



Seminar Nasional Insinyur Profesional (SNIP)

Alamat Prosiding: snip.eng.unila.ac.id



Pengaruh Basal Sebagai Material Pelapis Logam Plat Ms Terhadap Laju Korosi Dalam Larutan, Asam H_2SO_4

Muh Thohirin^a, Herry Wardono^b, A. Yudi Eka Risano^c, Evan Adi Saputra^d

^{a,d} Jurusan Teknik Mesin, Universitas Sang Bumi Ruwa Jurai, Jl. Imam Bonjol No 468 Langkapura Bandar Lampung

^{b,c} Jurusan Teknik Mesin, Universitas Lampung, Jl. Prof. Soemantri Brojonegoro, Bandar Lampung 35145

INFORMASI ARTIKEL

ABSTRAK

Riwayat artikel:

Masuk 10 Agustus 2023

Diterima 10 September 2023

Kata kunci:

Basal dan Damar

Pelapis

Logam

Korosi dapat terjadi pada berbagai jenis logam seperti seng, tembaga, besi baja dan lain-lainnya, semuanya dapat terserah oleh korosi. Selain itu korosi ternyata juga mampu menyerang logam pada komponen peralatan elektronik, mulai dari computer serta peralatan canggih lainnya yang digunakan dalam berbagai aktifitas manusia. Proses terjadinya korosi hamper sama pada semua material terutama pada logam terjadi perlahan tetapi pasti, dimana material yang diperkirakan untuk pemakaian dalam waktu lama ternyata mempunyai umur yang lebih singkat dari umur pemakaian rata-ratanya. Oleh karena itu, untuk penelitian ini memaksimalkan potensi basal dengan memanfaatkan kandungan silika yang ada di dalamnya di padukan dengan getah damar yang merupakan tanaman endemi Indonesia yang banyak ditemukan di Krui dan Lampung Barat dengan dilakukan variasi ukuran butir basal yaitu 250 mesh, sebagai pelapis logam baja jenis mild steel diperuntukan melindungi logam dari korosi pada larutan asam H_2SO_4 . Analisis mikroskop optik baja lunak setelah direndam dalam larutan H_2SO_4 selama 192 jam dengan perbesaran 100x. Pengujian menggunakan mikroskop optik bertujuan untuk melihat struktur permukaan pada sampel tanpa pelapisan dan yang dilapisi. Pengujian dilakukan dengan mengamati permukaan sampel menggunakan mikroskop optik dengan perbesaran 100x. Berdasarkan Gambar 10(a) struktur permukaan pada logam besi MS tanpa pelapisan mengindikasikan bahwa baja telah terkorosi terlihat pada karat yang telah banyak terbentuk pada permukaan logam besi MS Larutan asam H_2SO_4 juga berpengaruh sangat cepat pada logam besi MS hal ini disebabkan larutan yang mempunyai pH asam < 5 akan berpengaruh terhadap lingkungan cepat terkorosi.

1. Pendahuluan

Korosi dapat terjadi pada berbagai jenis logam baik pada konstruksi bangunan, pada kendaraan, kapal laut dan peralatan yang menggunakan logam seperti seng, tembaga, besi baja dan lain-lainnya, semuanya dapat terserah oleh korosi. Selain itu korosi ternyata juga mampu menyerang logam pada komponen peralatan elektronik, mulai dari computer serta peralatan canggih lainnya yang digunakan dalam berbagai aktifitas manusia. Proses terjadinya korosi hamper sama pada semua material terutama pada logam terjadi perlahan tetapi pasti, dimana material yang diperkirakan untuk pemakaian dalam waktu lama ternyata mempunyai umur yang lebih singkat dari umur pemakaian rata-ratanya (Haqiqi, et al., 2022)

Akibat kerusakan yang ditimbulkan korosi tersebut, maka dapat dibayangkan besarnya biaya yang harus dikeluarkan untuk penanggulangan korosi tersebut. Biaya tahunan korosi logam di seluruh dunia diperkirakan lebih dari \$ 2 triliun, namun para ahli percaya 25 – 30% dapat dicegah dengan perlindungan korosi yang tepat. Proyek konstruksi yang tidak direncanakan dengan baik dapat menyebabkan bangunan yang rusak dan perlu diganti, yang merupakan pemborosan sumber daya alam dan bertentangan dengan keprihatinan global atas keberlanjutan. Selain itu, korosi dapat menyebabkan masalah keamanan, hilangnya nyawa, biaya tidak langsung tambahan, dan kerusakan reputasi, korosi merupakan masalah yang serius dalam dunia material dan sangat merugikan karena korosi dapat mengurangi kemampuan suatu konstruksi dalam menahan beban, usia bangunan konstruksi menjadi berkurang dari

waktu yang sudah direncanakan . tidak hanya itu jika tidak diantisipasi lebih awal maka akan mengakibatkan kerugian yang lebih besar antara lain bisa menimbulkan kerusakan, mengakibatkan berkurangnya ketangguhan (Setiawan, 2019)

Korosi adalah proses atau reaksi elektrokimia yang bersifat alamiah dan berlangsung dengan sendirinya , oleh karena itu korosi tidak dapat dicegah atau dihentikan sama sekali, korosi hanya bisa dikendalikan atau diperlambat lajunya sehingga memperlambat proses perusakannya. Pada korosi besi, bagian tertentu dari besi sebagai anoda , dimana besi mengalami oksidasi. $\text{Fe(s)} \rightarrow \text{Fe}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^-$ Ion besi (II) yang terbentuk pada anode akan teroksidasi membentuk besi (III) yang kemudian membentuk senyawa oksida terhidrasi $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ yang disebut karat (Sari, 2017)

Dalam perkembangannya berbagai metode telah dilakukan untuk mencegah terjadinya korosi pada logam, diantaranya adalah metode electroplating, hot dip atau galvanisasi, dan semburan atau spray (Fahmi, *et al.*, 2021).

Selain itu material yang digunakan sebagai pelapis juga mempengaruhi kekuatan logam menahan korosi dari larutan asam dan larutan garam. Salah satu bahan yang dapat digunakan sebagai material pelapis logam adalah batuan basal yang banyak mengandung SiO_2 , Al_2O_3 dan Fe_2O_3 yang dapat berfungsi sebagai pelapis, silika memiliki potensi untuk menjadi material pelapis karena memiliki daya adhesi yang baik dan dapat menahan difusi uap air, ion-ion, maupun oksigen (Rochmat, *et al.*, 2016).

Telah dilakukan penelitian sebelumnya oleh Putri (2016) menggunakan komposit yang digunakan sebagai campuran cat pelapis anti korosi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa campuran komposit polianilin dan serbuk SiO_2 dengan cat dapat mereduksi laju korosi pada baja SS 304 lebih baik daripada pelapisan yang hanya menggunakan cat.

Penelitian lainnya dilakukan oleh Syarifudin dan Tiyas (2014) yang memadukan silika dengan polimer alam getah flamboyan sebagai material pelapis. Pelapis ini merupakan perpaduan antara getah flamboyan yang fleksibel dan stabil dengan sifat silika yang memiliki daya adhesi kuat dalam menahan difusi air, ion-ion, maupun oksigen ke permukaan logam, serta memiliki ketahanan terhadap suhu dan zat-zat kimia yang cukup stabil sehingga dapat melindungi logam dari korosi.

Pemanfaatan batu basal sendiri biasanya hanya digunakan sebagai bahan konstruksi yaitu sebagai batu pondasi, agregat aspal, agregat beton dan agregat trotoar. Batu basal juga sering dimanfaatkan sebagai penghias dinding rumah, monumen dan ubin (Rajiman dan Ningrum, 2019). Seiring berkembangnya teknologi dan ilmu pengetahuan batuan basal dapat diolah menjadi basal *fiber*, basal *casting* dan keramik (Zimin dan Khodakova, 2016). Serat basal memiliki sifat tahan terhadap korosi, sukar bereaksi dengan senyawa kimia, tahan terhadap penyerapan air, kekuatan tariknya tinggi dan tidak beracun (Kamid *et al.* 2019).

