 \text{ mm}$$

$$L_i = 211,394 \text{ mm}$$

$$F = 5000 \text{ kgf} = 49033,25 \text{ N}$$

$$A = P \cdot L = 12,5 \times 1,6 = 20 \text{ mm}^2 = 0,00002 \text{ m}^2$$

$$\text{Regangan: } \varepsilon = \frac{211,394 - 200}{200} = 0,509$$

$$\text{Tegangan } \sigma = \frac{211,394 - 200}{211,394 - 200} = 2,451 \times 10^9 \text{ N/m}^2$$

$$\text{Modulus elastis } E = \frac{2,451 \times 10^9}{0,5097} = 4,808 \times 10^9 \text{ N/m}^2$$

4.2.2 Depresiasi Perhitungan :

$$\text{Hasil eksperimen } \sigma = 2,451 \times 10^9 \text{ N/m}^2$$

$$\text{Hasil simulasi } \sigma = 2,549E+09 \text{ N/m}^2 = 2,549 \times 10^9 \text{ N/m}^2$$

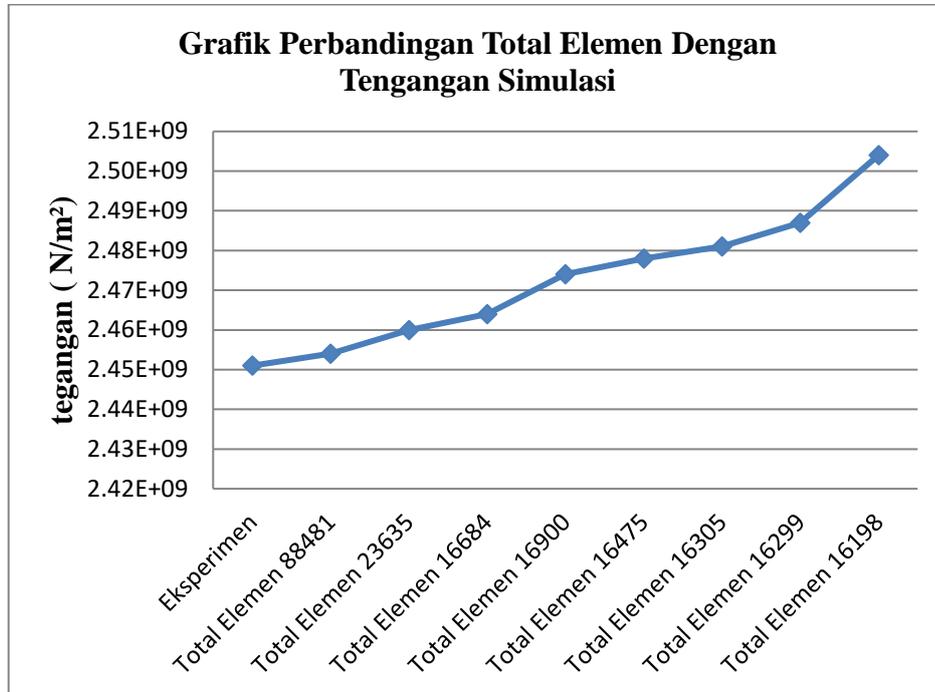
$$\text{Maka perbandingan : } = \frac{2,454 - 2,451}{2,541} \times 100\% = 0,118\%$$

Berdasarkan hasil perhitungan eksperimen dan simulasi dapat di tuliskan pada tabel 4.1 berikut ini.

