

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Pada tinjauan pustaka akan membandingkan penelitian terdahulu yang memiliki masalah yang serupa dengan masalah yang terjadi di penulisan tugas akhir ini. Hal yang ditinjau adalah masalah yang terjadi, alternatif solusi yang digunakan, dan alternatif metode dalam menyelesaikan masalah tersebut. Tujuannya sebagai referensi untuk penyelesaian masalah. Pustaka yang akan ditinjau berkaitan dengan permasalahan mengenai terjadinya korosi atau kebocoran pada tangki atau benda yang bermaterial *stainless steel* 316L.

Berdasarkan pencarian penelitian terdahulu terdapat beragam solusi dalam mengatasi kebocoran tangki atau mengatasi korosi pada material *stainless steel* 316. Pada penelitian (Kovtun et al., 2021) menggunakan pengukuran tegangan mekanis untuk mengevaluasi kondisi tegangan pada struktur tangki truk pemadam kebakaran dan menambahkan plat penguat serta merancang ulang elemen struktural tangki agar mengurangi tegangan pada area sambungan las.

Pada penelitian (Ferracin, 2015) mengamati kebocoran pada *elbow* yang di las secara memanjang, solusi penyelesaiannya dengan uji visual, analisis komposisi kimia, uji kekerasan, analisis menggunakan mikroskop elektron pemindai (SEM), dan spektroskopi energi dispersif (EDS). Selanjutnya pada penelitian (Fitriyanto, 2014) mengamati kekuatan tarik sambungan las dengan uji tarik, uji kekerasan menggunakan mikro *Vickers*, dan pengamatan struktur mikro pada material *stainless steel* 316 yang di las. Hasilnya kekuatan tarik dan kekerasan pada sambungan las mengalami penurunan dibandingkan material aslinya.

Menurut (Salim et al., 2023) menguji pengelasan dengan variasi arus listrik menggunakan metode *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW) dan dilakukan uji tarik untuk melihat kekuatan tarik serta modulus elastisitasnya. Sedangkan pada penelitian. Selanjutnya, pada penelitian (Sihombing et al., 2019) menggunakan metode uji tarik dan uji mikrografi, mengetahui rata-rata kekuatan tarik kampuh V dan mengetahui kombinasi posisi terbaik. Pada penelitian (Prakoso et al., 2023) melakukan *spot welding* dengan bervariasi arus listrik dan dilakukan uji tarik. Hasilnya modulus elastisitas berbanding terbalik dengan kuat arus pengelasan dan jarak pengelasan. Selanjutnya, penelitian (Raditya et al., 2022) ingin

mengetahui pengaruh arus pengelasan dengan berbeda-beda arus listrik dan menemukan kekuatan tarik tertinggi. Pengelasan menggunakan *Tungsten Inert Gas* (TIG). Hasilnya modulus elastisitas berbanding terbalik dengan kekuatan tarik, semakin besar tegangan tarik, maka semakin kecil modulus elastisitasnya. Hal ini menunjukkan material menjadi lebih elastis ketika kekuatan tarik lebih rendah.

Pada pengujian material AISI 316L dilakukan *post weld heat treatment*, diuji *impact* dan NDT. Hasil solusinya adalah membandingkan hasil antar elektroda dan suhu untuk mengurangi tegangan sisa dan meningkatkan ketangguhan material (Ramadan, 2022). Selanjutnya menurut penelitian (Moslemi et al., 2015) dengan menggunakan uji tarik, uji kekerasan, dan pemeriksaan metalografi untuk mengamati zona fusi atau zona yang terbentuk akibat proses pengelasan. Hasilnya semakin tinggi arus listrik, maka persentase kromium karbida menurun dan menyebabkan material lebih mudah retak atau patah.

Berdasarkan (Santamaria et al., 2022) kekuatan tarik material SS 316L dengan tebal 3 mm bernilai 524 MPa, modulus elastis sebesar 196 GPa, dan kekuatan yield sebesar 166 MPa. Penelitian ini ingin menguji penggoresan laser pada SS 316L. Pada (Pelegatti et al., 2021) menunjukkan bahwa SS 316L memiliki modulus elastisitas sebesar 194,69 GPa, kekuatan tarik sebesar 651 MPa, dan *yield stress* sebesar 169 MPa. Lalu, pada penelitian (Wei et al., 2022) struktur butiran yang sangat halus pada baja meningkatkan ketahanan terhadap deformasi dan penguatan material. Berkat struktur tersebut dapat mendistribusikan stres secara merata dan memperlambat laju perambatan keretakan.

