

**SKRIPSI**

**PENGARUH VARIASI PENAMBAHAN KONSENTRASI NaCl  
TERHADAP PERILAKU FATIK KOROSI PADA ALUMINIUM 7075**



OLEH :

CAHYADI SURACHMAN

D211 16 024

**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**GOWA**

**2021**

**SKRIPSI**

**PENGARUH VARIASI PENAMBAHAN KONSENTRASI NaCl  
TERHADAP PERILAKU FATIK KOROSI PADA ALUMINIUM 7075**

**OLEH :**

**CAHYADI SURACHMAN**

**D211 16 024**

**Merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik  
Mesin pada Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin**

**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**GOWA**

**2021**

## LEMBAR PENGESAHAN

Tugas akhir ini diajukan untuk memenuhi salah satu persyaratan mengikuti ujian akhir guna memperoleh gelar Sarjana Teknik Mesin pada Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Pada tanggal 2 Juni 2021 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

**JUDUL :**

**PENGARUH VARIASI PENAMBAHAN KONSENTRASI NaCl  
TERHADAP PERILAKU FATIK KOROSI ALUMINIUM 7075**

**CAHYADI SURACHMAN**

**D211 16 024**

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II



**Dr. Hairul Arsyad, ST., MT**  
**NIP. 19750322 200212 1 001**



**Dr. Muhammad Syahid, ST., MT**  
**NIP. 19770707 200501 1 001**

Mengetahui,  
Ketua Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik  
Universitas Hasanuddin



**Dr. Eng. Jalaluddin, ST., MT.**  
**19720825 200003 1 001**

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Cahyadi surachman

NIM : D21116024

Program Studi : Teknik Mesin

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

### **PENGARUH VARIASI PENAMBAHAN KONSENTRASI NaCl TERHADAP PERILAKU FATIK KOROSI PADA ALUMINIUM 7075**

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri .

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa Sebagian atau keseluruhan skripsi ini hasil karya orang lain ,maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa , 27 Mei 2021

Yang Menyatakan



Cahyadi surachman

## Curriculum Vitae

### DATA PRIBADI

Nama : Cahyadi Surachman  
Tempat, tanggal lahir : Makassar, 30 Juli 1996  
Jenis kelamin : Laki - Laki  
Kebangsaan : Indonesia  
Agama : Islam  
Status : Belum Kawin  
Pendidikan : SMK Negeri 5 Makassar (STM Pembangunan)  
Jurusan : Teknik Pengelasan (Welding)  
No.HP/WA : 082331710650  
Email : cahyadisurachman3007@gmail.com  
Alamat Rumah : Jl. Maccini Gusung No.63 RT 019/RW004,  
Kecamatan Makassar, Kota Makassar



### RIWAYAT PENDIDIKAN

- SDN Bawakaraeng I Makassar : 2002 - 2008
- SMP Negeri 22 Makassar : 2008 - 2011
- SMK Neg. 5 Makassar (STM Pembangunan) :2012 - 2016

### RIWAYAT ORGANISASI

- IKATAN KELUARGA MAHASISWA BIDIKMISI (IKAB)
- EGRECIF UNHAS
- HMM FT-UH

## **ABSTRAK**

Cahyadi Surachman (D211 16 024). Pengaruh Variasi Penambahan Konsentrasi NaCl Terhadap Perilaku Fatik Korosi Pada Aluminium Al7075. (Dibimbing oleh Dr. Hairul Arsyad, ST., MT. dan Dr. Muhammad Syahid, ST., MT)

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui (1) Pengaruh variasi penambahan konsentrasi NaCl terhadap perilaku fatik korosi pada aluminium Al7075, (2) Pengaruh variasi kekasaran permukaan terhadap kekuatan fatik korosi, (3) Mengamati bentuk patahan pada permukaan aluminium Al7075 dari hasil pengujian fatik korosi.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa jumlah siklus yang menurun pada spesimen yang telah diberi konsentrasi NaCl 5% sampai dengan 20% dengan kekasaran permukaan kasar dengan jumlah siklus 17147 sampai 7622, pada spesimen dengan kekasaran permukaan sedang memiliki jumlah siklus 25466 sampai 10066, dan pada spesimen dengan permukaan halus memiliki jumlah siklus 37320 sampai 15474. Hal ini disebabkan karena semakin tinggi konsentrasi NaCl yang diberikan maka semakin rendah jumlah siklus yang didapatkan, sedangkan pada spesimen yang memiliki kekasaran permukaan kasar dan sedang menunjukkan bahwa jumlah siklus yang meningkat. Pada spesimen dengan NaCl 5% memiliki jumlah siklus 17147 sampai 37320, pada spesimen dengan NaCl 10% memiliki jumlah siklus 10355 sampai 26572, dan pada spesimen NaCl 20% memiliki jumlah siklus 7622 sampai 15474. Hal ini disebabkan karena semakin tinggi tingkat kekasaran permukaan maka semakin besar jumlah siklus yang didapatkan. Dari pengamatan hasil foto makro patahan bentuk patahan spesimen yang diberikan konsentrasi NaCl tinggi cenderung memiliki bentuk patahan yang halus Sementara, untuk spesimen yang diberikan konsentrasi NaCl rendah cenderung memiliki bentuk patahan yang kasar

Kata kunci : Aluminium Al7075, Konsentrasi NaCl, Kekasaran Permukaan, Foto Makro Patahan

## ABSTRACT

Cahyadi Surachman (D211 16 024). The Effect of Variations in the Addition of NaCl Concentration on Fatigue Corrosion Behavior of Aluminum Al7075. (Supervised by Dr. Hairul Arsyad, ST., MT. And Dr. Muhammad Syahid, ST., MT)

This study aims to determine (1) The effect of increasing NaCl concentration variations on the corrosion fatigue behavior of Al7075 aluminum, (2) The effect of surface roughness variations on corrosion fatigue strength, (3) Observing the shape of the fracture on the aluminum Al7075 surface from the corrosion fatigue test results.

The results showed that the number of cycles decreased in specimens that had been given NaCl concentrations of 5% to 20% with rough surface roughness with a number of cycles of 17147 to 7622, specimens with moderate surface roughness had a number of cycles of 25466 to 10066, and in specimens with surface roughness fine has a number of cycles of 37320 to 15474. This is because the higher the concentration of NaCl given, the lower the number of cycles obtained, while the specimens that have rough and moderate surface roughness indicate that the number of cycles is increasing. The specimens with 5% NaCl have a number of cycles of 17147 to 37320, the specimens with 10% NaCl have a number of cycles of 10355 to 26572, and the 20% NaCl specimens have a number of cycles of 7622 to 15474. This is because the higher the level of surface roughness, the more large number of cycles obtained. From the observation of the macro photos of the fracture shape of the specimens given high NaCl concentrations, they tend to have a smooth fracture. Meanwhile, specimens given low NaCl concentrations tend to have a coarse fracture shape.

*Keywords: Aluminum Al7075, NaCl Concentration, Surface Roughness, Fault Macro Photo.*

## KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji syukur kita panjatkan kehadirat Allah SWT, atas banyaknya Berkah, Rahmat dan Hidayah-Nya sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik. Salam dan shalawat kepada Nabi Muhammad SAW sebagai tauladan kami yang menghantarkan kita selalu menuntut ilmu untuk bekal akhirat dan duniawi.

Akhir penyusunan skripsi **PENGARUH VARIASI PENAMBAHAN KONSENTRASI NaCl TERHADAP PERILAKU FATIK KOROSI PADA ALUMINIUM 7075** sudah ada dihadapan pembaca. Skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana pada program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Penghargaan dan ucapan terima kasih yang setulus-tulusnya kepada kedua orang tua dan saudara-saudara saya (penulis) yang selalu memberikan motivasi, support dan kasih sayangnnya serta doa restunya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik.

Saya menyadari dalam menyelesaikan skripsi dan penelitian ini tidaklah mudah, banyak hambatan dan masalah yang dihadapi hingga sampai ke titik ini. Namun berkat doa dan dukungan dari berbagai pihak akhirnya penelitian dan skripsi ini telah selesai.

Oleh karena ini dengan penuh rasa hormat dan tulus saya selaku penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada Bapak Dr. Hairul Arsyad, ST., MT selaku pembimbing pertama dan Dr. Muhammad Syahid, ST., MT selaku pembimbing kedua, yang telah memberikan sangat banyak pelajaran berharga bagi saya yang tidak bisa ternilai harganya dengan apapun, meluangkan waktu dan tenaganya, dan juga memberikan motivasi dan ide-ide kepada saya sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini.

Tak lupa pula penulis menyampaikan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada semua pihak yang telah memberikan bimbingan dan petunjuk, terutama kepada :

1. Ibu Prof. Dwia Aris Tina Pulubuhu, selaku Rektor Universitas Hasanuddin beserta stafnya.
2. Bapak Dr. Ir. Muhammad Arsyad Thaha, MT, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
3. Bapak Dr. Eng. Jalaluddin, ST., MT, selaku Ketua Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
4. Bapak Edi Iskandar selaku laboran Laboratorium Metalurgi Fisik yang telah banyak membantu dalam penelitian dan telah banyak menghibur serta memberikan masukan dan saran yang mendidik.
5. Bapak dan ibu dosen serta staf Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
6. Seluruh teman-teman mahasiswa Teknik Mesin khususnya Angkatan 2016 COMPREZZOR. Terima kasih atas bantuan dan dukungannya serta semangat.
7. Teman-teman asisten Laboratorium Metalurgi Fisik, Laboratorium Teknologi Mekanik yang telah banyak membantu dalam penelitian ini.
8. Penghuni kost pojok yang selama ini membantu saya Ibnu Firman, Muhammad Adhan, Muh. Khalid, Musakkir, Musyafriadi, Za'im Ukhrawi dan Harun HL ,terima kasih saudara atas kebersamaannya selama ini.
9. Teman-teman KKN 102 di Posko Bahagia Pallette Bone.
10. Teman-teman di Keluarga Besar THE MACZ MAN Sektor PONGTIKU yang sering memberi suport kepada saya.
11. Terakhir untuk seseorang yang bernama Sally Fausia S.Pd yang sudah mmemberikan doa dan menjadi motivasi penulis.

12. Seluruh pihak yang tidak sempat disebutkan namanya satu per satu. Akhir kata, jazakumullah khairan katsiran atas semuanya dan penulis berharap, tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua khususnya dalam ilmu material dan permesinan. Karenanya, masukan dan kritik rekan-rekan sekalian kiranya dapat membantu pengembangan penelitian ini selanjutnya.

Gowa, 19 Juni 2020

Cahyadi Surachman

D211 16 024

## DAFTAR ISI

<b>SAMPUL DEPAN</b> .....	<b>i</b>
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	<b>iii</b>
<b>DAFTAR RIWAYAT HIDUP</b> .....	<b>iv</b>
<b>PERNYATAAN KEASLIAN</b> .....	<b>v</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>vi</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>vii</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>viii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xv</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xvi</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Batasan Masalah .....	4
1.5 Manfaat Penelitian .....	5
1.6 Sistematika Penulisan.....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>6</b>
2.1 Aluminium .....	6
2.2 Aluminium dan Paduannya .....	8
2.3 Korosi .....	18
2.3.1 Jenis-Jenis Korosi .....	18
2.3.2 Laju Korosi.....	19
2.3.3 Hal – hal yang mempengaruhi terjadinya korosi .....	20
2.4 Faktor – faktor yang Mempengaruhi Kelelahan korosi .....	20
2.4.1 Lingkungan.....	20
2.4.2 Permukaan.....	23

2.4.3 Rasio Stres .....	24
2.4.4 Beban Frekuensi .....	25
2.4.5 Intensitas Stres .....	25
2.4.6 Efek ukuran dan Gradien kekerasan .....	26
2.4.7 Variabel Metalurgi .....	27
2.4.8 Permukaan Sisa Tegangan .....	27
2.4.9 Efek Penutupan Retak .....	28
2.5 Fatik .....	28
2.5.1 Awal Retak (initiation crack) .....	32
2.5.2 Perambatan Retak (crack propagation) .....	33
2.5.3 Perpatahan Akhir (fracture failure) .....	33
2.6 Fatik Korosi .....	33
2.6.1 Pengertian Fatik korosi .....	33
2.6.2 Tahapan Mekanisme kelelahan korosi .....	34
2.6.3 Fatigue corrosion cracking (CFC) .....	34
2.6.4 Diagram Godman .....	37
2.7 Kekerasan Permukaan .....	38
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>41</b>
3.1 Waktu dan Tempat .....	41
3.2 Alat dan Bahan .....	41
3.3 Diagram Alir Penelitian .....	48
3.4 Prosedur Penelitian .....	50
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>55</b>
4.1 Hasil Penelitian .....	57
4.1.1 Pengaruh Konsentrasi NaCl Terhadap Kekuatan Fatik .....	59
4.1.2 Hasil Foto Patahan Setelah Pengujian Fatik Korosi .....	68
<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>74</b>
5.1 Kesimpulan .....	74
5.2 Saran .....	75
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>76</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>79</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Diagram Fasa.....	17
Gambar 2.2 Struktur Mikro Paduan aluminium.....	17
Gambar 2.3 Grafik Uji tarik Aluminium 7075 .....	18
Gambar 2.4 <i>Solubility of oxygen in water at different temperatures</i> .....	22
Gambar 2.5 <i>Effect of NaCl concentration on the corrosion of Fe</i> .....	22
Gambar 2.6 Kurva SN .....	29
Gambar 2.7 Grafik kegagalan material setelah mengalami beban dan siklus.....	31
Gambar 2.8 Diagram Godman .....	37
Gambar 2.9 Surface Texture Features.....	38
Gambar 2.10 Kurva kekasaran .....	38
Gambar 3.1 Mesin Uji Fatik Korosi .....	41
Gambar 3.2 Mikroskop Optik .....	43
Gambar 3.3 Gerinda .....	43
Gambar 3.4 Kikir .....	43
Gambar 3.5 Ragum .....	44
Gambar 3.6 Jangka Sorong .....	44
Gambar 3.7 Gelas Beaker .....	44
Gambar 3.8 Timbangan Digital .....	45
Gambar 3.9 Mesin Amplas .....	45
Gambar 3.10 Pegas Uji Tarik .....	45
Gambar 3.11 Chamois .....	46
Gambar 3.12 Plat Aluminium Al7075 .....	46
Gambar 3.13 NaCl Padat .....	46
Gambar 3.14 Aquadest .....	47
Gambar 3.15 Bentuk Spesimen Pengujian Fatik .....	49
Gambar 3.16 Proses pembuatan alat uji fatik .....	51

