

**TUGAS SARJANA
KONSTRUKSI DAN MANUFAKTUR**

**ANALISA KEKUATAN SAMBUNGAN PADA PLAT
TIPIS DENGAN MENGGUNAKAN PAKU KELING**

*Diajukan Sebagai Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik (S.T)
Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun oleh :

**NAMA : NANDA NOER RIEZKI
NPM : 1207230162**



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2017**

LEMBAR PENGESAHAN – I

**TUGAS SARJANA
KONSTRUKSI DAN TEKNIK MANUFAKTUR**

**ANALISA KEKUATAN SAMBUNGAN PADA PLAT
TIPIS DENGAN MENGGUNAKAN PAKU KELING**

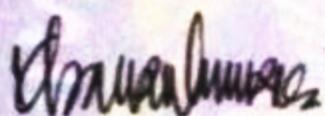
Disusun Oleh :

NAMA: NANDA NOER RIEZKI
NPM: 1207230162

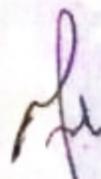
Diperiksa Dan Di Setujui Oleh

Diketahui Oleh :
Dosen Pembimbing – I

Disetujui Oleh :
Dosen Pembimbing – II



(Khairul Umurani, S.T., M.T.)



(H. Muharnif, S.T., M.Sc.)

Diketahui Oleh :
Ka. Program Studi Teknik Mesin



(A. H. S. T.)

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2017**

LEMBAR PENGESAHAN – II

**TUGAS SARJANA
KONSTRUKSI DAN TEKNIK MANUFAKTUR**

**ANALISA KEKUATAN SAMBUNGAN PADA PLAT TIPIS
DENGAN MENGGUNAKAN PAKU KELING**

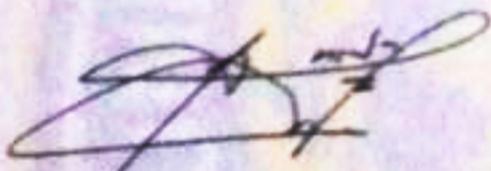
Disusun Oleh :

**NAMA: NANDA NOER RIEZKI
NPM: 1207230162**

**Telah Diperiksa Dan Diperbaiki
Pada Seminar Tanggal 06 Oktober 2017**

**Diketahui Oleh :
Dosen Pembanding – I**

**Disetujui Oleh :
Dosen Pembanding – II**


(Ir. Batu Mahadi Siregar, M.T)


(Ir. Zulkifli AM)

**Diketahui Oleh :
Ka. Program Studi Teknik Mesin**


(Ajlandi, S.T)

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2017**



MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

Pusat Administrasi: Jalan Kapten Mukhtar Basri No.3 Telp. (061) 6611233 - 6624567 -
6622400 - 6610450 - 6619056 Fax. (061) 6625474 Medan 20238
Website : <http://www.umhu.ac.id>

TUGAS AKHIR

Nama Mahasiswa : NANDA NOER RIEZKI

NPM : 1207230162

Semester : XI (SEBELAS)

SPEISIKASI :

Buatlah analisa kekuatan sambung
pada plat tipis dengan menggunakan paten kelley

Diberikan Tanggal : 7 Juni 2017.

Selesai Tanggal : 6 Oktober 2017.

Asistensi :

Tempat Asistensi : Ruang Teknik Mesin.

Medan, 7 Juni 2017.

Diketahui oleh :

Ka Program Studi Teknik Mesin

Dosen Pembimbing - I



(AFFANDI, S.T)

(KHAIRUL UMURANI, S.T., M.T)



MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

Pusat Administrasi: Jalan Kapten Mukhtar Basri No.3 Telp. (061) 6611233 - 6624567 -
6622400 - 6610450 - 6619056 Fax. (061) 6625474 Medan 20238
Website : <http://www.umsu.ac.id>

Siapa menandatangani surat ini agar ditunjukkan
nomor dan tanggalnya

DAFTAR HADIR ASISTENSI
TUGAS AKHIR

NAMA :

PEMBIMBING - I : Khairul umurani, S.T., M.T

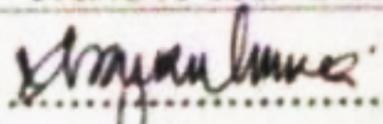
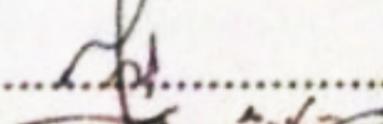
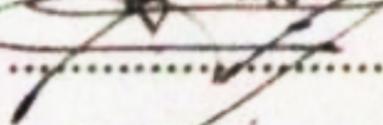
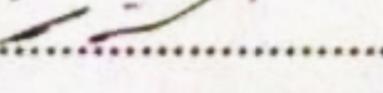
NPM :

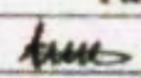
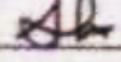
PEMBIMBING - II : H. Muharnif M, S.T., M.Sc

NO	Hari / Tanggal	Uraian	Paraf
1	20/06/2017	Pemberian penjelasan tugas	ke
2	10/07/2017	Perbincangan tugas penelitian	ke
3	23/07/2017	Perbincangan format penulisan gambar rumus & tabel.	ke
4	16/08/2017	Perbincangan metode	ke
5	31/08/2017	lanjutan ke pembimbing II	ke.
6	21/09/2017	Ace, fannur - Perbincangan Bob!	ke.
7	03/10/2017	Perbincangan batasan masalah All	ke.

**DAFTAR HADIR SEMINAR
TUGAS AKHIR TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK - UMSU
TAHUN AKADEMIK 2017 - 2018**

Peserta Seminar
Nama : Nanda Noer Riezki
NPM : 1207230162
Judul Tugas Akhir : Analisa Kekuatan Sambungan Pada Plat Tipis Dengan Menggunakan Paku Keling.

DAFTAR HADIR	TANDA TANGAN
Pembimbing - I : Khairul Umurani.S.T.M.T	: 
Pembimbing - II : H.Muharnif.S.T.M.Sc	: 
Pembanding - I : Ir.H.Batu Mahadi Srg.M.T	: 
Pembanding - II : Ir.Zulkifli .A.M	: 

No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	1307230121	M. TAUFIL	
2	1307230054	HANDOKO	
3	1307230083	MHD MURSIN TAMBUNAN	
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Medan, 16 Muharram 1439 H
06 Oktober 2017 M



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

NAMA : Nanda Noer Riezki
NPM : 1207230162
Judul T.Akhir : Analisa kekuatan Sambungan Pada Plat Tipis Dengan Menggunakn Paku Keling.

Dosen Pembimbing - I : Khairul Umurani.S.T.M.T
Dosen Pembimbing - II : H.Muharnif.S.T.M.Sc
Dosen Pembanding - I : Ir. H.Batu mahadi Srg.M.T
Dosen Pembanding - II : Ir.Zulkifli A.M

KEPUTUSAN

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

*- Perbaiki bab 2, bab 3 teori hanya 1/2
kelebihan bab 3 tambahkan tambahan
penelitian yang lebih*

3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :

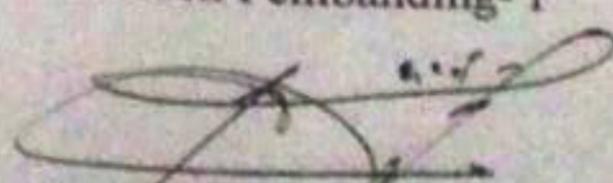
.....
.....
.....
.....

Medan 16 Muharram 1439H
06 Oktober 017 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T. Mesin


Nanda.S.T

Dosen Pembanding- I


Ir.H.Batu Mahadi Srg.M.T

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

NAMA : Nanda Noer Riezki
NPM : 1207230162
Judul T.Akhir : Analisa kekuatan Sambungan Pada Plat Tipis Dengan Menggunakan Paku Keling.

Dosen Pembimbing - I : Khairul Umurani.S.T.M.T
Dosen Pembimbing - II : H.Muharnif.S.T.M.Sc
Dosen Pembanding - I : Ir. H.Batu mahadi Srg.M.T
Dosen Pembanding - II : Ir.Zulkifli A.M

KEPUTUSAN

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

..... *Lihat buku*

.....

.....

3. Harus mengikuti seminar kembali
- Perbaikan :

.....

.....

.....

Medan 16 Muharram 1439H
06 Oktober 017 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T. Mesin



Afandi S.T

Dosen Pembanding- II



Ir.Zulkifli A.M

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS SARJANA

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Nanda Noer Riezki
Tempat/Tgl Lahir : Banda aceh, 09 Mei 1994
NPM : 1207230162
Bidang Keahlian : Konstruksi Dan Teknik Manufaktur
Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
(UMSU)

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan tugas sarjana (skripsi) saya ini yang berjudul :

"ANALISA KEKUATAN SAMBUNGAN PADA PLAT TIPIS DENGAN MENGGUNAKAN PAKU KELING" Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material maupun non material, ataupun segala kemungkinan yang 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 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, 20 Oktober 2017

Saya yang menyatakan



(NANDA NOER RIEZKI)

ABSTRAK

Pada era industrialisasi ini perkembangan teknologi penyambungan sangatlah pesat dibidang manufaktur teknologi ini berperan penting dalam hal menyambung satu material dengan material lainnya, Salah satu teknologi penyambungan yang telah berkembang pesat yakni paku keling (rivet joints). Teknik ini telah banyak diaplikasikan diberbagai industri manufaktur, seperti bidang penerbangan, otomotif, konstruksi dan masih banyak lagi. Hasil dari sambungan paku keling pada suatu struktur dinilai lebih ringan dibandingkan dengan menggunakan teknik penyambungan lainnya. Pada penelitian ini paku keling yang digunakan untuk pengujian berdiameter 4 mm, metode yang digunakan dalam pengujian adalah sambungan plat tunggal dikeling sebaris, sambungan plat tunggal dengan dua plat dikeling sebaris dan sambungan dua pasang plat dikeling sebaris. Hasil dari pengujian penelitian ini tegangan geser tertinggi terjadi pada pengujian sambungan plat tunggal dengan dua plat dikeling satu baris dengan tegangan geser sebesar 106,2 N/mm² sehingga sambungan yang paling baik pada penyambungan paku keling adalah sambungan dua pasang plat yang dikeling satu baris

Kata Kunci : Sambungan, Paku keling dan Tegangan Geser

KATA PENGANTAR



Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Puji dan syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT, karena berkat rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Sarjana ini dengan lancar. Tugas Sarjana ini merupakan tugas akhir bagi mahasiswa Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dalam menyelesaikan studinya.

Dalam menyelesaikan tugas ini penulis banyak mengalami hambatan dan rintangan yang disebabkan minimnya pengetahuan dan pengalaman penulis, namun berkat petunjuk Allah SWT yang terus – menerus hadir dan atas kerja keras penulis, serta banyaknya bimbingan dari pada dosen pembimbing akhirnya penulis dapat menyelesaikan tugas sarjana ini.

Untuk itu penulis pada kesempatan ini menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Kedua orang tua, Ayahanda Bapak Alm. Ibnu Hasan dan Ibunda Fatimah dimana cinta yang telah membesarkan, mengasuh, mendidik, serta memberikan semangat dan do'a yang tulus, ikhlas, dengan penuh kasih sayang sehingga penulis dapat menyelesaikan studi di Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
2. Bapak Khairul umurani, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing I.
3. Bapak H. Muharnif M, S.T., M.Sc selaku Dosen Pembimbing II.
4. Bapak Rahmatullah, S.T.,M.Sc selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T selaku Wakil Dekan I Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Bapak Khairul Umurani, S.T.,M.T selaku Wakil Dekan III Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Bapak Affandi, S.T selaku Ketua Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Bapak Chandra A Siregar, S.T, selaku Sekretaris Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
9. Seluruh Dosen di Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah memberikan bimbingan dan ilmu pengetahuan selama di bangku kuliah.
10. Rekan-rekan Lab Teknik Mesin, dan temen-temen yang lain yang banyak membantu dan memotivasi penulis.
11. Noer ramadhan S.Farm dan Poetri nouvi noerimah selaku saudara kandung yang selalu memberikan semangat dan dukungan moril.
12. Alyssa alfisahrin karamoy yang selalu menemani penulis dalam penulisan tugas sarjana.

