

**PENGARUH *HEAT TREATMENT* TERHADAP LAJU KOROSI
TITANIUM 6AL4V MENGGUNAKAN SENYAWA
ASAM SULFAT (H₂SO₄)**

Angga Alwihadi¹, Bayu Dwi Cahyo², Linda Winiarsi³

^{1,2,3}Politeknik Penerbangan Surabaya, Jl. Jemur Andayani I No 73, Surabaya 60236

Email: alwihadiangga1@gmail.com

ABSTRAK

Paduan titanium sebagai kandidat penyusun struktur dan komponen pesawat terbang yang berhubungan langsung dengan lingkungan korosif memicu terjadinya peristiwa korosi. Korosi merupakan peristiwa degradasi material yang diakibatkan oleh reaksi elektrokimia. Oleh karena itu di perlukan peningkatan kualitas paduan titanium salah satunya dengan proses *Heat Treatment*, sehingga terbentuk sifat fisis dan mekanis material sesuai dengan yang diharapkan. Spesimen material yang digunakan pada penelitian ini adalah *Titanium 6AL4V*. Benda uji akan diberikan berbagai perlakuan dengan variasi suhu yang berbeda dalam waktu 120 menit, kemudian dilakukan perendaman kedalam media pengkorosi asam sulfat (H₂SO₄) dengan konsentrasi 98%. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui perubahan struktur mikro serta keterkaitan laju korosi *Titanium 6AL4V* terhadap larutan asam sulfat. Waktu pengujian dilakukan pada interval 24, 48, 72, 96, dan 120 jam dan diukur menggunakan metode *weight loss*. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa variasi temperatur heat treatment berpengaruh terhadap percepatan laju *Titanium 6AL4V*. dimana korosi tercepat terjadi pada benda uji tanpa perlakuan heat treatment sebesar 20,6 mpy, sedangkan korosi terkecil dialami spesimen dengan perlakuan panas pada suhu 300°C menyentuh angka 5,1 mpy. kemudian dari perbandingan hasil *scanning electron microscope* memperlihatkan tidak adanya perubahan susunan mikro pada spesimen sehingga dapat disimpulkan korosi tidak mempengaruhi transformasi struktur mikro

Kata Kunci: Laju korosi, Asam Sulfat, *Titanium 6AL4V*, *Heat treatment*

ABSTRACT

Titanium alloys as candidates for aircraft structures and components that are directly related to a corrosive environment trigger corrosion events. Corrosion is a material degradation event caused by an electrochemical reaction. Therefore, it is necessary to improve the quality of titanium alloys with the Heat Treatment process, so that the physical and mechanical properties of the material are formed as expected. The material specimen used in this research is Titanium 6AL4V. The test object will be given various treatments with different temperature variations within 120 minutes, then immersed in sulfuric acid (H₂SO₄) corroding media with a concentration of 98%. The purpose of this study was to determine the changes in the microstructure and the correlation of the corrosion rate of Titanium 6AL4V to sulfuric acid solution. The testing time was carried out at intervals of 24, 48, 72, 96, and 120 hours and was measured using the weight loss method. The results of this study indicate that variations in heat treatment temperature affect the acceleration of the rate of Titanium 6AL4V. where the fastest corrosion occurred in the specimen without heat treatment of 20,6 mpy, while the smallest corrosion was experienced by the specimen with heat treatment at a temperature of 300°C touching the figure of 5.1 mpy. Then from the

PROSIDING

SEMINAR NASIONAL INOVASI TEKNOLOGI PENERBANGAN (SNITP) TAHUN 2021

ISSN : 2548 – 8112 eISSN: 2622-8890

comparison of the results of the scanning electron microscope, it shows that there is no change in the microstructure of the specimen so that it can be concluded that corrosion does not affect the transformation of the microstructure

Keywords: *Corrosion Rate, Sulfuric Acid, Titanium6AL4V, Heat Treatment.paper*

PENDAHULUAN

Dalam perkembangan transportasi khususnya industri penerbangan, pemilihan material adalah salah satu aspek yang perlu diperhatikan karena berpengaruh terhadap besaran biaya yang akan di keluarkan perusahaan untuk melakukan perbaikan dan perawatan. Penggunaan paduan logam sesuai dengan fungsi dan sifatnya adalah salah satu usaha dalam memangkas biaya pengeluaran. *Titanium alloy* adalah satu dari sekian banyak logam yang umum digunakan sebagai penyusun struktur dan komponen pesawat udara. Menurut Abrianto (2007) menyatakan bahwa pemilihan logam ini atas dasar sifat kuat dan ringan yang dimiliki.