Gambar 3.17 Proses uji tarik pegas .....	51
Gambar 3.18 Kalibrasi Beban Pada Alat Uji .....	52
Gambar 3.19 Proses Pembuatan Lauran NaCl .....	52
Gambar 3.20 Spesimen sebelum di uji .....	53
Gambar 3.21 Spesimen setelah diuji .....	53
Gambar 3.22 Proses Pengujian Fatik Korosi .....	54
Gambar 4.1 Proses Pengujian Kelelahan Korosi .....	55
Gambar 4.2 Kalibrasi Beban Pada alat uji tarik .....	56
Gambar 4.3 Grafik Uji Tarik Pegas .....	57
Gambar 4.4 Grafik Siklus pada alat fatik.....	58
Gambar 4.5 Grafik hubungan antara siklus dengan konsentrasi NaCl pada permukaan kasar .....	59
Gambar 4.6 Grafik hubungan antara siklus dengan konsentrasi NaCl pada permukaan sedang .....	60
Gambar 4.7 Grafik hubungan antara siklus dengan konsentrasi NaCl pada permukaan halus.....	61
Gambar 4.8 Grafik pengujian fatik korosi dengan variasi larutan NaCl.....	62
Gambar 4.9 Grafik hubungan antara siklus dengan kekasaran permukaan pada konsentrasi NaCl 5%.....	64
Gambar 4.10 Grafik hubungan antara siklus dengan kekasaran permukaan pada konsentrasi NaCl 10% .....	65
Gambar 4.11 Grafik hubungan antara siklus dengan kekasaran permukaan pada konsentrasi NaCl 20% .....	66
Gambar 4.12 Grafik pengujian fatik korosi dengan variasi kekasaran permukaan.....	67
Gambar 4.13 Foto Patahan Pada Permukaan Kasar dan 3 variasi NaCl.....	69
Gambar 4.14 Foto Patahan Pada Permukaan Sedang dan 3 variasi NaCl .....	70
Gambar 4.15 Foto Patahan Pada Permukaan Halus dan 3 variasi NaCl.....	71

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Daftar seri paduan aluminium tempa .....	8
Tabel 2.2 Daftar seri paduan aluminium tuang .....	9
Tabel 2.3 Klasifikasi paduan tempa aluminium, mekanisme penguatan, dan rentang nilai kekuatannya .....	10
Tabel 2.4 Klasifikasi paduan aluminium.....	10
Tabel 2.5 Klasifikasi paduan aluminium tempaan dengan unsur paduan.....	11
Tabel 2.6 Unsur paduan aluminium. ....	16
Tabel 4.1 Hubungan Antara Siklus Dan Konsentrasi NaCl .....	62
Tabel 4.2 Hubungan Antara Siklus Dan Kekasaran permukaan .....	67

## DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN I Tabel Data Pengujian.....	79
Tabel A.1 Tabel pengujian fatik korosi pada permukaan kasar.....	79
Tabel A.2 Tabel pengujian fatik korosi pada permukaan halus.....	79
Tabel A.3 Tabel pengujian fatik korosi pada permukaan sedang.....	79
Tabel A.4 Tabel pengujian fatik korosi pada konsentrasi NaCl 5%.....	80
Tabel A.5 Tabel pengujian fatik korosi pada konsentrasi NaCl 10%.....	80
Tabel A.6 Tabel pengujian fatik korosi pada konsentrasi NaCl 20%.....	80
LAMPIRAN II Dokumentasi Kegiatan Penelitian.....	81
Gambar B.1 Proses pembuatan larutan NaCl.....	81
Gambar B.2 Proses pengamplasan spesimen.....	82
Gambar B.3 Pegas uji tarik.....	82
Gambar B.4 Spesimen uji fatik korosi.....	82
Gambar B.5 Proses kalibrasi pegas pada alat uji tarik.....	83
Gambar B.6 Proses uji fatik korosi.....	83
Gambar B.7 Proses foto patahan.....	84
Gambar B.8 Spesimen sebelum di uji.....	85
Gambar B.9 Spesimen sebelum setelah di uji.....	85
Gambar B.10 Gambar Hasil Pengujian XRF.....	85

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Aluminium adalah logam yang memiliki kekuatan yang relatif rendah dan lunak. Aluminium merupakan logam yang ringan dan memiliki ketahanan korosi yang baik, hantaran listrik yang baik dan sifat - sifat lainnya. Aluminium umumnya dicampur dengan logam lainnya sehingga membentuk aluminium paduan. Material ini dimanfaatkan bukan saja untuk peralatan rumah tangga, tetapi juga dipakai untuk keperluan industri, konstruksi, dan lain sebagainya. (Surdia,1992).

Korosi yang umumnya terjadi pada logam aluminium adalah korosi sumuran. Korosi sumuran membentuk lubang-lubang kecil yang kasat mata, pada awalnya korosi ini berlangsung ketika logam aluminium bereaksi dengan udara lembab. Oleh karena itu korosi pada aluminium ini bisa berakibat kebocoran pada material tanpa diketahui sebelumnya, yang artinya fatal jika terjadi pada material industri yang membutuhkan kepresisian tinggi. (Jones, 1992).

Proses korosi merupakan suatu reaksi elektrokimia antara logam sebagai anoda dengan lingkungan yang bertindak sebagai katoda. Akibatnya, kecepatan berlangsungnya reaksi akan sangat ditentukan oleh konduktifitas dari larutan elektrolit. Larutan dengan konduktifitas yang baik akan mengakibatkan reaksi korosi yang berlangsung dengan cepat sehingga akan meningkatkan laju korosi. (Fontan.Mars.1986).

Kelelahan merupakan fenomena terjadinya kerusakan material karena pembebanan yang berulang-ulang. Mekanisme terjadinya kegagalan fatik dapat dibagi menjadi tiga fase yaitu : awal retak (*initiation crack*), perambatan retak (*crack propagation*) dan perpatahan akhir (*fracture failure*). Dua tahap pertama menentukan umur material. Kegagalan kelelahan korosi secara istimewa dimulai dari lubang-lubang korosi, karena pembubaran anodik di dalam lubang dipercepat

oleh mekanisme mekanik dan kerusakan yang tidak dapat diperbaiki yang disebabkan oleh produk korosi. Meskipun mekanisme perambatan retak fatik sangat rumit, efek korosi pada perambatan retak jelas tidak dapat diabaikan (Han,dkk.2011).

Pada dasarnya kegagalan fatigue dimulai dengan terjadinya retakan pada permukaan benda uji. Hal ini membuktikan bahwa sifat-sifat fatigue sangat peka terhadap kondisi permukaan, yang dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain kekasaran permukaan, perubahan sifat-sifat permukaan dan tegangan sisa permukaan (dieter,1992).

Pengaruh konsentrasi NaCl dalam larutan akan sangat berpengaruh terhadap laju korosi baja karbon dalam larutan tersebut. Peningkatan konsentrasi NaCl dalam larutan akan meningkatkan konduktivitas larutan sehingga meningkatkan laju korosi. Namun sebaliknya, peningkatan konsentrasi NaCl dapat meningkatkan dan menurunkan laju korosi baja karbon dalam larutan tersebut tergantung pada pengaruh yang dominan yang ditimbulkan oleh konsentrasi NaCl tersebut. Namun, adanya ion-ion terlarut dalam larutan garam akan menurunkan agen pereduksi yang ada pada larutan tersebut. Salah satu contohnya, semakin besar konsentrasi NaCl dalam larutan teraerasi akan menurunkan kelarutan oksigen dalam larutan tersebut. Pada beberapa literatur disebutkan bahwa kelarutan optimum oksigen dalam larutan NaCl teraerasi terjadi pada konsentrasi NaCl 3 – 3,5 %. (Jones, 1992).

Secara umum ,umur kelelahan korosi dapat diklasifikasikan ke dalam dua langkah: *the corrosion fatigue crack initiation* (CFCI) dan *the corrosion fatigue crack propagation* (CFCP). Mekanisme CFCP mirip dengan *stress corrosion cracking* (SCC). Meskipun mekanisme SCC tidak jelas, biasanya dijelaskan dengan embrittlement hidrogen. Di sini, laju CFCP dianggap sebagai laju perambatan retak yang dipercepat dari SCC yang terjadi dalam lingkungan korosif tertentu dengan pembebanan siklik. Dua mekanisme yang mungkin seperti pembubaran anodik dan hidrogen embrittlement diadopsi untuk menggambarkan percepatan laju perambatan retak pada lingkungan korosif. *Corrosion fatigue*

*crack propagation* (CFCP) terjadi akibat adanya kombinasi kerusakan korosi dan slip relatif logam pada ujung retak di bawah pembebanan siklik. (Hwan Kang,dkk.2011).

Ilman melakukan penelitian tentang Perilaku laju perambatan retak fatik (korosi fatik) di lingkungan udara, air laut dan air laut yang ditambahkan dengan inhibitor kalium kromat dapat dijelaskan dengan merepresentasikan hubungan panjang retakan ( $a$ ) dan jumlah siklus ( $N$ ). Disamping itu juga dapat ditentukan hubungan antara faktor intensitas tegangan dengan laju perambatan retak ( $da/dN$ ), sehingga dapat untuk memperkirakan umur suatu material. Berdasarkan hasil pengujian laju korosi fatik di lingkungan udara, air laut dan air laut yang ditambahkan inhibitor kalium kromat dengan konsentrasi 0,1%; 0,3% dan 0,5% hubungan panjang retakan ( $a$ ) dan jumlah siklus ( $N$ ). Jumlah siklus terendah dari pengujian rambat retak fatik di lima lingkungan yang berbeda menunjukkan lingkungan air laut memiliki jumlah siklus terendah. Hal ini menunjukkan bahwa lingkungan air laut dengan pH 7,64 memiliki kecenderungan sebagai media yang korosif. (Ilman ,2009).

Kegagalan kelelahan merupakan fenomena yang sangat penting karena diperkirakan 50 – 90% penyebab kegagalan mekanik karena kegagalan kelelahan. Kegagalan lebih dari kelelahan berbahaya dari pada kegagalan statis karena kegagalan terjadi tanpa peringatan, tiba-tiba dan tuntas (ASM, 1997). Fatik korosi belum pernah diungkapkan 60 tahun yang lalu dan lebih berkonsentrasi pada kabel yang rusak di bawah laut. Investigasi yang lebih terintegrasi dari ini. Fenomena ini dilakukan 10 tahun dan istilah itu dikarenakan fatik korosi. Murdjito dkk melaporkan hasil penelitiannya tentang kerusakan akibat fatik korosi dan meningkatnya fatik korosi dianggap sebagai salah satu penyebab kegagalan struktur dan tentu banyak terjadi di wilayah perairan laut di mana kondisinya sangat agresif dan sering memuat / stres berulang kali (Murdjito, 2010).

Berdasarkan uraian diatas, maka penulis berinisiatif untuk melakukan penelitian yang berjudul **“Pengaruh Variasi Penambahan Konsentrasi NaCl Terhadap Perilaku Fatik Korosi pada Aluminium 7075”**. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kekuatan fatik korosi pada aluminium Al 7075 yang berada pada lingkungan larutan NaCl dengan variabel control yang digunakan yaitu variasi penambahan konsentrasi NaCl.

### **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dikemukakan diatas, maka dapat dirumuskan beberapa rumusan masalah, yakni

1. Bagaimana pengaruh variasi penambahan konsentrasi NaCl terhadap perilaku fatik korosi pada aluminium Al 7075 ?
2. Bagaimana pengaruh variasi kekasaran permukaan terhadap perilaku fatik korosi ?
3. Bagaimana bentuk patahan pada permukaan aluminium Al 7075 dari hasil pengujian fatik korosi ?