13. Seluruh teman-teman seperjuangan yang telah banyak membantu dalam penulisan tugas sarjana ini.

Penulis menyadari bahwa tugas ini masih jauh dari sempurna dan tidak luput dari kekurangan, karena itu dengan senang hati dan penuh lapang dada penulis menerima segala bentuk kritik dan saran dari pembaca yang sifatnya membangun demi kesempurnaan penulisan tugas sarjana ini.

Akhir kata penulis mengharapkan semoga tugas sarjana ini dapat bermanfaat bagi kita semua dan semoga Allah SWT selalu merendahkan hati atas segala pengetahuan yang kita miliki. Amin Ya Rabbal Alamin.
Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Medan, 23 September 2017

Penulis

NANDA NOER RIEZKI
1207230162

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
LEMBAR SPESIFIKASI	ii
LEMBAR ASISTENSI	iv
ABSTRAK	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	
DAFTAR GAMBAR	
DAFTAR NOTASI	
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan	2
1.4.1. Tujuan Umum	2
1.4.2. Tujuan Khusus	2
1.5 Manfaat	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Fungsi Sambungan	4
2.2 Jenis – Jenis Sambungan	4
2.2.1 Sambungan Lipat	4
2.2.2 Sambungan Solder/Patri	6
2.2.3 Sambungan Las	8
2.2.4 Sambungan Baut	10
2.2.5 Sambungan Paku Keling	12
2.2.6 Perencanaan Sambungan Paku Keling	14
2.2.7 Standart Paku Keling	20
2.3 Pengujian Tarik	21
2.4 Klasifikasi Baja	23
2.5 Pengaruh unsure Paduan Terhadap Logam	25
2.6 Baja Pegas Daun	27
2.7 Struktur Logam	28
BAB 3 METODELOGI PENGUJIAN	30
3.1 Waktu Dan Tempat	30
3.2 Timeline Kegiatan	30
3.3 Alat dan Bahan Yang Digunakan	31
3.4 Desain Sambungan Paku keeling	33
3.5 Diagram Alir Penulisan	35

BAB 4	HASIL PENELITIAN	36
4.1	Hasil Pengujain	36
4.1.1.	Hasil Pengujian Pada Sambungan Plat Tunggal Di Keling Satu Baris Percobaan Pertama	36
4.1.2.	Hasil Pengujian Pada Sambungan Plat Tunggal Di Keling Satu Baris Percobaan Kedua	37
4.1.3.	Hasil Pengujian Pada Sambungan Plat Tunggal Di Keling Satu Baris Percobaan Ketiga	38
4.1.4.	Hasil Pengujian Pada Sambungan Plat Tunggal Dengan Dua Plat Dikeling Satu Baris Percobaan Pertama	40
4.1.5.	Hasil Pengujian Pada Sambungan Plat Tunggal Dengan Dua Plat Dikeling Satu Baris Percobaan Kedua	41
4.1.6.	Hasil Pengujian Pada Sambungan Plat Tunggal Dengan Dua Plat Dikeling Satu Baris Percobaan Ketiga	42
4.1.7.	Hasil Pengujian Pada Sambungan Dua Pasang Plat Yang Dikeling Satu Baris Percobaan Pertama	43
4.1.8.	Hasil Pengujian Pada Sambungan Dua Pasang Plat Yang Dikeling Satu Baris Percobaan Kedua	44
4.1.9.	Hasil Pengujian Pada Sambungan Dua Pasang Plat Yang Dikeling Satu Baris Percobaan Ketiga	45
BAB 5	KESIMPULAN DAN SARAN	46
5.1	Kesimpulan	46
5.2	Saran	46

DAFTAR PUSTAKA
LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Table 2.1	Standar diameter baut kontruksi baja	11
Table 2.2	Standar diameter paku keling	20
Tabel 2.3	Ukuran diameter dan lebar kepala paku keling jenis Flat Head	21
Tabel 3.1	Timeline Kegiatan	30

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Jenis-jenis sambungan lipat	5
Gambar 2.1	Baut	12
Gambar 2.3	Sambungan plat tunggal dikeling tunggal	13
Gambar 2.4	Sambungan plat tunggal dikeling ganda	14
Gambar 2.5	Sambungan plat ganda dikeling tunggal	14
Gambar 2.6	Sambungan plat ganda dikeling ganda	14
Gambar 2.7	Perencanaan sambungan plat tunggal dikeling tunggal	15
Gambar 2.8	Perencanaan plat tunggal dikeling tunggal satu baris	16
Gambar 2.9	Perencanaan kampuh plat tunggal dikeling ganda	17
Gambar 2.10	Perencanaan sambungan plat ganda dikeling tunggal	19
Gambar 2.11	Kurva tegangan –regangan	22
Gambar 2.12	Batas elastis dan tegangan luluh 0,2%	23
Gambar 3.1	Lembaran alumunium plat	31
Gambar 3.2	Paku keling	31
Gambar 3.3	Mesin uji tarik	32
Gambar 3.4	Desain plat yang akan disambung	33
Gambar 3.5	Desain sambungan plat tunggal dikeling satu baris	33
Gambar 3.6	Desain sambungan plat tunggal dengan dua plat dikeling satu baris	34
Gambar 3.7	Desain sambungan dua pasang plat dikeling satu baris	34
Gambar 3.8	Diagram alir penelitian	35
Gambar 4.1	Grafik hasil pengujian sambungan plat tunggal dikeling satu baris Percobaan pertama	37
Gambar 4.2	Grafik hasil pengujian sambungan plat tunggal dikeling satu baris Percobaan kedua	38
Gambar 4.3	Grafik hasil pengujian sambungan plat tunggal dikeling satu baris Percobaan ketiga	39
Gambar 4.4	Grafik hasil pengujian sambungan plat tunggal dengan dua plat dikeling satu baris percobaan pertama	40
Gambar 4.5	Grafik hasil pengujian sambungan plat tunggal dengan dua plat dikeling satu baris percobaan kedua	41
Gambar 4.6	Grafik hasil pengujian sambungan plat tunggal dengan dua plat dikeling satu baris percobaan ketiga	42
Gambar 4.7	Grafik hasil pengujian sambungan dua pasang plat yang dikeling satu baris percobaan pertama	43
Gambar 4.8	Grafik hasil pengujian sambungan dua pasang plat yang dikeling satu baris percobaan kedua	44
Gambar 4.9	Grafik hasil pengujian sambungan dua pasang plat yang dikeling satu baris percobaan ketiga	45

DAFTAR NOTASI

F	= Gaya Yang Pembebanan Diterima	N
A	= Luas Penampang Paku Keling	mm
b	= Lebar Plat	mm
P	= Jarak Paku Keling	mm
T	= Tebal Plat	mm
n	= Jumlah Paku Keling	
L_0	= Panjang Awal	mm
L_1	= Panjang Akhir	mm
A_0	= Luas Penampang	mm ²
A_1	= Luas Penampang Akhir	mm ²
τ_g	= Tegangan Geser	N/mm ²
σ_i	= Tegangan Izin	N/mm ²
σ^-	= Tegangan Izin	N/mm ²
σ_i^-	= Tegangan Tarik Izin	N/mm ²
σ_g^-	= Tegangan Geser Izin	N/mm ²

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pada era industrialisasi ini, perkembangan teknologi penyambungan sangatlah pesat. Di bidang manufaktur teknologi ini berperan penting dalam hal menyambung satu material dengan material lainnya, khususnya logam. Berbagai jenis teknik penyambungan dibuat dan dikembangkan untuk memenuhi tuntutan kebutuhan sehingga didapatkan hasil penyambungan logam yang maksimal.

Salah satu teknologi penyambungan yang telah berkembang pesat yakni paku keling (*rivet joints*). Teknik ini telah banyak diaplikasikan diberbagai industri manufaktur, seperti bidang penerbangan, otomotif, konstruksi dan masih banyak lagi. Hasil dari sambungan paku keling pada suatu struktur dinilai lebih ringan dibandingkan dengan menggunakan teknik penyambungan lainnya. Dari beberapa kelebihan tersebut penyambungan menggunakan paku keling banyak dilakukan untuk mendapatkan sifat mekanis sambungan yang sesuai dengan kebutuhan pada suatu konstruksi serta dapat juga diaplikasikan dengan baik pada berbagai jenis logam, seperti aluminium.

Dari hal inilah penulis sendiri tertarik untuk mengambil sebuah tugas sarjana yang berkaitan tentang pengujian paku keling dimana paku keeling akan di uji dengan pengujian tarik dengan berapa metode penyambungan paku keling

1.2. Rumusan Masalah

Untuk menganalisa kekuatan tarik dari sebuah paku keling dengan beberapa metode penyambungan plat tipis

1.3. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dari penelitian ini adalah:

- 1) Untuk membuat specimen uji pada paku keling
- 2) Untuk mengetahui kekuatan tarik dari sambungan paku keling tersebut

1.4. Tujuan

1.4.1. Tujuan Umum

Tujuan umum dari tugas sarjana ini adalah merencanakan sambungan plat untuk pengujian paku keling serta mengujinya dengan menggunakan pengujian tarik

1.4.2. Tujuan Khusus

Tujuan khusus dari tugas sarjana ini adalah:

1. Untuk mengetahui rancang sambungan plat dengan variasi jenis sambungan pada paku keling.
2. Untuk mengetahui kekuatan tarik dari instalasi sambungan paku keling pada beberapa metode penyambungan
3. Untuk mengetahui hasil perhitungan tegangan dari sambungan plat dengan menggunakan paku keling secara teori dan analisis.

1.5. Manfaat

Adapun manfaat dari tugas sarjana ini adalah:

- 1) Untuk mengetahui kekuatan tarik pada paku keling yang disambung dengan beberapa metode
- 2) Dari hasil data yang didapat, menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya tentang proses penyambungan plat dengan jenis sambungan paku keling.

1.6. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang dibuat adalah:

Bab 1 : Membahas tentang pendahuluan; rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penulisan, manfaat penulisan, dan sistematika penulisan.

Bab 2 :Membahas tentang latar belakang; fungsi sambungan, jenis-jenis sambungan.

Bab 3 : Membahas tentang metodologi penulisan; Waktu/tempat, diagram alir penulisan, alat yang digunakan, perencanaan paku keling, pembuatan.

Bab 4 : Hasil Penelitian.