Tabel 4.1 perbandingan hasil simulasi dan eksperimen

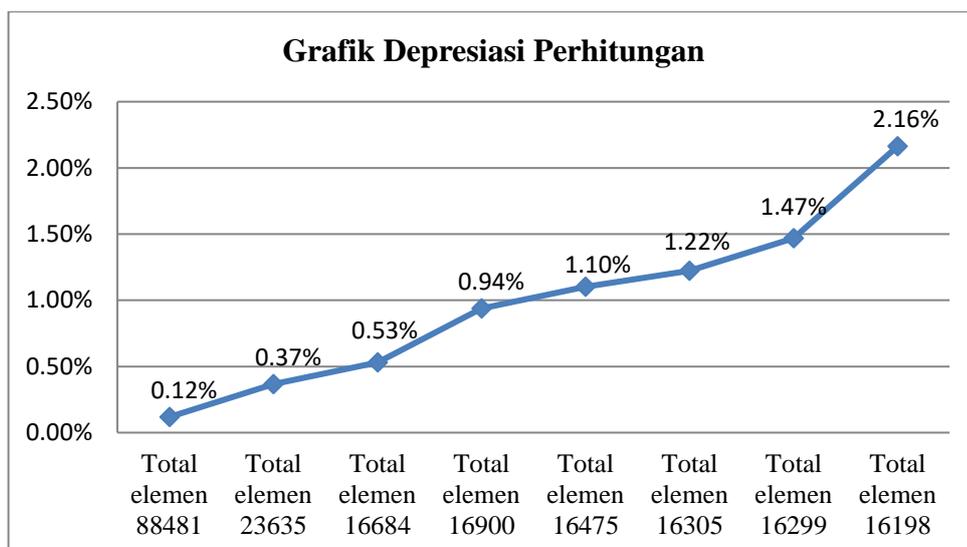
No	Total Note	Total Elemen	Hasil Tegangan		Depresiasi perhitungan
			Simulasi	Ekperimen	
1	149479	88481	2,454E+09	2,451x10 ⁹	0,118%
2	43973	23635	2,460E+09		0,367%
3	31163	16684	2,464E+09		0,53%
4	31319	16900	2,474E+09		0,938%
5	30579	16475	2,478E+09		1,101%
6	30269	16305	2,481E+09		1,223%
7	30218	16299	2,487E+09		1,468%
8	30083	16198	2,504E+09		2,162%

Berdasarkan hasil simulasi yang dilakukan dan eksperimen maka mendapatkan sebuah perbandingan antara total elemen dengan tegangan simulasi dan juga tegangan eksperimen.



Gambar grafik 4.4 grafik perbandingan total elemen dengan tenggangsimulasi.

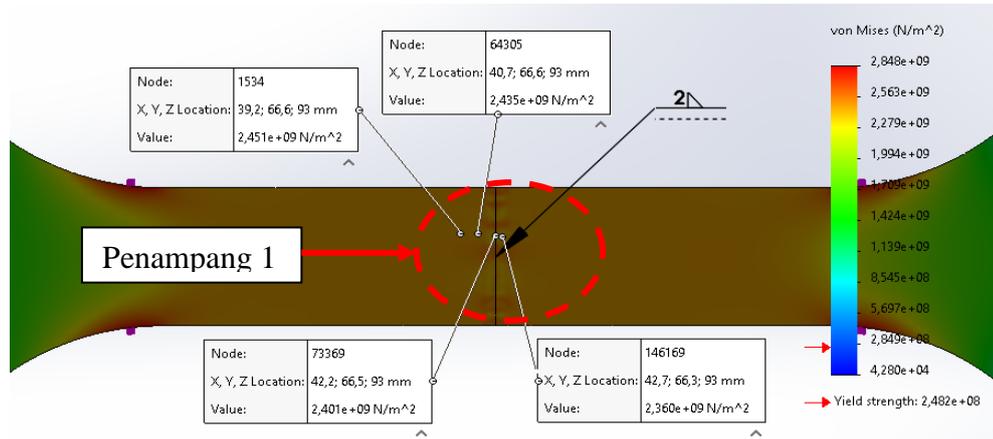
Bedasarkan hasil eksperimen dan simulasi maka di dapat depresiasi perhitunga yang di buat dalam bentuk grafik agar lebih mudah untuk melihat depresiasi perhitungan.



Gambar grafik 4.5 grafik depresiasi perhitungan.

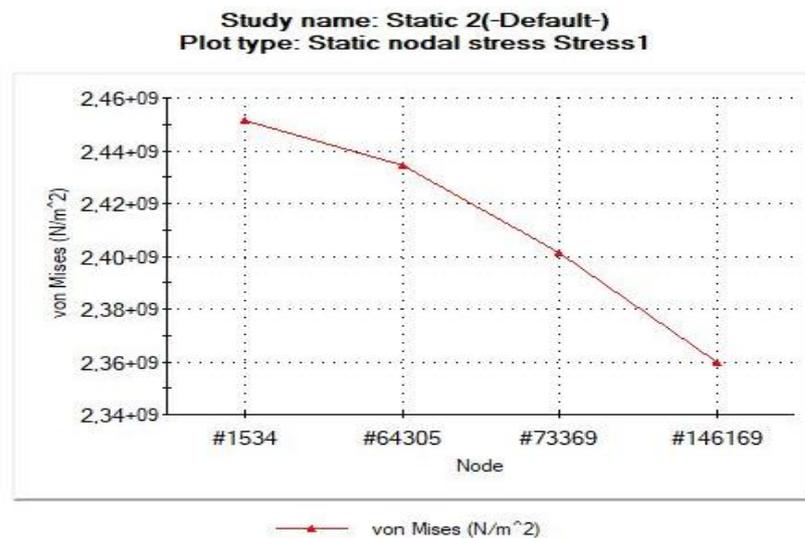
4.2.3 Konsentrasi Tegangan

Berdasarkan hasil simulasi pada daerah yang dilakukan pengelasan di berikan konsentrasi tegangan untuk mengetahui besar tegangan yang berada pada bagian yang dilakukan pengelasan. Pada gambar 4.6 diambil 4 titik yang berada pada daerah pengelasan.



