TUGAS AKHIR – VM191879

ANALISA HIPOTESA DENGAN MENGGUNAKAN PERANGKAT LUNAK DARI HASIL PENGUJIAN POLARISASI PADA MATERIAL IMPLAN TULANG DENGAN VARIASI LAPISAN PERMUKAAN

FARHAN KAMAL ALIF
NRP. 10211710010046

Dosen Pembimbing
Dr. Atria Pradityana, ST.,MT.
19851124 200912 2 008

DEPARTEMEN TEKNIK MESIN INDUSTRI
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2020

TUGAS AKHIR – VM191879

ANALISA HIPOTESA DENGAN MENGGUNAKAN PERANGKAT LUNAK DARI HASIL PENGUJIAN POLARISASI PADA MATERIAL IMPLAN TULANG DENGAN VARIASI LAPISAN PERMUKAAN

FARHAN KAMAL ALIF
NRP. 10211710010046

Dosen Pembimbing
Dr. Atria Pradityana, ST.,MT.
19851124 200912 2 008

DEPARTEMEN TEKNIK MESIN INDUSTRI
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2020

TUGAS AKHIR – VM191879

HYPOTHESIS ANALYSIS USING SOFTWARE FROM POLARIZATION TEST RESULTS ON BONE IMPLANT MATERIAL WITH SURFACE COATING VARIATION

FARHAN KAMAL ALIF
NRP. 10211710010046

Counselor Lecturer
Dr. Atria Pradityana, ST.,MT.
19851124 200912 2 008

INDUSTRIAL MECHANICAL ENGINEERING
FACULTY OF VOCATIONAL
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA
2020

PERNYATAAN TIDAK MELAKUKAN PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama	: Farhan Kamal Alif
NRP	: 10211710010046
Program Studi	: Diploma III Teknik Mesin
Fakultas	: Vokasi

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir (TA) yang saya tulis ini benar-benar tulisan saya, dan bukan merupakan hasil plagiasi. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan TA ini hasil plagiasi, maka saya bersedia menerima saksi atas perbuatan tersebut sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Departemen Teknik Mesin Industri, Fakultas Vokasi – ITS.

Surabaya, 09 Juli 2020
Yang membuat
pernyataan

Farhan Kamal Alif
NRP. 102111710010046

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISA HIPOTESA DENGAN MENGGUNAKAN PERANGKAT LUNAK DARI HASIL PENGUJIAN POLARISASI PADA MATERIAL IMPLAN TULANG DENGAN VARIASI LAPISAN PERMUKAAN

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Syarat
Memperoleh Gelar Ahli Madya
Pada
Departemen Teknik Mesin Industri
Fakultas Vokasi
Insitute Teknologi Sepuluh Nopember
SURABAYA

Oleh :

Farhan Kamal Alif
NRP. 10211710010046

Disetujui Oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir :

Dosen Pembimbing

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI

Dr.Atria Pradityana, ST., MT.
NIP. 198511242009122008

SURABAYA, 09 JULI 2020

ABSTRAK

Implantasi tulang manusia pada umumnya masih menggunakan bahan stainless steel atau SS 316L yang tergolong susah dijangkau karena harga yang relatif tinggi bagi kemampuan daya beli masyarakat kategori menengah kebawah. Oleh sebab itu diperlukan bahan alternatif lain yaitu baja karbon rendah ST 41 yang dapat difabrikasi secara masal. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbedaan laju korosi hasil pengujian polarisasi bahan pelapisan *Nickel Chrome* (NiCr) dan *Titanium Nitride* (TiN) pada baja karbon rendah ST 41 yang direndam pada larutan Simulated Body Fluid (SBF) dengan bahan stainless steel SS 316L.

Metode yang digunakan untuk mengetahui perbedaan laju korosi menggunakan uji t. Batasan masalah penelitian ini menggunakan data sekunder dari penelitian sebelumnya karena adanya pandemic COVID-19.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa bahan uji logam ST 41 pelapis NiCr dan ST 41 pelapis TiN memiliki rata-rata waktu laju korosi yang sama saat direndam selama 12 jam, 240 jam dan 360 jam, perbedaan terdapat pada perendaman 168 jam dimana ST 41 pelapis NiCr terbukti memberikan waktu laju korosi lebih besar daripada ST 41 pelapis TiN. Bahan uji logam ST 41 pelapis NiCr dan TiN, keduanya memberikan hasil yang sama seperti bahan stainless steel atau SS 316L baik yang direndam selama 12 jam, 168 jam, 240 jam dan 336 jam.

Kata Kunci: Implan, *Nickel Chrome* (NiCr), SS 316L, *Titanium Nitride* (TiN), Uji T.

ABSTRACT

Human bone implantation in General is still using stainless steel or SS 316L which is classified as hard to reach because the price is relatively high for the purchasing power capacity of middle category society lower. Therefore, Another alternative material is the low carbon steel ST 41 that can be fabricated in bulk. The study aims to determine the difference in the corrosion rate of the results of the polarisation (NiCr) and Titanium nitride (TiN) of the low carbon steel ST 41 that is soaked in the Simulated Body Fluid solution (SBF) with the stainless steel SS 316L.

Methods used to determine the difference in corrosion rate using T test. The limitations of this research issue use secondary data from previous research due to pandemic COVID-19.

The results of this study showed that The metal test material of the St 41 NiCr and the St 41 TiN coating had an average of the same corrosion rate when it was soaked for 12 hours, 240 hours and 360 hours, thedifference was at immersion 168 hours where the St 41 NiCr coating proved to give a greater corrosion rate time than the St 41 TiN coating. Metal Test materials of ST 41 NiCr and TiN coatings,both provide the same results as stainless steel material or the good SS 316L which is soaked for 12 hours, 168 hours, 240 hours and 336 hours.

Keywords: implants, Nickel Chrome(NiCr), SS 316L, Titanium nitride (TiN), Test T.

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur penulis panjatkan atas kehadirat Allah SWT. yang telah melimpahkan karunia, rahmat serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul“ANALISA HIPOTESA DENGAN MENGGUNAKAN PERANGKAT LUNAK HASIL PENGUJIAN POLARISASI PADA MATERIAL IMPLAN TULANG DENGAN VARIASI LAPISAN PERMUKAAN’’

Penuntasan Tugas Akhir merupakan sebuah syarat kelulusan akademis dalam menempuh Bidang Studi Manufaktur di program studi D3 Teknik Mesin, Departemen Teknik Mesin Industri, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

Dengan terselesaikannya tugas akhir ini, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu secara moral maupun materi, yaitu :

1. **Bapak Dr. Ir. Heru Mirmanto, MT.** Selaku Kepala Departemen Teknik Mesin Industri FV-ITS.
2. **Dr. Atria Pradityana, ST., MT.** Selaku Koordinator Tugas Akhir Departemen Teknik Mesin Industri FV-ITS.
3. **Dr. Atria Pradityana, ST., MT.** Selaku dosen pembimbing Tugas Akhir.
4. **Kedua Orang Tua** penulis yang tercinta atas segala dukungan dan doa sehingga penulis bisa belajar dan menyelesaikan pendidikan di Departemen Teknik Mesin Industri**.**
5. **Rizal Bagus Pratama** selaku partner tugas akhir
6. **Bapak/Ibu dosen dan Karyawan** DepartemenTeknik Mesin Industri FV-ITS yang telah memberikan kritik dan saran dalam penyempurnaan dan pengembangan Tugas Akhir ini., yang telah memberikan ilmunya dan

membantu selama duduk di bangku kuliah.

7. **Seluruh teman-teman D3MITS** khususnya angkatan 2017 yang selalu membantu dan memberikan semangat kepada penulis.

Semua pihak yang belum sempat disebutkan di atas yang telah memberikan do'a, bantuan, dan dukungannya bagi penulis hingga tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik.

Penulis mengharapkan kritik dan saran demi kesempurnaan tugas akhir ini. Penulis berharap dengan terselesaikannya Laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan untuk kesejahteraan seluruh elemen masyarakat.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i
TITLE PAGE ii
LEMBAR PLAGIASI iii
LEMBAR PENGESAHAN iv
ABSTRAK v
ABSTRACT vi
KATA PENGANTAR vii
DAFTAR ISI ix
DAFTAR GAMBAR xiii
DAFTAR TABEL xv

BAB I
PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 2
1.3 Batasan Masalah 3
1.4 Tujuan Penelitian 3
1.5 Manfaat Penulisan 3
1.6 Sistematika Penulisan 4

BAB II
DASAR TEORI 5
2.1 Implan Tulang 5
2.2 Kondisi Saat ini 6
2.3 Polarisasi Potensio Dinamik (PDP) 7
2.4 Statistik Uji Hipotesis 9
2.5 Jenis-Jenis Statistik Uji Hipotesis 11
2.6 Nickel Chrome 12
2.7 Titanium Nitride 13
2.8 Electroplanting 14
2.9 Penelitian Terdahulu 15
2.9.1 Falas Sulthan Pamasa (2019) Menggunakan

Baja ST 41 Yang Dilapisi Nickel Chrome (NiCr) 15
2.9.2 Maududi Yoga Dwi Prasetya (2019) Menggunakan Baja ST 41 Yang Dilapisi Titanium Nitride (TiN) 16
BAB III
METODOLOGI PENELITIAN 19
3.1 Jenis Dan Desain Penelitian 19
3.2 Diagram Alir Penelitian 20
3.3 Langkah Penelitian 20
3.3.1 Studi Literatur 20
3.3.2 Pengumpulan Data Sekuder 21
3.3.3 Analisis Statistik Deskriptif 23
3.3.4 Pengujian Hipotesis 23

BAB IV
HASIL DAN ANALISA 25
4.1 Grafik Laju Korosi Hasil Pengujian Polarisasi Bahan Uji Logam ST41 Pelapis NiCr, ST41 Pelapis TiN dan SS 316L Tanpa Pelapis 25
4.2 Uji Hipotesis Selisih Rata Rata Waktu Laju Korosi Hasil Pengujian Polarisasi ST41 Pelapis NiCr dengan SS 316L 27
4.3.1 Uji Hipotesis Selisih Waktu Laju Korosi Bahan ST41 Pelapis NiCr dan SS 316L dengan Perendaman 12 Jam. 28
4.3.2 Uji Hipotesis Selisih Waktu Laju Korosi Bahan ST41 Pelapis NiCr dan SS 316L dengan Perendaman 168 Jam. 29
4.3.3 Uji Hipotesis Selisih Waktu Laju Korosi Bahan ST41 Pelapis NiCr dan SS 316L dengan Perendaman 240 Jam. 30
4.3.4 Uji Hipotesis Selisih Waktu Laju Korosi Bahan ST41 Pelapis NiCr dan SS 316L

dengan Perendaman 336 Jam 31

4.3 Uji Hipotesis Selisih Rata Rata Waktu Laju Korosi Hasil Pengujian Polarisasi ST41 Pelapis TiN dengan SS 316L 32
4.4.1 Uji Hipotesis Selisih Waktu Laju Korosi Bahan ST41 Pelapis TiN dan SS 316L dengan Perendaman 12 Jam. 33
4.4.2 Uji Hipotesis Selisih Waktu Laju Korosi Bahan ST41 Pelapis TiN dan SS 316L dengan Perendaman 168 Jam. 34
4.4.3 Uji Hipotesis Selisih Waktu Laju Korosi Bahan ST41 Pelapis TiN dan SS 316L dengan Perendaman 240 Jam. 35
4.4.4 Uji Hipotesis Selisih Waktu Laju Korosi Bahan ST41 Pelapis TiN dan SS 316L dengan Perendaman 336 Jam. 36
4.4 Hasil Pengujian Hipotesis Selisih Rata Rata Waktu Laju Korosi 37

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN 39
5.1 Kesimpulan 39
5.2 Saran 40

DAFTAR PUSTAKA
BIOGRAFI PENULIS
LAMPIRAN

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Alat Implan Tulang.....6
Gambar 2.2 Pernyataan Hipotesis.....10
Gambar 2.3 Pengujian Satu Sisi Dan Dua Sisi 11
Gambar 2.4 Rumus Uji Hipotesis.....12
Gambar 2.5 Proses Electroplating Nickel.....15
Gambar 2.6 Proses Electroplating Chrome.....15
Gambar 3.1 Flowchart Diagram Penelitian 20
Gambar 4.1 Hasil grafik Rata Rata Corrosion Rate pengujian Polarisasi pada Sampel ST 41 Pelapis NiCr, ST 41 Pelapis TiN dan SS 316L.....26