Bab 5 : Penutup; Saran dan kesimpulan

BAB 2

LANDASAN TEORI

2.1. Fungsi Sambungan

Konstruksi bangunan mesin adalah susunan dari part-part yang digabung membentuk satu kesatuan dengan menggunakan berbagai macam teknik sambungan. Adapun fungsi/tujuan sambungan baja antara lain:

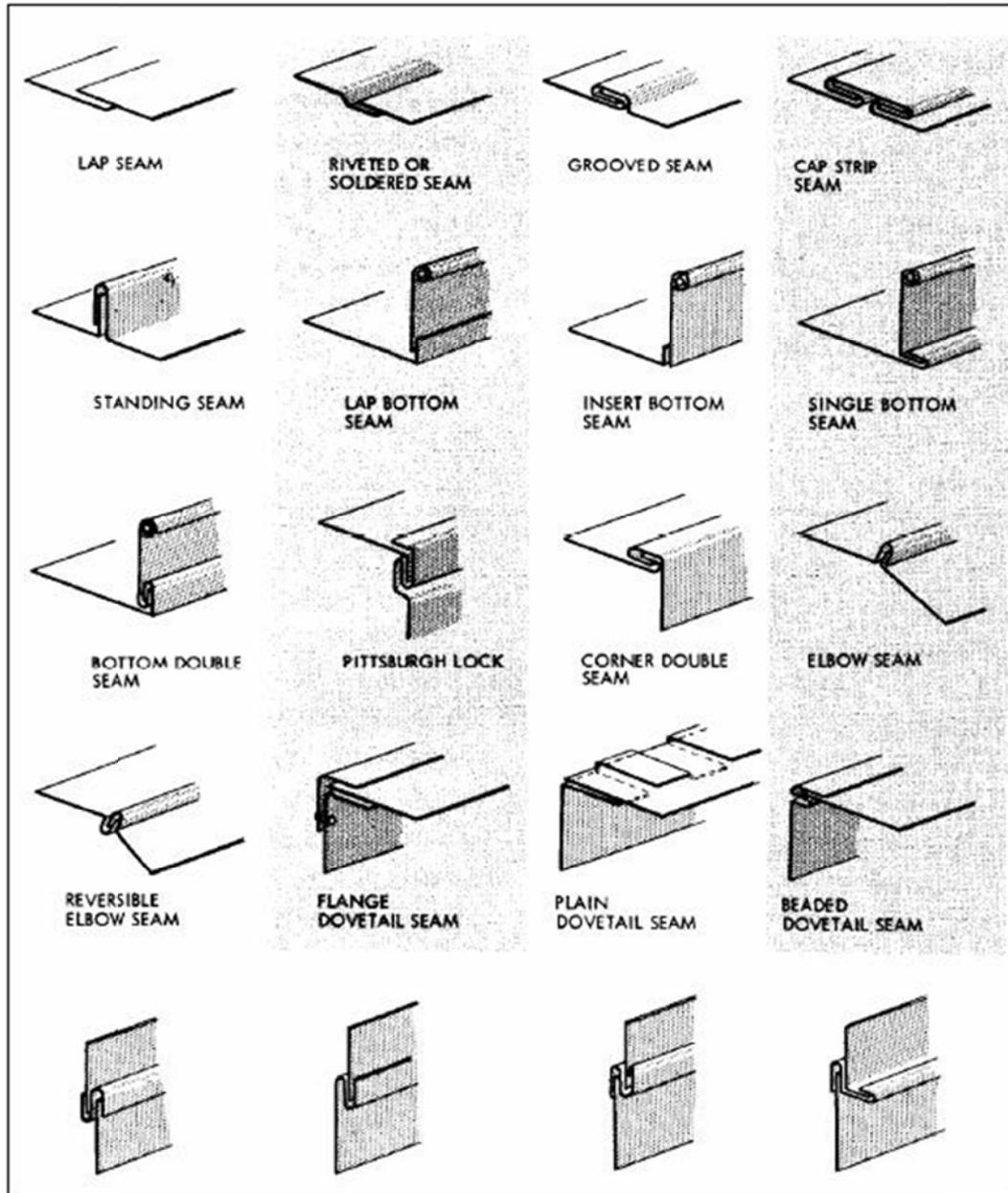
1. Untuk menggabungkan beberapa material membentuk kesatuan konstruksi sesuai kebutuhan.
2. Untuk mendapatkan ukuran material sesuai kebutuhan (panjang, lebar, tebal, dan sebagainya).
3. Untuk memudahkan dalam penyetulan konstruksi di lapangan.
4. Untuk memudahkan penggantian bila suatu bagian / batang konstruksi mengalami kerusakan.
5. Untuk memberikan kemungkinan adanya bagian / batang konstruksi yang dapat bergerak missal peristiwa muai-susut akibat perubahan suhu.

2.2. Jenis-jenis Sambungan

2.2.1. Sambungan Lipat

Sambungan plat dengan lipatan ini sangat baik digunakan untuk konstruksi sambungan yang berbentuk lurus dan melingkar. Ketebalan pelat yang baik disambung berkisar di bawah 1 mm, sebab untuk penyambungan plat yang mempunyai ketebalan di atas 1 mm akan menyulitkan untuk proses pelipatannya. Proses penyambungan plat dengan metode pelipatan ini

dapat dilakukan secara manual di atas landasan-landasan pelat dan mesin-
mesin pelipat. Berikut merupakan Jenis-jenis dari beberapa sambungan lipat;



Gambar 2.1: Jenis-jenis Sambungan Lipat

Jenis-jenis sambungan ini yaitu:

- ✓ Sambungan berimpit (lap seam)
- ✓ Sambungan berimpit dengan solder (soldered seam)
- ✓ Sambungan lipat (grooved seam)
- ✓ Sambungan Plat (cap strip seam)
- ✓ Sambungan tegak (standing seam)
- ✓ Sambungan alas luar (lap bottom seam)
- ✓ Sambungan alas dalam (insert bottom seam)
- ✓ Sambungan alas tunggal (single bottom seam)
- ✓ Sambungan alas ganda (double bottom seam)
- ✓ Sambungan sudut ganda (corner double seam)
- ✓ Sambungan siku (elbow seam)
- ✓ Sambungan siku timbal balik (reversible elbow seam)
- ✓ Sambungan sudut tepi (flange dovetail seam)

2.2.2. Sambungan Solder/Patri

Sambungan Solder / Patri adalah suatu proses penyambungan antara dua logam atau lebih dengan menggunakan panas untuk mencairkan logam sebagai perekat sambungan, dan bahan plat yang disambung tidak turut mencair.

Ditinjau dari segi penggunaan panas maka proses penyolderan ini dibagi dalam dua kelompok, yakni solder lunak dan solder keras. Penggunaan solder dari berbagai jenis bahan, biasanya dititik beratkan pada kerapatan sambungan, bukan pada kekuatan sambungan terutama pada solder lunak. Dalam melakukan proses

penyolderan ini dibutuhkan fluks yang berfungsi untuk membersihkan bahan serta sebagai unsur pemadu dan pelindung sewaktu terjadinya proses penyolderan. Skema proses penyolderan ini dapat dilihat seperti pada gambar berikut ini.

1) Solder Lunak

Penggolongan solder lunak berdasarkan temperatur yang digunakan untuk proses penyolderan. Temperatur yang digunakan solder lunak ini berkisar di bawah 4500.

Penggunaan solder lunak biasanya untuk konstruksi sambungan yang tidak membutuhkan kekuatan tarik yang tinggi, tetapi dititik beratkan pada kerapatan sambungan. Sistem pemanasan menggunakan arus listrik sebagai sumber panas penyolderan.

2) Solder keras

Solder keras dibagi dalam dua kelompok yakni : Brazing dan silver. Pembagian kelompok ini berdasarkan komposisi penyolderan, titik cair dan fluks yang digunakan. Brazing mempunyai komposisi kandungan tembaga dan seng. Fluks yang digunakan dalam proses penyolderan adalah boraks dengan menggunakan pemanas antara bbo 880° – 890° C. Silver mempunyai komposisi kandungan perak. Tembaga dan seng. Fluks yang dipakai dalam proses penyolderan silvering ini ada dua yakni tenacity dan easy flo. Temperatur yang digunakan untuk penyolderan berkisar 7500° C.

- Penggunaan

Proses penyambungan dengan solder keras ini mempunyai konstruksi sambungan yang kuat dan rapat serta tahan terhadap panas. Penggunaan konstruksi sambungan ini umumnya untuk menyambung pipa-pipa bahan bakar dan konstruksi sambungan lainnya. Kelebihan solder keras ini sangat baik digunakan untuk penyambungan dua buah bahan yang berlainan jenis.

- Panas pembakaran Panas pembakaran untuk proses penyolderan ini sekitar di bawah 900° C. dan alat pemanas yang digunakan adalah brander pemanas dengan menggunakan gas pembakar.

2.2.3. Sambungan Las

Menyambung material logam dengan las adalah penyambungan dengan cara memanaskan baja hingga mencapai suhu lumer (meleleh) dengan ataupun tanpa bahan pengisi, yang kemudian setelah dingin akan menyatu dengan baik.

Untuk menyambung baja bangunan kita mengenal 2 jenis las yaitu :

1) Las Karbid (Las *OTOGEN*)

Yaitu pengelasan yang menggunakan bahan pembakar dari gas oksigen (zat asam) dan gas acetylene (gas karbid). Dalam konstruksi baja las ini hanya untuk pekerjaan-pekerjaan ringan atau konstruksi sekunder, seperti ; pagar besi, teralis dan sebagainya.

2) Las Listrik (Las *Lumer*)

Yaitu pengelasan yang menggunakan energi listrik. Untuk pengelasannya diperlukan pesawat las yang dilengkapi dengan dua buah kabel, satu kabel dihubungkan dengan penjepit benda kerja dan satu kabel yang lain dihubungkan dengan tang penjepit batang las/*elektrode* las. Jika *elektrode* las tersebut didekatkan pada benda kerja maka terjadi kontak yang menimbulkan panas yang dapat melelehkan baja ,dan *elektrode* (batang las) tersebut juga ikut melebur ujungnya yang sekaligus menjadi pengisi pada celah sambungan las. Karena *elektrode* / batang las ikut melebur maka lama-lama habis dan harus diganti dengan elektrode yang lain. Dalam perdagangan elektrode / batang las terdapat berbagai ukuran diameter yaitu 21/2 mm, 31/4 mm, 4 mm, 5 mm, 6 mm, dan 7 mm.

Untuk konstruksi baja yang bersifat *strukturil* (memikul beban konstruksi) maka sambungan las tidak diijinkan menggunakan las *Otogen*, tetapi harus dikerjakan dengan las listrik dan harus dikerjakan oleh tenaga kerja ahli yang profesional.

Keuntungan Sambungan Las Listrik:

- 1) Pertemuan baja pada sambungan dapat melumer bersama *elektrode* las dan menyatu dengan lebih kokoh (lebih sempurna).
- 2) Konstruksi sambungan memiliki bentuk lebih rapi.
- 3) Konstruksi baja dengan sambungan las memiliki berat lebih ringan.

- 4) Pengerjaan konstruksi relatif lebih cepat (tak perlu membuat lubanglubang pk/baut, tak perlu memasang potongan baja siku / pelat penyambung, dan sebagainya).
- 5) Luas penampang batang baja tetap utuh karena tidak dilubangi, sehingga kekuatannya utuh.

Kerugian / kelemahan sambungan las:

- 1) Kekuatan sambungan las sangat dipengaruhi oleh kualitas pengelasan. Jika pengelasannya baik maka keuatan sambungan akan baik, tetapi jika pengelasannya jelek/tidak sempurna maka kekuatan konstruksi juga tidak baik bahkan membahayakan dan dapat berakibat fatal. Salah satu sambungan las cacat lambat laun akan merembet rusaknya sambungan yang lain dan akhirnya bangunan dapat runtuh yang menyebabkan kerugian materi yang tidak sedikit bahkan juga korban jiwa. Oleh karena itu untuk konstruksi bangunan berat seperti jembatan jalan raya / kereta api di Indonesia tidak diijinkan menggunakan sambungan las.
- 2) Konstruksi sambungan tak dapat dibongkar pasang.

2.2.4. Sambungan Baut

Baut berfungsi sebagai alat sambung dan pengunci, dengan batang bulat dan berulir, salah satu ujungnya dibentuk kepala baut (umumnya bentuk kepala segi enam) dan ujung lainnya dipasang mur/pengunci. Dalam pemakaian di lapangan, baut dapat digunakan untuk membuat konstruksi sambungan tetap,

sambungan bergerak, maupun sambungan sementara yang dapat dibongkar/dilepas kembali. Bentuk uliran batang baut untuk baja bangunan pada umumnya ulir segi tiga (ulir tajam) sesuai fungsinya yaitu sebagai baut pengikat. Sedangkan bentuk ulir segi empat (ulir tumpul) umumnya untuk baut-baut penggerak atau pemindah tenaga misalnya dongkrak atau alat-alat permesinan yang lain.

Baut untuk konstruksi baja bangunan dibedakan 2 jenis :

- Baut Hitam

Yaitu baut dari baja lunak (St-34) banyak dipakai untuk konstruksi ringan / sedang misalnya bangunan gedung, diameter lubang dan diameter batang baut memiliki kelonggaran 1 mm.

