

ANALISIS BENDING PADA PLAT GALVANIS TERHADAP KEKUATAN SAMBUNGAN DENGAN METODE SPOT WELDING



YOBERT SAMBO ALLOSOMBA
D021 18 1345

PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2024



**ANALISIS BENDING PADA PLAT GALVANIS TERHADAP KEKUATAN
SAMBUNGAN DENGAN METODE SPOT WELDING**

**YOBERT SAMBO ALLOSOMBA
D021 18 1345**



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2024**

**ANALISIS BENDING PADA PLAT GALVANIS TERHADAP KEKUATAN
SAMBUNGAN DENGAN METODE SPOT WELDING**

YOBERT SAMBO ALLOSOMBA
D021 18 1345

Skripsi

sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar sarjana

Program Studi Sarjana Teknik Mesin

pada

**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2024**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**ANALISIS BENDING PADA PLAT GALVANIS TERHADAP KEKUATAN
SAMBUNGAN DENGAN METODE SPOT WELDING**

YOBERT SAMBO ALLOSOMBA
D021 18 1345

Skripsi,

Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Sarjana pada tanggal (tgl/bln/thn) dan
dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

pada

Program Studi Sarjana
Departemen Teknik Mesin
Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin
Gowa

Mengesahkan,
Pembimbing Utama



Prof. Dr. Ir. Ilyas Renreng, MT.
NIP: 195709141987031001

Mengetahui,
Ketua Program Studi



Dr. Ir. Muhammad Syahid, ST., MT
NIP: 197707072005111001

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Yobert Sambo Allossomba
NIM : D021 18 1345
Program Studi : Teknik Mesin
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulis saya berjudul

**ANALISIS BENDING PADA PLAT GALVANIS TERHADAP KEKUATAN
SAMBUNGAN DENGAN METODE SPOT WELDING**

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri. Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko. Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh Penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerimasanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 10 Desember 2024

Yang Menyatakan



Yobert Sambo Allossomba

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji dan syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas berkat rahmat serta kasih-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang mengambil judul: “ANALISIS BENDING PADA PLAT GALVANIS TERHADAP KEKUATAN SAMBUNGAN DENGAN METODE SPOT WELDING”. Tujuan penulisan skripsi ini untuk memenuhi sebagian syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST) bagi mahasiswa program S-1 di program studi Jurusan Mesin Prodi Teknik Mesin. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh sebab itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Terselesainya skripsi ini tidak terlepas dari bantuan banyak pihak, sehingga pada kesempatan ini dengan segala kerendahan hati dan penuh rasa hormat penulis menghaturkan terima kasih yang sebesar-besarnya bagi semua pihak yang telah memberikan bantuan moril maupun materil baik langsung maupun tidak langsung dalam penyusunan skripsi ini hingga selesai, terutama kepada yang saya hormati:

1. Orang Tua, Keluarga dan terkhusus kepada Saudara Penulis yang selalu mendoakan, memberikan motivasi dan pengorbanannya baik dari segi moral, materi kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc selaku rektor Universitas Hasanuddin.
3. Bapak Prof. Dr. Eng. Ir. Muhammad Isran Ramli, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin;
4. Bapak Dr. Muhammad Syahid, S.T, M.T. selaku Ketua Departemen Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
5. Bapak Prof. Dr. Ir. Ilyas Renreng, MT. selaku Dosen Pembimbing pertama, yang telah memberikan kritik dan saran serta bimbingan maupun arahan yang sangat berguna dalam penyusunan skripsi ini.
6. Bapak Dr. Ir. Hairul Arsyad, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing kedua, yang telah memberikan kritik dan saran serta bimbingan maupun masukan selama penyusunan tugas akhir
7. Bapak dan Ibu Dosen dan serta staff Civitas Akademika Fakultas Teknik Departemen Teknik Mesin Universitas Hasanuddin yang telah banyak membantu Penulis dalam mengurus dan memudahkan perjalanan berkas Penulis menuju Rektorat.
8. Kepada saudara(i) seperjuangan KMKO TEKNIK 2018 dan LANTANG (D.10) yang selalu ada dalam suka maupun duka.
9. Kepada saudara(i) seperjuangan REACTOR'18 yang selalu ada dalam suka maupun duka. Khususnya kepada saudara Angga Asteriasti Aji S.T, M.T, Rizal Hadi S.T, Ikhsan Biring S.T, Fatur S.T, serta teman-teman lain yang tidak sempat penulis sebutkan satu persatu.

Akhir kata penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu dan penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua dan menjadi bahan masukan dalam dunia pendidikan.

Gowa, 10 Desember 2024

Yobert Sambo Allosomba

ABSTRAK

Pada industri karoseri kekuatan dan kerapian sambungan pada body sangat diperhatikan karena akan ikut menentukan kualitas produk. Salah satu cara yang sering direkomendasikan pada industri ini adalah dengan las titik atau spot welding. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi sudut tekuk terhadap kekerasan dan geometri nugget pada sambungan plat galvanis menggunakan metode spot welding. Penelitian ini menggunakan plat galvanis dengan ketebalan 1 mm dan menguji tiga variasi sudut tekuk, yaitu 45° , 90° , dan 180° . Pengujian dilakukan dengan menggunakan mesin las titik dengan arus 900 amper dan waktu penahanan 1 detik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi sudut tekuk mempengaruhi kekerasan dan geometri nugget pada sambungan plat galvanis. Penelitian ini dapat membantu dalam mengoptimalkan desain sambungan plat yang dihasilkan melalui metode spot welding, sehingga dapat mengembangkan struktur yang lebih efisien dan tahan lama dalam berbagai aplikasi, seperti kendaraan, peralatan industri, dan lainnya. Hasil penelitian ini juga dapat digunakan dalam pelatihan calon insinyur, teknisi pengelasan, dan profesional terkait lainnya untuk mempersiapkan mereka bekerja dalam industri manufaktur dan rekayasa.

Keyword: Pengelasan Spot Welding, Plat Galvanis, Geometri Nugget, dan Uji Tarik

ABSTRACT

In the bodywork industry, the strength and neatness of the joints on the body are very important because they will also determine the quality of the product. One method that is often recommended in this industry is spot welding. This study aims to analyze the effect of bending angle variations on the hardness and geometry of nuggets on galvanized plate joints using the spot welding method. This study used galvanized plates with a thickness of 1 mm and tested three bending angle variations, namely 45°, 90°, and 180°. The test was carried out using a spot welding machine with a current of 900 amperes and a holding time of 1 second. The results of the study showed that bending angle variations affected the hardness and geometry of nuggets on galvanized plate joints. This study can help in optimizing the design of plate joints produced by the spot welding method, so that it can develop more efficient and durable structures in various applications, such as vehicles, industrial equipment, and others. The results of this study can also be used in the training of prospective engineers, welding technicians, and other related professionals to prepare them to work in the manufacturing and engineering industries.