Pengelasan dapat merubah kekerasan material dengan kekerasan yang berbeda tergantung jarak dari titik pengelasan dan arus listrik yang digunakan. Hal yang memengaruhi perubahan kekerasan material adalah dari besar arus listrik yang digunakan, kawat yang digunakan, dan diameter kawat yang digunakan. Pada (Maath et al., 2023) menjelaskan bahwa dengan arus listrik yang semakin besar akan membuat kekerasan meningkat juga dan membuat tegangan sisa menurun karena dapat mengurangi gradien termal dan deformasi plastis. Namun, hal tersebut tidak selalu linear. Penelitian ini juga menjelaskan

Tabel 2.1. Ringkasan Tinjauan Pustaka

Peneliti	Objek Penelitian	Permasalahan	Metode	Hasil penelitian
KOVTUN et al., 2021	Kerusakan Tangki Truk Pemadam Kebakaran dan Penilaian Kekuatan Sambungan Lasnya	Kebocoran pada tangki truk pemadam kebakaran, terutama pada sambungan las	Pengukuran tegangan sensor <i>strain gauge</i>	Modernisasi tangki dapat mengurangi tingkat tegangan mekanis hingga 14-32% di area sambungan sudut tangki.
Ferracin, 2015	Kegagalan Kelelahan Pada Siku Las Longitudinal Pada Kapal Pengolahan	Kebocoran pada <i>elbow</i> yang dilas secara memanjang	Analisis visual dan makroskopik, uji komposisi kimia, pemeriksaan metalografi	Adanya cacatnya berupa tonjolan logam las di sekitar zona pengaruh panas yang menyebabkan konsentrasi tegangan tinggi. Hal ini menyebabkan keretakan yang menyebabkan kebocoran.
Salim et al., 2023	Analisis Dampak Perubahan Arus Pengelasan Terhadap Kekuatan Sambungan Las Pada Material <i>Stainless Steel</i> 316	Variasi arus las dapat mempengaruhi kekuatan sambungan las	Variasi arus 70A-90A Uji tarik ASTM E8	Semakin tinggi arus las semakin besar kekuatan sambungan las yang dihasilkan
Prakoso et al., 2023	Analisis Kekuatan Tarik Sambungan Plat <i>Stainless Steel</i> 316L pada Proses <i>Spot Welding</i>	Pengaruh variasi arus pengelasan TIG terhadap kekuatan tarik sambungan material	Uji tarik menggunakan standar ASTM E8 untuk menganalisis regangan dan modulus elastisitas	Arus pengelasan 130A paling optimal untuk menghasilkan kekuatan tarik terbaik pada sambungan las