Gambar 4.6 Distribusi tegangan pada penampang 1

Setiap titik yang diambil mendapat hasil tegangan dan di tuliskan pada (grafik 4.7) untuk lebih memudahkan mengetahui tegangan yang terjadi.



Gambar 4.7 Grafik distribusi tegangan pada penampang 1

Berdasarkan grafik distribusi diatas dapat diketahui bawah daerah pengelasan tegangannya lebih rendah di bandingkan dengan spesimen yang tidak berada di daerah peng

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Penelitian ini telah berhasil membuat dan merancang spesimen uji tarik dengan jenis baja karbon rendah dan berstandarkan ASTM E-8. Spesimen yang di teliti memiliki sambungan las pada bagian tengah spesimen. Pengujian tarik peneliitian ini dilakukan dengan menggunakan mesin *tensille test* dan dilakukan dengan simulasi pada software solidwork.

Berdasarkan hasil eksperimen yang telah dilakukan pengujian dengan menggunakan mesin *tensille test* dengan spesimen baja karbon rendah memiliki hasil eksperimen dengan tegangan $2,451E+09$ N/m² dan hasil simulasi untuk total elemen 88481 memiliki nilai $2,454E+09$ N/m², total elemen 23635 memiliki nilai $2,460E+09$ N/m², total elemen 16684 memiliki nilai $2,464E+09$ N/m², total elemen 16900 memiliki nilai $2,474E+09$ N/m², total elemen 16475 memiliki nilai $2,478E+09$ N/m², total elemen 16305 memiliki nilai $2,481E+09$ N/m², total elemen 16299 memiliki nilai $2,487E+09$ N/m² dan total elemen 16198 memiliki nilai $2,504E+09$ N/m². Setelah diamati maka nilai rata-rata depresiasi perhitungan ialah 1,113%

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat dikemukakan penulis adalah :

1. Pengembangan riset atau penelitian ini agar bisa dikembangkan lagi oleh penelitian-penelitian selanjutnya dengan jenis baja yg berbedah atau pun ASTM yang berbeda.
2. Penelitian ini bisa juga di jadikan sebagai referensi oleh penelitian-penelitian lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, M. Z., Adji, S. ., & Irfan Syarief Arief. (2012). Analisa performance propeller b-series dengan pendekatan structure dan unstructure meshing. *Jurnal Teknik ITS*, 1(1), 2301–9271.
- Afit Reni Prastiwi, M. A. I. (2019). Analisa pengaruh variasi ketebalan plat terhadap kekuatan tarik pada sambungan las butt joint mild steel ss 400. *Jptm*, 08(03), 37–44.
- Akbar, T., & Santosa, B. (2012). Analisa pengaruh dari welding sequence terhadap tegangan sisa dan deformasi pada circular patch weld double bevel butt-joint plat ASTM A36 menggunakan metode element hingga. *Jurnal Teknik ITS*, 1(1).
- Akin, J. E. (2009). Finite element analysis concepts via solidworks. In *World Scientific*. <https://doi.org/10.1142/7785>
- Anggraini, R. (2016). *Analisis frekuensi optimum pengujian horizontal fatigue pada berbagai rangka sepeda tipe trekking dengan metode elemen hingga*. Institute of Technology.
- Caniago, Z., & Bengkului, U. (2015). Metoda volume hingga dengan jala tak-terstruktur untuk mensimulasikan snf2015-vi-11 snf2015-vi-12. *Prosiding Seminar Nasional Fisika, IV*, 11–16.
- Hery, S. (2008). *Teknik pengelasan kapal* (1st ed.). Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah, Departemen Pendidikan Nasional.
- Hutton, & V, D. (2004). *Fundamentals of finite element analysis*. Elizabeth A.jones.
- Laksanawati, E. K., & Gunawan, A. A. (2018). Pengujian kekuatan rig untuk uji tarik baja a36 diameter 30 mm bentuk standard dengan analisa software solidwork. *Jurnal Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Tangerang*, 2(1), 30–37.
- Mishra, A., & Sahu, P. (2018). Finite element method of welding joint in shaft and validation using different method. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, 191–195.
- Mulyadi, S. (2011). Analisa tegangan-regangan produk tongkat lansia dengan menggunakan metode elemen hingga. *Jurnal ROTOR*, 4, 1.
- Rachwawati, V. (2015). *Simulasi perpindahan panas pada lapisan tengah pelat menggunakan metode elemen hingga*. 4(2), 94.