Keywords: *Spot Welding, Galvanized Plate, Nugget Geometry, and Tensile Test*

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	ii
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA	iv
UCAPAN TERIMA KASIH	v
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	1
1.3 Tujuan Penelitian.....	1
1.4 Batasan Masalah.....	2
1.5 Manfaat Penelitian.....	2
1.6 Definisi Pengelasan.....	2
1.7 Jenis – Jenis Mesin Las	4
1.8 <i>Resistance Spot Welding</i>	7
1.9 Parameter Pengelasan.....	9
1.9.1 Arus Listrik Pengelasan	9
1.9.2 Tahanan Listrik (<i>Resistance</i>)	10
1.9.3 Waktu Pengelasan.....	10
1.10 Karakteristik Elektroda.....	11
1.10.1 Penekanan Elektroda.....	12
1.10.2 Fungsi Elektroda	12
1.10.3 Komposisi Material Elektroda.....	12
1.11 Las Titik (<i>Spot Welding</i>).....	13
1.12 Penekukan (<i>Bending</i>)	14
1.13 Plat <i>Galvanis</i>	15
1.14 Uji Tarik	15
1.15 <i>Tensile Machine</i>	16
BAB II METODOLOGI PENELITIAN	17
2.1 Waktu dan Tempat Penelitian	17
2.2 Alat dan Bahan.....	17
2.2.1 Alat	17
2.2.2 Bahan	20
2.3 Rancangan Benda Uji	20
2.4 Flowchart Penelitian	21
2.5 Prosedur Penelitian	21
BAB III HASIL DAN PEMBAHASAN	23
3.1 Data Hasil Pengujian Kekerasan.....	23

3.2 Data Hasil Pengukuran Diameter <i>Nugget</i>	24
3.3 Data Hasil Uji Tarik.....	26
BAB IV PENUTUP.....	28
4.1 Kesimpulan	28
4.2 Saran.....	28
DAFTAR PUSTAKA	29
LAMPIRAN	30

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Jenis sambungan Tumpang	8
Gambar 1.2 Skema proses RSW	8
Gambar 1.3 (a) Tahapan siklus pengelasan titik, (b) Gaya tekan dan arus listrik yang terkait selama siklus pengelasan menurut.....	9
Gambar 1.4 Resistensi pada spot welding.	10
Gambar 1.5 Tipe elektroda RSW sesuai standar ISO	12
Gambar 1.6 Diagram alat las titik	13
Gambar 1.7 Proses Bending	14
Gambar 1.8 Proses V-Bending.....	14
Gambar 1.9 Tensile Machine	16
Gambar 2.1 Lensa X400	17
Gambar 2.2 Resistance spot welding	18
Gambar 2.3 Alat bending.....	18
Gambar 2.4 Alat Uji Kekerasan	19

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Komposisi material elektroda.....	12
Tabel 3.1 Foto Makro Dengan Variasi Tekukan	25

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Dokumentasi pengujian sampel.....	30
Lampiran 2. Tabel hasil uji tarik.....	31
Lampiran 3. Dokumentasi pengukuran geometri nugget las	32
Lampiran 4. Dokumentasi spesimen atau benda kerja.....	33
Lampiran 5. Dokumentasi proses penekukan specimen atau benda kerja.....	34
Lampiran 6. Dokumentasi proses pengujian tensile machine.....	36

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi industri saat ini sudah mengarah pada produksi massal. Hal ini dituntut oleh permintaan pasar yang semakin tumbuh disegala sektor, baik industri ringan maupun industri berat seperti industri karoseri dan pabrik locker, yang memerlukan banyak proses pengerjaan las. Salah satu pada bagian proses produksi yang penting pada industri ini adalah pengelasan body mobil. Las sendiri merupakan ikatan metalurgi pada sambungan logam atau paduan logam yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair (Deutsche Industrie Normen). Dewasa ini telah digunakan lebih dari 40 jenis pengelasan. Pada kenyataan aplikasi dilapangan, struktur dengan menggunakan bahan logam sering kali diperlukan cara penyambungan ini untk memenuhi tuntutan desain, kontruksi, dan uga kerapian. Cara ini merupakan cara yang paling efektif dan efisien dalam proses produksi berbahan dasar logam (Wiryosumarto, H, 2004).

Pada industri karoseri kekuatan dan kerapian sambungan pada body sangat diperhatikan karena akan ikut menentukan kualitas produk. Salah satu cara yang sering direkomendasikan pada industri ini adalah dengan las titik atau spot welding (AWS D8.7, 2005). Kelebihan las titik adalah bentuk sambungan rapi, proses cepat, hemat bahan sambungan, sambungan lebih rapat dan biaya murah. Sedangkan kekurangan yang ditemui adalah tidak mampu untuk benda ukuran tebal.

Sambungan las titik atau spot welding dapat diterapkan pada plat tipis besi atau baja karbon rendah dengan sambungan lap joint. Pada pengelasan resistance listrik ada tiga faktor yang perlu diperhatikan yaitu : arus pengelasan (dalam amper), tahanan listrik antara elektroda yang digunakan (dalam ohm) dan waktu tekan (dalam detik) pengelasan. Faktor-faktor tersebut akan berperan pada pembentukan panas yang dihasilkan . besar kecilnya arus listrik akan mempengaruhi ukuran nugget (manik las) dan panas yang timbul. Ketebalan plat yang dipakai akan mempengaruhi kecepatan rambatan panas yang terjadi, baik pada saat pengelasan maupun sesudah pengelasan (pendingin).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, ada beberapa permasalahan yang dapat dirumuskan antara lain:

1. Pengaruh sudut tekuk terhadap kekerasan sambung.
2. Pengaruh geometri nugget terhadap kekuatan tarik sambung plat galvanis.
3. Pengeruh sudut tekuk terhadap geometri nugget.

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, ada beberapa tujuan dari penelitian ini antara lain:

1. Mengetahui pengaruh variasi sudut tekuk terhadap kekerasan sambung plat galvanis
2. Mengetahui pengaruh geometri nugget terhadap kekuatan tarik sambung plat galvanis.
3. Mengetahui pengaruh sudut tekuk terhadap geometri nugget.

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini antara lain:

1. Menggunakan plat galvanis 1mm
2. Variasi sudut tekuk 45°, 90° dan 180°
3. Menggunakan mesin las titik.
4. Besar arus 7000 amper, waktu penahanan 7 detik tekanan 45psi.
5. Pengujian tarik menggunakan 3 spesimen berbeda.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah:

1. Dapat mengetahui pengaruh sudut tekuk terhadap kekuatan uji tarik dan geometri nugget plat galvanis.
2. Melalui analisis bending dan kekuatan sambungan, penelitian ini dapat membantu dalam mengoptimalkan desain sambungan plat yang dihasilkan melalui metode spot welding. Ini akan memungkinkan pengembangan struktur yang lebih efisien dan tahan lama dalam berbagai aplikasi, seperti kendaraan, peralatan industri, dan lainnya.
3. Hasil penelitian dapat digunakan dalam pelatihan calon insinyur, teknisi pengelasan, dan profesional terkait lainnya, mempersiapkan mereka untuk bekerja dalam industri manufaktur dan rekayasa.

1.6 Definisi Pengelasan

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia, pengelasan adalah penyambungan besi dengan cara membakar. Dalam referensi-referensi teknis, terdapat beberapa definisi dari Las. Yaitu berdasarkan definisi dari *Deutsche Industrie Normen* (DIN), mendefinisikan bahwa "Las adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam paduan yang dilakukan dalam keadaan lumer atau cair". Pengelasan adalah "Salah satu cara menyambung dua bagian logam secara permanen dengan menggunakan tenaga panas". Dari beberapa pendapat tersebut, dapat kita simpulkan bahwa "Pengelasan adalah suatu proses penggabungan antara dua logam atau lebih yang menggunakan energi panas (*heat*) atau dengantekanan (*pressure*) atau keduanya".

Teknologi pengelasan tidak hanya digunakan untuk membuat suatu produk, tetapi pengelasan juga berfungsi sebagai reparasi/perbaikan dari semua produk yang terbuat dari logam yang terbuat dengan proses las. Misalnya untuk mengisi lubang-lubang pada material coran, menyambung logam yang retak, membuat lapisan las pada perkakas, mempertebal bagian-bagian yang sudah aus, dan macam-macam perbaikan lainnya. Dengan semakin berkembangnya teknologi pengelasan, semakin banyak pula metode pengelasan. Salah satu

metode pengelasan yang ada dalam perusahaan manufaktur adalah las titik atau resistansi titik.

Teknologi pengelasan titik (*spot welding*) mula-mula dikembangkan oleh Prof. Elihu Thompson pada awal abad ke-19. Sedangkan menurut Asosiasi Pengelasan Indonesia (API) las titik digunakan pertama kali pada tahun 1920 dengan elektroda lasnya adalah paduan (*alloy*) tembaga-wolfram. Kini proses las titik telah berkembang pesat dan menjadi salah satu teknologi pengelasan yang populer dalam perindustrian.

