

SKRIPSI

**STUDI POTENSI CACAT LAS PADA PEKERJAAN LAS
KAPAL**

Disusun dan diajukan oleh:

SHEALSHY DOMI' SAMPA'

D031191074



DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

GOWA

2023

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI**STUDI POTENSI CACAT LAS PADA PEKERJAAN LAS
KAPAL**

Disusun dan diajukan oleh

Shealshy Domi' Sampa'**D031191074**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian
Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Perkapalan
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Pada tanggal 18 Agustus 2023
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,

Wahyuddin, S.T., M.T.

NIP. 19720205 199903 1 002

Pembimbing Pendamping,

Moh. Rizal Firmansyah, S.T., M.T., M.Eng

NIP. 19701001 200012 1 001



Ketua Program Studi

Prof. Dr. Eng. Suandar Baso, S.T. M.T.

NIP. 19730206 200012 1 002

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini ;

Nama : Shealshy Domi S.

NIM : D031191074

Program Studi : Teknik Perkapalan

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

STUDI POTENSI CACAT LAS PADA PEKERJAAN LAS KAPAL

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 menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 23 Agustus 2023

Yang Menyatakan



Shealshy Domi S.

ABSTRAK

Shealshy Domi S. *Studi Potensi Cacat Las Pada Pekerjaan Las Kapal.*
(Dibimbing oleh Wahyuddin dan Moh. Rizal Firmansyah)

Pada struktur kapal yang menjadi perhatian utama adalah sambungan. Sambungan berfungsi mendistribusikan beban dan membentuk struktur menjadi kesatuan struktur yang utuh. Ada beberapa bahan dan alat yang digunakan untuk menyambungkan baja namun yang paling sering digunakan adalah las. Umumnya sering terjadi masalah pada sambungan las bagian konstruksi badan kapal hal ini mengakibatkan adanya retakan atau pecahan pada sambungan las di bagian badan kapal karena bagian badan kapal bekerja dengan menerima banyak gaya, baik itu gaya tekan air dan gaya tarik akibat kapal di kondisi puncak gelombang (*sagging*) ataupun pada kondisi di lembah gelombang (*hogging*).

Penelitian dilakukan untuk menemukenali jenis cacat las dari hasil tes radiografi yang dominan terjadi pada konstruksi baja kapal serta mengidentifikasi faktor-faktor penyebab cacat las dan menyusun tindakan yang harus dilakukan untuk memperbaiki cacat las. Metode yang digunakan yaitu diagram pareto untuk mencari cacat las yang dominan, diagram sebab-akibat mencari faktor-faktor penyebab cacat las dan *preliminary hazard analysis* untuk menyusun tindakan perbaikan cacat las.

Hasil penelitian yang diperoleh dari sampel sebanyak 511 titik uji sambungan las dengan hasil cacat las ditemukan di 150 titik sambungan atau sama dengan sebesar 29.3% dengan rincian masing-masing cacat las *porosity* sebesar 12.5%, *slag inclusion* sebesar 6.8%, *slag line* sebesar 3.5%, *incomplete penetration* sebesar 2.3%, *worm hole* sebesar 2%, *clustered porosity* sebesar 1%, *Incomplete Fusion* sebesar 0.8% dan *incomplete concavitive* sebesar 0.4%.

Kata Kunci : Cacat las, pekerjaan las, sambungan las, tes radiografi, badan kapal

ABSTRACT

Shealshy Domi S. Study on the Potential of Welding Defects in Ship Welding Work. (Supervisor by Wahyuddin and Moh. Rizal Firmansyah)

In ship structures, the main focus is on the joints. Joints serve to distribute loads and form the structure into a cohesive whole. There are several materials and tools used to connect steel, but the most commonly used method is welding. Issues often arise with the welded joints in the hull construction, leading to cracks or fractures in the welded joints of the ship's hull. This is because the hull of the ship operates under various forces, including water pressure and alternating tension forces due to the ship being in peak wave conditions (sagging) or in trough wave conditions (hogging).

Research is conducted to identify the predominant types of welding defects in ship steel construction and to identify the factors causing these welding defects. The study also aims to formulate corrective measures for these welding defects. The methods employed include the Pareto diagram to identify the predominant welding defects, the cause-and-effect diagram to identify the factors causing welding defects, and preliminary hazard analysis to develop corrective actions for welding defects.

The research results were obtained from a total of 511 welded joint test points, with welding defects found in 150 joint points, equivalent to is 29.3%. The details of each defect type were as follows: porosity is 12.5%, slag inclusion is 6.8%, slag line is 3.5%, incomplete penetration is 2.3%, wormhole is 2%, clustered porosity is 1%, Incomplete Fusion is 0.8% and incomplete concavity is 0.4%.

Keywords: Welding defects, welding work, weld joint, Radiography test, body ship.

DAFTAR ISI

SAMPUL	i
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	ii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iii
ABSTRAK	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR LAMPIRAN.....	x
KATA PENGANTAR	xi
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Manfaat Penelitian.....	2
1.5 Batasan Masalah.....	2
BAB II.....	4
TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Konstruksi Kapal.....	4
2.1.1 Konstruksi Melintang	4
2.1.2 Konstruksi Memanjang.....	5
2.1.3 Konstruksi Kombinasi	5
2.2 Sambungan Las	5
2.2.1 Sambungan Bentuk T dan Bentuk Silang.....	6
2.2.2 Sambungan Sudut	6
2.2.3 Sambungan Tumpang	7
2.2.4 Sambungan Tumpul (<i>butt joint</i>).....	7
2.2.5 Sambungan Sisi	8
2.2.6 Sambungan dengan Pelat Penguat	9
2.3 Proses Pengelasan.....	9
2.3.1 <i>Shield Metal Arc Welding</i> (SMAW).....	10
2.3.2 <i>Flux Cored Arc Welding</i> (FCAW).....	10
2.4 Radiography Test	10
2.4.1 Prinsip Radiografi	13
2.4.2 Sumber Radiografi.....	13
2.4.3 Metode Pengujian Radiografi	14
2.4.4 Film Radiografi.....	14
2.4.5 Klasifikasi jenis film.....	15
2.4.6 Pemilihan film radiografi.....	15
2.5 Cacat Las	16
2.6 Diagram Pareto.....	19
2.7 Diagram Sebab akibat	20
2.8 <i>Preliminary Hazard Analysis</i> (PHA)	20
BAB III	22
METODE PENELITIAN.....	22

3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian.....	22
3.2 Teknik Pengumpulan Data	22
3.3 Teknik Analisis.....	23
3.3.1 Identifikasi cacat las	24
3.3.2 Faktor penyebab cacat las	26
3.3.3 Tindakan Perbaikan Cacat Las	26
3.4 Definisi Operasional.....	27
BAB IV	29
HASIL DAN PEMBAHASAN.....	29
4.1 Identifikasi Cacat Las	29
4.1.1 Masing-masing Kapal.....	31
4.1.2 Semua Kapal Sampel.....	39
4.2 Faktor Penyebab Cacat Las	41
4.3 Tindakan Perbaikan Cacat.....	54
4.4 Diskusi.....	57
BAB V.....	59
PENUTUP.....	59
5.1 Kesimpulan.....	59
5.2 Saran.....	60
DAFTAR PUSTAKA	62
LAMPIRAN.....	64
LAMPIRAN 1	65
1.1 Contoh Film X-ray Dan Cacat Las <i>Porosity</i>	65
LAMPIRAN 2	66
2.1 Sampel Hasil X-ray Dari 6 Kapal.....	66
LAMPIRAN 3	99
3.1 Foto Keadaan Di Galangan.....	99
3.2 <i>Welding Procedure Spesification</i>	103