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Beberapa hal Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini, sebagai berikut :

1. Untuk menganalisa bagaimana pengaruh variasi penambahan konsentrasi NaCl terhadap perilaku fatik korosi pada aluminium Al 7075.
2. Untuk menganalisa bagaimana pengaruh variasi kekasaran permukaan terhadap perilaku fatik korosi.
3. Untuk menganalisa bentuk patahan pada permukaan aluminium Al 7075 dari hasil pengujian fatik korosi.

### **1.4 Batasan Penelitian**

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Material yang digunakan adalah aluminium 7075.
2. Penambahan NaCl 5%,10%,20% pada aquades.
3. Pengujian korosi kelelahan dan foto patahan
4. Variasi kekasaran permukaan kasar (Grit amplas 100), Permukaan sedang (Grit amplas 240) dan Permukaan halus (Grit amplas 400).
5. Pengujian kelelahan korosi tarik tarik

6. Pengujian korosi kelelahan ini menggunakan beban konstan dimana beban maksimum 300 N dan beban minimum 280 N.

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat yang didapat dari penelitian tersebut dibagi menjadi dua, yaitu sebagai berikut:

1. Manfaat Langsung

Dapat mengetahui kelelahan korosi pada Aluminium Al7075 dan menambah ilmu pengetahuan, khususnya mengenai ilmu metalurgi.

2. Manfaat Tidak Langsung

Secara tidak langsung, data-data yang diperoleh dalam penelitian ini dapat bermanfaat bagi perusahaan aluminium maupun bagi para Peneliti selanjutnya.

### **1.6 Sistematika Penulisan**

#### **BAB I Pendahuluan**

Berisi latar belakang yang memperkenalkan gambaran mengenai fatik korosi, serta rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, metode pengumpulan data dan sistematika penulisan.

#### **BAB II Landasan Teori**

Berisi tentang tinjauan pustaka atau teori-teori penunjang yang berhubungan dengan penelitian.

#### **BAB III Metodologi Penelitian**

Berisi tentang proses penelitian secara lengkap.

#### **BAB IV Hasil dan Pembahasan**

Berisi tentang hasil dari eksperimen fatik korosi pada lingkungan NaCl dengan pembahasan dan analisisnya.

#### **BAB V Penutup**

Berisi tentang kesimpulan dari hasil penelitian serta saran yang diajukan untuk penelitian selanjutnya.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Aluminium**

Aluminium diambil dari bahasa Latin: alumen, alum. Orang-orang Yunani dan Romawi kuno menggunakan aluminium sebagai cairan penutup pori-pori dan bahan penajam proses pewarnaan. Pada tahun 1787, Lavoisier menduga bahwa unsur ini adalah Oksida logam yang belum ditemukan. Pada tahun 1761, de Morveau mengajukan nama alumine untuk basa alum. Pada Tahun 1827, Wohler disebut sebagai ilmuwan yang berhasil mengisolasi logam ini. Pada 1807, Davy memberikan proposal untuk menamakan logam ini Aluminium, walau pada akhirnya setuju untuk menggantinya dengan Aluminium. Nama yang terakhir ini sama dengan nama banyak unsur lainnya yang berakhir dengan “ium”. (Moch Ardiyansyah, 2018)

Aluminium ditemukan pada tahun 1825 oleh Hans Christian Oersted. Baru diakui secara pasti oleh F. Wohler pada tahun 1827. Sumber unsur ini tidak terdapat bebas, bijih utamanya adalah bauksit. Penggunaan Aluminium antara lain untuk pembuatan kabel, kerangka kapal terbang, mobil dan berbagai produk peralatan rumah tangga. Senyawanya dapat digunakan sebagai obat, penjernih air, fotografi serta sebagai ramuan cat, bahan pewarna, ampelas dan permata sintesis. Aluminium murni adalah logam yang lunak, tahan lama, ringan, dan dapat ditempa dengan penampilan luar bervariasi antara keperakan hingga abu-abu, tergantung kekasaran permukaannya. Kekuatan tarik Aluminium murni adalah 90 MPa, sedangkan aluminium paduan memiliki kekuatan tarik berkisar hingga 600 MPa. Aluminium memiliki berat sekitar satu pertiga baja, mudah ditebuk, diperlakukan dengan mesin, dicor, ditarik (drawing), dan diekstrusi. (Moch Ardiyansyah, 2018)

Resistensi terhadap korosi terjadi akibat fenomena pasivasi, yaitu terbentuknya lapisan aluminium oksida ketika terpapar dengan udara bebas. Lapisan aluminium oksida ini mencegah terjadinya oksidasi lebih jauh dalam

keadaan murni aluminium terlalu lunak, terutama kekuatannya sangat rendah untuk dapat dipergunakan pada berbagai keperluan teknik. Dengan pepaduan ini dapat diperbaiki Jenis dan pengaruh unsur-unsur paduan terhadap perbaikan sifat aluminium (Moch Ardiyansyah,2018)

antara lain:

**1. Silikon (Si)**

Dengan atau tanpa paduan lainnya silikon mempunyai ketahanan terhadap korosi. Bila bersama aluminium ia akan mempunyai kekuatan yang tinggi setelah perlakuan panas, tetapi silikon mempunyai kualitas pengerjaan mesin yang jelek, selain itu juga mempunyai ketahanan koefisien panas yang rendah.

**2. Tembaga (Cu)**

Dengan unsur tembaga pada aluminium akan meningkatkan kekerasannya dan kekuatannya karena tembaga bisa memperhalus struktur butir dan akan mempunyai kualitas pengerjaan mesin yang baik, mampu tempa, keuletan yang baik dan mudah dibentuk.

**3. Magnesium (Mg)**

Dengan unsur magnesium pada aluminium akan mempunyai ketahanan korosi yang baik dan kualitas pengerjaan mesin yang baik, mampu las serta kekuatannya cukup.

**4. Nikel (Ni)**

Dengan unsur nikel aluminium dapat bekerja pada temperature tinggi, misalnya piston dan silinder head untuk motor.

**5. Mangan (Mn)**

Dengan unsur mangan aluminium sangat mudah dibentuk, tahan korosi baik sifat dan mampu lasnya baik.

**6. Seng (Zn)**

Umunya seng ditambahkan bersama-sama dengan unsur tembaga dalam prosentase kecil. Dengan penambahan ini akan meningkatkan sifat-sifat mekanik pada perlakuan panas, juga kemampuan mesin.

## 7. Ferro (Fe)

Penambahan ferro dimaksud untuk mengurangi penyusutan, tapi penambahan ferro (Fe) yang besar akan menyebabkan struktur perubahan butir yang kasar namun hal ini dapat diperbaiki dengan penambahan titanium pada aluminium dimaksud untuk mendapat struktur butir yang halus. Biasanya penambahan bersama-sama dengan Cr dalam prosentase 0,1%, titanium juga dapat meningkatkan mampu mesin. (Moch Ardiyansyah, 2018).

## 2.2 Aluminium dan Paduannya

Berdasarkan metode peleburannya, paduan aluminium dikelompokkan menjadi dua kelompok utama yaitu paduan tempa (*wrought*) dan paduan tuang (*casting*). Jenis paduan aluminium saat ini sangat banyak dan tidak menutup kemungkinan ditemukannya lagi jenis paduan aluminium baru, oleh karena itu dibuat sistem penamaan sesuai dengan komposisi dan karakteristik paduan aluminium tersebut untuk memudahkan pengklasifikasinya. Salah satu penamaan paduan standar AA, seperti pada Tabel 2.1.

**Tabel 2.1** Daftar seri paduan aluminium tempa

Paduan Tempa	Penandaan
Aluminium (min.) 99.00%	1XXX
Tembaga	2XXX
Mangan	3XXX
Silikon	4XXX
Magnesium	5XXX
Magnesium dan Silikon	6XXX
Seng	7XXX

(Sumber: Smallman, R.E. dan Bishop, R.J., 2000)

Paduan aluminium tempa, seri 1xxx digunakan untuk aluminium murni, paduan aluminium diidentifikasi dengan sistem empat digit berdasarkan

elemen paduan utamanya. Untuk paduan tempa (*wrought*, yang mengalami perubahan bentuk) digit pertama mengidentifikasi kelompok paduan dan digit kedua menunjukkan modifikasi paduan asli yang diidentifikasi dengan dua digit terakhir.

Untuk paduan tuang (*casting*) sistem penamaan agak berbeda. Di sini digit pertama mengidentifikasi kelompok, dua digit berikutnya mengidentifikasi paduan dan digit terakhir yang didahului desimal mengacu bentuk produk (misalnya, 0 untuk hasil coran dan 1 untuk ingot). (Smallman, R.E. dan Bishop, R.J., 2000)

**Tabel 2.2** Daftar seri paduan aluminium tuang

Paduan Tuang	Penandaan
Aluminium (min.) 99.00%	1XXX
Tembaga	2XXX
Silikon, Tembaga dan Magnesium	3XXX
Silikon	4XXX
Magnesium	5XXX
Seng	6XXX
Timah Putih	7XXX

(Sumber: Smallman, R.E. dan Bishop, R.J., 2000)

Berdasarkan metode pengerasannya, aluminium dapat dibagi menjadi dua kelompok, *heat treatable alloys* dan *non-heat treatable alloys*. *Heat treatable alloys* adalah paduan aluminium yang dapat diperkeras dengan penuaan (*aging*). Sementara *non-heat treatable alloys* tidak dapat diperkuat dengan penuaan melainkan dengan penguatan larutan-padat (*solid solution strengthening*), pengerasan butir (*strain hardening*), atau pengerasan dispersi (*dispersion strengthening*).

Paduan tempa yang dapat diperkuat lewat perlakuan panas adalah kelas 2xxx, 6xxx, 7xxx, dan beberapa jenis dari kelas 8xxx. Beberapa kombinasi

penambahan unsur pepadu, mekanisme penguatannya, serta perkiraan nilai kekuatan yang dapat dicapai dapat dilihat dalam Tabel 2.4 . (Hatch, 1984)

**Tabel 2.3** Klasifikasi paduan tempa aluminium, mekanisme penguatan, dan rentang nilai kekuatannya

Seri Aluminium	Sistem Paduan	Tensile Strength (MPa)
<b>Work- hardenable alloys</b>		
1xxx	Al murni	70-75
3xxx	Al-Mn-Mg	140-280
4xxx	Al-Si	105-350
5xxx	Al-Mg	140-280
<b>Precipitation-hardenable alloys</b>		
2xxx	Al-Cu-Mg	170-310
2xxx	Al-Cu-Mg-Si	380-520
6xxx	Al-Mg-Si	150-380
7xxx	Al-Zn-Mg	380-520
7xxx	Al-Zn-Mg-Cu	520-620
8xxx	Al-Li-Cu-Mg	280-560

(Sumber: Subagyo, 2017)

Berikut ini tabel klasifikasi aluminium paduan yang dapat diperkuat dengan perlakuan panas dan yang tidak dapat di berikan perlakuan panas. Seperti pada Tabel 2.4 yang memeberikan perkiraan nilai kekuatan yang dapat dicapai dan Tabel 2.5 yang merupakan pengelompokan paduan Aluminium. Dari tabel tersebut akan diketahui kodefikasi dan sifat bahan aluminium dengan paduan yang berbeda-beda sesuai dengan pengelompokan atau klasifikasi.

**Tabel 2.4** Klasifikasi paduan aluminium.

Al paduan untuk dimesin	Paduan jenis tidak dapat di perlakuan panas (non-heat-treatable)	Al murni ( seri 1000) Paduan Al-Mn (seri 3000) Paduan Al-Si (seri 4000) Paduan Al-Mg (seri 5000)
	Paduan jenis dapat perlakuan panas (heat-treatable)	Paduan Al-Cu (seri 2000) Paduan Al-Mg-Si (seri 6000) Paduan Al-Zn (seri 7000)
Al paduan untuk coran	<i>Non-heat-treatable alloy</i>	Paduan Al-Si (Silumin) Paduan Al-Mg (Hydronarium)
	<i>Heat-treatable alloy</i>	Paduan Al-Cu (Lautal) Paduan Al-Si-Mg (Silumin, Lo-ex)

(Sumber: Subagyo, 2017)

Selain klasifikasi aluminium paduan Tabel 2.4, berikut ini merupakan tabel klasifikasi aluminium berdasarkan paduan utama dan proses pengerjaannya dengan proses penempaan, dapat dijelas melalui Tabel 2.5 merupakan klasifikasi aluminium berdasarkan perlakuan yang dilakukan.