- Sam, A., & Nugraha, C. (2015). Kekuatan tarik dan bending sambungan las pada material baja SM 490 dengan metode pengelasan SMAW dan SAW. *Jurnal Mekanikal*, 6(2015), 550–555.
- Sasmito, A. (2018). Disain kekuatan sambungan hoop pillar dan floor bearer pada struktur rangka bus menggunakan solidworks. *Simetris: Jurnal Teknik Mesin, Elektro Dan Ilmu Komputer*, 9(1), 657–670.
- Sastranegara, A. (2009). Mengenal uji tarik & sifat-sifat mekanik logam. In *Uji Tarik Dan Sifat Mekanik* (Vol. 1).
- Sugestian, M. R. (2019). Analisis kekuatan sambungan las smaw vertical horizontal down hand pada plate baja jis 3131sphc dan stainless steel 201 dengan aplikasi piles transfer di mesin Thermoforming (Stacking Unit). *Jurnal Skripsi*.
- Umurani, K., & Amri, T. (2019). Desain an simulasi suspensi sepeda motor dengan solidwork 2012. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur Dan Energi*, 2(2), 131–139.
- Widyanuklida, & Sutrasno, S. (2004). Aplikasi metode elemen hingga pada masalah gelombang elektromagnet. *Jurnal.Batan.Go.Id*, 5(2), 34–38.

LAMPIRAN

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS NEGERI MEDAN
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN
LABORATORIUM PENGUJIAN MATERIAL



Jl. Willem Iskandar Pasar V Medan Estate 20221
Telp. (061) 6625971/ 081370000227

SURAT KETERANGAN

No. 012/UN.33.8/LL/2020

Tentang Pengujian Material

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Ir. Batumahadi Siregar, S.T.,M.T.,IPM
Jabatan : Kepala Laboratorium Pengujian Material
Teknik Mesin Unimed

Menyatakan bahwa :

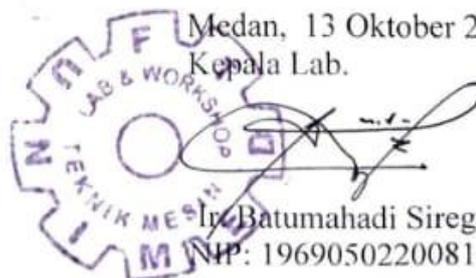
Nama : M. Ikhsan Himawan
NPM : 1607230074
Isntitusi : Fakultas Teknik Mesin UMSU

Adalah benar nama tersebut diatas telah melakukan pengujian bahan Metode Uji Komposisi (*Spectrometer*) di Laboratorium Pengujian Material Teknik Mesin UNIMED dalam pelaksanaan penelitian TUGAS AKHIR yang berjudul tentang **“Analisa Kekuatan Tarik Baja Dengan Metode Elemen Hingga Menggunakan Softwer Solidwork”** di bawah bimbingan dengan dosen pembimbing, **Affandi S.T.,M.T**, dengan hasil telampir.

Demikian surat keterangan ini dibuat, agar dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Medan, 13 Oktober 2020

Kepala Lab.



Ir. Batumahadi Siregar, S.T.,M.T.,IPM

NIP: 196905022008121001

LABORATORIUM/WORKSHOP TEKNIK MESIN
 UNIVERSITAS NEGERI MEDAN
 Jl. Willem Iskandar Psr. V Medan Estate 20221
 Medan - Sumatera Utara
 Telp. (061) 6625971/085206008181

WORDLWIDE ANALYTICAL SYSTEMS AG
 WAS Sampel Testing of Different Qualities



The Business of Science

Chemical Result

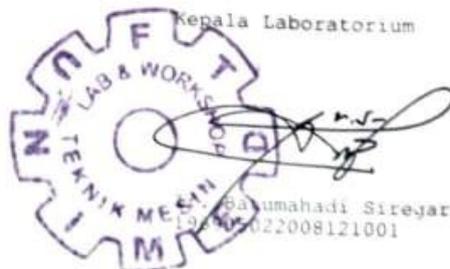
Sample ID	173	Material	Besi Plat ST37
Customer	Andre Irfandi	Dimension	62 mm x 254 mm x 6 mm
Institution	FT Mesin UMSU	Filler Metal	-
Lab No	-	Heat Treatment	-
PTQ No	0	Heat No	-