Cadangan basal berjumlah 318,480,000 ton tersebar diberbagai kabupaten di Provinsi Lampung, dengan jumlah yang begitu banyak basal belum dioptimalkan secara maksimal sebagai material yang lebih bernilai ekonomis, karena selama ini hanya digunakan sebagai batuan pondasi oleh masyarakat (Amin, 2019)

Biaya untuk kontrol korosi dan servis akibat proses korosi logam sangatlah mahal. Oleh karena itu, sifat ketahanan

korosi logam menjadi bahan penelitian yang banyak dilakukan. Pelapisan merupakan salah satu cara untuk melindungi material logam dari korosi. Kerusakan yang ditimbulkan akibat korosi akan sangat besar pengaruhnya terhadap kehidupan manusia. Dari segi ekonomi akan mengakibatkan tingginya biaya perawatan, dari segi keamanan akan menyebabkan kecelakaan akibat kegagalan material (Fahrizal, 2019). Salah satu sifat mekanis dari baja kaku dan lunak adalah ketahanan terhadap korosinya yang rendah. Baja lunak dalam hal ini jenis mild steel merupakan salah satu baja yang paling sering digunakan sebagai material pipa dikarenakan kemudahannya untuk di las dan dibentuk, dengan kandungan carbon tidak lebih dari 2 % namun dengan semakin rendahnya kadar karbon maka ketahanannya terhadap korosi juga semakin rendah, salah satunya terhadap penggetasan hidrogen.

Oleh karena itu, untuk penelitian ini memaksimalkan potensi basal dengan memanfaatkan kandungan silika yang ada di dalamnya di padukan dengan getah damar yang merupakan tanaman endemi Indonesia yang banyak ditemukan di Krui dan Lampung Barat dengan dilakukan variasi ukuran butir basal yaitu 250 mesh, sebagai pelapis logam baja jenis mild steel diperuntukan melindungi logam dari korosi pada larutan asam H_2SO_4 . Pada penelitian ini akan diuji besar laju korosi dengan umur uji 48 jam, 96 jam, 144 jam dan 192 jam. Untuk mengetahui karakteristik unsur batuan basal, penelitian ini menggunakan analisis *X-Ray Fluorescence* (XRF) dan *X-Ray Fluorescence (XRF) portable* serta Mikroskop Optik (MO) untuk mengetahui struktur mikro pelapis.

2. Metodologi

2.1. Persiapan bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah logam Plat MS, basal, getah damar, *thinner*, aquades, larutan H_2SO_4 , NaOH dan alkohol.

2.2. Batu Basalt

Batu basal dihaluskan dengan cara digiling menggunakan *ball mill* selama 8 jam hingga menjadi bubuk basal. Bubuk basal tersebut disaring dengan ayakan 250 mesh.

2.3. Getah Damar

Getah damar dihaluskan dengan cara digiling menggunakan *ball mill* selama 2 jam hingga menjadi bubuk getah damar. Bubuk getah damar tersebut disaring dengan ayakan 100 mesh

Pembuatan Larutan Batu Basal dan Getah Damar

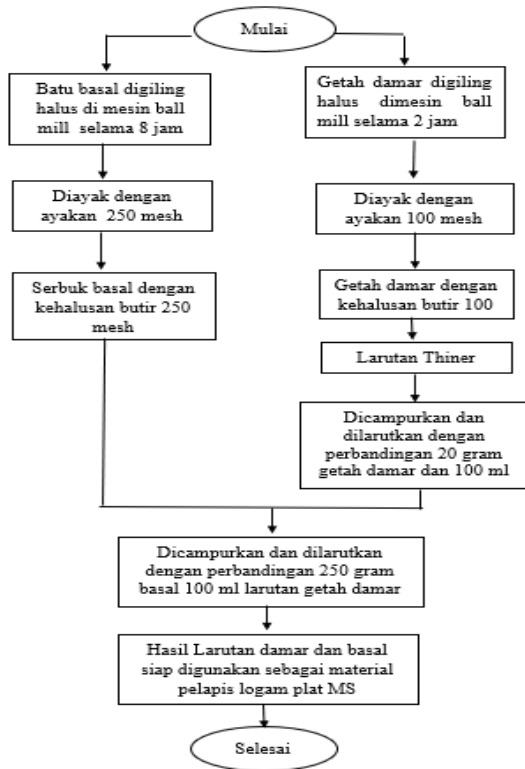
Bubuk getah damar dicampurkan dan dilarutkan dengan *thinner*. Perbandingan yang digunakan adalah 20 gram bubuk getah damar dan 100 ml *thinner*. Setelah itu larutan getah damar dicampur dan dilarutkan dengan bubuk basal. Perbandingan yang digunakan adalah 250 gram bubuk basal dan 100 ml larutan getah damar

2.4. Peralatan pendukung

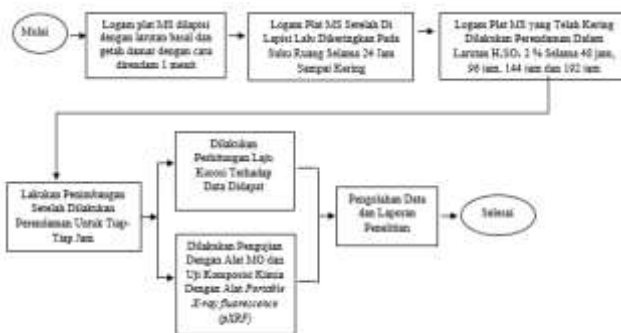
Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Ball mill* sebagai alat penghalus basal, ayakan dengan berukuran 250 mesh, amplas grade 80 dan 1000, jangka sorong, *stopwacth*, gelas ukur, plastik sampel, kertas label, *Portable X-ray fluorescence (pXRF)* dan *Optical Microscopy (MO)*.



2.1 Diagram Alir Preparasi Sampel Logam



2.2 Diagram Alir Preparasi Material Pelapis



3.2 Diagram Alir Proses Pelapisan dan Pengujian

3. Hasil dan pembahasan

Dalam penelitian laju korosi ini bahan yang digunakan sebagai material pelapis ini adalah batuan basal. Untuk mengetahui komposisi kimia yang terkandung dalam batuan basal sehingga dapat digunakan sebagai material pelapis digunakan alat karakterisasi XRF jenis Benchtop Hasil karakterisasi batuan baal dapat dilihat pada tabel 1

Tabel 1 Hasil karakterisasi XRF dari batuan basal

No.	Komposisi Kimia	Presentase (%)
1.	SiO ₂	61,26
2.	Fe ₂ O ₃	10,02
3.	Al ₂ O ₃	13,76
4.	CaO	8,78
5.	TiO ₂	1,16
6.	MgO	2,06
7.	P ₂ O ₅	1,18
8.	K ₂ O	0,89
9.	MnO	0,31

Berdasarkan hasil karakterisasi batuan basal dengan menggunakan alat XRF bahwa komposisi kimia yang terdapat pada batuan basal didominasi oleh SiO₂ sebesar 61,26%, diikuti Al₂O₃ sebesar 13,76%, diikuti Fe₂O₃ sebesar 10,02 dan CaO sebesar 8,78%. Hasil karakterisasi basal ini sesuai dengan yang dilakukan oleh Amin, 2020 yang menyatakan bahwa batuan basal yang berasal dari lampung timur didoinasi oleh keempat senyawa kimia tersebut yaitu SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, dan CaO. Dan berdasarkan hasil karakterisasi basal yang didominasi oleh SiO₂ seperti diketahui bahwa batuan SiO₂ memiliki stabilitas yang baik pada suhu tinggi, tahan terhadap lingkungan garam (Singha, 2012). Dengan cukup banyaknya komposisi kimia SiO₂ maka basalt dan getah damar cukup baik sebagai bahan pelapisan. Hal ini dikarenakan, SiO₂ memiliki daya adhesi yang baik dan dapat menahan difusi uap air, ion-ion maupun oksigen ke permukaan logam (Rochmat, 2016). Selain itu pelapis silika diharapkan dapat meningkatkan muatan permukaan dan reaktivitas terhadap material yang lain (Zhe Jia Ng, et al., 2020). Berdasarkan hasil karakterisasi maka batuan basal dpat digunakan sebagai material pelapis karena banyak mengandung SiO₂ yang cukup tinggi.