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Hasil uji hipotesis rata rata waktu laju korosi ST41 pelapis NiCr dan SS 316L (2 arah) 28
Tabel 4.2 Hasil uji hipotesis rata rata waktu laju korosi ST41 pelapis NiCr dan SS316L perendaman 12 jam (2 arah)..... 29
Tabel 4.3 Hasil uji hipotesis rata rata waktu laju korosi ST41 pelapis NiCr dan SS316L perendaman 168 jam (2 arah)..... 30
Tabel 4.4 Hasil uji hipotesis rata rata waktu laju korosi ST41 pelapis NiCr dan SS316L perendaman 240 jam (2 arah 31
Tabel 4.5 Hasil uji hipotesis rata rata waktu laju korosi ST41 pelapis NiCr dan SS316L perendaman 336 jam (2 arah)..... 32
Tabel 4.6 Hasil uji hipotesis rata rata waktu laju korosi ST41 pelapis TiN dan SS 316L (2 arah) 33
Tabel 4.7 Hasil uji hipotesis rata rata waktu laju korosi ST41 pelapis TiN dan SS316L perendaman 12 jam (2 arah)..... 34
Tabel 4.8 Hasil uji hipotesis rata rata waktu laju korosi ST41 pelapis TiN dan SS316L perendaman 168 jam (2 arah)..... 35
Tabel 4.9 Hasil uji hipotesis rata rata waktu laju korosi ST41 pelapis TiN dan SS316L perendaman 240 jam (2 arah)..... 36
Tabel 4.10 Hasil uji hipotesis rata rata waktu laju korosi ST41 pelapis TiN dan SS316L perendaman 336 jam (2 arah)..... 37

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam penggunaan stainless steel pada implan tulang manusia karena memiliki banyak keuntungan, menurut Alvarado J., dkk (2003) karena memiliki hambatan korosi yang tinggi, tahan panas dan api, kondisi bahan yang mudah dibersihkan, penampilan baik, sifat mekanik yang baik, dan mudah difabrikasi. Menurut Cahya S., dkk (2014) syarat yang harus dipenuhi untuk implan yaitu tidak menimbulkan pengaruh buruk pada tubuh, memiliki ketahanan terhadap korosi dan memiliki kekuatan yang baik terutama kekuatan fatik dan ketangguhan. SS 316L mencakupi sebagai implant yang baik untuk tubuh manusia sehingga dapat diterima oleh tubuh.

Disisi lain baja tahan karat memiliki harga yang relatif tinggi untuk masyarakat menengah ke-bawah. Tujuan dilakukan penelitian ini untuk mendapatkan bahan alternatif implant tulang yang terjangkau dan biokompatibel. Pada bahan yang digunakan untuk penelitian ini adalah baja karbon rendah ST 41 yang memiliki sifat mekanik setara dengan SS 316 L serta mudah di fabrikasi untuk pembuatan secara masal. Selain itu juga penggunaan baja karbon rendah ST 41 banyak di gunakan dalam berbagai bidang sehingga tingkat ketersediaan barangnya tinggi. Namun ST 41 memiliki kelemahan dalam ketahanan terhadap laju korosi. Sebelumnya disebutkan bahwa syarat yang harus dipenuhi untuk implan yaitu tidak menimbulkan pengaruh buruk pada tubuh, memiliki ketahanan terhadap korosi dan memiliki kekuatan yang baik terutama kekuatan fatik dan ketangguhan sehingga salah satu solusi dalam mengatasi tingkat laju korosi yang tinggi pada baja ST 41 dilakukan pelapisan pada permukaan baja tersebut.

Menurut NACE (National Association of Corrosion Engineer) definisi dari korosi adalah penurunan mutu suatu

material (biasanya baja) atau sifat-sifatnya yang diakibatkan oleh reaksi dengan lingkungannya. Sedangkan menurut ASM Materials Engineering Dictionary menyatakan korosi sebagai reaksi kimia atau elektrokimia antara anodan dan katoda baja dengan lingkungan elektrolit yang berakibat pada penurunan mutu material dan sifat kimianya. Dampak yang terjadi dengan adanya korosi pada material dapat menimbulkan kerusakan pada sifat mekanik material dan kerugian akibat menurunnya keamanan material.

Berdasarkan Pada saat penelitian ini kondisi laboratorium pengujian tidak memungkinkan, karena pada saat ini terjadi adanya pandemi COVID-19, sehingga pada penelitian saat ini digunakan data sekunder. Data ini didapat dari data penelitian sebelumnya yang dilalukan oleh Falas Sulthan Pamasa (2019) menggunakan baja ST 41 yang dilapisi Nickel Chrome (NiCr), dan Maududi Yoga Dwi Prasetya (2019) menggunakan baja ST 41 yang dilapisi Titanium Nitride (TiN) untuk mengetahui perbandingan laju korosi pada larutan Simulated Body Fluid (SBF) dengan SS 316L. Analisa yang dilakukan untuk mengetahui ketahanan terhadap korosi dengan variabel perendaman selama 12 Jam, 168 jam, 240 jam,dan 336 jam.

1.2 Rumusan Masalah

Dalam penelitian tersebut ada beberapa rumusan masalah yang muncul sebagai pertanyaan pedoman agar sesuai dengan apa yang penulis inginkan, diantara rumusan masalah tersebut adalah :

1. Bagaimana karakteristik waktu laju korosi hasil pengujian *Potensiodynamic Polarization* (PDP) menggunakan baja ST 41 yang dilapisi *Nickel Chrome (*NiCr*)*, baja ST 41 yang dilapisi *Titanium Nitride* dengan SS 316L?
2. Apakah hasil pengujian hipotesis waktu laju korosi pada baja ST 41 yang dilapisi *Nickel Chrome (*NiCr*)*,

baja ST 41 yang dilapisi *Titanium Nitride* dengan SS 316L sebagai bahan dasar implan tulang memiliki perbedaan?

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang digunakan pasa tugas akhir ini adalah :

1. Pada saat penelitian kondisi laboratorium pengujian tidak memungkinkan, karena adanya pandemi COVID-19. Sehingga data penelitian digunakan data sekunder yang didapat dari data penelitian sebelumnya yang dilalukan oleh Falas Sulthan Pamasa (2019) menggunakan baja ST 41 yang dilapisi *Nickel Chrome (*NiCr*)*, dan Maududi Yoga Dwi Prasetya (2019) menggunakan baja ST 41 yang dilapisi *Titanium Nitride* (TiN).

1.4 Tujuan

1. Mengetahui karakteristik waktu laju korosi hasil pengujian *Potensiodynamic Polarization* (PDP) menggunakan baja ST 41 yang dilapisi *Nickel Chrome (*NiCr*)*, baja ST 41 yang dilapisi *Titanium Nitride* dan SS 316L.
2. Mengetahui perbedaan waktu laju korosi pada baja ST 41 yang dilapisi *Nickel Chrome (*NiCr*)*, baja ST 41 yang dilapisi *Titanium Nitride* dan SS 316L sebagai bahan dasar implan tulang berdasarkan hasil pengujian hipotesis.

1.5 Manfaat

Menambah wawasan dan kemampuan berpikir mengenai penerapan teori yang telah didapatkan dari pembelajaran dibangku kuliah untuk diaplikasikan pada permasalahan yang ada.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan disusun untuk memberikan gambaran penjelasan mengenai isi dari setiap bab-bab, diantaranya :

BAB I PENDAHULUAN

Pada Bab I ini menjelaskan secara singkat tinjauan secara umum mengenai latar belakang, rumusan permasalahan, batasan masalah, tujuan, sistematika penulisan dan manfaat.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada Bab II ini menjelaskan beberapa teori penunjang yang digunakan untuk menyelesaikan penelitian ini.

BAB III METODOLOGI

Pada Bab III ini menjelaskan metodologi penelitian, diagram langkah penelitian, spesifikasi dan langkah langkah proses pengujian pengujian yang dilakukan.

BAB IV HASIL DAN ANALISA

Pada Bab IV ini Membahas tentang hasil pengujian diantaranya adalah pengujian kekerasan dan pengujian.

BAB V KESIMPULAN

Pada Bab V ini Membahas tentang kesimpulan dari hasil analisis dan saran-saran penulis.

DAFTAR PUSTAKA

Berisi tentang referensi – referensi berupa jurnal dan penelitian TA terdahulu yang terkait dengan materi pembahasan.

LAMPIRAN

Berisi tentang data-data tambahan berupa dokumentasi foto maupun hasil Penelitian yang menunjang tugas akhir.

BAB II
DASAR TEORI

2.1 Implant Tulang

Implan tulang merupakan suatu alat yang digunakan sebagai penopang bagian tubuh dan penyangga tulang pada kasus patah tulang (fraktur). Scaffold, plate, bone, screw, dan ada beberapa alat lain dapat digunakan secara kombinasi menjadi penompang dan pengisi sambungan antara tulang yang patah sebelum jaringannya mengalami pertumbuhan. Untuk itulah scaffold pada area tulang akan mengalami kontak langsung dengan sel tulang, termasuk di dalamnya osteoblas, osteosit, dan osteoklas.

scaffold haruslah memiliki karakteristik sebaik kriteria pembebanan, serta gerak mekanik yang dimiliki tulang. Faktor-faktor tersebut akan memengaruhi kecepatan dari pertumbuhan tulang dan peluruhan scaffold (Saito, 2011). Pada orthopedic device seperti scaffold, plate, bone screw, dll biasanya juga terbuat dari logam non- biodegradable. Bone screw digunakan untuk menjaga scaffold agar tetap berada pada posisinya dan tidak bergerak sehingga dapat memertahankan bentuk tulang seperti yang diinginkan. Hingga saat ini penggunaan material non-biodegradable (berupa logam dan juga polimer yang tak mampu diserap tubuh) dan masih sangat populer dalam praktik penanggulangan dan pengobatan fraktur. Padahal, risiko kerusakan jaringan tubuh, infeksi, dan efek trauma dari pasien akibat operasi berulang-ulang untuk penanaman dan pengambilan implan sangat besar (Olszta, 2007).

Maka dari itulah diperlukan adanya solusi bahan yang biodegradable untuk menjawab risiko-risiko tersebut. Menurut Dumitrescu (2011) implan tulang ideal harus mempunyai sifat berikut:

1) Biokompatibel.

2) Mampu menjadi kerangka atau scaffold untuk pembentukan sel tulang baru.
3) Dapat diserap dalam jangka panjang dan berpotensi untuk digantikan oleh tulang induk.
4) Dapat dimanipulasi secara klinis.
5) Hidrofilik.
6) Tidak menimbulkan reaksi alergi.
7) Mempunyai kuat tekan yang tinggi.
8) Microporous dan menyediakan kekuatan tambahan untuk memperbaiki matriks tulang induk dan menjalankan fungsi perbaikan biologis.
9) Dapat beradaptasi pada berbagai situasi medis (contoh trauma, kanker, dan lain-lain).
10) Tidak mendukung pertumbuhan pathogen

Gambar 2.1 Alat Implan Tulang

2.2 Kondisi Saat Ini

Pada saat penelitian ini kondisi laboratorium pengujian tidak memungkinkan, karena pada saat ini terjadi adanya pandemi COVID-19, sehingga pada penelitian saat ini digunakan data sekunder. Data ini didapat dari data penelitian sebelumnya yang dilalukan oleh Falas Sulthan Pamasa (2019) menggunakan baja ST 41 yang dilapisi Nickel Chrome (NiCr), dan Maududi Yoga Dwi Prasetya (2019) menggunakan baja ST

41 yang dilapisi Titanium Nitride (TiN) untuk mengetahui perbandingan laju korosi pada larutan Simulated Body Fluid (SBF) dengan SS 316L.