Tabel 2.1. Lanjutan

Peneliti	Objek Penelitian	Permasalahan	Metode	Hasil penelitian
Raditya, 2022	Pengaruh Arus Pengelasan <i>spot welding</i> Terhadap Kekuatan Tarik Sambungan Material <i>Stainless Steel</i> Aisi 316	Pengujian arus pengelasan untuk menghindari kegagalan sambungan las	Uji tarik standar ASTM E8 dan uji tarik universal	semakin besar arus listrik yang digunakan maka semakin besar kekuatan tarik yang dihasilkan, ini terjadi karena masukan panas dihasilkan arus listrik semakin tinggi sehingga lebih banyak logam yang mencair kemudian tersambung dengan baik.
Sihombing et al., 2019	Kekuatan Tarik dan Mikrografi Sambungan Las Metal Inert Gas (MIG) Pada Aluminium 6061 Sebagai Bahan Material Kapal	Posisi pengelasan mempengaruhi kualitas sambungan las	Uji tarik standar ASTM E8 dan uji mikrografi	Bentuk kampuh V menghasilkan kekuatan tarik dan struktur yang lebih baik dibanding kampuh U. Faktor pengaruhnya arus pengelasan, elektroda, dan ketrampilan juru las.
Moslemi et al., 2015	Pengaruh Arus terhadap Karakteristik Sambungan Las Baja Tahan Karat 316 Termasuk Struktur Mikro dan Sifat Mekanik	Pengelasan mengalami retakan panas, presipitasi karbida, dan fasa sigma yang dapat mengurangi sifat mekanis sambungan las	Uji tarik mesin Instron 600DX, Uji kekerasan metode <i>Vickers</i> , dan FESEM-EDX	Arus listrik paling optimal 100A pada tebal 7mm dan keseimbangan antara kekuatan tarik dan cacat minimal dicapai pada arus ini
Ramadan, 2022	Analisa Kekuatan Impak dan Struktur Mikro Pengelasan Logam Berbeda Astm A36 dan Aisi 316L Setelah PWHT	Pengaruh <i>post weld heat treatment</i> terhadap struktur mikro pada pengelasan logam baja AISI 316L	Uji <i>impact</i> dan <i>non destructive test</i>	Pemberian suhu lebih tinggi mengalami penurunan akibat pembentukan karbida dan martensit yang menyebabkan material lebih getas.

Tabel 2.1. Lanjutan

Peneliti	Objek Penelitian	Permasalahan	Metode	Hasil penelitian
Santamaria et al., 2022	Analisa baja tahan karat SS316L yang diproduksi menggunakan <i>sinter based</i>	Bagaimana pengaruh proses <i>sintering</i> pada kekuatan mekanis SS 316L	Uji tarik, SEM, dan XRD	Menunjukkan sifat mekanik yang kompetitif dibandingkan metode konvensional dan menjadi solusi biaya rendah dan lebih aman.
Pelegatti et al., 2021	Analisis material SS 316L pada perilaku <i>low cycle fatigue</i>	Mengevaluasi perilaku material di bawah beban siklik	Uji MTS 810, uji LCF	Menunjukkan semakin tinggi kekuatan tarik semakin lama <i>lifetime</i> terhadap ketahanan statis
Wei et al., 2022	<i>Superior strength and ductility of 316L stainless steel induced by micro/nano/ultrafine-grains multiphase complex structures</i>	Pengaruh struktur terhadap kekuatan dan keuletan	Uji tarik dan uji mikroskopi	Menunjukkan semakin kecil ukuran butiran semakin besar kekuatan tariknya. Semakin banyak butiran kecil artinya semakin tinggi kekuatan tariknya dan mengurangi porositas dan cacat internal.
Maath M. et al., 2023	<i>Study of welding parameters' effects on residual stress and hardness in 316 stainless steel pipes: Experimental and analytical investigations</i>	Pengaruh parameter pengelasan terhadap parameter tegangan sisa dan kekerasan	Uji kekerasan dan <i>X-ray Diffraction</i>	proses pengelasan menimbulkan distribusi kekerasan pada area sambungan, dengan kekerasan paling tinggi terletak pada titik pengelasan dan semakin menurun mengikuti jarak dari titik las. Semakin tinggi kekerasan, nilai tegangan sisa semakin rendah.

2.2. Dasar Teori

Pada penelitian ini terdapat beberapa dasar teori untuk menyelesaikan rancangan solusi diperlukan beberapa tahap termasuk penggunaan dasar teori yang mendukung dari tahapan perancangan solusi. Landasan teori yang diambil berbasis pada kurikulum Program Studi Teknik Industri Universitas Atma Jaya Yogyakarta. Pada karakteristik material berlandaskan pada Mata Kuliah Material Teknik TIND05102 tentang sifat mekanis bahan. Pada langkah pengendalian kualitas dan *tools* pengendalian kualitas berlandaskan Mata Kuliah Pengendalian Kualitas TIND36503 tentang *the quality gurus*, serta pada CPKK2 & CPKK3, dan Mata Kuliah Proses dan Biaya Manufaktur TIND20302 pada rencana proses dan rencana kerja.

