



**PENGARUH NANOFLUIDA ZrO_2 DENGAN EKSTRAK
JERUK NIPIS DAN 33% *ETHYLENE GLYCOL* MELALUI
METODE PENCAMPURAN *MAGNETIC STIRER* TERHADAP
LAJU KOROSI BAJA TP 280**

SKRIPSI

Oleh

M Hilman Nur Farodis

NIM 191910101085

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN
TEKNOLOGI**

UNIVERSITAS JEMBER

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK MESIN

JEMBER

2023



**PENGARUH NANOFLUIDA ZrO_2 DENGAN EKSTRAK
JERUK NIPIS DAN 33% *ETHYLENE GLYCOL* MELALUI
METODE PENCAMPURAN *MAGNETIC STIRER* TERHADAP
LAJU KOROSI BAJA TP 280**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Mesin (S1) dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

M Hilman Nur Farodis

NIM 191910101085

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN
TEKNOLOGI**

UNIVERSITAS JEMBER

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK MESIN

JEMBER

2023

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Allah SWT, atas limpahan rahmat dan karunianya sehingga saya bisa menyelesaikan skripsi ini dengan baik;
2. Bapak Nuryadi dan Ibu Halima kemudian kakak saya M Shohibul Izar beserta keluarga besar Moh Sapik yang telah mendukung dan medoakan saya selama menempuh pendidikan S1 Teknik Mesin;
3. Dosen Pembimbing Utama Bapak Dr. Ir. Salahuddin Junus. S.T., M.T.,IPM. Dan Dosen Pembimbing Anggota Bapak Dr. Ir Andi Sanata. S.T., M.T. yang telah sabar dan ikhlas membimbing saya dan memberikan masukan selama proses penyusunan Tugas Akhir;
4. Dosen Pembimbing Akademik Bapak Dr. Yuni Hermawan S.T.,M.T dan segenap dosen, pegawai dan karyawan Fakultas Teknik Universitas Jember, khususnya Program Studi Teknik Mesin yang telah memberikan saya ilmu, pengalaman, dan fasilitas selama saya menempuh pendidikan S1;
5. Guru dan orang-orang yang telah memberikan saya ilmu selama masa pendidikan saya;
6. Teman-teman Magnified yang telah memberikan masukan dan dukungan;
7. Seluruh mahasiswa Teknik Mesin khususnya Saudara seperjuangan saya M21 yang telah memberikan semangat dan solidaritasnya;
8. Program studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Jember;
9. Semua orang yang telah menemani dan memberikan suka duka dalam perjalanan hidup saya.

MOTTO

“ Seorang laki-laki terkadang harus turun dalam pertarungan, meskipun dia tahu dia akan kalah pada akhirnya”

(Yasuda Yasuo)

“ Kau tidak akan menjadi seorang pria jika membuat ibumu menangis “

(Hilman Farodis)

“ Meskipun aku diam tenang bagai ikan, tapi aku gelisah pula bagai ombak dalam lautan”

(Jalaludin Rumi)

PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : M Hilman Nur Farodis

NIM : 191910101085

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “pengaruh nanofluida ZrO_2 dengan ekstrak jeruk nipis dan 33% *ethylene glycol* melalui metode pencampuran *magnetic stirer* terhadap laju korosi baja tp 280” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahaan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan yang saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 2023

Yang menyatakan

(materai Rp 10.000)

M Hilman Nur Farodis

191910101085

HALAMAN PERSETUJUAN

Skripsi berjudul “*pengaruh nanofluida ZrO_2 dengan ekstrak jeruk nipis dan 33% ethylene glycol melalui metode pencampuran magnetic stirer terhadap laju korosi baja tp 280*” telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Teknik Universitas Jember pada:

Hari :
Tanggal : Juli 2023
Tempat : Fakultas Teknik, Universitas Jember

Pembimbing Tanda Tangan

1. Pembimbing Utama

Nama : Dr. Ir. Salahuddin Junus S.T.,M.T.,IPM (.....)

NIP : 197510062002121002

2. Pembimbing Anggota

Nama : Dr. Ir Andi Sanata S.T.,M.T (.....)

NIP : 197505022001121001

Penguji

Tanda Tangan

1. Penguji Utama

Nama : Rahma Rei Sakura S.T.,M.T (.....)

NIP : 199102282022032003

2. Penguji Anggota 1

Nama : Dr. Yuni Hermawan S.T.,M.T (.....)

NIP : 197506152002121008

ABSTRAK

Pengembangan nanofluida untuk cairan pendingin banyak sekali dikembangkan. Hal ini dilakukan untuk mencari bahan alternatif pengganti untuk cairan pendingin. Adapun bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu nanofluida ZrO_2 dimana bahan ini memiliki keuntungan dari penggunaan nanofluida ini yaitu memiliki stabilitas yang lebih baik dibandingkan dengan cairan yang memiliki ukuran partikel mili atau mikro. Nanofluida pada penelitian ini menggunakan ekstrak jeruk nipis sebagai pengkelatnya. Untuk metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode eksperimen secara langsung dengan menggunakan ASTM G31-72 yaitu dengan perendaman menggunakan larutan yang akan digunakan. Bahan spesimen yang digunakan dalam penelitian ini yaitu baja TP 280, dimana merupakan jenis baja karbon rendah. Dalam pengujian yang dilakukan terdapat 3 variasi larutan, ada nanofluida ZrO_2 , air, dan 33% *Ethylene Glycol* sebagai media perendaman. Pada penelitian ini menggunakan 3 pengujian yang dilakukan yaitu tingkat keasaman, laju korosi dan pengujian metalografi. Untuk pengujian laju korosinya didapati hasil sebagai berikut air 0,2975 mmpy; nanofluida ZrO_2 0,1478 mmpy; 33% *Ethylene Glycol* 0,0739 mmpy. Dari hasil pengujian laju korosi ini dapat disimpulkan untuk nanofluida ZrO_2 berada pada posisi kedua terbaik dari 3 variasi larutan yang digunakan. Didapati hasil pengujian tingkat keasaman (pH) dari 3 variasi sebagai berikut, air 6,76; nanofluida ZrO_2 7,12; 33% *Ethylene Glycol* 7,52. Dari hasil pengukuran nilai pH nanofluida ZrO_2 memiliki sifat basa dan berada di posisi kedua terbaik. Pada pengamatan uji makro dan mikro didapati hasil berupa korosi sumuran. Pada baja TP280 dengan hasil rendaman air memiliki hasil korosi yang lebih banyak dibandingkan dengan nanofluida ZrO_2 dan larutan 33% *Ethylene Glycol*.

Kata kunci: Nanofluida ZrO_2 , Radiator Coolant, mobil listrik.

ABSTRACT

The development of nanofluids for coolants has been extensively developed. This is done to find alternative materials to replace the coolant. The material used in this study is the ZrO₂ nanofluid where this material has the advantage of using this nanofluid, which has better stability compared to liquids that have milli or micro particle sizes. Nanofluid in this study used lime extract as a chelating agent. For the method used in this study, namely the experimental method directly using ASTM G31-72, namely by immersion using the solution to be used. The specimen material used in this study was TP 280 steel, which is a type of low carbon steel. In the tests carried out there were 3 variations of the solution, there were ZrO₂ nanofluids, water, and 33% Ethylene Glycol as the immersion medium. In this study, 3 tests were carried out, namely the level of acidity, corrosion rate and metallographic testing. For testing the corrosion rate, the following results were obtained: water 0.2975 mmpy; nanofluid ZrO₂ 0.1478 mmpy; 33% Ethylene Glycol 0.0739 mmpy. From the results of this corrosion rate test it can be saved for the ZrO₂ nanofluid in the second best position of the 3 variations of the solution used. The results of testing the acidity level (pH) of the 3 variations were as follows, water 6.76; nanofluid ZrO₂ 7.12; 33% Ethylene Glycol 7.52. From the results of measurements of the pH value of ZrO₂ nanofluid has alkaline properties and is in the second best position. In the observation of macro and micro tests, the results were obtained in the form of healthy corrosion. The TP280 steel with water immersion has more corrosion than the ZrO₂ nanofluid and 33% Ethylene Glycol solution.

Keywords: ZrO₂ nanofluid, radiator coolant, electric car.

RINGKASAN

Pengaruh Nanofluida ZrO_2 Dengan Ekstrak Jeruk Nipis dan 33% *Ethylene Glycol* Melalui Metode Pencampuran *Magnetic Stirrer* Terhadap Laju Korosi Baja TP 280; M Hilman Nur Farodis; 191910101085; 55 halaman; Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Skripsi ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh nanofluida terhadap cairan pendingin baterai mobil listrik. Dalam skripsi ini dilakukan penelitian nanofluida berbahan dasar serbuk nano ZrO_2 sebagai alternatif cairan pendingin radiator. Penelitian ini juga menjelaskan kelebihan dan kekurangan penggunaan nanofluida pada cairan pendingin. Penelitian ini menggunakan metode ASTM G 31-72 dengan melakukan perendaman pada spesimen yang digunakan. Spesimen yang digunakan dalam penelitian ini yaitu baja TP 280 yang merupakan jenis baja karbon rendah. Hasil dari penelitian ini menunjukkan laju korosi, tingkat keasaman dan hasil metalografi dari nanofluida yang digunakan. Untuk analisis laju korosi pada nanofluida ini menggunakan rumus perhitungan laju korosi dengan satuan milimeter pertahun. Dari hasil tersebut dapat diketahui nilai laju korosinya, sehingga dapat disimpulkan nanofluida ini dapat digunakan sebagai alternatif cairan pendingin atau tidak dapat digunakan sebagai cairan pendingin.

PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT, atas segala rahmat dan karuni-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “pengaruh nanofluida ZrO_2 dengan ekstrak jeruk nipis dan 33% *ethylene glycol* melalui metode pencampuran *magnetic stirrer* terhadap laju korosi baja tp 280”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penyelesaian penelitian ini dan penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan banyak terimakasih kepada:

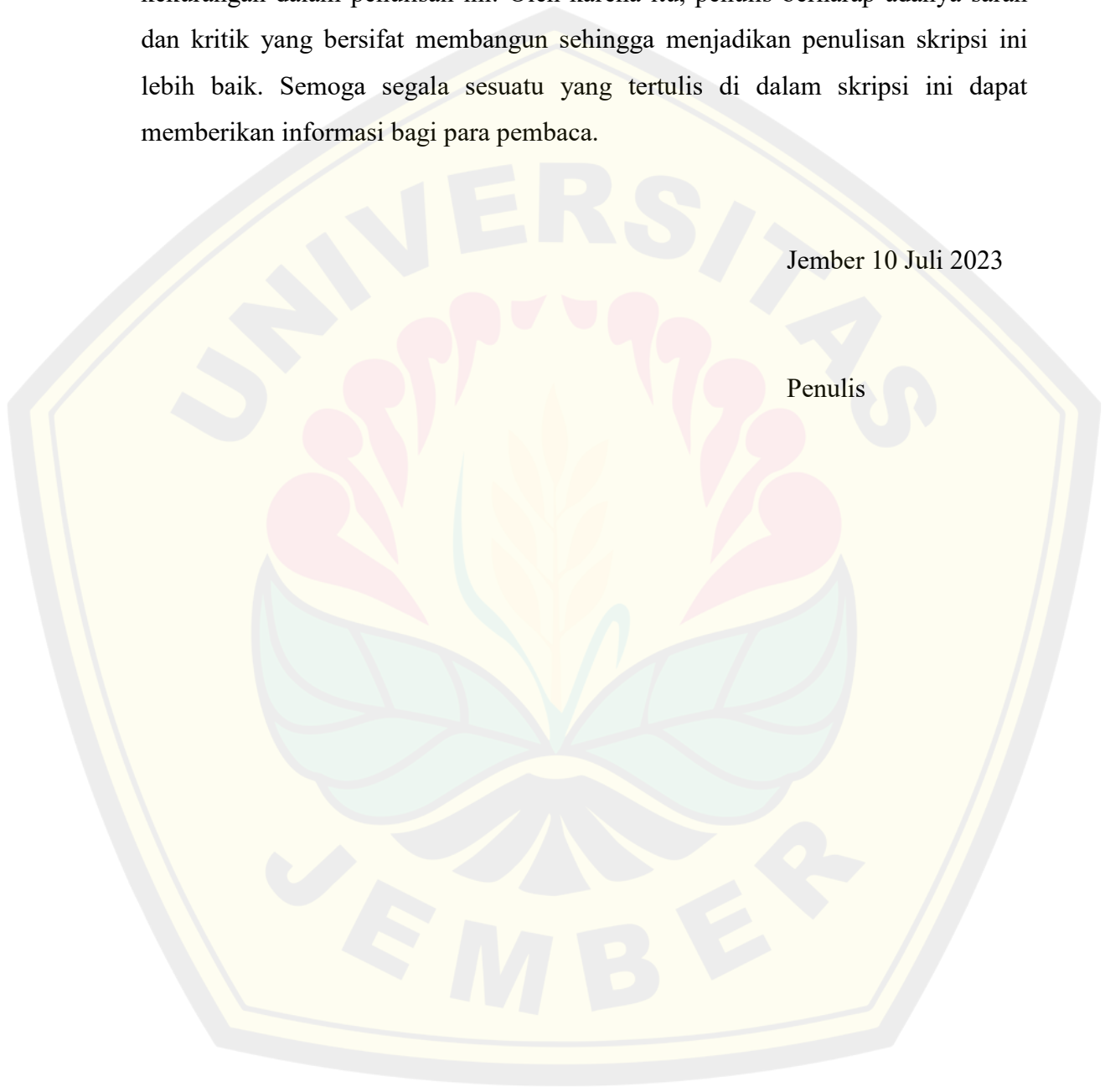
1. Bapak Dr. Ir Triwahju, S.T.,M.T selaku dekan Fakultas Teknik Universitas Jember;
2. Bapak Hari Arbiantara, S.T.,M.T, selaku kepala jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Jember;
3. Dosen Pembimbing Utama Bapak Dr. Ir Salahuddin Junus, S.T.,M.T.,IPM dan Dosen Pembimbing Anggota Dr. Ir Andi Sanata, S.T.,M.T yang telah memberikan bimbingan, ilmu, saran dan masukan dalam penelitian serta penulisan skripsi;
4. Ibu Rahma Rei Sakura, S.T.,M.T selaku Dosen Penguji 1 dan Bapak Dr. Yuni Hermawan, S.T.,M.T selaku dosen penguji 2 yang telah memberikan arahan, saran, kritik, dan masukan dalam penelitian serta penulisan skripsi;
5. Seluruh dosen Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Jember yang telah memberikan ilmu selama saya menempuh pendidikan sarjana;
6. Bapak Nuryadi dan Ibu Halima kemudian kakak saya M.Shohibul Izar beserta keluarga besar Moh Sapik yang telah mendukung dan medoakan saya selama menempuh pendidikan S1 Teknik Mesin;
7. Teman-teman Magnified yang telah memberikan masukan dan dukungan;
8. Seluruh mahasiswa Teknik Mesin khususnya Saudara seperjuangan saya M21 yang telah memberikan semangat dan solidaritasnya;

