

Efek panas pada besi dan *stainless steel* 304 untuk penyaring udara mesin *incinerator*

Agung Sudrajad, Muhammad Rafli Gumay Putra, Sunardi

Program Studi Teknik Mesin, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
Jl. Jend. Sudirman KM 3, Cilegon, Banten, 42435
Email korespondensi: agung@untirta.ac.id

Abstrak

Udara partikulat yang ada pada lingkungan sekitar dapat memasuki tubuh makhluk hidup lewat saluran pernapasan, sehingga dapat menyebabkan iritasi pada fungsi pernapasan. Kondisi tersebut menuntut untuk memberi inovasi pada alat yang bisa menurunkan persentase peredaran polusi udara yang ada di lingkungan sekitar. Sistem filter electrostatic precipitator (ESP) ini merupakan salah satu penerapan untuk mendukung pengurangan polusi udara partikulat yang dihasilkan oleh *incinerator*. Sistem ini mempunyai nilai efisiensi sebesar 99,84%, dilihat dari nilai efisiensi sistem ESP ini sangat baik dalam mengurangi polusi udara partikulat hasil dari *incinerator*. Maka, jenis material untuk plat ESP yang digunakan pun harus yang memiliki kualitas yang baik. ESP sendiri adalah salah satu alternatif untuk penangkap debu dari hasil suatu pembakaran dengan efisiensi >99%. Material yang digunakan untuk filter udara sistem ESP pada kajian ini adalah besi dan *Stainless Steel* 304. Pengujian yang dilakukan adalah uji laju korosi dan X-Ray Diffraction (XRD), di mana material akan diukur laju korosinya dengan metode kehilangan berat dan dilihat kandungan dan unsur yang berubah menggunakan XRD. Kajian ini bertujuan untuk mengetahui material yang sesuai untuk digunakan sebagai plat pada ESP. Pada pengujian uji laju korosi ini, besi memiliki penurunan laju korosi sebesar 66% dan *Stainless Steel* 304 sebesar 73%, di mana *Stainless Steel* 304 memiliki penurunan yang lebih besar dan lebih baik dibandingkan besi. Untuk hasil Scanning Electron Microscope (SEM) EDX menunjukkan bahwa kedua spesimen setelah dipanaskan sama-sama memiliki fasa ferit perlit, namun untuk spesimen besi lebih dominan perlit, fasa *stainless steel* 304 lebih dominan ferit. Kemudian untuk hasil XRD, terdapat perubahan gelombang pada grafik spesimen besi dan *stainless steel* 304 sebelum dan sesudah dipanaskan yang berarti terdapat perubahan fasa pada kedua spesimen.

Kata kunci: besi, laju korosi, SEM, *stainless steel* 304, XRD.

Abstract

Particulate matter in the environment can give a bad effect to the body of human through the respiratory process. These conditions require researchers to innovate to reduce the air pollution. The electrostatic precipitator (ESP) filter system is one technology for reduce of particulate matter by the combustion of *Incinerator*. This system has a good efficiency and very good in reducing of particulate matter produce by *Incinerator*. The materials used for the ESP system air filter in this study were iron and *Stainless Steel* 304. The tests carried out were the corrosion rate test, and X-Ray Diffraction (XRD) where the corrosion rate of the material will be measured using the weight loss method and seen the content and elements involved. changed using XRD. The results shows that the corrosion rate test, iron has a corrosion rate decrease of 66% and *Stainless Steel* 304 by 73%. The Scanning Electron Microscope (SEM) EDX results show that after heating both specimens have the same ferrite pearlite phase but for iron specimens, pearlite is more dominant, and *stainless steel* 304 is more dominant in ferrite. While for the XRD results, there are wave changes on the graph of the iron and *stainless steel* 304 specimens before and after being heated, which means that there are differences in the phase of the two specimens.

Keywords: corrosion rate, iron, SEM, *stainless steel* 304, XRD.