2.2.1. Karakteristik *Stainless Steel* 316L

Stainless steel memiliki campuran pada unsur kimianya. Pada umumnya *stainless steel* memiliki paduan minimal 18% kromium dan 8% nikel. *Stainless steel* dibuat agar menjadi baja anti karat. *Stainless steel* tetap dapat terkena korosi meskipun merupakan baja anti karat. Beberapa korosi yang dapat terjadi adalah korosi batas bulir, korosi lubang, korosi sumuran, dan korosi retak tegang. (Syaiful et al., 2022)

Stainless steel 316L mengandung kadar karbon rendah yang membuat lebih tahan karat dibandingkan dengan *stainless steel* lainnya. Pada *stainless steel* 316L umumnya memiliki kandungan karbon, kromium, nikel, molibdenum, mangan, silikon, fosfor, dan sulfur. Kromium dapat membuat ketahanan korosi yang baik, nikel dapat meningkatkan kekuatan dan keuletan, dan molibdenum dapat menambah tingkat ketahanan terhadap korosi material. (savoyypipinginc.com)

Stainless steel 316L sangat cocok untuk aplikasi dengan tingkat korosi tinggi dan suhu tinggi. Hal ini dikarenakan mengandung lebih sedikit karbon dibandingkan dengan *stainless steel* 316. Selain itu, 316L memiliki ketahanan korosi intergranular lebih baik yang membuat las tidak akan rusak. Kandungan karbon yang rendah menjadikan *stainless steel* 316L lebih cocok untuk pengelasan agar ketahanan korosi yang maksimal. Tabel mengenai sifat mekanis *stainless steel* 316L dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2. Sifat Mekanis *Stainless Steel* 316L

AISI Number	Mechanical Properties			Typical Applications
	Tensile Strength [MPa (ksi)]	Yield Strength [MPa (ksi)]	Ductility [%EL in 50 mm]	
316L	485 (70)	170 (25)	40	Konstruksi pengelasan dan ortopedi biomedis

Berdasarkan tabel di atas *Stainless steel* 316L memiliki sifat tidak magnetik karena termasuk *austenitic*, tahan terhadap korosi tinggi karena memiliki kandungan kromium dan nikel, dan tidak dapat dikeraskan melalui perlakuan panas. Sifat mekanis SS 316L memiliki keuletan (ductility) hingga 40% artinya apabila memiliki SS 316L sepanjang 50 mm, maka material dapat memanjang 40% dari panjang awal sebelum akhirnya patah (Jr. et al., 2018).

2.2.2. Langkah-langkah Pengendalian Kualitas

Pengendalian kualitas pada suatu perusahaan dilakukan untuk menjadi standar kualitas mutu sesuai dengan spesifikasi yang telah direncanakan oleh perusahaan. Tujuan adanya pengendalian kualitas pada dunia industri adalah untuk mengetahui proses produksi atau hasil produk atau jasa yang telah dibuat telah sesuai dengan standar yang telah ditetapkan oleh perusahaan. Adanya pengendalian kualitas dapat mengurangi terjadinya kesalahan, dapat meningkatkan kualitas sesuai standar, dan mengurangi penolakan dari konsumen. Langkah-langkah untuk mengendalikan kualitas dapat dilakukan dengan proses *Plan, Do, Check, Action* (PDCA). (Aristriyana & Ahmad F., 2022)

a. Plan

Pada pengembangan perencanaan dapat melakukan penetapan standar kualitas, serta memberi pengertian akan pentingnya pengendalian kualitas yang dilakukan secara berkesinambungan kepada pekerja.

b. Do

Pada pelaksanaan perencanaan dapat dilakukan dengan memulai dari pembagian tugas secara merata kepada setiap personel. Dalam pelaksanaan harus ada pengendalian agar rencana terlaksana sebaik mungkin dan sasaran dapat tercapai.

iii. *Check*

Selama penelitian hasil yang dicapai atau pemeriksaan berada dalam jalur. Pada pemeriksaan dilakukan untuk membandingkan kualitas hasil produksi dengan standar yang telah ditetapkan oleh perusahaan. Pada tahap ini akan mendapatkan data mengenai kegagalan dan dengan data tersebut dapat dianalisis penyebab kegagalan tersebut.