9. Semua pihak yang tidak saya sebutkan satu persatu yang memberikan bantuan dan dorongan selama penulisan skripsi ini.

Penulis telah berusaha menyelesaikan tanggung jawabnya dalam penulisan skripsi ini dengan sebaik-baiknya. Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penulisan ini. Oleh karena itu, penulis berharap adanya saran dan kritik yang bersifat membangun sehingga menjadikan penulisan skripsi ini lebih baik. Semoga segala sesuatu yang tertulis di dalam skripsi ini dapat memberikan informasi bagi para pembaca.

Jember 10 Juli 2023

Penulis



DAFTAR ISI

PERSEMBAHAN	ii
MOTTO	iii
PERNYATAAN ORISINALITAS	iv
HALAMAN PERSETUJUAN	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
RINGKASAN	viii
PRAKATA	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan dan Manfaat	3
1.4.1 Tujuan.....	3
1.4.2 Manfaat.....	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Mobil Listrik	5
2.2 Sistem Pendingin Baterai	6
2.3 Pengaruh Korosi Terhadap Sistem Pendingin Baterai	8
2.4 Nanomaterial	9
2.4.1 Nano Zirkonium (ZrO ₂).....	10
2.4.2 Aplikasi Nano Zirkonium Dioksida (ZrO ₂).....	11

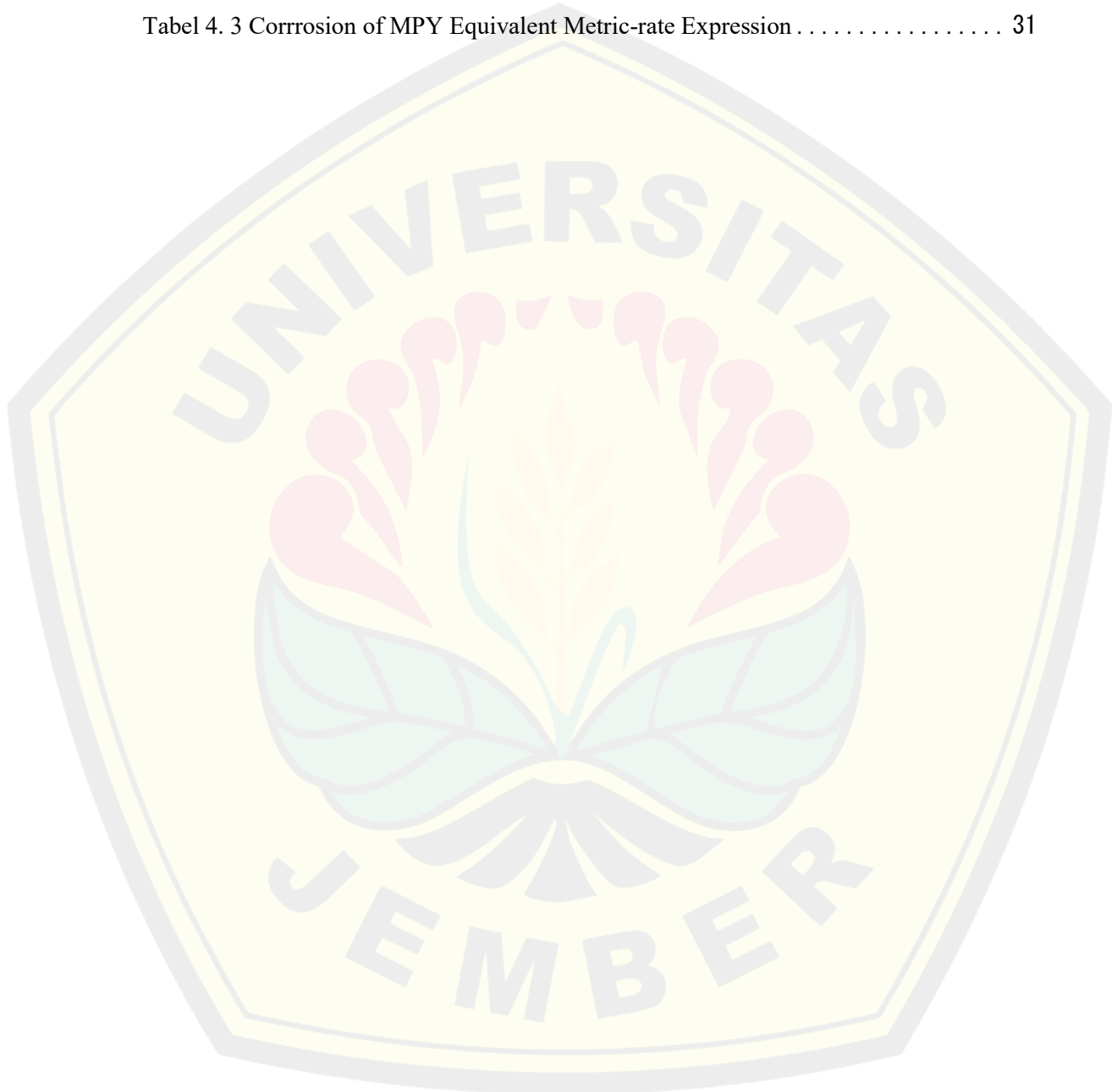
2.5 Ekstraksi Zirkonium.....	12
2.6 Karakterisasi Material.....	14
2.6.1 Pengujian PH.....	14
2.6.2 Pengujian Korosi.....	17
2.6.3 Pengujian Metalografi.....	18
2.7 Penelitian sebelumnya.....	19
2.8 Hipotesis.....	20
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....	21
3.1 Metode Penelitian.....	21
3.2 Tempat dan Waktu penelitian.....	21
3.3 Alat dan Bahan.....	21
3.3.1 Alat.....	21
3.3.2 Bahan.....	22
3.4 Variabel Penelitian.....	22
3.4.1 Variabel Bebas.....	22
3.4.2 Variabel Terikat.....	22
3.4.3 Variabel Kontrol.....	23
3.5 Skema Pengujian.....	23
3.6 Pelaksanaan Penelitian.....	23
3.7 Karakterisasi Sampel.....	24
3.7.1 Pengujian Tingkat Keasaman.....	24
3.7.2 Pengujian Laju Korosi.....	24
3.7.3 Pengujian Metalografi.....	25
3.8 Diagram Alir.....	26
BAB 4 PEMBAHASAN.....	27
4.1 Pengujian Tingkat Keasaman.....	27
4.2 Pengujian Laju Korosi.....	29
4.3 Pengujian Metalografi.....	32
4.3.1 Air.....	32
4.3.2 Larutan Nanofluida ZrO ₂ dengan ekstrak jeruk nipis.....	33
4.3.3 Larutan 33% <i>Ethylene Glycol</i>	33
BAB 5 PENUTUP.....	35

5.1 Kesimpulan	35
5.2 Saran.....	35
DAFTAR PUSTAKA	36
LAMPIRAN-LAMPIRAN	39



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Sifat-sifat zirkonium	10
Tabel 4. 1 Nilai pH larutan	28
Tabel 4. 2 Hasil pengujian Laju Korosi	29
Tabel 4. 3 Corrosion of MPY Equivalent Metric-rate Expression	31



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Baja TP 280.	9
Gambar 2. 2 Perbandingan ukuran Nanomaterial (Elsevier, 2018)	9
Gambar 2. 3 Gambar Proses Pelindian (Setyadji,2015).	13
Gambar 2. 4 Elektroda Kaca (Desmira dkk, 2018)	15
Gambar 2. 5 Elektroda Referensi (Desmira dkk, 2018).	15
Gambar 2. 6 Thermometer (Desmira dkk, 2018).	16
Gambar 2. 7 Amplifier (Desmira dkk, 2018).	16
Gambar 2. 8 Gambar Uji Metalografi (Khan dkk, 2020).	19
Gambar 3. 1 Skema Pengujian.	23
Gambar 3. 2 Diagram Alir	26
Gambar 4. 1 Baja TP 280 Sebelum direndam.	27
Gambar 4. 2 Baja TP 280 Setelah direndam	27
Gambar 4. 3 Hasil Pengujian pH	28
Gambar 4. 4 Grafik konsentrasi larutan dan nilai pH (Wang Y dkk ,2015)	29
Gambar 4. 5 Grafik Hasil Laju Korosi.	30
Gambar 4. 6 Data Hasil Pengujian (Prajitno dan Syarif, 2014).	31
Gambar 4. 7 Hasil Perbesaran Berbeda (a) 500x ; (b) 1000x	32
Gambar 4. 8 Hasil perbesaran yang berbeda (a) 500x ; (b) 1000x	33
Gambar 4. 9 Hasil perbesaran yang berbeda (a) 500x ; (b) 1000x	34
Gambar 4. 10 Hasil Metalografi 100x (Prajitno dan Syarif. 2014)	34

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada era sekarang banyak dikembangkan teknologi di bidang otomotif khususnya kendaraan roda empat kendaraan listrik mulai banyak diproduksi dengan alasan pencemaran udara dari hasil pembakaran kendaraan konvensional, selain itu Pemerintah juga terlibat dalam pengembangan ini. Sebagai tindakan responsif, beberapa pemerintahan telah menerapkan langkah-langkah untuk membantu difusi kendaraan listrik di pasar. Seperti insentif pajak atau bahkan larangan penjualan kendaraan berbahan bakar bensin atau mobil konvensional baru. misalnya, Inggris telah menetapkan larangan baru ini dari tahun 2030-2040 (B Johnson, 2020). Sistem pendingin pada kendaraan juga perlu ditingkatkan salah satunya pada masalah kebocoran akibat dari korosi. Korosi erat kaitannya dengan cairan dan temperatur, tentu saja pada kendaraan juga membutuhkan temperatur kerja dalam penggunaannya. Banyak produsen cairan pendingin mengembangkan produknya dengan melakukan penambahan nanoteknologi pada produk cairan pendinginnya. hal ini dirasa nanoteknologi mampu menstabilkan panas dan mencegah timbulnya kerak dan karat pada sistem pendingin.

Korosi merupakan suatu masalah yang banyak terjadi pada sistem pendingin kendaraan. Korosi menghasilkan produk berupa karat yang dapat menyumbat saluran sistem pendingin yang ada pada kendaraan. Karena hal tersebut dikembangkan inovasi berupa nanoteknologi. Nanoteknologi merupakan salah satu alternatif dari cairan pendingin salah satunya untuk baterai mobil listrik Nanoteknologi yang sekarang dikembangkan itu memiliki ukuran nanometer berorde (1-100 nm) yang dapat diistilahkan dengan nama nanomaterial. Fluida dengan campuran bahan nanopartikel disebut juga dengan nanofluida. Nanofluida merupakan sebuah produk dari penerapan nanoteknologi yang merupakan campuran nanopartikel dengan fluida dasar seperti air yang membentuk *suspense* stabil (Syarif, G.D dkk . 2015). Keuntungan dari penggunaan nanofluida yaitu

memiliki stabilitas yang lebih baik dibandingkan dengan cairan yang memiliki ukuran partikel mikro atau mili.

Penelitian lain juga menyebutkan bahwa konduktivitas termal nanofluida meningkat seiring dengan penambahan konsentrasi nanopartikel dalam nanofluida tersebut (Akbar Sulthoni, 2013). Pada penelitian sebelumnya juga didapatkan bahwa ZrO_2 -air memiliki sifat anti korosif serta memiliki titik didih yang tinggi (Putri K.A dkk, 2016). Penelitian dengan menggunakan ZrO_2 dengan ekstrak jeruk nipis sebagai pengkelatnya merupakan variasi dari jenis ekstrak yang digunakan. Selain menggunakan ekstrak jeruk nipis, adapula penelitian yang menggunakan ekstrak belimbing wuluh. Penggunaan nanofluida ZrO_2 -air sebagai pendingin reaktor diharapkan akan meningkatkan kinerja radiator saat nanofluida tersebut digunakan sebagai fluida pada cairan pendingin pada mobil listrik dan juga meminimalisir laju korosi pada sistem pendingin kendaraan.