**Tabel 2.5** Klasifikasi paduan aluminium tempaan dengan unsur paduan utamanya.

Standar AA	Standar Alcoa terdahulu	Keterangan
1001	1S	Al murni 99,5% atau di atasnya
1100	2S	Al murni 99,0% atau di atasnya
2010-2029	10S-29S	Cu merupakan unsur paduan utama
3003-3009	3S-9S	Mn merupakan unsur paduan utama
4030-4039	30S-39S	Si merupakan unsur paduan utama
5050-5086	50S-69S	Mg merupakan unsur paduan utama
6061-6069		Mg <sub>2</sub> Si merupakan unsur paduan utama
7070-7079	70S-79S	Zn merupakan unsur paduan utama

(Sumber: Surdia T. dan Saito, 1995)

Berikut ini merupakan jenis-jenis aluminium paduan yang sering digunakan dan paduan aluminium dengan proses pengerjaan yang berbeda - beda.

a. Paduan Aluminium-Silikon

Paduan aluminium dengan silikon hingga 15% akan memberikan kekerasan dan kekuatan tensil yang cukup besar, hingga mencapai 525 MPa pada aluminium paduan yang dihasilkan pada perlakuan panas. Jika konsentrasi silikon lebih tinggi dari 15%, tingkat kerapuhan logam akan meningkat secara drastis akibat terbentuknya kristal granula silika.

b. Paduan Aluminium-Magnesium

Keberadaan magnesium hingga 15,35% dapat menurunkan titik lebur logam paduan yang cukup drastis, dari 660°C hingga 450°C. Namun, hal ini tidak menjadikan aluminium paduan dapat ditempa menggunakan panas dengan mudah karena korosi akan terjadi pada suhu di atas 60°C. Keberadaan magnesium juga menjadikan logam paduan

dapat bekerja dengan baik pada temperatur yang sangat rendah, di mana kebanyakan logam akan mengalami *failure* pada temperatur tersebut.

c. Paduan Aluminium-Tembaga

Paduan aluminium-tembaga juga menghasilkan sifat yang keras dan kuat, namun rapuh. Umumnya, untuk kepentingan penempaan, paduan tidak boleh memiliki konsentrasi tembaga di atas 5,6% karena akan membentuk senyawa  $\text{CuAl}_2$  dalam logam yang menjadikan logam rapuh.

d. Paduan Aluminium-Mangan

Penambahan mangan memiliki akan berefek pada sifat dapat dilakukan pengerasan tegangan dengan mudah (*work-hardening*) sehingga didapatkan logam paduan dengan kekuatan tensil yang tinggi namun tidak terlalu rapuh. Selain itu, penambahan mangan akan meningkatkan titik lebur paduan aluminium.

e. Paduan Aluminium-Seng

Paduan aluminium dengan seng merupakan paduan yang paling terkenal karena merupakan bahan pembuat badan dan sayap pesawat terbang. Paduan ini memiliki kekuatan tertinggi dibandingkan paduan lainnya, aluminium dengan 5,5% seng dapat memiliki kekuatan tensil sebesar 580 MPa dengan elongasi sebesar 11% dalam setiap 50 mm bahan. Bandingkan dengan aluminium dengan 1% magnesium yang memiliki kekuatan tarik sebesar 410 MPa namun memiliki elongasi sebesar 6% setiap 50 mm bahan.

Selain jenis-jenis aluminium paduan diatas, Aluminium memiliki kelas atau *grade* yang tergantung pada unsur paduan dan perlakuan panas yang dilakukan terhadap paduan aluminium tersebut. *Grade* ( kelas ) dari aluminium dapat menunjukkan berbagai sifat mekanik dari aluminium tersebut dari penampilan yang baik, kemudahan fabrikasi, ketahanan korosi yang baik, mampu las yang baik dan ketangguhan retak tinggi. Pemilihan *grade* ( kelas ) aluminium yang tepat tergantung pada aplikasi yang diperlukan dan kondisi

kerja. Berikut adalah aluminium paduan yang sesuai dengan *grade* dan kodefikasi yang dimiliki setiap paduan aluminium itu sendiri.

1. *Grade* aluminium Seri 1xxx

*Grade* dari aluminium ini (1050, 1060, 1100, 1145, 1200, 1230, 1350 dan lain-lain) ditandai dengan ketahanan korosi yang sangat baik, konduktivitas termal dan elektrik yang tinggi, sifat mekanik yang rendah, dan kemampuan kerja yang sangat baik. *Grade* aluminium ini memiliki kandungan Besi dan silikonyang besar.

2. *Grade* aluminium Seri 2xxx

Paduan aluminium ini (2011, 2014, 2017, 2018, 2124, 2219, 2319, 201,0; 203,0; 206,0; 224,0; 242,0 dll) memerlukan *solution heat treatment* untuk mendapatkan sifat yang optimal, didalam kondisi *solution heat treatment* , sifat mekanik yang mirip dengan baja karbon rendah dan kadang-kadang melebihi sifat mekanik baja karbon rendah. Dalam beberapa contoh, proses perlakuan panas (aging) digunakan untuk lebih meningkatkan sifat mekanik. Paduan aluminium dalam seri 2xxx tidak memiliki ketahanan korosi yang baik ketimbang kebanyakan paduan aluminium lainnya, dan dalam kondisi tertentu paduan ini mungkin akan terjadi korosi pada antar butir. *Grade* aluminium dalam seri 2xxx ini baik untuk bagian yang membutuhkan kekuatan yang bagus yaitu pada suhu sampai 150°C (300°F). Kecuali untuk kelas 2219, paduan aluminium ini sudah memiliki mampu las tetapi masih terbatas. beberapa paduan dalam seri ini memiliki kemampuan mesin yang baik.

3. *Grade* aluminium Seri 3xxx

Paduan aluminium ini (3003, 3004, 3105, 383,0; 385,0; A360; 390,0) umumnya memiliki ketidakmampuan panas tetapi memiliki kekuatan sekitar 20% lebih dari paduan aluminium seri 1xxx karena hanya memiliki presentase mangan yang sedikit (sampai sekitar 1,5%) yang dapat ditambahkan ke aluminium. Mangan digunakan sebagai elemen utama dalam beberapa paduan.

4. *Grade* aluminium Seri 4xxx

Unsur paduan utama dalam paduan seri 4xxx (4032, 4043, 4145, 4643 dll) adalah silikon, yang dapat ditambahkan dalam jumlah yang cukup (hingga 12%) menyebabkan substansial menurunkan rentang lebur. Untuk alasan ini, paduan aluminium-silikon yang digunakan dalam kawat las dan sebagai paduan untuk menyolder digunakan untuk menggabungkan aluminium, di mana titik lebur lebih rendah dari logam dasar yang digunakan.

5. *Grade* aluminium Series 5xxx

Unsur paduan utama *grade* aluminium ini adalah magnesium, bila digunakan sebagai elemen paduan utama atau digabungkan dengan mangan, hasilnya adalah paduan yang memiliki kekerasan sedang hingga kekuatan yang tinggi. Magnesium jauh lebih efektif daripada mangan sebagai penguat - sekitar 0,8% Mg sama dengan 1,25% Mn dan dapat ditambahkan dalam jumlah yang jauh lebih tinggi. Paduan aluminium dalam seri ini (5005, 5052, 5083, 5086, dll) memiliki karakteristik pengelasan yang baik dan ketahanan yang relatif baik terhadap korosi dalam atmosfer laut. Namun, pada pekerjaan dingin harus dilakukan pembatasan dan suhu operasi (150°) diperbolehkan untuk paduan aluminium yang memiliki magnesium tinggi untuk menghindari kerentanan terhadap korosi retak.

6. *Grade* aluminium Seri 6xxx

Paduan aluminium dalam seri 6xxx (6061 dan 6063) mengandung silikon dan magnesium sekitar dalam proporsi yang diperlukan untuk pembentukan magnesium silisida ( $Mg_2Si$ ), sehingga membuat paduan ini memiliki mampu perlakuan panas yang baik. Meskipun tidak sekuat pada paduan 2xxx dan 7xxx, paduan aluminium seri 6xxx memiliki sifat mampu bentuk yang baik, mampu las, mampu mesin, dan ketahanan korosi yang relatif baik dengan kekuatan sedang.

Untuk paduan aluminium seri 6xxx yang memiliki unsur paduan utama Al-Mg-Si, dalam sistem klasifikasi AA dapat diperoleh paduan Al

6063 dan Al 6061. Paduan dalam sistem ini mempunyai kekuatan kurang sebagai bahan tempaan dibandingkan dengan paduan–paduan lainnya, tetapi sangat liat, sangat baik mampu bentuknya untuk penempaan, ekstrusi dan sebagainya. Paduan 6063 dipergunakan untuk rangka–rangka konstruksi, maka selain dipergunakan untuk rangka konstruksi. Sedangkan paduan aluminium seri 6061 adalah salah satu jenis material yang banyak penerapannya pada industri maju karena memiliki keunggulan dari berbagai sisi yaitu seperti kemampuan permesinan yang baik, penyelesaian permukaan sempurna, kekuatan yang tinggi dan ringan, serta tahan terhadap korosi.

#### 7. *Grade* aluminium Seri 7xxx

Zinc jumlah dari 1% sampai 8% ) merupakan unsur paduan utama dalam paduan aluminium seri 7xxx (7075, 7050, 7049, 710,0; 711,0 dll) dan ketika digabungkan dengan persentase magnesium yang lebih kecil didalam perlakuan panas yang cukup maka paduan ini akan memiliki kekuatan yang sangat tinggi. Biasanya unsur-unsur lain, seperti tembaga dan kromium, juga ditambahkan dalam jumlah kecil. paduan seri 7xxx digunakan dalam struktur badan pesawat, peralatan besar yang bergerak dan bagian lainnya memiliki tekanan yang sangat tinggi. (Subagyo, 2017).

## 2. **Aluminium 7075**

Paduan pada seri 7075 merupakan paduan yang banyak digunakan pada industri pengecoran maupun bahan konstruksi dikarenakan memiliki sifat kekuatan yang sangat baik namun disisi lain memiliki sifat getas yang disebabkan oleh retakan korosi tegangan (Da Xu et al, 2017).

Tetapi masalah tersebut telah bisa teratasi dengan melakukan proses perlakuan penuaan (aging treatment) pada aluminium 7075 sehingga dapat meningkatkan ketahanan pada rekatakan korosi tegangan (ASM Metal Handbook). Pada tabel 2.5 dibawah ini menjelaskan tentang komposisi dan karakterisasi material 7075 menurut buku Aerospace Specification Metals (ASM).

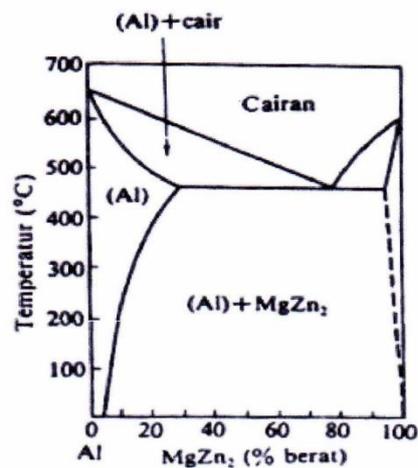
Untuk paduan aluminium seri 7075 (Al-Zn-Mg) merupakan paduan yang memiliki kekuatan yang paling tinggi diantara paduan seri aluminium lainnya, dengan komposisi Al-5,5%Zn-2,5%Mn-1,5%Cu-0,3%Cr-0,2%Mn (Surdia dan Saito, 2000) sehingga aluminium seri 7075 banyak digunakan untuk bahan konstruksi seperti pesawat terbang. Dalam karakteristik suatu logam paduan, ukuran butir merupakan hal yang sangat penting karena ukuran butir akan menentukan kekuatan mekanis logam paduan (Cholis et al, 2013). Paduan Al-ZnMg merupakan paduan yang sangat bagus dengan berat bahan yang ringan, sifat mekanis yang tinggi dan tahan korosi yang baik (Dellah et al, (2012). Kubaschewski et al, (1993) berpendapat bahwa paduan Al-Zn merupakan energi positif sedangkan paduan Al-Mg menjadi energi negatif ketika dilakukan pencampuran. Penambahan Mg dan Zn akan meningkatkan kekuatan, namun disisi lain akan menurunkan ketahanan korosi aluminium (Sofyan et al, 2008).

**Tabel 2. 6** Paduan Aluminium 7075

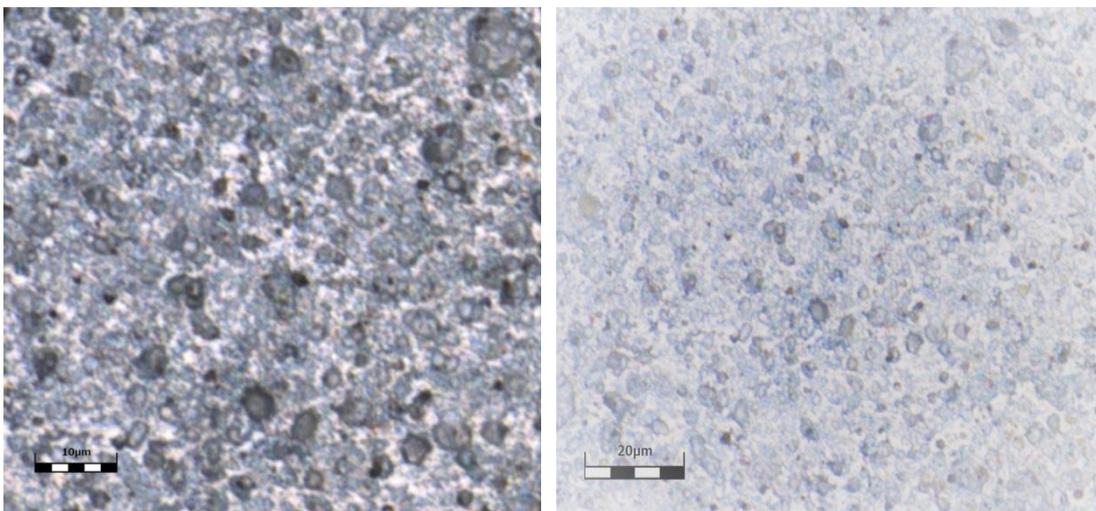
HASIL PENGUJIAN XRF	
UNSUR	%
Al	89.11
Zn	5.32
Mg	3.84
Cu	1.28
Si	0.19
Cr	0.18

### 3. Paduan Al-Mg-Zn

Paduan ini kelarutannya menurun apabila temperature turun, paduan system ini dapat dibuat keras sekali dengan penuaan setelah perlakuan pelarutan, tetapi sejak lama tidak dipakai karena memiliki sifat patah getas dan retakan korosi tegangan. Di Jepang, pada pemulaan tahun 1940, Igarashi dkk mengadakan penelitian dan berhasil dalam pengembangan suatu paduan dengan penambahan kira-kira 0,3% Mn atau Cr, dimana butir kristal padat diperhalus dan mengubah bentuk presipitasi serta retakan korosi tegangan tidak terjadi. Paduan ini mempunyai kekuatan tertinggi dibandingkan paduan-paduan lainna. Penggunaan paduan ini yang paling besar adalah untuk bahan konstruksi pesawat udara.