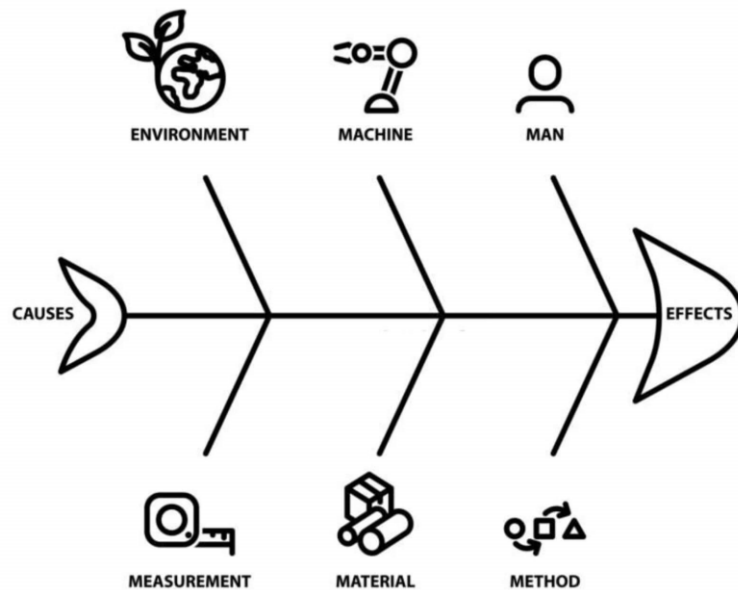
iv. *Action*

Pada melakukan tindakan merupakan tindakan dari hasil langkah sebelumnya. Tindakan yang dilakukan adalah penyesuaian bila diperlukan. Tindakan ini dilakukan berkaitan dengan standar prosedur baru untuk menghindari timbulnya masalah yang sama kembali lagi. Kegiatan ini berguna menetapkan sasaran baru untuk perbaikan selanjutnya.

2.2.3. Alat Bantu Pengendalian Kualitas

Pada pengendalian kualitas terdapat alat bantu yang dapat digunakan untuk membantu menganalisis penyebab apa saja yang terjadi diluar kendali dalam proses produksi. Selain itu, alat bantu ini juga berguna untuk melakukan tindakan perbaikan. Contoh alat bantu pada pengendalian kualitas adalah *flow chart*, *pareto diagram*, *histogram*, *scatter plots*, *fishbone diagram*, dll. Pada *flow chart* berguna untuk menggambarkan penjelasan langkah-langkah prosesnya.

(Malabay, 2016) *Fishbone diagram* dapat digunakan untuk mengetahui sebab potensial dari suatu masalah berdasarkan kategori yang telah ditentukan. Katerogi yang umumnya digunakan berkaitan dengan proses, material, metode, mesin, prosedur, dan kebijakan. Ada faktor pendukung pada pembuatan *fishbone diagram*, seperti faktor manusia, mesin, metode, material, mesin, dan lingkungan. Contoh *fishbone diagram* dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Contoh *Fishbone Diagram*

(sumber: <https://brainsensei.com/9-steps-for-constructing-a-fishbone-diagram/>)

2.2.4. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dapat dilakukan dengan banyak teknik. Data yang dikumpulkan juga dapat berupa data kuantitatif dan juga data kualitatif. Berikut merupakan beberapa teknik dalam pengumpulan data.

i. Teknik Wawancara

Pada wawancara dapat mengumpulkan data berupa kualitatif. Wawancara merupakan teknik yang banyak digunakan karena dapat mengumpulkan data beragam dari responden dengan berbagai konteks. Wawancara juga dapat memudahkan informasi yang tidak secara langsung tertulis di data komputer. Wawancara mampu mendapatkan jawaban lebih rinci dan responden dapat menyampaikan informasi lebih rinci.

ii. Teknik Observasi

Teknik observasi salah satu metode pengumpulan data dengan mengamati langsung objek yang diamati. Hal yang dilakukan selama observasi dapat mencatat perilaku, interaksi, atau kejadian sesuai dengan tujuan penelitian. Observasi dapat terlibat pada kegiatannya atau dapat juga observasi tanpa terlibat dalam kegiatan yang diamati.