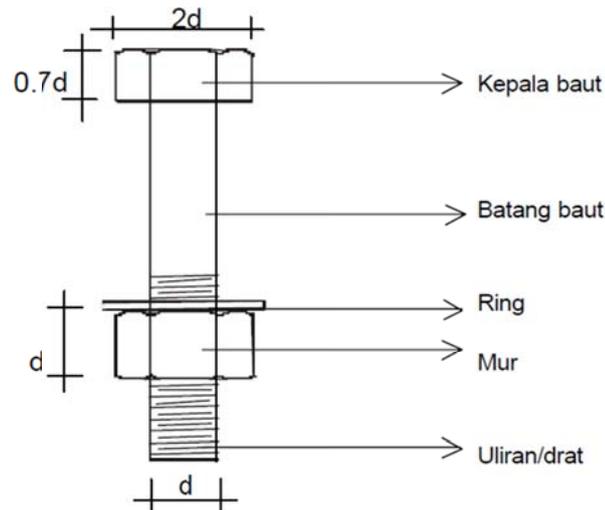
- Baut Pass

Yaitu baut dari baja mutu tinggi (St-42) dipakai untuk konstruksi berat atau beban bertukar seperti jembatan jalan raya, diameter lubang dan diameter batang baut relatif pass yaitu kelonggaran £ 0,1 mm. Macam-macam ukuran diameter baut untuk konstruksi baja antara lain:

Table 2.1: Standar diameter baut konstruksi baja.

Simbol	Diameter (mm)
$\theta 7/6$	11,11
$\theta 1/2$	12,70
$\theta 5/8$	15,87
$\theta 3/4$	19,5
$\theta 7/8$	22,22
$\theta 1$	25,40
$\theta 1^{1/8}$	28,57
$\theta 1/4$	31,75

Bentuk baut untuk baja bangunan yang umum dipakai adalah dengan bentuk kepala/mur segi enam sebagai berikut :



Gambar 2.2: Baut

Keuntungan sambungan menggunakan baut adalah:

- 1) pemasangan lebih mudah dalam penyetelan konstruksi di lapangan.
- 2) Konstruksi sambungan dapat dibongkar-pasang.
- 3) Dapat dipakai untuk menyambung dengan plat yang tebal .
- 4) Dengan menggunakan jenis Baut Pass maka dapat digunakan untuk dikonstruksi yang berat.

2.2.5. Sambungan Paku Keling

Jenis sambungan dengan menggunakan paku keling merupakan sambungan tetap karena sambungan ini bila dibuka harus merusak paku kelingnya dan tidak bisa dipasang lagi, kecuali mengganti paku kelingnya dengan yang baru.

Pemakaian paku keling ini digunakan untuk :

- Sambungan kuat dan rapat, pada konstruksi boiler (boiler, tangki dan pipa pipa-tekanan tinggi).
- Sambungan kuat, pada konstruksi baja (bangunan, jembatan dan crane).
- Sambungan rapat, pada tabung dan tangki (tabung pendek, cerobong, pipa-pipa tekanan).
- Sambungan pengikat, untuk penutup chasis (mis ; pesawat terbang).

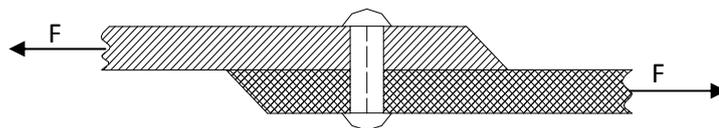
Sambungan paku keling ini memiliki keuntungan, yaitu :

- a. Sambungan keling lebih sederhana dan murah untuk dibuat.
- b. Pemeriksaannya lebih mudah
- c. Sambungan keling dapat dibuka dengan memotong kepala dari paku keling tersebut.

Pada jenis paku keling tangensial, gaya yang bekerja terletak pada garis kerja resultannya, sehingga pembebanannya terdistribusi secara merata kesetiap paku keling yang digunakan.

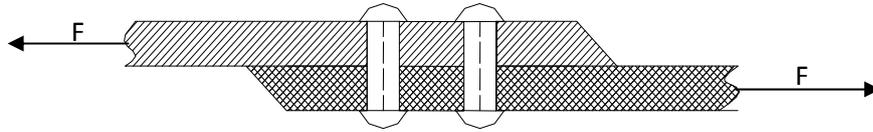
Bila ditinjau dari jumlah deret dan baris paku keling yang digunakan, maka Sambungan keling dapat dibedakan yaitu :

1. Sambungan Plat Tunggal dikeling Tunggal



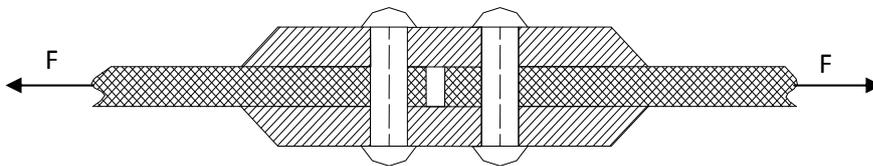
Gambar 2.3: Sambungan Plat Tunggal dikeling Tunggal

2. Sambungan Plat Tunggal dikeling Ganda



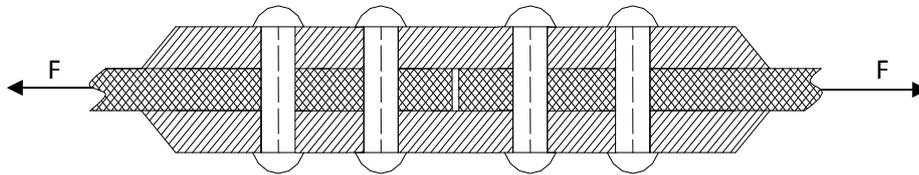
Gambar 2.4: Sambungan Plat Tunggal dikeling Ganda

3. Sambungan Plat Ganda dikeling Tunggal



Gambar 2.5: Sambungan Plat Ganda dikeling Tunggal

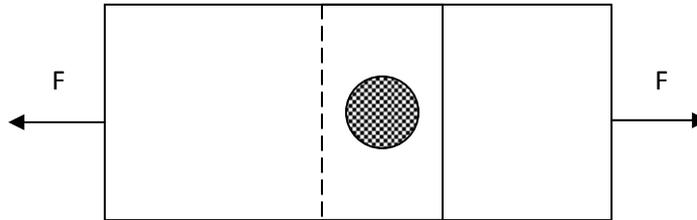
4. Sambungan Plat Ganda dikeling Ganda



Gambar 2.6: Sambungan Plat Ganda dikeling Ganda

2.2.6. Perencanaan sambungan paku keling

1. Sambungan Plat Tunggal Dikeling Tunggal



Gambar 2.7: Perencanaan Sambungan Plat Tunggal Dikeling Tunggal

Tegangan geser yang terjadi pada penampang bahan yaitu :

$$\tau_g = \frac{F}{A} \text{ (N / mm}^2\text{)} \quad (2.1)$$

Luas penampang yang akan putus adalah :

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \quad (2.2)$$

Sehingga :

$$\tau_g = \frac{F}{A} = \frac{F}{\frac{\pi \cdot d^2}{4}} = \frac{4F}{\pi \cdot d^2} \quad (2.3)$$

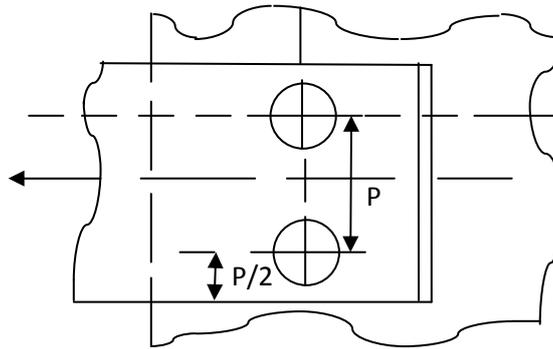
Maka diameter paku keling :

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot F}{\pi \cdot \tau_g}} \quad (2.4)$$

2. Sambungan Plat Tunggal Dikeling Tunggal Satu baris

Bila Sambungan bila tunggal dikeling tunggal satu baris seperti terlihat pada gambar. Dimana tegangan yang terjadi, pada paku keling yaitu :

$$\tau_s = \frac{F}{A} \quad (2.6)$$



Gambar 2.8: Perencanaan Plat Tunggal Dikeling Tunggal Satu baris

Untuk luas penampang paku yang akan putus pada sistem sambungan jenis ini sama dengan jumlah paku yang dipergunakan ($z = n$) yaitu :

$A = n \times$ luas penampang paku yang putus.

$$A = n \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \quad (2.7)$$

Sehingga :

$$\tau_s = \frac{F}{A} = \frac{F}{n \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4}} = \frac{4F}{n \cdot \pi \cdot d^2} \quad (2.8)$$

Maka diameter paku keling :

$$d = \sqrt{\frac{4.F}{n.\pi.\tau_g}} \quad (2.9)$$

Untuk menentukan ukuran plat yang sesuai yaitu :

$$\bar{\sigma} = \frac{F}{A} (N/mm^2) \quad (2.10)$$

Untuk luas penampang yang kemungkinan akan putus adalah :

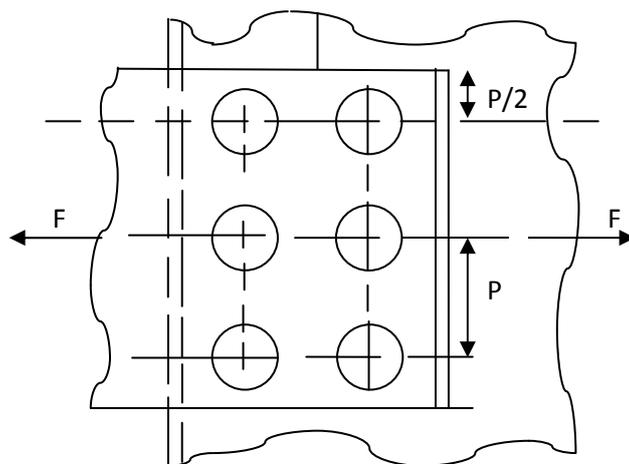
$$A = (b - z.d) t, \quad \text{dimana } b = z.p$$

$$A = (z.p - z.d) .t \quad \text{jadi} \quad A = z (p - d) .t$$

Maka :
$$\bar{\sigma}_t = \frac{F}{z.(p-d)t} \rightarrow p = \frac{F}{z.t.\bar{\sigma}_t} + d \quad (2.11)$$

Biasaya harga $P = 3.d + 5 \text{ (mm)}$

3. Sambungan Plat tunggal dikeling ganda



Gambar 2.9: Perencanaan kampuh Plat tunggal dikeling ganda

$A = n \times$ luas penampang paku yang putus.

$$A = n \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \quad (2.12)$$

Sehingga :

$$\tau_g = \frac{F}{A} = \frac{F}{n \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4}} = \frac{4F}{n \cdot \pi \cdot d^2} \quad (2.13)$$

Maka diameter paku keling :

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot F}{n \cdot \pi \cdot \tau_g}} \quad (2.14)$$

Untuk menentukan ukuran plat yang sesuai yaitu :

$$\bar{\sigma} = \frac{F}{A} (N/mm^2)$$

Untuk luas penampang yang kemungkinan akan putus adalah :

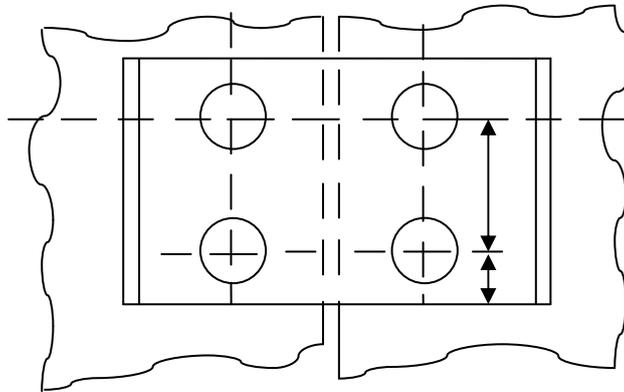
$$A = (b - z_1 \cdot d) \cdot t, \quad \text{dimana } b = z_1 \cdot p$$

$$A = (z_1 \cdot p - z_1 \cdot d) \cdot t \quad \text{jadi} \quad A = z_1 (p - d) \cdot t$$

$$\text{Maka :} \quad \bar{\sigma}_t = \frac{F}{z_1 \cdot (p - d) \cdot t} \rightarrow p = \frac{F}{z_1 \cdot t \cdot \bar{\sigma}_t} + d \quad (2.15)$$

$$\text{Biasaya harga} \quad P = 3 \cdot d + 5 \text{ (mm)}$$

4. Sambungan Plat Ganda Dikeling Tunggal



Gambar 2.10: Perencanaan Sambungan Plat Ganda Dikeling Tunggal

Sistem penyambung Sambungan Plat berganda dikeling tunggal seperti terlihat pada gambar, maka kedua plat tersebut akan terpisah, bila gaya luar mampu memutuskan dua luas penampang setiap paku keling tersebut, maka banyak luas penampang paku yang akan di putus (n) adalah : $n = 2 \cdot z$

tegangan gesernya adalah :