2.3 Polarisasi Potensio Dinamik (PDP)

Polarisasi potensiodinamik adalah metode untuk menentukan perilaku korosi logam berdasarkan hubungan potenial dan arus anodik atau katodik. Korosi logam terjadi jika terdapat arus anodik yang besarnya sama dengan arus katodik, walaupun tidak ada arus yang diberikan di luar sistem. Hal ini disebabkan ada perbedaan potensial antara logam dan larutan sebagai lingkungannya (Sunarya, 2008). Laju korosi dapat ditentukan dengan metode ini dengan menggunakan potensiostat dengan tiga elektroda, yaitu elektroda acuan tipe kalomel (SCE), elektroda bantu berupa platina dan elektroda kerja berupa spesimen baja. Data yang didapat dari metode ini adalah kurva polarisasi anodik/katodik yang menyatakan hubungan antara arus (µA/cm2) sebagai fungsi potensial (mV). Menurut Kandias (2009) dan selanjutnya kurva tersebut diekstraposisi untuk dapat menentukan laju korosi dan arus korosi melalui persamaan sebagai berikut :

$$I_{corr} = \frac{\beta\alpha\ \beta c}{2.303(\beta\alpha+\beta c)}\frac{1}{Rp} \quad \text{.....(1)}$$

$$V_{corr} = 3{,}275 \times 10^{-3}\ \frac{Ae}{\rho}\ I_{corr} \quad \text{.....(2)}$$

Keterangan:

Icorr = Rapat arus korosi (µA/cm^2)

$\beta a, \beta c$ = Slop Tafel anodik slop Tafel katodik

R_p = Hambatan polarisasi

V_{corr} = Laju korosi Faraday

A_e = Masa ekivalen logam (g/mol.ekivalen)

P = Masa jenis logam (g/cm^3)

Kecepatan atau laju korosi yang terjadi pada logam dalam lingkungan elektrolit baik tanpa atau dengan adanya inhibitor korosi dapat dilakukan dengan menggunakan metode Tafel. Pengukuran dengan metode Tafel untuk kinerja inhibisi dilakukan dalam sel elektrokimia dengan sistem tiga elektroda, yaitu sampel baja karbon sebagai elektroda kerja, elektroda Pt sebagai elektroda bantu, dan elektroda kalomel sebagai elektroda pembanding. Kinetika elektrokimia untuk korosi pada logam dapat dikarakterisasi dengan menentukan tiga parameter yaitu densitas hantaran (Icorr), potensial korosi (Ecorr), dan slop Tafel katodik (β a dan β c). Hasil pengolahan data ketiga parameter diatas dapat menentukan harga hambatan polarisasi (Rp) serta densitas hantaran (Icorr) dan dari hasil kedua olahan ini dapat dinyatakan sebagai laju korosi

Faraday (Vcorr atau CF) dalam satuan milimeter pertahun (Kandias, 2009). Hambatan polarisasi, Rp (ohm, cm2) adalah suatu besaran yang menentukan laju korosi suatu logam dalam lingkungan larutan korosif bedasarkan kemiringan kurva potensial sebagai fungsi rapat arus disekitar potensial korosinya. Rp diasosiasikan dengan hukum Stren Geary, pada Persamaan (1). Nilai Rp ini menunjukkan laju korosi, jika nilai Rp sangat kecil maka system sangat korosif. Sedangkan β a dan β c merupakan kemiringan Tafel anodik dan Tafel katodik. B merupakan nilai terapan Stern Greary (Fahrurrozie, 2009). Prinsip polarisasi Tafel adalah antaraksi antarmuka antara larutan uji dengan elektroda. Interaksi ini menimbulkan polarisasi logam dan arus tertentu. Berdasarkan ektrapolasi Tafel ini dapat diketahui dominasi reaksi yang terjadi antara anodik dan katodik. Jika potensial anodik dapat bergeser kearah negatif maka polarisasi atau reaksi anodik yang berperan ditandai dengan terjadinya oksidasi pada baja karbon. Namun jika potensial korosi bergeser kearah positif maka reaksi katodik berperan ditandai dengan terjadinya reduksi ion-ion H+ yang banyak.

2.4 Statistik Uji Hipotesis

Uji Hipotesis adalah cabang Ilmu Statistika Inferensial yang dipergunakan untuk menguji kebenaran suatu pernyataan secara statistik dan menarik kesimpulan apakah menerima atau menolak pernyataan tersebut. Pernyataan ataupun asumsi sementara yang dibuat untuk diuji kebenarannya tersebut dinamakan dengan Hipotesis (Hypothesis) atau Hipotesa. Tujuan dari Uji Hipotesis adalah untuk menetapkan suatu dasar sehingga dapat mengumpulkan bukti yang berupa data-data dalam menentukan keputusan apakah menolak atau menerima kebenaran dari pernyataan atau asumsi yang telah dibuat. Uji Hipotesis juga dapat memberikan kepercayaan diri dalam pengambilan keputusan yang bersifat Objektif, Pengambilan Keputusan dalam uji Hipotesis dihadapi dengan dua kemungkinan kesalahan yaitu :

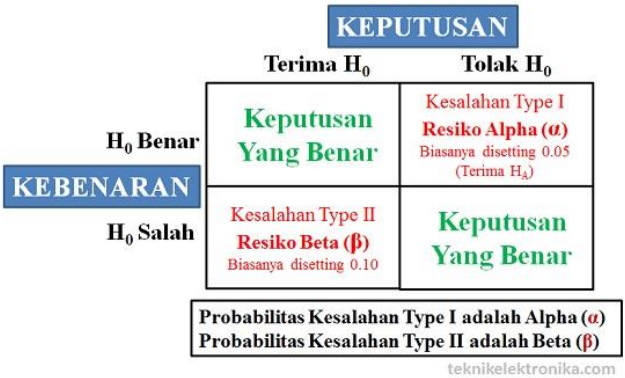
1. Kesalahan Tipe I (Type I Error)
   Kesalahan yang diperbuat apabila menolak Hipotesis yang pada hakikatnya adalah benar. Probabilitas Kesalahan Tipe I ini biasanya disebut dengan Alpha Risk (Resiko Alpha). Alpha Risk dilambangkan dengan simbol α.
2. Kesalahan Tipe II (Type II Error)
   Kesalahan yang diperbuat apabila menerima Hipotesis yang pada hakikatnya adalah Salah. Probabilitas KesalahanTipe II ini biasanya disebut dengan Beta Risk (Resiko Beta). Beta Risk dilambangkan dengan simbol β

Dalam Pengujian Hipotesis, diperlukan membuat 2 pernyataan Hipotesis yaitu :

1. Pernyataan Hipotesis Nol (H0)
   - Pernyataan yang diasumsikan benar kecuali ada bukti yang kuat untuk membantahnya.

- Selalu mengandung pernyataan “sama dengan”, “Tidak ada pengaruh”, “Tidak perbedaan”
- Dilambangkan dengan H0
- Contoh : H0 : $\mu 1 = \mu 2$ atau H0 : $\mu 1 \geq \mu 2$

2. Pernyataan Hipotesis Alternatif (H1)
   - Pernyataan yang dinyatakan benar jika Hipotesis Nol (H0) berhasil ditolak.
   - Dilambangkan dengan H1 atau HA
   - Contoh H1 : $\mu 1 \neq \mu 2$ atau H1 : $\mu 1 > \mu 2$

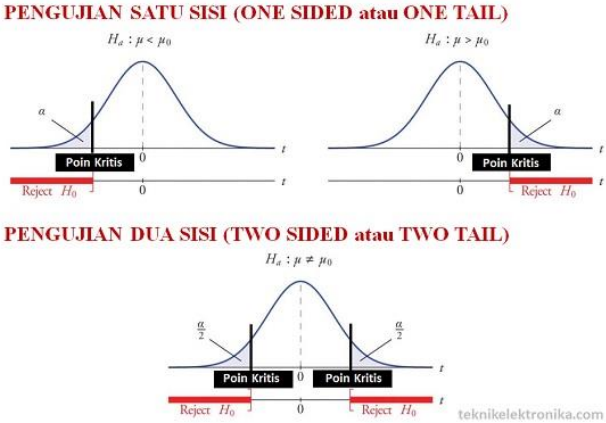


Gambar 2.2 Pernyataan Hipotesis

Dalam menentukan Formulasi Pernyataan H0 dan H1, kita perlu mengetahui Jenis Pengujian berdasarkan sisinya. Terdapat 2 Jenis Pengujian Formulasi Ho dan H1, antara lain :

1. Pengujian 1 (Satu) Sisi (one tail test)
   Sisi Kiri :
   H0 : $\mu = \mu 1$
   H1 : $\mu < \mu 1$
   Tolak H0 bila t hitung < -t tabel
   Sisi Kanan :
   H0 : $\mu = \mu 1$
   H1 : $\mu > \mu 1$
   Tolak H0 bila t hitung > t tabel

2. Pengujian 2 (Dua) Sisi (two tail test)
   H0 : μ = μ1
   H1 : μ ≠ μ1
   Tolak H0 bila t hitung > t tabel



Gambar 2.3 Pengujian Satu Sisi Dan Dua Sisi

2.5 Jenis-Jenis Statistik Uji Hipotesis

Ada beberapa Jenis untuk mempermudah dalam mempelajari :

1. sample z test (Pengujian z satu sample)
   1 sample z test digunakan jika data sample melebihi 30 (n > 30) dan Simpangan Baku (Standar Deviasi) diketahui.
2. 1 sample t test (Pengujian t satu sampel)
   1 sample t test digunakan apabila data sample kurang dari 30 (n < 30) dan Simpangan Baku tidak diketahui.
3. 2 sample t test (Pengujian t dua sampel)
   2 sample t test digunakan apabila ingin membandingkan 2 sampel data.
4. Pair t test (Pengujian pasangan t)
   Pair t test digunakan apabila ingin membanding 2 pasang data
5. 1 Proportion test (PengujianProporsi 1 (satu) sampel)

1 Propostion test digunakan untuk menguji Proporsi pada 1 populasi

6. 2 Proportion test (PengujianProporsi 2 (dua) sampel)
   2 Proportion test digunakan untuk menguji Perbanding Proporsi 2 populasi

1 sample z test : $z = \frac{\overline{x} - \mu_0}{\sigma}\sqrt{n}$	**Pair t test :** $t = \frac{\overline{d} - d_0}{(s_d/\sqrt{n})}$, $df = n - 1$
1 sample t test : $t = \frac{\overline{x} - \mu_0}{(s/\sqrt{n})}$, $df = n - 1$	**1 Proportional test :** $z = \frac{\hat{p} - p_0}{\sqrt{p_0(1 - p_0)}}\sqrt{n}$
2 sample t test : $s_p^2 = \frac{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2}$, $t = \frac{(\overline{x}_1 - \overline{x}_2) - d_0}{s_p\sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}$, $df = n_1 + n_2 - 2$	**2 Proportional test** $z = \frac{(\hat{p}_1 - \hat{p}_2)}{\sqrt{\hat{p}(1 - \hat{p})(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2})}}$ $\hat{p} = \frac{x_1 + x_2}{n_1 + n_2}$ teknikelektronika.com

Gambar 2.4 Rumus uji hipotesis

2.6 Nickel Chrome

Logam dengan elektrodeposit pada permukaan substrat telah digunakan dalam aplikasi rekayasa untuk memberikan kualitas unggul dalam bentuk lapisan tipis pelapis. Nikel banyak digunakan untuk ketahanan korosi, sedangkan kromium merupakan bagian dekoratif dari proses pelapisan. Bagian-bagian tersebut terendam dalam nikel klorida, asam borat atau nikel sulfamat, fluoborat atau sulfatin, rendaman kerapatan panas dan arus tinggi untuk pelapisan nikel. Sedangkan lapisan kromium diperoleh dari larutan kromat (asam kromat atau kromium sulfat); ini digunakan untuk meningkatkan reflektifitas lapisan nikel pada substrat.

Paduan nikel dan kromium dengan hambatan listrik yang tinggi dan kemampuan untuk menahan suhu tinggi; digunakan untuk elemen pemanas resistensi dan berbagai kebutuhan lainnya. Serta paduan nikel dan krom itu sendiri dapat kontak langsung atau terhirup oleh tubuh, contoh nyata penggunaan nikel dan krom yang secara langsung kontak dengan tubuh adalah dalah rokok elektrik atau vape. Kawat pada bagian vape salah satu bahannya berasal dari paduan nikel dan krom.

2.7 Titanium Nitride

Paduan dengan dasar titanium banyak digunakan untuk peralatan medis karena memiiiki ketahanan korosi yang tinggi. Titanium juga memiliki sifat biokompatibilitas yang lebih baik disbanding lagam lainnya. Kemampuan titanium untuk berinteraksi dengan sel atau jaringan hidup sangat baik tanpa menimbulkan reaksi toksik. Paduan titanium banyak digunakan karena titanium mumi merupakan material lunak dengan ketahanan geser permukaan rendah, yang disebabkan karena terbentuknya oksida secara alami di permukaan titanium (Subramanian et.al, 2011).

Titanium adalah logam yang sangat reaktif, ketika permukaannya terekspose pada udara atau lingkungan yang lain yang mengandung oksigen lapisan oksida tipis dari Titanium terbentuk dimana kandungan utamanya adalah TiO2. Kehadiran lapisan oksida tipis ini membuat Titanium mempunyai ketahanan terhadap korosi yang sangat bagus didalam berbagai jenis media korosif.

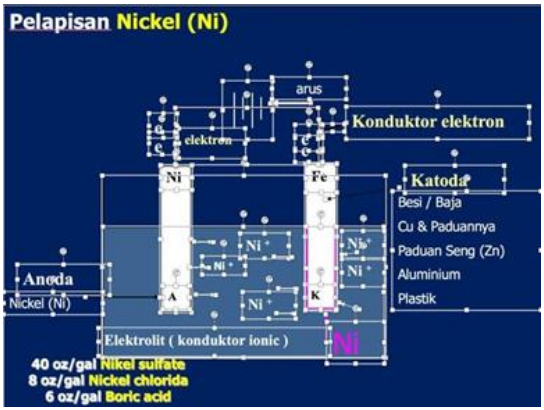
Paduan titanium nitride banyak digunakan karena keunggulan sifat yang dimiliki yaitu sifat mekanik dan kimia yang baik, seperti nilai kekerasan yang tinggi, ketahanan korosi dan ketahanan aus yang tinggi. Titanium nitride banyak digunakan sebagai bahan pelapis material untuk meningkatkan sifat pada permukaan logam (Subramanian et.al, 20ll). penggunaan titanium nitride sebagai bahan pelapis selain

bertujuan untuk mendapatkan perbaikan sifat pada permukaan logam, juga dapat digunakan sebagai pelapis dekoratif (Bavadi et.al, 2012).