Penelitian yang akan dilakukan penulis mengenai pengaruh dari nanofluida ZrO_2 dengan ekstrak jeruk nipis terhadap besi TP 280 sebagai spesimennya. Pada penelitian ini variabel bebas yang digunakan merupakan nanofluida ZrO_2 dengan ekstrak jeruk nipis dan 33% *Ethylene Glycol-Diethylene Glycol*. Variabel terikatnya adalah pengujian laju korosi dengan metode *weight loss*, pengujian pH cairan dan pengujian metalografi. Variabel kontrolnya yaitu waktu perendaman selama 5 hari dengan penyalaan pemanas 2 jam per hari dan suhu yang digunakan adalah $50^{\circ}C$. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai pH dan laju korosi dari nanofluida ZrO_2 sehingga diharapkan dapat menjadi alternatif cairan pendingin dengan bahan pengkelat baru yang dapat memberikan daya serap panas yang lebih besar dan meminimalisir laju korosi pada sistem pendingin

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijabarkan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut.

1. Bagaimana pengaruh nanofluida ZrO_2 dengan ekstrak jeruk nipis dan 33% *Ethylene Glycol-Diethylene Glycol* terhadap laju korosi?
2. Bagaimana pengaruh nanofluida ZrO_2 dengan ekstrak jeruk nipis dan 33% *Ethylene Glycol-Diethylene Glycol* terhadap tingkat keasaman?
3. Bagaimana pengaruh nanofluida ZrO_2 dengan ekstrak jeruk nipis dan 33% *Ethylene Glycol-Diethylene Glycol* terhadap struktur makro dan mikro permukaan baja TP 280?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini sangat diperlukan untuk menghindari pembahasan yang menyimpang. Dalam penelitian ini batas pembahasannya difokuskan sebagai berikut.

1. Material uji yang digunakan adalah baja TP 280 berdiameter 10 mm.
2. Buah yang digunakan adalah daging dari jeruk nipis.
3. Pengamatan yang dilakukan hanya pada struktur makro dan mikro pada baja TP 280.
4. Waktu pengamatan yang digunakan selama 5 hari.
5. Waktu penyalan pemanas 2 jam setiap harinya dengan suhu $50^{\circ}C$.
6. Serbuk nano yang digunakan adalah ZrO_2 dengan variasi pemanasan $700^{\circ}C$ selama 1 jam.
7. Tidak membahas mengenai reaksi kimia larutan.

1.4 Tujuan dan Manfaat

1.4.1 Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut

- a. Mengetahui pengaruh nanofluida ZrO_2 dengan ekstrak jeruk nipis dan 33% *Ethylene Glycol-Diethylene Glycol* terhadap laju korosi

- b. Mengetahui pengaruh nanofluida ZrO_2 dengan ekstrak jeruk nipis dan 33% *Ethylene Glycol-Diethylene Glycol* terhadap tingkat keasaman
- c. Mengetahui pengaruh nanofluida ZrO_2 dengan ekstrak jeruk nipis dan 33% *Ethylene Glycol-Diethylene Glycol* terhadap struktur makro dan mikro permukaan baja TP 280

1.4.2 Manfaat

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut

- a. Memberikan informasi mengenai laju korosi dari nanofluida ZrO_2 dengan ekstrak jeruk nipis dan 33% *Ethylene Glycol-Diethylene Glycol*
- b. Memberikan pengetahuan tentang tingkat keasaman dari nanofluida ZrO_2 dengan ekstrak jeruk nipis dan 33% *Ethylene Glycol-Diethylene Glycol*
- c. Memberikan informasi mengenai gambar struktur makro dan mikro dari permukaan baja TP 280 akibat penambahan nanofluida ZrO_2 dengan ekstrak jeruk nipis dan 33% *Ethylene Glycol-Diethylene Glycol*
- d. Sebagai alternatif lain untuk fluida pendingin mesin konvensional dan motor listrik

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Mobil Listrik

Perkembangan teknologi dibidang otomotif dikenal memiliki perkembangan yang begitu pesat, seperti pada alat transportasi darat yang banyak digunakan oleh masyarakat, Seperti mobil listrik yang ada pada era sekarang. Awal mula mobil listrik ini berkembang yaitu sejak lebih dari seratus tahun yang lalu sekitar tahun 1900-an. Dimana pada tahun itu kendaraan listrik merupakan kendaraan yang memiliki jumlah paling banyak dibandingkan dengan kendaraan berbahan bakar minyak dan uap. Hal ini disebabkan karena kendaraan listrik memiliki beberapa kelebihan disaat itu, dimana kendaraan listrik tidak bergetar, tidak mengeluarkan asap dan tidak mengeluarkan suara yang bising. Yang mana hal-hal tersebut ada pada kendaraan bertenaga uap dan minyak pada zaman itu. Terlepas dari itu ada beberapa faktor juga yang mempengaruhi banyaknya mobil listrik pada zaman itu, salah satunya karena pembangunan jalan raya hanya ada di perkotaan saja sehingga memiliki jarak tempuh yang relatif pendek dan sangat cocok dengan karakter mobil listrik yang kala itu memiliki jarak tempuh yang relatif pendek juga, ini merupakan periode awal kemunculan kendaraan listrik di AS sekitar tahun 1912.

Pada era sekarang tentunya mobil listrik kembali diminati dikarenakan suplai daya listrik untuk rumah dan kebutuhan sehari-hari juga sudah mulai mencukupi dan juga bahan bakar minyak semakin berkurang dikarenakan semakin banyak produksi kendaraan berbahan bakar minyak yang digunakan sebagai alat transportasi. Mobil listrik dibagi menjadi beberapa macam yaitu :

1. *Electric Vehicle* adalah semua jenis kendaraan berpenumpang yang digerakkan oleh motor listrik baik seluruhnya maupun sebagian, misalnya dalam sistem dengan kombinasi motor bakar
2. *Battery Electric Vehicle* adalah kendaraan listrik yang menggunakan baterai sebagai penyimpan energi listrik yang nantinya dikonversi menjadi

energi mekanik oleh motor listrik. Energi listrik dalam baterai ini diperoleh melalui proses pengisian dari sumber listrik eksternal.

3. *Hybrid Electric Vehicle* adalah kendaraan yang menggunakan dua sistem penggerak yaitu motor listrik dan motor bakar. Dimana motor bakar masih menjadi penggerak utama dalam sistem ini
4. *Plug-in Hybrid Electric Vehicle* adalah kendaraan listrik hibrida yang pengisian baterainya dapat dilakukan dengan mencolokkan pada sumber energi listrik luar. (Kumara, S. N., dan Sukerayasa, W, I. 2009.).

2.2 Sistem Pendingin Baterai

Sistem pendingin pada suatu kendaraan merupakan suatu sistem penting dimana sistem ini berfungsi untuk menjaga mesin atau motor dalam suhu kerja. Apabila suhu dari suatu mesin atau motor melebihi suhu kerja maka akan terjadi *overheat* dan mengakibatkan mesin atau motor tidak dapat bekerja secara optimal. Sistem pendingin mesin adalah jenis sistem pendingin tertutup menggunakan media air yang berfungsi untuk mencegah panas berlebih dengan cara mempertahankan suhu kerja mesin (Lestari dan Harini, 2017). Sistem pendingin pada baterai sebenarnya pengembangan dari sistem pendingin yang ada pada mesin konvensional berbahan bakar fosil. Sistem pendingin sendiri menggunakan air sebagai medianya dengan penambahan zat anti beku dan anti korosi sehingga membentuk yang namanya *water coolant*. Sistem pendingin air adalah sistem yang memompa air sekeliling motor dan mendinginkan air itu dalam sebuah radiator terpisah dengan menggunakan kipas (Anwir B.S, 1980). *Ethylene glycol* merupakan sebuah larutan yang digunakan sebagai cairan pendingin radiator untuk mobil konvensional. Cara penggunaan *ethylene glycol* pada radiator mobil dicampurkan dengan air dengan perbandingan yang variatif, didapati nilai pH dari campuran 100ppm Cl^- *ethylene glycol* dan air sebesar 6,47 (Zhang, G. A., dkk, 2008). Penggunaan cairan pendingin sendiri dicampur dengan *ethylene glycol* yang bertujuan untuk meningkatkan titik didih air dan menurunkan titik beku air. Etilen glikol seperti halnya air dapat membentuk ikatan hydrogen , maka etilen glikol dapat bercampur dengan air pada segala perbandingan, campuran etilen

glikol dalam air banyak digunakan sebagai cairan anti beku pada kendaraan bermotor yang digunakan didaerah beriklim dingin atau panas (Purwadi, 2009).

Pemahaman terhadap cairan pendingin ini sangat penting untuk pengendara. Apabila penggunaan cairan pendingin hanya menggunakan air biasa atau air sumur maka bisa mengakibatkan karat pada komponen-komponen sistem pendingin. Jika sudah timbul karat maka sistem pendingin tidak dapat bekerja secara optimal dikarenakan karat itu tadi menghambat saluran sistem pendingin sehingga cairan pendingin tidak dapat menyuplai ke setiap bagian dari sistem pendingin. Dalam sistem pendingin ini terdapat beberapa komponen yaitu :

1. Radiator

Radiator merupakan alat penukar panas yang digunakan untuk memindahkan energi panas dari satu medium ke medium lainnya yang digunakan pada sistem pendingin mesin. Radiator berfungsi untuk mendinginkan air yang menjadi panas setelah beredar dalam mantel air pendinginan mesin (Surjadi, 2016)

2. Kipas

Kipas merupakan alat yang digunakan untuk mendinginkan radiator dengan prinsip kerja menyedot udara dari depan radiator agar melewati radiator, sehingga suhu cairan pendingin yang ada pada radiator dapat turun.

3. *Water Pump*

Water pump merupakan alat untuk memompa cairan pendingin dari radiator menuju mesin agar bersirkulasi dengan baik.

4. Thermostat

Thermostat merupakan alat dari sistem pendingin yang berfungsi untuk mengetahui dan mempertahankan temperatur dari cairan pendingin dalam batas yang diinginkan.

2.3 Pengaruh Korosi Terhadap Sistem Pendingin Baterai

Korosi adalah degradasi / deteorisasi / perusakan material yang disebabkan oleh pengaruh lingkungan dan sekitarnya (Utomo, 2009). Korosi sendiri merupakan fenomena yang tidak dapat kita hindari, namun dapat kita antisipasi atau memperlambat prosesnya saja. Radiator berpotensi mengalami korosi akibat kontak antara pipa-pipa radiator dengan cairan pendingin yang bersirkulasi didalam radiator. Korosi pada radiator atau sistem pendingin dapat menyebabkan *overheating*. Oleh karena itu cairan pendingin yang digunakan harus memiliki sifat memperlambat terjadinya korosi agar jangka waktu pemakaian dari sistem pendingin beserta komponen lainnya dapat lebih lama. Dampak yang dihasilkan oleh korosi sendiri terhadap sistem pendingin pada baterai mobil listrik yaitu :

1. Menimbulkan karat pada saluran pipa
2. Menyumbat aliran sistem pendingin
3. Biaya yang dikeluarkan dalam perawatan sistem pendingin jadi lebih banyak
4. Sistem pendingin yang tidak bekerja optimal mengakibatkan penggunaan baterai lebih cepat rusak karena panas yang berlebih.

Salah satu faktor yang mempengaruhi korosi pada sistem pendingin yaitu cairan pendingin itu sendiri. Selain itu pH dari cairan pendingin juga mempengaruhi tingkat korosi suatu material, semakin rendah pH maka tingkat keasaman dari cairan akan semakin tinggi, begitu juga tingkat korosinya berbanding lurus dengan tingkat keasamannya.

2.4 Baja TP 280

Baja TP 280 merupakan jenis baja karbon rendah yang memiliki kadar karbon 0,3% baja ini digunakan untuk konstruksi rangka bangunan. Baja TP 280 memiliki arti baja tulangan polos dengan titik luluh sebesar 280Mpa. Baja tulangan polos merupakan baja tulangan beton polos berpenampang bundar dengan permukaan rata tidak bersirip (Badan Standarisasi Nasional Indonesia, 2014). Baja tulangan polos ini terbuat dari *billet* baja tuang kontinyu dengan komposisi karbon (C), silikon (Si), mangan (Mn), fosfor (P), belerang (S), dan karbon ekuivalen (C_{eq}). Pada baja yang digunakan pada penelitian ini berdiameter

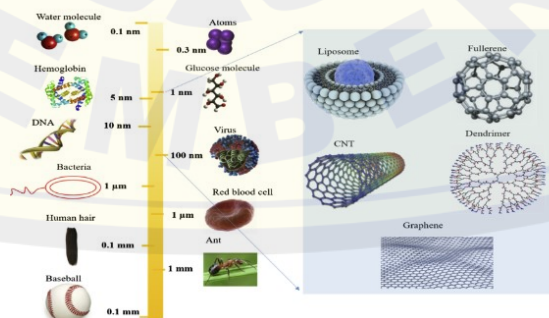
10mm. Berikut gambar baja TP 280 yang digunakan pada penelitian ini ditampilkan pada gambar 2.1 dibawah ini.