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Jenis-jenis Sambungan Dasar	6
Gambar 2. 2 Sambungan T.....	6
Gambar 2. 3 Macam-macam Sambungan Sudut.....	7
Gambar 2. 4 Macam-macam Sambungan Tumpang.....	7
Gambar 2. 5 Alur Sambungan Tumpul	8
Gambar 2. 6 Sambungan Sisi	9
Gambar 2. 7 Sambungan dengan Pelat Penguat.....	9
Gambar 2. 8 Penyusun Film Radiografi.....	15
Gambar 2. 9 Cacat Las Porosity.....	16
Gambar 2. 10 Cacat Las Slag Inclusion	17
Gambar 2. 11 Cacat Las Incomplete Fusion	17
Gambar 2. 12 Incomplete Penetration.....	17
Gambar 2. 13 Cacat Las Slag Line.....	18
Gambar 2. 14 Cacat Las Worm Hole	18
Gambar 2. 15 Cacat Las Clustered Porosity	18
Gambar 2. 16 Cacat Las Incomplete Concavitive.....	19
Gambar 2. 17 Diagram Pareto.....	19
Gambar 2. 18 Diagram Sebab-akibat	20
Gambar 3. 1 Alur Penelitian.....	28
Gambar 4. 1 Diagram Pareto Kapal XVII.....	31
Gambar 4. 2 Diagram Pareto Kapal 3213	33
Gambar 4. 3 Diagram Pareto Kapal 3214	34
Gambar 4. 4 Diagram Pareto Kapal 1200 GT.....	35
Gambar 4. 5 Diagram Pareto Kapal Container 100 Teus S. 128	37
Gambar 4. 6 Diagram Pareto Kapal Container 100 Teus H.381	38
Gambar 4. 7 Diagram Pareto Seluruh Kapal.....	40
Gambar 4. 8 Diagram Fish Bone Porosity	41
Gambar 4. 9 Diagram Fish Bone Slag Inclusion.....	42
Gambar 4. 10 Diagram Fish Bone Incomplete Fusion.....	43
Gambar 4. 11 Diagram Fish Bone Incomplete Penetration	44
Gambar 4. 12 Diagram Fish Bone Slag Line	45
Gambar 4. 13 Diagram Fish Bone Worm Hole	46
Gambar 4. 14 Diagram Fish Bone Clustered Porosity.....	47
Gambar 4. 15 Diagram Fish Bone Incomplete Concavitive	48

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Klasifikasi Film Menurut Standar.....	15
Tabel 2. 2 Penerapan PHA.....	21
Tabel 3. 1 Tabulasi Data kapal XVII.....	24
Tabel 3. 2 Notasi Simbol.....	25
Tabel 3. 3 Penerapan PHA.....	26
Tabel 3. 4 Definisi Operasional.....	27
Tabel 4. 1 Tabulasi Data Kapal XVII.....	29
Tabel 4. 2 Jenis Cacat Las Kapal XVII.....	31
Tabel 4. 3 Jenis Cacat Las Kapal 3213.....	32
Tabel 4. 4 Jenis Cacat Las Kapal 3214.....	33
Tabel 4. 5 Jenis Cacat Las Kapal 1200 GT.....	35
Tabel 4. 6 Jenis Cacat Las Kapal Container 100 Teus S. 128.....	36
Tabel 4. 7 Jenis Cacat Las Kapal Container 100 Teus H.381.....	38
Tabel 4. 8 Jenis Cacat Las Seluruh Kapal.....	39
Tabel 4. 9 Hasil Penggunaan PHA.....	54

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Contoh Film X-ray Dan Cacat Las Porosity.....	65
Lampiran 2 Sampel Hasil X-ray Dari 6 Kapal.....	66
Lampiran 3 Foto Keadaan Di Galangan.....	99

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim

Puji syukur kehadirat Allah ‘azza wa jalla yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Studi Potensi Cacat Las Pada Pekerjaan Las Kapal” yang disusun guna memenuhi salah satu persyaratan dalam menyelesaikan Studi Kesarjanaan (S1) di Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Shalawat serta salam tetap turunkan kepada baginda Rasulullah shallallahu ‘alaihi wasallam, sebaik-baik manusia pemberi peringatan dan kabar gembira.

Penulis menyadari banyak banyak hal hambatan dan tantangan yang dihadapi, namun dengan kesabaran dan keikhlasan serta bantuan dan bimbingan berbagai pihak sehingga skripsi ini dapat terselesaikan. Penulis menyadari dengan sepenuh hati bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, sehingga penulis mengharapkan kritikan dan saran yang membangun demi kesempurnaan tulisan ini.

Selanjutnya ucapan terimakasih kepada pihak yang turut membantu penulis dalam menyelesaikan penelitian dan tulisan ini. Dengan ketulusan hati, penulis ingin mengucapkan rasa terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ayahanda Abbas Sampa’ dan Ibunda Jumisah, orang tua tercinta yang tiada hentinya memberikan kasih sayang, doa dan dukungan serta motivasi selama ini. Terimakasih pula kepada adik-adik penulis Amelia Domi S., Kurniawan Domi S., dan Taufik A. S. yang telah mengibur penulis.
2. Kepala Departemen Teknik Perkapalan Universitas Hasanuddin (Bapak Prof. Dr. Eng. Suandar Baso, ST., MT.) atas nasihat dan bimbingannya selama penulis menempuh pendidikan.
3. Dosen Pembimbing I (Bapak Wahyudin ST., MT.) dan Dosen Pembimbing II (Bapak Mohammad Rizal Firmansyah, ST., MT., M.Eng.) atas segala bimbingan, arahan, nasihat, waktu, kepercayaan serta ilmu yang telah diberikan kepada penulis untuk menyelesaikan skripsi ini.

4. Dosen Penguji I (Bapak Fhadil Rizki Clausthaldi, ST., B,Eng M.Sc) dan Dosen Penguji II (Ibu Ir. Rosmani MT.) atas ilmu, bimbingan, koreksi, dan arahan yang telah diberikan semata-mata untuk peningkatan kualitas karya penulis.
5. Seluruh Dosen Departemen Perkapalan atas segala ilmu, nasihat dan bimbingannya selama penulis menempuh pendidikan.
6. Seluruh Staf Departemen Perkapalan atas segala bantuan dan nasihat selama penulis menempuh pendidikan.
7. Kepada Bapak Arifin Gustian Pramoko S.T., Bapak Fuad Umar S.T., Bapak Muh. Baqi S.T., selaku surveyor PT BKI cabang utama Surabaya yang telah membantu memberikan ilmu serta data penelitian yang dibutuhkan oleh penulis.
8. Kepada A. Nurrahmah, Nadila dan Inezka Anyelin yang telah membantu, menemani, memberi saran dan menghibur penulis selama menempuh pendidikan.
9. Saudara seperjuangan di Teknik Perkapalan 2019 yang telah mendukung penulis selama masa perkuliahan.
10. Kepada Muh. Kevin Pratama atas segala bantuan, waktu, motivasi, saran serta nasihat yang diberikan kepada penulis dalam menyelesaikan penelitian.
11. Kepada Ainul Ismawan atas segala bantuan serta waktunya kepada penulis dalam melakukan pengumpulan data sehingga penelitian berjalan lancar.
12. Kepada Arqam S. atas segala ilmu serta bantuannya kepada penulis sehingga penelitian berjalan lancar.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pesatnya kemajuan teknologi di era modern sangatlah membantu terutama dalam bidang pengelasan sehingga pekerjaan konstruksi baik yang sederhana maupun yang memiliki tingkat kesulitan yang tinggi dapat dijangkau. Pengelasan sangatlah dibutuhkan oleh dunia industri terutama pada bidang industri kapal.