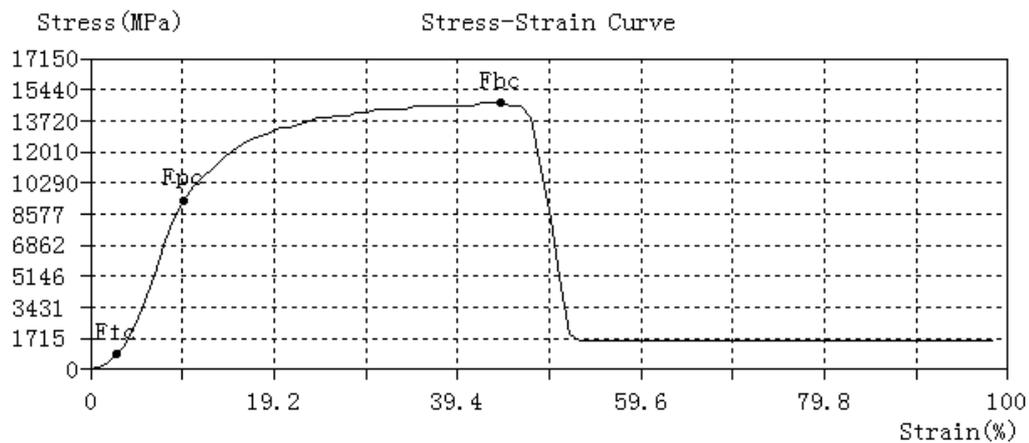


Gambar 2.1 Diagram fasa Al-Mg-Zn



Gambar 2. 2 Struktur Mikro Paduan Aluminium

SampleID	Aluminium 7075 1	TestDate	14/11/2020
Operator		Type	Flat
Size(mm)	12.5*1.4	So(mm <sup>2</sup> )	17.50
Lo(mm)	57	Fbc(kN)	4.50
Rbc(MPa)	255	Fsc(kN)	/
Rsc(MPa)	/	Fpc(kN)	2.85
Rpc(MPa)	163	Ftc(kN)	/
Rtc(MPa)	/	Ec(GPa)	5.40



Gambar 2. 3 Grafik uji Tarik Aluminium 7075

## 2.3 Korosi

Korosi di definisikan sebagai penurunan mutu logam akibat reaksi elektrokimia dengan lingkungannya. Pada peristiwa korosi, logam mengalami oksidasi, sedangkan oksigen (udara) mengalami reduksi. Peristiwa korosi sendiri merupakan proses elektrokimia, yaitu proses (perubahan / reaksi kimia) yang melibatkan adanya aliran listrik. Bagian tertentu dari logam berlaku sebagai kutub negatif (elektroda negatif, anoda), sementara bagian yang lain sebagai kutub positif (elektroda positif, katoda). Elektron mengalir dari anoda ke katoda, sehingga terjadilah peristiwa korosi. (Trethewey, 1991).

### 2.3.1 Jenis – Jenis Korosi

#### 1. Pitting corrosion

Pitting corrosion adalah pengkaratan yang terpusat pada satu titik dengan kedalaman tertentu. Pitting corrosion umumnya berbentuk lubang-lubang kecil pada permukaan dan umumnya sukar terdeteksi dengan visual inspection. Korosi ini sangat berbahaya

karena lubang-lubang kecil tersebut dapat mengakibatkan timbulnya konsentrasi 3 tegangan yang dapat berakibat pada kegagalan pipa,

## 2. Korosi Erosi

Korosi erosi adalah Korosi yang terjadi karena keausan dan menimbulkan bagian-bagian yang tajam dan kasar, bagian-bagian inilah yang mudah terjadi korosi dan juga diakibatkan karena fluida yang sangat deras dan dapat mengikis film pelindung pada logam. Korosi ini biasanya terjadi pada pipa dan propeller. Korosi jenis ini dapat dicegah dengan cara:

- a. Pilih bahan yang homogen.
- b. Diberi coating dari zat agresif.
- c. Diberikan inhibitor.
- d. Hindari aliran fluida yang terlalu deras.

## 3. Korosi Seragam

Korosi seragam merupakan bentuk kerusakan akibat terjadinya pengurangan ketebalan (thickness) secara seragam pada permukaan logam. Korosi ini umumnya terjadi pada material pipa.

## 4. Intergranular Corrosion

Intergranular Corrosion merupakan korosi yang berkaitan erat dengan aspek metalurgi material. Korosi ini menyerang pada batas butir atau bagian yang bersebelahan dengan butir material. Pada butir material sendiri biasanya hanya sedikit terserang korosi.

## 5. Korosi Arus Liar

Korosi arus liar adalah korosi yang disebabkan oleh adanya arus konvensional yang mengalir dalam arah berlawanan dengan aliran elektron, besarnya dipengaruhi oleh besar kecilnya arus dari luar (Kevin J. Pattireuw, Fentje, 2013).

### 2.3.2 Laju Korosi

Laju korosi pada umumnya dapat diukur dengan menggunakan dua metode yaitu: metode kehilangan berat dan metode elektrokimia. Metode kehilangan berat adalah menghitung kehilangan berat yang

terjadi setelah beberapa waktu pencelupan. Pada penelitian ini, digunakan metode kehilangan berat dimana dilakukan perhitungan selisih antara berat awal dan berat akhir. Satuan laju korosi

1. Pengurangan berat = g atau mg
2. Berat/satuan luas permukaan logam = mg/mm<sup>2</sup>
3. Berat perluas perwaktu = mg/dm<sup>2</sup> day (mdd), g/dm<sup>2</sup> .day, g/cm<sup>2</sup> .hour, g/m<sup>2</sup> .h, moles/cm<sup>2</sup> .h
4. Dalam penetrasi per waktu : inch/year, inch/month, mm/year, miles/yea(mpy), 1 milli = 0,001 inch

### **2.3.3 Hal – hal yang mempengaruhi terjadinya korosi**

Hal – hal yang mempengaruhi terjadinya korosi yaitu yang pertama Temperatur, semakin tinggi temperatur maka reaksi kimia akan semakin cepat maka korosi akan semakin cepat terjadi. Yang kedua yaitu kecepatan aliran, jika kecepatan aliran semakin cepat maka akan merusak lapisan film pada logam maka akan mempercepat korosi karena logam akan kehilangan lapisan. Yang ketiga yaitu pH, pada pH yang optimal maka korosi akan semakin cepat ( mikroba ). yang keempat yaitu Kadar Oksigen, semakin tinggi kadar oksigen pada suatu tempat maka reaksi oksidasi akan mudah terjadi sehingga akan mempengaruhi laju reaksi korosi, dan yang terakhir yaitu kelembaban udara (Utomo Budi, 2009).

## **2.4 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Kelelahan Korosi**

Seperti yang telah diungkapkan pada bagian sebelumnya, inisiasi retak dan perambatan retak adalah dua proses terpisah yang digerakkan oleh berbagai fenomena. Maka penting untuk memperhatikan bahwa media korosif akan memiliki efek yang berbeda pada masing-masing media tersebut. Bagian berikut menjelaskan faktor-faktor yang diketahui mempengaruhi kelelahan korosi.

### **2.4.1 Lingkungan**

Kelelahan korosi akan ditingkatkan oleh peningkatan aktivitas kimia lingkungan. Beberapa faktor yang memiliki pengaruh kuat

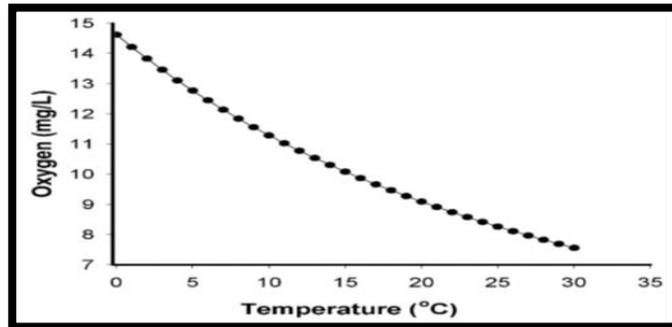
terhadap kelelahan korosi adalah suhu, pH, tekanan lingkungan gas, dan konsentrasi spesies korosi. Tidak ada aturan praktis untuk menggeneralisasi perilaku material ketika terpapar dengan kondisi lingkungan yang beragam karena, sebagaimana disebutkan sebelumnya, karakteristik metalurgi dari masing-masing material menentukan perilakunya dikombinasikan dengan lingkungan. Namun, ada beberapa reaksi yang umum diamati pada kondisi individu tertentu. Sebagai contoh, pH rendah, tekanan tinggi dari lingkungan gas, konsentrasi tinggi dari spesies korosif dan suhu tinggi umumnya memiliki efek yang merugikan pada ketahanan korosi-kelelahan material. Pada baja berkekuatan tinggi, laju pertumbuhan retak meningkat ketika tekanan uap air meningkat hingga saturasi tercapai (Glaeser, W, 2003).

#### 1. Konsentrasi Spesies Korosi

Kehadiran oksigen dikenal sangat merugikan kinerja kelelahan korosi banyak logam, karena meningkatkan banyak proses kimia yang agresif. Oleh karena itu, jika atmosfer memiliki akses bebas ke permukaan logam memungkinkan oksigen untuk memiliki kontak dengan logam - efek korosi akan disukai. Untuk alasan ini, kekuatan kelelahan korosi akan lebih rendah jika spesimen disemprotkan atau diteteskan dengan cairan korosif dari pada jika benar-benar tenggelam di dalamnya (Glaeser, W, 2003). Efek yang serupa diamati ketika cairan korosif diangin-anginkan (mengandung oksigen terlarut) dibandingkan dengan ketika mengalami deaerasi, menjadi larutan aerasi yang paling agresif.

#### 2. Suhu

Efek suhu adalah kompleks dan dapat sangat bervariasi tergantung pada bahan dan kisaran suhu. Sebagai contoh, karena suhu air menurunkan kelarutan oksigennya beberapa material dapat mengambil manfaat dari tingkat oksigen yang lebih rendah di lingkungan dan karenanya memiliki ketahanan korosi-kelelahan yang lebih baik pada suhu air yang tinggi.

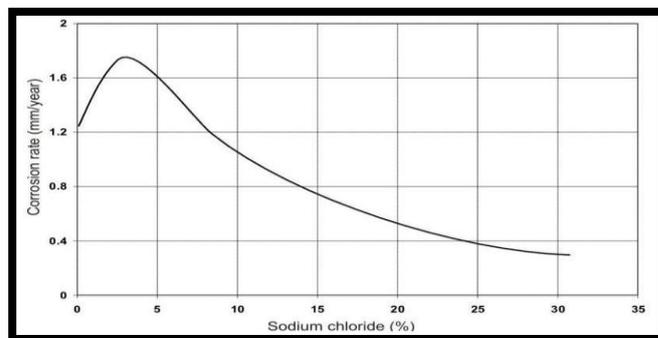


Gambar 2.4 *Solubility of oxygen in water at different temperatures*

Di sisi lain, dengan mengurangi kandungan oksigen, mekanisme evolusi hidrogen (tipikal dalam larutan de-aerasi) dapat terjadi dan menyebabkan embrittlement hidrogen (Evins,J.L,2004).

### 3. Efek NaCl

Telah diketahui bahwa keberadaan NaCl dalam media korosif menyebabkan kekuatan kelelahan korosi menurun secara drastis. Tingkat kelelahan korosi memiliki tingkat maksimum ketika konsentrasi NaCl adalah sekitar 3 – 4 % berat (Jonsson,S,1995). Maksimum ini di yakini disebabkan oleh kombinasi efek yang dimiliki jumlah NaCl dalam listrik. konduktivitas dan pada kelarutan oksigen, yang bertentangan. Ketika jumlah garam meningkat, konduktivitas listrik meningkat dan kelarutan oksigen berkurang. Bentuk kurva adalah hasil dari dua efek yang bekerja bersama dalam intensitas yang berbeda tergantung pada konsentrasi garam.