Nurbanasari, dkk (2014) juga berpendapat, salah satu contoh pengaplikasian *Titanium alloy* pada pesawat adalah sebagai material pembuatan *turbin blade* dan *pylon* karena paduan logam tersebut memiliki titik lebur dan sifat resistansi korosi yang baik. Selain itu *titanium alloy* juga memiliki massa jenis yang lebih rendah dibandingkan dengan paduan lainnya. Untuk membentuk sifat mekanis Titanium agar kekuatannya meningkat sesuai dengan penggunaannya, logam ini dapat dipadukan dengan unsur lain seperti *aluminium* (Al), *Vanadium* (V), *Molibdenum* (Mo) dan sebagainya. Salah satu hasil perpaduan antara Titanium dengan unsur lain adalah *Titanium 6AL-4V*. Penggunaan material titanium pada struktur pesawat yang langsung berhubungan dengan lingkungan memungkinkan logam tersebut mengalami peristiwa korosi.

Korosi sendiri didefinisikan sebagai

penurunan kualitas material yang dipicu akibat reaksi elektrokimia. Buku Chamberlain (1991) menyatakan bahwa korosi adalah degradasi logam akibat efek dari pengaruh lingkungan yang ada di sekitarnya. Sehingga dapat diartikan korosi merupakan serangan yang menurunkan kualitas logam akibat interaksi kimia atau elektrokimia dengan lingkungan sekitarnya

Beberapa faktor yang dapat memicu terjadinya proses korosi pada material diantaranya adalah faktor lingkungan meliputi komposisi oksigen di udara, Ion H⁺ yang berasal dari asam, kelembapan udara, ketersediaan air, dan juga garam. Kemudian faktor lain yang disebabkan dari material itu sendiri berupa struktur logam, kemurnian bahan, serta penggabungan material lain didalamnya. Peristiwa korosi dapat menyebabkan berkurangnya efisiensi waktu penggunaan dari suatu material. Zat yang timbul akibat dari proses korosi adalah kerak berwarna kecoklatan dan sifatnya rapuh. Korosi bisa terjadi pada lingkungan kering maupun lingkungan basah. Adapun contoh korosi pada medium kering ialah reaksi logam dan oksigen (O₂), sedangkan terendahnya logam pada larutan asam sulfat merupakan contoh dari korosi pada medium basah. Banyaknya dampak yang timbul membuat banyak pihak saling memunculkan terobosan baru dengan tujuan meminimalisir kerugian yang ditimbulkan akibat peristiwa korosi.

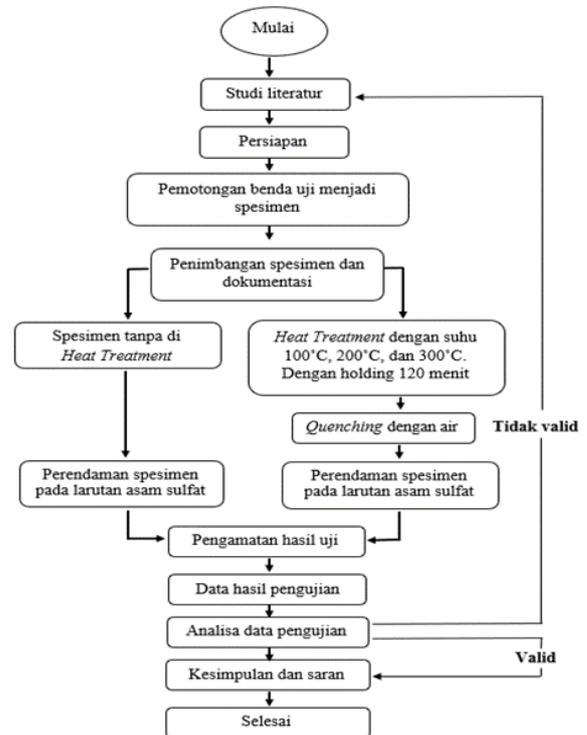
Menurut Sidiq (2013) peristiwa korosi adalah gejala alamiah yang sulit untuk dihindari, atas dasar tersebut diperlukan pengendalian proses laju korosi. Konsep

dasar pengendalian korosi pada logam adalah mengusahakan agar meminimalisir percepatan laju korosi yang terjadi. Salah satunya dengan menggunakan metode *Heat Treatment*. Metode tersebut merupakan proses pemanasan logam pada temperatur tinggi dengan tujuan merubah sifat fisis dan mekanis pada suatu logam sehingga terbentuk karakter bahan yang lebih sempurna. Besarnya kerugian yang ditimbulkan oleh korosi terhadap perusahaan khususnya industri penerbangan, maka diperlukan suatu tindakan pengendalian serta *monitoring* terhadap perkembangan laju korosi pada material sehingga dapat diprediksi lama waktu penggunaan suatu logam. Pada umumnya Teknik monitoring dibedakan menjadi beberapa metode diantaranya *weight loss* dan elektrokimia.