1. Pendahuluan

Melihat dari banyaknya polusi berupa sampah khususnya di Indonesia, menyebabkan bencana seperti banjir dan merusak ekosistem makhluk hidup seperti hewan dan tumbuhan [1]. Untuk mengatasi polusi sampah tersebut, maka diciptakan lah *Incinerator* yang berfungsi untuk memusnahkan sampah-sampah tersebut dengan proses pembakaran. Namun, proses pembakaran juga dapat menimbulkan partikulat yang akan menjadi polusi udara [2].

Udara partikulat yang ada pada lingkungan sekitar dapat memasuki tubuh makhluk hidup khususnya manusia lewat saluran pernapasan, sehingga dapat menyebabkan iritasi pada fungsi pernapasan makhluk hidup [4]. Partikulat yang masuk dan tinggal di dalam paru-paru makhluk hidup dapat menyebabkan reaksi jangka pendek maupun jangka panjang [5].

Karena melihat dari partikulat yang banyak ini, maka kondisi tersebut menuntut untuk memberi inovasi pada alat yang bisa menurunkan persentase peredaran polusi udara partikulat yang ada di lingkungan sekitar. Sistem *filter electrostatic precipitator* (ESP) ini

merupakan salah satu penerapan untuk mendukung pengurangan polusi udara partikulat yang dihasilkan oleh *Incinerator*. Sistem ini mempunyai nilai efisiensi sebesar 99,84% dan jumlah debu atau abu yang keluar dari cerobong asap sebesar 0,16%. Dilihat dari nilai efisiensi sistem *electrostatic precipitator (ESP)*, ini lebih baik dibandingkan dengan penggunaan sistem *filter* air dalam mengurangi polusi udara partikulat hasil dari *Incinerator* [6]. Maka, jenis material yang digunakan pun harus yang memiliki kualitas dan ketahanan material yang bagus dan baik.

2. Metode

Incinerator

Incinerator adalah alat yang didesain dan biasanya digunakan untuk menghilangkan limbah padat dengan cara dibakar dengan menggunakan suatu teknologi pada suhu pembakaran tertentu, namun biasanya suhu tinggi. Sistem yang digunakan oleh alat ini adalah salah satu cara alternatif untuk mengurangi banyaknya timbunan limbah yang ada pada lingkungan. Alat ini melibatkan pembakaran menggunakan suhu yang tinggi.



Gambar 1. Incinerator design.

Electrostatic Precipitator (ESP)

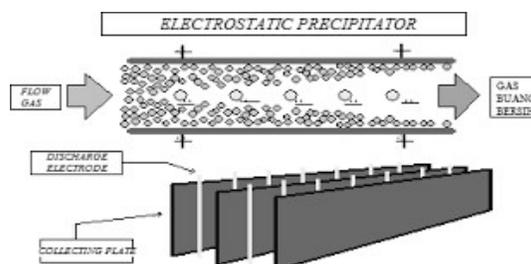
Electrostatic Precipitator merupakan salah satu komponen penting yang terdapat pada *incinerator* yang mempunyai asal nama dari kata *Electrostatic* yang berarti listrik statis dan *Precipitator* yang berarti pengendapan. *Electrostatic Precipitator* sendiri adalah salah satu alternatif untuk penangkap debu atau abu dari hasil suatu pembakaran yang memiliki efisiensi sebesar >99% dan partikel yang bisa didapat lumayan besar.

Prinsip kerja dari *ESP (Electrostatic Precipitator)* ini yaitu menggerakkan atau mengalirkan gas atau udara yang kotor melalui sebuah medan listrik yang letaknya berada di antara elektroda yang polaritasnya berlawanan. Gas atau udara yang mengandung partikulat seperti debu atau abu ini melewati medan listrik tersebut. Dengan demikian, gas dan udara yang mengandung partikulat debu atau abu ini akan dimuati oleh muatan elektron. Potensial listrik akan mengakibatkan perpindahan partikel debu atau abu yang memiliki muatan elektron tadi ke *collecting*

plate, kemudian partikel debu atau abu yang menempel pada *collecting plate* akan melepaskan muatan listriknya.