Las titik (*spot welding*) merupakan cara pengelasan yang menggunakan tahanan listrik (*resistance*), dimana dua permukaan pelat yang akan disambung ditekan satu sama lain oleh dua buah elektroda yang terbuat dari tembaga. Pada saat yang bersamaan, arus listrik yang besar dialirkan melalui kedua elektrodamelewati dua buah pelat yang dijepit elektroda. Sehingga diantara permukaan kedua pelat yang bersentuhan menjadi panas dan mencair karena adanya resistansi listrik. Pada permukaan pelat yang menempel pada elektroda sebenarnya timbul panas akibat adanya resistansi listrik, tetapi hal itu tidak akan membuat pelat dapat mencair. Karena resistansi di permukaan pelat lebih kecil dibanding yang ada di antara kedua pelat. Hal ini menjadi dasar banyak peneliti untuk melakukan riset terkait fenomena yang terjadi pada pengelasan titik dengan tujuan untuk mempelajari, mengetahui, dan menentukan parameter yang mempengaruhi proses penyambungan dua logam atau lebih. Las titik adalah suatu bentuk pengelasan tahanan, dimana suatu las dihasilkan di suatu titik pada benda kerja diantara elektroda pembawa arus. Las akan mempunyai luas permukaan yang kira-kira sama dengan ujung elektroda atau sekecil ujung elektroda dari ukuran yang berbeda-beda. Gaya yang dikenakan terhadap las titik melalui elektroda, secara kontinu diseluruh poros (tidak ada busur api yang dibentuk). Pengelasan titik merupakan pengelasan tahanan listrik yang paling banyak digunakan dalam produksi massal otomotif, konstruksi perkapalan, kereta api, alat rumah tangga, perangkat logam, dan produk lain yang terbuat dari lembaran logam.

Las resistansi titik merupakan pengelasan atau penyambungan material logam (*ferrous* atau *non-ferrous*) yang biasanya berbentuk lembaran. Penyambungan dengan cara ini relatif lebih mudah, praktis dan pengaruh terhadap area terpengaruh panas (HAZ) yang ditimbulkan relatif kecil. Pengelasan resistansi titik membutuhkan masukan panas yang cukup untuk meleburkan daerah kontak. Proses pengelasan titik ini terjadi dengan waktu yang relatif lebih cepat. Oleh karena itu, untuk menghasilkan panas yang besar dibutuhkan arus yang besar pula. Material lembaran yang ingin dilas biasanya disusun saling tumpang tindih (*lap joint*) ditekan dengan elektroda lalu diberikan arus pada 7 daerah yang dilas (*area overlap*) hingga kedua material yang tumpang tindih tersebut membentuk sambungan.

1.7 Jenis – Jenis Mesin Las

Proses pengelasan logam secara makro diklasifikasikan menjadi dua kelompok, yaitu: (1) *Liquid State Welding* (LSW), dan (2) *Solid State Welding* (SSW). LSW adalah proses pengelasan logam yang dilakukan dalam keadaan cair, sedangkan SSW merupakan proses las dimana pada saat pengelasan, logam dalam keadaan padat. Pengelasan logam secara LSW maupun SSW mempunyai beberapa teknik/metode pengelasan yaitu:

A. Las Kondisi Cair (*Liquid State Welding*)

1. Las Busur Listrik (*Arc Welding*)

a) Las Flash Butt (*Flash Butt Welding*)

Flash butt merupakan metode pengelasan yang dilakukandengan menggabungkan antara loncatan electron dengan tekanan, dimana benda kerja yang dilas dipanasi dengan energi loncatan electron kemudian ditekan dengan alat sehingga bahan yang dilas menyatu dengan baik.

b) Las Elektroda Terumpan (*Consumable Electrode*)

Consumable electrode (elektroda terumpan) adalah pengelasan dimana elektroda las juga berfungsi sebagai bahan tambah. Las elektroda terumpan terdiri dari:

1) Las MIG (*Metal Inert Gas*) dan Las MAG (*Metal Active Gas*)

Pengelasan ini juga termasuk las busur listrik dimana panas yang ditimbulkan oleh busur listrik antara ujung elektroda dan bahan dasar karena adanya arus listrik dan menggunakan elektroda yang berupa gulungan kawat berbentuk rol, dan gerakannya diatur oleh pasangan roda gigi yang digerakkan oleh motor Listrik yang kecepatan gerakan elektrodanya dapat diatur sesuai dengan keperluan. Tangkai las dilengkapi dengan nosal logam untuk menyemburkan gas pelindung yang dialirkan dari tabung gas melalui selang gas.

2) Las Listrik (*Shielded Metal Arc Welding / SMAW*)

Las Listrik Adalah proses pengelasan dengan cara mencairkan material dasar yang menggunakan panas dari listrik melalui ujung elektroda dengan pelindung berupa *flux* atau *slag* yang ikut mencair ketika pengelasan. Prinsip dari SMAW adalah menggunakan panas dari busur untuk mencairkan logam dasar dan ujung sebuah *consumable* elektroda tertutup dengan tegangan listrik yang dipakai 23-45 Volt, dan untuk pencairan digunakan arus listrik hingga 350 ampere yang umum digunakan berkisar antara 70-280 ampere, tergantung besaran elektroda dan tebal material yang akan di las.

3) Las Busur Terpendam (*Submerged Arc Welding / SAW*)

Prinsip dasar pengelasan ini adalah menggunakan arus listrik untuk menghasilkan busur (*Arc*) sehingga dapat melelehkan

kawat pengisi lasan (*filler wire*), dalam pengelasan SAW ini cairan logam lasan terendam dalam *flux* berbentuk butiran padat yang melindunginya dari kontaminasi udara, yang kemudian *flux* tersebut akan membentuk terak las (*slag*) untuk melindungi logam lasan dari partikel udara bebas yang bisa merusak hasil lasan.

- c) Las Elektroda Tak Terumpan (*Non-Consumable Electrode*) *Non-Consumable Electrode* adalah pengelasan dengan menggunakan elektroda, dimana elektroda tersebut tidak berfungsi sebagai bahan tambah. Elektroda hanya berfungsi sebagai pembangkit nyala listrik, sedangkan bahan tambah digunakan filler metal. *Non-Consumable Electrode* terdiri dari:
- 1) Las TIG (*Tungsten Inert Gas*)
Las TIG (*Tungsten Inert Gas*) adalah proses pengelasan dimana busur nyala listrik ditimbulkan oleh elektroda *tungsten* (elektroda tak terumpan) dengan benda kerja logam. Daerah pengelasan dilindungi oleh gas lindung (gas tidak aktif) agar tidak terkontaminasi dengan udara luar. Kawat las dapat ditambahkan atau tidak tergantung dari bentuk sambungan, ketebalan benda kerja, dan material yang akan dilas.
 - 2) Las Busur Plasma (*Plasma Arc Welding / PAW*)
Plasma Arc Welding (PAW) sama dengan Las TIG menggunakan elektroda wolfram (tidak meleleh), filler diumpan secara manual. Perbedaannya pada PAW terdapat gas plasma yang mengandung ion positif dan negatif, sehingga hasil penetrasi dari PAW lebih dalam karena konsentrasi energi lebih besar, dan daerah *Heat Affected Zone* (HAZ) relatif lebih kecil karena ada plasma gas, stabilitas busur lebih baik dari TIG.
2. Las Gas atau Las Karbit (*Oxy-acetylene welding / OAW*)
Pengelasan dengan oksidasi asetilin adalah proses pengelasan secara manual dengan pemanasan permukaan logam yang akan dilas atau disambung sampai mencair oleh nyala gas asetilin melalui pembakaran C_2H_2 dengan gas O_2 dengan atau tanpa logam pengisi.
3. Las Tahanan (*Resistance Welding*)
- a) Las Titik (*Spot Welding*)
Pengelasan dilakukan dengan mengaliri benda kerja dengan arus listrik melalui elektroda. Karena terjadi hambatan di antara kedua bahan yang disambung, maka timbul panas yang dapat melelehkan permukaan bahan dan dengan tekanan akan terjadi sambungan.
 - b) Las Kelim (*Seam Welding*)
Ditinjau dari prinsip kerjanya, las kelim sama dengan las titik, yang berbeda adalah bentuk elektrodanya berbentuk silinder dan proses

pengelasan secara *continuous* atau terus menerus sesuai dengan kebutuhan yang dikehendaki.