Gambar 2. 1 Baja TP 280

2.4 Nanomaterial

Perkembangan dan penelitian tentang nanomaterial tentunya tidak lepas dari kegiatan karakterisasi dan pengukuran. Dengan dilakukannya karakterisasi pada material yang diteliti maka nantinya akan menghasilkan ukuran dari material yang diteliti, berupa ukuran nanometer. Bahan nano sendiri terdiri dari partikel nano yang berukuran 10 nm dalam satu dimensi. Dapat dilihat perbandingan ukuran nano terhadap ukuran benda di lingkungan dapat dilihat pada gambar 2.2 dibawah. Istilah nanoteknologi berhubungan dengan bahan berukuran kecil ketika ukurannya turun ke subnanometer atau beberapa ratus nanometer (G.A. Ozin. 2009). Karakterisasi material juga memberikan informasi tentang sifat-sifat fisis maupun kimiawi dari nanomaterial. Ukuran dari nanomaterial nantinya akan berpengaruh pada sifat-sifat dari nanomaterial itu sendiri, dan pastinya sifat-sifat ini akan berbeda dari material dengan ukuran yang normal dari material tersebut.



Gambar 2. 2 Perbandingan ukuran Nanomaterial (Elsevier, 2018)

Nanomaterial sedang mengalami perkembangan pesat karena penerapannya di bidang nanoelektronik, katalisis, *magnetic*, penyimpanan data, komponen struktural biomaterial dan biosensor (G.Cao,2004). Intinya penggunaan nanomaterial ini bisa diterapkan di bidang manapun sesuai dengan kebutuhan dan permintaan. Namun dengan adanya nanoteknologi ini bukan untuk menggantikan teknologi mikro yang sudah ada, tetapi untuk saling melengkapi dalam studi yang lebih dalam untuk kelanjutan dunia nanoteknologi.

2.4.1 Nano Zirkonium (ZrO_2)

Zirkonium merupakan unsur yang terdapat di alam dan memiliki sifat bahan yang tahan terhadap temperatur tinggi. Zirkonium ini tidak dalam bentuk bebas di alam melainkan terdapat dalam bentuk zirkonium silikat ($ZrSi_4$) dan juga ada zirkonium oksida langsung dari alam bernama *Baddeleyite*, ini merupakan zirkonium oksida langka yang berasal dari alam. Signifikansi dari ZrO_2 sangat luar biasa, bahan ini memiliki warna alami yang bagus, kualitas unggul, daya tahan perubahan dan kemantapan senyawa yang tinggi (Gole Jl *et al.*, 2006). ZrO_2 ini merupakan bahan yang semikonduktor dan itu menyebabkan bahan ini digunakan sebagai bahan penutup dari transistor. Adapun beberapa sifat dari zirkonium yaitu sebagai berikut.

Tabel 2. 1 Sifat-sifat zirkonium

Sifat-Sifat	Nilai
Volume Atom	14,1 cm^3/mol
Massa Atom Relatif	91,224
Titik Didih	4628 k
Massa Jenis	6,51 gr/cm^3
Konduktivitas Listrik	$2,3 \times 10^6 \Omega^{-1} cm^{-1}$
Elektronegatifitas	1,33
Formasi Entalpi	21 $kJ.mol$
Konduktivitas Panas	$22,7 Wm^{-1}k^{-1}$
Potensial Ionisasi	6,84 V
Titik Lebur	2128 K
Bilangan Oksidasi	4
Kapasitas Panas	$0,278 jg^{-1}K^{-1}$
Entalpi Penguapan	590,5 kJ/mol

(Sumber : Marlene C. Morris , 1981)

ZrO₂ dibagi menjadi 3 fase berbeda tergantung dari tahapan dan dapat berubah pada suhu yang berbeda-beda. Tahap monoklinik atau m-ZrO₂ stabil secara termodinamika hingga pada temperatur 1100°C, t- ZrO₂ merupakan tahap wujud dalam lingkup suhu yang lebih tinggi pada temperatur 1100-2370°C dan tahap kubik terbentuk pada temperatur lebih dari 2370°C (Petrova N *et al.*,2006).

2.4.2 Aplikasi Nano Zirkonium Dioksida (ZrO₂)

Nano ZrO₂ dapat diaplikasikan dalam berbagai kebutuhan, berikut ini merupakan pengaplikasian dari nano ZrO₂.

a. Medis

Salah satu pengaplikasian nano ZrO₂ dibidang biomedis dimana digunakan sebagai bahan pengganti yang menyerupai barang aslinya baik dari segi kekuatannya. Dalam bidang kedokteran gigi, ZrO₂ merupakan filler kimia berupa nanopartikel yang digunakan sebagai bahan penguat basis gigi tiruan RAPP. ZrO₂ ini digunakan sebagai bahan penguat karena memiliki kelebihan yaitu biokompatibel, tidak bersifat toksik, estetika yang baik, radiopasitas yang baik, resistensi terhadap fraktur yang tinggi dan penyebaran partikel yang lebih baik. ZrO₂ dapat menahan tekanan sekitar 2000 Mpa, ZrO₂ juga dapat digunakan sebagai material implan pasak, *crow*n dan *bracket*. (Ihab NS. dkk,2011) menyatakan bahwa penambahan ZrO₂ pada bahan basis gigi tiruan RAPP dengan konsentrasi 2%, 3%, 5% dan 7% pada konsentrasi 2% dan 3% terjadi peningkatan kekuatan impak dan transversal yang tidak signifikan, konsentrasi 5% meningkatkan kekuatan impak dan transversal yang signifikan dan terjadi penurunan kekuatan impak dan transversal pada penambahan ZrO₂ dengan konsentrasi 7%.

b. Nanofluida

Nanofluida merupakan produk fluida dengan bahan metalik atau non metalik nanopartikel atau nanofiber dengan ukuran kurang dari 100 nm dalam cairan (Ghadimi dkk., 2011). Pemilihan nanas sebagai dalam penelitian ini karena kandungan asam sitrat pada nanas mencapai 78% dari total asam (Irfandi, 2005). Zirkonium merupakan unsur yang ada dialam yang memiliki sifat bahan

yang tahan terhadap suhu tinggi. Di Indonesia zirkonium tersedia melimpah, sehingga ini bisa dikelola menjadi suatu produk. Penelitian lain juga menyebutkan bahwa konduktivitas termal nanofluida meningkat seiring dengan penambahan konsentrasi nanopartikel dalam nanofluida tersebut (Abdul Fatah Yusuf,dkk 2006).

2.5 Ekstraksi Zirkonium

Pembuatan zirkonium oksida dari pasir zirkon melibatkan proses dekomposisi pasir zirkon dengan metode meleburkan pasir zirkon dengan NaOH, hidrolisis dengan aquades, reaksi dengan HCL dan pengendapan dengan NH₄OH (Sudjoko dan Purwani, 2005). Proses ekstraksi zirkonium oksiklorida dari pasir zirkon yang digunakan adalah menggunakan metode fusi kaustik. Fusi kaustik sendiri merupakan proses pengolahan yang bertujuan untuk menguraikan mineral zirkon melalui pembentukan senyawa. Larutan zirkonium oksiklorida ini sering digunakan sebagai larutan awal untuk menghasilkan produk zirkonia (ZrO₂). Proses fusi kaustik sendiri dibedakan menjadi dua jalur, pertama dengan menggunakan natrium hidroksida (NaOH), lalu kedua menggunakan natrium karbonat (Na₂CO₃). Terdapat kekurangan dan kelebihan di tiap proses fusi kaustik dengan dua jalur berbeda ini, untuk jalur yang pertama memerlukan biaya bahan baku yang tinggi namun memerlukan suhu fusi yang rendah dan dapat dihasilkan produk zirkonia yang penggunaan di bidang industri cukup prospek. Untuk jalur kedua memerlukan biaya yang rendah untuk baku dan dapat memberikan penghematan hingga 75% akan tetapi memerlukan suhu fusi yang tinggi dan menghasilkan produk zirkonia komersial atau grade keramik (Anita Kusuma, 2016).

Kunci utama dalam melakukan proses fusi kaustik ini yaitu ada pada proses kalsinasi. Proses kalsinasi akan menghasilkan natrium silikat dan natrium zirkonat, hasil dekstruksi dilarutkan dengan aquades yang bertujuan untuk memisahkan antara natrium silikat dan natrium zirkonat. Adapun beberapa proses sintesis zirkon yaitu sebagai berikut.

1. Kalsinasi

kalsinasi adalah proses pemanasan bahan hingga suhu tinggi tanpa terjadinya peleburan, sehingga hidrat, karbonat atau komponen lainnya terurai dan bahan mudah menguap keluar. Fungsi kalsinasi pada metode fusi kaustik adalah mengikat silikat agar terpisah dari zirkonium. Faktor-faktor yang mempengaruhi kalsinasi antara lain, suhu, waktu, semakin lama waktu kalsinasi maka zat-zat pengotor akan terurai sempurna.

2. Pelindian

Pelindian (*leaching*) merupakan suatu cara pemisahan komponen dari campuran padatan (*solid*) menggunakan pelarut (*solvent*) tertentu sehingga sebagian zat padat akan larut dan sebagian lagi akan menjadi ampas (*inert*) (Setyadji, 2015). Fungsi pelindian adalah untuk memisahkan antara kedua zat tersebut sebelum dilakukan filtrasi. Untuk gambar proses pelindian ada pada gambar 2.3 dibawah ini.



Gambar 2. 3 Gambar Proses Pelindian (Setyadji,2015)

3. Filtrasi

Filtrasi merupakan proses pemisahan antara padatan dengan cairan dengan cara menyaring. Proses ini menggunakan kertas dengan tujuan agar hanya cairan saja yang dapat melewati saringan tersebut.

4. Kristalisasi

Merupakan pemisahan padat cair dimana terjadi transfer masa *solute* dari larutan ke padatan. Proses kristalisasi ini membutuhkan waktu yang lama sampai air yang terkandung menguap eluar sehingga volume larutan nantinya akan berkurang.

2.6 Karakterisasi Material

Karakterisasi material pada penelitian sangat diperlukan, dikarenakan dalam karakterisasi material dapat diketahui baik ukuran, kadar, bentuk secara mikro ataupun makro dari material yang diuji. Diketahui juga apakah material sudah sesuai dengan target yang kita ingin capai.

2.6.1 Pengujian pH

Derajat keasaman atau pH merupakan salah satu pengukuran yang paling banyak digunakan di laboratorium (Nuryatini, 2015). Pengukuran sederhana dari pH suatu larutan dapat dilakukan dengan menggunakan indikator pH, kertas lakmus atau pH meter. Kertas lakmus merupakan salah satu penentu larutan atau bahan yang diuji memiliki kadar asam atau basa tetapi kertas lakmus menjadi pengukuran kadar asam-basa yang paling tidak akurat. Kertas lakmus biru jika terkena larutan asam akan menjadi merah, sebaliknya kertas lakmus merah jika terkena larutan basa akan menjadi biru. Penentuan pH tentunya memiliki nilai dan skala. Untuk pH diukur dari skala 0-14, apabila pH larutan <7 larutan akan bersifat asam, jika pH larutan = 7 larutan akan bersifat netral dan yang terakhir bila pH >7 larutan akan bersifat basa (Ngafifuddin, 2017). Sistem pengukuran pH mempunyai tiga bagian yaitu elektroda pengukuran pH, elektroda referensi dan alat pengukur impedansi tinggi. Istilah pH berdasarkan dari “p”, lambang matematika dari negatif logaritma dan “H” lambang kimia dari unsur Hidrogen. Terdapat komponen-komponen dalam pH meter yaitu sebagai berikut.

1. Elektroda kaca

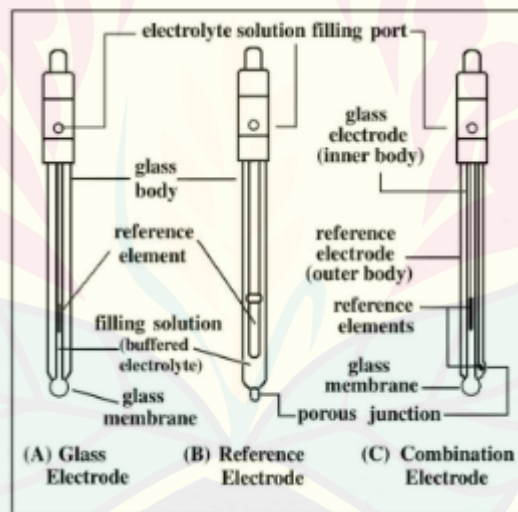
Elektroda kaca berfungsi sebagai salah satu kutub di antara dua elektroda pH meter yang tercelup ke dalam larutan. Pada ujung elektroda ini terdapat *bulb* yang berfungsi sebagai tempat terjadinya pertukaran ion yang terjadi menyebabkan adanya perbedaan beda potensial di antara dua elektroda, sehingga pembacaan potensiometer akan menghasilkan positif atau negatif. Jika larutan yang diuji bersifat netral, maka potensiometer tidak membaca adanya perbedaan potensial diantara kedua kutub. Untuk gambar elektroda kaca ada pada gambar 2.4 dibawah ini.