Prinsip kerja *ESP (Electrostatic Precipitator)*

Prinsip kerja dari *ESP (Electrostatic Precipitator)* ini yaitu menggerakkan atau mengalirkan gas atau udara yang kotor melalui sebuah medan listrik yang letaknya berada di antara elektroda yang polaritasnya berlawanan. Gas atau udara yang mengandung partikulat seperti debu atau abu ini melewati medan listrik tersebut. Dengan demikian, gas dan udara yang mengandung partikulat debu atau abu ini akan dimuati oleh muatan elektron. Potensial listrik akan mengakibatkan perpindahan partikel debu atau abu yang memiliki muatan elektron tadi ke *collecting plate*, kemudian partikel debu atau abu yang menempel pada *collecting plate* akan melepaskan muatan listriknya.



Gambar 2. Prinsip kerja ESP.

Material

Pada plat *Electrostatic Precipitator* terdapat beberapa material yang bisa digunakan dan masing-masing mempunyai kekurangan dan kelebihan. Besi adalah unsur kimia dengan simbol Fe, dan memiliki nomor atom 26. Merupakan logam dalam deret transisi pertama yang memiliki titik lebur sebesar 1538°C. Unsur besi terdapat dalam lingkungan rendah oksigen, tetapi reaktif dengan oksigen dan air. Permukaan besi segar tampak berkilau abu-abu keperakan, tetapi jika teroksidasi dalam udara normal menghasilkan besi berkarat.

Tabel 1. Komposisi besi.

CAS#	Nama Kimia	Persen	EINECS
7439-89-6	IRON	>97	231-096-4

Stainless Steel adalah material yang memiliki kandungan senyawa besi dan 10,5% kromium sebagai pencegah dari korosi (pengaratan logam). *Stainless Steel* bisa tahan terhadap korosi karena terbentuknya lapisan film oksida besi yang menghambat proses oksidasi besi. *Stainless Steel* memiliki titik lebur sebesar 1783,15 K atau sama dengan 1510°C dan hambatan jenis sebesar $100 \times 10^{-8} \Omega m$.

Tabel 2. Komposisi stainless steel 304.

Komponen	CAS#	%Berat
Carbon (C)	7440-44-0	0.08
Manganese (Mn)	7439-96-5	2.0
Phosphorus (P)	7723-14-0	0.045
Sulfur (S)	7704-34-9	0.030
Silicon (Si)	7440-21-3	2.0
Chromium (Cr)	7440-47-3	18.0-20.0
Nickel (Ni)	7440-02-0	8.0-12.0
Molybdenum (Mo)	7439-98-7	2.0-3.0
Nitrogen (N)	7727-37-9	0.10
Iron (Fe)	7439-89-6	Balance

Uji Laju Korosi Weight Loss

Salah satu metode untuk menguji laju korosi suatu material, dapat menggunakan metode penurunan berat pada material, metode ini dapat diterapkan untuk pengujian korosi jika spesimen benda berukuran sama dan telah diuji untuk jarak waktu yang sama. Metode ini bisa dinyatakan sebagai kehilangan berat per satuan luas atau per satuan luas per satuan waktu. Jika massa jenis benda diketahui, kehilangan ketebalan benda per satuan waktu dapat dihitung.

$$\text{Laju Korosi (m/year)} = \frac{(\omega_0 - \omega_1) \cdot 87,6 \cdot 10^4}{a \cdot t \cdot d} \quad (1)$$

Dimana:

- ω_0 = Berat mula mula benda (gr)
- ω_1 = Berat benda setelah terkorosi (gr)
- a = Luas Area (cm²)
- t = Waktu (h)
- d = Densitas benda uji (gr/cm³)

Scanning Electron Microscope (SEM) EDX

Scanning Electron Microscope (SEM) EDX adalah pengujian dengan menggunakan mikroskop elektron yang berfungsi untuk melihat permukaan dari suatu bahan, selain itu juga dapat memberikan informasi terkait komposisi kimia dalam suatu bahan, baik bahan konduktif maupun bahan non-konduktif. Kemampuan ini lah yang membuat pengujian SEM EDX banyak digunakan untuk keperluan kajian dan juga keperluan industri. Jenis mikroskop ini menggunakan elektro magnetik dan elektro statik sebagai pengganti cahaya untuk mengontrol cahaya yang masuk dan penampakan gambar yang dihasilkan.