c) *Resistance Projection Welding*

Lembaran logam yang akan dilas, ditekan terlebih dahulu dengan mesin pons, sehingga terjadinya proyeksi dari dalam logam. Proyeksi tersebut merupakan titik-titik dimana akan dilakukannya sambungan las sehingga cara ini dapat dilakukan beberapa sambungan las sekaligus. Kelebihannya penampilan bagus, umur elektroda panjang, pemeliharaan elektroda mudah, dan hemat biaya.

d) *Flash Welding*

Flash welding sering disebut *flash butt welding* (sambungan tumpu). Benda kerja dijepit dalam mesin dan bagian-bagian yang akan disambung disatukan dengan tekanan serendah mungkin sehingga masih terdapat celah di antara kedua permukaan kontakannya. Kemudian menggunakan tegangan listrik sehingga timbul loncatan api diantara permukaan kontakannya akibatnya temperatur menjadi naik hingga mencapai temperatur tempa.

e) *Stud Welding*

Hampir sama dengan *flash welding*, tetapi permukaan kontak yang akan satukan ditekan dengan tekanan yang lebih tinggi sehingga tidak ada celah antar permukaan kontak tersebut. Dalam proses ini, benda kerja dijepit oleh mesin dan ditekan, kemudian dialiri arus listrik sehingga terjadi pemanasan.

f) *Laser Welding*

Pengelasan sinar laser adalah pengelasan yang memanfaatkan gelombang cahaya sinar laser yang dialirkan lurus kedepan tanpa penyebaran terhadap benda kerja sehingga menghasilkan panas dan melelehkan logam yang akan dilas.

g) *Electron Beam*

Welding Prinsip kerjanya adalah adanya energi panas didapat dari energi sebuah elektron yang ditumbukkan pada benda kerja, elektron yang dipancarkan oleh katoda ke anoda difokuskan oleh lensa elektrik ke sistim defleksi. Sistim defleksi meneruskan sinar elektron yang sudah fokus ke benda kerja. Sinar yang sudah focus tersebut digunakan untuk melakukan pengelasan benda kerja.

B. Las Kondisi Padat (*Solid State Welding*)

1. *Friction Welding*

Friction welding atau las gesekan merupakan prosespenyambungan logam dengan memanfaatkan energi panas yang diakibatkan karena adanya gaya gesekan dari dua material yang akan disambung.

2. *Cold Welding*

Pengelasan dingin (*Cold welding*) adalah pengelasan yang dilakukan dalam keadaan dingin. Yang dimaksud dingin disini, bukan berarti tidak ada panas, panas dapat saja terjadi dari proses tersebut, namun tidak melebihi temperatur rekristalisasi logam yang dilas. *Cold Welding* terdiri dari:

a) Las Ultrasonik (*Ultrasonic Welding / UW*)

Las ultrasonik adalah proses penyambungan padat untuk logam-logam yang sejenis, maupun logam-logam berlainan jenis, dimana secara umum bentuk sambungannya adalah sambungan tindih. Energi getaran berfrekuensi tinggi mengenai daerah lasan dengan arah paralel dengan permukaan sambungan. Tegangan geser osilasi pada permukaan lasan yang terjadi akibat pengaplikasian gaya, akan merusak dan merobek lapisan oksida yang ada di kedua permukaan logam induk yang akan dilas.

b) Las Ledakan (*Explosive Welding / EW*)

Las ledakan atau sering disebut las pembalutan (*cladding welding*), merupakan proses las dimana dua permukaan dijadikan satu dibawah pengaruh tumbukan (*impact force*) disertai tekanan tinggi yang berasal dari ledakan (*detonator*) yang ditempatkan dekat dengan logam induk.

3. Las Tempa

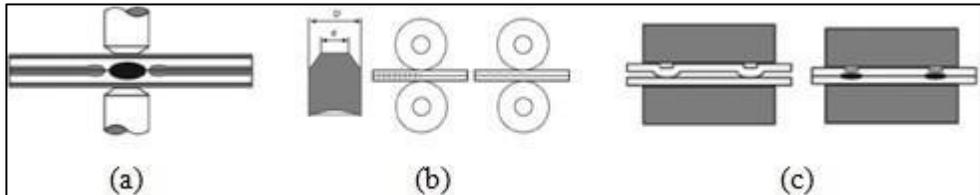
Penyambungan logam dengan cara ini dilakukan dengan memanasi ujung logam yang akan disambung kemudian ditempa, maka terjadilah sambungan. Panas yang dibutuhkan sedikit di atas temperatur rekristalisasi logam, sehingga logam masih dalam keadaan padat.

1.8 *Resistance Spot Welding*

Las titik tahanan listrik (*Resistance Spot Welding*) adalah penyambungan benda kerja yang berupa pelat logam sebagai akibat dari kombinasi tekanan dan panas terlokalisasi pada daerah kontak antar logam yang disambung. Daerah kontak tersebut memiliki tahanan terhadap arus listrik yang paling besar, sehingga akan menyebabkan peningkatan energi panas disekitarnya. Temperatur pada 13 daerah kontak yang terus meningkat hingga mencapai titik lebur dari logamakan mengakibatkan terjadinya peleburan material dan membentuk weld nugget. Kemudian diberikan gaya melalui penekanan elektroda setelah arus Listrik dimatikan untuk menyatukan logam yang disambungkan dengan sempurna seiring dengan proses pendinginan.

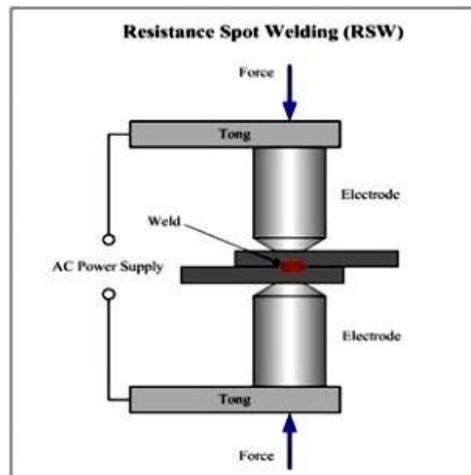
Untuk menghindari panas berlebih pada elektroda terdapat system pendingin dalam elektroda, yaitu air yang dialirkan ke dalam elektroda sehinggasaat terjadi proses pengelasan panas yang dihasilkan tidak akan melelehkan elektroda. Bahan yang digunakan untuk elektroda harus memiliki sifat konduktor listrik yang baik artinya memiliki tahanan dalam yang rendah dan kuat, seperti tembaga dan paduannya.

Ada dua jenis sambungan dalam las resistensi listrik yaitu sambungan tumpang (*Lap Joint*) untuk pengelasan pelat (*sheet metal*) dan sambungan tumpul (*Butt Joint*) untuk pengelasan batang atau pipa. Sambungan tumpang (*Lap Joint*) dibagi menjadi tiga metode pengelasan, yaitu las titik (*Spot Welding*), las garis (*seam welding*) dan las timbul (*projection welding*).



Gambar 1.1 Jenis sambungan Tumpang: (a) *Spot Welding*, (b) *Seam Welding* dan (c) *Projection Welding*

Keuntungan utama dari pengelasan titik adalah kecepatannya yang tinggi serta kemampuannya untuk menyambung dua atau lebih material logam berbeda jenis maupun ketebalannya. Produk dengan penampilan yang baik dapat diproduksi dengan waktu yang relatif singkat dengan proses ini, sehingga tidak diperlukan proses selanjutnya dan jenis pengelasan ini sangat sesuai untuk produksi massal.