Pada industri perkapalan sendiri, las merupakan salah satu faktor terbangunnya sebuah kapal dimana arti dari las itu sendiri merupakan penyambungan dua bahan atau beberapa batang logam. Konstruksi baja juga berperan penting sebagai bahan bangunan kapal, baja banyak dipilih dalam pembuatan kapal di Indonesia dikarenakan sifat yang tahan terhadap garam dimana sifat baja tersebut sangat dibutuhkan oleh kapal mengingat kapal yang selalu berinteraksi dengan air laut yang mengandung garam, penggunaan material baja sebagai material konstruksi memiliki kelebihan antara lain yaitu pengerjaannya lebih cepat sehingga selain menghemat waktu, dapat juga menghemat biaya pengadaan barang.

Pada struktur kapal yang menjadi perhatian utama adalah sambungan. Sambungan berfungsi mendistribusikan beban dan membentuk struktur menjadi kesatuan struktur yang utuh. Ada beberapa bahan dan alat yang digunakan untuk menyambungkan baja namun yang paling sering digunakan adalah las. Kelebihan sambungan las adalah konstruksi lebih ringan jika dibandingkan sambungan yang lainnya serta dapat menahan kekuatan yang tinggi, pelaksanaannya mudah, serta cukup ekonomis. Selain memiliki kelebihan, las juga memiliki kerugian karena sambungan las merupakan sambungan permanen sehingga rakitannya tidak dapat dilepas, adanya distorsi akibat pemuaian dan penyusutan yang tidak seragam (Suharno, 2008).

Umumnya sering terjadi masalah pada sambungan las bagian konstruksi badan kapal hal ini mengakibatkan adanya retakan atau pecahan pada sambungan las di bagian badan kapal karena bagian badan kapal bekerja dengan menerima

banyak gaya, baik itu gaya tekan air dan gaya tarik silih berganti akibat kapal di kondisi puncak gelombang (*sagging*) ataupun pada kondisi di lembah gelombang (*hogging*), (Imam Pujo M dan Sarjito J.S, 2008).

Oleh karena itu, cacat las hasil *Radiography Test* akan dipilah dan dikategorikan guna mengetahui seberapa besar cacat las yang terjadi pada satu kapal.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka diambillah rumusan masalah tentang :

1. Bagaimana menentukan jenis cacat las yang dominan terjadi pada perakitan konstruksi baja kapal ?
2. Apa saja faktor-faktor penyebab cacat las dan tindakan apa yang harus dilakukan untuk memperbaiki cacat las ?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian adalah:

1. Menemukanali jenis cacat las yang dominan terjadi pada perakitan konstruksi baja kapal.
2. Mengidentifikasi faktor-faktor penyebab cacat las dan menyusun tindakan yang harus dilakukan untuk memperbaiki cacat las.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian sebagai berikut:

1. Mendapatkan informasi ragam cacat las yang terjadi.
2. Mengklasifikasikan jenis cacat las yang terjadi pada perakitan kapal.
3. Menjadi dasar penyusunan tindakan untuk mencegah terjadinya cacat las.

1.5 Batasan Masalah

1. Seluruh sambungan las yang diteliti adalah jenis sambungan tumpul (*butt joint*) di area lambung kapal dan proses pengelasannya adalah SMAW dan FCAW serta menggunakan sampel dari 6 kapal.

2. Menentukan cacat las yang dominan dengan menggunakan diagram pareto.
3. Menggunakan fishbone untuk mencari fakto-faktor penyebab cacat las.
4. Menggunakan PHA untuk menyusun tindakan perbaikan cacat las

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Konstruksi Kapal

Konstruksi kapal adalah kesatuan kulit kapal dengan kesatuan kulit kapal dengan kesatuan sistem rangka-rangka, dimana untuk sistem gading-gading melintang pada bagian geladak kapal disebut sebagai pelintang geladak dengan balok geladak, pada bagian sisi kapal disebut sebagai gading utama dengan gading besar untuk sistem gading-gading melintang, pada bagian alas disebut wrang (Iswadi Nur, 2015). Kapal terdiri dari komponen-komponen konstruksi yang letak arahnya melintang, memanjang dan kombinasi. Berikut adalah komponen pada kapal meliputi :

2.1.1 Konstruksi Melintang

Konstruksi melintang merupakan konstruksi dimana beban yang bekerja pada konstruksi diterima oleh pelat kulit dan balok-balok yang memanjang pada kapal. Dalam sistem ini adalah gading-gading (*frame*) dipasang vertikal mengikuti bentuk *body plan*. Pada geladak, dipasang balok-balok geladak (*deck beam*) dengan jarak antara sama seperti jarak antara gading-gading. Ujung masing-masing balok geladak ditumpuh oleh gading-gading yang terletak pada vertikal yang sama.

Elemen-elemen yang dipasang membujur dalam sistem melintang adalah :

- Bagian alas : Penumpuh tengah (*center girder*) dan penumpuh samping (*side girder*). Penumpuh tengah adalah pelat yang dipasang vertikal memanjang kapal tepat pada garis tengah (*center line*). Dalam alas ganda tinggi penumpuh tengah ini adalah tinggi alas ganda sedangkan pada alas tunggal penumpu alas ini memotong wrang-wrang tepat pada *centel line*. Penumpuh samping (*side girder*) merupakan pelat vertikal yang dipasang sebelah penumpuh tengah. Kapal dapat memiliki satu atau lebih penumpu samping.

- Bagian sisi : santa sisi (*side stringer*). Santa sisi umumnya hanya dipasang pada tempat-tempat tertentu (terutama di dalam ceruk dan kamar mesin) serta pada ruang muat atau pada tempat-tempat yang dibutuhkan.
- Bagian geladak : peumpu geladak (*deck girder* atau *carling*) untuk kapal barang dipasang 1-3 penumpu geladak tergantung lebar kapal. Penumpuh geladak dipasang tepat pada *side girder*.

2.1.2 Konstruksi Memanjang

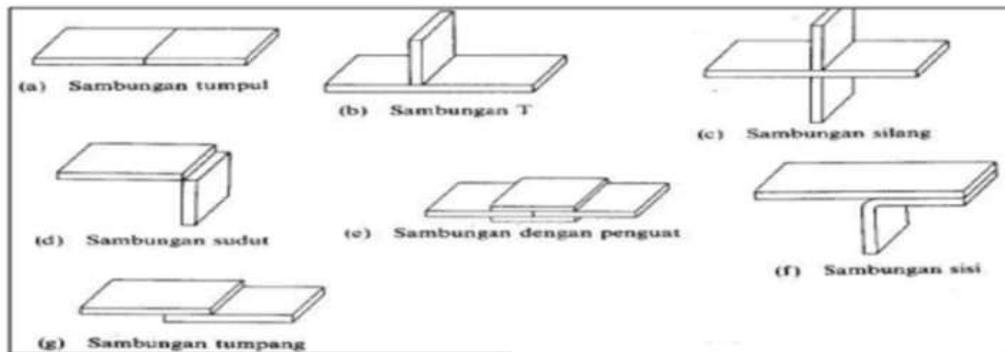
Dalam hal ini gading-gading utama tidak dipasang vertikal tetapi dipasang membujur pada sisi kapal dengan jarak 600 mm – 1000 mm gading-gading ini dinamakan pembujur sisi (*side longitudinal*). Pada setiap jarak tertentu sekitar 3-5 m dipasang gading-gading besar, gading-gading tersebut dinamakan pelintang sisi (*side transverse*). Pada alas dan alas dalam dipasang pembujur seperti pembujur sisi. Pembujur – pembujur ini dinamakan pembujur alas (*bottom longitudinal*) dan pembujur alas dalam (*inner bottom longitudinal*). Pada alas juga dipasang wrang-wrang dan dihubungkan pada pelintang-pelintang sisi seperti setiap dua atau lebih pelintang sisi. Wrang-wrang pada sistem membujur juga dinamakan pelintang alas (*bottom transverse*). Elemen-elemen yang dipasang membujur jauh lebih banyak jumlahnya dibandingkan dengan elemen melintang.