3.1. Hasil karakterisasi getah damar

Resin yang digunakan pada penelitian ini didapat dari kabupaten pesisir barat Lampung yang berjenis mata kucing, getah damar biasa juga disebut dengan resin yang biasa didapat dari getah pohon plamboyan, getah pohon damar, getah pohon pinus, yang kegunaanya berbagai macam aplikasi antara lain: pembuatan cat, pembuatan semen gigi, pembuatan tinta, pembuatan kosmetik, pembuatan lilin, pembuatan pelapis (Pratama, 2020). Komponen utama dari resin: asam resin, asam lemak, ester asam lemak, sitosterol dan sitosterol asetat, memiliki daya serap pada daerah 500-200 cm⁻¹ dan lapisan resin memiliki interaksi yang baik dengan kedua semen resin. Ini semen resin perekat diri mengandung metakrilat ester fosfat, yang bertanggung jawab untuk mengikat dentin, tetapi monomer lain juga dapat berkontribusi pada interaksi lapisan semen resin dengan lapisan resin (Stirbescu et al., 2017). Selain itu getah damar atau resin biasa diaplikasikan sebagai perekat pada cat karena getah damar mempunyai daya rekat yang cukup baik dan dapat bereaksi dengan baik terhadap metal (Kaourtis, 2018) Tabel 4.2. Hasil Karakterisasi Bahan Pelapis (Campuran antara Basal dan Getah Damar) Dalam proses pelapisan material yang digunakan adalah bahan pelapis, bahan tambahan pelapis, logam yang akan dilapis. Untuk melihat komposisi kimia pada bahan campuran yang digunakan sabagai bahan pelapis hal ini untuk melihat perubahan komposisi kimia dari bahan batuan basal dicampur damar dilakukan karakterisasi dengan menggunakan alat XRF jenis Benchtop, hasil Analisa komposisi kimia bahan campuran dapat dilihat pada tabel 2

Tabel 2. Komposisi kimia anantara basal dengan Bahan Campuran basal dan getah damar

No.	Komposisi kimia	Basal (%)	Bahan pelapis (%)
1	SiO ₂	61,26	43,17
2	Fe ₂ O ₃	10,02	21,87
3	Al ₂ O ₃	13,76	18,20
4	CaO	8,78	12,78
5	MgO	1,16	0,98
6	TiO ₂	2,06	0,88
7	P ₂ O ₅	1,18	0,25
8	K ₂ O	0,89	0,67
9	MnO	0,31	0,23

Berdasarkan hasil Analisa komposisi kimia pada tabel 2 dapat dilihat bahwa telah terjadi perubahan pada komposisi kimia antara batuan basal dengan bahan campuran basal dan getah damar, tampak ada perubahan pada SiO₂ yang pada batu basal sebanyak 61,26% menurun menjadi 43,17 hal ini dikarenakan getah damar tidak mengandung SiO₂, tetapi pada diikuti Fe₂O₃ terjadi kenaikan yaitu batu basal 10,02 naik menjadi 21,87 begitu juga dengan Al₂O₃, dan CaO juga mengalami kenaikan, hal ini disebabkan ketika batuan basal dicampur dengan bahan perekat berupa getah damar yang merupakan bahan organik maka dalam satu kesatuan bahan atau akumulasi bahan pada komponen penyusun kimia yang naik dan ada komponen yang turun tergantung dari bahan pencampurnya.

Gambar preparasi basal, pencampuran getah damar, bahan pelapis untuk logam besi 1, gambar 2, gambar 3



Gambar 1. Penghalusan Basal Dalam Ball Mill dan Preparasi Batu Basal



Gambar 2. Preparasi Getah Damar



Gambar 3. Adonan Bahan Pelapis Dengan Ukuran, 250 Mesh

3.2. Hasil Karakterisasi Logam

Dalam penelitian ini aplikasi batuan basal sebagai material pelapis diaplikasikan pada logam yang akan dilapis, dalam penelitian ini digunakan logam jenis MS. Untuk mengetahui komposisi kimia yang ada pada logam besi jenis MS maka

dilakukan dengan menggunakan alat XRF Portable. Hasil karakterisasi logam besi MS dapat dilihat pada tabel 3

Tabel 3. Hasil Karakterisasi Logam Besi MS Dengan Menggunakan Alat XRF Portable

No.	Komposisi Kimia	Presentase (%)
1.	Si	0,54
2.	Fe	99,05
3.	S	0,12
4	Cr	0,04
5	MnO	0,23
6.	C	0,01

Berdasarkan hasil karakterisasi yang terlihat pada tabel 3 bahwa logam besi yang digunakan mempunyai komposisi kimia Fe yang cukup tinggi sebesar 99,06% dan carbon sebesar 0,093%, sehingga besi logam jenis MS yang digunakan termasuk besi jenis besi carbon rendah, yaitu < 0,2 % hal ini sesuai dengan yang dikatakan oleh Kostitsyna., et al. 2019. Seperti yang terlihat pada tabel 4 standar steels sebagai acuan.

Table 4. Komposisi Kimia Logam Besi.

Sumber: Kostitsyna., et al. 2019.

Steel	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo
0,20C-Mn As Rolled	0,18	0,23	0,51	0,009	0,015	0,08	0,01
0,20C-Mn	0,19	0,22	0,54	0,009	0,003	0,008	0,02
0,15C-0,5Cr	0,15	0,23	0,53	0,008	0,002	0,64	0,01
0,10C-0,5Cr-0,2Mo	0,11	0,38	0,56	0,008	0,005	0,60	0,18

Sampel logam besi dilakukan pemotongan dengan cara memotong-motong plat strep logam besi menggunakan gerida tangan dengan ukuran tertentu, selanjutnya dilakukan preparasi sampel logam besi dengan cara direndam dalam larutan HCl, larutan NaOH larutan air dan alkohol, sampai sampel logam besi siap dilakukan pelapisan. Seperti terlihat pada gambar 4, dan gambar 5,



Gambar 4. Pemotongan Sampel Logam Besi



Gambar 5 Proses Preparasi Sampel

3.3. Pengukuran specimen sampel logam besi untuk uji laju korosi

Kode Sampel	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tebal (cm)	Luas Permukaan (cm ²)	Luas Permukaan Rata-rata (cm ²)
Sampel Blanko Tidak Dilapisi Basal					
Plat MS tanpa pelapis A1	6,30	1,80	0,20	25,92	26,65
Plat MS tanpa pelapis A2	6,50	1,80	0,20	26,72	
Plat MS tanpa pelapis A3	6,65	1,80	0,20	27,32	
Kode Sampel	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tebal (cm)	Luas Permukaan (cm ²)	Luas Permukaan Rata-rata (cm ²)
Sampel Untuk Dilapisi Basal					
Logam Besi Basal 250 mesh	7,20	1,80	0,20	29,52	29,63
Logam Besi Basal 250 mesh	7,18	1,80	0,20	29,44	
Logam Besi Basal 250 mesh	7,30	1,80	0,20	29,92	

Bila dilihat dari hasil pengukuran dari luas permukaan, ternyata luas permukaan logam berlainan antara satu dengan lain hal ini disebabkan ukuran dari sampel sendiri tidak merata dari panjangnya sedangkan untuk ukuran tebal dan lebar merata karena satu ukuran. Tidak meratanya ukuran Panjang sampel logam MS dikarenakan pemotongan yang kurang presisi karena menggunakan mesin potong gerinda

3.4. Proses Pelapisan Pada Logam Besi Dengan Pelapis Campuran.

Selanjutnya logam besi yang telah diukur permukaannya dilakukan pelapisan dengan menggunakan bahan campuran antara basal + larutan damar dengan komposisi bahan adalah : getah damar : tiner : basal = 20 gr : 100 ml : 250 gr. Ukuran butir basal yang digunakan adalah 250 mesh dan ukuran getah damar 100 mesh. Semua bahan ini diaduk sampai homogen, setelah bahan homogen siap untuk digunakan sebagai pelapis pada

Untuk memudahkan dalam perhitungan laju korosi pada logam setelah dilakukan perendaman terhadap larutan asam, maka akan dilakukan perhitungan dan salah satu unsur dalam perhitungan tersebut adalah luas permukaan sebagai pembagi dalam perhitungan, rumus laju korosi adalah sebagai berikut

$$\text{Laju Korosi} = \frac{KW}{ATD}$$

Dimana: Dengan K merupakan Konstanta Laju Korosi (mm/y), T merupakan variasi waktu pencelupan (jam), A merupakan luas permukaan sampel (cm²), W merupakan kehilangan berat sampel (gr) dan D merupakan berat jenis sampel (g/cm³) (ASTM-G31-72, 1999). Untuk mengetahui luas dari sampel yang akan digunakan maka dilakukan pengukuran dengan menggunakan alat pengukur berupa jangka sorong, hasil pengukuran luas dari sampel dapat dilihat pada tabel 5

Tabel 5 Luas Permukaan Sampel Logam Besi

logam.



Gambar 6. Sampel Logam Besi MS, Proses Pelapisan, Hasi Pelapisan

Metode pelapisan yang digunakan dalam pelapisan logam ini adalah metode spray dengan menggunakan alat *spray gun* dengan pendorong angin berasal dari alat kompresor. Pelapisan dengan *spray gun* dilakukan secara merata pada permukaan logam kesemua sisi sehingga terlapis semua

Dalam proses pelapisan dengan menggunakan alat *spray gun*, hasil yang didapat bahan pelapis menempel merata pada keseluruhan permukaan logam dan lapisan yang didapat tipis berkisar 1 mm setelah diukur dengan jangka sorong.