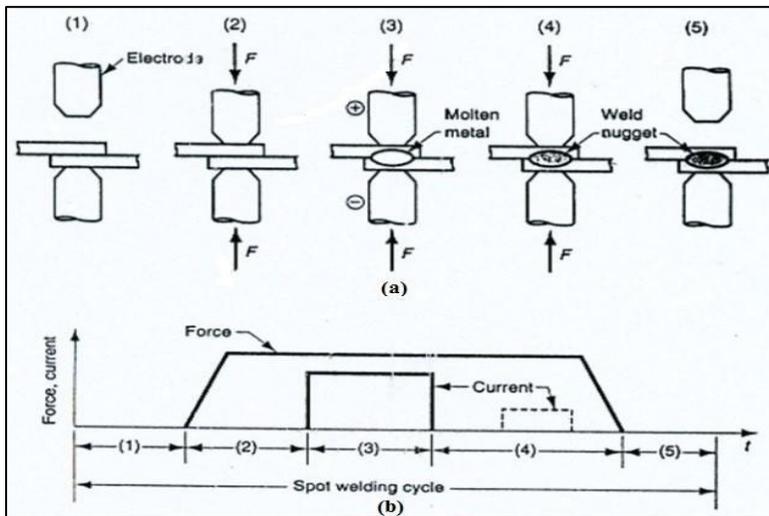


Gambar 1.2 Skema proses RSW

Skema proses pengelasan titik tahanan listrik ditunjukkan pada gambar 2.2 sedangkan pembebanan gaya tekan maupun arus listrik ditunjukkan dalam gambar 2.3 dengan tahapan sebagai berikut :

- a. Tahap 1 merupakan kondisi awal dimana kedua bahan belum dijepit oleh kedua elektroda.

- b. Tahap 2 merupakan tahap *squeezing time* terdiri dari penerapan gaya pengelasan untuk benda kerja, sehingga mendapatkan jumlah tekanan yang sesuai sebelum pengelasan.
- c. Tahap 3 merupakan tahap pengelasan (*welding time*) dimana selama tahap ini arus listrik mengalir melalui benda kerja, sedangkan gaya pengelasan dipertahankan sehingga menghasilkan panas.
- d. Dalam tahap 4 yaitu *holding time* arus listrik sudah dimatikan dan gaya las dipertahankan, sehingga memungkinkan lasan tetap tertekan dan mengalami pendinginan dibawah tekanan.
- e. Tahap 5 merupakan tahap akhir ketika *nugget* las sudah terbentuk.



Gambar 1.3 (a) Tahapan siklus pengelasan titik, (b) Gaya tekan dan arus listrik yang terkait selama siklus pengelasan menurut.

1.9 Parameter Pengelasan

Pada pengelasan resistensi listrik terdapat tiga faktor yang mempengaruhi besarnya energi panas/kalor untuk mencairkan logam. Ketiga faktor tersebut dapat ditinjau dari rumus total *heat input* yang dihasilkan, yaitu :

$$Q = I^2 \cdot R \cdot t \quad (1)$$

Dimana:

- Q = Panas yang dihasilkan (*Joule*)
- I = Kuat arus listrik (*Ampere*)
- R = Hambatan (*Ohm*)
- t = Waktu pengelasan (*Detik*)

1.9.1 Arus Listrik Pengelasan

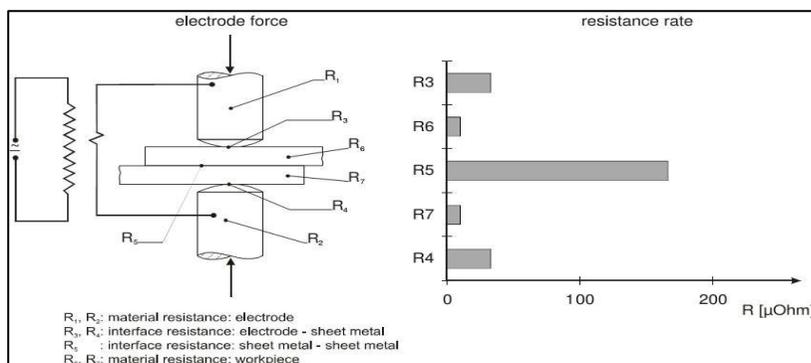
Ukuran *nugget* yang terbentuk saat pengelasan tergantung pada kecepatan panas internal yang timbul. Dalam hal ini arus listrik menjadi variabel yang sangat penting. Kontrol yang akurat pada aliran pengelasan penting untuk

mendukung keberhasilan resistensi pengelasan. Untuk mengatur besarnya arus yang akan digunakan pada mesin pengelasan *resistance spot welding* biasanya terdapat kontrol arus *step-down*, besarnya arus diatur oleh banyaknya gulungan *coil* primer dan sekunder dengan mengubah besarnya tegangan keluaran. Besarnya arus yang digunakan pada pengelasan *spot welding* antara 4-20 kA. Besarnya arus yang digunakan tergantung pada jenis material yang akan dilas dan ketebalan pelat.

1.9.2 Tahanan Listrik (*Resistance*)

Tahanan listrik yang terdapat pada sirkuit sistem pengelasan *resistance spot welding* adalah jumlah keseluruhan dari:

1. resistensi material dari elektroda
2. resistensi *interface* (elektroda-*sheet metal*)
3. resistensi *interface* (*sheet metal-sheet metal*)
4. resistensi material dari benda kerja



Gambar 1.4 Resistensi pada spot welding.

Tahanan listrik dari material benda kerja ditentukan berdasarkan jenis dari materialnya. Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa resistensi paling besar adalah resistensi *interface* antara *sheet metal-sheet metal* kemudian secara berurutan resistensi *interface* antara *elektroda-sheet metal* kemudian resistensi material benda kerja. Untuk resistensi material elektroda sangat kecil hal ini karena material elektroda yang digunakan dipilih dari material yang memiliki sifat konduktivitas listrik yang baik seperti tembaga dan paduannya.

1.9.3 Waktu Pengelasan

Waktu pengelasan adalah batas waktu dimana arus listrik diaplikasikan pada lempengan metal sebagai beban. Waktu pengelasan harus diatur sesingkat mungkin yang dinyatakan dalam satuan *cycle* dimana untuk sumber listrik dengan frekuensi 50 Hz, 1 detik = 50 *cycle* maka untuk 1 *cycle* = 0,02 detik. Waktu mesin las modern dilengkapi dengan *timer* elektronik, mekanikal, manual atau pneumatik untuk mengatur parameter waktu pengelasan. Parameter ini dapat diubah sebagai penyesuaian terhadap jenis dan ketebalan logam yang

akan dilas untuk menghasilkan produk pengelasan titik yang baik. Waktu pengelasan dalam pengelasan resistensi listrik terdiri dari 3 waktu yaitu:

a. *Set-Up Time (Pre-Welding Squeeze Time)*

Set-Up Time (Pre-Welding Squeeze Time) berfungsi untuk menekan benda kerja dan menyetel tahanan *interface (setting-up reproducible resistance)* sebelum pengelasan. Akan tetapi *set-up time* tidak memberikan efek terhadap propertis teknis (*technical properties*) dari hasil pengelasan, meski demikian harus diberikan cukup lama agar elektroda memberikan gaya penekanan yang cukup sebelum arus listrik dialirkan.

b. *Welding Time (Current Time)*

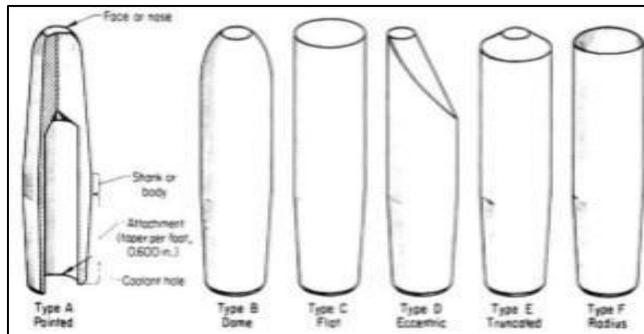
Welding Time (Current Time) atau waktu pengelasan adalah waktu dimana arus listrik dialirkan saat proses pengelasan. *Welding time* sangat singkat antara 4-50 cycle (0,1-1 detik). Pengaturan *welding time* tergantung dari mesin las *resistensi* listrik yang digunakan. Pada mesin las sudah tersedia panel pengaturan *welding time* yang ingin dikehendaki, besarnya *welding time* dipengaruhi oleh tebal pelat yang dilas dan berhubungan dengan kuat arus, artinya sangat memungkinkan jika arus yang diberikan besar maka *welding time* lebih singkat, jika arus yang diberikan kecil maka *welding time* bisa lebih lama.

c. *Holding Time*

Holding Time adalah waktu dimana setelah *nugget* terbentuk dan arus berhenti dialirkan gaya penekanan tetap diberikan untuk mencegah terbentuknya pori-pori dalam *nugget*. *Holding time* diberikan cukup lama saat proses pendinginan (logam cair mengeras kembali) agar mencapai kekuatan yang cukup pada daerah yang dilas. Oleh karena itu semakin tebal pelat yang akan dilas maka semakin lama *hold time* yang diberikan.