2.1.3 Konstruksi Kombinasi

Sistem ini diartikan bahwa dalam satu kapal menggunakan sistem konstruksi melintang dan membujur secara bersamaan. Dalam hal ini geladak dan alas dibuat menurut sistem membujur sedangkan sisinya menurut sistem melintang.

2.2 Sambungan Las

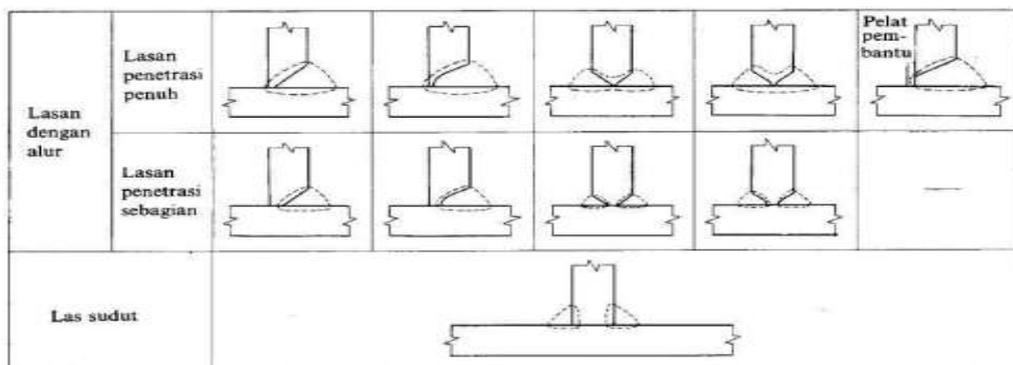
Sambungan las dalam konstruksi baja pada dasarnya terbagi dalam sambungan tumpul, sambungan T, sambungan sudut, dan sambungan tumpang. Sebagai perkembangan sambungan dasar tersebut di atas terjadi sambungan silang, sambungan dengan penguat dan sambungan sisi (Wiryosumarto, 2000). Jenis-jenis sambungan dasar dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Jenis-jenis Sambungan Dasar

2.2.1 Sambungan Bentuk T dan Bentuk Silang

Pada kedua sambungan ini secara garis besar dibagi dalam dua jenis yaitu jenis las dengan alur dan jenis las sudut. Dalam pelaksanaan pengelasan mungkin sekali ada bagian batang yang menghalangi, dalam hal ini dapat diatasi dengan memperbesar sudut alur. Untuk mengetahui contoh sambungan T dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2. 2 Sambungan T

2.2.2 Sambungan Sudut

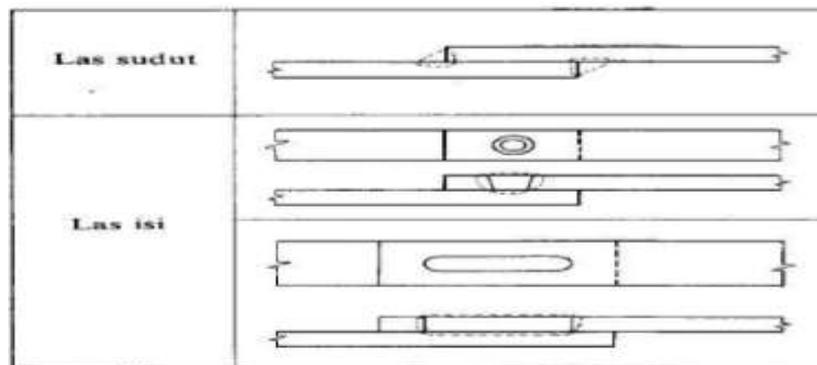
Dalam sambungan ini dapat terjadi penyusutan dalam arah tebal pelat yang dapat menyebabkan terjadinya retak lamel. Hal ini dapat dihindari dengan membuat alur pada pelat tegak. Bila pengelasan dalam tidak dapat dilakukan karena sempitnya ruang, maka pelaksanaannya dapat dilakukan dengan pengelasan tembus atau pengelasan dengan pelat pembantu. Macam-macam sambungan sudut dapat dilihat pada Gambar 2.3.

Lasan dengan alur	Lasan penetrasi penuh							
	Lasan penetrasi sebagian							
Gabungan lasan dengan alur dan las sudut						—	—	
Las sudut								

Gambar 2. 3 Macam-macam Sambungan Sudut

2.2.3 Sambungan Tumpang

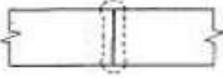
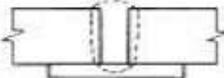
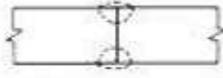
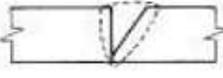
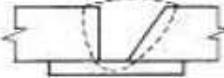
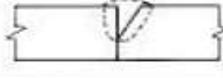
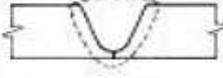
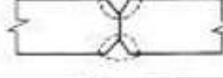
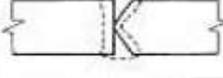
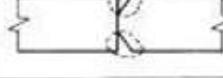
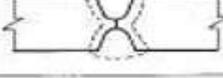
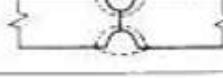
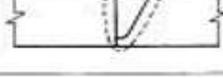
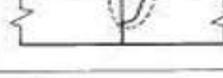
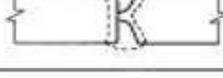
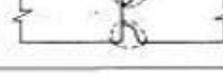
Sambungan ini memiliki efisiensi yang rendah, maka jarang sekali digunakan dalam pelaksanaan penyambungan konstruksi utama. Sambungan tumpang biasanya dilaksanakan dengan las sudut dan las sisi (Wiryosumarto, 2000). Macam-macam sambungan tumpang dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2. 4 Macam-macam Sambungan Tumpang

2.2.4 Sambungan Tumpul (*butt joint*)

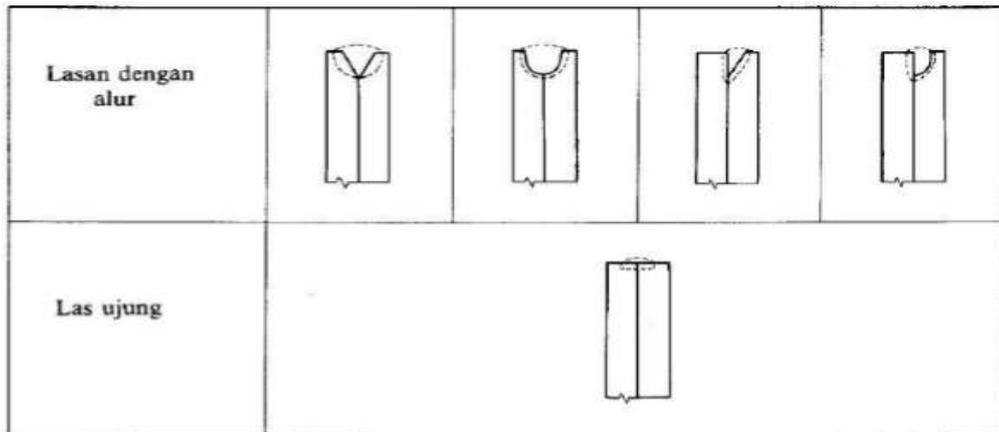
Sambungan tumpul adalah jenis sambungan yang paling efisien. Sambungan ini dibagi menjadi dua yaitu sambungan penetrasi penuh dan sambungan penetrasi sebagian. Bentuk alur pada sambungan tumpul sangat mempengaruhi efisiensi pengerjaan, efisiensi sambungan dan jaminan sambungan. Karena itu pemilihan bentuk alur sangat penting. Bentuk dan ukuran alur sambungan datar ini sudah banyak distandarkan dalam standar AWS, BS, DIN, dan lain-lain. Alur sambungan tumpul dapat dilihat pada Gambar 2.5.