$A = n \times$ luas penampang paku yang putus, oleh karena $n = 2 \cdot z$ maka :

$$A = n \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 2 \cdot z \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} = z \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{2} \quad (2.16)$$

Sehingga :

$$\tau_g = \frac{F}{A} = \frac{F}{z \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{2}} = \frac{2F}{z \cdot \pi \cdot d^2} \quad (2.17)$$

Maka diameter paku keling :

$$d = \sqrt{\frac{2.F}{z.\pi.\tau_g}} \quad (2.18)$$

Menentukan lebar minimal plat.

$$\bar{\sigma} = \frac{F}{A} (N/mm^2) \quad (2.19)$$

Untuk luas penampang yang kemungkinan akan putus adalah :

$$A = (b - z_1.d) t, \quad \text{dimana } b = z_1.p$$

$$A (z_1.p - z_1.d) .t \quad \text{jadi} \quad A = z_1 (p - d) .t$$

Maka :
$$\bar{\sigma}_t = \frac{F}{z_1.(p-d)t} \rightarrow p = \frac{F}{z_1.t.\bar{\sigma}_t} + d \quad (2.20)$$

Biasaya harga $P = 3.d + 5$ (mm)

2.2.7. Standart Paku Keling

Table 2.2: Standar diameter paku keling

US	Matric
3/32	2.4 mm
3.0	3.0 mm
1/8	3.2 mm
5/32	4.0 mm
3/16	4.8 mm
	5.0 mm
	6.0 mm
1/4	6.4 mm

Sumber: SFS Intec, www.sfsintecusa.com

Tabel 2.3: Ukuran diameter dan lebar kepala paku keling jenis Flat Head

Nom Dia (D)	Nom Depth (K)
2	0,25
2,4	0,3
3,2	0,4
4	0,6
5	0,8
6	0,9

Nom Dia (D)	Nom Depth (K)
7	1,0
8	1,3
9	1,5
10	1,8
14	2,0
16	2,5

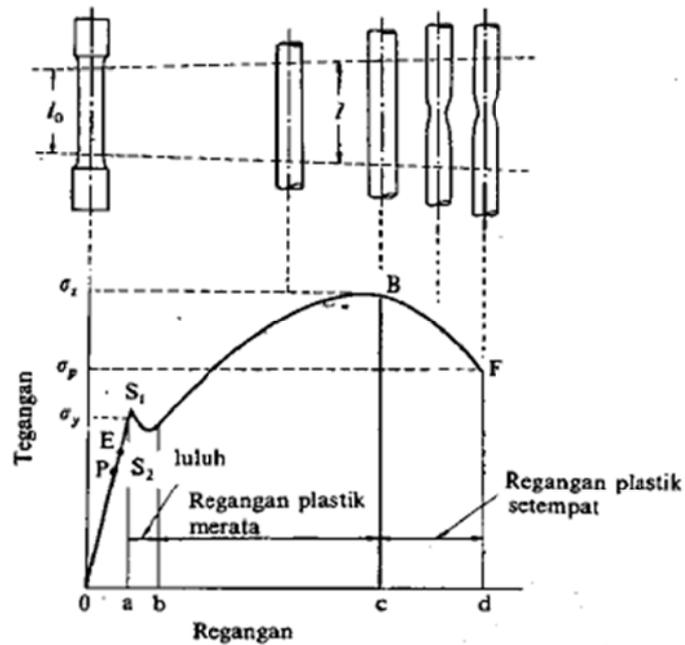
2.3. Pengujian Tarik

Proses pengujian tarik bertujuan untuk mengetahui kekuatan tarik pada benda uji. Pengujian tarik pada sambungan plat dimaksudkan untuk mengetahui kekuatan sambungan plat itu sendiri seperti untuk mengetahui tegangan, regangan dan modulus elastisitas dari bahan material yang digunakan.

Pembebanan tarik adalah pembebanan yang diberikan pada benda dengan memberikan gaya tarik berlawanan arah pada salah satu ujung benda.

Penarikan gaya terhadap beban akan mengakibatkan terjadinya perubahan bentuk (deformasi) bahan plat tersebut. Proses terjadinya deformasi pada bahan uji adalah proses pergeseran butiran kristal logam yang mengakibatkan melemahnya gaya elektromagnetik setiap atom logam hingga terlepas ikatan tersebut oleh penarikan gaya maksimum. Pada pengujian tarik beban diberikan secara kontinu dan pelan–pelan bertambah besar, bersamaan dengan itu dilakukan

pengamatan mengenai perpanjangan yang dialami benda uji dan dihasilkan kurva tegangan regangan.



Gambar 2.11: Kurva tegangan-regangan (Wiryosumarto, 2000)

Pada pengujian tarik beban diberikan secara kontinu dan pelan-pelan bertambah besar, bersamaan dengan itu dilakukan pengamatan mengenai perpanjangan yang dialami benda uji dan dihasilkan kurva tegangan regangan.

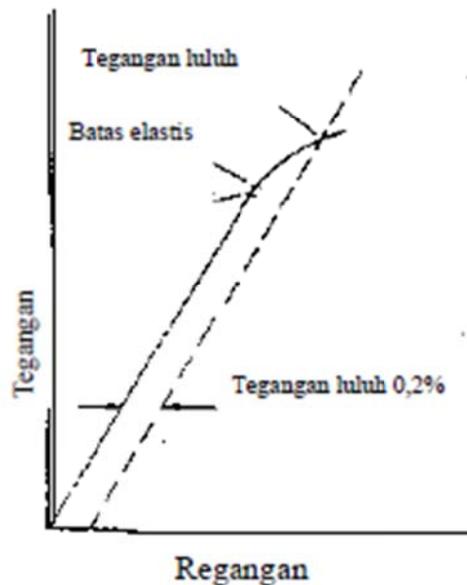
Tegangan dapat diperoleh dengan membagi beban dengan luas penampang mula benda uji.

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100\% = \frac{L - L_0}{L_0} \times 100\% \quad (2.21)$$

Pembebanan tarik dilakukan terus-menerus dengan menambahkan beban sehingga akan mengakibatkan perubahan bentuk pada benda berupa pertambahan panjang dan pengecilan luas permukaan dan akan mengakibatkan kepatahan pada

beban. Persentase pengecilan yang terjadi dapat dinyatakan dengan rumus sebagai berikut:

$$q = \frac{\Delta A}{A_0} \times 100\% = \frac{A_0 - A_1}{A_0} \times 100\% \quad (2.22)$$



Gambar 2.12: Batas elastis dan tegangan luluh 0,2 % (Smith,1984)

2.4. Klasifikasi Baja

Baja merupakan paduan yang sebagian besar terdiri dari unsur besi dan karbon 0,2%-2,1% (Choudhury *et al.*, 2001). Selain itu juga mengandung unsur-unsur lain seperti sulfur (S), fosfor (P), silikon (Si), mangan (Mn), dan sebagainya. Namun unsur-unsur ini hanya dalam presentase kecil. Sifat baja karbon dipengaruhi oleh presentase karbon dan struktur mikro. Sedangkan struktur mikro pada baja karbon dipengaruhi oleh perlakuan panas dan komposisi baja. Karbon dengan campuran unsur lain dalam baja dapat meningkatkan nilai kekerasan, tahan gores dan tahan suhu. Unsur paduan utama baja adalah karbon,

dengan ini baja dapat digolongkan menjadi tiga yaitu baja karbon rendah, baja karbon sedang, dan baja karbon tinggi (Amanto, 1999). Berdasarkan kandungan karbon, baja dibagi menjadi tiga macam, yaitu:

1. Baja karbon rendah

Baja karbon rendah (*low carbon steel*) mengandung karbon dalam campuran baja kurang dari 0,3%C. Baja ini tidak dapat dikeraskan karena kandungan karbonnya tidak cukup untuk membentuk struktur martensit. 6

2. Baja karbon sedang

Baja karbon sedang (*medium carbon steel*) mengandung karbon 0,3%C-0,6%C. Dengan kandungan karbonnya memungkinkan baja untuk dikeraskan melalui proses perlakuan panas yang sesuai. Baja ini lebih keras serta lebih kuat dibandingkan dengan baja karbon rendah.

3. Baja karbon tinggi

Baja karbon tinggi memiliki kandungan karbon 0,6%C-1,5%C dan memiliki kekerasan yang lebih tinggi, namun keuletannya lebih rendah. Berkebalikan dengan baja karbon rendah, pengerasan dengan perlakuan panas pada baja karbon tinggi tidak memberikan hasil yang optimal karena terlalu banyaknya martensit, sehingga membuat baja menjadi getas (Amanto, 1999). Sedangkan untuk baja paduan terdiri dari:

4. Baja Paduan Rendah (*Low Alloy Steel*)

Baja paduan rendah merupakan baja paduan yang elemen paduannya kurang dari 2,5% wt, misalnya unsur Cr, Mn, Ni, S, Si, P dan lain-lain.

2. Baja Paduan Menengah (*Medium Alloy Steel*)

5. Baja paduan menengah merupakan baja paduan yang elemen paduannya 2,5% - 10% wt, misalnya unsur Cr, Mn, Ni, S, Si, P dan lain-lain.

3. Baja Paduan Tinggi (*High Alloy Steel*)

6. Baja paduan tinggi merupakan baja paduan yang elemen paduannya lebih dari 10% wt, misalnya unsur Cr, Mn, Ni, S, Si, P dan lain-lain (Amanto, 1999). 7

2.5 Pengaruh Unsur Paduan Terhadap Baja

Baja yang hanya mengandung unsur karbon tidak akan memiliki sifat seperti yang diinginkan. Penambahan unsur-unsur paduan lain seperti Si, Mn, Ni, Cr, V, W, dan lain sebagainya dapat menghasilkan sifat-sifat baja yang diinginkan. Pengaruh penambahan beberapa unsur paduan terhadap sifat baja adalah:

a. Silikon (Si)

Unsur silikon mempunyai pengaruh menaikkan tegangan tarik dan menurunkan kecepatan pendinginan kritis (laju pendinginan minimal yang dapat menghasilkan

100% martensit). Silikon merupakan unsur paduan yang ada pada setiap baja dengan jumlah kandungan lebih dari 0,4%.

b. Mangan (Mn)

Unsur mangan dalam proses pembuatan baja berfungsi sebagai *deoxidizer* (pengikat O₂) sehingga proses peleburan dapat berlangsung baik. Dengan kadar Mn yang rendah dapat menurunkan pendinginan kritis.

c. Nikel (Ni)

Unsur nikel memberikan pengaruh sama dengan Mn, yaitu menurunkan suhu kritis dan kecepatan kritis. Ni membuat struktur butiran menjadi halus dan menambah keuletan.

d. Krom (Cr)

Unsur krom meningkatkan kekuatan tarik dan keplastisan, menambah mampu keras, meningkatkan tahan korosi dan tahan suhu tinggi.

e. Vanadium (V) dan Wolfram (W)

Unsur vanadium dan wolfram membentuk karbidat yang sangat keras dan memberikan baja dengan kekerasan yang tinggi. Kekerasan dan tahan panas 8

yang cukup tinggi pada baja sangat diperlukan untuk mesin pemotongan dengan kecepatan tinggi (Kurniawan, 2007).