1.10 Karakteristik Elektroda

Bahan untuk elektroda RSW harus cukup tinggi konduktivitas termalnya dan cukup rendah *resistensinya* untuk mencegah pembakaran pada permukaan benda kerja yang tidak diinginkan ataupun merusak paduan pada ujung elektroda. Selain itu, elektroda harus memiliki kekuatan yang cukup untuk menahan deformasi pada tekanan dan suhu operasi. Karena bagian elektroda yang kontak tersebut benda kerja menjadi panas pada suhu tinggi selama pengelasan, kekerasan dan annealing temperatur juga harus dipertimbangkan. Bahan elektroda untuk RSW telah diklasifikasikan oleh *Internasional Standart and Organisation (ISO)* standar ISO 5182.



Gambar 1.5 Tipe elektroda RSW sesuai standar ISO

1.10.1 Penekanan Elektroda

Tujuan utama dari pemberian tekanan elektroda adalah untuk menekan lempengan metal agar menyatu dengan sempurna. Kekuatan elektroda memiliki beberapa fungsi antara lain mendekatkan sisi benda kerja yang berupa pelat kepada kontak yang lebih dekat, mengurangi tahanan kontak awal antar permukaan dan menggabungkan metal yang sudah meleleh menjadi *nugget* dengan baik.

1.10.2 Fungsi Elektroda

Elektroda merupakan komponen utama dari mesin las tahanan listrik. Adapun fungsi elektroda adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengalirkan arus listrik ke benda kerja.
2. Untuk menahan serta meneruskan gaya tekan yang diperlukan ke benda kerja sebelum maupun sesudah arus listrik diaplikasikan.
3. Untuk memancarkan sebagian energi panas dari area kerja ke lingkungan untuk menghindari panas yang berlebih pada permukaan benda kerja.

1.10.3 Komposisi Material Elektroda

Tembaga dipilih sebagai material utama penyusun elektroda karena memiliki nilai konduktivitas termal dan elektrik yang baik. Namun tembaga murni sangat lunak dan sangat rentan terhadap perubahan bentuk apabila menerima beban secara langsung. Oleh karena hal tersebut, diperlukan beberapa unsur paduan untuk memperbaiki sifat tersebut. Beberapa unsur logam yang biasa dipakai adalah tellurium dan nikel, sehingga dapat dihasilkan logam paduan yang lebih kuat terhadap beban, namun tidak mengurangi nilai konduktivitasnya.

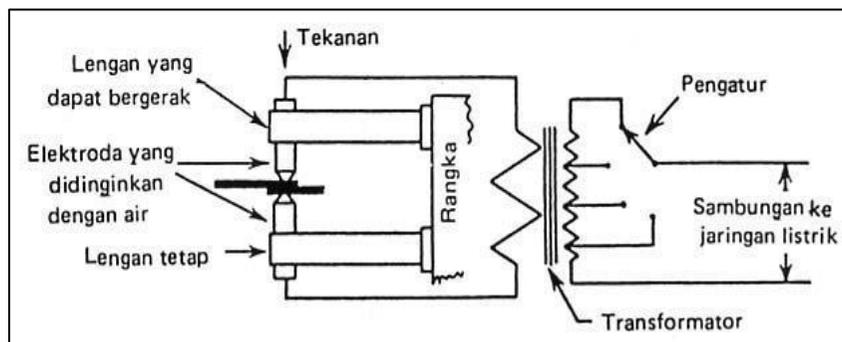
Elemen	Komposisi (%)
Copper	98,4
Tellurium	0,5
Nikel	1,1

Tabel 1.1 Komposisi material elektroda

Komposisi paduan yang telah disebutkan pada tabel 2.1 menghasilkan logam dengan sifat tahan aus yang tinggi, sehingga dapat digunakan secara luas untuk berbagai proses pengelasan titik. Namun elektroda akan senantiasa mengalami keausan secara bertahap seiring dengan frekuensi penggunaannya, sehingga sebagian besar elektroda didesain dengan saluran air pendingin untuk meminimalkan perubahan struktur logam penyusunnya. Hal tersebut bertujuan untuk mempertahankan sifat fisik maupun mekanik dari elektroda.

1.11 Las Titik (*Spot Welding*)

Las titik adalah pengelasan memakai metode resistansi listrik dimana plat lembaran dijepit dengan dua elektroda. Ketika arus dialirkan maka terjadi sambungan las pada posisi jepitan. Siklus pengelasan titik dimulai ketika elektroda menekan plat dimana arus belum dialirkan. Waktu proses ini disebut waktu tekan. Setelah itu arus dialirkan ke elektroda sehingga timbul panas pada plat di posisi elektroda sehingga terbentuk sambungan las. Waktu proses ini disebut waktu las yang ditunjukkan pada diagram alat las titik yang terdapat pada gambar 2.6.



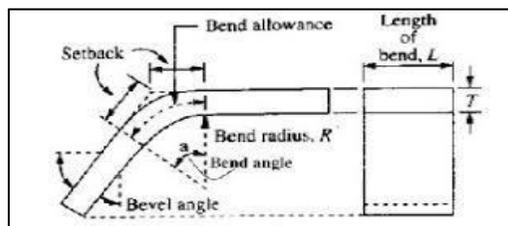
Gambar 1.6 Diagram alat las titik
(www.airmengalir.blogspot.com//ienislas)

Setelah itu arus dihentikan namun tekanan tetap ada dan proses ini disebut waktu tenggang. Kemudian logam dibiarkan mendingin sampai sambungan menjadi kuat dan tekanan di hilangkan dan plat siap dipindahkan untuk selanjutnya proses pengelasan dimulai lagi untuk titik yang baru. Pengelasan RSW mempunyai kelebihan dan kekurangan diantaranya yaitu:

- a. Kelebihan RSW:
 - 1) Tidak diperlukan logam pengisi.
 - 2) Kecepatan produksi tinggi.
 - 3) Memiliki kemampuan ulang (*repeatability*) dan keandalan yang baik
- b. Kekurangan RSW:
 - 1) Biaya investasi awal mesin yang relatif tinggi.
 - 2) Hanya dapat mengerjakan sambungan tumpang (*lap joint*)
 - 3) Kekuatan *nugget* dipengaruhi oleh gaya yang diberikan pada material

1.12 Penekukan (*Bending*)

Penekukan (*Bending*) *Bending* adalah salah satu proses pembentukan yang biasa dilakukan untuk membuat barang kebutuhan sehari-hari seperti pembuatan komponen mobil, pesawat, peralatan rumah tangga. Proses bending dilakukan dengan menekuk benda kerja hingga mengalami perubahan bentuk yang menimbulkan peregangan logam pada sekitar daerah garis lurus (dalam hal ini sumbu netral). Proses ini tidak hanya berfungsi untuk membentuk logam tetapi juga berguna untuk meningkatkan sifat kekakuan dari suatu benda yang telah mengalami proses bending dengan cara menambah momen inersia benda. Sebagaimana diketahui bahwa lembaran plat dengan bentuk gelombang mempunyai kekakuan yang lebih tinggi daripada lembaran plat yang rata.