Pada tahun 2014 Nurbanasari melakukan penelitian tentang perilaku oksidasi Material *Ti6Al4V* pada temperatur tinggi. Oksidasi adalah jenis proses korosi yang terjadi pada temperatur tinggi. Pengamatan tersebut bertujuan untuk mengamati pengaruh oksidasi temperatur tinggi terhadap bentuk fisik dan bentuk lapisan oksida, transformasi struktur mikro, serta komposisi kimia lapisan oksida pada permukaan logam. Dari hasil pengamatan tersebut menunjukkan bahwa lapisan oksida yang terbentuk pada permukaan paduan *Ti6Al4V* yang dioksidasi pada temperatur tinggi dengan waktu lama cenderung terkelupas dan retak. Semakin tinggi temperatur oksidasi, semakin besar penambahan berat.

METODE

Penelitian ini akan dilaksanakan seperti pada Gambar 1



Gambar 1 Diagram alur penelitian

Kemudian untuk menunjang keberhasilan penelitian diperlukan beberapa alat dan bahan pendukung, Peralatan pengujian yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

a. Tungku Pemanas

Peralatan yang diperlukan dalam proses pemberian *heat treatment* pada spesimen adalah tungku/oven pemanas seperti yang ditunjukkan pada gambar 2



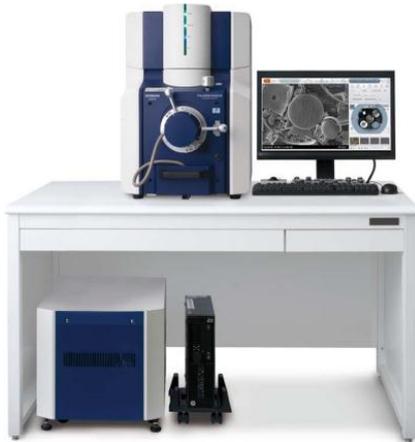
Gambar 2 Tungku pemanas

b. Timbangan

Timbangan digunakan untuk mengukur hilang massa yang terjadi pada benda uji. Adapun pengujian ini menggunakan timbangan digital kapasitas 500g dengan tingkat akurasi 0,01g

c. Tempat/wadah untuk perendaman

d. *Scanning Electron Microscope (FlexSEM 1000 II)*



Gambar 3 *Scanning Electron Microscope*

Dilengkapi dengan Energy Dispersive X-ray Spectrometer (EDS) dengan perbesaran sampai dengan 1000 μ m.

Adapun bahan utama yang digunakan pada pelaksanaan penelitian ini adalah sebagai berikut:

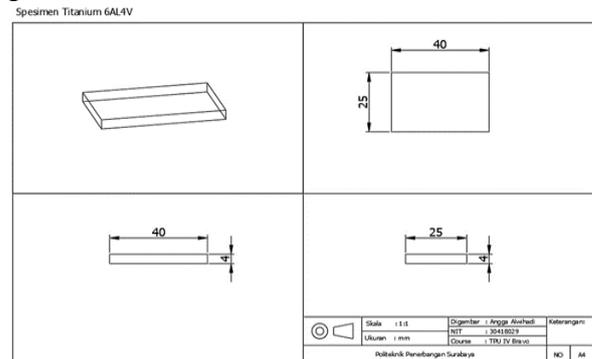
a. Titanium paduan 6AL4V

Bahan material yang digunakan dalam penelitian ini adalah paduan *Titanium*, *Aluminium* dan *Vanadium* (6AL4V).



Gambar 4 Material Titanium paduan (6AL4V)

dengan ukuran 4 x 2,3 cm sebanyak 20 spesimen, sebagaimana ditunjukkan pada gambar dibawah



Gambar 5 Dimensi Benda Uji

b. Larutan asam sulfat

Media pengkorosi yang digunakan dalam pengujian ini adalah larutan asam sulfat (H₂SO₄) dengan tingkat konsentrasi 98%

c. Aquades

Sesuai standar ASTM, sebelum benda uji ditimbang harus dibersihkan terlebih dahulu menggunakan cairan aquades

Adapun beberapa metode yang digunakan dalam penelitian adalah sebagai berikut :

Proses Perlakuan Panas

Proses heat treatment merupakan metode yang digunakan untuk merubah sifat fisis dari suatu logam sehingga terbentuk karakter logam sesuai dengan yang dikehendaki. Tahapan heat treatment meliputi *heating*, *holding* dan *cooling*. Pada penelitian ini perlakuan panas yang diberikan memiliki tiga variasi yang berbeda yaitu 100°C, 200°C dan 300°C dengan waktu penahanan selama 120 menit pada keseluruhan benda uji. Kemudian dilanjutkan dengan pendinginan cepat/*quenching* menggunakan media air mengalir selama 10-15 menit, Adapun tahapan dari proses perlakuan panas adalah sebagai berikut:

1. Persiapkan benda uji (spesimen) yang akan di *heat treatment*.
2. Mempersiapkan material logam benda uji
3. Membuka pintu tungku dilanjutkan dengan memasukan spesimen
4. Atur suhu dan waktu penahanan
5. Kemudian menekan tombol mulai
6. Apabila telah mancapai suhu dan waktu yang ditentukan secara otomatis tungku pemanas akan mati
7. Lalu buka penutup tungku dan ambil spesimen
8. Lakukan quenching denga media air selama 10-15 menit