2.6 Baja Pegas Daun

Baja pegas daun digunakan sebagai suspensi kendaraan darat, baik untuk kendaraan roda empat maupun roda enam. Komponen ini biasanya terdiri dari beberapa plat datar yang dijepit bersama untuk mendapatkan efisiensi dan daya lenting yang tinggi. Baja pegas daun merupakan suatu komponen utama yang digunakan untuk meredam getaran atau guncangan yang ditimbulkan oleh eksitasi-eksitasi gaya luar saat kendaraan bergerak. Karena itu komponen ini harus diperhitungkan dengan baik efek negatif terhadap kenyamanan penumpangnya. Bahan pegas daun termasuk dalam golongan baja pegas, yang sebenarnya tidak memiliki kekerasan tinggi (Sugeng, 2009). Tegangan pegas daun terjadi pada ujung yang dijepit. Pegas daun diharapkan terdefleksi secara teratur pada saat menerima beban. Adapun fungsinya yaitu dapat memberikan gaya, melunakan tumbukan dengan memanfaatkan sifat elastisitas bahannya, menyerap dan menyimpan energi dalam waktu yang singkat dan mengeluarkannya kembali dalam jangka waktu yang lebih panjang, serta mengurangi getaran. Cara kerja baja pegas daun adalah kemampuannya menerima kerja lewat perubahan bentuk elastis ketika mengendur, kemudian menyerahkan kembali ke dalam bentuk semula (Sugeng, 2009).

Baja *hypoeutectoid* memiliki nilai kekerasan awal sebesar 30,1 HRC dengan kandungan karbon 0,5%. Hasil penelitian Susri Mizhar dan Suherman (2011) tentang pengaruh perbedaan kondisi tempering terhadap struktur mikro dan kekerasan dari baja pegas daun AISI 4140 pada penelitiannya nilai kekerasan awal baja sebelum dipanaskan sebesar 26,6 HRC dengan kandungan karbon 0,4126%. Berdasarkan hasil penelitian tersebut setiap baja pegas daun memiliki nilai kekerasan berbeda-beda tergantung dari unsur-unsur yang terdapat dalam baja.

2.7 Struktur Logam

Sifat-sifat yang dimiliki logam akan berpengaruh dalam penggunaan logam, hal ini yang merupakan dasar dari pemilihan bahan. Sifat-sifat yang dimiliki setiap logam berbeda karena adanya perbedaan unsur-unsur penyusun serta paduan yang akan membentuk struktur mikronya. Unsur adalah material yang independen dan murni tanpa pengotor atau unsur-unsur lain. Unsur-unsur tersusun atas atom-atom yang mempunyai inti dan elektron. Inti atom bermuatan positif (+) yang terdiri dari proton dan neutron, sedangkan elektron bermuatan negatif (-). Karena adanya muatan ini setiap unsur akan saling tarik menarik sehingga mencapai kondisi yang stabil atau netral (Supardi, 1999).

Karena adanya gaya tarik menarik antar atom, maka atom-atom logam akan membentuk persenyawaan satu dengan yang lain. Persenyawaan ini akan membentuk suatu bagan geometrik tertentu dalam keadaan padat yang disebut sebagai kristalit. Bentuk geometri pada logam besi dan baja biasanya berupa

kubus, yang tersusun dari atom-atomnya. Struktur mikro baja dapat dipahami melalui metalurgi baja karbon dengan diagram besi karbon (Fe-C). menunjukkan transformasi fasa yang terjadi sebagai akibat dari perlakuan panas pada baja yakni pemanasan dan pendinginan. Pada pendinginan di bawah A1 akan mempengaruhi struktur mikro baja (Higgins, 1999).

BAB 3

METODELOGI PENELITIAN

3.1 Waktu Dan Tempat

Adapun pelaksanaan penelitian ini dilakukan di laboratorium mekanika kekuatan material dan laboratorium proses produksi Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

3.2 Waktu Kegiatan

Tabel 3.1 Timeline kegiatan

No	Kegiatan	Bulan					
		April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September
1	Studi Literatur	■					
2	Penyediaan Material		■				
3	Proses Pembuatan Spesimen			■			
4	Pengujian				■		
5	Evaluasi data					■	■

3.3 Alat dan Bahan Yang Digunakan

Adapun alat dan bahan yang dipergunakan adalah sebagai berikut:

1. Lembaran plat baja karbon rendah

Lembaran plat baja karbon rendah berfungsi sebagai material yang akan digunakan sebagai spesimen pengujian, adapun ketebalan pada plat yang digunakan pada spesimen sebesar 3 mm



Gambar 3.1: Lembaran alumunium plat

2. Paku keeling

Paku keeling berfungsi sebagai alat penyambungan yang akan digunakan dalam percobaan ini adapun diameter paku keeling yang digunakan dalam percobaan ini adalah paku keeling dengan diameter 4 mm



Gambar 3.2: Paku keling

3. Mesin uji tarik

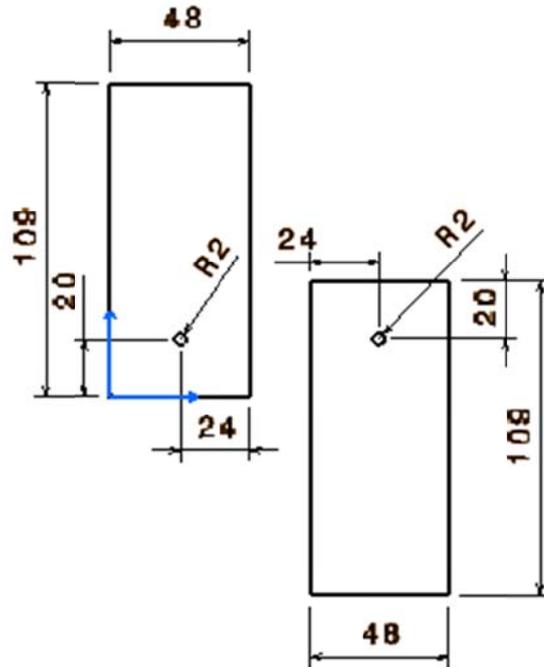
Mesin uji tarik berfungsi sebagai alat uji yang akan digunakan dalam percobaan ini, mesin uji tarik yang digunakan pada percobaan ini memiliki kekuatan tarik maksimal sebesar 5 ton



Gambar 3.3: Mesin uji tarik

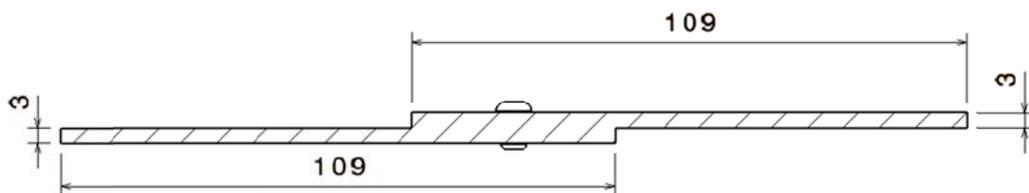
3.4 Desain Sambungan Paku Keling

1. Desain plat yang akan disambung



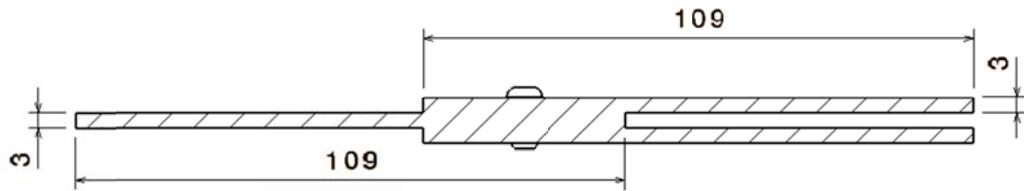
Gambar 3.4: Desain plat yang akan disambung

2. Desain sambungan plat tunggal dikeling satu baris



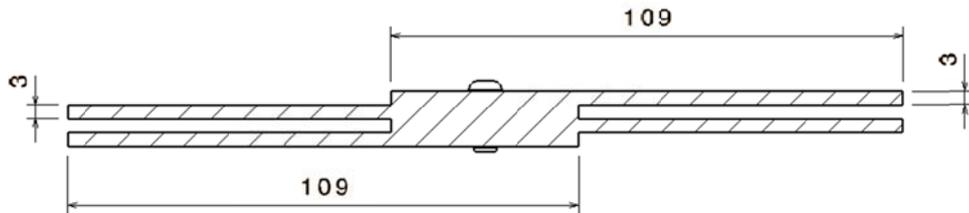
Gambar 3.5: Desain sambungan plat tunggal dikeling satu baris

3. Desain sambungan plat tunggal dengan dua plat dikeling satu baris



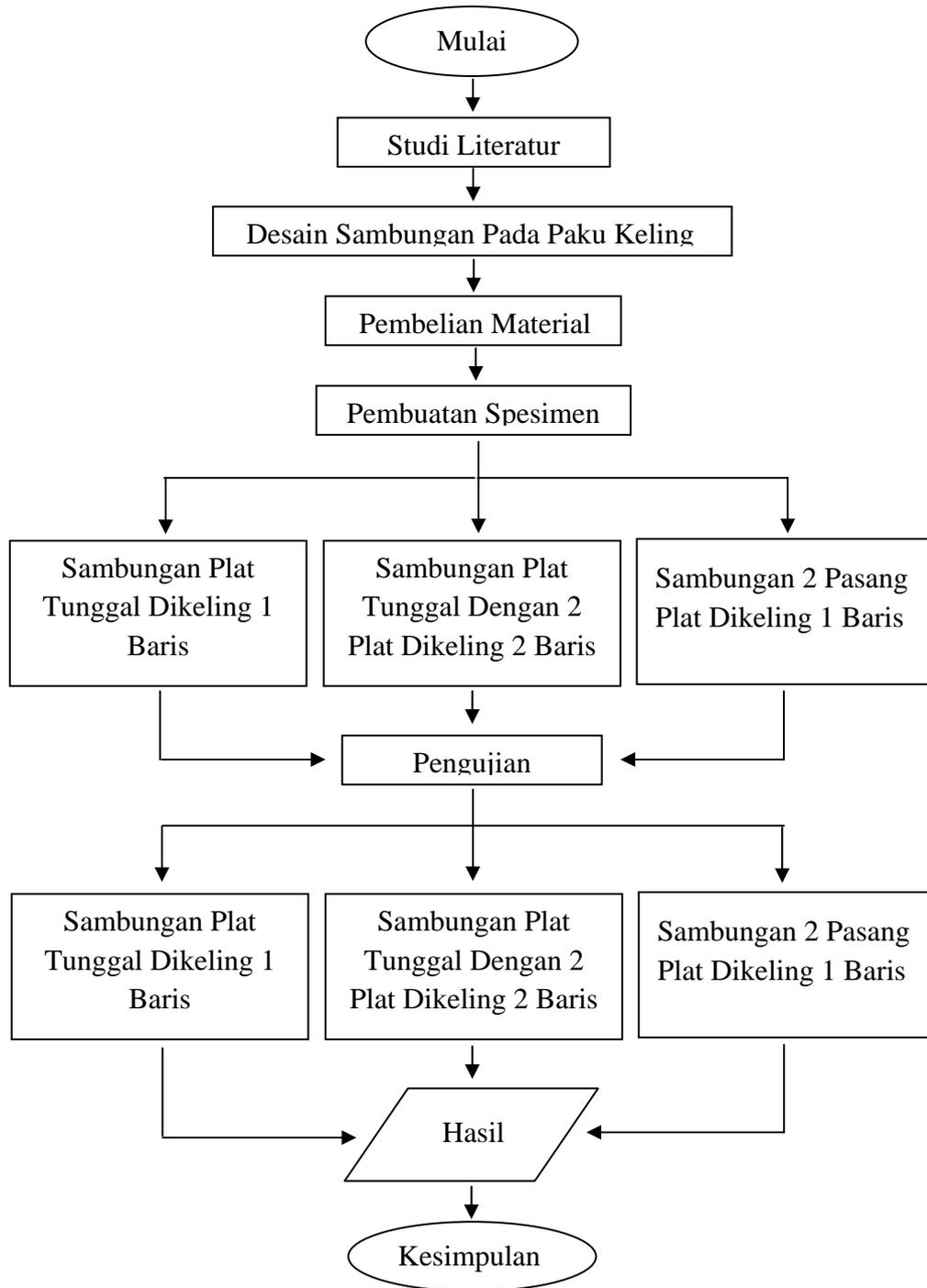
Gambar 3.6: Desain sambungan plat tunggal dengan dua plat dikeling satu baris