Gambar 2. 4 Elektroda Kaca (Desmira dkk, 2018)

2. Elektroda Referensi

Elektroda referensi berfungsi sebagai kutub lain selain elektroda kaca sehingga diantara keduanya, yang terendam larutan tertentu, terbentuk rangkaian listrik. Untuk gambar elektroda referensi ditampilkan pada gambar 2.5. Elektroda ini didesain memiliki potensial yang tetap pada kondisi larutan apapun, sehingga arah aliran listrik yang terjadi hanya tergantung dari lebih besar atau lebih kecilnya potensial dari elektroda kaca.

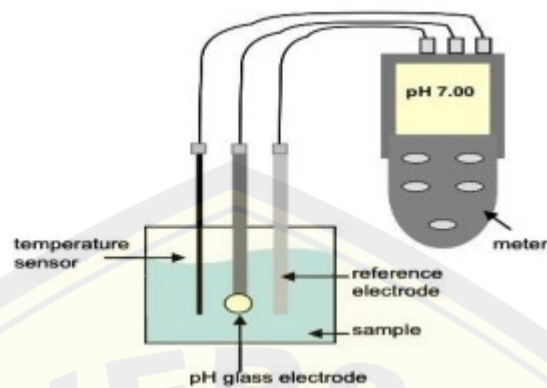


Gambar 2. 5 Elektroda Referensi (Desmira dkk, 2018)

3. *Thermometer*

Sensor temperatur menjadi satu komponen wajib pH meter, karena nilai pH sangat dipengaruhi oleh temperatur larutan. Pada pH larutan 7 (netral), perubahan temperatur tidak berpengaruh terhadap nilai tersebut namun jika larutan bersifat asam atau basa maka pembentukan ion sangat dipengaruhi oleh temperatur. Gambar *thermometer* ditunjukkan pada gambar 2.6.

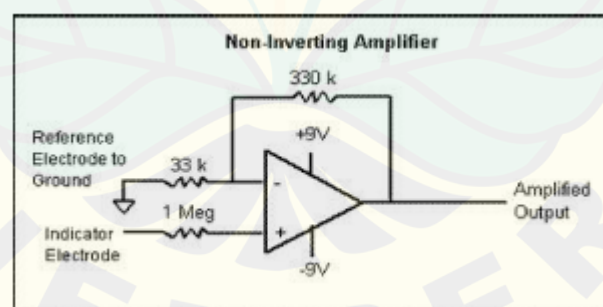
Standarisasi pembacaan pH ada pada suhu ruangan 25°C , maka keberadaan sensor ini sangat berpengaruh dalam pengukuran pH suatu larutan.



Gambar 2. 6 Thermometer (Desmira dkk, 2018)

4. Amplifier

Setiap pH meter selalu membutuhkan penguat voltas atau dikenal dengan amplifier. Voltase yang dihasilkan oleh dua elektroda pada pH meter terlalu rendah. Agar voltase yang dihasilkan oleh dua elektroda tadi dapat diproses di mikrokontroler, maka harus diperkuat oleh *amplifier*. Untuk gambar *amplifier* ditunjukkan pada gambar 2.7. Sebagai salah satu contoh dari tipe *amplifier* pada pH meter, amplifier ini akan memperkuat voltase menjadi pada rentang 0 hingga 14 V. sehingga jika potensiometer membaca hasil 4,5V , maka pH larutan yang diukur bernilai 4,5.



Gambar 2. 7 Amplifier (Desmira dkk, 2018)

2.6.2 Pengujian Korosi

Korosi adalah kerusakan atau degradasi logam akibat reaksi dengan lingkungan yang korosif. Fenomena korosi ini tidak dapat dihindari apalagi material berjenis logam. Untuk itu perlunya dilakukan pengujian korosi pada material yang bersinggungan langsung dengan udara, dan cairan. Untuk mengetahui laju korosi terhadap suatu material. Korosi sendiri dapat lebih cepat terjadi apabila kandungan dari cairan yang bersinggungan langsung dengan material memiliki nilai asam yang tinggi. Umumnya korosi disebabkan oleh air tetapi ada beberapa faktor selain air yang mempengaruhi laju korosi, diantaranya, yaitu : faktor kandungan gas dan padatan larutan, faktor temperatur, seleksi material dan faktor pH (ASM Handbook 2003). Pada penelitian ini menggunakan *Weight Loss* (kehilangan berat). Metode kehilangan berat adalah metode pengukuran paling banyak digunakan lempengan logam, yang ditempatkan di dalam sistem dan dibiarkan untuk korosi. Lempengan logam digunakan untuk mengetahui laju korosi melalui *weight loss* (Jones, 1992). Metode ini menggunakan jangka waktu penelitian hingga mendapatkan jumlah kehilangan akibat korosi yang terjadi. Untuk mendapatkan jumlah kehilangan berat akibat korosi digunakan rumus sebagai berikut (Fontana, 1986).

$$\Delta W = W_0 - W_1 \quad (2.1)$$

Keterangan :

ΔW = Selisih berat (gram)

W_0 = Berat sebelum diuji (gram)

W_1 = Berat setelah diuji (gram)

Metode ini mengukur Kembali berat awal benda uji (objek yang ingin diketahui laju korosi yang terjadi pada benda tersebut), kekurangan berat daripada berat awal merupakan nilai kehilangan beratnya (Fontana,1986).

$$CR (mmpy) = \frac{W \times K}{D \times A \times T} \quad (2.2)$$

Keterangan :

CR = Laju korosi (mmpy)

W = *Weight Loss* (gram)

K = Konstanta faktor

D = Densitas Spesimen (g/cm^3)

As = Luas Permukaan (cm^2)

T = Waktu (jam)

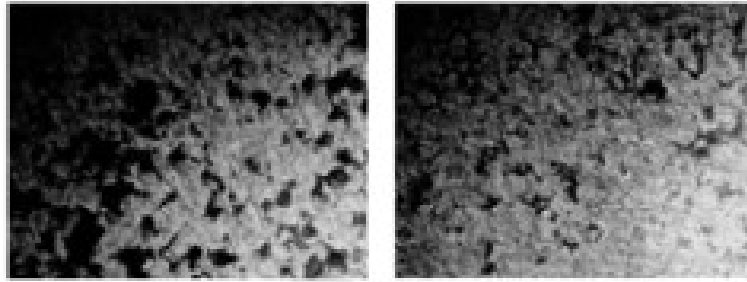
2.6.3 Pengujian Metalografi

Metalografi adalah ilmu yang mempelajari struktur mikro suatu logam dan karakteristiknya. Pengetahuan metalografi pada dasarnya mempelajari karakteristik struktural dan susunan dari suatu logam atau paduan logam dalam hubungannya dengan suatu analisis kimia dan metalografi dari suatu logam atau paduan logam. Pengujian ini mempelajari karakteristik mikrostruktur dan makrostruktur. Metalografi bertujuan untuk mendapatkan struktur makro dan mikro suatu logam sehingga dapat dianalisa sifat mekanik dari logam tersebut.

Pengamatan metalografi dibagi menjadi dua yaitu :

1. Metalografi makro, yaitu penyelidikan struktur logam dengan perbesaran 10-100 kali
2. Metalografi mikro, yaitu penyelidikan struktur logam dengan pembesaran 1000 kali

Untuk mengamati struktur mikro yang terbentuk pada suatu logam digunakan alat mikroskop optik. Dan sebelum melakukan pengujian harus melewati tahap preparasi terlebih dahulu. Hal ini bertujuan agar benda yang akan diuji dapat terlihat dengan jelas pada hasil metalografinya. Tahapan dalam preparasi tersebut yaitu : pemotongan spesimen, pengampelasan, *polishing* dan *etching* (etsa). Berikut ini merupakan salah satu contoh dari pengujian metalografi hasil uji korosi dapat dilihat pada gambar 2.8 dibawah ini.



Gambar 2. 8 Gambar Uji Metalografi (Khan dkk, 2020)

2.7 Penelitian sebelumnya

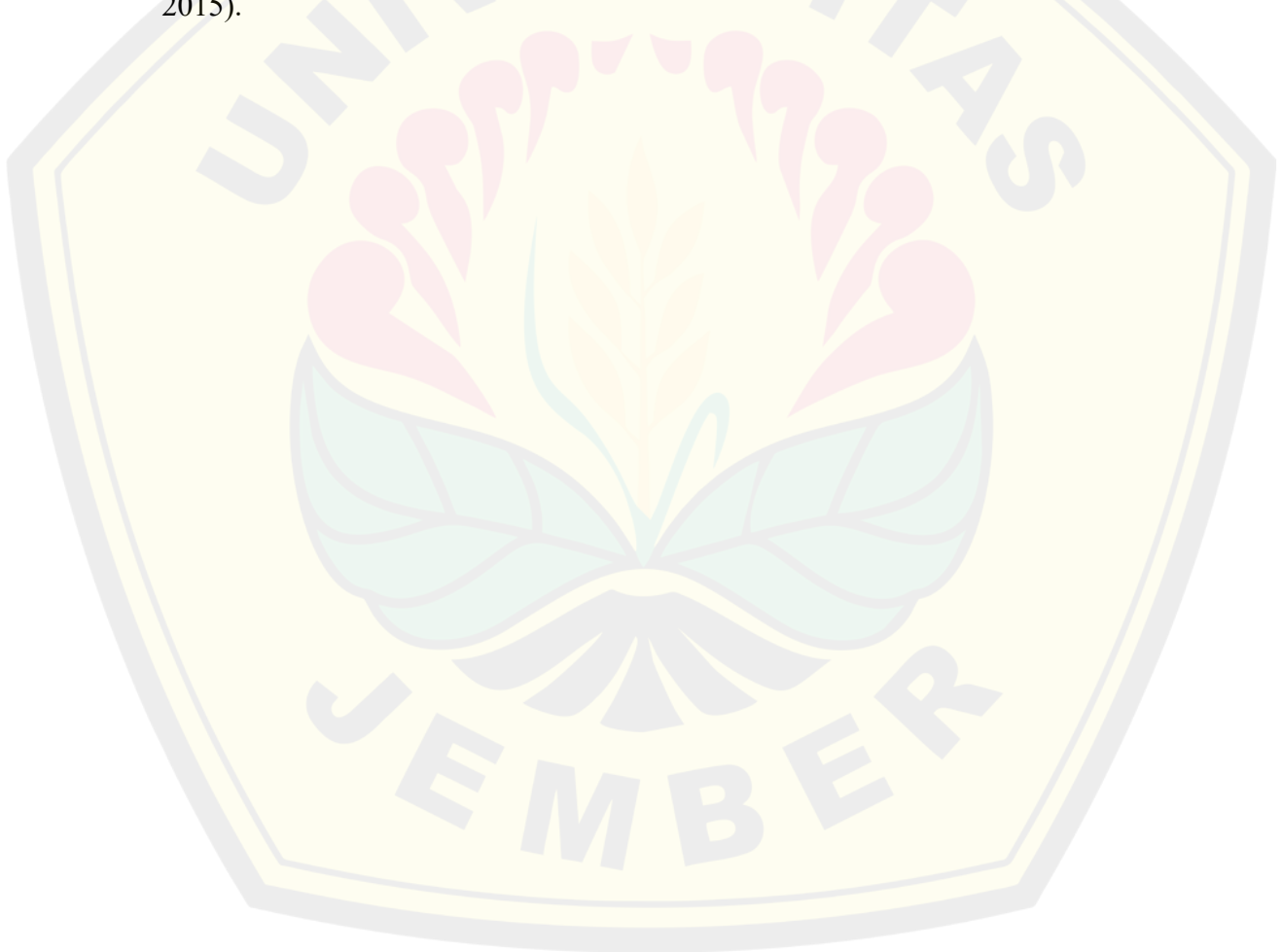
Sebelum melakukan penelitian penulis mempelajari dan memahami literatur dan penelitian yang sudah ada sebelumnya dengan maksud mengembangkan penelitian sebelumnya. Pembuatan nanofluida ZrO_2 ada berbagai macam ekstrak sebagai pengkelatnya. Pada penelitian yang pertama terdapat pembuatan nanofluida ZrO_2 dengan ekstrak nanas. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh nanas terhadap karakteristik nanopartikel, dan pengaruh variasi komposisi nanopartikel ZrO_2 terhadap karakteristik dari nanofluida-air. Didapati hasil bahwa penggunaan nanas sebagai pengkelat membuat partikel ZrO_2 menumpuk antar sesamanya, lalu semakin besar komposisi serbuk yang dicampur pada 100ml aquades mengakibatkan semakin besarnya nilai viskositas, zeta potensial dan *critical flux*nya (Arya D.T dkk 2016).

Pada penelitian yang lain juga didapat nanofluida dengan menggunakan nano Al_2O_3 dengan ekstrak belimbing wuluh. Menggunakan metode yang sama dengan penelitian sebelumnya dengan tujuan yang sama mencari pengaruh belimbing wuluh terhadap karakteristik nanopartikel, dan pengaruh variasi komposisi nanopartikel Al_2O_3 . Didapati hasil bahwa penggunaan belimbing wuluh sebagai pengkelat juga menumpuk antar sesamanya, lalu semakin besar komposisi serbuk yang ditambahkan per 100ml aquades mengakibatkan semakin tinggi nilai viskositas, zeta potensial dan *critical flux*nya. Viskositas optimum didapat pada konsentrasi 0,8 gram/100ml ; zeta potensial optimum pada konsentrasi ,8 gram/100ml dan critical flux optimum pada konsentrasi 0,5 gram/ 100ml (Judenta M.K dkk, 2017).