Jenis lasan Jenis alur	Lasan dengan alur		
	Lasan Penetrasi penuh tanpa pelat penahan	Lasan penetrasi penuh dengan pelat penahan	Lasan penetrasi sebagian
Persegi (I)			
V tunggal (V)			
Tirus tunggal (V)			
U tunggal (U)		—	
V ganda (X)		—	
Tirus ganda (K)		—	
U ganda (H) (DU)		—	
J tunggal (J)		—	
J ganda (DJ)		—	

Gambar 2. 5 Alur Sambungan Tumpul

2.2.5 Sambungan Sisi

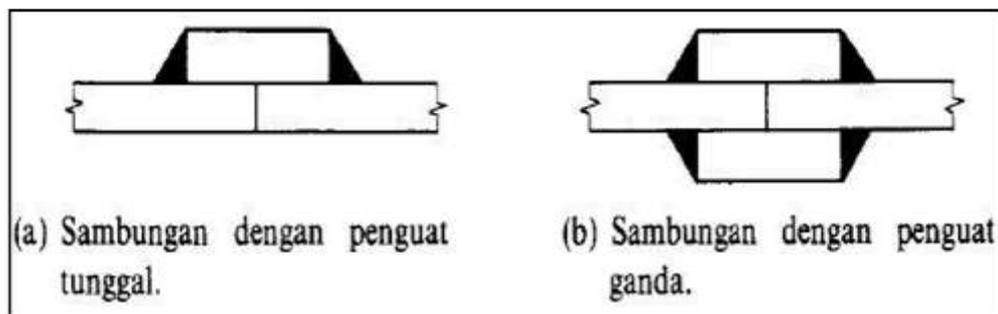
Sambungan sisi dibagi dalam sambungan las dengan alur dan sambungan las ujung. Untuk jenis yang pertama pada pelatnya harus dibuat alur. Sedangkan pada jenis kedua biasanya hasilnya kurang memuaskan kecuali bila pengelasannya dilakukan dalam posisi datar dengan aliran listrik yang tinggi. Karena hal ini, maka jenis sambungan ini hanya dipakai untuk pengelasan tambahan atau sementara pada pengelasan pelat-pelat yang tebal (Wirjosumarto,2000). Sambungan sisi dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2. 6 Sambungan Sisi

2.2.6 Sambungan dengan Pelat Penguat

Sambungan ini dibagi dalam dua jenis yaitu sambungan dengan pelat penguat tunggal dan dengan pelat penguat ganda. Sambungan pelat penguat dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2. 7 Sambungan dengan Pelat Penguat

2.3 Proses Pengelasan

Las adalah cara penyambungan dua benda padat melalui pencairan dan perpaduan dengan menggunakan panas. Berdasarkan terminologi di atas, maka berlaku dua syarat yang menentukan dalam pengelasan, yakni : 1) bahan yang disambung harus dapat mencair oleh panas, 2) bahan yang disambung harus cocok (*compatible*) satu dengan yang lainnya dan 3) penyambungan dua buah bahan yang tidak cocok harus menggunakan bahan antara yang cocok bagi kedua bahan yang akan disambung tersebut. Sumber panas yang diambil antara lain : busur listrik, campuran gas bakar (*hydro carbon*), oksigen, tahanan listrik, sinar laser, gabungan busur listrik, gas lindung (Argon, Helium), getaran ultra gesekan

(*friction*), pengeboman elektron (*electron bombardment*), ledakan thermal, getaran ultrasonic, dan lain-lain. Dari jenis sumber panas tersebut diciptakan jenis-jenis las antara lain : OAW (*oxy acetylene weld*) atau lazim disebut las karbid, SMAW (*shielded metal arc welding*) atau las listrik busur terlindung, GTAW (*gas tungsten arc welding*) atau *tungsten inert gas welding* (TIG) atau lazim disebut las Argon karena menggunakan gas pelindung berupa gas Argon atau Helium, GMAW (*gas metal arc welding*)/MIG (*metal inert gas welding*)/MAG (*metal active gas welding*), SAW (*submerged arc welding*) atau disebut las listrik busur terpendam, ERW (*electric resistance weld*) atau las tahanan listrik, EBW (*electron bombardment weld*), EW (*explosion weld*) atau lazim disebut CAD weld, PAW (*plasma arc welding*) dan lain-lain.

Berikut penjelasan jenis-jenis las yang telah disebutkan diatas sebagai berikut:

2.3.1 *Shield Metal Arc Welding* (SMAW)

Adalah jenis pengelasan listrik menggunakan sumber panasnya dari busur listrik. Pengelasan SMAW sering digunakan di hampir semua pekerjaan pengelasan. Tegangan pada mesin las ini dapat juga diatur dengan rentang 23-45 *Volt*, dengan rentang arus 80-200 *Ampere*. Pengelasan SMAW menggunakan elektroda sebagai pengisi dengan bentuk sekilas menyerupai kembang api.

2.3.2 *Flux Cored Arc Welding* (FCAW)

Pengelasan ini hampir sama dengan pengelasan GMAW namun yang membedakan pengelasan FCAW menggunakan tambahan mesin robot untuk menjalankan pengelasan. Bisa dikatakan bahwasanya pengelasan ini disebut dengan pengelasan semi otomatis.

2.4 Radiography Test

Sejarah dalam pengujian radiografi melibatkan dua langkah awal. Sinar α oleh Wilhelm Conrad Roentgen pada tahun 1895 dan penemuan bahan radiaktif baru yang disebut radium oleh Marie dan Pierre Curie diumumkan pada desember 1898. Pengujian radiografi merupakan salah satu metode yang digunakan dalam

pengujian tanpa merusak atau *Non Destructive Test* (NDT). Pengujian radiografi merupakan teknik mendapatkan suatu bayangan atau gambar sebuah benda padat dengan menggunakan daya tembus radiasi *x-ray* ataupun *gamma-ray*.

Pada Proses produksi kapal terutama pada sambungan pengelasan khususnya pada area lambung kapal harus mendapatkan perhatian khusus. Pada lambung, terutama pada lajur pertemuan pengelasan sangat berisiko mengalami cacat las. Maka dari itu perlu dilakukannya sebuah pengujian untuk mendeteksi cacat las dengan menggunakan radiografi. Pengujian dilakukan untuk mendapatkan kualitas barang yang baik untuk menghindari kecelakaan, Cara kerja radiografi yaitu alat dipasang kemudian dipancarkan sinar X-ray ke benda yang ingin dilakukan pengujian untuk mengetahui jenis material atau reaksi kimia yang ada pada benda tersebut, jarak benda terhadap film minimal 1,5 kali panjang benda namun semakin panjang jaraknya maka hasilnya akan semakin baik karena akan menghasilkan data yang kecil. Standar maksimum jarak film terhadap sumber ditentukan dalam *ASME (American Society of Mechanical Enggining)* yang umum digunakan.

Berikut langkah kerja dari *Radiography Test* yaitu:

1. Marking pada material pengelasan yang akan diuji.
2. Film dipasang di antara plat (*lead screen*) agar radiasi dapat tertangkap kedalam film.
3. Film dipasang pada material yang telah demarking.
4. Sediakan tabung reaksi, *source tube* dan alat pemantik radiasi, saat penembakan radiasi posisi *source tube* harus berada belakang material yang akan diuji dengan tujuan, agar film tidak terpapar langsung oleh radiasi. Jika film sampai terpapar dengan radiasi maka dampaknya film akan terbakar.
5. Menggunakan survei meter agar mengetahui jarak aman dari radiasi saat proses penembakan. Setelah menentukan jarak aman maka dilakukan penembakan dengan menggunakan pemantik radiasi.
6. Setelah ditembakkan radiografi, *source tube* akan ditutup agar radiasi tekunci di dalam tabung radiasi. Kemudian tabung reaksi dimatikan agar

lingkungan aman dari radiasi radiografi. Film yang sudah ditembak diberikan ke tim AR (Ahli Radiografi) untuk dilakukan pencucian film dan pembacaan film radiografi.