	Fe	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo
1	96.1	0.190	0.0452	1.24	0.0133	0.0120	0.0459	0.0474
2	96.2	0.199	0.0425	1.16	0.0140	0.0154	0.0461	0.0641
3	97.1	0.178	0.0506	1.14	0.0292	0.0125	0.0426	0.0428
Ave	96.5	0.189	0.0461	1.18	0.0188	0.0133	0.0449	0.0514

	Ni	Al	Co	Cu	Nb	Ti	V	W
1	1.98	0.0508	< 0.0010	0.0272	0.0447	0.0067	0.0158	0.0489
2	1.98	0.0462	< 0.0010	0.0276	0.0432	0.0060	0.0096	0.0455
3	1.15	0.0453	< 0.0010	0.0269	0.0429	0.0062	0.0117	0.0517
Ave	1.70	0.0474	< 0.0010	0.0272	0.0436	0.0063	0.0124	0.0487

	Pb
1	0.0208
2	0.0200
3	0.0273
Ave	0.0227

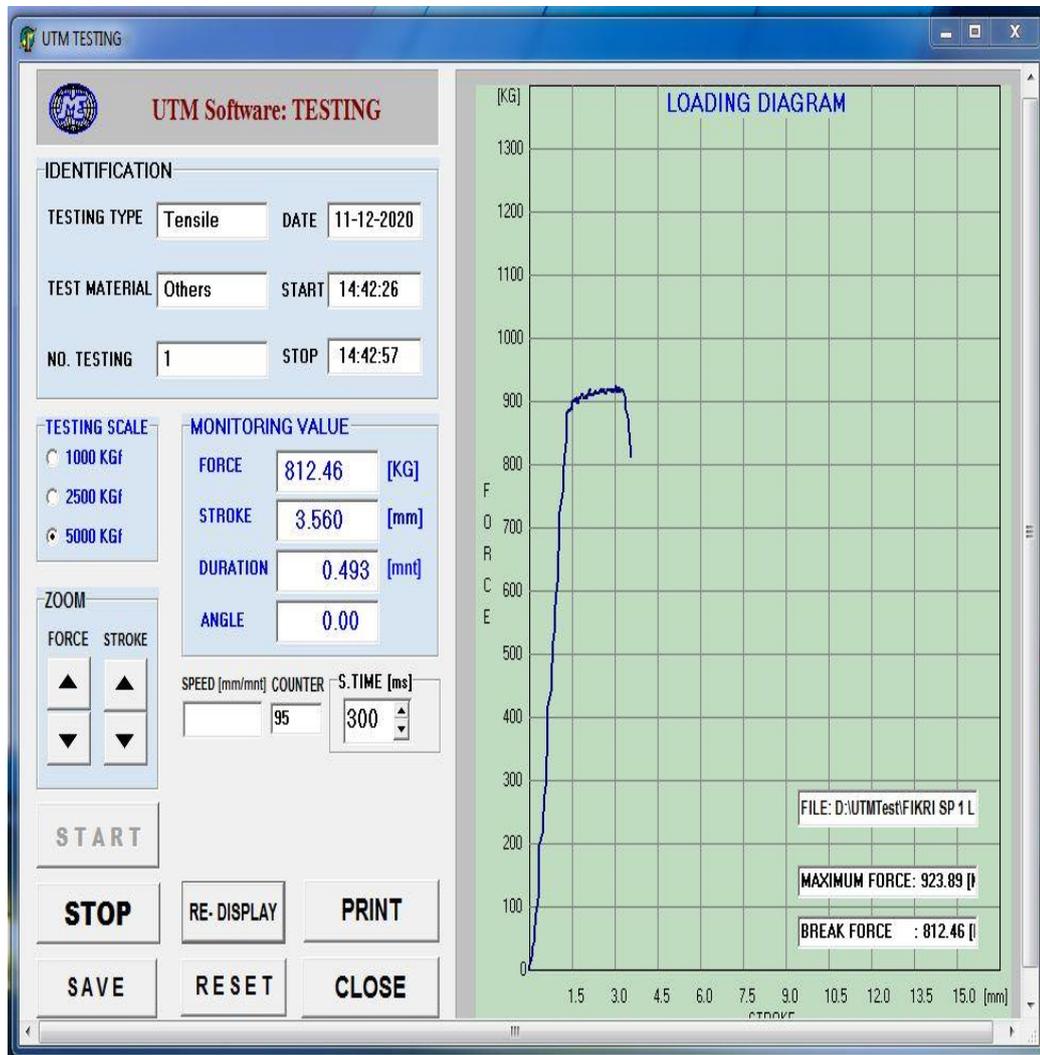
Date 13/10/2020
 Tester
 Enginner Mhd. Agus Salim, S.T.
 University State University of Medan
 Foundry Master Grade 1.0421 St52.0S