Pengujian Weight Loss

Pengujian *weight loss* merupakan tahapan dalam mengukur laju korosi suatu logam dengan cara membandingkan hilang masa yang terjadi, kemudian dihitung dengan persamaan *Corrosion rate*. Berikut akan dijelaskan proses pengujian hilang berat:

1. Siapkan spesimen baik yang diberi perlakuan panas maupun tanpa perlakuan panas
2. Timbang berat spesimen sebagai acuan berat awal menggunakan timbangan skala 0,01 gram
3. Masukkan 15 benda uji kedalam wadah yang sudah dipisah sesuai dengan perlakuan yang diberikan pada masing-masing spesimen
4. Rendam menggunakan larutan asam sulfat sesuai standar ASTM
5. Ambil satu persatu spesimen tiap interval waktu 24 jam hingga mencapai 120 jam
6. Membersihkan spesimen menggunakan cairan aquades sebelum ditimbang
7. Timbang hasil akhir dan bandingkan dengan berat awal untuk mengetahui hilang massa yang terjadi

Data hilang berat yang telah diperoleh kemudian dimasukan kedalam rumus persamaan berikut

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

Dengan:

$CR = Corrosion Rate$ (laju korosi) (mpy)

$W = Weight loss$ (gr)

$K = Konstanta Faktor$

$D = Densitas spesimen$ (g/cm³)

$A = Luas permukaan$ (cm²)

$T = Waktu$ (*Hours*)

Pengujian Struktur Mikro

Tujuan daripada pengujian struktur mikro adalah mengamati perubahan struktur fasa pada titanium paduan setelah mengalami korosi logam akibat direndam kedalam larutan pengkorosi asam sulfat (H₂SO₄). Karena persebaran struktur mikro pada logam sangatlah kecil sehingga diperlukan kamera dengan spesifikasi khusus. Pengambilan gambar elektron dilakukan di kampus Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya. Adapaun Prinsip kerja dari (*Scanning electron Microscope*) SEM adalah sebagai berikut

1. *Electron gun* menghasilkan *electron beam* dari *filamen*. Pada umumnya *electron gun* yang digunakan adalah *tungsten hairpin gun* dengan *filamen* berupa lilitan *tungsten* yang berfungsi sebagai katoda. Tegangan yang diberikan kepada lilitan mengakibatkan terjadinya pemanasan. Anoda kemudian akan membentuk gaya yang dapat menarik elektron melaju menuju ke anoda.
2. Lensa magnetik memfokuskan elektron menuju suatu titik pada permukaan sampel.

3. Sinar elektron yang terfokus memindai keseluruhan sampel dengan diarahkan oleh koil pemindai
4. Ketika elektron mengenai sampel, maka akan terjadi hamburan elektron, baik. *Secondary Electron* (SE) atau *Back Scattered Electron* (BSE) dari permukaan sampel dan akan dideteksi oleh detektor dan dimunculkan dalam bentuk gambar pada monitor CRT.

Suhu (°C)	Waktu holding (minutes)	Waktu perendaman (Hours)	Laju Korosi (mpy)
<i>Non-Heat treatment</i>	X	24	0,0
		48	12,9
		72	17,1
		96	19,3
		120	20,6
100°C	120	24	0,0
		48	12,9
		72	12,9
		96	9,6
		120	10,3
200°C	120	24	0,0
		48	6,4
		72	8,6
		96	6,4
		120	7,7
300°C	120	24	0,0
		48	6,4
		72	4,3
		96	6,4
		120	5,1

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian laju korosi pada material Titanium paduan menggunakan larutan asam sulfat dengan variasi suhu *Heat Treatment* dibahas dengan mengambil beberapa data hilang berat, observasi visual serta pengambilan gambar struktur mikro pada benda uji guna mengetahui susunan struktur mikro selama logam mengalami proses korosi. Hasil pengujian tersebut kemudian ditampilkan dalam bentuk tabel dan diagram. Dalam menentukan besaran laju korosi paduan titanium 6AL4V menggunakan metode *Weight Loss* diperlukan data hilang berat yang terjadi setelah spesimen direndam kedalam larutan pengkorosi. Besaran masa hilang berat Titanium alloy tanpa perlakuan panas dan titanium paduan dengan variasi suhu *Heat treatment* 100°C, 200°C dan 300°C ditunjukkan pada gambar dan diagram dibawah.