7. Setelah dicuci selanjutnya akan dibaca menggunakan *film viewer* sehingga terlihat dengan jelas kecacatan material yang diuji. Jika hasil film sesuai dengan standar penerimaan film maka dilakukan penulisan berita acara mengenai cacat las oleh tim AR.

Identifikasi cacat pengelasan pada radiografi dikembangkan dengan menerapkan teknik segmentasi, ekstraksi ciri dan klasifikasi. Teknik segmentasi saat ini tidak mampu memilah cacat pengelasan dari citra film radiografi yang utuh. Tekni ekstraksi ciri banyak menggunakan teknik pengukuran geometri yang sangat tergantung pada bentuk cacat. Selanjutnya klasifikasi yang digunakan belum memanfaatkan pendekatan stokastik sebagaimana yang digunakan untuk interpretasi konvensional. Pada penelitian ini mengembangkan metode segmentasi cacat pengelasan dari film radiografi. Kemudian diterapkan pendekatan stokastik untuk mengidentifikasi jenis cacat pengelasan. Pada penelitian ini metode segmentasi cacat pengelasan menggunakan pencocokan kurva *Gaussian*, *Fuzzy-c-means (FCM)* yang ditingkatkan dengan pengurangan citra, penajaman Laplacian, dan dekomposisi rekonstruksi gelombang singkat. Metode ekstraksi ciri tekstur yang digunakan yaitu tekstur statistik histogram (HTS), matriks konkurensi skala keabuan (GLCM) dan *geometric invariant moment (GIM)* . Kemudian tahap klasifikasi menggunakan metode klasifikasi bayes dengan tingkat akurasi, sensitifitas, dan spesifisitas baik.

Dari macam-macam cacat las secara visual yang terjadi, penelitian ini akan mentabulasi cacat las yang sering terjadi pada kapal sebagai berikut :

Untuk menentukan banyaknya lokasi yang akan diuji dengan *x-ray*. Jumlah posisi uji (A) mengacu pada peraturan BKI Bagian 1, Vol VI- peraturan untuk Pengelasan, section 12.

$$\text{Dengan rumus } A = 0.8 \times A_L \times C_P \times (A_B \times C_B + A_H \times C_H)$$

Gambar yang didapatkan merupakan bentuk proyeksi benda tersebut tanpa rincian lebih dalam. Gambar direkam dalam film yang disebut film radiografi. Suatu kontras radiografi disebabkan pada perbedaan dalam kemampuan penyerapan radiasi seperti *x-ray* atau *gamma-ray* dan perbedaan dalam hal ketebalan benda uji, susunan kimia, densitas yang tidak homogen, cacat, diskontinuitas, diproyeksikan terhadap objek untuk mendapatkan kontras dan definition yang baik pada suatu gambar. Selanjutnya akan membahas radiografi secara keseluruhan meliputi:

2.4.1 Prinsip Radiografi

Pengujian radiografi terdiri dari tiga komponen utama yaitu sumber radiasi, media perekaman, serta media pengaman sumber. Ketika sumber memancarkan radiasi dan menembus material, radiasi akan mengalami perbedaan penyerapan oleh material. Perbedaan ini disebabkan adanya perbedaan dalam hal rapat jenis, ketebalan, atau perbedaan karakteristik penyerapan akibat perbedaan komposisi. Radiasi yang lewat pada bagian mengekspos film dan membentuk *shadowgraph* bagian. Tingkat densitas akan bervariasi dengan jumlah radiasi yang mencapai film melalui tes objek dimana daerah gelap menunjukkan lebih banyak paparan dan dimana daerah terang menunjukkan kurang paparan. Variasi dalam densitas dapat digunakan untuk membentuk ketebalan atau komposisi bahan. Perbedaan penyerapan ini dapat diamati dengan mendeteksi radiasi transmisi perekam, dalam pengujian radiografi bagian yang diperiksa ditempatkan antara sumber radiasi dan media perekam.

2.4.2 Sumber Radiografi

Radioisotop merupakan unsur-unsur yang tidak stabil dalam proses menuju kestabilannya akan memancarkan gelombang *electromagnet* yang dinamakan sinar - γ . Akibat pemancaran tersebut *radioisotope* makin lama makin melemah. Waktu yang dijalani sehingga kekuatan penyinarannya menjadi setengah disebut setengah umur. Untuk mengujian NDT sendiri menggunakan radioisotop yang mempunyai waktu setengah umur. Biasanya digunakan *isotop-isotop cobalt (CO)* *iridium (Ir)*. Radioisotop selalu memancarkan sinar - γ maka apabila tidak dipakai

harus disimpan di dalam tabung pelindung dari timbal dan perpaduan dengan *wolfarm*. Pemancaran sinar γ dapat dilakukan dengan tiga cara yaitu pemancaran satu arah yang dilakukan dengan membuka tutup tabung pelindung, pemancaran silinder yang dilakukan dengan membuka pelindung dinding tabung, dan pancaran ke segala arah dengan meletakkan *radioisotope* pada tempat tanpa perantara tabung pelindung.

2.4.3 Metode Pengujian Radiografi

Pengujian radiografi memiliki beberapa metode dalam pengujiannya sesuai dengan kebutuhan dan kondisi suatu konstruksi atau produk untuk memudahkan pengujian radiografi. Adapun beberapa metodenya meliputi *Single wall single viewing* (SWSV), *Double wall single viewing* (DWSV), *Double wall double viewing* (DWDV).

1. *Single wall single viewing* (SWSV)

Teknik ini merupakan teknik penyinaran dengan melewati radiasi pada suatu dinding las benda uji dan pada *film* tergambar satu bagian dinding las untuk diinterpretasi. Teknik *single wall single viewing* meliputi:

- *Internal source technique*

Teknik ini dilakukan dengan meletakkan sumber radiasi di dalam benda uji dan film di luar benda uji.

- *Internal film technique*

Film berada di dalam benda uji sedangkan sumber radiasi di luar benda uji. Teknik ini dilakukan ketika benda uji cukup besar dimana diameter dalam benda uji minimal sama dengan *source film distance*.

- *Panaromic technique*

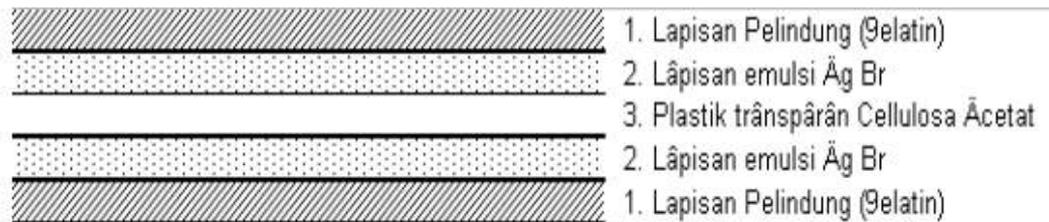
Dilakukan dengan menempatkan sumber di sumbu benda uji untuk mendapatkan film hasil radiografi sekeliling benda uji dan sesekali penyinaran.

2.4.4 Film Radiografi

Dalam pengujian radiografi salah satu alat yang digunakan adalah film. Film berfungsi untuk merekam gambar dari benda uji yang diperiksa. Film terbuat dari

bahan dasar berjenis plastik transparan yaitu *cellulose acetat*, yang mempunyai sifat fleksibel, ringan, tidak mudah pecah dan tembus cahaya. Dilapisi oleh suatu emulsi yang mengandung senyawa AgBr (perak bromide), untuk melindungi lapisan emulsi agar tidak cepat rusak maka di atasnya dilapisi lagi dengan gelatin.

Berikut adalah susunan film yang digunakan untuk memeriksa benda uji. Penyusunan film radiografi dapat dilihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2. 8 Penyusun Film Radiografi

Persyaratan film yaitu:

- Tidak ada cacat fisik
- Densitas terang/gelap diukur dengan densitometer
- Sensitivitas.