X-Ray Diffraction (XRD)

X-Ray Diffraction X-Ray Diffraction (XRD) merupakan suatu teknik analisis cepat non-destruktif yang digunakan untuk mengidentifikasi fase bahan kristal dan dapat memberikan informasi tentang dimensi unit sel. Bahan yang dapat dianalisis oleh XRD dapat berupa bahan padat yang mempunyai struktur kristal, dan berbentuk serbuk (powder).

Metode Penelitian

Pengambilan data untuk pengujian laju korosi dengan metode kehilangan berat ini pertama membuat spesimen dari plat besi dan stainless steel 304 berukuran 3 x 5 cm, masing-masing berjumlah 3 buah dan dinamakan B1, B2, B3, SS1, SS2, dan SS3, kemudian timbang berat awal dari spesimen menggunakan timbangan digital dan catat hasilnya, setelah itu masukkan/rendam spesimen ke dalam gelas ukur yang sudah berisi cairan NaCl 3,5%, setelah itu di amkan selama 7 hari. Setelah 7 hari, masing-masing spesimen diangkat, kemudian dibersihkan, lalu lakukan penimbangan kembali dan catat hasilnya. Setelah itu rendam kembali spesimen selama 7 hari dan total perendaman menjadi 14 hari, dan lakukan hal yang sama sampai hari ke-21. Setelah 21 hari perendaman, catat hasil dari penimbangan akhir spesimen, kemudian lakukan perhitungan



menggunakan rumus laju korosi.

Gambar 3. Spesimen besi dan stainless steel 304 yang digunakan saat pengujian laju korosi.

Selanjutnya, untuk pengujian SEM EDX dan XRD, hal pertama yang dilakukan adalah membuat spesimen dengan ukuran 1 x 1 cm, masing-masing sebanyak 2 buah, kemudian lakukan pemanasan pada salah satu spesimen besi dan stainless steel 304 dengan suhu dan waktu yang sudah ditentukan. Setelah itu, lakukan pengujian SEM EDX dan XRD



untuk dilihat perbedaan data dari hasil pengujian dan melakukan perbandingan.

Gambar 4. Mesin SEM EDX.



Gambar 5. Mesin XRD.

Metode yang digunakan adalah metode eksperimen, karena kajian ini dilakukan dengan menguji plat besi dan plat *stainless steel* 304 dengan menggunakan pengujian laju korosi, SEM EDX, dan XRD. Kajian dilakukan di Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Sindang Sari.

3. Hasil dan Pembahasan

Pengujian Laju Korosi

Pengujian laju korosi dilakukan untuk mengetahui berapa besar nilai laju korosi pada spesimen besi dan *stainless steel* 304. Salah satu metode untuk mengukur laju korosi suatu material adalah metode kehilangan berat. Berikut ini adalah tabel data laju korosi dari spesimen Besi (Fe) dan *Stainless Steel* 304 yang telah direndam:

Tabel 3. Laju korosi besi (Fe) pada hari ke-7.

No.	Spesimen	Massa Awal Besi (gr)	Massa Setelah Perendaman 7 Hari (gr)	Laju Korosi (mm/y)
1	B1	8,673	8,656	0,75
2	B2	9,156	9,144	0,52
3	B3	9,354	9,344	0,44
4	Rata-rata	9,061	9,048	0,57

Tabel 4. Laju korosi besi (Fe) pada hari ke-14.

No.	Spesimen	Massa Awal Besi (gr)	Massa Setelah Perendaman 14 Hari (gr)	Laju Korosi (mm/y)
1	B1	8,656	8,641	0,33
2	B2	9,144	9,130	0,30
3	B3	9,344	9,333	0,24
4	Rata-rata	9,048	9,034	0,29

Tabel 5. Laju korosi besi (Fe) pada hari ke-21.