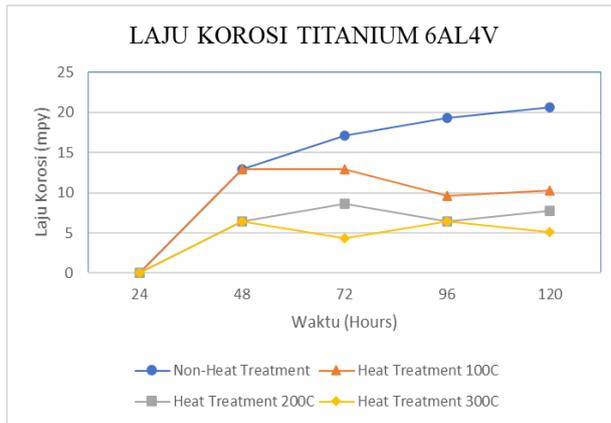
Tabel 1 hilang berat

Setelah dihitung menggunakan persamaan *Corrosion rate* maka dapat diketahui nilai laju korosi pada setiap variasi Titanium paduan. Hasil laju korosi ditunjukkan pada tabel dibawah.

Suhu (°C)	Waktu holding (minutes)	Waktu perendaman (Hours)	Berat sebelum direndam (gr)	Berat setelah direndam (gr)	Hilang Berat (gr)
<i>Non-Heat treatment</i>	X	24	17,83	17,83	0,00
		48	17,43	17,41	0,02
		72	16,24	16,20	0,04
		96	17,31	17,25	0,06
		120	17,17	17,09	0,08
100°C	120	24	17,90	17,90	0,00
		48	17,97	17,95	0,02
		72	17,53	17,50	0,03
		96	17,00	16,97	0,03
		120	16,20	16,16	0,04
200°C	120	24	16,27	17,27	0,00
		48	16,89	16,88	0,01
		72	17,36	17,34	0,02
		96	16,25	16,23	0,02
		120	17,23	17,20	0,03
300°C	120	24	17,82	17,82	0,00
		48	16,93	16,92	0,01
		72	17,07	17,06	0,01
		96	16,65	16,63	0,02
		120	16,53	16,51	0,02

Tabel 2 laju korosi

Tabel perhitungan laju korosi titanium paduan yang diperoleh pada penelitian (gambar 3) akan dipaparkan dengan menggunakan diagram garis dibawah



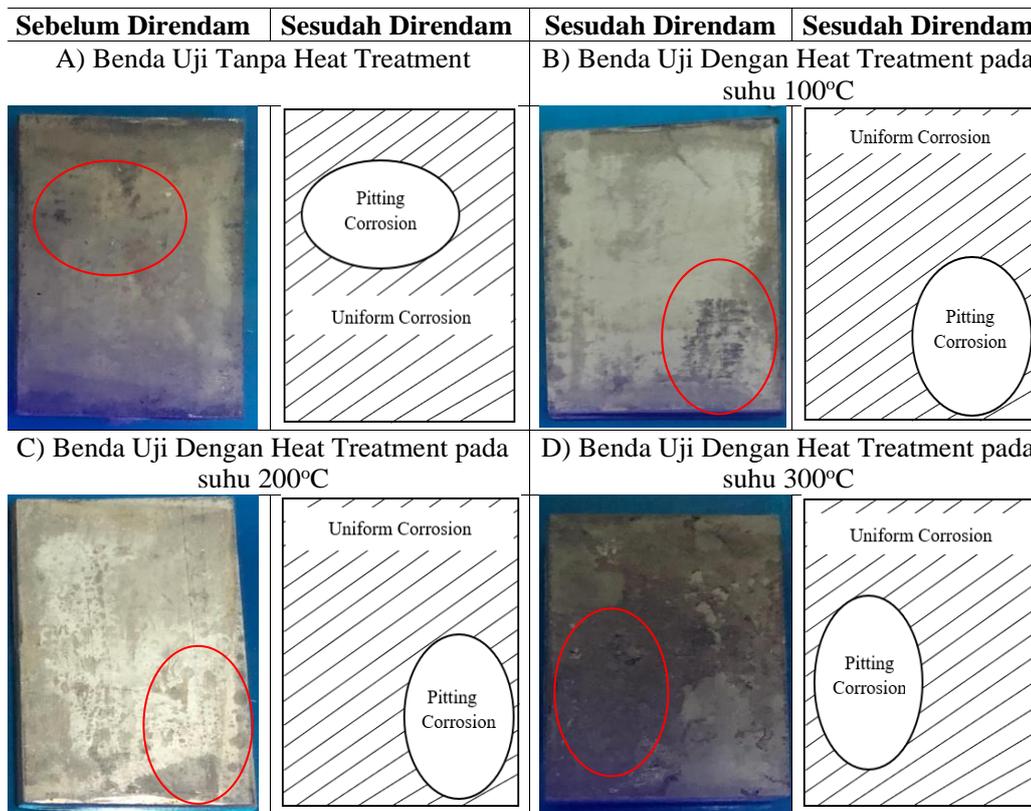
Gambar 6 Grafik perbandingan laju korosi

Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa pada perendaman 24 jam keseluruhan benda uji tanpa perlakuan panas maupun dengan perlakuan heat treatment belum mengalami laju korosi karena tidak ada hilang berat yang terjadi selama proses pengujian, sehingga nilai laju korosi masih dianggap netral yaitu 0,0 mpy. Kemudian pada perendaman 48 jam keseluruhan spesimen sudah mulai mengalami laju korosi dengan nilai weight loss antara 0.01g (6,4mpy) untuk benda uji suhu 200°C serta 300°C dan 0,02g (12,9) untuk benda uji Non Heat Treatment serta 100°C

Dihari berikutnya spesimen titanium paduan dengan perlakuan NHT mengalami weight loss sebesar 0,04g (17,1mpy), selisih 0,01 dengan benda uji suhu 100°C dengan hilang berat yang terjadi 0,03g (12,9) mpy, benda uji pada suhu Heat Treatment 200°C mengalami hilang berat sebesar 0,02g, sedangkan benda uji dengan perlakuan panas

300°C mengalami besaran weight loss yang sama dengan satu hari sebelumnya yaitu 0,01g (4,3mpy). Kemudian pada perendaman 96 jam didapati hasil spesimen tanpa Heat Treatment terus menunjukkan kenaikan laju korosi sebesar 0,06g (19.3 mpy). Lalu pada benda uji suhu 100°C terjadi hilang berat 0,03 menyentuh rate corrosion 9,6 mpy. Sedangkan benda uji dengan perlakuan panas pada suhu 200°C serta 300°C mengalami weight loss dengan besaran yang sama yaitu 0,02g (6,4 mpy). Berdasarkan gambar grafik diatas pada perendaman yang terakhir laju korosi terbesar dialami oleh spesimen tanpa perlakuan panas dengan hasil akhir 0,08 (20,6 mpy). Dan laju korosi terkecil dialami oleh benda uji yang diberikan heat treatment pada suhu 300°C dengan hilang berat 0,02 menyentuh angka 5,1 mpy. Diikuti sampel yang diberi perlakuan heat treatment pada suhu 200°C dengan laju korosi sebesar (7,7 mpy). Dan terakhir paduan titanium dengan perlakuan panas pada suhu 100°C (10,3). Sehingga dapat diambil kesimpulan bahwa pemberian *heat treatment* pada benda uji akan berpengaruh terhadap percepatan laju korosi yang dialami suatu logam.

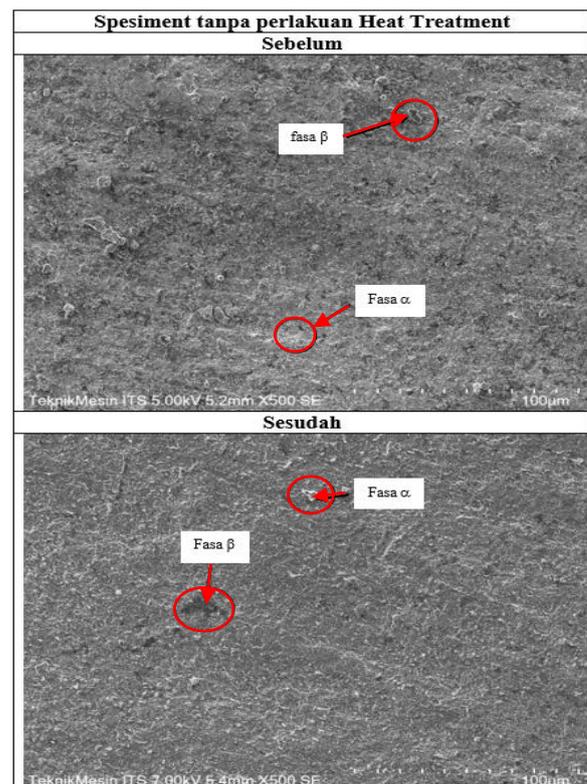
Selain perhitungan laju korosi juga dilakukan pengamatan visual pada permukaan benda uji guna mengetahui jenis korosi yang terjadi pada paduan titanium



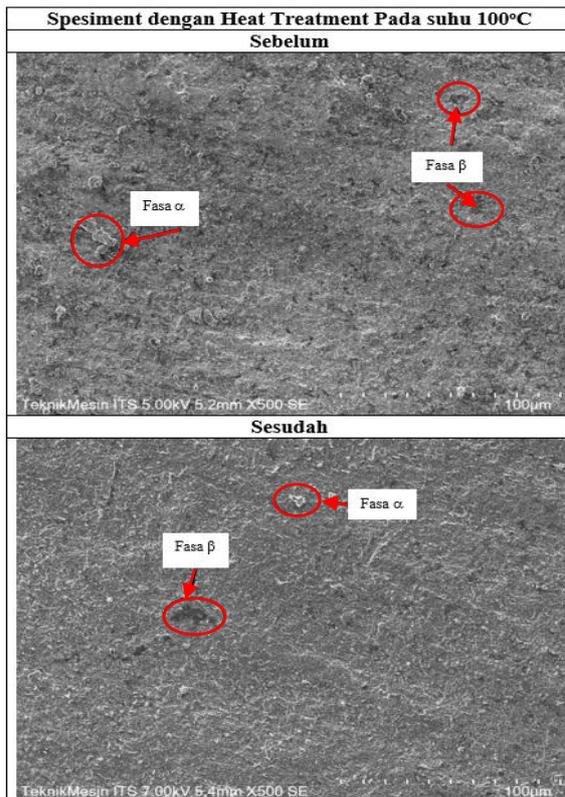
Gambar 7 Kondisi sebelum dan setelah dilakukan perendaman