Gambar 2.5 *Effect of NaCl concentration on the corrosion of Fe*

Rollins et al (Rollins,v.1967) mempelajari pengaruh konsentrasi NaCl dalam inisiasi retak dan perambatan retak secara terpisah untuk baja. Dapat diamati bahwa jumlah siklus kelelahan untuk memulai penurunan retak karena konsentrasi NaCl meningkat dari 0 menjadi 4% berat, memiliki minimum pada 4% berat dan kemudian meningkat untuk konsentrasi NaCl yang lebih tinggi. Di sisi lain, perambatan retak tampaknya tidak tergantung pada keparahan larutan korosif (yang maksimum pada 4% berat NaCl), jika tidak kurva akan diharapkan memiliki bentuk yang mirip dengan inisiasi. Konduktivitas tinggi pada konsentrasi NaCl yang tinggi memungkinkan retak untuk tumbuh lebih dalam dengan aksi sel elektrokimia atau bahwa adsorpsi ion klorida pada ujung retak meningkatkan perambatan retak.

#### 4. Pengaruh pH

Menurut Rollins,v telah menunjukkan bahwa pengaruh pH rendah (1,2 dan 5,5) pada baja (1,0% berat C, 1,0% berat Cr, 0,25% berat Mo, 0,3% berat Si, 0,5% berat Si, 0,5% berat Mn) di bawah rotating bending test memiliki sedikit pengaruh pada inisiasi retak kelelahan, sedangkan sebagian besar pengurangan daya tahan terjadi selama perambatan retak . Dalam penelitian lain yang dilakukan pada baja yang sama dalam larutan NaCl 0,4% diusulkan bahwa dalam kisaran pH 4 - 10, laju korosi ditentukan oleh difusi oksigen ke katoda. Pada nilai pH di bawah 4, laju korosi meningkat karena evolusi hidrogen di katoda dan peningkatan konduktivitas. Pada nilai pH di atas 12, korosi tidak terjadi, dan disarankan bahwa logam dilindungi oleh film logam hidroksida atau oksigen yang diserap,mencegahnya mengembangkan korosi retak kelelahan (Jonsson,S,1995).

#### 2.4.2 Permukaan

Permukaan memiliki efek penting pada kelelahan pada lingkungan inert dan korosif. Nukleasi jika microcracks menjadi lebih mudah ketika

permukaan material memberikan hasil yang kasar. Efek, misalnya, tanda pemesinan pada permukaan material dapat bertindak sebagai takik di mana retakan akan mulai terbentuk. Tanda seperti itu juga membuat material lebih rentan terhadap korosi, sedangkan permukaan yang dipoles lebih tahan terhadap serangan lingkungan ini. Efek negatif lain yang mungkin terjadi dari pembuatan spesimen adalah bahwa, selain tanda pemesinan, permukaan dapat mengalami pengerasan akibat kerja dingin atau pelunakan dengan dekarburisasi. Juga, tegangan sisa dapat dimasukkan ke dalam lapisan permukaan sebagai hasil dari pemesinan dan persiapan (Glaeser,W,2003).

#### 2.4.3 Rasio Stres

stres, seperti yang dijelaskan pada bagian sebelumnya, adalah rasio antara stress minimum dan maksimum yang diterapkan dalam siklus. Ini menunjukkan cara bagian dimuat dalam hal besarnya batas uniaksial-gelombang stres. Rasio stres positif menunjukkan bahwa baik tegangan maksimum dan minimum adalah positif, yaitu tarik, dan semakin tinggi rasio stres (semakin dekat dengan 1), semakin dekat besarnya satu sama lain. Untuk pengujian kelelahan-kering, beban yang sepenuhnya terbalik ( $R = -1$ ) biasanya yang paling parah (Boardman ,B,1990).

Namun, perilaku sebaliknya dapat diharapkan untuk kelelahan korosi; ketika stres positif, retakan akan terbuka, meninggalkan bahan segar di bagian dalamnya terkena atmosfer agresif. Semakin lama waktu paparan, semakin tinggi kerusakan korosif yang diderita di ujung retak. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa - secara umum - laju perambatan retak meningkat oleh rasio tegangan tinggi . Jika rasio tegangan meningkat sementara intensitas tegangan ( $\Delta K$ ) dijaga konstan, regangan ujung retak dan laju regangan meningkat. Akibatnya, pecah film pasif ditingkatkan dan oleh karena itu perambatan retak meningkat (Phull,B,2003).

#### 2.4.4 Beban Frekuensi

Dari siklus stres memiliki sedikit efek pada perilaku kelelahan di lingkungan yang tidak agresif . Namun, itu adalah faktor paling penting yang mempengaruhi kelelahan korosi untuk sebagian besar material, lingkungan dan kondisi intensitas stres . Ini terjadi terutama karena korosi adalah fenomena yang tergantung waktu. Kemudian, jika korosi akan berpengaruh pada material setelah waktu tetap tertentu, frekuensi akan menentukan jumlah siklus material yang akan dicapai sebelum selang waktu korosi ini selesai. Oleh karena itu, semakin tinggi frekuensinya, semakin lama umur yang dicapai oleh komponen. Bahkan, "frekuensi ada di atas yang menghilangkan korosi kelelahan" . Di sisi lain, pada frekuensi di bawah 10Hz efek yang merugikan pada kekuatan kelelahan korosi ditingkatkan . Efek lain dari frekuensi adalah waktu retakan terbuka selama setiap siklus. Hal ini dipahami berdasarkan paparan bahan segar oleh retakan terbuka: ketika retakan terbuka karena tekanan positif 15 diterapkan, ujung retak memaparkan bahan segar ke lingkungan korosif, meningkatkan korosif serangan pada setiap siklus. Akibatnya, tingkat pertumbuhan retak meningkat dan umur total komponen berkurang. Frekuensi beban juga mempengaruhi suhu bagian, tergantung pada materialnya dan pada tingkat tegangan . Secara umum, semakin tinggi tingkat stres dan kecepatan, panas yang dihasilkan oleh deformasi meningkat dan laju disipasi panas oleh spesimen berkurang. Overheating spesimen kurang umum pada tes rotating-bending daripada pada tes statis lainnya karena rotasi spesimen membantu pendinginan dengan konveksi paksa. Selain itu, dalam uji kelelahan korosi, media korosif cair dapat membantu pembuangan panas dengan prinsip yang sama (Phull,B,2003).

#### 2.4.5 Intensitas Stres

Meskipun korelasi antara intensitas tegangan dan retak kelelahan bervariasi, kecenderungan umum adalah bahwa tingkat pertumbuhan retak dalam kelelahan korosi meningkat ketika

meningkatkan intensitas tegangan. Namun, perilaku laju pertumbuhan retak berbeda untuk masing-masing dari tiga rezim yang berbeda (dekat ambang batas, wilayah hukum Paris, dan fraktur akhir), Ketergantungan yang ditandai ini menjadi lebih jelas untuk bahan yang sangat peka terhadap lingkungan, seperti baja berkekuatan sangat tinggi dalam air suling . (Phull,B,2003).ga dalam banyak kasus, kombinasi intensitas tegangan dengan faktor-faktor lain seperti bentuk gelombang tegangan, frekuensi siklus dan karakteristik metalurgi memiliki efek beragam dan bahkan lebih drastis pada tingkat pertumbuhan retak. Secara umum, telah umum diterima bahwa perilaku kelelahan logam di lingkungan agresif pada intensitas tekanan tinggi mirip dengan yang ada di udara atau atmosfer inert. Alasannya adalah bahwa pertumbuhan yang dikontrol mekanik yang terjadi pada kelelahan kering meningkat ketika faktor intensitas stres bertambah (Jonsson,S,1995).

#### 2.4.6 Efek ukuran dan Gradien Kekerasan

Ada beberapa cara untuk meningkatkan kekerasan dan suatu material, keduanya umumnya memiliki efek menguntungkan pada ketahanan lelahnya. Dalam karya ini, bahan yang dipelajari menjadi sasaran pengerasan mekanis dengan shot peening dan perlakuan panas dengan pengerasan case atau melalui pengerasan. Pengerasan case menciptakan lapisan material yang lebih keras pada bagian dibandingkan dengan intinya, sedangkan melalui pengerasan meningkatkan kekerasan keseluruhan komponen. Semakin keras materialnya, semakin tahan terhadap keletihannya, sehingga dapat disimpulkan bahwa material yang dikeraskan umumnya akan bekerja lebih baik di bawah keletihan daripada yang dikeraskan. Dalam lingkungan non-korosif, secara umum diamati bahwa ketika diameter spesimen meningkat, batas kelelahan material akan berkurang. Ini terjadi karena beragam alasan terkait dengan distribusi tegangan di seluruh geometri, dan sangat dipengaruhi oleh jenis tes yang dilakukan,

baik tegangan langsung terbalik atau rotating-bending (Glaeser,W,2003).

#### 2.4.7 Variabel Metalurgi

Komposisi bahan juga memiliki efek pada kelelahan, misalnya penambahan karbon pada baja, karena meningkatkan kekerasan material, dan sebagai hasilnya, batas kelelahan meningkat. Ukuran butir baja memiliki pengaruh tidak langsung pada perilakunya karena kelelahan karena memiliki hubungan yang erat dengan kekuatan material dan ketangguhan retak. Dengan demikian, ukuran butir yang lebih halus memiliki kekuatan kelelahan yang lebih baik daripada baja berbutir kasar. Untuk baja dengan tingkat kekuatan yang sama, struktur mikro dapat membuat perbedaan nyata dalam perilaku kelelahan. Sebagai contoh, struktur pearlitic memiliki ketahanan lelah yang buruk, sedangkan struktur martensitik temper memberikan batas kelelahan tertinggi (Boardman,B.1990). Namun, sebuah penelitian yang dilakukan oleh Novak telah menunjukkan bahwa, dalam kondisi asin, inisiasi retak tidak sensitif terhadap mikrostruktur suatu bahan.

#### 2.4.8 Permukaan Sisa Tegangan

Meskipun tidak ada generalisasi yang secara akurat memprediksi efek dari tegangan sisa pada kinerja kelelahan korosi dari logam, umumnya terlihat bahwa tegangan sisa tekan meningkatkan kekuatan kelelahan, dan tegangan sisa Tarik tidak. Efek yang menguntungkan dari tekanan tekan residual pada kekuatan kelelahan lebih besar pada material yang lebih keras, sedangkan material yang lebih lembut akan memiliki peningkatan yang lebih baik ketika bekerja keras. Alasan untuk tegangan sisa tekan permukaan yang bermanfaat untuk kekuatan kelelahan adalah bahwa hal itu akan menurunkan - atau bahkan membatalkan - tegangan umum yang disebabkan oleh pemuatan, memperlambat pembentukan retak permukaan. Deformasi plastis dapat menyebabkan penurunan bertahap pada tingkat tegangan tekan. Sebaliknya, tegangan sisa tarik akan memiliki efek sebaliknya.

Karena tegangan sisa tarik dapat diproduksi di permukaan dengan pemesinan, sangat penting untuk berhati-hati dalam masalah ini, yang menyebabkan efek yang sangat berbahaya pada kekuatan kelelahan-dan korosi-kelelahan. Cara khas untuk secara efektif memperkenalkan tegangan sisa permukaan tekan pada baja adalah dengan shot peening, carburizing, dan nitriding (Phull,B,2003).

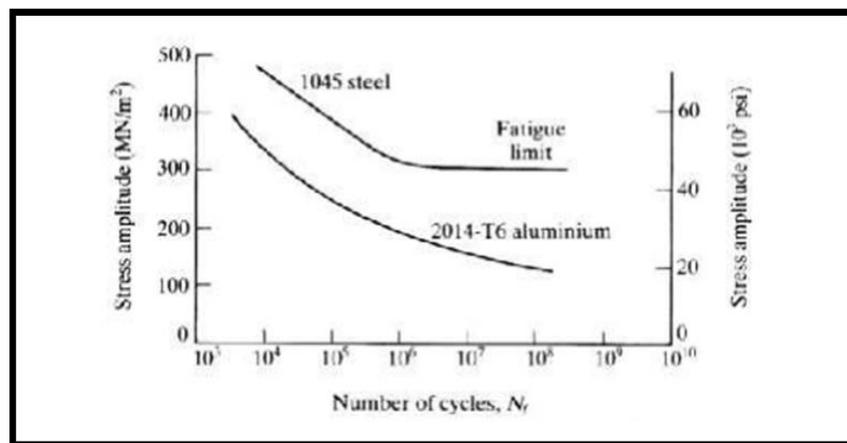
#### 2.4.9 Efek Penutupan Retak

Ketika bahan mengalami bagian pembongkaran siklus, permukaan retak saling bersentuhan, dan bahan tersebut rileks. Ketika ini terjadi, intensitas tegangan di ujung retak berkurang, mengurangi laju pertumbuhan retak. Fenomena ini sangat relevan untuk perambatan retak mendekati ambang batas, pada aplikasi beban besar, dan ketika embrittlement korosif hadir . Embrittlement lingkungan menghasilkan permukaan retak intergranular yang kasar, yang mendorong penutupan retak karena “retakan yang dimuat secara uniaksial terbuka dalam mode tiga dimensi yang kompleks, memungkinkan interaksi permukaan dan transfer beban” . Selain itu, interaksi permukaan retak menjadi lebih relevan ketika perpindahan celah retak kurang dari ukuran butir retak . Produk korosi yang terbentuk pada permukaan retak juga memiliki dampak besar pada tingkat pertumbuhan retak, dan dalam beberapa kasus, itu dapat memperlambat laju pertumbuhan ke nilai-nilai bahkan lebih rendah daripada yang untuk udara atau vakum . Efek ini sangat tergantung pada stabilitas produk korosi selama pemuatan kompresi-ketegangan yang kompleks dan pada kondisi fluida . Dengan cara yang sama, cairan juga bisa masuk ke rongga retak dan bertindak sebagai irisan untuk retak (Phull,B,2003).