Kepala Laboratorium

Sumahadi Sirejar, MT
 085206008181

Pengujian Eksperimen 1



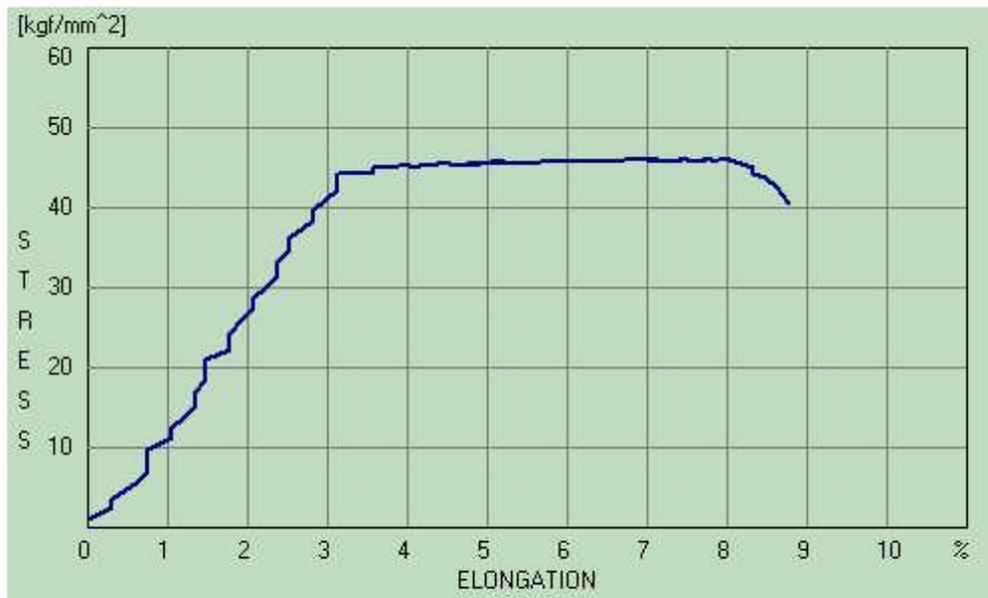


UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

Kampus: Jl. Kapten Mochtar Basri, BA. No. 3, Email: proditmesin_fatek@umsu.ac.id

TEST REPORT

Test No. :	1	Max. Force :	918.59 (kgf)
Test Type :	Tensile	Break Force :	812.46 (kgf)
Date Test :	11-12-2020 ; 14:42:26	Yield Strength :	0.25 (kgf/mm ²)
Specimens :	Others	Tensile Strength :	45.93 (kgf/mm ²)
Area :	20.00 (mm ²)	Elongation :	8.77 (%)



Kaprodi Teknik Mesin

Kalab. Pengujian Material

NAMA FILE : D:\UTMTest\FIKRI SP 1 LAS.PRN
 NO. dan JENIS UJI : 1, SHEARING
 TANGGAL dan WAKTU : 11-12-2020 14:42:26
 MATERIAL : Others
 PANJANG [mm] : 57
 LEBAR [mm] : 12.5
 TEBAL [mm] : 1.6

HASIL PERHITUNGAN DATA SEBELUM DI UPDATE

DATA PENGUJIAN			HASIL PERHITUNGAN
NO.	FORCE[kGf]	STROKE[mm]	STRESS[kGf/mm ²]
1	0.00	0.000	0.0
2	7.21	0.000	0.4
3	19.15	0.059	1.0
4	36.39	0.118	1.8
5	48.33	0.177	2.4
6	69.56	0.177	3.5
7	89.46	0.237	4.5
8	112.01	0.296	5.6
9	141.20	0.355	7.1
10	167.73	0.355	8.4
11	196.91	0.355	9.8
12	223.45	0.474	11.2
13	249.98	0.474	12.5
14	276.51	0.533	13.8
15	304.37	0.593	15.2
16	337.53	0.593	16.9
17	369.37	0.652	18.5
18	402.54	0.652	20.1
19	418.46	0.652	20.9
20	446.32	0.771	22.3
21	442.34	0.771	22.1
22	486.11	0.771	24.3
23	520.61	0.830	26.0
24	548.46	0.890	27.4
25	576.32	0.890	28.8
26	597.55	0.949	29.9
27	628.06	1.008	31.4
28	662.55	1.008	33.1
29	694.39	1.068	34.7
30	724.90	1.068	36.2
31	744.80	1.127	37.2
32	768.68	1.186	38.4
33	796.54	1.186	39.8
34	817.77	1.246	40.9
35	846.95	1.305	42.3
36	865.52	1.305	43.3
37	882.77	1.305	44.1
38	885.42	1.364	44.3
39	889.40	1.483	44.5
40	900.02	1.483	45.0
41	900.02	1.483	45.0
42	902.67	1.602	45.1
43	905.32	1.602	45.3