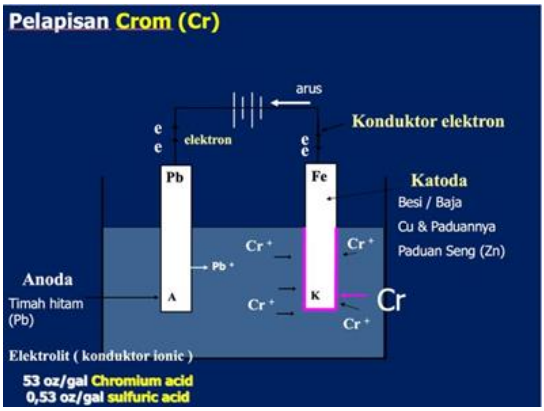
2.8 Electroplating

Electroplating adalah proses pelapisan deposisi pada suatu bagian, direndam ke dalam larutan elektrolit dan digunakan sebagai katoda, ketika anoda terbuat dari bahan pengendapan, yang dilarutkan ke dalam larutan dalam bentuk ion logam, perjalanan melalui larutan dan penyimpanan di permukaan katoda. Proses Electroplating dilakukan dengan menggunakan aliran listrik untuk memancing reaksi kimia/ion pada logam yang menjadi katoda serta larutan elektrolit penghantar listriknya. Kemudian logam yang akan dilapisi dipasangkan ke kutub negatif (katoda) dan logam sebagai bahan pelapis dipasangkan ke kutub positif (anoda).

Kemudian ion-ion positif dari anoda akan bergerak ke arah anoda melalui media elektrolit dan melapisi bagian permukaan dari logam yang dilapisi dan ion-ion negatif dari elektrolit akan menuju anoda yang kehilangan elektron. Kemudian dari anoda arus ion-ion negatif akan menuju katoda. Maka fenomena yang terjadi adalah oksidasi terjadi di anoda sementara di bagian katoda terjadi reduksi. Semakin tinggi arus maka semakin cepat juga proses pelapisan akan tetapi harus disesuaikan lagi dari konsentrasi logam pelapis itu sendiri.



Gambar 2.5 Proses Electroplating Nickel



Gambar 2.6 Proses Electroplating Chrome

2.9 Penelitian Terdahulu

Dalam penelitian kali ini akan disampaikan beberapa penelitian terdahulu :

2.9.1 Falas Sulthan Pamasa (2019) Menggunakan Baja ST 41 Yang Dilapisi Nickel Chrome (NiCr)

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui laju korosi spesimen SS 316 L dan Baja ST 41 yang dilapisi Nickel Chrome (NiCr) dengan variasi perendaman 12 jam, 168 jam, 240 jam, dan 336 jam. SS 316 L merupakan material implan tulang yang sering digunakan saat ini. Jenis pengujian yang dilakukan pada penilitian ini antara lain Potentiodynamic Polarization (PDP), Electrochemical Impedance Spectroscopy (EIS), Scanning Electron Microscope (SEM), dan Scanning Electron Microscope Energy Dispersive X-Ray (SEM-EDX).

Hasil pengujian menunjukan pola laju korosi yang sama pada kedua spesimen saat variasi perendaman selama 168 jam. Didapatkan nilai laju korosi tertinggi yaitu pada spesimen ST 41 yang dilapisi Nickel Chrome (NiCr) dengan nilai 0,024665 mm/year dan laju korosi terendah yaitu pada SS 316 L dengan nilai 0,0013166 mm/year pada variasi perendaman 336 jam.

2.9.2 Maududi Yoga Dwi Prasetya (2019) Menggunakan Baja ST 41 Yang Dilapisi Titanium Nitride (TiN)

Dalam penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan laju korosi dengan variasi perendaman selama 12 jam,168 jam,240 jam dan 336 jam antara Baja ST 41 yang dilapisi Titanium Nitride (TiN) dan SS 316 L. Dimana SS 316 L sendiri biasa digunakan untuk material implan tulang. Jenis pengujian yang dilakukan pada penelitian ini adalah Electrochemical Impedance Spectroscopy (EIS), Potentiodynamic Polarization(PDP), Scanning Electron Microscopy(SEM), dan Scanning Electron Microscopy energy dispersive x-ray (SEM – EDX),

Hasil pengujian menunjukkan adanya kenaikan laju korosi pada masing – masing spesimen saat perendaman selama 168 jam. Pada saat pengujian polarisasi

potensiodinamik didapatkan laju korosi tertinggi pada spesimen ST 41 yang dilapisi Titanium Nitride (TiN) pada saat perendaman selama 168 jam dengan nilai laju korosi sebesar 0,014261 mm/year. Sedangkan nilai terendah pada spesimen ST 41 yang dilapisi Titanium Nitride (TiN) dengan nilai laju korosi sebesar 0,00092597 mm/year.

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

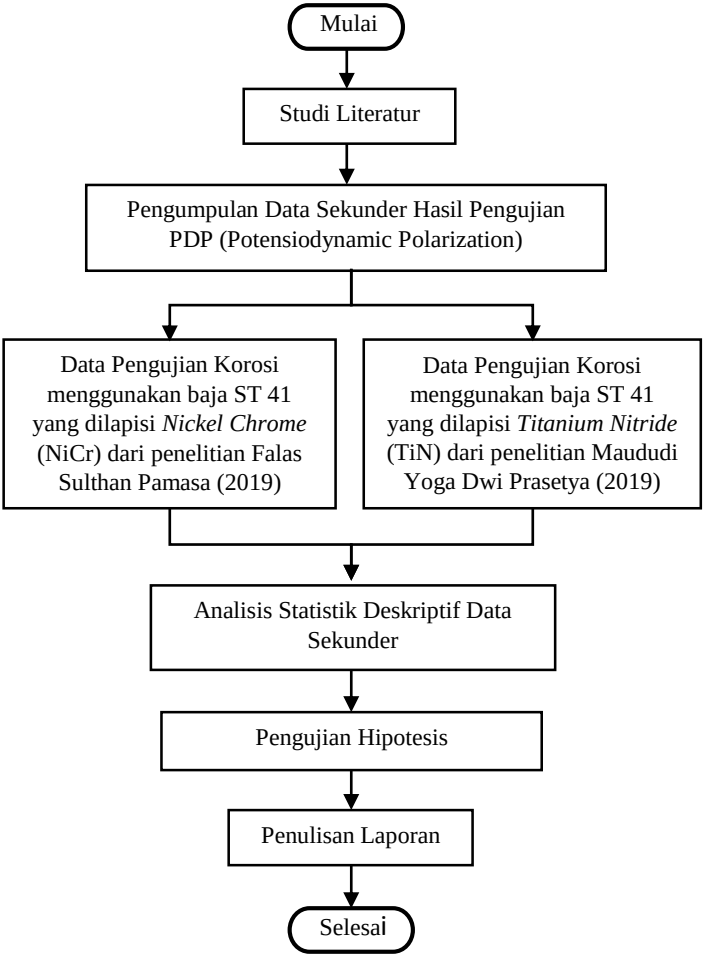
BAB III
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Jenis dan Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif deskriptif, karena penelitian ini bertujuan untuk menjelaskan, meringkas berbagai kondisi dan situasi yang ada serta timbul di dalam objek penelitian (Bungin, 2015). Penelitian ini bersifat deduktif, di mana untuk menjawab rumusan masalah penelitian ini, dibentuklah hipotesis penelitian dan diuji menggunakan statistik deskriptif atau inferensial, sehingga hipotesis yang dirumuskan terbukti atau tidak (Sugiyono, 2013:8).

Berdasarkan permasalahan dan jenis penelitian ini, maka penelitian ini menggunakan Analisis Data Sekunder (ADS) dan Pengujian Hipotesis sebagai metode analisis datanya. Analisis Data Sekunder (ADS) adalah salah satu metode data penelitian menggunakan data penelitian sebelumnya sebagai objek penelitiannya (Martono, 2011). Sedangkan pengujian hipotesis penelitian ini dilakukan dengan membandingkan nilai laju korosi (CR) yang diperoleh dari pengujian PDP (Potensiodynamic Polarization) yang dilakukan dengan spesimen ST41 yang dilapisi *Nickel Chrome* (berdasarkan penelitian oleh Falas Sulthan Pamasa (2019)) serta *Titanium Nitride* (berdasarkan penelitian oleh Maududi Yoga Dwi Prasetya (2019)).

3.2 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 *Flow Chart* Diagram Penelitian

3.3 Langkah Penelitian

3.3.1 Studi Literatur

Studi literatur meliputi penggalian teori-teori mengenai objek yang akan diteliti, jurnal dari penelitian

sebelumnya yang berhubungan dengan masalah yang ditemui dan pernah dilakukan penelitian sebelumnya, pemahaman referensi dan data-data yang akan dijadikan dasar untuk penyelesaian masalah yang ada. Dalam penelitian ini, data sekunder menjadi sumber utama data penelitian, sehingga langkah pertama yang dilakukan dalam penelitian ini adalah melakukan studi literatur pada 2 penelitian sebelumnya yang mendasari penelitian ini, yaitu penelitian yang dilakukan oleh Falas Sulthan Pamasa (2019) mengenai pelapisan baja ST 41 dengan *Nickel Chrome* (NiCr) dan penelitian yang dilakukan oleh Maududi Yoga Dwi Prasetya (2019) mengenai pelapisan baja ST 41 yang dilapisi *Titanium Nitride* (TiN). Selain itu, studi literatur penelitian ini juga dilakukan dari buku-buku dan jurnal-jurnal penelitian yang berkaitan dengan perbandingan laju korosi dari pelapisan NiCr dan TiN pada baja.

3.3.2 Pengumpulan Data Sekunder

Pengumpulan data sekunder, atau yang sering disebut sebagai metode dokumentasi, adalah salah satu metode pengumpulan data penelitian yang dilakukan dengan cara dokumentasi, yaitu mempelajari dokumen-dokumen berkaitan dengan seluruh data yang diperlukan dalam penelitian. Dokumentasi berasal dari kata ‘dokumen’, yang artinya barang-barang tertulis (Sukardi, 2003). Di dalam penelitian ini, peneliti menyelidiki data-data dari benda-benda tertulis seperti laporan penelitian, buku, jurnal, serta dokumen lain yang berkaitan dengan penelitian perbandingan laju korosi dari pelapisan NiCr dan TiN pada baja ST 41. Berikut adalah 2 laporan penelitian yang akan menyediakan data utama bagi penelitian ini:

1. **Data penelitian hasil pengujian PDP Falas Sulthan Pamasa (2019) dilapisi *Nickel Chrome* (NiCr)**

   Pada penelitian ini mengamati laju korosi antara baja ST 41 yang dilapisi Nickel Chrome (NiCr) dengan spesimen SS 316L, yang direndam dalam media korosi Simulated Body Fluid (SBF) dengan variasi perendaman 12 jam, 168 jam, 240 jam, dan 336 jam. Penelitian ini melakukan berbagai pengujian terhadap kedua spesimen, salah satunya pengujian Potensiodynamic Polarization (PDP) sesuai dengan prosedur yang ada. Hasil pengujian menunjukkan bahwa terdapat pola laju korosi yang sama antara kedua spesimen tersebut, di mana keduanya memiliki kenaikan laju korosi tertinggi saat mencapai titik perendaman selama 168 jam; dengan spesimen ST 41 berlapis Nickel Chrome (NiCr) memiliki laju korosi tertinggi sebesar 0,024665 mm/year.

2. **Data Penelitian Hasil PDP Maududi Yoga Dwi Praseya dilapisi Titanium Nitride (TiN)**

   Penelitian ini mengamati laju korosi antara spesimen SS 316L dengan spesimen baja ST 41 yang dilapisi Titanium Nitride (TiN). Serupa dengan penelitian terdahulu pertama, penelitian ini merendam kedua spesimen dalam media korosi Simulated Body Fluid (SBF) dengan variasi perendaman 12 jam, 168 jam, 240 jam, dan 336 jam. Penelitian ini juga melakukan berbagai pengujian terhadap kedua spesimen, salah satunya

pengujian Potensiodynamic Polarization (PDP) sesuai dengan prosedur yang ada. Hasil pengujian menunjukkan bahwa spesimen ST 41 berlapis Titanium Nitride (TiN) memiliki laju korosi tertingginya di titik perendaman selama 168 jam sebesar 0,014261 mm/year.

3.3.3 Analisis Statistik Deskriptif

Analisis statistik deskriptif bertujuan untuk memberikan gambaran mengenai subjek penelitian berdasarkan data-data hasil penelitian yang diperoleh dari kelompok subjek yang diteliti, dengan cara mengelompokkan dan meringkas data penelitian sehingga menjadi lebih informatif (Azwar, 1998:126). Dalam penelitian ini, jenis analisis deskriptif yang akan digunakan adalah analisa *mean* dan standar deviasi.