Dari dua penelitian ini penulis ingin mengembangkan penelitian mengenai nanofluida ZrO_2 menggunakan ekstrak jeruk nipis, yang nantinya diharapkan dapat menjadi alternatif cairan pengganti radiator *coolant*.

2.8 Hipotesis

Berdasarkan tinjauan literatur penulis salah satu faktor penyebab terjadinya laju korosi karena tingkat keasaman yang tinggi. Dengan adanya kenaikan tingkat keasaman / berkurangnya nilai pH maka korosi yang terjadi akan semakin besar (Sumarji. 2011). Pada penelitian yang lain juga ditemukan bahwa pada pengujian *Open Circuit Potential* ditemukan cairan klorida dengan pH 4 yang merupakan nilai terendah dalam pengujian ini memiliki laju korosi tertinggi (Wang Y dkk. 2015).



BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode penelitian eksperimen secara langsung untuk mengetahui kadar asam dari cairan pendingin, dan juga laju korosi dari cairan pendingin tersebut. Cairan pendingin yang digunakan yaitu : Nanofluida ZrO_2 dengan ekstrak jeruk nipis, dan 33% *Ethylene Glycol-Diethylene Glycol*.

3.2 Tempat dan Waktu penelitian

Pembuatan sampel nanomaterial dan nanofluida ini bertempat di Lab Pengecoran dan Lab Uji material ISDB lantai 2 fakultas Teknik Universitas Jember. Penelitian ini berlangsung pada 1 Mei 2023 sampai 17 Juni 2023.

3.3 Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu sebagai berikut.

3.3.1 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. *Thermo control*
- b. *Heater Air*
- c. Ampelas 100 s.d 2000
- d. Penggaris
- e. Timbangan Digital
- f. Alat uji Mikro (Olympus)
- g. *Magnetic Stirrer*
- h. Gerinda tangan
- i. *Beaker Glass* (250 ml, dan 500 ml)
- j. Gelas ukur
- k. pH meter
- l. Jangka Sorong
- m. Mesin Grinding

3.3.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Nanofluida ZrO_2 dengan ekstrak jeruk nipis (pemanasan $700^\circ C$ selama 1 jam).
- b. Aquades
- c. Air
- d. 33% *Ethylene Glycol-Diethylene Glycol*
- e. HCL
- f. Baja TP 280 berdiameter 10mm

3.4 Variabel Penelitian

Pada penelitian ini ada beberapa variabel yang digunakan. Terdapat 3 variabel yaitu sebagai berikut.

3.4.1 Variabel Bebas

Variabel bebas merupakan parameter yang nilainya ditentukan oleh peneliti sebelum dilakukan penelitian. Berikut ini merupakan variabel bebas dari penelitian ini.

- a. Nanofluida ZrO_2 dengan ekstrak jeruk nipis.
- b. 33% *Ethylene Glycol-Diethylene Glycol*.
- c. Air

3.4.2 Variabel Terikat

Variabel terikat adalah variabel yang nilainya ditentukan berdasarkan variabel bebas. Variabel terikat pada penelitian ini yaitu sebagai berikut.

- a. Pengujian Laju Korosi.
- b. Pengujian Tingkat Keasaman.
- c. Pengujian Metalografi

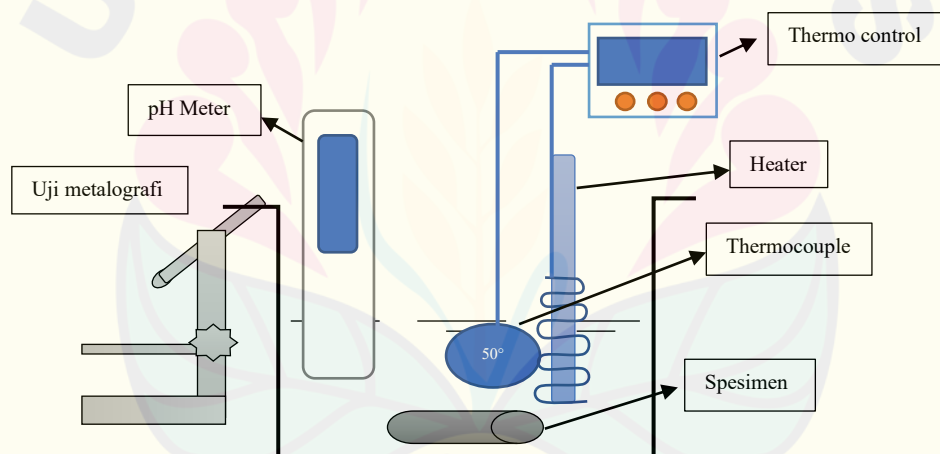
3.4.3 Variabel Kontrol

Variabel Kontrol merupakan variabel yang dikendalikan sehingga pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat tidak dipengaruhi oleh faktor luar. Variabel kontrol pada penelitian ini yaitu sebagai berikut.

- a. Waktu perendaman Spesimen selama 5 hari.
- b. Suhu perendaman 50°C (penghidupan suhu selama 2 jam per hari).

3.5 Skema Pengujian

Skema pengujian disini memuat gambaran singkat mengenai pengujian yang akan dilakukan pada penelitian ini. Terdapat 3 pengujian yaitu : pengujian laju korosi, pengujian tingkat keasaman (nilai pH), dan pengujian metalografi. Dapat dilihat untuk gambar skema pengujian terdapat pada gambar 3.1 dibawah ini.



Gambar 3. 1 Skema Pengujian

3.6 Pelaksanaan Penelitian

Pada penelitian ini bahan sudah berbentuk serbuk ZrO_2 dengan ekstrak jeruk nipis. Untuk tahapan preparasinya sebagai berikut .

1. Menyiapkan alat dan bahan yang diperlukan selama penelitian.
2. Langkah awal adalah mencampurkan serbuk ZrO_2 dengan ekstrak jeruk nipis dengan cairan aquades.
3. Komposisi dari pencampuran yaitu 0,5 gram serbuk ZrO_2 dan aquades 100ml

4. Dicampur menggunakan *magnetic stirrer* dengan rpm maksimal 2000 rpm selama 30 menit
5. Setelah selesai pencampuran semua sampel dimasukkan kedalam botol sampel

3.7 Karakterisasi Sampel

3.7.1 Pengujian Tingkat Keasaman

Hasil dari penelitian ini akan disajikan dalam bentuk data hasil pengujian pH cairan nanofluida dari 2 variasi pengujian yaitu: Nanofluida ZrO_2 dengan jeruk nipis dan radiator *coolant* dengan komposisi 33% *Ethylene Glycol-Diethylene Glycol*. Berikut ini prosedur pengujian pH cairan sebagai berikut.

- a. Menyiapkan alat uji pH cairan
- b. Menyiapkan variasi sampel pada gelas sampel
- c. Lakukan kalibrasi internal pH meter dengan minimal 2 larutan penyangga disesuaikan dengan rentang pengukuran setiap kali akan melakukan pengukuran.
- d. Bilas elektroda dengan air bebas mineral, selanjutnya keringkan dengan tisu halus
- e. Celupkan elektroda kedalam gelas sampel sampai pH meter menunjukkan pembacaan yang stabil
- f. Catat hasil pembacaan skala atau angka pada tampilan dari pH meter
- g. Catat juga suhu pada saat pengukuran pH
- h. Bilas kembali elektroda dengan air bebas mineral setelah dilakukan pengukuran
- i. Lakukan percobaan dengan sampel yang berbeda.

3.7.2 Pengujian Laju Korosi

Pada pengujian laju korosi ini hasil yang ditampilkan berupa angka dan data yang dihasilkan dari pengujian korosi tersebut. Pada pengujian ini dilakukan pengujian pada 2 variasi sampel yaitu: Nanofluida ZrO_2 dengan ekstrak jeruk nipis dan 33% *Ethylene Glycol-Diethylene Glycol*. Berikut ini prosedur pengujian laju korosi.

- a. Siapkan alat dan bahan pengujian.
- b. Siapkan timbangan digital untuk mengetahui berat spesimen sebelum dilakukan pengujian.
- c. Masukkan cairan yang akan diuji kedalam wadah yang telah disiapkan.
- d. Setelah itu lakukan perendaman pada spesimen yang akan dilakukan pengujian.
- e. Perendaman ini dilakukan selama 5 hari, dengan waktu penghidupan sumber panas selama 2 jam perhari.
- f. Suhu cairan perendaman berkisar antara 50° C.
- g. Setelah 5 hari dilakukan proses perendaman spesimen diangkat dan direndam menggunakan HCL, setelah itu dibersihkan menggunakan aquades dan dikeringkan.
- h. Setelah dikeringkan lakukan penimbangan ulang pada spesimen untuk mengetahui berat setelah dilakukan perendaman.
- i. Lalu hitung laju korosinya sesuai dengan standar (ASTM G 31-72).
- j. Lakukan pengulangan pengujian pada variasi cairan yang berbeda.

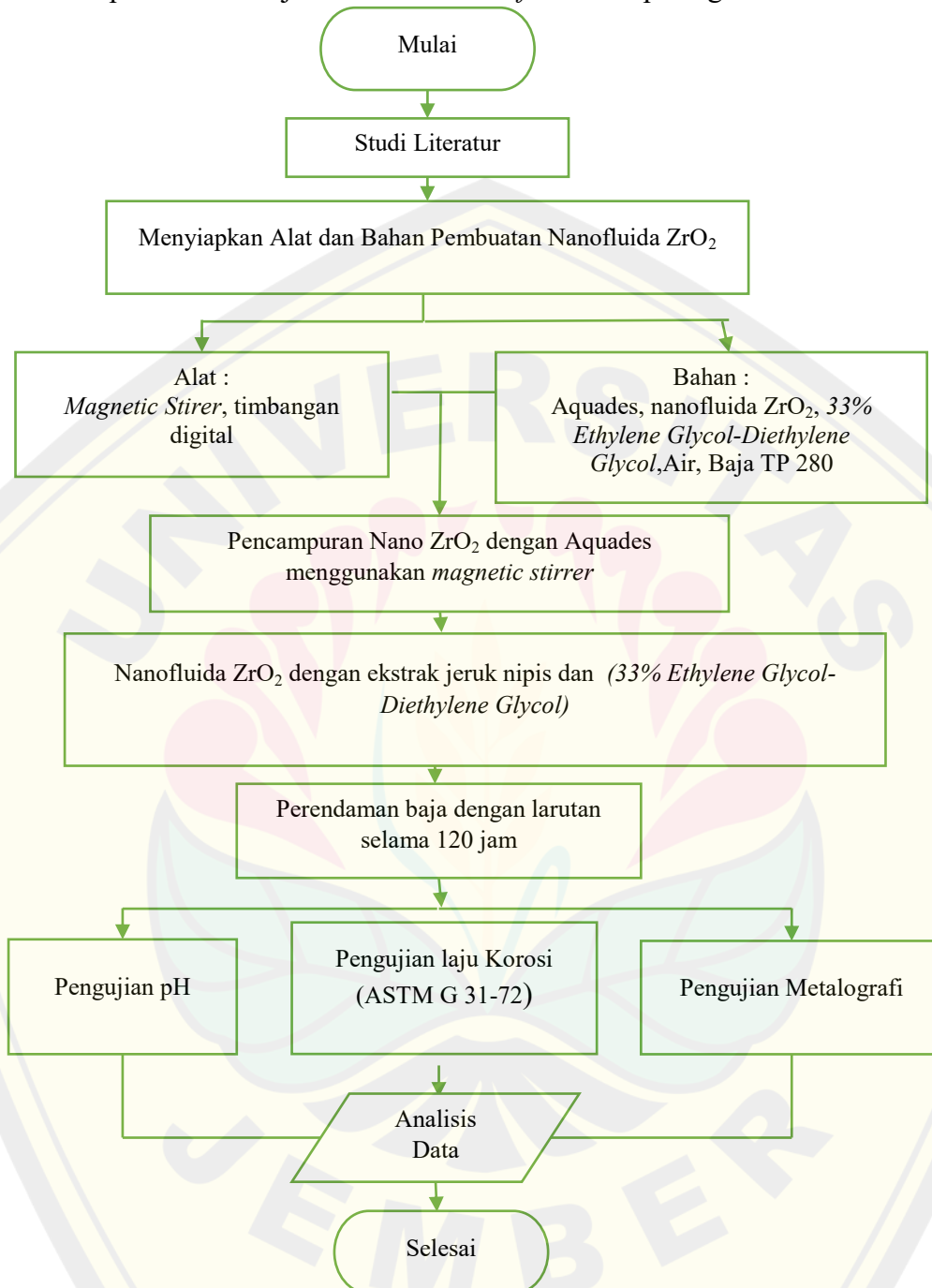
3.7.3 Pengujian Metalografi

Pada pengujian ini hasil yang ditampilkan berupa gambar dari pengujian sebelumnya yaitu pengujian korosi. Gambar berupa bagaimana bentuk dari hasil pengujian korosi jika dilihat secara mikro. Berikut ini cara pengujian metalografi.