berdasarkan observasi secara langsung menunjukkan bahwa jenis korosi yang timbul adalah *pitting corrosion* yang ditandai dengan cekungan-cekungan kedalam dan *uniform corrosion*, dengan serangan korosi secara merata/Sebagian. Adapun perubahan morfologi logam akibat korosi ditunjukkan pada gambar 7.

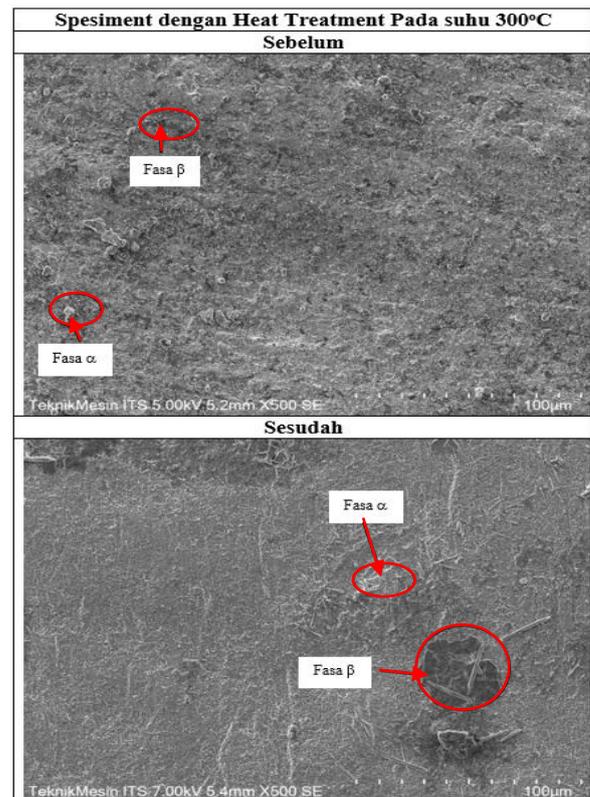
Kemudian dilanjutkan dengan pengambilan gambar dalam pengujian foto struktur mikro menggunakan mikroskop SEM EDX EVO 10 yang bertujuan untuk mengetahui perbandingan perubahan struktur sebelum dan setelah benda uji mengalami peristiwa korosi. Spesimen paduan Titanium 6AL4V yang tidak diberi *diheat treatment* dan paduan Titanium dengan variasi suhu *Heat treatment* pada suhu 100°C, 200°C dan 300°C dengan lama waktu penahanan selama 120 menit, kemudian di *quenching* menggunakan media air mengalir. Hasil pengujian ditampilkan pada gambar 5-11



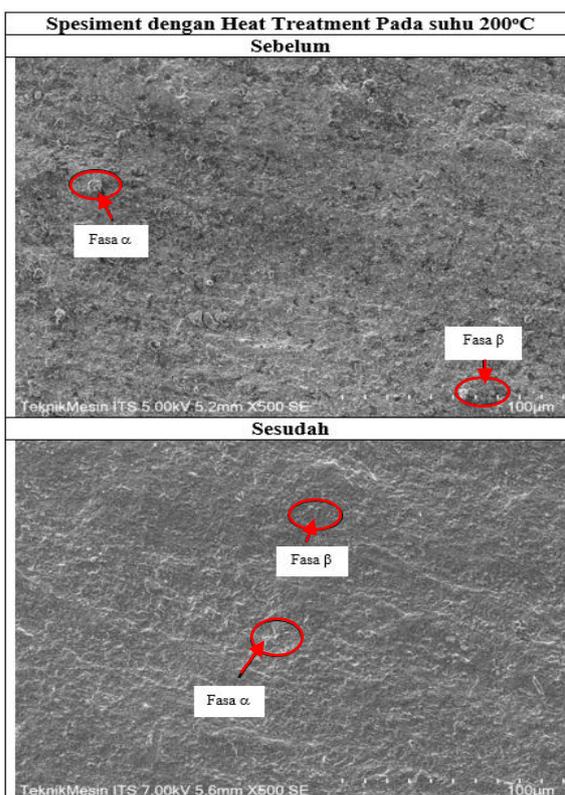
Gambar 8 Struktur Mikro Spesimen Uji tanpa perlakuan panas



Gambar 9 Struktur Mikro Spesimen Uji pada Suhu 100°C



Gambar 11 Struktur Mikro Spesimen Uji pada Suhu 300°C



Gambar 10 Struktur Mikro Spesimen Uji pada Suhu 200°C

Dari hasil pengamatan perbandingan yang ditunjukkan oleh gambar memperlihatkan bahwa tidak banyak perubahan struktur mikro yang terjadi antara sebelum direndam dan setelah spesimen direndam karena terlihat persebaran susunan struktur fasa alpha dan beta yang merata.