Mean atau rata-rata adalah nilai khas yang mewakili sifat tengah atau posisi pusat dari kumpulan nilai data. Penggunaan nilai *mean* ditujukan untuk memperoleh gambaran secara kualitatif mengenai tingkat laju korosi dari kedua spesimen NiCr dan TiN. Sedangkan standar deviasi atau simpangan baku merupakan ukuran penyebaran data yang paling sering digunakan. Sebagian besar nilai data cenderung berada dalam satu standar deviasi dari *mean* (Sugiyono, 2013).

3.3.4 Pengujian Hipotesis

Untuk mengetahui perbandingan laju korosi dari bahan pelapisan implan *Nickel Chrome* (NiCr) dan *Titanium Nitride* (TiN) dari data sekunder penelitian di atas, maka dilakukanlah pengujian hipotesis penelitian ini. Pengujian hipotesis ini akan menggunakan rumus *t-test* atau uji-t, khususnya *Independent Sample T-Test*. *Independent Sample T-Test* digunakan untuk menguji

signifikansi beda rata-rata dari dua kelompok data penelitian. Penelitian ini akan melakukan uji hipotesis untuk menguji signifikansi beda rata-rata dari baja ST 41 yang dilapisi *Nickel Chrome* (NiCr) dan *Titanium Nitride* (TiN) dengan SS 316L.

BAB IV
HASIL DAN ANALISA

Pada bab ini akan dilakukan pengujian hipotesis rata rata menggunakan uji t untuk mengetahui apakah waktu laju korosi hasil pengujian *Potensiodynamic Polarization* (PDP) pada sampel bahan uji logam ST41 pelapis NiCr, bahan uji logam ST41 pelapis TiN dan bahan uji logam SS 316L tanpa pelapis yang direndam pada larutan *Simulated Body Fluid* (SBF) selama 12 jam, 168 jam, 240 jam, dan 336 jam memberikan hasil yang berbeda. Data yang digunakan pada penelitian ini adalah laju korosi (Corrrate) dari sampel ST 41 yang dilapisi *Nickel Chrome* (NiCr), sampel ST41 yang dilapisi TiN dan sampel SS 316L tanpa pelapis.

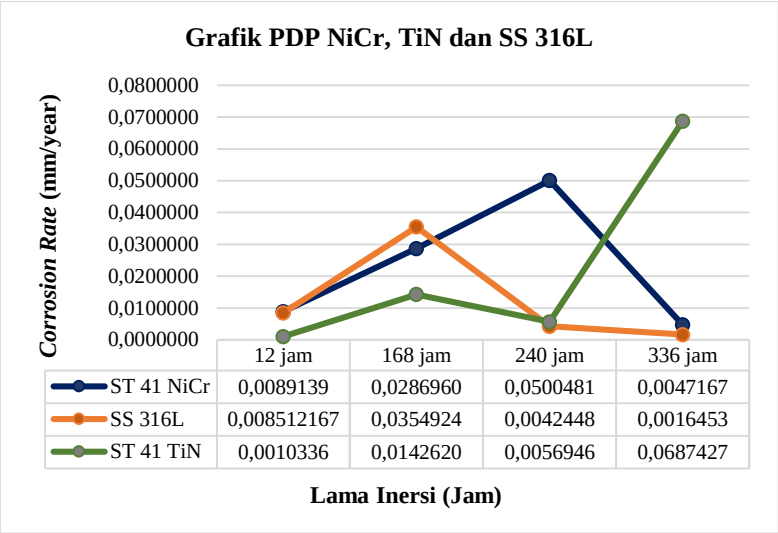
4.1 Grafik Laju Korosi Hasil Pengujian Polarisasi Bahan Uji Logam ST41 Pelapis NiCr, ST41 Pelapis TiN dan SS 316L Tanpa Pelapis.

Penelitian sebelumnya *Falas 2019* dilakukan pada spesimen dengan pengujian *Potensiodynamic Polarization* (PDP) yang dilapisi NiCr dan SS 316L tanpa pelapis. Sampel yang diujikan adalah ST 41 yang dilapisi *Nickel Chrome* (NiCr) dan SS 316L yang direndam pada larutan *Simulated Body Fluid* (SBF) dengan perendaman selama 12 jam, 168 jam, 240 jam, dan 336 jam *(Falas, 2019).*

Sedangkan penelitian sebelumnya *Maududi Yoga Dwi Prasetya 2019* dilakukan pada spesimen dengan pengujian *Potensiodynamic Polarization* (PDP) yang dilapisi TiN dan SS 316L. Sampel yang diujikan adalah ST 41 yang dilapisi TiN dan SS 316L yang direndam pada larutan *Simulated Body Fluid* (SBF) dengan perendaman selama 12 jam, 168 jam, 240 jam, dan 336 jam *(Maududi, 2019).*

Berdasarkan pengujian yang dilakukan oleh Falas Sultan Pamasa dan Maududi Yoga Dwi Prasetya pada 8 sampel bahan uji logam ST 41 pelapis NiCr, ST 41 pelapis TiN dan SS 316L dengan variabel perendaman 12 jam, 168 jam, 240 jam, dan 336 jam menggunakan Mesin Uji Potensiodynamic Polarisazation

(PDP) dan diolah dengan *software* Nova 1.11 didapatkan data rata rata laju korosi pada setiap waktu perendaman tiap specimen yang dapat dilihat pada Gambar 4.1 sebagai berikut:



Gambar 4.1 Hasil grafik Rata Rata *Corrosion Rate* pengujian Polarisasi pada Sampel ST 41 Pelapis NiCr, ST 41 Pelapis TiN dan SS 316L.

Gambar 4.1 merupakan rata rata *Corrosion Rate* hasil uji *Potensiodynamic Polarisazation* pada sampel percobaan menggunakan bahan uji logam ST 41 dengan pelapisan *Nickel Chrome* (NiCr), ST 41 pelapis TiN dan SS 316L yang direndam pada larutan *Simulated Body Fluid* (SBF) dengan waktu perendaman selama 12 jam, 168 jam, 240 jam dan 336 jam.

Rata rata waktu laju korosi pada sampel percobaan ST 41 pelapis NiCr, ST 41 pelapis TiN dan SS 316L memiliki pola yang fluktuatif atau naik turun saat di rendam selama 12 jam dan 168 jam. Namun, pada saat perendaman selama 240 jam ST41 pelapis TiN dan SS 316L mengalami penurunan signifikan. Saat perendaman 336 jam, ST 41 pelapis NiCr dan

SS 316L mengalami penurunan signifikan sedangkan ST41 pelapis TiN mengalami peningkatan signifikan.

Pada grafik diatas waktu laju korosi tertinggi dari bahan uji logam ST 41 pelapis NiCr saat direndam selama 240 jam sebesar 0,0500481 mm/year. Sedangkan laju korosi terendah saat direndam selama 336 jam sebesar 0,0047167 mm/year. Waktu laju korosi tertinggi dari bahan uji logam ST 41 pelapis TiN saat direndam selama 336 jam sebesar 0,0687427 mm/year. Sedangkan laju korosi terendah saat direndam selama 12 jam sebesar 0,0010336 mm/year. Waktu laju korosi tertinggi dari bahan uji logam SS 316L saat direndam selama 168 jam sebesar 0,0354924 mm/year. Sedangkan laju korosi terendah saat direndam selama 336 jam sebesar 0,0016453 mm/year.

Dari grafik diatas dapat disimpulkan bahwa laju korosi bahan uji logam ST 41 dengan pelapis NiCr, ST41 pelapis TiN dan SS 316L menghasilkan waktu laju korosi yang berbeda pada setiap waktu perendaman. Bahan uji logam ST 41 pelapis NiCr dan SS 316L menghasilkan waktu laju korosi yang lebih rendah saat direndam selama 336 jam. Sedangkan pada bahan uji logam ST 41 pelapis TiN menghasilkan waktu laju korosi yang lebih rendah saat direndam selama 12 jam.

Untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan waktu laju korosi yang signifikan pada ketiga bahan setiap waktu perendaman, maka perlu dilakukan pengujian hipotesis rata rata. Pada penelitian ini, peneliti menggunakan uji t dalam melakukan pengujian hipotesis rata rata karena jumlah sampel penelitian kurang dari 30. Penelitian ini menggunakan pengujian hipotesis rata rata karena untuk mengetahui kebenaran dari suatu nilai dugaan parameternya. Sehingga, pembaca maupun peneliti dapat mengetahui pernyataan perbedaan waktu laju korosi ditolak atau tidak.

4.2 Uji Hipotesis Selisih Rata Rata Waktu Laju Korosi Hasil Pengujian Polarisasi ST41 Pelapis NiCr dengan SS 316L

Pengujian hipotesis rata-rata 2 arah dengan menggunakan software minitab untuk mengetahui perbedaan

rata-rata waktu laju korosi bahan uji logam ST41 pelapis NiCr dan waktu laju korosi bahan uji logam SS 316L.

Hipotesis:

H_0: $\mu_{NiCr} = \mu_{SS316L}$ (Rata-rata waktu laju korosi ST41 pelapis NiCr dan SS 316L memberikan hasil yang sama)

H_1: $\mu_{NiCr} \neq \mu_{SS316L}$ (Rata-rata waktu laju korosi ST41 pelapis NiCr dan SS316L memberikan hasil yang berbeda)

Pada taraf nyata α = 0,05 maka Tolak H_0 jika $t_{hitung} < -t_{(\alpha/2,df)}$ atau $t_{hitung} > t_{(\alpha/2,df)}$ atau P-value < α . Hasil Pengujian dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.1 Hasil uji hipotesis rata rata waktu laju korosi ST41 pelapis NiCr dan SS 316L (2 arah)

Rata rata NiCr	Rata rata SS 316L	t_{hitung}	df	$-t_{(0,025,21)}$	$t_{(0,025,21)}$	P_{value}
0,0231	0,0125	1,01	21	-2,080	2,080	0,323

Hasil pengujian hipotesis selisih rata-rata waktu laju korosi bahan uji logam ST 41 pelapis NiCr dan SS 316L memiliki nilai t_{hitung} 1,01 dimana nilai tersebut lebih kecil dari nilai $t_{(0,025,21)}$ 2,080 atau nilai P_{value} 0,323 lebih besar dari nilai α 0,05. Sehingga diputuskan untuk gagal tolak H_0 yang berarti rata-rata waktu laju korosi ST 41 pelapis NiCr dan SS 316L memberikan hasil yang sama.

4.2.1 Uji Hipotesis Selisih Waktu Laju Korosi Bahan ST41 Pelapis NiCr dan SS 316L dengan Perendaman 12 Jam.

Pengujian hipotesis rata-rata 2 arah dengan menggunakan software minitab untuk mengetahui perbedaan rata-rata waktu laju korosi bahan uji logam ST41 pelapis NiCr dan SS 316L yang direndam selama 12 jam.

Hipotesis:

H_0: $\mu_{NiCr12} = \mu_{SS316L12}$ (Rata-rata waktu laju korosi ST41 pelapis NiCr dan SS 316L yang direndam selama 12 jam memberikan hasil yang sama)

H_1: $\mu_{NiCr12} \neq \mu_{SS316L12}$ (Rata-rata waktu laju korosi ST41 pelapis NiCr dan SS 316L yang direndam selama 12 jam memberikan hasil yang berbeda)

Pada taraf nyata α = 0,05 maka Tolak H_0 jika $t_{hitung} < -t_{(\alpha/2,df)}$ atau $t_{hitung} > t_{(\alpha/2,df)}$ atau P-value < α . Hasil Pengujian dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.2 Hasil uji hipotesis rata rata waktu laju korosi ST41 pelapis NiCr dan SS316L perendaman 12 jam (2 arah)

Rata rata NiCr	Rata rata SS 316L	t_{hitung}	df	$-t_{(0,025,3)}$	$t_{(0,025,3)}$	P_{value}
0,00891	0,00851	0,08	3	-3,182	3,182	0,943

Hasil pengujian hipotesis selisih rata-rata waktu laju korosi bahan uji logam ST 41 pelapis NiCr dan SS 316L yang di rendam selama 12 jam memiliki nilai t_{hitung} 0,08 dimana nilai tersebut lebih kecil dari nilai $t_{(0,025,3)}$ 3,182 atau nilai P_{value} 0,943 lebih besar dari nilai α 0,05. Sehingga diputuskan untuk gagal tolak H_0 yang berarti rata-rata waktu laju korosi ST 41 pelapis NiCr dan SS 316L yang di rendam selama 12 jam memberikan hasil yang sama.