44	904.00	1.661	45.2
45	898.69	1.720	44.9
46	900.02	1.661	45.0
47	907.98	1.780	45.4
48	905.32	1.780	45.3
49	913.28	1.839	45.7
50	905.32	1.898	45.3
51	904.00	1.958	45.2
52	907.98	2.017	45.4
53	907.98	1.958	45.4
54	909.30	2.017	45.5
55	919.92	2.136	46.0
56	914.61	2.077	45.7
57	910.63	2.136	45.5
58	909.30	2.195	45.5
59	913.28	2.255	45.7
60	911.96	2.255	45.6
61	917.26	2.314	45.9
62	914.61	2.314	45.7
63	913.28	2.373	45.7
64	914.61	2.433	45.7
65	914.61	2.433	45.7
66	919.92	2.551	46.0
67	915.94	2.492	45.8
68	919.92	2.611	46.0
69	915.94	2.611	45.8
70	913.28	2.670	45.7
71	919.92	2.729	46.0
72	918.59	2.729	45.9
73	919.92	2.729	46.0
74	918.59	2.848	45.9
75	921.24	2.907	46.1
76	917.26	2.848	45.9
77	914.61	2.907	45.7
78	921.24	3.026	46.1
79	923.89	3.026	46.2
80	923.89	3.026	46.2
81	915.94	3.085	45.8
82	915.94	3.145	45.8
83	922.57	3.145	46.1
84	914.61	3.204	45.7
85	918.59	3.204	45.9
86	918.59	3.263	45.9
87	910.63	3.323	45.5
88	900.02	3.382	45.0
89	886.75	3.382	44.3
90	876.14	3.441	43.8
91	852.26	3.501	42.6
92	812.46	3.560	40.6
93	738.17	3.620	36.9
94	0.00	3.738	0.0

MAXIMUM FORCE : 923.89 [kGf]
MAXIMUM STRESS : 46.19 [kGf/mm^2]
Ka. Laboratorium

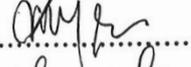
**DAFTAR HADIR SEMINAR
TUGAS AKHIR TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK – UMSU
TAHUN AKADEMIK 2020 – 2021**

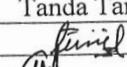
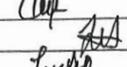
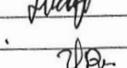
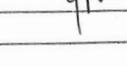
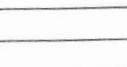
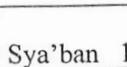
Peserta seminar

Nama : Fikri Ardianto

NPM : 1607230087

Judul Tugas Akhir : Analisa Kekuatan Pengelasan Dengan metode Elemen Hingga Menggunakan Software (Solidwork)

DAFTAR HADIR			TANDA TANGAN
Pembimbing – I	: Affandi.S.T.M.T	:	
Pemanding – I	: M.Yani.S.T.M.T	:	
Pemanding – II	: Khairul Umurani.S.T.M.T	:	

No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	1607230087	FIKRI ARDIANTO	
2	1607230086	ANDRE IRFANDI	
3	1607230074	M. Ikhsan Hilmawan	
4	1607230169	LUDFY AMRU	
5	1607220094	AHMAD SOFYAN	
6	1607230159	Rais Syahbaradi Harahap	
7			
8			
9			
10			

Medan, 10 Sya'ban 1442 H
24 Maret 2021 M

Ketua Prodi

Affandi



**DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

NAMA : Fikri Ardianto
NPM : 1607230087
Judul T.Akhir : Analisa Kekuatan Pengelasan Dengan Metode Elemen Hingga Meng-
Gunakan Software (Solidwork)

Dosen Pembimbing – I : Affandi.S.T.M.T
Dosen Pembanding - I : M.Yani.S.T.M.T
Dosen Pembanding - II : Khairul Umurani.S.T.M.T

KEPUTUSAN

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :

*lihat pada bagian yg harus direvisi pada
draft skripsi*

3. Harus mengikuti seminar kembali

Perbaikan :

.....

.....

.....

.....