Pada gambar diatas akan terlihat adanya daerah gelap berbetuk butiran dan daerah terang. Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan oleh Abdul Ajiz Dkk (2015) menyatakan bahwa daerah yang cenderung gelap tersebut adalah fasa β sedangkan bagian terang merupakan fasa α daripada paduan titanium 6AL4V. Fasa alpha memiliki struktur kristal *hexagonal closed packed (HCP)* sedangkan fasa betha memiliki *body centered cubic (BCC)*. Temperatur transisi dari alpha menjadi beta disebut beta transus. Fasa alpha beta dari 1620 °F sampai titik leleh (3130 °F).

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Pemberian perlakuan panas/*Heat treatment* terbukti mampu memperlambat terjadinya proses korosi *titanium alloy*
2. Keseluruhan benda uji *Titanium alloy* dengan berbagai variasi suhu mengalami jenis korosi *uniform corrosion dan pitting corrosion*
3. Berdasarkan pengambilan foto struktur mikro menggunakan SEM peristiwa korosi tidak berpengaruh terhadap perubahan struktur mikro pada benda uji *titanium alloy*. Namun korosi mempengaruhi morfologi dari logam itu sendiri.
4. Berdasarkan kalkulasi laju korosi menggunakan metode hilang berat yang dilakukan selama 5 hari didapatkan hasil bahwa *Corrosion rate* terbesar dialami oleh benda uji tanpa proses heat treatment dengan nilai 20,3 mpy dan laju korosi terendah terjadi pada paduan titanium menggunakan Heat treatment pada suhu 300°C menyentuh angka 5,1 mpy.

Saran

Berdasarkan pelaksanaan penelitian maupun pengujian yang telah selesai dilakukan, penulis memberikan beberapa saran serta masukan sebagaimana berikut:

1. Pemberian perlakuan panas pada suatu material dapat meminimalisir terjadinya percepatan laju korosi sehingga logam tersebut memiliki nilai guna yang lebih lama
2. Diperlukan pengujian lebih lanjut dengan variasi suhu ataupun holding dalam pemberian perlakuan panas

DAFTAR PUSTAKA

- 1] Elvis A, 2010 Pengaruh Heat Treatment Terhadap Struktur Mikro dan Kekerasan Baja CrMoV Dengan Media Quenching Yang Berbeda
- 2] Husnul Hidayat, 2009 *HEAT TREATMENT*. Universitas Muhammadiyah Malang
- 3] Muh Binsar Hasim, 2017 ANALISIS LAJU KOROSI BAJA KARBON RENDAH TERHADAP LINGKUNGAN ATMOSFERIK KOTA MAKASSAR. Uin Alaudin Makassar
- 4] Nurbasari, Prajitni, Chany, *PERILAKU OKSIDASI PADUAN Ti-6Al-4V PADA TEMPERATUR TINGGI*. Fakultas Teknologi Industri ITENAS
- 5] Pertiwi, Baity, Dkk *Pengaruh Perlakuan Panas (Heat Treatment) terhadap Perubahan Sifat Mekanik Batangan Tembaga (Cu)*. Institut Teknologi Sepuluh November
- 6] Prameswari Bunga, 2008 *STUDI EFEKTIVITAS LAPIS GALVANIS TERHADAP KETAHANAN KOROSIPIPA BAJA ASTM A53 DIDALAM TANAH*. Universitas Indonesia
- 7] Prasetyo, Y. 2011. *Scanning Electron Microscope dan Optical Emission*
- 8] Rockmanto, Senopati, Sutowo, *PERLAKUAN TERMOMEKANIKAL PADUAN Ti-Al-V SEBAGAI MATERIAL IMPLAN*. Pusat Penelitian Metalurgi dan Material
- 9] Sanny Ardhya 2005, Perhitungan Laju Korosi dan Kekerasan Titanium Dalam Larutan Modifikasi Saliva Buatan dengan Menggunakan Metode Weight Loss

PROSIDING
SEMINAR NASIONAL INOVASI TEKNOLOGI PENERBANGAN (SNITP) TAHUN 2021
ISSN : 2548 – 8112 eISSN: 2622-8890

- 10] Sidiq, 2013 *ANALISA KOROSI DAN PENGENDALIANYA*. Akademi Perikanan Baruna Slawi
- 11] Zamroji, 2018 *Analisa Pengaruh Heat Treatment (Hardening) Terhadap Sifat Mekanik dan Struktur Mikro Besi COR Nodular (FCD 60)*. Universitas Pamulang, Tangerang Selatan