3.5. Proses Perendaman plat logam MS pada larutan korosi

Dalam proses ini logam besi MS yang telah dilapisi akan dilakukan uji korosi dengan cara dilakukan perendaman didalam larutan korosi berupa larutan berjenis asam yaitu larutan asam H_2SO_4 (Sabyantoro et al., 2019) (Novita et al., 2018) hal ini dikarenakan larutan asam bersifat korosif sehingga apabila dilakukan perendaman maka logam besi MS akan terkorosi atau terkikis. Akan tetapi dalam laju korosi ini akan dilihat seberapa pengaruh basal dalam melindungi logam besi MS dari korosi dengan cara direndam larutan asam. Untuk melihat seberapa besar laju korosi logam besi MS yang telah dilapisi oleh basal,

maka akan dilakukan uji perendaman selama 48 jam, 96 jam, 144 jam, 192 jam dan selanjutnya akan dilakukan penimbangan setelah direndam dengan waktu tersebut lalu akan dihitung kehilangan berat yang terjadi pada logam. Untuk melihat kehilangan berat pada logam besi MS tanpa dilapisi setelah direndam dalam larutan H_2SO_4 , dapat dilihat pada tabel 6

Tabel 6 Penimbangan berat logam besi MS tanpa pelapisan setelah direndam larutan H_2SO_4 selama 48, 96, 144 dan 192 jam

Kode Sampel	Massa Awal(g)	Massa (g) 48 Jam	Massa (g) 96 Jam	Massa (g) 144 Jam	Massa (g) 192 Jam
Sampel Blanko Tidak Dilapisi Basal					
Larutan H_2SO_4 ke 1	14,8882	14,7856	14,7004	14,6497	14,5411
Larutan H_2SO_4 ke 2	16,4370	16,3346	16,2491	16,1681	16,0697
Larutan H_2SO_4 ke 3	16,3230	16,2160	16,1088	16,0091	15,9045
Rata-rata	15,8806	15,7787	15,6861	15,6089	15,5051

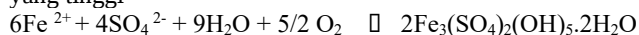
Dari hasil penimbangan berat logam MS pada tabel 6, maka dilakukan perhitungan kehilangan berat logam MS tanpa

pelapisan setelah direndam larutan H_2SO_4 , selama 48, 96, 144 dan 192 jam

Tabel 7. Kehilangan berat logam besi MS tanpa dilapisi setelah direndam dengan larutan H_2SO_4 , selama 48, 96, 144 dan 192 jam

Kode Sampel	Perendaman (g) 48 Jam	Perendaman (g) 96 Jam	Perendaman (g) 144 Jam	Perendaman (g) 192 Jam
Sampel Blanko Tidak Dilapisi Basal				
Larutan H_2SO_4 ke 1	0,1026	0,1878	0,2385	0,3471
Larutan H_2SO_4 ke 2	0,1024	0,1879	0,2689	0,3673
Larutan H_2SO_4 ke 3	0,1070	0,2142	0,3139	0,4185
Rata-rata	0,1107	0,1966	0,2738	0,3776

Dari data tabel 6 dapat dilihat bahwa semakin lama waktu perendaman semakin banyak logam besi MS yang terkorosi oleh larutan asam H_2SO_4 dari 48 jam, 96 jam, 144 jam sampai 192 jam, hal ini disebabkan larutan H_2SO_4 mempunyai tingkat kereaktifan yang tinggi



Terbentuknya senyawa iron sulfate hydrate disebabkan larutan H_2SO_4 yang sangat reaktif terhadap logam ini terbukti dengan terbentuknya lapisan berwarna coklat kekuningan pada logam dan terjadi endapan, hal ini menunjukan tingkat kereaktifan dari larutan H_2SO_4 yang mengakibatkan terjadinya

korosi pada logam lebih besar seiring dengan semakin lama waktu perendaman (Widyanto, et al, 2016). Akibat dari reaksi tersebut diatas elektrolit di dalam lubang memperoleh muatan listrik positif berbeda dengan elektrolit yang mengelilingi lubang, yang menjadi bermuatan negatif sedangkan yang bermuatan positif lubang menarik ion negatif sulfat untuk meningkatkan keasaman elektrolit sesuai dengan yang berikut reaksi (Abdelfatah et al, 2021)

Berdasarkan tabel 5 dan 6, maka akan dihitung laju korosi dari logam besi MS tanpa dilapisi basal dan getah damar terhadap waktu perendaman dengan larutan H_2SO_4 selama 48, 96, 144, dan 192 jam

Tabel 8. Laju Korosi MS tanpa dilapisi basal dan getah damar setelah direndam dengan larutan H_2SO_4 selama 48, 96, 144, dan 192 jam

Kode Sampel	Laju korosi (mm/y) 48 J	Perendaman (mm/y) 96 J	Perendaman (mm/y) 144 J	Perendaman (mm/y) 192 J
Sampel Blanko Tidak Dilapisi Basal				
Larutan H_2SO_4 1	0,9202	0,9812	1,0479	1,2224
Larutan H_2SO_4 2	0,8909	0,9566	1,0148	1,1728
Larutan H_2SO_4 3	0,9105	0,9735	1,0197	1,1800
Rata-rata	0,9072	0,9704	1,0275	1,1917

Berdasarkan hasil perhitungan laju korosi terhadap logam besi MS yang terlihat pada tabel 8 dan gambar 7 bahwa semakin lama perendaman dalam larutan asam H_2SO_4 laju korosi semakin tinggi hal ini dikarenakan logam besi MS terserang secara langsung oleh larutan elektrolit H_2SO_4 yang mempunyai sifat agresif (Mehmeti and Berisha 2017) terhadap logam baja hal ini disebabkan juga karena tidak dilindunginya logam besi oleh pelapis. Dengan tidak terlindunginya logam besi MS maka unsur Pospor yang ada pada logam akan bereaksi secara cepat dengan larutan asam H_2SO_4 sehingga peningkatan korosi semakin cepat (Suwarno and Muhammad Nashir, 2020).

Berdasarkan perhitungan laju korosi pada logam besi MS yang tidak dilindungi atau dicoating dengan pelapis, terlihat bahwa semakin lama waktu perendaman dengan larutan asam H_2SO_4 maka semakin tinggi laju korosi pada logam besi MS. Kenaikan laju korosi saat logam besi MS direndam selama 48 jam sebesar 0,69%, direndam selama 96 jam sebesar 1,24%, direndam selama 144 jam sebesar 1,72%, dan direndam selama 192 jam sebesar 2,38%. Terlihat juga bahwa saat logam besi MS dilakukan perendaman dengan larutan asam H_2SO_4 dalam waktu 48 jam maka laju korosi rata-rata sebesar 0,9072 mm/y, perendaman dalam waktu 96 jam maka laju korosi rata-rata sebesar 0,9704 mm/y, perendaman dalam waktu 144 jam maka laju korosi rata-rata sebesar 1,0275 mm/y, dan perendaman dalam waktu 192 jam maka laju korosi sebesar 1,1917 mm/y.

Berdasarkan Standar ASTM G102-23 tentang standar laju korosi pada logam dan yang disampaikan oleh Jones, 1996., maka saat logam besi MS dilakukan perendaman dalam waktu 48 dan 96 jam laju korosi yaitu sebesar 0,9072 mm/y dan 0,9704 mm/th maka logam besi MS dapat menahan korosi cukup baik dari larutan asam H_2SO_4 karena standarnya adalah 0,5 - 1 mm/y (Abdelfatah et al, 2022). Sedangkan ketika logam besi MS dilakukan perendaman selama 144 jam dan 192 jam maka logam besi MS termasuk jelek dalam menahan korosi dengan waktu perendaman lebih dari 6 hari hal sedangkan standar logam besi jelek dalam menahan korosi terhadap larutan asam adalah sebesar 1 – 5 mm/th, ini disebabkan logam besi rata-rata memiliki unsur Pospor yang sangat cepat bereaksi dengan larutan asam H_2SO_4 sehingga semakin mempercepat terkorosinya logam tersebut (Subasree et al, 2018). Untuk menghambat laju korosi seharusnya dilakukan pelapisan pada logam besi agar dapat menahan atau menghambat laju korosi terhadap logam itu sendiri.

Untuk melihat apakah laju korosi pada logam besi MS setelah dilapisi dengan basal, yang direndam dengan larutan asam H_2SO_4 kenaikan laju korosi semakin hari semakin meningkat. Untuk melihat hal tersebut dapat dilihat pada tabel 9,

Tabel 9, Kehilangan berat logam besi MS yang dilapisi Basal dan direndam larutan asam H_2SO_4 .