Medan 10 Sya'ban 1442H
24 Maret 2021M

Diketahui :
Ketua Prodi. T.Mesin



Dosen Pembanding- I

M.Yani.S.T.M.T

**DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

NAMA : Fikri Ardianto
NPM : 1607230087
Judul T.Akhir : Analisa Kekuatan Pengelasan Dengan Metode Elemen Hingga Menggunakan Software (Solidwork)

Dosen Pembimbing – I : Affandi.S.T.M.T
Dosen Pembanding - I : M.Yani.S.T.M.T
Dosen Pembanding - II : Khairul Umurani.S.T.M.T

KEPUTUSAN

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
- ② Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :

.....
.....
.....
.....
.....

3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :

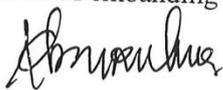
.....
.....
.....
.....

Medan 10 Sya'ban 1442H
24 Maret 2021M

Diketahui :
Ketua Prodi. T.Mesin

Affandi.S. 

Dosen Pembanding- II


Khairul Umurani.S.T.M.T



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

Bila menjawab surat ini agar disebutkan nomor dan tanggalnya

MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK

Jalan Kapten Mukhtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 - EXT. 12
Website : <http://fatek.umsu.ac.id> E-mail : fatek@umsu.ac.id

PENENTUAN TUGAS AKHIR DAN PENGHUJUKAN
DOSEN PEMBIMBING

Nomor 2035/ II. 3 AU/ UMSU-07/ F / 2019

Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara berdasarkan rekomendasi atas Nama ketua Program Studi Teknik Mesin pada Tanggal 27 November 2019 dengan menetapkan :

Nama : FIKRI ARDIANTO
Npm : 1607230087
Program Study : TEKNIK Mesin
Semester : VII (Tujuh)
Judul Tugas Akhir : ANALISA KEKUATAN PENGELASAN BAJA DENGAN METODE HINGGA MENGGUNAKAN SOFTWARE (SOLIDWORK).

Pembimbing I : AFFANDI ST.MT

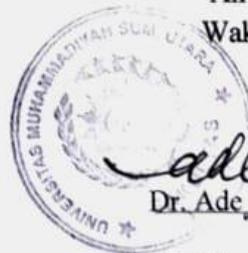
menulis tugas akhir dengan ketentuan :

1. Bila judul Tugas Akhir kurang sesuai dapat diganti oleh Dosen Pembimbing setelah mendapat persetujuan dari Program Studi Teknik Mesin Menulis Tugas Akhir dinyatakan batal setelah 1 (satu) Tahun dan tanggal yang telah ditetapkan.

Demikian surat penunjukan dosen Pembimbing dan menetapkan Judul Tugas Akhir ini dibuat untuk dapat dilaksanakan sebagaimana mestinya.

K Ditetapkan di Medan pada Tanggal.
Medan, 30 Rabiul Awal 1441 H
27 November 2019 M

An . Dekan
Wakil Dekan I



ade faisal
Dr. Ade Faisal ST.M.Sc.

NIDN : 0123097203

cc. file

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Analisa Kekuatan Pengelasan Dengan Metode Elemen Hingga Menggunakan Software (Solidwork)

Nama : Fikri Ardianto
NPM : 1607230087

Dosen Pembimbing : Affandi, S.T., M.T

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
1	Jum'at 13/12/2019	Perbaiki latar belakang, dan perbaiki format penulisan	Of
2	Kamis 02/01/2020	Perbaiki dan lengkapi rumusan masalah, tujuan dan manfaat	Of
3	Jum'at 23/01/2020	Lengkapi bab 2 sesuai format penulisan	Of
4	Kamis 27/02/2020	Lengkapi bab 3 sesuai panduan	Of
5	Jum'at 13/03/2020	Lengkapi bahan dan alat	Of
6	Jum'at 27/03/2020	Perbaiki alur penelitian	
7	Selasa 12/01/2021	Lengkapi gambar hasil penelitian	Of
8	Senin 08/02/2021	Perbaiki grafik hasil dan grafik perbandingan	Of
9	Senin 22/02/2021	Perbaiki susunan gambar, tabel dan grafik	Of
10	Senin 01/03/2021	Perjelas narasi pada hasil penelitian	Of
11	Jum'at 12/03/2021	Perbaiki kesimpulan, saran dan lampiran	Of

12. Selasa. 16/05/2021 Acc Seminar Hasil Of

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



A. DATA PRIBADI

Nama : Fikri Ardianto
Jenis Kelamin : Laki-Laki
Tempat Dan Tanggal Lahir : Sukasari, 31 Januari 1998
Alamat : Dusun 4b Sukasari
Agama : Islam
E-Mail : fikriardian431@gmail.com
No. Hp : 082298242595

B. RIWAYAT HIDUP

1. SD N 104270 : 2004-2010
2. MTs s R.sialang : 2010-2013
3. SMK N 1 Perbaungan : 2013-2016
4. Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara : 2016-2021