No.	Spesimen	Massa Awal Besi (gr)	Massa Setelah Perendaman 21 Hari (gr)	Laju Korosi (mm/y)
1	B1	8,641	8,628	0,19
2	B2	9,130	9,144	0,23
3	B3	9,333	9,322	0,16
4	Rata-rata	9,034	9,031	0,193

Tabel 6. Laju korosi stainless steel 304 pada hari ke-7.

No.	Spesimen	Massa Awal SS 304 (gr)	Massa Setelah Perendaman 7 Hari (gr)	Laju Korosi (m/y)
1	SS1	13,007	13,002	0,21
2	SS2	14,246	14,243	0,13
3	SS3	14,178	14,175	0,13
4	Rata-rata	13,810	13,806	0,156

Tabel 7. Laju korosi stainless steel 304 pada hari ke-14.

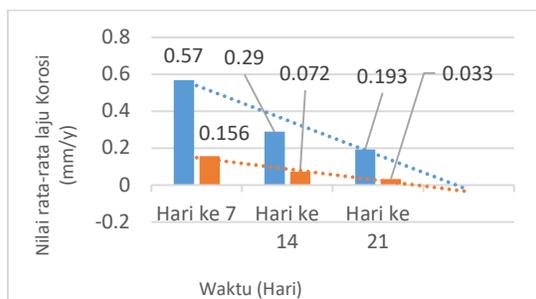
No.	Spesimen	Massa Awal SS 304 (gr)	Massa Setelah Perendaman 14 Hari (gr)	Laju Korosi (m/y)
1	SS1	13,002	12,997	0,086
2	SS2	14,243	14,240	0,065
3	SS3	14,175	14,172	0,065
4	Rata-rata	13,806	13,796	0,086

Tabel 8. Laju korosi stainless steel 304 pada hari ke-21.

No.	Spesimen	Massa Awal SS 304 (gr)	Massa Setelah Perendaman 21 Hari (gr)	Laju Korosi (m/y)
1	SS1	12,997	12,994	0,043
2	SS2	14,240	14,238	0,028
3	SS3	14,172	14,170	0,028
4	Rata-rata	13,802	13,8	0,033

Tabel di atas merupakan hasil dari pengujian korosi yang dilakukan pada material besi (Fe) dan *Stainless Steel* 304 berdasarkan lamanya waktu perendaman pada larutan NaCl 3,5% atau setara dengan pH air laut. Variabel perendaman spesimen besi tertinggi untuk laju korosi pada waktu 7 hari terdapat pada spesimen B1 yaitu sebesar 0,75 mm/y dan dengan nilai rata-rata 0,566 mm/y. Kemudian, untuk hasil tertinggi laju korosi besi pada waktu 14 hari juga terdapat pada spesimen B1 yaitu sebesar 0,33 mm/y dan dengan nilai rata-rata 0,29 mm/y. Lalu untuk hasil tertinggi laju korosi besi pada waktu 21 hari terdapat

pada spesimen B2 yaitu sebesar 0,23 mm/y dan dengan nilai rata-rata 0,193 mm/y. Kemudian, untuk variabel perendaman spesimen *Stainless Steel* 304 yang tertinggi untuk waktu 7 hari dimiliki oleh spesimen SS2 dan SS3 yaitu sebesar 0,13 mm/y dan memiliki nilai rata-rata sebesar 0,122 mm/y. Selanjutnya untuk laju korosi spesimen *Stainless Steel* 304 dalam waktu 14 hari yang memiliki nilai tertinggi pada spesimen SS1 yaitu sebesar 0,086 mm/y dan memiliki nilai rata-rata sebesar 0,086 mm/y. Kemudian untuk laju korosi tertinggi pada spesimen *Stainless Steel* 304 terdapat pada spesimen SS1 yaitu sebesar 0,043 mm/y dan dengan nilai rata-rata 0,033 mm/y.