4.2.2 Uji Hipotesis Selisih Waktu Laju Korosi Bahan ST41 Pelapis NiCr dan SS 316L dengan Perendaman 168 Jam.

Pengujian hipotesis rata-rata 2 arah dengan menggunakan software minitab untuk mengetahui perbedaan

rata-rata waktu laju korosi bahan uji logam ST41 pelapis NiCr dan SS 316L yang direndam selama 168 jam.

Hipotesis:

H_0: $\mu_{NiCr168} = \mu_{SS316L168}$ (Rata-rata waktu laju korosi ST41 pelapis NiCr dan SS 316L yang direndam selama 168 jam memberikan hasil yang sama)

H_1: $\mu_{NiCr168} \neq \mu_{SS316L168}$ (Rata-rata waktu laju korosi ST41 pelapis NiCr dan SS 316L yang direndam selama 168 jam memberikan hasil yang berbeda)

Pada taraf nyata α = 0,05 maka Tolak H_0 jika $t_{hitung} < -t_{(\alpha/2,df)}$ atau $t_{hitung} > t_{(\alpha/2,df)}$ atau P-value < α . Hasil Pengujian dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.3 Hasil uji hipotesis rata rata waktu laju korosi ST41 pelapis NiCr dan SS316L perendaman 168 jam (2 arah)

Rata rata NiCr	Rata rata SS 316L	t_{hitung}	df	$-t_{(0,025,2)}$	$t_{(0,025,2)}$	P_{value}
0,02870	0,0355	-0,22	2	-4,303	4,303	0,843

Hasil pengujian hipotesis selisih rata-rata waktu laju korosi bahan uji logam ST 41 pelapis NiCr dan SS 316L yang di rendam selama 168 jam memiliki nilai t_{hitung} -0,22 dimana nilai tersebut lebih besar dari nilai $-t_{(0,025,2)}$ -4,303 atau nilai P_{value} 0,843 lebih besar dari nilai α 0,05. Sehingga diputuskan untuk gagal tolak H_0 yang berarti rata-rata waktu laju korosi ST 41 pelapis NiCr dan SS 316L yang di rendam selama 168 jam memberikan hasil yang sama.

4.2.3 Uji Hipotesis Selisih Waktu Laju Korosi Bahan ST41 Pelapis NiCr dan SS 316L dengan Perendaman 240 Jam.

Pengujian hipotesis rata-rata 2 arah dengan menggunakan software minitab untuk mengetahui perbedaan rata-rata waktu laju korosi bahan uji logam ST41 pelapis NiCr dan SS 316L yang direndam selama 240 jam.

Hipotesis:

H_0: $\mu_{NiCr240} = \mu_{SS316L240}$ (Rata-rata waktu laju korosi ST41 pelapis NiCr dan SS 316L yang direndam selama 240 jam memberikan hasil yang sama)

H_1: $\mu_{NiCr240} \neq \mu_{SS316L240}$ (Rata-rata waktu laju korosi ST41 pelapis NiCr dan SS 316L yang direndam selama 240 jam memberikan hasil yang berbeda)

Pada taraf nyata α = 0,05 maka Tolak H_0 jika $t_{hitung} < -t_{(\alpha/2,df)}$ atau $t_{hitung} > t_{(\alpha/2,df)}$ atau P-value < α . Hasil Pengujian dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.4 Hasil uji hipotesis rata rata waktu laju korosi ST41 pelapis NiCr dan SS316L perendaman 240 jam (2 arah)

Rata rata NiCr	Rata rata SS 316L	t_{hitung}	df	$-t_{(0,025,2)}$	$t_{(0,025,2)}$	P_{value}
0,05	0,00424	2,14	2	-4,303	4,303	0,165

Hasil pengujian hipotesis selisih rata-rata waktu laju korosi bahan uji logam ST 41 pelapis NiCr dan SS 316L yang di rendam selama 240 jam memiliki nilai t_{hitung} 2,14 dimana nilai tersebut lebih kecil dari nilai $t_{(0,025,2)}$ 4,303 atau nilai P_{value} 0,165 lebih besar dari nilai α 0,05. Sehingga diputuskan untuk gagal tolak H_0 yang berarti rata-rata waktu laju korosi ST 41 pelapis NiCr dan SS 316L yang di rendam selama 240 jam memberikan hasil yang sama.

4.2.4 Uji Hipotesis Selisih Waktu Laju Korosi Bahan ST41 Pelapis NiCr dan SS 316L dengan Perendaman 336 Jam.

Pengujian hipotesis rata-rata 2 arah dengan menggunakan software minitab untuk mengetahui perbedaan rata-rata waktu laju korosi bahan uji logam ST41 pelapis NiCr dan SS 316L yang direndam selama 336 jam.

Hipotesis:

H_0: $\mu_{NiCr336} = \mu_{SS316L336}$ (Rata-rata waktu laju korosi ST41 pelapis NiCr dan SS 316L yang direndam selama 336 jam memberikan hasil yang sama)

H_1: $\mu_{NiCr336} \neq \mu_{SS316L336}$ (Rata-rata waktu laju korosi ST41 pelapis NiCr dan SS 316L yang direndam selama 336 jam memberikan hasil yang berbeda)

Pada taraf nyata α = 0,05 maka Tolak H_0 jika $t_{hitung} < -t_{(\alpha/2,df)}$ atau $t_{hitung} > t_{(\alpha/2,df)}$ atau P-value < α . Hasil Pengujian dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.5 Hasil uji hipotesis rata rata waktu laju korosi ST41 pelapis NiCr dan SS316L perendaman 336 jam (2 arah)

Rata rata NiCr	Rata rata SS 316L	t_{hitung}	df	$-t_{(0,025,2)}$	$t_{(0,025,2)}$	P_{value}
0,00472	0,001645	0,98	2	-4,303	4,303	0,430

Hasil pengujian hipotesis selisih rata-rata waktu laju korosi bahan uji logam ST 41 pelapis NiCr dan SS 316L yang di rendam selama 336 jam memiliki nilai t_{hitung} 0,98 dimana nilai tersebut lebih kecil dari nilai $t_{(0,025,2)}$ 4,303 atau nilai P_{value} 0,430 lebih besar dari nilai α 0,05. Sehingga diputuskan untuk gagal tolak H_0 yang berarti rata-rata waktu laju korosi ST 41 pelapis NiCr dan SS 316L yang di rendam selama 336 jam memberikan hasil yang sama.

4.3 Uji Hipotesis Selisih Rata Rata Waktu Laju Korosi Hasil Pengujian Polarisasi ST41 Pelapis TiN dengan SS 316L

Pengujian hipotesis rata-rata 2 arah dengan menggunakan software minitab untuk mengetahui perbedaan rata-rata waktu laju korosi bahan uji logam ST41 pelapis TiN dan waktu laju korosi bahan uji logam SS 316L.

Hipotesis:

H_0: $\mu_{TiN} = \mu_{SS316L}$ (Rata-rata waktu laju korosi ST41 pelapis TiN dan SS 316L memberikan hasil yang sama)

H_1: $\mu_{TiN} \neq \mu_{SS316L}$ (Rata-rata waktu laju korosi ST41 pelapis TIN dan SS316L memberikan hasil yang berbeda)

Pada taraf nyata α = 0,05 maka Tolak H_0 jika $t_{hitung} < -t_{(\alpha/2,df)}$ atau $t_{hitung} > t_{(\alpha/2,df)}$ atau P-value < α . Hasil Pengujian dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.6 Hasil uji hipotesis rata rata waktu laju korosi ST41 pelapis TiN dan SS 316L (2 arah)

Rata rata TiN	Rata rata SS 316L	t_{hitung}	df	$-t_{(0,025,19)}$	$t_{(0,025,19)}$	P_{value}
0,0224	0,0125	0,76	19	-2,093	2,093	0,458

Hasil pengujian hipotesis selisih rata-rata waktu laju korosi bahan uji logam ST 41 pelapis TiN dan SS 316L memiliki nilai t_{hitung} 0,76 dimana nilai tersebut lebih kecil dari nilai $t_{(0,025,19)}$ 2,093 atau nilai P_{value} 0,458 lebih besar dari nilai α 0,05. Sehingga diputuskan untuk gagal tolak H_0 yang berarti rata-rata waktu laju korosi ST 41 pelapis TiN dan SS 316L memberikan hasil yang sama.

4.3.1 Uji Hipotesis Selisih Waktu Laju Korosi Bahan ST41 Pelapis TiN dan SS 316L dengan Perendaman 12 Jam.

Pengujian hipotesis rata-rata 2 arah dengan menggunakan software minitab untuk mengetahui perbedaan rata-rata waktu laju korosi bahan uji logam ST41 pelapis TiN dan SS 316L yang direndam selama 12 jam.

Hipotesis:

H_0: $\mu_{TiN12} = \mu_{SS316L12}$ (Rata-rata waktu laju korosi ST41 pelapis TiN dan SS 316L yang direndam selama 12 jam memberikan hasil yang sama)

H_1: $\mu_{TiN12} \neq \mu_{SS316L12}$ (Rata-rata waktu laju korosi ST41 pelapis TiN dan SS 316L yang direndam selama 12 jam memberikan hasil yang berbeda)

Pada taraf nyata α = 0,05 maka Tolak H_0 jika $t_{hitung} < -t_{(\alpha/2,df)}$ atau $t_{hitung} > t_{(\alpha/2,df)}$ atau P-value < α . Hasil Pengujian dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.7 Hasil uji hipotesis rata rata waktu laju korosi ST41 pelapis TiN dan SS316L perendaman 12 jam (2 arah)

Rata rata TiN	Rata rata SS 316L	t_{hitung}	df	$-t_{(0,025,2)}$	$t_{(0,025,2)}$	P_{value}
0,001034	0,00851	-1,78	2	-4,303	4,303	0,217

Hasil pengujian hipotesis selisih rata-rata waktu laju korosi bahan uji logam ST 41 pelapis TiN dan SS 316L yang di rendam selama 12 jam memiliki nilai t_{hitung} -1,78 dimana nilai tersebut lebih besar dari nilai $-t_{(0,025,2)}$ -4,303 atau nilai P_{value} 0,217 lebih besar dari nilai α 0,05. Sehingga diputuskan untuk gagal tolak H_0 yang berarti rata-rata waktu laju korosi ST 41 pelapis TiN dan SS 316L yang di rendam selama 12 jam memberikan hasil yang sama.

4.3.2 Uji Hipotesis Selisih Waktu Laju Korosi Bahan ST41 Pelapis TiN dan SS 316L dengan Perendaman 168 Jam.

Pengujian hipotesis rata-rata 2 arah dengan menggunakan software minitab untuk mengetahui perbedaan rata-rata waktu laju korosi bahan uji logam ST41 pelapis TiN dan SS 316L yang direndam selama 168 jam.

Hipotesis:

H_0: $\mu_{TiN168} = \mu_{SS316L168}$ (Rata-rata waktu laju korosi ST41 pelapis TiN dan SS 316L yang direndam selama 168 jam memberikan hasil yang sama)

H_1: $\mu_{TiN168} \neq \mu_{SS316L168}$ (Rata-rata waktu laju korosi ST41 pelapis TiN dan SS 316L yang direndam selama 168 jam memberikan hasil yang berbeda)

Pada taraf nyata α = 0,05 maka Tolak H_0 jika $t_{hitung} < -t_{(\alpha/2,df)}$ atau $t_{hitung} > t_{(\alpha/2,df)}$ atau P-value < α . Hasil Pengujian dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.8 Hasil uji hipotesis rata rata waktu laju korosi ST41 pelapis TiN dan SS316L perendaman 168 jam (2 arah)

Rata rata TiN	Rata rata SS 316L	t_{hitung}	df	$-t_{(0,025,2)}$	$t_{(0,025,2)}$	P_{value}
0,014262	0,0355	-0,70	2	-4,303	4,303	0,555

Hasil pengujian hipotesis selisih rata-rata waktu laju korosi bahan uji logam ST 41 pelapis TiN dan SS 316L yang di rendam selama 168 jam memiliki nilai t_{hitung} -0,70 dimana nilai tersebut lebih besar dari nilai $-t_{(0,025,2)}$ -4,303 atau nilai P_{value} 0,555 lebih besar dari nilai α 0,05. Sehingga diputuskan untuk gagal tolak H_0 yang berarti rata-rata waktu laju korosi ST 41 pelapis TiN dan SS 316L yang di rendam selama 168 jam memberikan hasil yang sama.

4.3.3 Uji Hipotesis Selisih Waktu Laju Korosi Bahan ST41 Pelapis TiN dan SS 316L dengan Perendaman 240 Jam.

Pengujian hipotesis rata-rata 2 arah dengan menggunakan software minitab untuk mengetahui perbedaan rata-rata waktu laju korosi bahan uji logam ST41 pelapis TiN dan SS 316L yang direndam selama 240 jam.