## 2.5 Fatik

Fatik atau kelelahan merupakan fenomena terjadinya kerusakan material karena pembebanan yang berulang-ulang, diketahui bahwa apabila pada suatu logam dikenai tegangan berulang maka logam tersebut akan patah

pada tegangan yang jauh lebih rendah dibandingkan dengan tegangan yang dibutuhkan untuk menimbulkan perpatahan pada beban statik. Kerusakan akibat beban berulang ini disebut patah lelah (fatigue failures) karena umumnya perpatahan tersebut terjadi setelah periode pemakaian yang cukup lama. Penyajian data fatigue rekayasa adalah menggunakan kurva S-N yaitu pemetaan tegangan (S) terhadap jumlah siklus sampai terjadi kegagalan (N). Kurva S-N ini lebih diutamakan menggunakan skala semi log seperti ditunjukkan pada gambar 1 Untuk beberapa bahan teknis yang penting.



Gambar 2.6 Kurva SN

Kurva tersebut didapat dari pemetaan tegangan terhadap jumlah siklus sampai terjadi kegagalan pada benda uji. Pada kurva ini siklus menggunakan skala logaritma. Batas ketahanan fatigue (endurance limit) baja ditentukan pada jumlah siklus  $N > 10^7$  (Dieter, 1992).

Persamaan umum kurva S-N dinyatakan oleh persamaan (dowling, 1991).

$$S = B + C \ln(Nf) \text{ Dengan : B dan C adalah konstanta empiris material.}$$

Pengujian fatigue dilakukan dengan cara memberikan stress level tertentu sehingga spesimen patah pada siklus tertentu. Retak fatigue biasanya dimulai pada permukaan di mana lentur dan torsi menyebabkan terjadinya tegangan-tegangan yang tinggi atau di tempat-tempat yang tidak rata menyebabkan terjadinya konsentrasi tegangan. Oleh karena itu, batas ketahanan (endurance limit) sangat tergantung pada kualitas penyelesaian permukaan (Van Vlack, 1983).

Ketahanan fatigue suatu bahan tergantung dari perlakuan permukaan atau kondisi permukaan dan temperatur operasi. Perlakuan permukaan merubah kondisi permukaan dan tegangan sisa di permukaan. Perlakuan permukaan shoot peening menghasilkan tegangan sisa tekan yang mengakibatkan ketahanan lelah yang meningkat (Collins,1981). Sedangkan perlakuan permukaan yang menghasilkan tegangan sisa tarik menurunkan ketahanan fatigue-nya (Hanshem and Aly, 1994, Hotta at al, 1995).

Hal itu terjadi karena pada permukaan terjadi konsentrasi tegangan tekan atau tarik yang paling tinggi. Pada kondisi permukaan sedang menerima tegangan tarik maka tegangan sisa tekan pada permukaan akan menghasilkan resultan tegangan tekan yang semakin besar. Tegangan tekan akan menghambat terjadinya initial crack atau laju perambatan retak. Sehingga ketahanan lelah meningkat, dan akan terjadi sebaliknya apabila terjadi tegangan sisa tarik di permukaan.

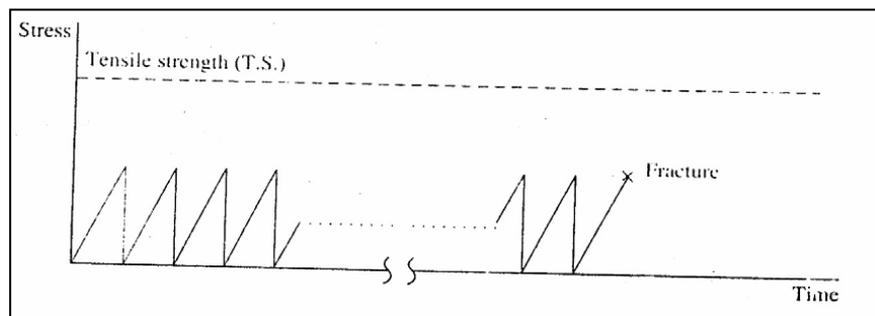
Pada dasarnya kegagalan fatigue dimulai dengan terjadinya retakan pada permukaan benda uji. Hal ini membuktikan bahwa sifat-sifat fatigue sangat peka terhadap kondisi permukaan, yang dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain kekasaran permukaan, perubahan sifat-sifat permukaan dan tegangan sisa permukaan (Dieter, 1992).

Fatigue atau kelelahan menurut ASM (1975) didefinisikan sebagai proses perubahan struktur permanen progressive localized pada kondisi yang menghasilkan fluktuasi regangan dan tegangan dibawah kekuatan tariknya dan pada satu titik atau banyak titik yang dapat memuncak menjadi retak (crack) atau patahan (fracture) secara keseluruhan sesudah fluktuasi tertentu.

Progressive mengandung pengertian proses fatigue terjadi selama jangka waktu tertentu atau selama pemakaian, sejak komponen atau struktur digunakan. Localized berarti proses fatigue beroperasi pada luasan lokal yang mempunyai tegangan dan regangan yang tinggi karena : pengaruh 26 beban luar, perubahan geometri, perbedaan temperatur, tegangan sisa dan tidak kesempurnaan diri. Crack merupakan awal terjadinya kegagalan fatigue dimana kemudian crack merambat karena adanya beban berulang. Fracture

merupakan tahap akhir dari proses fatigue dimana bahan tidak dapat menahan tegangan dan regangan yang ada sehingga patah menjadi dua bagian atau lebih.

Salah satu sifat mekanis material adalah kelelahan (fatigue). Sifat ini merupakan kekuatan material yang juga berpengaruh terhadap patahnya suatu logam. Dengan pembebanan tunggal kita bisa mengkarakterisasi sifat material logam, misalnya dengan uji tarik dan uji impak. Namun pada kenyataannya, beberapa aplikasi yang ada sering memunculkan adanya beban siklik (cyclic loading) dari pada beban statis. Dan dengan begitu akan muncul masalah yang khusus dalam penggunaan suatu material. Kekuatan fatik adalah fenomena umum dari kegagalan material setelah beberapa siklus pembebanan diberikan pada tingkat tegang di bawah tegangan tarik maksimal (ultimate tensile strength). Di bawah ini adalah contoh grafik kegagalan material setelah mengalami beban dengan siklus tak hingga (Charis, 2006)



Gambar.2.7 Grafik kegagalan material setelah mengalami beban dengan siklus tak hingga (Charis, 2006)

Ketahanan *fatigue* suatu bahan tergantung dari perlakuan permukaan atau kondisi permukaan dan temperatur operasi. Perlakuan permukaan merubah kondisi permukaan dan tegangan sisa di permukaan. Perlakuan permukaan *shoot peening* menghasilkan tegangan sisa tekan yang mengakibatkan ketahanan lelah yang meningkat (Collins,1981). Sedangkan perlakuan permukaan yang menghasilkan tegangan sisa tarik menurunkan ketahanan *fatigue*-nya (Hanshem and Aly, 1994, Hotta at al, 1995).Hal itu terjadi karena pada permukaan terjadi konsentrasi tegangan tekan atau tarik yang paling tinggi. Pada kondisi permukaan sedang menerima tegangan tarik maka

tegangan sisa tekan pada permukaan akan menghasilkan resultan tegangan tekan yang semakin besar. Tegangan tekan akan menghambat terjadinya *initial crack* atau laju perambatan retak. Sehingga ketahanan lelah meningkat, dan akan terjadi sebaliknya apabila terjadi tegangan sisa tarik di permukaan.

Mekanisme terjadinya kegagalan fatik dapat dibagi menjadi tiga fase yaitu awal retak (*initiation crack*), perambatan retak (*crack propagation*), dan perpatahan akhir (*fracture failure*).

#### 2.5.1 Awal Retak (*initiation crack*)

Cacat (*defect*) pada struktur dapat bertindak sebagai awal keretakan. Cacat pada struktur berdasarkan asal terbentuknya dapat dikategorikan menjadi dua kelompok.

##### 2.5.1.1 Cacat yang terbentuk selama masa fabrikasi, disebabkan oleh :

- Cacat lateral yang terjadi pada material (*material defect*).
- Cacat yang disebabkan karena proses pengerjaan material (*manufacturing defect*). Contohnya seperti tumpulnya peralatan peralatan atau jeleknya peralatan yang digunakan untuk pengerjaan material, panas yang berlebihan yang disebabkan karena pengelasan dan sebagainya.
- Pemilihan material yang salah atau proses perlakuan panas material (*poor choice of material or heat treatment*). Contoh pemilihan material yang salah seperti, material yang seharusnya digunakan untuk fatigue tetapi cenderung digunakan untuk *corrosion cracking* oleh karena pemilihan perlakuan panas yang tidak diketahui. Perlakuan panas seperti *carburizing* pengerasan permukaan hampir selalu menyebabkan perubahan pada permukaan.
- Teknik produksi dari material yang salah (*poor choice of production technique*).
- Desain material yang salah (*poor detail design*).

2.7.1.2 Cacat yang terbentuk selama *service* struktur, diantaranya disebabkan oleh:

- Kelelahan struktur, terjadi saat struktur mencapai umur kelelahannya.
- Fluktuasi tegangan pada permukaan yang telah mengalami korosi

#### 2.5.2 Perambatan Retak (*crack propagation* )

Jumlah total siklus yang menyebabkan kegagalan fracture merupakan penjumlahan jumlah siklus yang menyebabkan retakan awal dan fase perambatannya. *Initiation Crack* ini berkembang menjadi microcracks. Perambatan atau perpaduan microcracks ini kemudian membentuk macrocracks yang akan berujung pada failure.

#### 2.5.3 Perpatahan akhir (*fracture failure*)

Final fracture adalah proses akhir kerusakan pada struktur saat mengalami pembebanan, sehingga struktur tersebut mengalami kegagalan. Ketika terjadi penjalaran retak, penampang pada bagian tersebut akan berkurang. Sampai pada kondisi dimana penampang pada bagian tersebut tidak mampu menahan beban.

## 2.6 Fatik korosi

### 2.6.1 Pengertian Fatik Korosi

Kelelahan korosi adalah retakan logam yang disebabkan oleh aksi gabungan dari pembebanan siklik dan lingkungan korosif. Tingkat keparahan tindakan tergantung pada rentang dan frekuensi tekanan, sifat kondisi korosi dan waktu di bawah tekanan (ali nurdin,2014).

Kelelahan korosi mirip dengan retak korosi tegangan dalam banyak aspek. Itu Perbedaan utama antara kedua jenis lingkungan ini adalah peningkatan retak karakter pembebanan, yang statis dalam retakan korosi dan berulang memuat dalam kelelahan korosi. Baik umur kelelahan dan batas kelelahan berkurang di lingkungan korosif dibandingkan dengan kelelahan di netral lingkungan Hidup. Ini

disebabkan oleh interaksi elektrokimia, metalurgi dan proses mekanis di ujung retak. (ali nurdin,2014)

#### 2.6.2 Tahapan dan Mekanisme Kelelahan Korosi

Di bawah kondisi pembebanan siklik, lingkungan korosif dapat mempercepat inisiasi cacat permukaan pada bahan yang awalnya bebas retak dan menyebarkan cacat untuk ukuran kritis tertentu. Kelelahan korosi adalah istilah yang biasa digunakan untuk menunjukkan kerusakan dan kegagalan bahan di bawah aksi kombinasi dari tekanan siklik dan media korosif meskipun sebagian besar adaptasi tersebar luas dalam konteks lingkungan berair. Lingkungan korosif menghasilkan produk korosi. Kelelahan korosi dikaitkan dengan dua mekanisme yang berbeda: pembubaran anodic mekanisme kelelahan korosi dan kelelahan korosi dibantu hydrogen (ali nurdin,2014).