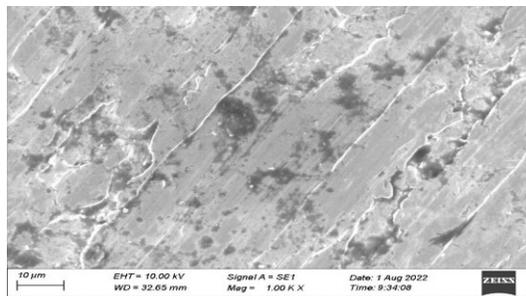


Gambar 6. Grafik laju korosi.

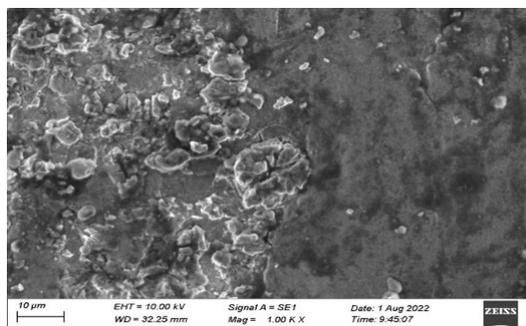
Grafik di atas menunjukkan nilai rata-rata penurunan laju korosi dari spesimen Besi (Fe) dan *Stainless Steel* 304 yang telah direndam. Hasil grafik di atas menunjukkan bahwa semakin lama waktu perendaman pada spesimen maka laju korosinya juga semakin turun. Persentase penurunan laju korosi pada spesimen besi yaitu sebesar 66% dan persentase penurunan laju korosi pada spesimen *Stainless Steel* 304 yaitu sebesar 73%. Turunnya laju korosi pada spesimen yang diuji dikarenakan oleh salah satu sifat logam yang disebut pasivasi, yang memiliki arti pembentukan lapisan film pada permukaan dari oksida suatu logam, yang tahan terhadap korosi, sehingga dapat mencegah korosi berkelanjutan.

Scanning Electron Microscope (SEM) EDX

Pengamatan pada spesimen menggunakan alat SEM EDX ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana bentuk fasa yang terbentuk dan perbedaan terhadap spesimen sebelum dipanaskan dan yang setelah dipanaskan pada waktu dan suhu yang telah ditentukan. Pengamatan ini dilakukan perbesaran sebesar 1000x pada spesimen berukuran 1 cm x 1 cm dan diberikan nama B1, B2, SS1, dan SS2, di mana B1 dan SS1 adalah spesimen sebelum dipanaskan, B2 dan SS2 adalah spesimen yang sudah dipanaskan selama 60 menit dengan suhu 757,5°C. Berikut adalah hasil SEM untuk spesimen B1 dan B2:

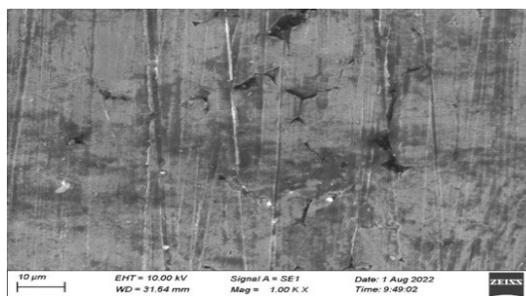


Gambar 7. Hasil SEM spesimen B1.

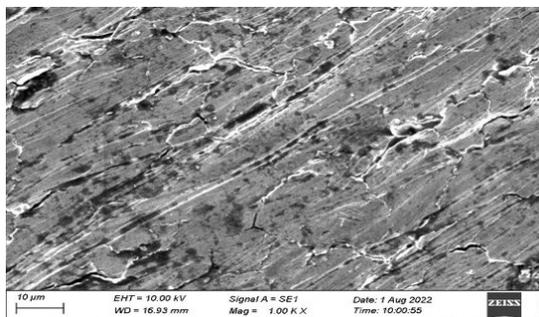


Gambar 8. Hasil SEM spesimen B2.

Hasil dari pengamatan spesimen B1 dan B2 menunjukkan spesimen setelah dipanaskan berada di fasa ferit perlit yang didominasi oleh perlit, dan terdapat perubahan warna pada spesimen B1 yang sebelum dipanaskan dan B2 yang setelah dipanaskan, dan juga terdapat bercak yang muncul pada spesimen B2, diduga perubahan warna dan munculnya bercak itu merupakan *Carbon* (C) yang muncul dan menempel setelah pemanasan pada spesimen yang sudah dipanaskan selama 60 menit dengan suhu 757,5°C. Selanjutnya, adalah hasil SEM untuk spesimen SS1 dan SS2:



Gambar 9. Hasil SEM spesimen SS1.