2.4.5 Klasifikasi jenis film

Pengklasifikasian film radiografi dilakukan dengan cara mengkombinasikan faktor-faktor dan karakteristik film. Klasifikasi film menurut standar dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Klasifikasi Film Menurut Standar

No.	Class	Velocity	Contrast	Graininess
1	Spesial	Tinggi	Sangat Tinggi	Sangat Rendah
2	I	Rendah	Sangat Tinggi	Sangat Rendah
3	II	Sedang	Tinggi	Rendah
4	III	Tinggi	Sedang	Tinggi

2.4.6 Pemilihan film radiografi

Pemilihan film radiografi tergantung pada beberapa faktor yang berbeda saat memilih film. Faktor-faktor tersebut meliputi:

- Bentuk, komposisi, dan ukuran dari bagian yang akan diperiksa. Pada beberapa kasus harus dipertimbangkan berat dan lokasinya.

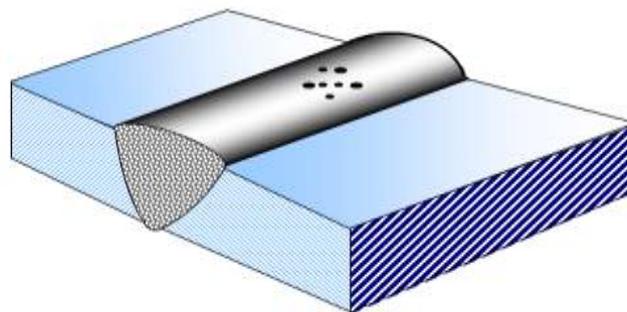
- Tipe radiasi yang digunakan seperti sinar γ dari sumber radioaktif atau sinar x dari sistem pembangkit sinar x
- Intensitas dari sumber radiasi sinar γ atau tegangan yang tersedia dari pesawat sinar x
- Tingkat detail dari gambar hasil radiografi dan segi ekonomi

Pemilihan film untuk radiografi pada benda uji tergantung dari jenis material dan ketebalan serta rentang intensitas sumber (C_i) yang tersedia pada sumber *gamma-ray*. Selain itu pemilihan film juga tergantung pada kualitas radiografi yang diinginkan dan waktu pensinaran. Jika kualitas radiografi yang diinginkan berkualitas tinggi maka digunakan film lambat (film dengan butiran lebih halus) harus digunakan. Sedangkan jika menginginkan waktu penyiaran pendek akan digunakan film cepat. Detail butiran pada film mengandung makna tersendiri seperti film dengan butiran besar seringkali digunakan untuk mengurangi waktu eksposur sedangkan film dengan butiran kecil menghasilkan *definition* terbaik. Contoh film dapat dilihat pada Lampiran 1 no. 1.1.

2.5 Cacat Las

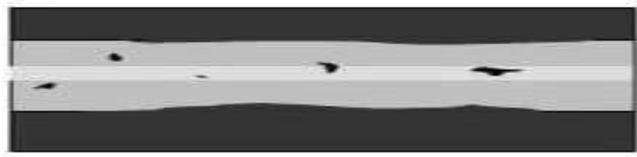
Cacat Las adalah hasil pengelasan yang tidak memenuhi syarat atau dapat dikarenakan adanya prosedur pengelasan yang salah, persiapan yang kurang dan juga disebabkan peralatan serta *consumable* yang tidak sesuai standar. Cacat las dibedakan menjadi 3 yaitu: visual, non visual dan internal. Berikut adalah jenis-jenis cacat las:

1. *Porosity* adalah cacat yang disebabkan adanya gas yang terperangkap di daerah lasan. Cacat las *porosity* dapat dilihat pada Gambar 2.9.



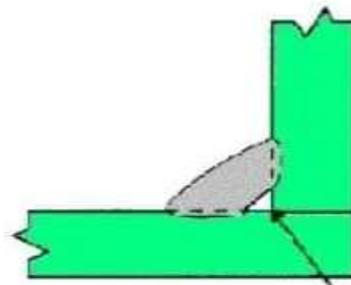
Gambar 2. 9 Cacat Las *Porosity*

2. *Slag Inclusion* adalah cacat yang terjadi akibat pembersihan pada saat pengelasan yang berlapis kurang bersih. Cacat las *Slag Inclusion* dapat dilihat pada Gambar 2.10.



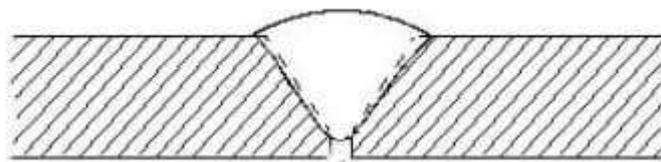
Gambar 2. 10 Cacat Las *Slag Inclusion*

3. *Incomplete Fusion* adalah cacat yang disebabkan oleh kesalahan penggunaan besar arus, kecepatan pengelasan. Cacat las *Incomplete Fusion* dapat dilihat pada Gambar 2.11.



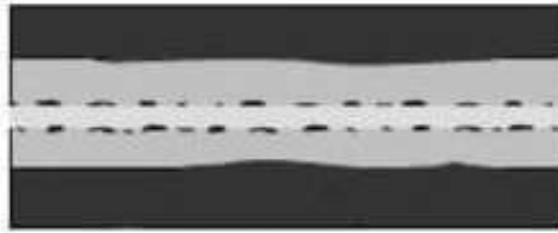
Gambar 2. 11 Cacat Las *Incomplete Fusion*

4. *Incomplete Penetration* adalah cacat las yang disebabkan akibat manik las yang menembus kurang sempurna. Cacat las *Incomplete Penetration* dapat dilihat pada Gambar 2.12



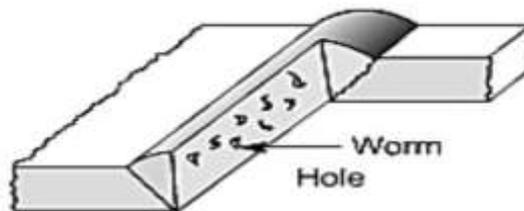
Gambar 2. 12 *Incomplete Penetration*

5. *Slag Line* adalah cacat las yang disebabkan akibat pemebersihan pada saat pengelasan kurang bersih sehingga mengakibatkan terak terperangkap pada permukaan. Cacat las *Slag Line* dapat dilihat pada Gambar 2.13.



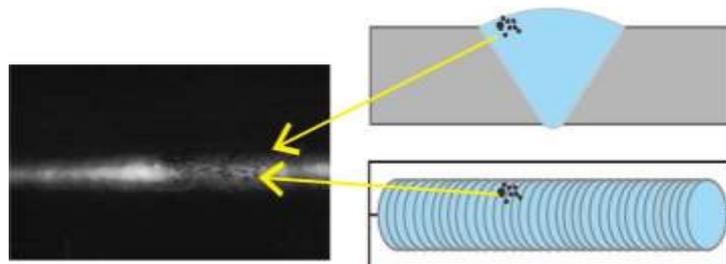
Gambar 2. 13 Cacat Las *Slag Line*

6. *Worm Hole* adalah cacat las yang disebabkan akibat terperangkapnya gas pada proses pengelasan yang berbentuk rongga. Cacat las *Worm Hole* dapat dilihat pada Gambar 2.14.



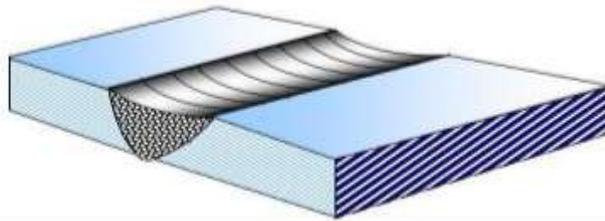
Gambar 2. 14 Cacat Las *Worm Hole*

7. *Clustered Porosity* adalah cacat yang disebabkan akibat pembersihan pada saat pengelasan kurang bersih sehingga mengakibatkan terperangkapnya minyak atau oli pada saat pengelasan. Cacat las *Clustered Porosity* dapat dilihat pada Gambar 2.15.