iii. Teknik Dokumentasi

Teknik dokumentasi adalah metode pengumpulan data dengan memanfaatkan dokumen tertulis, video, foto, atau arsip yang relevan terhadap tujuan penelitian. Dokumentasi tersebut dapat berupa laporan, artikel berita, rekaman video, data digital pada *email*, dan pesan di media sosial. (Yusra et al., 2021)

2.2.5. Metode Menentukan Bobot

Salah satu metode yang dapat digunakan dalam penentuan bobot dari setiap kriteria adalah dengan membandingkan berpasangan yang dikenal dengan metode *zero one* atau *pairwise comparison*. Contoh tabel penentuan bobot kriteria ditunjukkan pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3. Penentuan Bobot Kriteria

Kriteria	A	B	C	D	E	Jumlah	Bobot (Max.100)
A		0	1	1	1	3	$3/10 \times 100 = 30$
B	1		1	1	1	4	$4/10 \times 100 = 40$
C	0	0		0	1	1	$1/10 \times 100 = 10$
D	0	0	1		0	1	$1/10 \times 100 = 10$
E	0	0	0	1		1	$1/10 \times 100 = 10$
						10	Jumlah = 100

Pada contoh Tabel 2.3. diketahui urutan kepentingan kriteria dimulai dari $B > A > D = C = E$. Hal ini dilakukan apabila setiap kriteria memiliki bobot-bobot yang berbeda. Apabila kriteria berisi kuantitatif dapat menggunakan skala penilaian dengan 4 titik. Agar sistematis, pemilihan alternative dapat ditampilkan dengan matriks evaluasi, seperti Tabel 2.4.

Tabel 2.4. Matrix Evaluasi

Tujuan/ Kriteria	Bobot	Parameter/ Satuan	Alternatif-1			Alternatif-n		
			<i>Magnitude</i>	<i>Score</i>	Nilai	<i>Magnitude</i>	<i>Score</i>	Nilai
A								
Z								
Nilai <i>Utility</i> Keseluruhan			Jumlah			Jumlah		

Tabel 2.4. dari alternatif ke 1 sampai alternatif ke n dipilih jumlah nilai yang terbesar. Menentukan *score* berdasarkan performansi setiap alternatif pada

dasarnya nilai *score* akan semakin tinggi jika semakin sesuai kriteria yang diinginkan.

2.2.6. Teknik Las

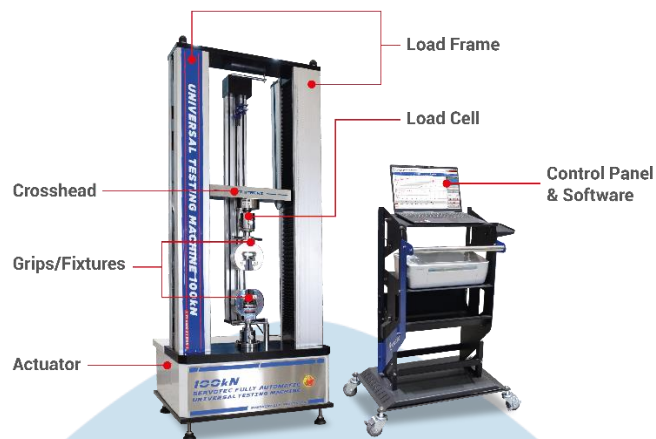
Pada pengelasan terdapat beberapa metode pengelasan yang dapat digunakan untuk menghubungkan antar *part*. Pertama terdapat las busur listrik yang dapat menghasilkan panas menggunakan listrik di area pengelasan. Pada las busur listrik terdapat beberapa jenis seperti *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW) menggunakan elektroda yang menghasilkan gas pelindung untuk melindungi area las dari oksidasi. Selanjutnya, *Gas Metal Arc Welding* (GMAW) atau *Metal Inert Gas* (MIG) menggunakan gas argon untuk melindungi area las dari oksidasi. Lalu, ada *Tungsten Inert Gas* (TIG) menggunakan elektroda *tungsten* yang tidak mencair untuk menghasilkan busur dan gas pelindung *inert*.