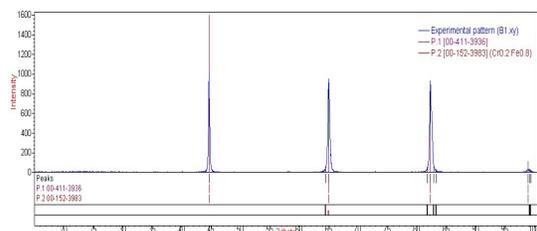


Gambar 10. Hasil SEM spesimen SS2.

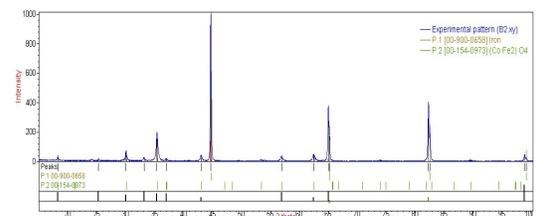
Hasil dari pengamatan spesimen SS1 dan SS2 menunjukkan setelah dipanaskan spesimen berada di fasa ferit perlit yang didominasi oleh ferit, dan terdapat perubahan warna yang tidak terlalu terlihat antara spesimen SS1 dan SS2, namun terdapat bercak hitam juga yang diduga *Carbon* (C) yang bertambah dan menempel pada spesimen SS2 yang telah dipanaskan selama 60 menit dengan suhu 757,5°C.

Pengujian XRD

Pengamatan pada spesimen menggunakan alat XRD ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana perubahan struktur dan fase kristal pada spesimen yang belum dipanaskan dan yang sudah dipanaskan pada waktu 60 menit dengan suhu tertinggi 757,5°C. Pengamatan ini dilakukan dengan menembakkan sinar-X pada spesimen B1, B2, SS1, dan SS2 yang berukuran 2 cm x 2 cm.



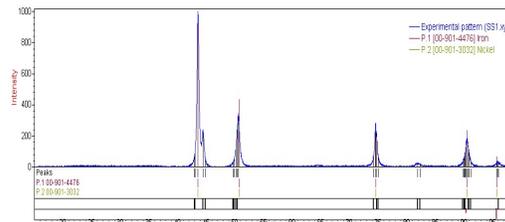
Gambar 11. Pola difraksi pada B1.



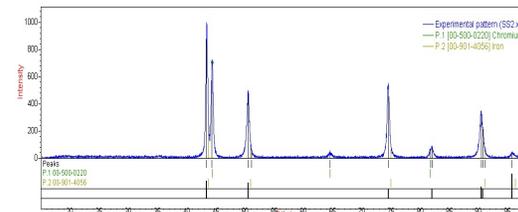
Gambar 12. Pola difraksi pada B2.

Pada kedua gambar pola difraksi di atas, setelah dianalisis menggunakan aplikasi QualX, terdapat perbedaan gelombang pada spesimen B1 dan B2, artinya terdapat perbedaan fasa pada spesimen dari sebelum dan setelah dilakukannya pemanasan. Ada perbedaan fasa pada spesimen B1 terdapat fasa Fe sebesar 79,4% dan Cr0.2 Fe0.8 sebesar 20,6% berarti bisa dikatakan B1 berada pada fasa Fe (*Iron*) dan setelah dipanaskan selama 60 menit dengan suhu

tertinggi 757,5°C, fasa Fe berubah menjadi 72,1% dan Co Fe2 O4 sebesar 27,9% yang di mana B2 juga bisa dikatakan berada pada fasa Fe (*Iron*).



Gambar 13. Pola difraksi pada SS1.



Gambar 14. Pola difraksi pada SS2.