4. Desain sambungan dua pasang plat dikeling satu baris



Gambar 3.7: Desain sambungan dua pasang plat dikeling satu baris

3.5 Diagram Alir Penulisan



Gambar 3.8: Diagram Alir Penelitian

BAB 4

HASIL PENELITIAN

4.1. Hasil Pengujian

4.1.1 Hasil Pengujian Pada Sambungan Plat Tunggal Dikeling Satu Baris Percobaan Pertama

Setelah dilakukan pengujian pada sambungan plat tunggal dikeling satu baris dapat di cari tegangan geser yang terjadi pada paku keeling dengan menggunakan persamaan dibawah

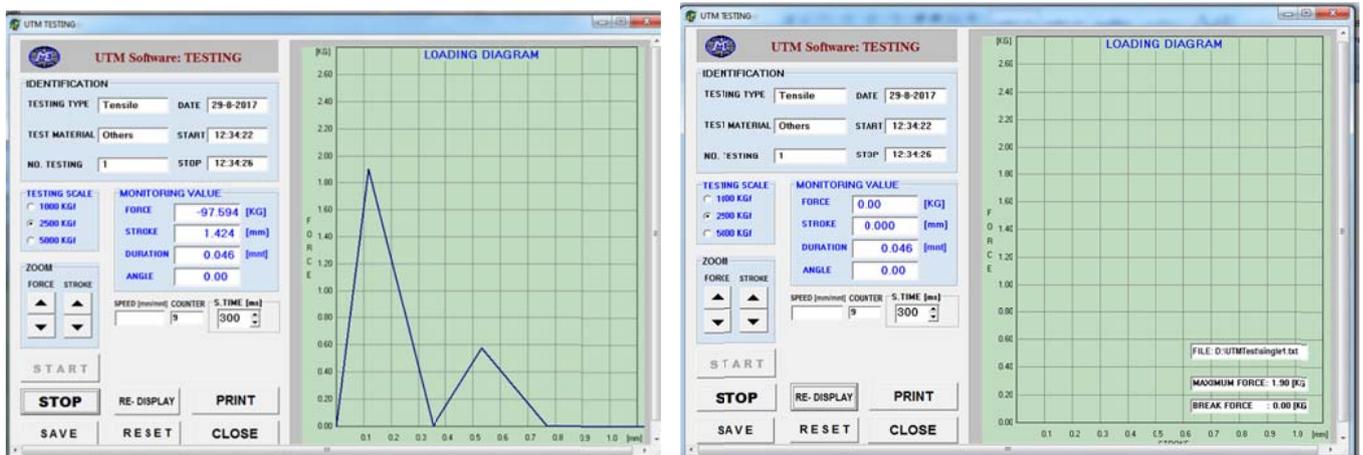
$$\tau_g = \frac{F}{A} (N / mm^2)$$

$$\tau_g = \frac{F}{A} = \frac{F}{\frac{\pi \cdot d^2}{4}} = \frac{4F}{\pi \cdot d^2}$$

Sehingga didapat :

$$\tau_g = \frac{F}{A} = \frac{1,90}{\frac{3,14 \cdot 4^2}{4}} = \frac{4 \cdot 1,90}{3,14 \cdot 4^2}$$

$$\tau_g = 1,48 N / mm^2$$



Gambar 4.1: Grafik hasil pengujian sambungan plat tunggal dikeling satu baris percobaan pertama

4.1.2 Hasil Pengujian Pada Sambungan Plat Tunggal Dikeling Satu Baris Percobaan Kedua

Setelah dilakukan pengujian pada sambungan plat tunggal dikeling satu baris dapat di cari tegangan geser yang terjadi pada paku keeling dengan menggunakan persamaan dibawah

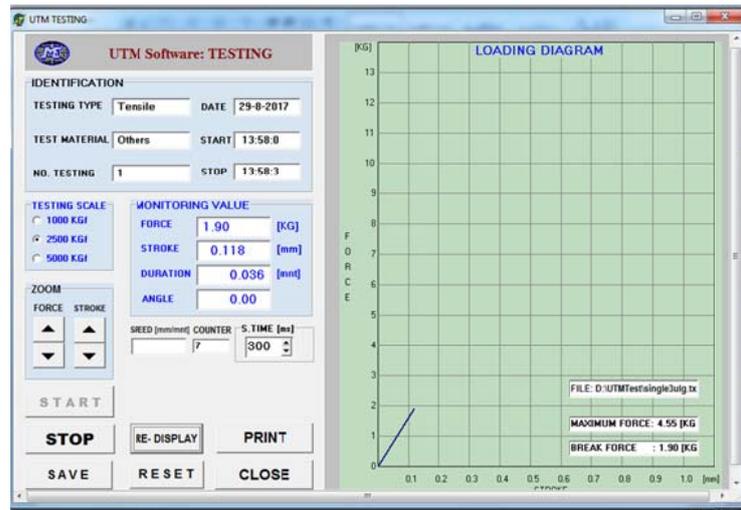
$$\tau_g = \frac{F}{A} (N / mm^2)$$

$$\tau_g = \frac{F}{A} = \frac{F}{\frac{\pi \cdot d^2}{4}} = \frac{4F}{\pi \cdot d^2}$$

Sehingga didapat :

$$\tau_g = \frac{F}{A} = \frac{4,55}{\frac{3,14.4^2}{4}} = \frac{4.4,55}{3,14.4^2}$$

$$\tau_g = 3,55 \text{ N/mm}^2$$



Gambar 4.2: Grafik hasil pengujian sambungan plat tunggal dikeling satu baris percobaan Kedua

4.1.3 Hasil Pengujian Pada Sambungan Plat Tunggal Dikeling Satu Baris Percobaan Ketiga

Setelah dilakukan pengujian pada sambungan plat tunggal dikeling satu baris dapat di cari tegangan geser yang terjadi pada paku keeling dengan menggunakan persamaan dibawah

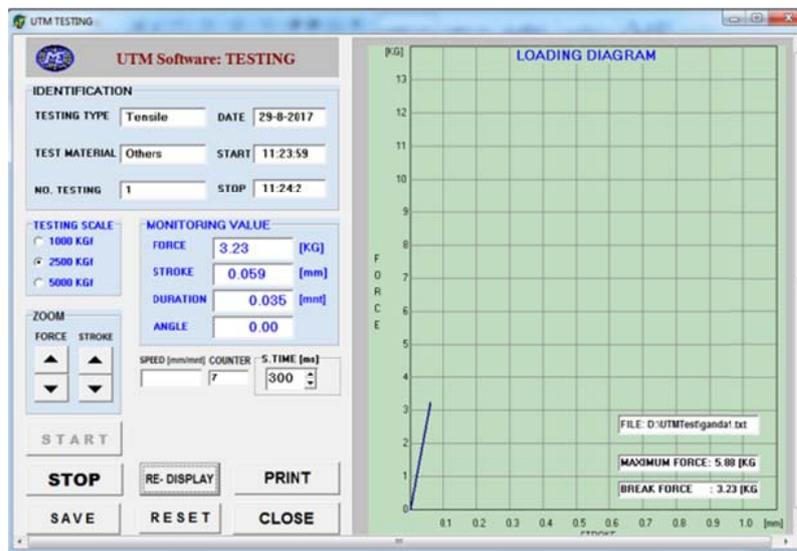
$$\tau_g = \frac{F}{A} (N/mm^2)$$

$$\tau_g = \frac{F}{A} = \frac{F}{\frac{\pi \cdot d^2}{4}} = \frac{4F}{\pi \cdot d^2}$$

Sehingga didapat :

$$\tau_g = \frac{F}{A} = \frac{5,88}{\frac{3,14 \cdot 4^2}{4}} = \frac{4,5,88}{3,14 \cdot 4^2}$$

$$\tau_g = 4,58 \text{ N/mm}^2$$



Gambar 4.3: Grafik hasil pengujian sambungan plat tunggal dikeling satu baris percobaan ketiga

4.1.4 Hasil Pengujian Pada Sambungan Plat Tunggal Dengan Dua Plat Dikeling Satu Baris Percobaan Pertama

Setelah dilakukan pengujian pada sambungan plat tunggal dikeling satu baris dapat di cari tegangan geser yang terjadi pada paku keeling dengan menggunakan persamaan dibawah

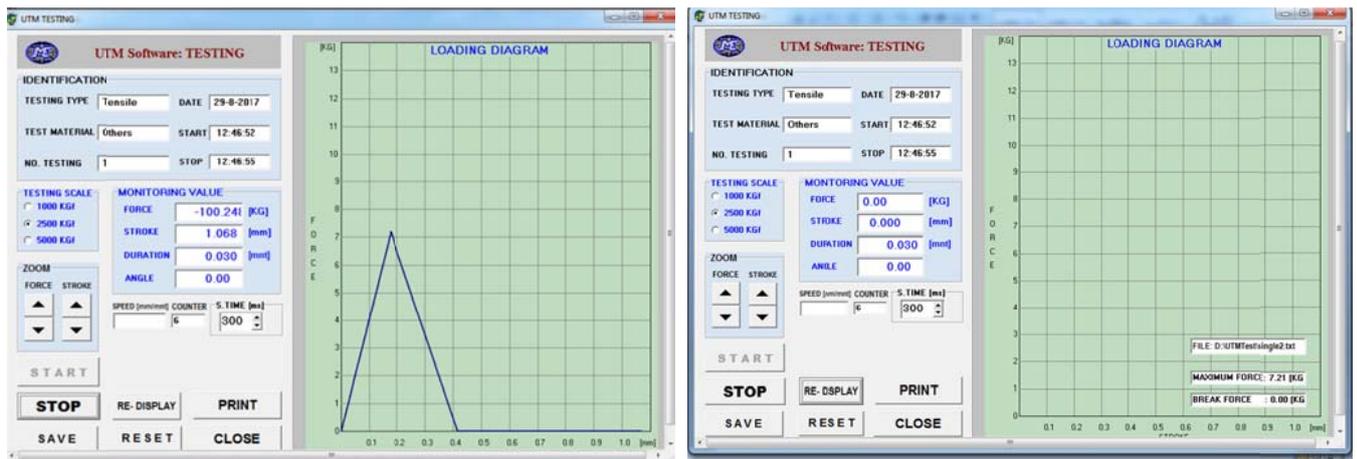
$$\tau_g = \frac{F}{A} (N / mm^2)$$

$$\tau_g = \frac{F}{A} = \frac{F}{\frac{\pi.d^2}{4}} = \frac{4F}{\pi.d^2}$$

Sehingga didapat :

$$\tau_g = \frac{F}{A} = \frac{7,21}{3,14.4^2} = \frac{4,7,21}{3,14.4^2}$$

$$\tau_g = 5,62 N / mm^2$$



Gambar 4.4: Grafik hasil pengujian sambungan plat tunggal dengan dua plat dikeling satu baris percobaan pertama

4.1.5 Hasil Pengujian Pada Sambungan Plat Tunggal Dengan Dua Plat Dikeling Satu Baris Percobaan Kedua

Setelah dilakukan pengujian pada sambungan plat tunggal dikeling satu baris dapat di cari tegangan geser yang terjadi pada paku keeling dengan menggunakan persamaan dibawah

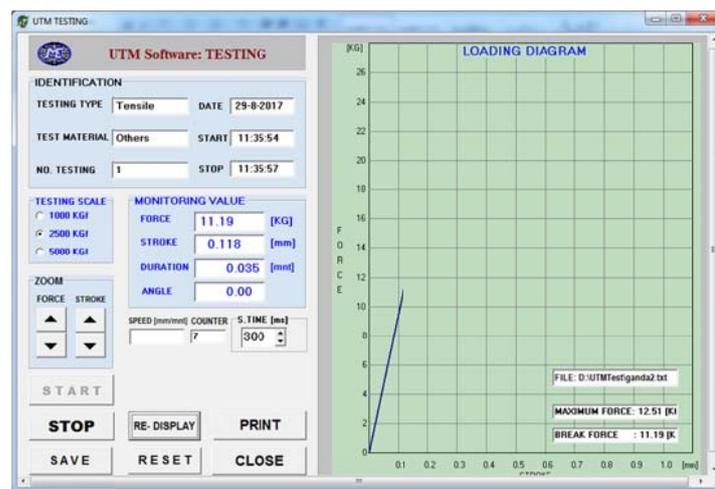
$$\tau_g = \frac{F}{A} (N / mm^2)$$

$$\tau_g = \frac{F}{A} = \frac{F}{\frac{\pi \cdot d^2}{4}} = \frac{4F}{\pi \cdot d^2}$$