Kedua terdapat las gesek yang melibatkan gesekan antara dua permukaan logam yang berputar untuk menghasilkan panas dan menyebabkan logam meleleh dan menyatu. Ketiga terdapat las resistansi listrik dengan dua logam dijepit bersama dan arus listrik dilewatkan untuk menghasilkan panas melalui resistansi untuk menyatukan logam. Pada umumnya las resistansi listrik digunakan untuk pengelasan titik. Terakhir, terdapat las plasma yang mirip dengan las TIG, tetapi busur listrik lebih terkonsentrasi. Umumnya digunakan untuk pengelasan logam yang tipis. (Sihombing et al., 2019)

2.2.7. Uji Tarik

Pada dunia industri banyak melakukan pengujian sifat mekanik dari suatu material. Salah satu uji yang sering dilakukan adalah uji tarik. Tujuan dari uji tarik adalah menilai sejauh mana material dapat menahan beban tarik. Hasil uji tarik umumnya berupa grafik kurva. Pada hasil pengujian dapat menunjukkan nilai kekuatan tarik, kuat luluh (tegangan maksimum) material, keuletan (berubah bentuk sebelum patah) material, modulus elastis (regangan secara elastis yang dapat mengembalikan bentuk aslinya setelah tegangan hilang) material, kelentingan material, dan ketangguhannya (Jumadi & Tauviquirrahman, 2023).

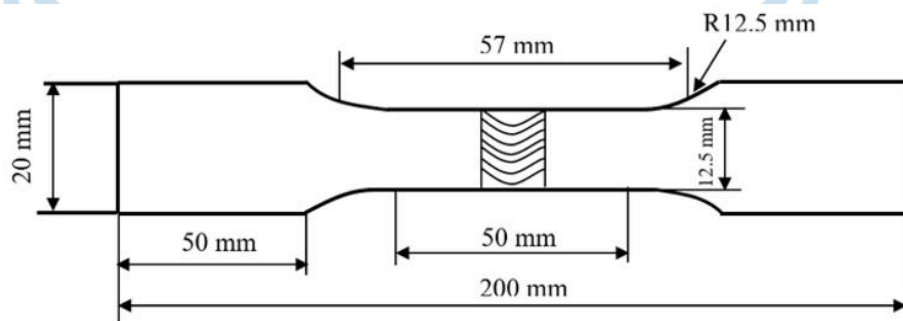
Uji tarik dapat dilakukan dengan menggunakan alat bernama *Universal Testing Machine* (UTM). Data hasil uji akan dimunculkan pada monitor komputer. UTM dapat digunakan untuk uji tarik, uji bengkok, dan uji tekan. Contoh gambar UTM dapat terlihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2. Universal Testing Machine

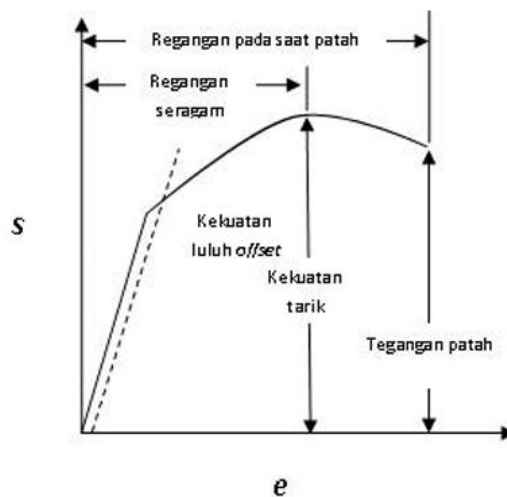
(sumber: nl-test.com)

Cara menggunakan alat UTM adalah meletakkan material di bawah *top plate*. Lalu, material dikunci dengan memutar bagian *handwheel* sampai tidak akan terlepas. Prinsipnya UTM akan menarik material yang diuji hingga putus. Data akan muncul di monitor komputer setelah proses penarikan dilakukan. Pada pengujian logam terdapat standar spesifikasi sampel, seperti ASTM E8 (Risnasari et al., 2022). Contoh dimensi standar sampel untuk uji tarik dan hasil uji dapat dilihat pada Gambar 2.3 dan Gambar 2.4.