Kode Sampel	Massa Awal(g)	Massa (g) 48 Jam	Massa (g) 96 Jam	Massa (g) 144 Jam	Massa (g) 192 Jam
Sampel Logam Besi MS Yang Dilapisi Basal					
Larutan H_2SO_4 ke 1	16,4545	16,4113	16,3752	16,3565	16,3427
Larutan H_2SO_4 ke 2	16,4503	16,4078	16, 3708	16,3501	16,3381
Larutan H_2SO_4 ke 3	16,4596	16,4116	16, 3804	16,3590	16,3471
Rata-rata	16,4548	16,4102	16,3754	16,3552	16,3426

Dari hasil penimbangan berat logam MS yang dilapisi basal pada tabel 9, maka dilakukan perhitungan kehilangan berat logam MS yang dilapisi basal setelah direndam larutan H₂SO₄, selama 48, 96, 144 dan 192 jam

Untuk melihat perbandingan kehilangan berat besi logam MS yang tanpa dilapisi dengan yang dilapisi dapat dilihat pada gambar 7.

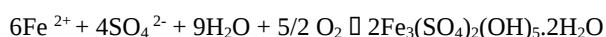


Gambar 7. Perbandingan kehilangan berat antara logam besi MS yang dilapisi dengan yang tidak dilapisi

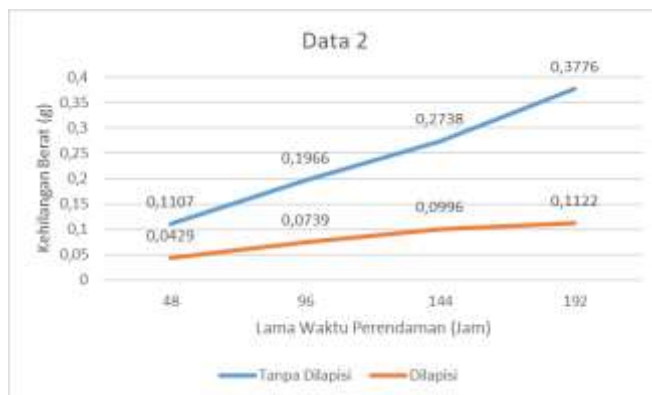
Tabel 10. Kehilangan berat logam besi MS yang dilapisi basal setelah direndam dengan larutan H₂SO₄, selama 48, 96, 144 dan 192 jam

Kode Sampel	Perendaman (g) 48 Jam	Perendaman (g) 96 Jam	Perendaman (g) 144 Jam	Perendaman (g) 192 Jam
Sampel Logam Besi MS yang Dilapisi Basal				
Larutan H ₂ SO ₄ ke 1	0,0432	0,0793	0,0980	0,1118
Larutan H ₂ SO ₄ ke 2	0,0425	0,0795	0,1002	0,1122
Larutan H ₂ SO ₄ ke 3	0,0430	0,0792	0,1006	0,1125
Rata-rata	0,0429	0,0793	0,0996	0,1122

Dari data tabel 10 dapat dilihat bahwa semakin lama waktu perendaman semakin banyak logam besi MS yang terkorosi oleh larutan asam H₂SO₄ dari 48 jam, 96 jam, 144 jam sampai 192 jam, hal ini disebabkan larutan H₂SO₄ mempunyai tingkat kereaktifan yang tinggi



Terbentuknya senyawa iron sulfate hydrate disebabkan larutan H₂SO₄ yang sangat reaktif terhadap logam ini terbukti dengan terbentuknya lapisan berwarna coklat kekuningan pada logam dan terjadi endapan, hal ini menunjukkan tingkat kereaktifan dari larutan H₂SO₄ yang mengakibatkan terjadinya korosi pada logam lebih besar seiring dengan semakin lama waktu perendaman (Widyanto, et al., 2016). Akibat dari reaksi tersebut diatas elektrolit di dalam lubang memperoleh muatan listrik positif berbeda dengan elektrolit yang mengelilingi lubang, yang menjadi bermuatan negatif sedangkan yang bermuatan positif lubang menarik ion negatif sulfat untuk meningkatkan keasaman elektrolit sesuai dengan yang berikut reaksi (Abdelfatah et al., 2021). Untuk melihat kehilangan berat antara logam besi MS yang tanpa dilapisi dengan yang dilapisi dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 8. Perbandingan kehilangan berat logam besi MS tanpa dilapisi dengan dilapisi setelah direndam larutan asam H₂SO₄

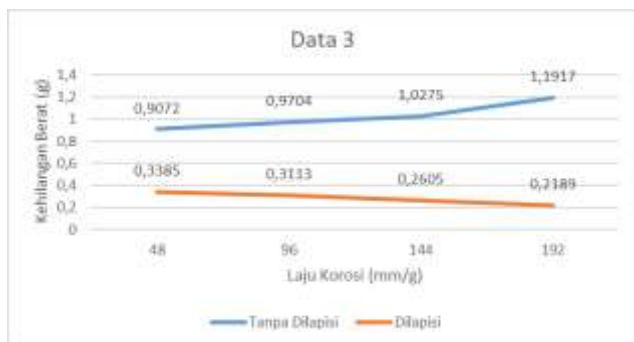
Berdasarkan tabel 8 dan 9, maka akan dihitung laju korosi dari logam besi MS dilapisi basal dan getah damar terhadap waktu perendaman dengan larutan H₂SO₄ selama 48, 96, 144, dan 192 jam dapat dilihat pada tabel 11

Tabel 11. Laju korosi logam Besi MS yang dilapisi basal dan getah damar setelah direndam dengan larutan H₂SO₄ selama 48, 96, 144, dan 192 jam

Kode Sampel	Laju korosi (mm/y) 48 J (mm/th)	Perendaman (mm/y) 96 J (mm/th)	Perendaman (mm/y) 144 J (mm/th)	Perendaman (mm/y) 192 J (mm/th)
Sampel Logam Besi MS Dilapisi Basal				
Larutan H ₂ SO ₄ 1	0,3402	0,3122	0,2573	0,2190

Larutan H ₂ SO ₄ 2	0,3411	0,3139	0,2637	0,2204
Larutan H ₂ SO ₄ 3	0,3341	0,3077	0,2606	0,2174
Rata-rata	0,3385	0,3113	0,2605	0,2189

Dari tabel 8 dan 11, perbandingan laju korosi terhadap logam besi MS tanpa dilapisi dengan yang dilapisi basal dan damar setelah direndam larutan asam H₂SO₄ terlihat pada gambar 9



Gambar 9. Perbandingan laju korosi antara logam besi MS tanpa dilapisi dengan dilapisi dengan basal dan getah damar

Berdasarkan tabel 11 dapat dilihat bahwa laju korosi pada logam besi MS yang dilapisi dengan basal dan setelah dilakukan perendaman dengan larutan asam H₂SO₄ selama 48, 96, 144, dan 192 jam, semakin lama waktu perendaman maka semakin rendah laju korosi. Pada waktu perendaman selama 48 jam laju korosi sebesar rata-rata 0,3385 mm/y, perendaman selama 96 jam laju korosi sebesar 0,3113 mm/y, perendaman selama 144 jam laju korosi sebesar 0,2605 mm/y dan perendaman selama 192 jam laju korosi sebesar 0,2189 mm/y. Dengan bertambahnya waktu perendaman maka nilai laju korosi akan menurun.

Nilai laju korosi yang semakin menurun seiring bertambahnya waktu perendaman disebabkan adanya fenomena *passivasi*. *Passivasi* adalah peristiwa pembentukan lapisan (oksida) akibat reaksi logam dengan media dan bertindak sebagai pelindung bagian dalam logam dari korosi. Dari hasil nilai laju korosi tersebut menyatakan bahwa, logam besi MS yang setelah dilapisi menggunakan basal dan getah damar mampu memperlambat laju korosi. Penelitian terkait yang dilakukan oleh Rochmat (2016) memperkuat hasil penelitian yang menyatakan bahwa paduan silika dan polimer alam mampu menghambat terjadinya korosi pada plat MS. Hasil penelitian yang menyatakan bahwa polimer alam berupa getah damar mampu melindungi logam dari korosi. Sehingga penggunaan silika yang terkandung dalam basalt dengan daya adhesif untuk melindungi, dicampurkan polimer alam berupa getah damar dengan sifat fleksibel dan melekat inilah yang mampu memperlambat laju korosi.

Hal ini berbeda dengan laju korosi pada logam besi MS yang tidak dilapisi basal dan getah damar tidak mampu menahan laju korosi, hal disebabkan tidak terjadinya peristiwa pembentukan lapisan (oksida) yang mengakibatkan reaksi logam dengan media dan tidak berfungsi sebagai pelindung bagian dalam logam dari korosisehingga terjadinya korosi pada logam besi MS yang tidak terlapisi besar kemungkinan akan mengalami korosi yang lebih besar.