Hipotesis:

H_0: $\mu_{TiN\,240} = \mu_{SS\,316L\,240}$ (Rata-rata waktu laju korosi ST41 pelapis TiN dan SS 316L yang direndam selama 240 jam memberikan hasil yang sama)

H_1: $\mu_{TiN\,240} \neq \mu_{SS\,316L\,240}$ (Rata-rata waktu laju korosi ST41 pelapis TiN dan SS 316L yang direndam selama 240 jam memberikan hasil yang berbeda)

Pada taraf nyata α = 0,05 maka Tolak H_0 jika $t_{hitung} < -t_{(\alpha/2,df)}$ atau $t_{hitung} > t_{(\alpha/2,df)}$ atau P-value < α . Hasil Pengujian dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.9 Hasil uji hipotesis rata rata waktu laju korosi ST41 pelapis TiN dan SS316L perendaman 240 jam (2 arah)

Rata rata TiN	Rata rata SS 316L	t_{hitung}	df	$-t_{(0,025,3)}$	$t_{(0,025,3)}$	P_{value}
0,00569	0,00424	1,31	3	-3,182	3,182	0,281

Hasil pengujian hipotesis selisih rata-rata waktu laju korosi bahan uji logam ST 41 pelapis TiN dan SS 316L yang di rendam selama 240 jam memiliki nilai t_{hitung} 1,31 dimana nilai tersebut lebih kecil dari nilai $t_{(0,025,3)}$ 3,182 atau nilai P_{value} 0,281 lebih besar dari nilai α 0,05. Sehingga diputuskan untuk gagal tolak H_0 yang berarti rata-rata waktu laju korosi ST 41 pelapis TiN dan SS 316L yang di rendam selama 240 jam memberikan hasil yang sama.

4.3.4 Uji Hipotesis Selisih Waktu Laju Korosi Bahan ST41 Pelapis TiN dan SS 316L dengan Perendaman 336 Jam.

Pengujian hipotesis rata-rata 2 arah dengan menggunakan software minitab untuk mengetahui perbedaan rata-rata waktu laju korosi bahan uji logam ST41 pelapis TiN dan SS 316L yang direndam selama 336 jam.

Hipotesis:

H_0: $\mu_{TiN336} = \mu_{SS316L336}$ (Rata-rata waktu laju korosi ST41 pelapis TiN dan SS 316L yang direndam selama 336 jam memberikan hasil yang sama)

H_1: $\mu_{TiN336} \neq \mu_{SS316L336}$ (Rata-rata waktu laju korosi ST41 pelapis TiN dan SS 316L yang direndam selama 336 jam memberikan hasil yang berbeda)

Pada taraf nyata α = 0,05 maka Tolak H_0 jika $t_{hitung} < -t_{(\alpha/2,df)}$ atau $t_{hitung} > t_{(\alpha/2,df)}$ atau P-value < α . Hasil Pengujian dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.10 Hasil uji hipotesis rata rata waktu laju korosi ST41 pelapis TiN dan SS316L perendaman 336 jam (2 arah)

Rata rata TiN	Rata rata SS 316L	t_{hitung}	df	$-t_{(0,025,2)}$	$t_{(0,025,2)}$	P_{value}
0,0687	0,001645	2,09	2	-4,303	4,303	0,171

Hasil pengujian hipotesis selisih rata-rata waktu laju korosi bahan uji logam ST 41 pelapis TiN dan SS 316L yang di rendam selama 336 jam memiliki nilai t_{hitung} 2,09 dimana nilai tersebut lebih kecil dari nilai $t_{(0,025,2)}$ 4,303 atau nilai P_{value} 0,171 lebih besar dari nilai α 0,05. Sehingga diputuskan untuk gagal tolak H_0 yang berarti rata-rata waktu laju korosi ST 41 pelapis TiN dan SS 316L yang di rendam selama 336 jam memberikan hasil yang sama.

4.4 Hasil Pengujian Hipotesis Selisih Rata Rata Waktu Laju Korosi

Berdasarkan pengujian hipotesis yang telah dilakukan diperoleh hasil bahwa rata-rata waktu laju korosi bahan uji logam ST 41 pelapis NiCr dan pelapis TiN secara keseluruhan menghasilkan waktu laju korosi yang sama dengan bahan uji logam SS 316L. Rata-rata waktu laju korosi bahan uji logam ST 41 pelapis NiCr yang di rendam selama 12 jam, 168 jam, 240 jam dan 336 jam menghasilkan waktu laju korosi yang sama dengan bahan SS 316L. Serta rata-rata waktu laju korosi bahan uji logam ST 41 pelapis TiN yang di rendam selama 12 jam, 168 jam, 240 jam dan 336 jam menghasilkan waktu laju korosi yang sama dengan bahan SS 316L.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut ini:

1. Karakteristik waktu laju korosi tertinggi dari bahan uji logam ST 41 pelapis *Nickel Chrome* (NiCr) saat direndam selama 240 jam sebesar 0,0500481 mm/year. Sedangkan laju korosi terendah saat direndam selama 336 jam sebesar 0,0047167 mm/year. Waktu laju korosi tertinggi dari bahan uji logam ST 41 pelapis TiN saat direndam selama 336 jam sebesar 0,0687427 mm/year. Sedangkan laju korosi terendah saat direndam selama 12 jam sebesar 0,0010336 mm/year. Waktu laju korosi tertinggi dari bahan uji logam SS 316L saat direndam selama 168 jam sebesar 0,0354924 mm/year. Sedangkan laju korosi terendah saat direndam selama 336 jam sebesar 0,0016453 mm/year.
2. Hasil pengujian hipotesis waktu laju korosi antara bahan uji logam ST 41 yang dilapisi NiCr, ST 41 yang dilapisi TiN dengan SS 316L dalam media korosi *Simulated Body Fluid* (SBF) dengan perendaman selama 12 jam, 168 jam, 240 jam dan 336 jam adalah:
   a. Rata-rata waktu laju korosi bahan uji logam ST 41 pelapis NiCr dan pelapis TiN secara keseluruhan menghasilkan waktu laju korosi yang sama dengan bahan uji logam SS 316L.
   b. Rata-rata waktu laju korosi bahan uji logam ST 41 pelapis NiCr yang di rendam selama 12 jam, 168 jam, 240 jam dan 336 jam menghasilkan waktu laju korosi yang sama dengan bahan SS 316L.
   c. Rata-rata waktu laju korosi bahan uji logam ST 41 pelapis TiN yang di rendam selama 12 jam, 168 jam, 240 jam dan 336 jam menghasilkan waktu laju korosi yang sama dengan bahan SS 316L.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil pengujian hipotesis rata rata, bahan uji logam ST 41 pelapis TiN dan ST 41 pelapis NiCr menghasilkan waktu laju korosi yang sama dengan bahan SS 316L, sehingga bahan uji logam ST 41 pelapis TiN dan ST 41 dapat dijadikan sebagai pengganti bahan SS 316L atau dapat dilakukan pencarian bahan uji logam terbaru sebagai pengganti SS 316L yang menghasilkan waktu laju korosi lebih rendah.

DAFTAR PUSTAKA

1. Falas Sulthan Pamasa. 2019. *ANALISA PERMUKAAN PADA SAMPEL IMPLAN TULANG BERBAHAN ST 41 DENGAN PELAPIS NiCr*. Surabaya : Departemen Teknik Mesin Industri, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS).
2. Maududi Yoga Dwi Prasetya. 2019. *PENGARUH PELAPISAN TiN PADA SAMPEL IMPLAN TULANG TERHADAP KARAKTERISTIK PERMUKAAN SAMPEL IMPLAN TULANG.* Surabaya : Departemen Teknik Mesin Industri, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS).
3. Bungin, Burhan. (2015). *Metodologi Penelitian Sosial & Ekonomi: Format-format Kuantitatif dan Kualitatif untuk Studi Sosiologi, Kebijakan Publik, Komunikasi, Manajemen, dan Pemasaran, Edisi Pertama Cetakan ke-2*. Prenadamedia Group.
4. Martono, Nanang. (2011). *Metode Penelitian Kuantitatif: Analisis Isi dan Analisis Data Sekunder*. Jakarta: Raja Grafindo Persada.
5. Saifudin Azwar. (1998). *Metode Penelitian*, Cetakan 1. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
6. Sugiyono. (2013). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
7. Sukardi (2003). *Metodologi Penelitian Pendidikan*. Yogyakarta: Bumi Aksara.

BIODATA PENULIS

Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara yang lahir pada tanggal 02 Februari 1999 di surabaya, Jawa Timur. Pendidikan formal yang pernah ditempuh meliputi SDN Krembangan Utara III/606 Surabaya, SMPN 1 Blega Bangkalan, dan SMKN 7 Surabaya. Setelah itu pada tahun 2017 penulis meneruskan pendidikan pada tingkat perguruan tinggi di Departemen Teknik Mesin Industri, Fakultas Vokasi – Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Selama duduk di bangku kuliah, penulis aktif mengikuti kegiatan perkuliahan. Penulis juga pernah mengikuti berbagai kegiatan dan mengikuti beberapa Organisasi Mahasiswa. Penulis sempat menjadi, Anggota UKM Sepak Bola ITS.Kegiatan yang pernah diikuti oleh penulis diantaranya GERIGI (Generasi Integralistik) ITS 2017, Pra TD (Tingkat Dasar) 2017. Penulis juga pernah kerja praktek di PT. DOK dan Perkapalan Surabaya selama 1 bulan di Surabaya 01 Agustus 2019 - 30 Agustus 2019. Bagi pembaca yang ingin mengenal lebih dengan penulis dan ingin berdiskusi lebih luas dapat menghubungi

LAMPIRAN A

Hasil Pengujian Polarisasi Potensiodinamik Falas 2019

Waktu Perendaman	Bahan	Percobaan ke-	ba (mV/dec)	bc (mV/dec)	Ecorr (mV)	Icorr (µA/cm2)	CR (mm/year)	Polarization resistance (Ω) (Ω)
12 Jam	ST 41	1	0,057798	0,05803	-0,14373	0,0079129	0,0066453	28380
		2	0,13079	0,13407	-0,1556	0,0177720	0,014925	28891
		3	0,057643	0,052108	-0,16576	0,0061579	0,0051714	34468
12 Jam	SS 316L	1	0,019019	0,031323	-0,28055	0,0014501	0,0029546	35441
		2	0,7863	0,11088	-0,16084	0,0082226	0,016754	51328
		3	0,067212	0.036128	-0,14328	0,0028603	0,0058279	35677
168 Jam	ST 41	1	0,09403	0,079469	-0,22852	0,0354930	0,029807	9410,8
		2	0,0551	0,23908	-0,30491	0,0376460	0,031616	9224,7
		3	0,10378	0,082667	-0,23877	0,0029370	0,024665	12151
168 Jam	SS 316L	1	0.026077	0.053253	-0.26837	0,0031411	0,0052665	28816
		2	0.026283	0.037369	-0.26837	0,00077786	0,095954	35441
		3	0.015914	0.042989	-0.40386	0,00070989	0,0052567	36636
240 Jam	ST 41	1	0,099887	-11.989	-0,49863	0,0763480	0,064118	11068
		2	0,086662	-0,2162	-0,52936	0,0927890	0,077925	12089
		3	0,034919	0,11177	-0,55271	0,0096466	0,0081013	21390
240 Jam	SS 316L	1	0.024125	0.045759	-0.26837	0,0018009	0,0033401	38094
		2	0.034244	0.053253	-0.26903	0,0031411	0,0058257	28816
		3	0.026077	0.042989	-0.26508	0,0019241	0,0035686	36636

336 Jam	ST 41	1	0,037819	0,052408	-0,58549	0,0130350	0,010947	13069
		2	0,013504	0,056795	-0,60624	0,0018548	0,0015577	45617
		3	0,013476	0,06245	-0,60463	0,0019593	0,0016454	43875
336 Jam	SS 316L	1	0.015914	0.02671	-0.40386	0,00070989	0,0013166	61008
		2	0.018155	0.037369	-0.40552	0,00077786	0,0014427	68219
		3	0.026283	0.070627	-0.39913	0,0011736	0,0021767	70884

LAMPIRAN B

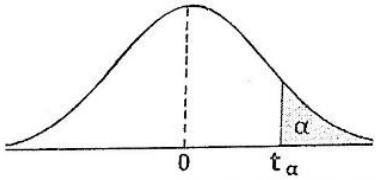
Tabel Hasil Uji Potensiodynamic Polarisazation
Maududi 2019