Pada kedua gambar pola difraksi di atas, setelah dianalisis menggunakan aplikasi QualX, terdapat perbedaan panjang gelombang pada grafik pola difraksi yang berarti terdapat perbedaan fasa juga pada spesimen SS1 dan SS2 atau spesimen yang belum dan sesudah dipanaskan. Pada SS1, fasa Fe sebesar 87,8% dan fasa Ni sebesar 12,2%, berarti bisa dikatakan SS1 berada pada fasa Fe (*Iron*) dan setelah dipanaskan selama 60 menit dengan suhu tertingginya 757,5°C, fasanya berubah menjadi Fe sebesar 68,5% dan fasa Cr sebesar 31,5%, berarti SS2 juga termasuk dalam fasa Fe (*iron*).

4. Kesimpulan

Dari kajian diperoleh beberapa simpulan yakni berdasarkan hasil pengujian uji laju korosi menunjukkan bahwa material yang tahan terhadap korosi adalah material *Stainless Steel* 304, dengan hasil persentase penurunan laju korosi yang lebih besar daripada material besi. Untuk hasil *Scanning Electron Microscope* (SEM) EDX menunjukkan bahwa kedua spesimen setelah dipanaskan sama-sama memiliki fasa ferit perlit, namun untuk spesimen besi lebih dominan perlit, fasa *stainless steel* 304 lebih dominan ferit. Kemudian, untuk hasil XRD, terdapat perubahan fasa pada spesimen besi sebelum dan sesudah dipanaskan yaitu fasa Fe berubah dari 79,4% menjadi 72,1% dan ada fasa Co2 Fe Ga sebesar 27,9%. Kemudian, untuk *stainless steel* 304 terdapat perubahan fasa juga pada Fe dari 87,8% menjadi 68,5%, dan fasa terdapat fasa Cr sebesar 31,5%. Masing-masing material memiliki kelebihan dan kelemahannya sendiri, namun dipilih material *stainless steel* 304 dikarenakan material tersebut tetap bisa menangkap abu pada pembakaran, namun lebih tahan lama.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada pihak yang telah membantu dalam berjalannya kajian ini, terutama kepada orang tua penulis yang selalu mendoakan proses yang sedang dijalankan dan terima kasih kepada bapak Agung Sudrajad selaku ketua penelitian dan pembimbing pertama penulis, terima kasih untuk laboratorium terpadu Universitas Sultan Ageng Tirtayasa yang menyediakan sarana selama kajian berlangsung, terima kasih juga kepada laboratorium Proses Manufaktur Universitas Sultan Agung Tirtayasa yang juga banyak membantu dalam kajian ini, terima kasih kepada tim *Incinerator* yang namanya tidak bisa penulis sebutkan satu per satu karena sudah banyak membantu dalam menuangkan ide pada kajian ini.

Daftar Pustaka

- [1] Abdurrosyid. Pemilihan Material Penyaring Udara Portabel Bagi Keperluan Rumah Tangga dan Kantor Berbasis Elektrostatis Precipitator, 2019. Cilegon: Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
- [2] Król, Pawel & Wachowski, Marcin. Effect of Fire Temperature and Exposure Time on High-Strength Steel Bolts Microstructure and Residual Mechanical Properties, 2021. Poland: Military University of Technology.
- [3] Kovendhan, M. etc. Study of stainless steel electrodes after electrochemical analysis in sea water condition, 2019. Seoul: University of Seoul.
- [4] Harna, Daryl, dkk. Analisa Karakterisasi Baja Paduan As-Cast-Fe-Cr-Mn-Mo Dengan Komposisi Nikel Terhadap Sifat Mekanik dan Struktur Mikro Hasil Uji Balistik, 2022. Cilegon: Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
- [5] Maulana, Faris & Sulistijono. Pengaruh Temperatur Sensitisasi dan Variasi Stress Terhadap Laju Korosi SS 409 pada Lingkungan Salt Spray, 2015. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [6] Putra, Ilham, dkk. Pengembangan Baja Paduan Tahan Peluru Melalui Proses Hot-Forging Terhadap Morfologi dan Sifat mekanik, 2022. Cilegon: Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.