Berdasarkan hasil perhitungan diatas menyatakan juga bahwa, logam besi MS yang tanpa dilapisi oleh pelapisan menggunakan basal 250 mesh memiliki nilai laju korosi lebih besar dibandingkan dengan logam besi MS yang dilapisi oleh pelapisan basal 250 mesh. Sehingga dapat dikatakan bahwa ukuran basal dapat mempengaruhi laju korosi, karena semakin kecil ukuran basalt maka pelapisan akan semakin rapat dan tidak

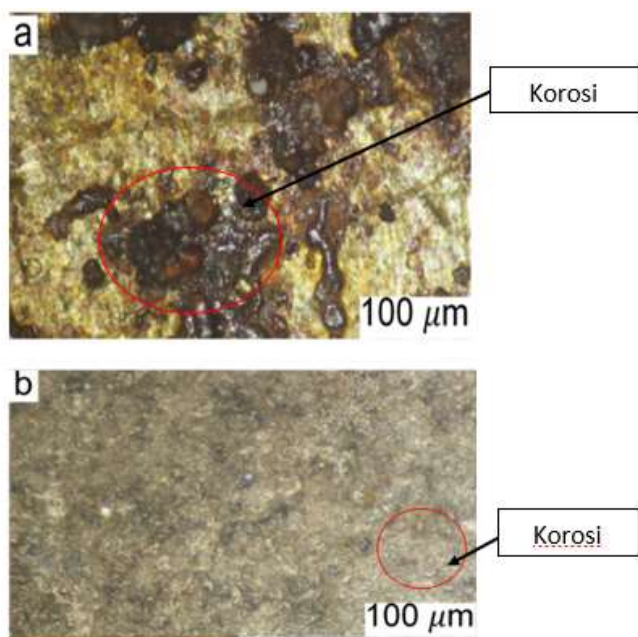
memudahkan larutan H₂SO₄ untuk mengkorosi lebih cepat permukaan logam besi MS. Penelitian yang dilakukan oleh (Ilyasu, 2012) memperkuat hasil penelitian tersebut dengan menyatakan bahwa tingkat keasaman atau Ph lingkungan merupakan salah satu faktor penyebab terjadinya korosi lebih tinggi terhadap logam besi yang tanpa dilapisi, hal ini terjadi karena H₂SO₄ merupakan asam pekat dengan tingkat korosif yang tinggi.

Besar laju korosi pada sampel tanpa pelapisan berkisar antara 1–3 mm/y, berdasarkan tabel 4 nilai tersebut bahwa laju korosi pada logam besi MS tanpa dilapisi basal dan getah damar mempunyai laju korosi dalam katagori kurang baik yaitu sebesar 0,9072 – 1,1917 mm/y kurang baik dan jelek, hal ini dikarenakan logam besi MS tanpa dilakukan perlindungan yaitu tanpa dilapisi sehingga ketika terkena larutan asam H₂SO₄ cepat sekali mengalami korosi setelah dilakukan perendaman dari 48 jam sampai 192 jam.

Sedangkan logam besi MS yang dilakukan perlindungan dengan cara dilapisi basal dan getah damar setelah dilakukan perendaman dengan larutan asam H₂SO₄ mengalami korosi sebesar 0,3385 pada perendaman 48 jam dan 0,2189 sampai perendaman 192 jam. Nilai laju korosi yang semakin menurun seiring bertambahnya waktu perendaman 48, 96, 144 dan 192 jam berturut-turut sebesar 0,3385, 0,3113, 0,2605 dan 0,2189 mm/y disebabkan adanya fenomena *passivasi*. *Passivasi* adalah peristiwa pembentukan lapisan (oksida) akibat reaksi logam dengan media dan bertindak sebagai pelindung bagian dalam logam dari korosi. Dari hasil nilai laju korosi tersebut menyatakan bahwa, logam besi MS yang setelah dilapisi menggunakan basal dan getah damar mampu memperlambat laju korosi. Dan berdasarkan tabel 4 maka laju korosi logam besi yang dilapisi dengan basal dan getah damar akan mengalami penurunan laju korosi seiring dengan bertambahnya waktu perendaman termasuk Baik karena standar adalah antara 0,1 – 0,5 mm/y

3.6. Hasil Karakterisasi Mikroskop Optik

Untuk melihat fenomena terhadap struktur perubahan apa yang terjadi pada logam besi MS tanpa dilapisi basal dan getah damar dibandingkan dengan logam besi MS yang dilapisi basal dan getah damar setelah mengalami perendaman dengan larutan asam H₂SO₄ maka akan dilakukan karakterisasi dengan menggunakan alat Mikroskop Optik. Untuk melihat perubahan struktur pada logam besi MS dapat dilihat pada gambar 10.



Gambar 10. Logam besi MS tanpa dilapisi (a) dan logam besi MS yang dilapisi (b)

Gambar 10. menampilkan hasil analisis mikroskop optik baja lunak setelah direndam dalam larutan H_2SO_4 selama 192 jam dengan perbesaran 100x. Pengujian menggunakan mikroskop optik bertujuan untuk melihat struktur permukaan pada sampel tanpa pelapisan dan yang dilapisi. Sampel dengan dilapisi basal 250 mesh dan getah damar setelah direndam dalam larutan H_2SO_4 , tanda (○) pada Gambar 10(b) mengindikasikan korosi yang telah terbentuk pada permukaan sampel berupa karat, akan tetapi masih sedikit, semakin menurunnya tingkat laju korosi pada logam besi MS yang dilapisi seiring dengan bertambahnya waktu perendaman hal ini disebabkan laju korosi MZ secara bertahap menurun selama 20 hari pertama, dan film produk korosi yang stabil terbentuk di permukaan MZ setelah 20 hari (Xing et al, 2023). Pengujian dilakukan dengan mengamati permukaan sampel menggunakan mikroskop optik dengan perbesaran 100x. Berdasarkan Gambar 10(a) struktur permukaan pada logam besi MS tanpa pelapisan mengindikasikan bahwa baja telah terkorosi terlihat pada karat yang telah banyak terbentuk pada permukaan logam besi MS (Saeed et al, 2020). Larutan asam H_2SO_4 juga berpengaruh sangat cepat pada logam besi MS hal ini disebabkan larutan yang mempunyai pH asam < 5 akan berpengaruh terhadap lingkungan cepat terkorosi (Rippy et al, 2022)

Berdasarkan hasil MO terhadap logam besi MS yang tanpa dilapisi dengan yang dilapisi basal dan getah damar terlihat bahwa ada perbedaan yang sangat signifikan hal ini terjadi disebabkan logam besi MS tanpa dilapisi akan cenderung mengalami korosi yang lebih cepat dan lebih banyak dibandingkan dengan logam besi MS yang dilapisi basal dan damar.

4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Basal dan getah damar dapat digunakan sebagai pelindung dan menahan laju korosi pada logam besi MS0
2. Kandungan SiO_2 pada batu basal sebesar 61,26% mengalami penurunan setelah dicampur dengan getah damar menjadi 43,17%. Penurunan ini diakibatkan komposisi getah damar tidak didominasi oleh SiO_2

3. Logam besi jenis MS yang digunakan mempunyai komposisi kimia Fe yang cukup tinggi sebesar 99,06% dan carbon sebesar 0,093%, sehingga besi logam jenis MS yang digunakan termasuk besi jenis besi carbon rendah, yaitu < 0,2 %
4. Hasil kehilangan massa menunjukkan bahwa logam besi MS tanpa pelapisan mengalami kehilangan berat yang lebih besar dibandingkan dengan logam besi MS yang dilapisi basal dan getah damar
5. Logam besi MS tanpa dilapisi lebih banyak mengalami kehilangan berat dan terjadinya korosi dibandingkan dengan logam besi MS yang dilapisi basal dan getah damar ketika terendam dalam larutan asam H_2SO_4
6. Nilai laju pada sampel tanpa pelapisan berkisar antara 0,9072 – 1,1917 mm/y, nilai tersebut memenuhi kategori ketahanan korosi kurang baik. Besar laju korosi pada sampel dengan pelapis campuran basal 250 mesh dan getah damar berkisar 0,2189 – 0,3385 mm/y, nilai tersebut masuk dalam ketahanan korosi baik. Besar laju korosi pada

Daftar pustaka

Daftar pustaka harus disusun berdasar urutan huruf alfabet tanpa penomoran. Jarak antar daftar pustaka adalah 1 spasi dengan identifikasi hanging 1.7 cm:

(a) Daftar pustaka dari suatu **jurnal ilmiah** ditulis:

- Andarany Kartika Sari, 2017, STUDI KARAKTERISASI LAJU KOROSI LOGAM ALUMINIUM DAN PELAPISAN DENGAN MENGGUNAKAN MEMBRAN SELULOSA ASETAT, Jurnal Teknik Mesin (JTM): Vol. 06, No. 1, Februari 2017, pp.36-40
- A. Valbon, M. A. Neves, and A. Echevarria, "Anticorrosive effect of PVP 40000 against AISI 1020 carbon steel in HCl," , 2018, Materials Research, vol. 21, no. 6, article e20170847
- Afandi, Y. K., Irfan, S. A., dan Amiadji. 2015. Analisa Laju Korosi pada Pelat Baja Karbon dengan Variasi Ketebalan Coating. Jurnal Teknik ITS. Vol. 4 No. 1. Hal G1-G5.
- Amjad Iqbal, Sumera Siddique, Moazam Maqsoo, Muhammad Atiq Ur Rehman and Muhammad Yasir, 2020, Comparative Analysis on the Structure and Properties of Iron-Based Amorphous Coating Sprayed with the Thermal Spraying Techniques, MDPI, Coatings, Coatings 2020, 10, 1006; doi:10.3390/coatings10101006
- Aliaa Abdelfatah, A. M. Raslan, Lamiaa Z. Mohamed, 2022, Corrosion Characteristics of 304 Stainless Steel in Sodium Chloride and Sulfuric Acid Solutions, Int. J. Electrochem. Sci., 17 (2022) Article Number: 220417, doi: 10.20964/2022.04.29
- Clemens Reimann, Anna Ladenberger, Manfred Birke, Patrice de Caritat, 2016, Low density geochemical mapping and mineral exploration: application of the mineral system concept, Geochemistry: Exploration, Environment, Analysis (2016) 16 (1): 48–61. <https://doi.org/10.1144/geochem2014-327>
- Dobiszewska, M and Beycioğlu, A. 2017. Investigating the Influence of Waste Basalt Powder on Selected Properties of Cement Paste and Mortar. Materials Science and Engineering. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 245: 1–10.
- Edriana E., Dahlian E. dan Sumadiwangsa E. S. 2004. Teknik Pembuatan Pernis dari Damar untuk Usaha Kecil. Jurnal Penelitian Hasil Hutan. 22(4): 205 – 213.

- Extract as an Herbal Corrosion Inhibitor for Mild Steel in 1M HCl Solution, *Modern Applied Science*; Vol. 14, No. 2; 2020. doi: URL: <https://doi.org/10.5539/mas.v14n2p97>
- Muttaqin Haqiqi, Rusiyanto, Deni Fajar Fitriyana, Kriswanto, 2021, Pengaruh Warna Pelapis dan Ketebalan Lapisan Pada Proses Zinc Electroplating Terhadap Laju Korosi Baja AISI 1015, *Jurnal Inovasi Mesi, JIM 3 (1) (2021)*, pp.25-32
- Setiawan, A., Indriyani, N.L., and Herawan, B., 2019, Pengaruh Arus dan Waktu Terhadap Lapisan Zinc Plating pada Material SGD400-D dengan Menggunakan Proses Electroplating, *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, Vol. 7, pp. 32-39.
- Rochmat, A., Putra B. P., Nuryani E., Pramudita M. 2016. Karakterisasi Material Campuran SiO₂ dan Getah Flamboyan (*Delonix regia*) sebagai Material Coating Pencegah Korosi pada Baja". *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*. 5(2) 27-36.
- Rajiman dan Ningrum S. 2019. Tinjauan Kuat Tekan Beton Menggunakan Campuran Serbuk Batu Basalt sebagai Bahan Penambah Ordinary Portland Cemen (OPC). *TAPAK*. 8(2): 149-155
- Zimin, E, dan Khodakova N. N. 2016. Chemical Composition of Rock Suitable for the Production Basalt Fibers Resistant to Corrosive Media. *Glass and Ceramics Journal*. 73(4):. 82–87
- Kamid T. S., Subagia A. I. D. G., Wirawan I. K. G. 2019. Karakteristik Komposit Hibrida Serat Basalt-Karbon Epoksi Resin pada Perendaman Air Laut. *Jurnal METTEK*. 5(1): 57.
- Fahrizal, Y. 2019. Pengendalian Korosi pada Baja Rendah Karbon dengan Inhibitor Ekstrak Tanin dari Daun Sirsak pada Media Air Laut dan Udara. *JPTM*. 09(1) 9-16.
- S. Srivastava, A. Roy Chowdhury and Nandkishore Thombare, 2016, Quality Requirement and Standards for Natural Resins and Gums, *International Journal of Bioresource Science* Citation: IJBS: 3(2): 89-94, December 2016 DOI: 10.5958/2454-9541.2016.00019.0
- Takahito KANIE, Hiroyuki ARIKAWA, Koichi FUJII and Seiji BAN, 2004, Adhesive Strength of Paint-on Resins to Crown and Bridge Composite, *Dental Materials Journal* 23(4): 441-446, 2004
- Mansour Miran, Keyvan Amirshahrokhi, Yousef Ajanii, Reza Zadali, Maxwell W. Rutter, Ayesheh Enayati, and Farahnaz Movahedzadeh, Taxonomical Investigation, Chemical Composition, Traditional Use in Medicine, and Pharmacological Activities of *Boswellia sacra* Flueck, *Hindawi Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine* Volume 2022, Article ID 8779676, 14 pages <https://doi.org/10.1155/2022/8779676>
- Umeozokwere Anthony , Mbabuikwe Ikenna U , Oreko Benjamin Ufuma, Ezemuo DT, (2016) Corrosion Rates and its Impact on Mild Steel in Some Selected Environments, *Journal of Scientific and Engineering Research*, 2016, 3(1):34-43 Research Article ISSN: 2394-2630 CODEN(USA): JSERBR
- Zhong-lu Cao, Zhong-chun Su , Makoto Hibino , and Hiroki Goda, 2022, Research Article Effects of Mineral Admixtures on Macrocell Corrosion Behaviors of Steel Bars in Chloride-Contaminated Concrete, *Hindawi International Journal of Corrosion* Volume 2022, Article ID 3332123, 12 pages <https://doi.org/10.1155/2022/3332123>
- M. Sarvghad, D. Del Aguila, and G. Will, 2019, Optimized corrosion performance of a carbon steel in dilute sulfuric acid, *International Journal of Corrosion through heat treatment, Applied Surface Science*, vol. 491, pp. 460–468,
- Mariana F. P. Carlos , Geicy K. P. Barboza , and Aurea Echevarria, 2022, Anticorrosive Effect of Halogenated Aniline Enaminoesters on Carbon Steel in HCl, *Hindawi International Journal of Corrosion* Volume 2022, Article ID 7218063, 15 pages <https://doi.org/10.1155/2022/7218063>
- Kumar, N., Singh, A. K., Ajit, K., dan Sush, PP. 2014 Corrosion Behaviour of Austenitic Stainless Steel Grade 316 in Strong Acid Solution. *International Journal of Advanced Research*. Vol. 2. No. 5. Pp. 1-9.
- Rochmat, A., Bima, P. P., Ela, N., Marta, P. 2016. *Karakterisasi Material Campuran SiO₂ dan getah Flamboyan (Delonix regia) sebagai material coating pencegah korosi pada baja*. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*. Vol. 5 No. 2 Edisi November 2016. Hal. 2-36.
- W.J. Smith, and F.E. Goodwin, 2010, Hot Dipped Coatings, In book: Shreir's Corrosion (pp.2556-2576), DOI: [10.1016/B978-044452787-5.00136-0](https://doi.org/10.1016/B978-044452787-5.00136-0), Desember 2010
- Lixing Sun, Qian Yang, Juntao Zou, Lei Ni, Xuhang Song, Rongyan Zhang, Shuhua Liang, 2022, Effect of hot-dip tin coating treatment on the CuSn10Pb10/45 steel joint fabricated by diffusion bonding, *Journal of materials research and technology* 2022;18:1147 e1154.
- Kristian Birk Buhl, Asger Holm Agergaard, Mie Lillethorup, Jakob Pagh Nikolajsen, Steen Uttrup Pedersen and Kim Daasbjerg, 2020, Polymer Brush Coating and Adhesion Technology at Scale, MDPI, Coating Polymers, Polymers 2020, 12, 1475; doi:10.3390/polym12071475
- Suharto, Muhammad Amin, Muhammad Al Muttaqii, Syafriadi dan Kiki Nurwanti, 2020, THE EFFECT OF THE USE OF BASALT STONE FROM LAMPUNG AND COAL IN RAW MATERIAL ON CLINKER CHARACTERISTIC, *Jurnal Teknologi Bahan dan Barang Teknik* Vol. 10, No. 1, Juni 2020: 49-57 e-ISSN: 2715-9116 | p-ISSN: 2089-4767 DOI: 10.37209/jibbt.v10i1
- Singha, K. 2012. *A Short Review on Basalt Fiber*. *International Journal of Textile Science*. Vol. 1, No. 4.
- Rochmat, A., Bima, P. P., Ela, N., Marta, P. 2016. *Karakterisasi Material Campuran SiO₂ dan getah Flamboyan (Delonix regia) sebagai material coating pencegah korosi pada baja*. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*. Vol. 5 No. 2 Edisi November 2016. Hal. 2-36.
- Irina Kostitsyna, Aleksey Shakhmatov, and Artem Davydov, 2019, Study of corrosion behavior of carbon and low-alloy steels in CO₂-containing environments, *E3S Web of Conferences* 121, 04006 (2019) Corrosion in the Oil & Gas Industry 2019, <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201912104006>
- Zhe Jia Ng1, Yeit Haan Teow1,2*, Abdul Wahab Mohammad1,2, Kah Chun Ho1,2, and Swee Pin Yeap, Synthesis of Silica-coated Iron Oxide Nanoparticles: Effect of Particle Sizes and Silica Coating, *International Journal of Nanoelectronics and Materials* Volume 13, No. 3, July 2020 [565-576, <https://www.researchgate.net/publication/346137011>
- Wahyu Kheren Sabyantoro, Helmy Purwanto dan Muhammad Dzulfikar, 2019, ANALISIS LAJU KOROSI DENGAN ALIRAN MEDIA KOROSI HCL 10% PADA MATERIAL BAJA ASTM A36 DENGAN SUDUT BENDING, *Momentum*, Vol. 15, No. 1, April 2019, Hal. 51-57 ISSN 0216-7395
- Sinta Novita , Ediman Ginting, Widi Astuti, 2018, Analisis Laju Korosi dan Kekerasan pada Stainless Steel 304 dan Baja Nikel Laterit dengan Variasi Kadar Ni (0, 3, dan 10%) dalam Medium Korosif, *JURNAL Teori dan Aplikasi Fisika* Vol. 06, No. 01, Januari 2018
- Valbonë V. Mehmeti and Avni R. Berisha, 2017, Corrosion Study of Mild Steel in Aqueous Sulfuric Acid Solution Using