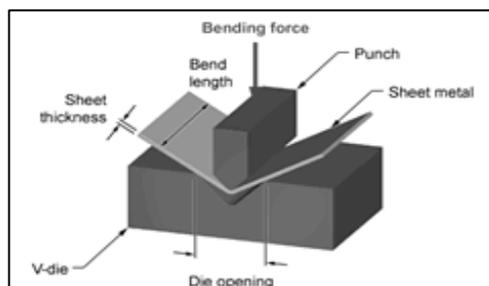


Gambar 1.7 Proses Bending

Dalam proses bending sebagaimana ditunjukkan pada gambar 2.7 akan terjadi perubahan pada material yang dipengaruhi beberapa hal antara lain:

1. Terjadi tegangan tarik pada sisi luar dari benda kerja dan tegangan tekan pada sisi dalamnya yang dipisahkan oleh sumbu netral yang diasumsikan berada ditengah-tengah ketebalan plat. Jika tegangan tarik tersebut terlalu besar dapat menyebabkan retak, dan sebaliknya jika terlalu kecil akan menyebabkan kerutan pada bagian dalam benda kerja.
2. Jari-jari bending juga berpengaruh dalam proses bending dimana jika jari-jari terlalu kecil akan dapat menimbulkan regangan tarik yang cukup besar pada sisi luar yang akhirnya retak sedangkan pada bagian dalam akan terjadi kerutan akibat regangan kompresi.

Proses V-Bending Merupakan proses pembengkokan yang dilakukan antara dua permukaan berbentuk V baik pada punch maupun die-nya pada metode V-bending.



Gambar 1.8 Proses V-Bending

1.13 Plat Galvanis

Secara pengertian, galvanis merupakan sebuah material seng atau zinc yang melapisi suatu baja murni, baja ringan, dan besi. Yang mana memiliki kegunaan untuk memberikan sebuah perlindungan agar material tersebut tidak mudah untuk mengalami korosi atau perkaratan.

Cara pelapisan yang dilakukan umumnya dengan cara mencelupkan besi atau baja material pada sebuah seng cair. Yang mana hal ini berguna untuk memberikan sebuah perlindungan dan memberikan material memiliki sifat anti korosi. Tanpa adanya suatu lapisan maka elemen akan mudah untuk mengoksidasi dan efek korosi jauh lebih cepat.

Dalam konstruksi, pipa besi galvanis adalah salah satu material bahan bangunan yang menjadi favorit. Yang mana sangat sering digunakan dan diaplikasikan untuk pembuatan pagar, railing balkon, dan bahkan pembuatan kanopi. Hal ini disebabkan karena sifatnya yang sangat awet, kuat, tahan banting, dan termasuk bahan yang anti pecah. Untuk asal mula, pipa besi galvanis ini yang mana telah tertera pada namanya adalah jenis pipa besi yang dibuat dengan melalui percampuran besi dan seng. Kedua bahan tersebut berperan sebagai zat kimia yang dijadikan dan digunakan sebagai bahan pelapis. Dalam proses atau cara ini lebih dikenal dengan sebutan *hot dip galvanized*. Hal tersebut dimaksudkan dan ditujukan agar besi yang telah dicampur menjadi jauh lebih tahan terhadap segala korosi dan karatan. Sehingga besi ini mempunyai sifat daya tahan yang jauh lebih kuat. Dengan begitu membuat jenis besi satu ini menjadi lebih awet dan tahan lama di segala keadaan dan tempat.

1.14 Uji Tarik

Pengujian tarik dilakukan dengan penambahan beban secara perlahan-lahan, kemudian akan terjadi pertambahan panjang yang sebanding dengan gaya yang bekerja. Kesebandingan ini terus berlanjut sampai bahan sampai titik *propotionality* limit. Setelah itu pertambahan panjang yang terjadi sebagai akibat penambahan beban tidak lagi berbanding lurus, pertambahan beban yang sama akan menghasilkan penambahan panjang yang lebih besar dan suatu saat terjadi penambahan panjang tanpa ada penambahan beban, batang uji bertambah panjang dengan sendirinya. Hal ini dikatakan batang uji mengalami *yield* (luluh). Keadaan ini hanya berlangsung sesaat dan setelah itu akan naik lagi. Kenaikan beban ini akan berlangsung sampai mencapai maksimum, untuk batang yang ulet beban mesin tarik akan turun lagi sampai akhirnya putus. Pada saat beban mencapai maksimum, batang uji mengalami pengecilan penampang setempat (*local necking*) dan penambahan panjang terjadi hanya disekitar necking tersebut. Pada batang getas tidak terjadi necking dan batang akan putus pada saat beban maksimum (Syaripuddin dkk., 2014).

1.15 *Tensile Machine*

Dengan memakai alat tensile jadi mampu mengetahui bahan dan material yang baik dan kuat. *Tensile Strength* ini terhitung merupakan alat yang digunakan pada industri yang memakai bahan *basic* karet (*rubber*) yang dimana mesin ini digunakan untuk mengetes bahan untuk lihat bagaimana ketahanannya pada tenaga tarikan. industri Pabrik Ban keliru satu perumpamaan industri yang menggunakan alat *Tensile Strength* ini, dengan memakai alat ini pabrik ban mampu mengetahui pengujian kelenturan pada material yang dipakai untuk ban dan seberapa kuat ban untuk mencegah tekanan berasal dari kendaraan sebab ban menjadikan faktor utama dalam keselamatan (Nasution & Widodo, 2022).

Tensile Strength ini ringan dan sangat cocok digunakan untuk perindustrian yang butuh keakuratan dalam pengujian pada bahan dan material yang ada. Pengujian tarik ini pada kebanyakan digunakan pada material karet padat, logam berat, fiber, dan lainnya. Banyak bahan yang memiliki bobot dan rupa yang serupa tetapi mereka memiliki energi tahan pada tarikan yang berbeda. Tentunya pada dunia industri kita harus pilih bahan mana yang memang condong lebih baik dalam penggunaannya. Material yang baik adalah material yang pada sementara sistem pengujian berjalan dan mencukupi standiasi yang sudah ditentukan.



Gambar 1.9 Tensile Machine

BAB II METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Waktu penelitian direncanakan selama 12 bulan dimulai dari bulan September 2023 sampai dengan September 2024 bertempat di Politeknik ATI Makassar dan Laboratorium Metalurgi Fisik Universitas Hasanuddin.

2.2 Alat dan Bahan

2.2.1 Alat

Adapun alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Sarung Tangan
Digunakan untuk melindungi tangan saat memotong dan mengelas benda kerja.
2. Penggaris
Digunakan untuk mengukur besar plat yang diinginkan sebelum di potong
3. Gerinda
Digunakan untuk menghaluskan ataupun memotong plat.
4. Busur
Digunakan untuk mengukur sudut plat yang di tekuk.
5. Alat ukur Geometri Nugget las



Gambar 2.1 Lensa X400

6. Mesin Las JPC Series 50 KVA
Digunakan untuk melakukan pengelasan terhadap benda uji yang akan dilakukan.

Spesifikasi:

Tegangan Masuk	: 230/415 V
Arus Masuk	: 45 A
Arus Pengelasan	: 120.00 A
Siklus	: 9,2 %

Berat : 166 kg
Ketebalan pengelasan : 2,5 mm + 2,5 mm
Ukuran W x L x H : 470 x 1090 x 1410 m



Gambar 2.2 Resistance spot welding

7. Alat Bending
Digunakan untuk mengukur besar sudut specimen.



Gambar 2.3 Alat bending

8. Alat uji kekerasan
Digunakan untuk mengukur tingkat kekerasan atau kekakuan suatu material



Gambar 2.4 Alat Uji Kekerasan

9. Mesin Uji Tarik

Digunakan untuk memperoleh data yang berhubungan dengan nilai-nilai uji tarik dari spesimen.