- a. Siapkan spesimen yang akan diuji.
- b. Lakukan preparasi pada spesimen sebelum dilakukan pengujian.
- c. Setelah dilakukan preparasi letakkan sampel yang akan diuji dengan benar yaitu dibawah cahaya mikroskop optik.
- d. Atur perbesaran mikroskop optik hingga terlihat jelas di komputer dengan perbesaran 500x dan 1000x.
- e. Simpan hasil pengujian di komputer dan lakukan analisis data
- f. Lakukan langkah pengujian yang sama pada sampel yang berbeda.

3.8 Diagram Alir

Proses penelitian disajikan dalam bentuk *flowchart* pada gambar 3.2 dibawah ini.



Gambar 3. 2 Diagram Alir

BAB 4 PEMBAHASAN

Material Nanofluida yang digunakan pada penelitian ini menggunakan serbuk nano ZrO_2 yang telah melewati proses penambahan ekstrak jeruk nipis dan *furnace* selama 1 jam dengan suhu $700^{\circ}C$. setelah itu dilakukan penambahan aquades dengan perbandingan 0,5 gram nano ZrO_2 / 100ml aquades. Untuk spesimen perendaman pada penelitian ini menggunakan baja TP 280 berikut gambar spesimen sebelum direndam ditampilkan pada gambar 4.1 dan spesimen setelah dilakukan perendaman ditampilkan pada gambar 4.2.



Gambar 4. 1 Baja TP 280 Sebelum direndam



Gambar 4. 2 Baja TP 280 Setelah direndam

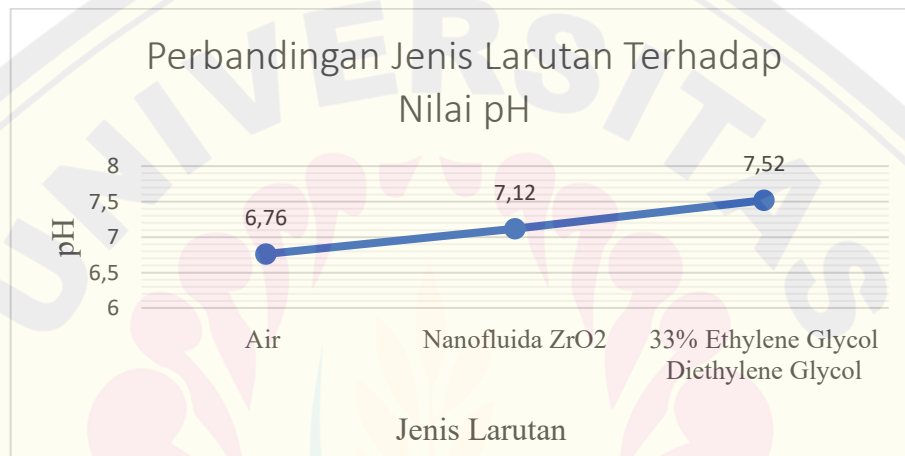
4.1 Pengujian Tingkat Keasaman

Pada penelitian ini didapatkan hasil dari pengujian tingkat keasaman nanofluida ZrO_2 dengan ekstrak jeruk nipis , Air dan 33% *Ethylene Glycol-Diethylene Glycol*. Pengujian tingkat keasaman dilakukan setelah pencampuran nano ZrO_2 dengan ekstrak jeruk nipis dengan aquades sehingga menjadi sebuah nanofluida. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui larutan memiliki sifat basa,

asam atau netral, ini dapat dilihat dari angka yang ditampilkan oleh alat pH meter. Didapatkan hasil dari pengujian tingkat keasaman pada tabel 4.1 sebagai berikut.

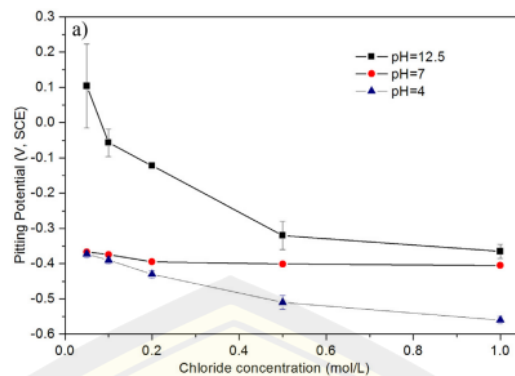
Tabel 4. 1 Nilai pH larutan

No	Larutan	pH
1	Air	6,76
2	Nanofluida ZrO ₂	7,12
3	33% <i>Ethylene Glycol Diethylene Glycol</i>	7,52



Gambar 4. 3 Hasil Pengujian pH

Dari hasil pengujian tingkat keasaman didapat hasil air memiliki nilai pH sebesar 6,76 ,nanofluida ZrO₂ memiliki nilai pH 7,12 dan larutan 33% *Ethylene Glycol Diethylene Glycol* memiliki nilai pH 7,52. Dapat disimpulkan dari ketiga larutan yang digunakan pada pengujian pH ini, air memiliki tingkat keasaman yang paling tinggi diantara 2 larutan yang lain terlihat pada gambar 4.3. Sebaliknya 33% *Ethylene Glycol Diethylene Glycol* memiliki kadar basa yang paling tinggi diantara 2 larutan lainnya. Pada penelitian yang dilakukan (Wang Y dkk ,2015) pada baja X80 menggunakan larutan asam klorida, didapati bahwa nilai pH dan konsentrasi larutan yang digunakan dapat mempengaruhi laju korosi. Berikut hasil grafik ditunjukkan pada gambar 4.4.



Gambar 4. 4 Grafik konsentrasi larutan dan nilai pH (Wang Y dkk ,2015)

Dilihat pada grafik diatas bahwa pH dengan nilai 4 dan konsentrasi larutan asam klorida 1,0 sebagai larutan yang digunakan dalam penelitian ini memiliki potensial korosi yang tinggi.

4.2 Pengujian Laju Korosi

Pada penelitian ini pengujian laju korosi menggunakan metode *weight loss* dengan ASTM G 31-72. Spesimen yang digunakan yaitu besi TP 280 SNI dengan berdiameter 10 mm dan panjang 35 mm. Untuk hasil pengujian laju korosi dapat dilihat pada tabel 4.2 berikut ini.

Tabel 4. 2 Hasil pengujian Laju Korosi

No	Larutan	W ₁ (gram)	W ₂ (gram)	ΔW (gram)	Laju Korosi (mmpy)
1	Air	16,72	16,68	0,04	0,2957
2	Nanofluida ZrO ₂	18,03	18,01	0,02	0,1478
3	33% Ethylene Glycol	18,57	18,56	0,01	0,0739

Spesimen yang digunakan memiliki bentuk tabung sehingga didapati cara menghitung luas permukaan dan volumenya sebagai berikut.

- Luas permukaan tabung

$$Luas = 2\pi \cdot r(r + t) \quad (4.1)$$

$$Luas = 2 \times 3,14 \times 5(5 + 35) = 1.256 \text{ mm}^2 \quad (4.2)$$

Jadi luas permukaan dari spesimen yaitu 1.256 mm²

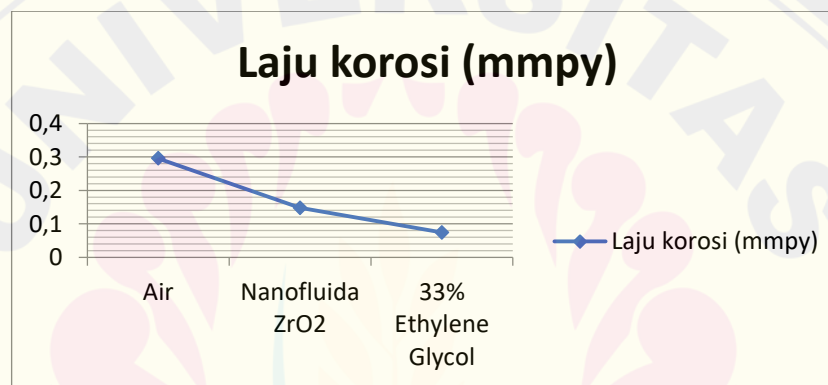
2. Volume Tabung

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot t \quad (4.3)$$

$$V = 3,14 \times 5^2 \times 35 = 2.747,5 \text{ mm}^3 \quad (4.4)$$

Jadi volume dari spesimen yaitu $2.747,5 \text{ mm}^3$

Laju korosi pada nanofluida Baja TP280 dengan diameter 10 mm direndam menggunakan larutan nanofluida ZrO_2 dan 33% *Ethylene Glycol* selama 120 jam dengan penyalaan suhu sebesar 50°C selama 2 jam per harinya diperoleh hasil pada grafik dibawah ini.



Gambar 4. 5 Grafik Hasil Laju Korosi

Dari hasil pengujian laju korosi dengan menggunakan metode *weight loss* didapati hasil laju korosi yang berbeda dari setiap larutannya. Dapat dilihat grafik hasil pengujian laju korosi pada gambar 4.5. Nilai laju korosi dari Air sebesar 0,2957 mmpy sedangkan untuk larutan nanofluida ZrO_2 sebesar 0,1478 mmpy dan laju korosi dari 33% *Ethylene Glycol* sebesar 0,0739 mmpy. Nanofluida ZrO_2 dan Air memiliki ketahanan korosi yang baik dan memiliki *good grade* didalam tabel 4.3, begitu juga *ethylene glycol* yang merupakan salah satu larutan pendingin yang digunakan untuk pendingin radiator memiliki *excellent grade* didalam tabel 4.3.

Tabel 4. 3 Corrosion of MPY Equivalent Metric-rate Expression

Corrosion	mpy	mm/yr	$\mu\text{m/yr}$	Nm/h	Pm/h
Relative resistance					
Outstanding	<1	<0.02	<25	<2	<1
Excellent	1-5	0.02-0.1	25-100	02-10	1-5
Good	1-5	0.1-0.5	100-500	10-50	20-50
Fair	20-50	0.5-1	500-1000	50-150	20-50
Poor	50-200	1-5	1000-5000	150-500	50-200
Unaccetable	200+	5+	5000+	500+	200+

(sumber : Sugeng M dkk. 2022)

Pada penelitian sebelumnya yang pernah dilakukan oleh Prajitno dan Syarif (2014) laju korosi baja karbon sedang dengan menggunakan nanofluida ZrO_2 dengan konsentrasi nano 0,1 dan suhu 55°C menghasilkan laju korosi sebesar 9,7mV terlihat pada gambar 4.6. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu pengujian laju korosi menggunakan polarisasi. Secara umum hasil dari pengujian ini terjadi karena variasi suhu dalam pengujian sehingga kerapatan arus anodik katodik meningkat dan menyebabkan laju korosinya juga ikut meningkat.

Temperature ($^\circ\text{C}$)	Open Circuit potential (mv)		Corrosion rate (mv)	
	dm	Dm+0.1gpl ZrO_2	dm	Dm+0.1gpl ZrO_2
25	279	283	0.72	1.482
35	328	349	0.98	4.179
45	350	354	2.084	8.194
55	356	360	3.76	9.7

Gambar 4. 6 Data Hasil Pengujian (Prajitno dan Syarif, 2014)

Selain laju korosi ada beberapa faktor yang mempengaruhi cairan pendingin yang pertama yaitu konduktivitas termal dari cairan yang digunakan sebagai cairan pendingin radiator. Dalam penelitian yang dilakukan oleh (Li Xiaoke dkk,2016) nanofluida berbasis SiC menghasilkan konduktivitas termal

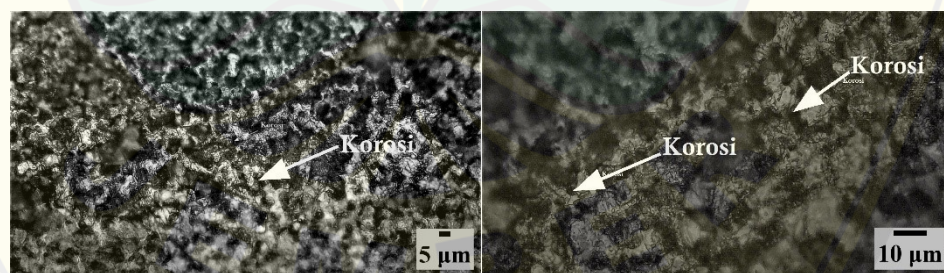
53,81% untuk 0,5% volume nanofluida pada 50°C. Hal ini terjadi karena peningkatan fraksi volume dan suhu dari bahan nanofluida yang digunakan. Faktor lain yang mempengaruhi cairan pendingin pada radiator yaitu laju pendinginan. Pada penelitian lain yang dilakukan oleh (Serdar Mert dkk,2021) laju pendinginan menggunakan nanofluida berbasis Al_2O_3 dengan konsentrasi 0,5% dari volume menghasilkan laju pendinginan sebesar 17,46% , laju pendinginan ini lebih baik daripada cairan pendingin radiator berbasis campuran 50% *Ethylene Glycol* dan 50% air.

4.3 Pengujian Metalografi

Pada penelitian ini pengujian metalografi dilakukan untuk melihat hasil pengujian dengan ukuran mikro. pengujian mikro ini digunakan untuk membandingkan hasil korosi dari variasi larutan yang digunakan yaitu Air, larutan nanofluida ZrO_2 dengan ekstrak jeruk nipis dan larutan 33% *Ethylene Glycol* yang termuat dalam gambar 4.7, 4.8 dan 4.9. Dengan dilakukan perbesaran 500x dan 1000x menggunakan alat uji mikro dengan *software* S-Eye.