- 4-Methyl-4H-1,2,4-Triazole-3-Thiol and 2-Mercaptopyridine-3-Carboxylic Acid—An Experimental and Theoretical Study, *Frontiers in Chemistry*, ORIGINAL RESEARCH published: 24 August 2017 doi: 10.3389/fchem.2017.00061
- Suwarno and Muhammad Nashir, 2020, Effect of Sulfuric Acid Concentration on the Corrosion Rate of ASTM A213-T12 Steel, *Key Engineering Materials*, ISSN: 1662-9795, Vol. 867, pp 213-217, 2020 Trans Tech Publications Ltd, Switzerland
- N.Subasree, J.Arockiaselvi, P.Kamaraj, M.Arthanareeswari, 2018, Study of Mild Steel Corrosion in Sulphuric acid medium by Moringa oleifera leaf extract by Electrochemical and Surface Analysis Studies, *International Journal of ChemTech Research CODEN (USA): IJCRGG*, ISSN: 0974-4290, ISSN(Online):2455-9555 Vol.11 No.02, pp 317-325, 2018, DOI= <http://dx.doi.org/10.20902/IJCTR.2018.110238>
- Edriana E., Dahlian E. dan Sumadiwangsa E. S. 2004. Teknik Pembuatan Pernis dari Damar untuk Usaha Kecil. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*. 22(4): 205 – 213.
- Mohammed Tariq Saeed, Muhammad Saleem, Aeshah Hussain Niyazi, Faisal Ahmad Al-Shamrani, Nawaf Abdullelah Jazzar & Mehmood Ali, 2020, Carrot (*Daucus Carota* L.) Peels Extract as an Herbal Corrosion Inhibitor for Mild Steel in 1M HCl Solution, *Modern Applied Science*; Vol. 14, No. 2; 2020. doi: URL: <https://doi.org/10.5539/mas.v14n2p97>
- Dehumidification and Air Conditioning, *MDPI, Energies* 2022, 15, 4421. <https://doi.org/10.3390/en15124421>
- Shaohua Xing, Shuyu Bai, Ran Liu, Yingshuang Liu, Jiantao Qi, Jian Hou and Dalei Zhang, 2023, Characterization of Corrosion Behavior and Corrosion Production Property of 90-10 Cupronickel Welding Joints in Flowing Seawater, *MDPI, Metals* 2023, 13, 294. <https://doi.org/10.3390/met13020294>
- Serbezov, A. S., Sotirchos, S. V., García, M. T. (1997) Mathematical modeling of the adsorptive separation of multicomponent gaseous mixtures, *Chemical Engineering Science*, 52, 79-91.
- (b) Daftar pustaka dari suatu **buku** ditulis:
- Angga, Septian. 2001. *Metalurgi Fisik Modern Rekayasa Material*. Jakarta : Erlangga.
- Al Khotasa. 2016. Analisa Pengaruh Variasi Arus Dan Bentuk Kampuh Pada Pengelasan Smaw Terhadap Kekuatan Impact Sambungan Butt Joint Pada Plat Baja A36. Tugas Akhir. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya
- ASTM G102-23, Standard Practice for Calculation of Corrosion Rates and Related Information from Electrochemical Measurements
- Egtvedt S. (2011). *Thermally Sprayed Aluminum (TSA) With Cathodic Protection As Corrosion Protection For Steel in Natural Seawater*, NTU, Material Science and Engineering
- Fontana, M. G. 1987. *Corrosion Engineering Third Edition*. Mc Graw- Hill. New York. 172.
- Zak Dunn, 2022, Advantages And Disadvantages Of Mild Steel (Explained), September 15, 2022
- Jones, Denny, A. 1996. Principles and Prevention of Corrosion Maxwell Macmillan. Singapura. pp 12.
- Mr. Sameer Sheshrao Gajghate, 2017, Introduction to Microscopy, Mechanical Engineering Department National Institute of Technology Agartala 2016-2017
- Mohammad, December 24, 2021, Witty Optics, A Guide To Optical Microscope: History, How Does it Work, Maintenance
- Michelle Wright - 2 March, 2017, Portable XRF — A Quickstart Guide for Best Practices, Evident
- Skelland, A. H. P. (1974) *Diffusional Mass Transfer*, John Wiley & Sons, New York.
- Shinnar, R. (1987), *Use of residence and contact time distributions in reactor design*, dalam Carberry, J. J., Varma, A. (eds.), *Chemical Reaction and Reactor Engineering*, Marcel Dekker, New York.
- (c) Daftar pustaka dari suatu **prosiding** ditulis:
- Le Maitre, R. W. (2005). *Igneous Rocks: A Classification and Glossary of Terms: Recommendations of the International Union of Geological Sciences Subcommission on the Systematics of Igneous Rocks*, 2nd Edition. Cambridge University Press
- Rajiman a, Muhammad Amin, Muhammad Al Muttaqii, Posman Manurung, Messy Ajeng Riadini, 2021, The Effect of Addition Basalt Stone and Coal as Substitution Material for Producing Cement Clinker, *Sys Rev Pharm* 2021;12(2):456-466
- A multifaceted review, pages 456-466
- Widyopuspito, Raden J. 1996. *Golongan – Golongan Logam Untuk Teknik Metalurgi*. Yogyakarta : UGM PRESS
- Berbnar, S., Loffler, F. (1994) Pulse jet cleaning of rigid ceramic barriers filters separating hard and brown coal fly ashes at high temperature, *Proceeding of the 11th International Pittsburgh Coal Conference*, Pittsburgh, 12-16 September, 1357-1363.
- Primack, H.S. (1983) Method of Stabilizing Polyvalent Metal Solutions, *U.S. Patent No. 4,373,104*
- Riley, R. J. (1987) The magnetically stabilized fluidized bed as a solid/liquid separator, *M.S. Thesis* University of Michigan, U.S.A.
- Serbezov, A. S., Sotirchos, S. V., García, M. T. (1997) Mathematical modeling of the adsorptive separation of multicomponent gaseous mixtures, *Chemical Engineering Science*, 52, 79-91.
- Shinnar, R. (1987), *Use of residence and contact time distributions in reactor design*, dalam Carberry, J. J., Varma, A. (eds.), *Chemical Reaction and Reactor Engineering*, Marcel Dekker, New York.
- Skelland, A. H. P. (1974) *Diffusional Mass Transfer*, John Wiley & Sons, New York.
- (d) Daftar pustaka dari suatu **tesis/disertasi** ditulis:
- Putri, A. L. 2016. *Identifikasi Produk Korosi Baja SS304 Coating PANi/SiO2 Pada Larutan Salinitas Tinggi NaCl 3,5 M*. Thesis. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya
- Syarifudin, U. Dan Tiyyas, W. T. 2014. *Pembuatan SiO₂-Getah Flamboyon (Delonix Regia) sebagai Material Coating Pencegah Korosi*. Skripsi. Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Cilegon.