Gambar 2.5 Mesin uji tarik

2.2.2 Bahan

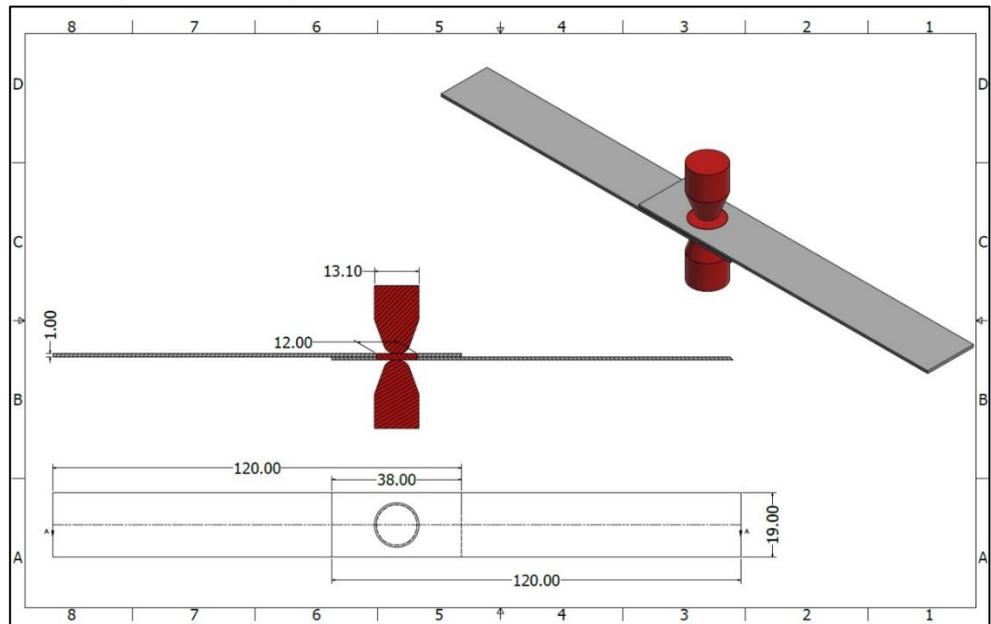
Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

1. Plat Galvanis
Sebagai spesimen



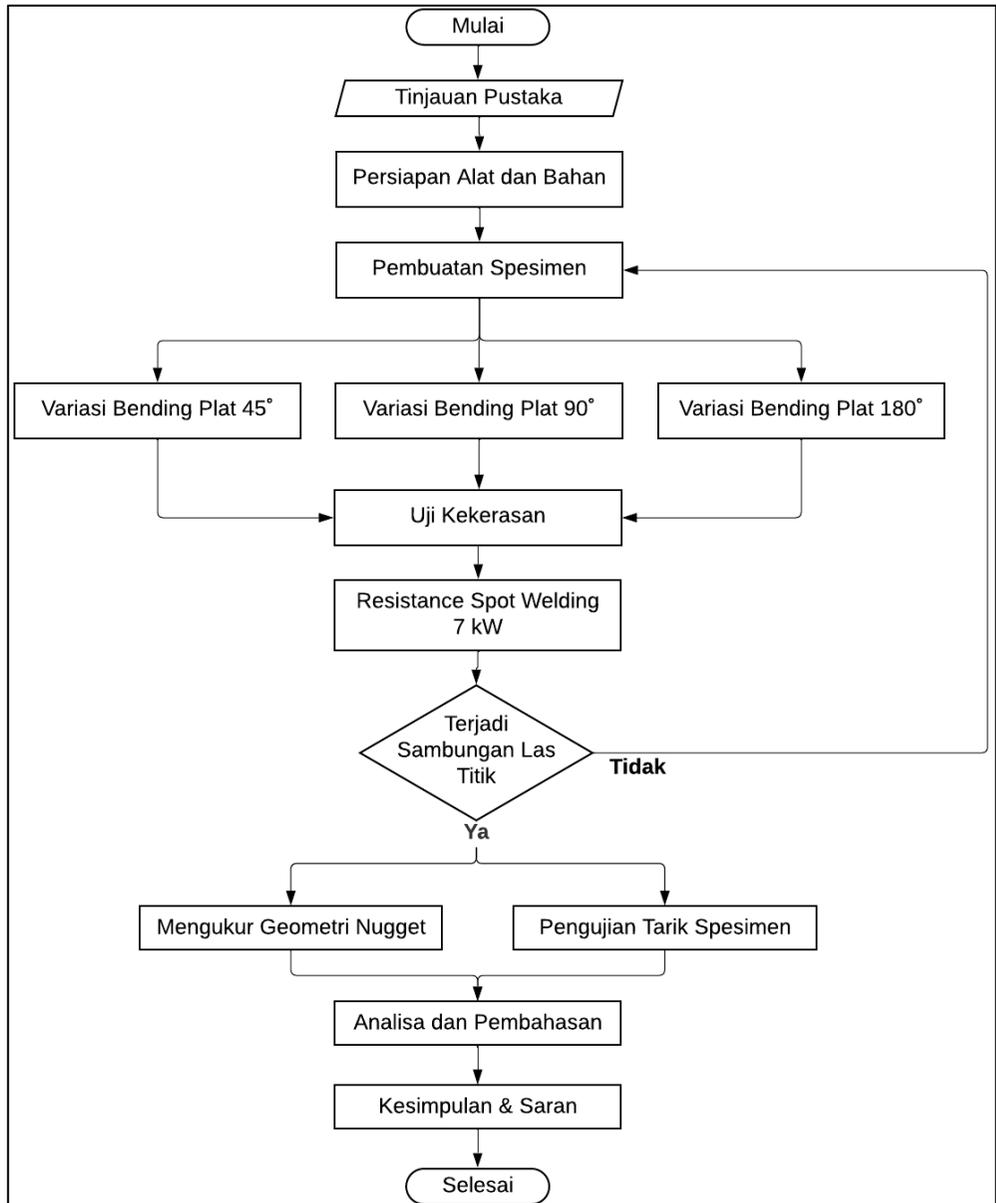
Gambar 2.6 Plat galvanis

2.3 Rancangan Benda Uji



Gambar 2.7 Rancangan Benda Uji

2.4 Flowchart Penelitian



Gambar 2.8 Flowchart Penelitian

2.5 Prosedur Penelitian

1. Studi Literatur

Metode pengumpulan data ini merupakan langkah awal penelitian dengan mengumpulkan informasi materi yang berhubungan dengan penelitian. Beberapa jurnal dan skripsi digunakan sebagai referensi dan kemudian dipahami.

2. Persiapan Alat dan Bahan
Material yang telah dipersiapkan (*plat galvanis*) dipotong menjadi 3 bagian dengan panjang 100mm dan lebar 25mm menggunakan gerinda.
3. Penekukan plat *galvanis*
Menekuk plat *galvanis* yang telah dipotong menjadi 3 bagian dengan masing-masing sudut tekuk 45° , 90° dan 180° menggunakan mesin tekuk.
4. Meluruskan kembali setiap spesimen.
5. Pengujian tingkat kekerasan dari tiap spesimen
6. Pengelasan setiap spesimen dengan 7000watt dan 7 detik waktu pengelasan.
7. Uji Tarik (*Tensile Test*)
 - a) Bentuk spesimen sesuai dengan dimensi yang ditentukan pada standar ASTM/JIS
 - b) Berilah kode/nama pada spesimen agar mudah diidentifikasi
 - c) Aktif aliran listrik alat dengan memutar saklar dari posisi O ke posisi I
 - d) Aturilah posisi rahang atas agar berada dalam skala nol dengan cara menggerakkan tuas penggerak rahang atas.
 - e) Aturilah posisi rahang bawah sesuai dengan panjang spesimen dengan menekan tombol pengatur rahang bawah.
 - f) Posisikan ke dua jarum analog gaya pada skala nol dengan memutar tuas masing-masing.
 - g) Pengatur laju penarikan berada pada posisi nol.
 - h) Letakkan spesimen pada pencekam sejajar dengan sumbu pencekam pastikan spesimen terjepit dengan kuat.
 - i) Lakukan penarikan dengan mengatur laju penarikan yang sesuai setelah spesimen patah, kembalikan laju penarikan ke posisi nol.
 - j) Lepaskan spesimen dari pencekam. Catatlah pada form rekaman data hasil pengujian yang tersedia pertambahan beban/gaya tarik setiap kenaikan pertambahan panjang spesimen.
8. Menentukan sudut tekuk spesimen dengan nilai tegangan tertinggi.
9. Prosedur pengerjaan kembali dilakukan pada langkah ketiga.