Gambar 2.3. Contoh Ukuran Spesimen untuk Uji Tarik

(sumber: ASTM E8)



Gambar 2.4. Contoh Hasil Uji Tarik

(sumber: Buku Alat Universal Testing Machine UTM dan Pengoperasiannya)

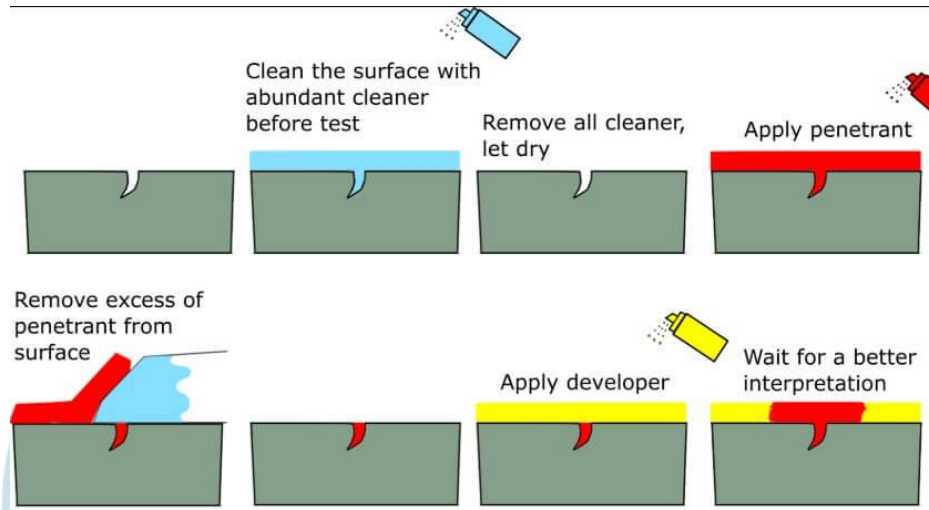
2.2.8. Non Destructive Test (NDT)

Metode inspeksi yang digunakan dalam industri terdapat pengetesan yang merusak materialnya dan ada juga yang tidak merusak materialnya. *Non Destructive Test* merupakan salah satu metode pengujian yang digunakan untuk mengevaluasi dan mendeteksi *defect* yang timbul pada material, komponen, atau struktur tanpa menimbulkan kerusakan pada bagian yang diuji. Penggunaan NDT dan *Destructive Test* (DT) memiliki tujuan yang berbeda, NDT bertujuan untuk *maintenance* dan apabila DT bertujuan untuk pengujian performa sampai tahap maksimum (Irwansyah, 2019).

NDT memiliki beberapa metode di dalamnya, beberapa metode NDT yang umum digunakan dalam dunia industri adalah *ultrasonic inspection*, *magnetic particle*, *penetrant test*, dan *radiographic inspection*. Setiap metode memiliki kelebihan dan kekurangannya. Pada metode *penetrant test* cukup umum digunakan karena memiliki harga pengetesan yang tergolong murah dan dapat mengetahui hasilnya dengan cepat. Kelemahan metode ini adalah hanya dapat mendeteksi *defect* pada bagian permukaan saja.

Pada pengujian *penetrant test* memiliki beberapa langkah kerja untuk dapat mengetahui hasilnya. Langkah pertama, membersihkan benda uji menggunakan *cleaner* dan biarkan sebentar untuk menguapkan *cleaner*. Kedua, aplikasikan cairan *penetrant* dengan cara dioleskan menggunakan kuas ke benda uji agar meresap. Ketiga, membersihkan cairan *penetrant* menggunakan *cleaner* dan

biarkan hingga benda uji kering. Keempat, aplikasikan cairan *developer* untuk menimbulkan cairan *penetrant* dan inspeksi apakah indikasi yang keluar berbentuk memanjang atau melingkar. Langkah terakhir, membersihkan benda uji yang telah diamati dapat menggunakan *cleaner/remover* atau menggunakan sikat (Kaka Z. et al., 2023). Visualisasi prosedurnya yang dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5. Prosedur Pengetesan *Penetrant*

(Sumber: Pengelasan.net)