Waktu Perendaman	Bahan	Percobaan ke-	ba (mV/dec)	bc (mV/dec)	Ecorr (mV)	Icorr (µA/cm2)	CR (mm/year)	Polarization resistance (Ω) (Ω)
12 Jam	ST 41	1	0,048026	0,033606	-0.35148	0,00038789	0,00092597	221370
		2	0,055351	0,041146	-0.37741	0,00049217	0,0011749	208260
		3	0,056901	0,065588	-0.38607	0,00041882	0,0009998	315940
12 Jam	SS 316L	1	0,019019	0,031323	-0,28055	0,0014501	0,0029546	35441
		2	0,7863	0,11088	-0,16084	0,0082226	0,016754	51328
		3	0,067212	0.036128	-0,14328	0,0028603	0,0058279	35677
168 Jam	ST 41	1	0,067323	0,15716	-0,57546	0,059739	0,014261	11452
		2	0,011727	0,18561	-0,57438	0,00000812	0,014262	11794
		3	0,014821	0,17869	-0,57324	0,081796	0,014263	10788
168 Jam	SS 316L	1	0.026077	0.053253	-0.26837	0,0031411	0,0052665	28816
		2	0.026283	0.037369	-0.26837	0,00077786	0,095954	35441
		3	0.015914	0.042989	-0.40386	0,00070989	0,0052567	36636
240 Jam	ST 41	1	0.058682	0.11045	-0.65381	0,0031104	0,004158	95553
		2	0.048058	0.11844	-0.60224	0,0048211	0,0064449	54993
		3	0.081282	0.15174	-0.63999	0,0048479	0,0064808	84673
240 Jam	SS 316L	1	0.024125	0.045759	-0.26837	0,0018009	0,0033401	38094
		2	0.034244	0.053253	-0.26903	0,0031411	0,0058257	28816
		3	0.026077	0.042989	-0.26508	0,0019241	0,0035686	36636

336 Jam	ST 41	1	0.21051	0.2301	-0.65409	0,079195	0,10586	10766
		2	0.1784	0.20023	-0.64988	0,071405	0,095452	10246
		3	0.099548	0.11681	-0.65601	0,036777	0,0049162	11333
336 Jam	SS 316L	1	0.015914	0.02671	-0.40386	0,00070989	0,0013166	61008
		2	0.018155	0.037369	-0.40552	0,00077786	0,0014427	68219
		3	0.026283	0.070627	-0.39913	0,0011736	0,0021767	70884

LAMPIRAN C

TABEL DISTRIBUSI t



df	α								
	0.2500	0.1000	0.0500	0.0250	0.0100	0.0075	0.0050	0.0025	0.0005
1	1.000	3.078	6.314	12.706	31.821	42.433	63.657	127.321	636.619
2	0.816	1.886	2.920	4.303	6.965	8.073	9.925	14.089	31.599
3	0.765	1.638	2.353	3.182	4.541	5.047	5.841	7.453	12.924
4	0.741	1.533	2.132	2.776	3.747	4.088	4.604	5.598	8.610
5	0.727	1.476	2.015	2.571	3.365	3.634	4.032	4.773	6.869
6	0.718	1.440	1.943	2.447	3.143	3.372	3.707	4.317	5.959
7	0.711	1.415	1.895	2.365	2.998	3.203	3.499	4.029	5.408
8	0.706	1.397	1.860	2.306	2.896	3.085	3.355	3.833	5.041
9	0.703	1.383	1.833	2.262	2.821	2.998	3.250	3.690	4.781
10	0.700	1.372	1.812	2.228	2.764	2.932	3.169	3.581	4.587
11	0.697	1.363	1.796	2.201	2.718	2.879	3.106	3.497	4.437
12	0.695	1.356	1.782	2.179	2.681	2.836	3.055	3.428	4.318
13	0.694	1.350	1.771	2.160	2.650	2.801	3.012	3.372	4.221
14	0.692	1.345	1.761	2.145	2.624	2.771	2.977	3.326	4.140
15	0.691	1.341	1.753	2.131	2.602	2.746	2.947	3.286	4.073
16	0.690	1.337	1.746	2.120	2.583	2.724	2.921	3.252	4.015
17	0.689	1.333	1.740	2.110	2.567	2.706	2.898	3.222	3.965
18	0.688	1.330	1.734	2.101	2.552	2.689	2.878	3.197	3.922
19	0.688	1.328	1.729	2.093	2.539	2.674	2.861	3.174	3.883
20	0.687	1.325	1.725	2.086	2.528	2.661	2.845	3.153	3.850
21	0.686	1.323	1.721	2.080	2.518	2.649	2.831	3.135	3.819
22	0.686	1.321	1.717	2.074	2.508	2.639	2.819	3.119	3.792
23	0.685	1.319	1.714	2.069	2.500	2.629	2.807	3.104	3.768
24	0.685	1.318	1.711	2.064	2.492	2.620	2.797	3.091	3.745
25	0.684	1.316	1.708	2.060	2.485	2.612	2.787	3.078	3.725
26	0.684	1.315	1.706	2.056	2.479	2.605	2.779	3.067	3.707
27	0.684	1.314	1.703	2.052	2.473	2.598	2.771	3.057	3.690
28	0.683	1.313	1.701	2.048	2.467	2.592	2.763	3.047	3.674
29	0.683	1.311	1.699	2.045	2.462	2.586	2.756	3.038	3.659
30	0.683	1.310	1.697	2.042	2.457	2.581	2.750	3.030	3.646
40	0.681	1.303	1.684	2.021	2.423	2.542	2.704	2.971	3.551
60	0.679	1.296	1.671	2.000	2.390	2.504	2.660	2.915	3.460
120	0.677	1.289	1.658	1.980	2.358	2.468	2.617	2.860	3.373

LAMPIRAN D

Two-Sample T-Test and CI: NiCr; SS 316L

```
Two-sample T for NiCr vs SS 316L

          N    Mean   StDev  SE Mean
NiCr     12  0,0231  0,0248   0,0072
SS 316L  12  0,0125  0,0266   0,0077


Difference = μ (NiCr) - μ (SS 316L)
Estimate for difference:  0,0106
95% CI for difference:  (-0,0112; 0,0325)
T-Test of difference = 0 (vs ≠): T-Value = 1,01  P-
Value = 0,323  DF = 21

MTB > TwoSample 'NiCr 12 jam' 'SS 316L 12 Jam';
SUBC>   Confidence 95,0;
SUBC>   Test 0,0;
SUBC>   Alternative 0.
```

Two-Sample T-Test and CI: NiCr 12 jam; SS 316L 12 Jam

```
Two-sample T for NiCr 12 jam vs SS 316L 12 Jam

                N     Mean    StDev  SE Mean
NiCr 12 jam     3  0,00891  0,00526   0,0030
SS 316L 12 Jam  3  0,00851  0,00728   0,0042


Difference = μ (NiCr 12 jam) - μ (SS 316L 12 Jam)
Estimate for difference:  0,00040
95% CI for difference:  (-0,01610; 0,01690)
T-Test of difference = 0 (vs ≠): T-Value = 0,08  P-
Value = 0,943  DF = 3

MTB > TwoSample 'NiCr 168 jam' 'SS 316L 168 Jam';
SUBC>   Confidence 95,0;
SUBC>   Test 0,0;
SUBC>   Alternative 0.
```

Two-Sample T-Test and CI: NiCr 168 jam; SS 316L 168 Jam

```
Two-sample T for NiCr 168 jam vs SS 316L 168 Jam

                 N     Mean    StDev  SE Mean
NiCr 168 jam     3  0,02870  0,00361   0,0021
SS 316L 168 Jam  3   0,0355   0,0524    0,030


Difference = μ (NiCr 168 jam) - μ (SS 316L 168 Jam)
Estimate for difference:  -0,0068
95% CI for difference:  (-0,1372; 0,1236)
T-Test of difference = 0 (vs ≠): T-Value = -0,22
P-Value = 0,843  DF = 2

MTB > TwoSample 'NiCr 240 jam' 'SS 316L 240 Jam';
SUBC>   Confidence 95,0;
SUBC>   Test 0,0;
SUBC>   Alternative 0.
```

Two-Sample T-Test and CI: NiCr 240 jam; SS 316L 240 Jam

```
Two-sample T for NiCr 240 jam vs SS 316L 240 Jam

                 N     Mean    StDev  SE Mean
NiCr 240 jam     3   0,0500   0,0370    0,021
SS 316L 240 Jam  3  0,00424  0,00137  0,00079


Difference = μ (NiCr 240 jam) - μ (SS 316L 240 Jam)
Estimate for difference:  0,0458
95% CI for difference:  (-0,0461; 0,1377)
T-Test of difference = 0 (vs ≠): T-Value = 2,14  P-
Value = 0,165  DF = 2

MTB > TwoSample 'NiCr 336 jam' 'SS 316L 336 Jam';
SUBC>   Confidence 95,0;
SUBC>   Test 0,0;
SUBC>   Alternative 0.
```

Two-Sample T-Test and CI: NiCr 336 jam; SS 316L 336 Jam

```
Two-sample T for NiCr 336 jam vs SS 316L 336 Jam

                 N      Mean     StDev  SE Mean
NiCr 336 jam     3   0,00472   0,00540   0,0031
SS 316L 336 Jam  3  0,001645  0,000464  0,00027


Difference = μ (NiCr 336 jam) - μ (SS 316L 336 Jam)
Estimate for difference:  0,00307
95% CI for difference:  (-0,01038; 0,01652)
T-Test of difference = 0 (vs ≠): T-Value = 0,98  P-
Value = 0,430  DF = 2

MTB > TwoSample 'TiN' 'SS 316L';
SUBC>   Confidence 95,0;
SUBC>   Test 0,0;
SUBC>   Alternative 0.
```

Two-Sample T-Test and CI: TiN; SS 316L

```
Two-sample T for TiN vs SS 316L

          N    Mean   StDev  SE Mean
TiN      12  0,0224  0,0369    0,011
SS 316L  12  0,0125  0,0266   0,0077


Difference = μ (TiN) - μ (SS 316L)
Estimate for difference:  0,0100
95% CI for difference:  (-0,0175; 0,0375)
T-Test of difference = 0 (vs ≠): T-Value = 0,76  P-
Value = 0,458  DF = 19

MTB > TwoSample 'TiN 12 jam' 'SS 316L 12 Jam';
SUBC>   Confidence 95,0;
SUBC>   Test 0,0;
SUBC>   Alternative 0.
```

Two-Sample T-Test and CI: TiN 12 jam; SS 316L 12 Jam

```
Two-sample T for TiN 12 jam vs SS 316L 12 Jam

                N      Mean     StDev   SE Mean
TiN 12 jam      3  0,001034  0,000128  0,000074
SS 316L 12 Jam  3   0,00851   0,00728    0,0042


Difference = μ (TiN 12 jam) - μ (SS 316L 12 Jam)
Estimate for difference:  -0,00748
95% CI for difference:  (-0,02557; 0,01061)
T-Test of difference = 0 (vs ≠): T-Value = -1,78
P-Value = 0,217  DF = 2

MTB > TwoSample 'TiN 168 jam' 'SS 316L 168 Jam';
SUBC>   Confidence 95,0;
SUBC>   Test 0,0;
SUBC>   Alternative 0.
```

Two-Sample T-Test and CI: TiN 168 jam; SS 316L 168 Jam

```
Two-sample T for TiN 168 jam vs SS 316L 168 Jam

                 N        Mean       StDev     SE
Mean
TiN 168 jam      3  0,01426200  0,00000100
0,00000058
SS 316L 168 Jam  3      0,0355      0,0524
0,030


Difference = μ (TiN 168 jam) - μ (SS 316L 168 Jam)
Estimate for difference:  -0,0212
95% CI for difference:  (-0,1513; 0,1088)
T-Test of difference = 0 (vs ≠): T-Value = -0,70
P-Value = 0,555  DF = 2

MTB > TwoSample 'TiN 240 jam' 'SS 316L 240 Jam';
SUBC>   Confidence 95,0;
SUBC>   Test 0,0;
```

```
SUBC>   Alternative 0.
```

Two-Sample T-Test and CI: TiN 240 jam; SS 316L 240 Jam

```
Two-sample T for TiN 240 jam vs SS 316L 240 Jam

                 N     Mean    StDev  SE Mean
TiN 240 jam      3  0,00569  0,00133  0,00077
SS 316L 240 Jam  3  0,00424  0,00137  0,00079


Difference = μ (TiN 240 jam) - μ (SS 316L 240 Jam)
Estimate for difference:  0,00145
95% CI for difference:  (-0,00206; 0,00496)
T-Test of difference = 0 (vs ≠): T-Value = 1,31  P-
Value = 0,281  DF = 3

MTB > TwoSample 'TiN 336 jam' 'SS 316L 336 Jam';
SUBC>   Confidence 95,0;
SUBC>   Test 0,0;
SUBC>   Alternative 0.
```

Two-Sample T-Test and CI: TiN 336 jam; SS 316L 336 Jam

```
Two-sample T for TiN 336 jam vs SS 316L 336 Jam

                 N      Mean     StDev  SE Mean
TiN 336 jam      3    0,0687    0,0555    0,032
SS 316L 336 Jam  3  0,001645  0,000464  0,00027

Difference = μ (TiN 336 jam) - μ (SS 316L 336 Jam)
Estimate for difference:  0,0671
95% CI for difference:  (-0,0708; 0,2050)
T-Test of difference = 0 (vs ≠): T-Value = 2,09  P-
Value = 0,171  DF = 2
```