Gambar 2. 15 Cacat Las *Clustered Porosity*

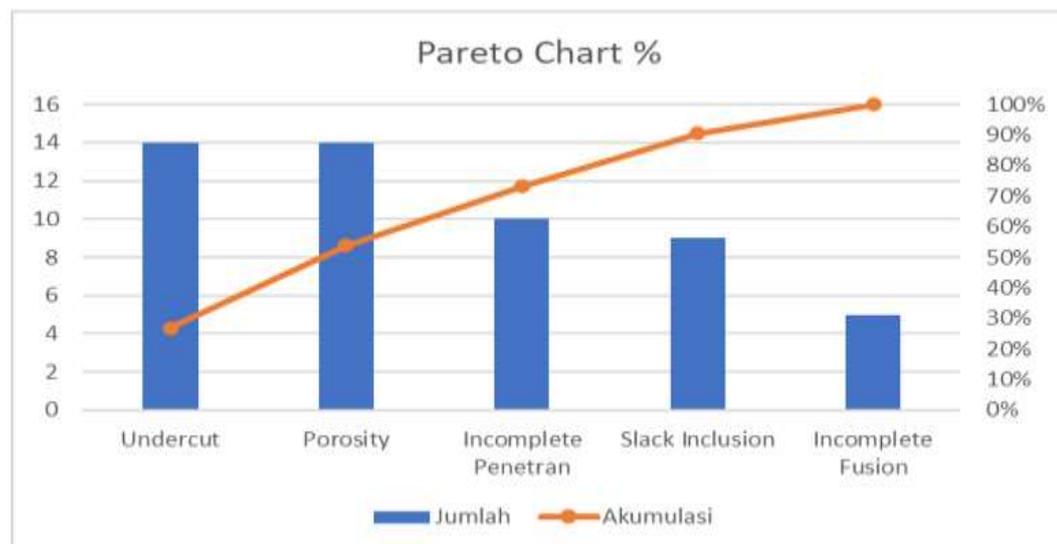
8. *Incomplete Concavitive* disebabkan akibat manik las tidak cembung sempurna. Cacat las *Incomplete Concavitive* dapat dilihat pada Gambar 2.16.



Gambar 2. 16 Cacat Las *Incomplete Concavitive*

2.6 Diagram Pareto

Diagram pareto adalah diagram batang yang menunjukkan masalah berdasarkan urutan banyaknya kejadian. Setiap permasalahan diwakili oleh satu diagram batang. Masalah yang paling banyak terjadi akan menjadi diagram batang yang paling tinggi sedangkan masalah yang paling sedikit akan diwakili oleh diagram batang yang paling rendah. (Henny Tisnowati, 2008). Penggunaan diagram pareto dapat dilakukan dengan menggunakan lembar periksa atau *check sheet*. Lembar periksa (*check sheet*) adalah suatu alat bantu untuk memudahkan proses pengumpulan data (Sutrisno,2013). Yang dimana data tersebut dapat membantu dalam menggunakan metode diagram pareto. Contoh penggunaan diagram pareto dapat dilihat pada Gambar 2.9.



Gambar 2. 17 Diagram Pareto

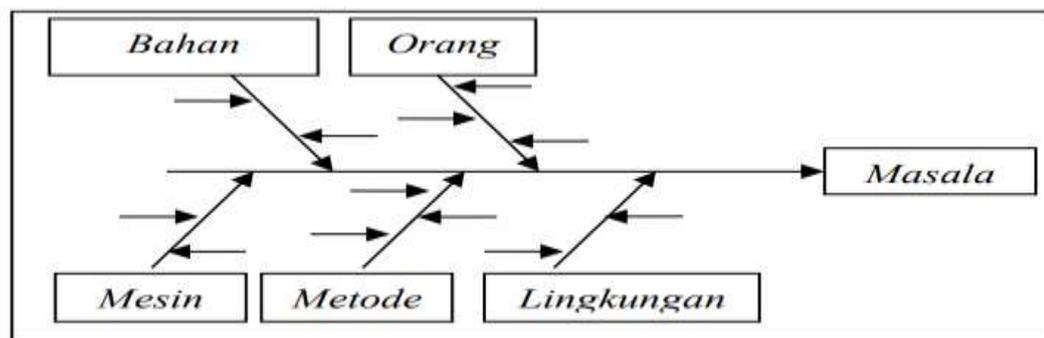
2.7 Diagram Sebab akibat

Diagram sebab-akibat bias juga disebut sebagai diagram tulang ikan (*fishbone chart*). Heizer dan Render dalam (Hidayatullah Elmas, 2017) mengatakan *Fishbone chart* berguna untuk memperlihatkan faktor-faktor utama yang berpengaruh pada kualitas dan mempunyai akibat pada masalah yang kita pelajari, selain itu juga dapat melihat faktor-faktor yang lebih terperinci yang berpengaruh dan mempunyai akibat pada faktor utama tersebut yang dapat kita lihat pada panah-panah yang berbentuk tulang ikan pada diagram *fishbone* tersebut. Prinsip yang digunakan untuk membuat diagram sebab akibat ini adalah sumbang saran atau brainstorming.

Adapun faktor-faktor penyebab utama dalam diagram sebab akibat adalah:

- 1) *Material* (Bahan baku)
- 2) *Machine* (Mesin)
- 3) *Man* (Tenaga kerja)
- 4) *Method* (Metode)
- 5) *Environment* (Lingkungan)

Contoh diagram sebab-akibat dapat dilihat pada Gambar 2.10.



Gambar 2. 18 Diagram Sebab-akibat

2.8 Preliminary Hazard Analysis (PHA)

Preliminary Hazard Analysis merupakan metode analisis resiko yang digunakan untuk:

- Mengidentifikasi semua bahaya dan kejadian kecelakaan potensi yang dapat menyebabkan terjadinya *accident*.

- Mengurutkan kejadian kecelakaan yang teridentifikasi berdasarkan tingkat keparahannya.
- Mengidentifikasi pengendalian bahaya yang dibutuhkan dan melakukan *follow up*.

Beberapa variasi PHA sering digunakan dan terkadang terdapat beberapa terdapat nama lain seperti: *Rapid Risk Ranking* dan *Hazard Identification* (HAZID) (Rausand, 2005).

PHA mengidentifikasi dimana energi terlepas dan apa kejadian kecelakaan yang mungkin terjadi, dan memberikan estimasi tingkat keparahan seriap kejadian kecelakaan tersebut. Sebagai langkah khusus untuk analisis risiko yang detail dalam sebuah konsep sistem atau sistem yang telah ada. Tujuan dari PHA adalah untuk mengidentifikasi kejadian kecelakaan yang dapat terjadi dan analisis risiko yang detail. Apakah PHA akan menjadi analisis yang cukup baik itu tergantung dari kompleksitas sebuah sistem dan tujuan dari analisis tersebut (Rausand, 2005).

Pengaplikasian PHA menurut Henley *and* Kumamoto dalam (Svein Kristiansen, 2005) dapat dilihat pada Table 2.2

Tabel 2. 2 Penerapan PHA

Bahaya	Pemicu 1	Kondisi bahaya	Pemicu 2	Potensi kegagalan	Dampak kegagalan	Tindakan perbaikan
Ketergantungan kapal pada daya apung	Kompartemen tidak kedap air	Potensi masuknya air besar dan tidak terkontrol	Cuaca buruk	Kapal Tenggelam	Korban jiwa, kerusakan lingkungan, hilangnya kapal dan muatan	Penambahan kompartemen kedap air, hindari cuaca buruk