4.3.1 Air

Pada pengujian pertama ini menggunakan variasi perendaman media air dengan perendaman selama 120 jam dan penyalaan suhu pemanas dengan suhu 50°C selama 2 jam perharinya. Ditunjukkan pada gambar untuk hasil perbesaran 500x dan 100x menggunakan alat uji mikro.



(a)

(b)

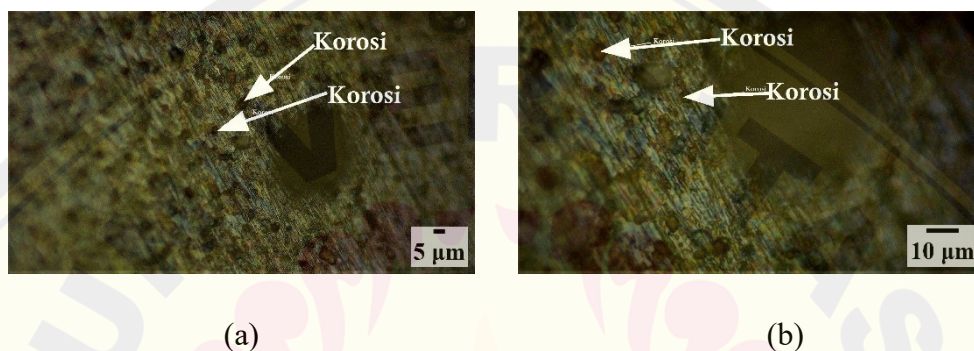
Gambar 4. 7 Hasil Perbesaran Berbeda (a) 500x ; (b) 1000x

Didapati hasil pada gambar diatas untuk media perendaman air terlihat banyak sekali korosi yang terjadi pada spesimen hal ini karena media air memiliki

pH sebesar 6,76 yang mana bersifat asam. Produk korosi berupa karat terlihat dengan warna hitam pada permukaan spesimen

4.3.2 Larutan Nanofluida ZrO_2 dengan ekstrak jeruk nipis

Dari gambar 4.8 terlihat hasil perendaman baja TP280 selama 120 jam dengan penyalaan suhu $50^\circ C$ selama 2 jam perhari menggunakan larutan nanofluida ZrO_2 dengan ekstrak jeruk nipis. Dapat dilihat hasil perbesaran 500x dan 1000x pada gambar dibawah ini.

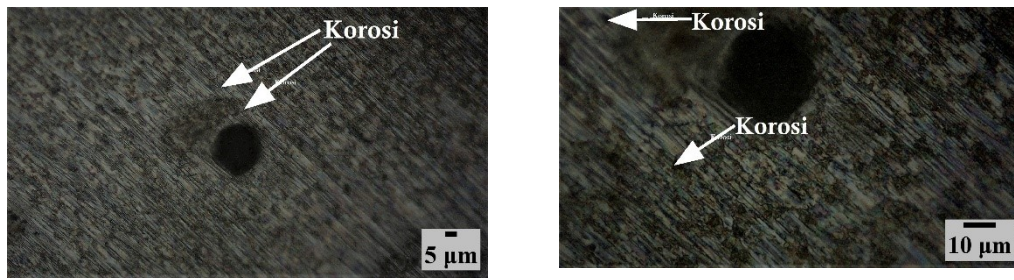


Gambar 4. 8 Hasil perbesaran yang berbeda (a) 500x ; (b) 1000x

Pada gambar diatas merupakan hasil pengujian uji mikro dengan media perendaman larutan nanofluida ZrO_2 . Didapati hasil korosi berupa bintik hitam pada permukaan spesimen, namun korosi yang dihasilkan lebih sedikit daripada penggunaan media air pada gambar 4.8 hal ini terjadi karena nilai pH dari larutan nanofluida ZrO_2 lebih tinggi atau bersifat basa daripada media air.

4.3.3 Larutan 33% *Ethylene Glycol*

Pada gambar 4.9 ditampilkan hasil dari perendaman baja TP 280 menggunakan larutan 33% *Ethylene Glycol* selama 120 jam dan penyalaan suhu $50^\circ C$ selama 2 jam perhari. Dapat dilihat hasil perbesaran 500x dan 1000x pada gambar dibawah ini.



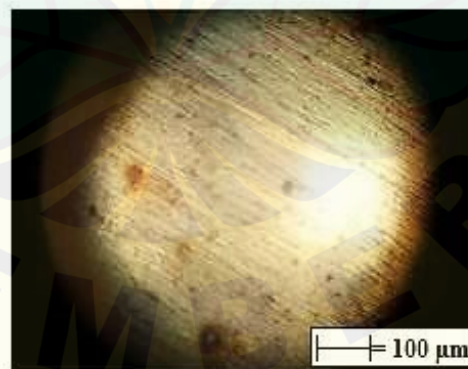
(a)

(b)

Gambar 4. 9 Hasil perbesaran yang berbeda (a) 500x ; (b) 1000x

Pada gambar diatas merupakan hasil pengujian yang dilakukan menggunakan larutan 33% *Ethylene Glycol*. Didapati hasil korosi terlihat lebih sedikit dibandingkan dengan dengan media nanofluida ZrO_2 maupun media perendaman menggunakan air, hal ini terjadi karena nilai pH dari 33% *Ethylene Glycol* lebih tinggi atau bersifat lebih basa daripada 2 media sebelumnya.

Pada penelitian lainnya korosi yang dihasilkan menggunakan nanofluida ZrO_2 dengan konsentrasi 0,1 menghasilkan skala berupa bintik kecil pada spesimen (Prajitno dan Syarif 2014) untuk hasil dari pengujian terlihat pada Gambar 4.10 . Hal ini terjadi akibat kerak dari korosi logam dasar Fe dengan mekanisme reaksi elektrokimia. Pada penelitian ini pengujian metalografi menggunakan perbesaran 100x.



Gambar 4. 10 Hasil Metalografi 100x (Prajitno dan Syarif. 2014)

BAB 5 PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan mengenai pengaruh nanofluida ZrO_2 dengan ekstrak jeruk nipis dan 33% *Ethylene Glycol* terhadap laju korosi, tingkat keasaman dan struktur mikro dapat disimpulkan bahwa.

1. Hasil pengujian laju korosi pada air sebagai medianya memiliki nilai laju korosi 0,2957 mmpy dan nanofluida ZrO_2 dengan ekstrak jeruk nipis memiliki nilai laju korosi sebesar 0,1478 mmpy. Untuk laju korosi dari 33% *Ethylene Glycol* memiliki nilai laju korosi 0,0739 mmpy.
2. Hasil pengujian tingkat keasaman pada air didapati nilai pH 6,76 air ini, lalu nanofluida ZrO_2 dengan ekstrak jeruk nipis didapati nilai pH 7,12. Untuk tingkat keasaman dari 33% *Ethylene Glycol* didapati nilai pH 7,52.
3. Hasil pengujian metalografi terhadap permukaan baja TP280 dari hasil perendaman pada pengujian laju korosi menghasilkan bentuk korosi berupa korosi sumuran. Pada baja TP280 dengan hasil rendaman air memiliki hasil korosi yang lebih banyak dibandingkan dengan nanofluida ZrO_2 dan larutan 33% *Ethylene Glycol*.

5.2 Saran

Untuk mengembangkan penelitian ini dan memperoleh nanofluida ZrO_2 dengan kualitas yang lebih baik maka.

1. Perlu dilakukan penelitian mengenai variasi konsentrasi serbuk nanofluida ZrO_2 .
2. Perlu dilakukan penambahan variasi waktu perendaman dan penyalaan suhu pada proses pengujian laju korosi.
3. Perlu dilakukan penambahan variasi suhu perendaman pada pengujian laju korosi.

DAFTAR PUSTAKA

- Arya, D. T., Ratnawulan, dan D.,G Syarif. 2016 Sintesis Nanaopartikel Zirkonium Dioksida (ZrO_2) dengan Metode Sol Gel Menggunakan Ekstrak Nanas Sebagai Pengkelat Untuk Aplikasi Nanofluida Pendingin. *Pillar of Physics*. 8 : 25-32.
- Badan Standardisasi Nasional Indonesia. 2014. SNI-2052 ,baja tulangan beton badan standardisasi nasional. Standar Nasional Indonesia. 1–11.
- Bernagozzi, M., A. Georgoulas., N, Miche.dan M., Marengo. 2022. Heat Pipes in Battery Thermal Management System For Electric Vehicles: A Critical Review. *Applied Thermal Engineering*.(219) : 1-23.
- Desmira,. D. Aribowo., dan R. Pratama. 2018. Penerapan Sensor pH pada Area Elektrolizer di PT. Sulfindo Adiusaha. *Jurnal PROSISKO*. 5 (1) : 9-12. s
- Elsevier.2018. *Nanomaterials in Biosensors: Fundamentals and Application*. Januari. Elsevier Inc. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-323-44923-6.00001-7>
- Ghadimi, A., R. Saidur, dan H. S. C. Metselaar. 2011. International journal of heat and mass transfer a review of nanofluid stability properties and characterization in stationary conditions. *International Journal of Heat and Mass Transfer*. 54(17–18):4051–4068.
- Haris., N. Effiandi., dan Asmed. 2020. Perbandingan Penggunaan Cairan Pendingin Radiator Terhadap Temperatur Kerja Mesin Mobil Toyota Avanza 1.5 S M/T. *Jurnal Teknik Mesin*. 15 (1): 20-25.
- Judenta, K. M., Ratnawulan And Syarif, D. G. (2017). Sintesis dan Karakterisasi Nanopartikel Al_2O_3 dengan Metoda Sol Gel Menggunakan Pengkelat Ekstrak Belimbing Wuluh (*Averrhoa bilimbi*) untuk Aplikasi Nanofluida. *Pillar Of Physics*, 10, 39-46.

- Khan, M. A., dan Hadromi. 2020. Pengaruh Inhibitor Natrium Kromat Terhadap Laju Korosi Pada Komponen radiator Sistem Pendingin Mobil. *ASEJ*. 9 (1): 19-24.
- Kumara, S. N., dan Sukerayasa, W, I. 2009. Tinjauan Perkembangan Kendaraan Listrik Dunia Hingga Sekarang. *Tinjauan Perkembangan*. 8 (1): 74-82.
- Laily, A. N. 2017. Pengaruh Penambahan Zirkonium Oksida dan Serat Kaca Pada bahan Basis Gigi Tiruan Resin Akrilik Polimerisasi Panas Terhadap Kekuatan Impak dan Transveral. *Skripsi*. Medan: Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Sumatera Utara.
- Li, X., Zou, C., & Qi, A. (2016). Experimental study on the thermo-physical properties of car engine coolant (water/ethylene glycol mixture type) based SiC nanofluids. *International Communications in Heat and Mass Transfer*, 77, 159-164.
- Mert, S., Yasar, H., Durmaz, U., Topuz, A., Yeter, A., & Engin, T. (2021). An experimental study on cooling performance of a car radiator using Al₂O₃-ethylene glycol/water nanofluid. *Thermal Science*, 25(1 Part B), 801-809.
- Nuryatini, Sujarwo dan Ayu. 2015. Penentuan Nilai Sertifikat Bahan Acuan Larutan Buffer Boraks untuk Pengukuran Derajat Keasaman(pH). *Pusat Penelitian Kimia LIPI*. Laboratorium Metrologi Kimia Gedung 456: Banten.
- Prajitno, D. H., & Syarif, D. G. (2014). Corrosion of carbon steel in nanofluid containing ZrO₂ nanoparticle at different temperature. *Advanced Materials Research*. 896 :168-172. Trans Tech Publications Ltd.
- Putri, K. A., M. R. Kirom., Abrar., dan D. G. Syarif. 2016. Sintesis ZrO₂ Nanopartikel Dari Pasir Zikon Untuk Aplikasi Pada Model Radiator. *e-Proceeding of Engineering*. 3 (2): 2062-2069.
- Setyadji, M. 2015. Optimasi proses pelindian pada pengambilan uranium dan thorium dalam pembuatan zircon opacifier (zrsio 4). *Jurnal Teknologi*

Bahan Nuklir. 11(2):113–123.

Sugeng, M., F.M. Ismail., dan J.P. Utomo. 2022. Analisis perbedaan laju korosi hasil pengujian *Weight Loss* dan Polarisasi pada Pipa dengan Pengujian Korosi Standar ASTM G59 dan ASTM G31. *Jurnal Tera*. 8 : 48-56.

Sumarji. 2011. Studi Perbandingan Ketahanan Korosi *Stainless Steel* tipe SS 304 dan SS 201 Menggunakan Metode *U-Bend Test* Secara Siklik dengan Variasi Suhu dan pH. *Jurnal Rotor*. 4 (1) : 1-8

Surbakti, Y. C. 2017. Analisa Laju Korosi Pada Pipa Baja Karbon dan Pipa Glavanis dengan Metode Kehilangan Berat. *Skripsi*. Surabaya :Fakultas Teknologi Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Wang, Y., Cheng, G., Wu, W., Qiao, Q., Li, Y., dan Li, X. (2015). Effect of pH and chloride on the micro-mechanism of pitting corrosion for high strength pipeline steel in aerated NaCl solutions. *Applied Surface Science*, 349, 746-756.

Zhang, G. A., Xu, L. Y., & Cheng, Y. F. (2008). Mechanistic aspects of electrochemical corrosion of aluminum alloy in ethylene glycol–water solution. *Electrochimica Acta*, 53(28), 8245-8252.

LAMPIRAN-LAMPIRAN