#### 2.6.3 *Corrosion fatigue cracking* (CFC)

Dari sudut pandang teknik analisis, proses kerusakan kelelahan di logam terdiri dari dua tahap, yaitu, inisiasi retak kelelahan dan propagasi retak kelelahan. Oleh karena itu, kita memiliki dua kategori tes kelelahan korosi laboratorium: siklus kegagalan (inisiasi retak) tes dan retak tes propagasi. Dalam retak pengujian inisiasi, spesimen atau bagian yang mengalami jumlah *stres* atau tegangan siklus diperlukan untuk *Corrosion fatigue cracking* (CFC) untuk memulai dan kemudian tumbuh cukup besar untuk menghasilkan kegagalan. Data tersebut biasanya diperoleh dengan menguji spesimen halus atau berlekuk. Dengan jenis pengujian, bagaimanapun, sulit untuk membedakan antara kehidupan inisiasi CFC dan kehidupan propagasi *Corrosion fatigue cracking* (CFC). Dalam retak pengujian propagasi, *Fracture Mechanics* (FM) metode yang digunakan untuk menentukan tingkat pertumbuhan retak retak yang sudah ada sebelumnya di bawah beban siklik. retak yang sudah ada sebelumnya atau cacat tajam dalam material mengurangi atau mungkin menghilangkan bagian inisiasi retak dari umur kelelahan komponen. Kedua jenis pengujian yang penting;

Namun, tampak bahwa inisiasi retak lebih penting dalam proses kegagalan bagian yang relatif tipis, sementara pertumbuhan retak muncul untuk mendominasi daya tahan komponen bagian yang tebal (berbaring,1992)

Kelelahan korosi adalah salah satu metode kegagalan utama untuk struktur yang fleksibel, periode kegagalan kelelahan korosi umumnya dibagi menjadi tiga tahap yaitu nukleasi retak, perambatan retak kelelahan, dan pecah. Dua tahap pertama menentukan umur layanan Kegagalan kelelahan korosi, secara istimewa dimulai dari lubang-lubang korosi karena pembubaran anodik di dalam lubang dipercepat oleh mekanisme mekanik dan kerusakan yang tidak dapat diperbaiki yang disebabkan oleh produk korosi. Meskipun mekanisme perambatan retak fatik sangat rumit dan sedang efek korosi pada perambatan retak jelas tidak dapat diabaikan. Oleh karena itu, metode untuk menghambat korosi untuk memperpanjang umur kelelahan korosi telah banyak diadopsi, seperti peningkatan permukaan dengan laser burnishing, plastisitas rendah dan perlindungan katodik.( Cammett, J, 2004).

Kelelahan (fatik) suatu struktur diawali dengan pembentukan awal retak dilanjutkan dengan perambatan retak hingga struktur mengalami patah. Telaah tentang laju perambatan retak plat aluminium paduan 2024-T3 dengan beban fatigue uniaksial, specimen dibuat lubang terbuka diameter konstan dengan jarak antar lubang berbeda, hasil penelitian yang dilakukan Sanyoto, dkk (2008) menunjukkan bahwa jarak lubang yang kecil menimbulkan distribusi tegangan yang besar, sehingga laju perambatan retak yang terjadi lebih besar. Menurut Prihatno (2009) dalam penelitiannya perilaku perambatan retak fatik pada sambungan las FSW tak sejenis antara Al2024-T3 dan Al1100 dalam media korosif hasilnya menunjukkan umur fatik dengan konsentrasi 3,5% NaCl mengalami penurunan siklus fatik sebesar

61,7% dan untuk media 5% NaCl mengalami penurunan siklus fatik sebesar 68,2%.

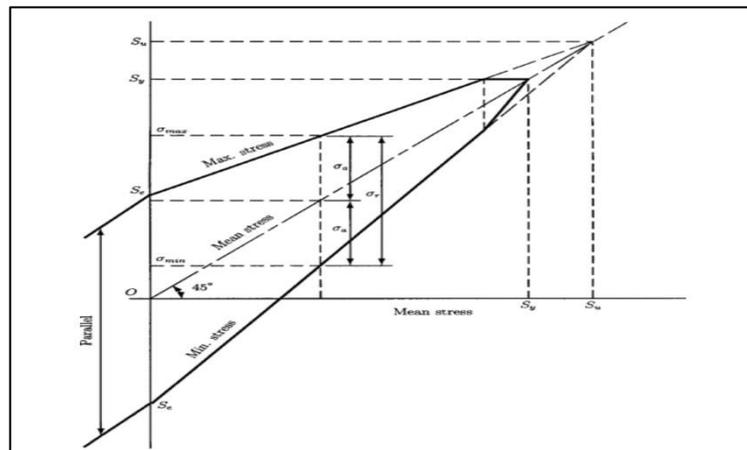
Sejumlah komponen mesin yang menggunakan bahan Al 2024-T3 di lingkungan korosif seperti lingkungan air laut akan mempercepat terjadinya korosi. Proses tersebut berakibat rusaknya lapisan pasif pada permukaan material Al 2024-T3. Permasalahan ini perlu diperhatikan sehingga laju korosi dapat dihambat dan dikendalikan pada komponen yang menggunakan bahan Al 2024-T3. Pengendalian korosi menurut Davis (2000), dapat dilakukan dengan metode pemilihan material, pelapisan, inhibitor, dan desain. Salah satu cara yang dapat dipergunakan untuk menghambat laju korosi pada Al 2024-T3 dengan menggunakan inhibitor.

Perilaku laju perambatan retak fatik (korosi fatik) di lingkungan udara, air laut dan air laut yang ditambahkan dengan inhibitor kalium kromat dapat dijelaskan dengan merepresentasikan hubungan panjang retakan ( $a$ ) dan jumlah siklus ( $N$ ). Disamping itu juga dapat ditentukan hubungan antara faktor intensitas tegangan ( $\Delta K$ ) dengan laju perambatan retak ( $da/dN$ ), sehingga dapat untuk memperkirakan umur suatu material.

Berdasarkan hasil pengujian laju korosi fatik di lingkungan udara, air laut dan air laut yang ditambahkan inhibitor kalium kromat dengan konsentrasi 0,1%; 0,3% dan 0,5%, hubungan panjang retakan ( $a$ ) dan jumlah siklus ( $N$ ). Terlihat bahwa umur retakan yang terdapat pada Al 2024-T3 di udara adalah sekitar 154572 siklus, di media air laut sebesar 99807 siklus, penambahan konsentrasi inhibitor 0,1% jumlah siklus 108275, konsentrasi inhibitor 0,3% sebesar 118296 dan untuk media konsentrasi inhibitor 0,5% sebesar 131873 siklus. Jumlah siklus terendah dari pengujian rambat retak fatik di lima lingkungan yang berbeda menunjukkan lingkungan air laut memiliki jumlah siklus terendah. Hal ini menunjukkan bahwa lingkungan air laut dengan pH 7,64 memiliki kecenderungan sebagai media yang korosif.

#### 2.6.4 Diagram Godman

Diagram goodman adalah persamaan yang digunakan untuk mengukur interaksi tegangan rata-rata dan tegangan bolak-balik pada umur kelelahan suatu material. Persamaan ini biasanya ditunjukkan dalam bentuk kurva linear antara tegangan bolak-balik berbanding dengan tegangan rata-rata yang akan menunjukkan jumlah maksimum siklus tegangan bolak-balik yang dapat ditahan material sebelum material patah akibat kelelahan.



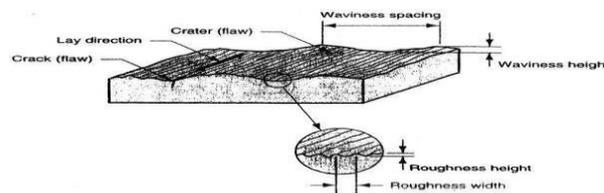
Gambar 2.8 Diagram Goodman

Ada berbagai teknik untuk merencanakan hasil uji kegagalan fatik dari bagian struktur yang mengalami tegangan yang berfluktuasi. Salah satunya disebut diagram Goodman yang dimodifikasi dan ditunjukkan pada gambar diatas. Untuk diagram ini tegangan rata-rata diplotkan pada absis dan komponen tegangan lainnya pada ordinat. Seperti yang ditunjukkan pada gambar, garis tegangan rata-rata membentuk sudut  $45^0$  dengan absis. Garis yang di hasilkan di tarik ke  $S_e$  di atas dan dibawah titik asal sebenarnya adalah diagram Goodman yang di modifikasi. Kekuatan luluh  $S_y$  juga diplot pada kedua sumbu, karena luluh dapat dianggap sebagai kriteria kegagalan jika  $\sigma_{max} > S_y$ .

## 2.7 Kekasaran Permukaan

### 1. Pengertian

Kekasaran permukaan adalah karakteristik terukur yang mengacu pada penyimpangan kekasaran sebagaimana uraian di atas. Permukaan akhir (*surface finish*) adalah suatu istilah hubungan yang mencerminkan kehalusan atau mutu umum suatu permukaan. Didalam pemakaian kata yang umum, permukaan akhir sering digunakan sebagai suatu kata lain untuk kekasaran permukaan. Tekstur permukaan seperti yang ditampilkan pada gambar 1 terdiri dari penyimpangan acak yang berulang pada permukaan normal dari suatu obyek permukaan. Kekasaran mengacu pada jarak penyimpangan dari permukaan yang nominal yang ditentukan oleh karakteristik material dan cara memproses hingga diperoleh bentuk permukaan itu. Waviness menggambarkan besar penyimpangan pengaturan jarak sayatan saat pengerjaan, kondisi ini dapat diakibatkan oleh getaran, lenturan, perlakuan panas dan factor lain (Karmin dkk, 2013).



Gambar 2.9 : Surface Texture Features

### 2. Parameter Kekerasan

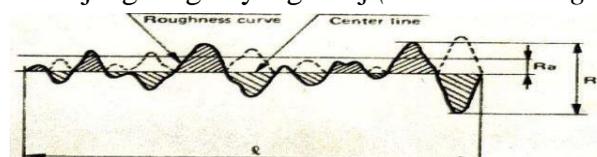
#### a) Penyimpangan Rata-rata Aritmatik dari Garis Rata-rata Profil ( $R_a$ )

$R_a$  adalah rata-rata absolut penyimpangan yang diukur dari garis rata-rata (*center line*) profil efektif .

$$R_a = M / l$$

$M$  = Luas keseluruhan (arsiran) diatasdan dibawah *center line*

$l$  = Panjang baginyang diuji(*evaluation length*)



Gambar 2.10 : Kurva Kekasaran

b) High of Roughness Curve (Rt)

Ketidak rataan ketinggian maksimum adalah jarak antara dua garis sejajar yang menyinggung profil pada titik tertinggi dan terendah antara panjang bagian yang diuji

c) Ketidak rataan Ketinggian Sepuluh Titik (Rz)

Ketidak rataan ketinggian sepuluh titik (Rz) adalah jarak rata-rata antara lima puncak tertinggi dan lima lembah terdalam disepanjang bagian yang diuji, yang diukur dari garis sejajar dengan garis rata-rata disepanjang “evolution length”

**3. pertimbangan yang menyangkut kekasaran permukaan**

Pertimbangan pertimbangan yang menyangkut kekasaran permukaan antaralain;

- a) Alasan estetika, permukaan itu halus dan bebas goresan dan memungkinkan memberi suatu kesan baik kepadapelanggan.
- b) Permukaan mempengaruhi keselamatan.
- c) Gesekan dan Keausan tergantung pada karakteristik permukaan.
- d) Permukaan mempengaruhi sifatmekanik dan sifat fisis; contoh, permukaan yang kasar menjadikan titik konsentrasi tegangan.
- e) Perakitan bagian-bagian permukaan mengikat sambungan (suaian sesak).
- f) Memperbaiki kontak elektrikpermukaan.

**4. Cara Pengukuran Permukaan**

Banyak cara yang dapat digunakan untuk mengukur tingkat kekerasan permukaan. Cara yang paling sederhana dengan meraba atau menggeruk permukaan yang diperiksa. Cara ini sudah pasti ada kelemahannya, karena sifat hanya membandingkan saja. Dan dasar pengambilan keputusan baik tidaknya suatu permukaan adalah berdasarkan perasaan si pengukur belak, yang tentu antara pengukuran satu dengan pengukuran lainnya akan berbeda. Berikut beberapa cara pengukuran permukaan yang lebih teliti;

- a) Pemeriksaan kekasaran permukaan dengan Mikroskop (*Microscopic Inspection*)
- Keterbatasan pemeriksaan permukaan dengan mikroskop ini adalah pengambilan bagian permukaan yang sempit setiap kali akan melakukan pengukuran. Maka dari itu, dalam pemeriksaan kekasaran permukaan harus dilakukan berulang-ulang untuk kemudian dicari harga rata-ratanya. Pemeriksaan kekasaran permukaan dengan mikroskop ini termasuk juga salah satu pengukuran dengan cara membandingkan, yaitu membandingkan hasil pemeriksaan permukaan yang diukur dengan permukaan dari pembanding yang kedua-duanya dilihat dengan mikroskop. Pertama melihat permukaan ukur dengan mikroskop, kemudian ganti melihat permukaan pembanding. Dengan membandingkan kedua permukaan yang dilihat dengan mikroskop ini maka dapat dianalisis bagaimana keadaan yang sesungguhnya dari permukaan yang diperiksa.
- b) Pemeriksaan kekasaran permukaan dengan foto (*surface photograph*) Pengukuran dengan cara ini adalah mengambil gambar atau memotret permukaan yang akan diperiksa. Kemudian foto permukaan tersebut diperbesar dengan perbesaran yang berbeda-beda. Perbesaran yang diambil adalah perbesaran secara vertikal. Dengan membandingkan hasil perbesaran foto permukaan yang berbeda-beda ini maka dapat dianalisis ketidakteraturan dari permukaan yang diperiksa.
- c) Pemeriksaan Kekasaran dengan peralatan Kekasaran secara Mekanik *Mechanical Roughness Instrument* yang disingkat dengan *MECRIN* adalah peralatan untuk memeriksa kekasaran permukaan yang merupakan perkembangan dari cara perabaan atau penggarukan permukaan. Alat ini bekerja dengan sistem mekanik dan diproduksi oleh *Messrs. Ruber and Co*. Peralatan ini hanya cocok untuk permukaan yang tidak teratur.