Sehingga didapat :

$$\tau_g = \frac{F}{A} = \frac{12,51}{3,14 \cdot 4^2} = \frac{4 \cdot 12,51}{3,14 \cdot 4^2}$$

$$\tau_g = 9,76 \text{ N} / \text{mm}^2$$



Gambar 4.5: Grafik hasil pengujian sambungan plat tunggal dengan dua plat dikeling satu baris percobaan kedua

4.1.6 Hasil Pengujian Pada Sambungan Plat Tunggal Dengan Dua Plat Dikeling Satu Baris Percobaan Ketiga

Setelah dilakukan pengujian pada sambungan plat tunggal dikeling satu baris dapat di cari tegangan geser yang terjadi pada paku keeling dengan menggunakan persamaan dibawah

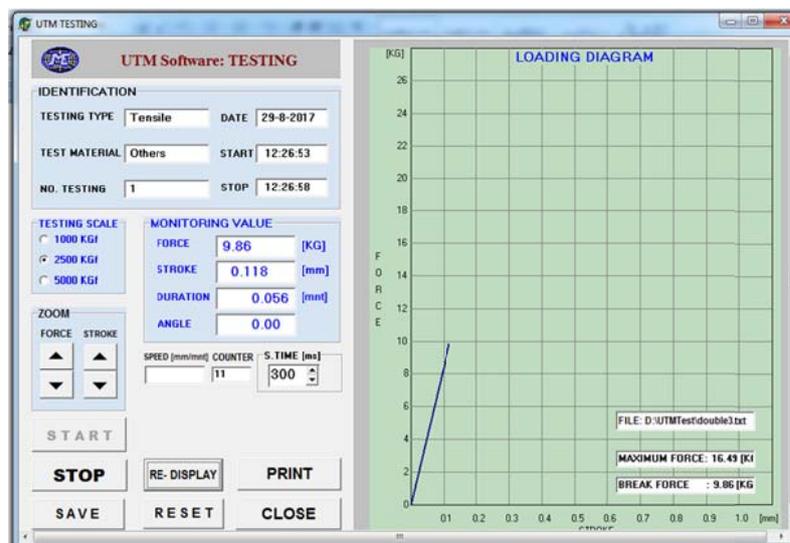
$$\tau_g = \frac{F}{A} (N/mm^2)$$

$$\tau_g = \frac{F}{A} = \frac{F}{\frac{\pi \cdot d^2}{4}} = \frac{4F}{\pi \cdot d^2}$$

Sehingga didapat :

$$\tau_g = \frac{F}{A} = \frac{16,49}{3,14 \cdot 4^2} = \frac{4 \cdot 16,49}{3,14 \cdot 4^2}$$

$$\tau_g = 12,8 N/mm^2$$



Gambar 4.6: Grafik hasil pengujian sambungan plat tunggal dengan dua plat dikeling satu baris percobaan ketiga

4.1.7 Hasil Pengujian Pada Sambungan Dua Pasang Plat Yang Dikeling Satu Baris Percobaan Pertama

Setelah dilakukan pengujian pada sambungan plat tunggal dikeling satu baris dapat di cari tegangan geser yang terjadi pada paku keeling dengan menggunakan persamaan dibawah

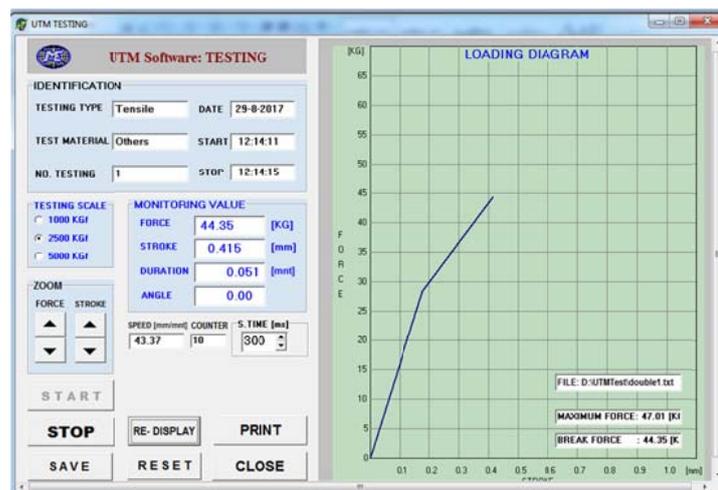
$$\tau_g = \frac{F}{A} (N/mm^2)$$

$$\tau_g = \frac{F}{A} = \frac{F}{\frac{\pi \cdot d^2}{4}} = \frac{4F}{\pi \cdot d^2}$$

Sehingga didapat :

$$\tau_g = \frac{F}{A} = \frac{47}{3,14 \cdot 4^2} = \frac{4 \cdot 47}{3,14 \cdot 4^2}$$

$$\tau_g = 36,6 N/mm^2$$



Gambar 4.7: Grafik hasil pengujian sambungan dua pasang plat yang dikeling satu baris percobaan pertama

4.1.8 Hasil Pengujian Pada Sambungan Dua Pasang Plat Yang Dikeling Satu Baris Percobaan Kedua

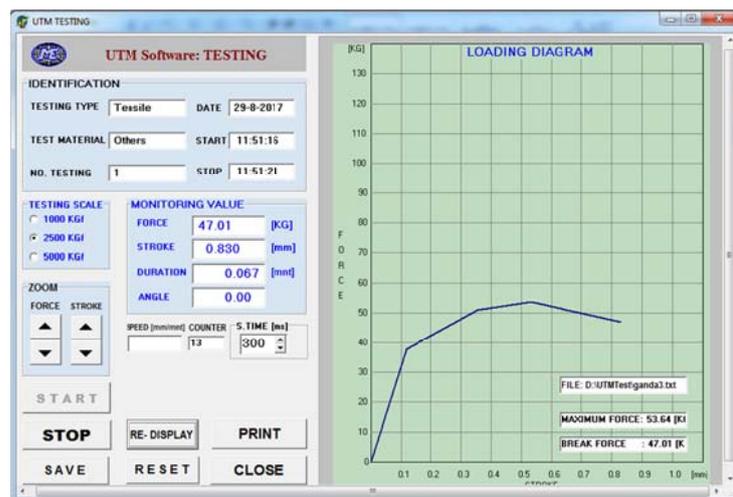
Setelah dilakukan pengujian pada sambungan plat tunggal dikeling satu baris dapat di cari tegangan geser yang terjadi pada paku keeling dengan menggunakan persamaan dibawah

$$\tau_g = \frac{F}{A} (N / mm^2)$$
$$\tau_g = \frac{F}{A} = \frac{F}{\frac{\pi \cdot d^2}{4}} = \frac{4F}{\pi \cdot d^2}$$

Sehingga didapat :

$$\tau_g = \frac{F}{A} = \frac{53,64}{3,14 \cdot 4^2} = \frac{4 \cdot 53,64}{3,14 \cdot 4^2}$$

$$\tau_g = 41,8 N / mm^2$$



Gambar 4.8: Grafik hasil pengujian sambungan dua pasang plat yang dikeling satu baris percobaan kedua

4.1.9 Hasil Pengujian Pada Sambungan Dua Pasang Plat Yang Dikeling Satu Baris Percobaan Ketiga

Setelah dilakukan pengujian pada sambungan plat tunggal dikeling satu baris dapat di cari tegangan geser yang terjadi pada paku keeling dengan menggunakan persamaan dibawah

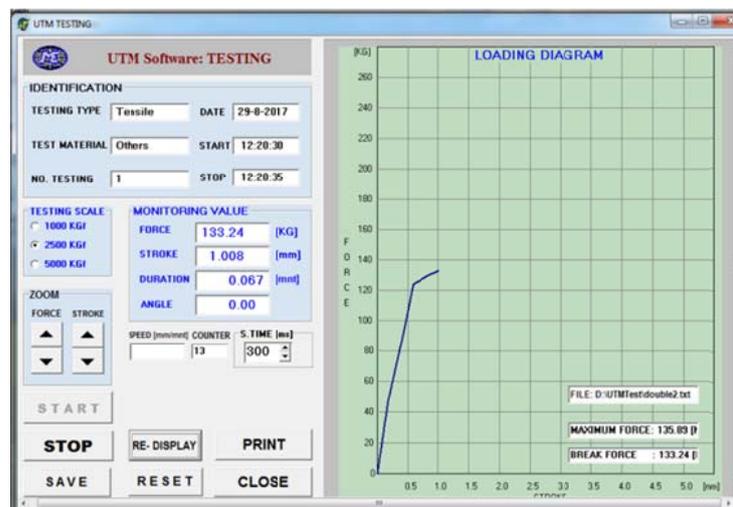
$$\tau_g = \frac{F}{A} (N / mm^2)$$

$$\tau_g = \frac{F}{A} = \frac{F}{\frac{\pi \cdot d^2}{4}} = \frac{4F}{\pi \cdot d^2}$$

Sehingga didapat :

$$\tau_g = \frac{F}{A} = \frac{135,89}{\frac{3,14 \cdot 4^2}{4}} = \frac{4 \cdot 135,89}{3,14 \cdot 4^2}$$

$$\tau_g = 106,2 N / mm^2$$



Gambar 4.9: Grafik hasil pengujian sambungan dua pasang plat yang dikeling satu baris percobaan ketiga

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Setelah melakukan pengujian pada simulasi pengujian tarik disetiap percobaannya, kesimpulan yang didapat adalah sebagai berikut:

1. Tegangan geser tertinggi terjadi pada pengujian sambungan plat tunggal dengan dua plat dikeling satu baris
2. Sambungan yang paling baik pada penyambungan paku keling adalah sambungan dua pasang plat yang dikeling satu baris

5.2. Saran

1. Pada penelitian ke depan diharapkan pengujian paku keling dilakukan dengan diameter yang bervariasi
2. Pada penelitian ke depan diharapkan dapat di lakukan pengujian paku keling dengan variasi jenis sambungan yang berbeda agar semakin bervariasi data yang didapatkan

DAFTAR PUSTAKA

Askeland. *Dasar Teori Uji Tarik*. Yogyakarta. , 1985

Hajime Shudo. *Material Testing (Zairyō Shiken)*. Uchidarokakuho, 1983.
Nash. *Strength of Materials*. Schaum's Outlines, 1998. William.

John A. Schey. 2000. *Proses Manufaktur* . Terjemahan oleh Rines, Dwiyani Asih dan Basuki Heri Winarno. 2009. Yogyakarta. Andi.

Schey, A. John. *Proses Manufaktur*. Departmen of Mechanical Engineering University of Waterloo, Ontario, 1999.

William D. Callister Jr. John Wiley&Sons. *Material Science and Engineering*. 2004. An Introduction.

<http://www.slideshare.net/rumahbelajar/bab-02-material-dan-proses>

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Nama : Nanda Noer Riezki
NPM : 1207230162
Tempat/Tanggal Lahir : Banda Aceh 09 Mei 1994
Jenis Kelamin : Laki - Laki
Alamat : Dusun Harapan
Kelurahan/Desa : Pematang Tengah
Kecamatan : Tanjung Pura
Agama : Islam
Status Nikah : Belum Kawin
No. HP : 082274596091
Nama Orang Tua
Ayah : Alm. Ibnu Hasan
Ibu : Fatimah

PENDIDIKAN FORMAL

1998 - 1999 : TK Al- Anshar
2000 - 2006 : SD Negeri No 056021
2006 - 2009 : SMP Negeri 1 Tg. Pura
2009 - 2012 : SMK Negeri 1 Tg. Pura
2012 - 2017 : Mengikuti Program Studi S1 Teknik Mesin di
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara