

**EKSTRAKSI DAN KARAKTERISASI SILIKA DARI ABU TONGKOL
JAGUNG (*Zea Mays* L.) SEBAGAI MATERIAL INHIBITOR KOROSI
PADA BAJA KARBON ST-37**

HIRAWATI

H031 18 1311



DEPARTEMEN KIMIA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2022

**EKSTRAKSI DAN KARAKTERISASI SILIKA DARI ABU TONGKOL
JAGUNG (*Zea Mays* L.) SEBAGAI MATERIAL INHIBITOR KOROSI
PADA BAJA KARBON ST-37**

Skripsi ini diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar

Sarjana Sains

Oleh:

HIRAWATI

H031 18 1311



MAKASSAR

2022

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**EKSTRAKSI DAN KARAKTERISASI SILIKA DARI ABU TONGKOL
JAGUNG (*Zea Mays L.*) SEBAGAI MATERIAL INHIBITOR KOROSI
PADA BAJA KARBON ST-37**

Disusun dan diajukan oleh

HIRAWATI

H031 18 1311

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian Sidang Sarjana Program Studi

Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Hasanuddin

Pada 18 Agustus 2022

dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama



Dr. Yusafir Hala, M.Si
NIP. 19580510 198810 1 001

Pembimbing Pertama



Dr. St. Fauziah, M.Si
NIP. 19720202 199903 2 002

Ketua Program Studi



Dr. St. Fauziah, M.Si
NIP. 19720202 199903 2 002

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Hirawati
NIM : H031181311
Program Studi : Kimia
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa Skripsi dengan judul “Ekstraksi dan Karakterisasi Silika dari Abu Tongkol Jagung (*Zea Mays L.*) sebagai Material Inhibitor Korosi pada Baja Karbon St-37” adalah karya saya sendiri dan tidak melanggar hak cipta pihak lain. Apabila dikemudian hari terbukti bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini adalah hasil karya orang lain yang saya pergunakan dengan cara melanggar hak cipta pihak lain, maka saya bersedia menerima sanksi.

Makassar, 19 Agustus 2022

Yang Menyatakan,

Hirawati

LEMBAR PERSEMBAHAN

فَإِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا إِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا

Artinya :

**“Karena sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan. Sesungguhnya
sesudah kesulitan itu ada kemudahan.”**

(Quran Surat al-Insyirah Ayat 5-6)

PRAKATA

Alhamdulillahirobbil 'alamin, puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah *Subhanahu wa ta'ala* yang telah memberikan nikmat rahmat dan hidayah-Nya sehingga skripsi ini dapat terselesaikan. Shalawat serta salam semoga senantiasa tercurah kepada Nabi Muhammad *Shallallahu 'alaihi wa sallam* yang telah membawa kita merasakan nikmat iman dan islam. Tugas akhir yang berjudul **“Ekstraksi dan Karakterisasi Silika dari Abu Tongkol Jagung (*Zea Mays L.*) sebagai Material Inhibitor Korosi pada Baja Karbon St-37”** ini disusun sebagai salah satu syarat yang diajukan untuk menyelesaikan studi dan mendapatkan gelar sarjana sains pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Departemen Kimia Universitas Hasanuddin.

Penyusunan skripsi ini tidak akan terselesaikan tanpa adanya bantuan dari berbagai pihak, oleh karena itu disamping rasa syukur yang tak terhingga atas nikmat pemberian Allah *Subhanahu wa ta'ala*, ucapan terimakasih yang sangat tulus penulis haturkan kepada Orangtua tercinta, Ayahanda **Drs. Jasmin** dan Ibunda **Yulianti**, Kakak **Idharyanti Eka Wardhana, S.Farm** dan **Debby Rahayu, S.Si**, atas segala doa, dukungan moriil, materil, cinta, kasih sayang yang tulus yang senantiasa diberikan kepada penulis. Selain itu untuk semua keluarga besar yang selalu memberikan dukungan dan dorongan serta motivasi kepada penulis diucapkan sangat terima kasih. Penulis ucapkan terima kasih kepada yang terhormat:

1. Bapak **Dr. H. Yusafir Hala, M.Si** selaku pembimbing utama dan ibu **Dr. St. Fauziah, M.Si** selaku pembimbing pertama yang telah memberikan

banyak ilmu, mengarahkan, dan memberi solusi dari awal penelitian hingga tahap selesainya skripsi ini.

2. Bapak **Dr. Syarifuddin Liong, M.Si** dan ibu **Nur Umriani P.U, S.Si, M.Si**, selaku tim penguji yang telah memberi banyak saran dalam penyelesaian skripsi ini.
3. Seluruh dosen di lingkungan Fakultas MIPA, terkhusus **Dosen Departemen Kimia**, yang telah banyak memberikan ilmu, pengalaman, serta masukan selama masa studi.
4. Seluruh staf pegawai Fakultas MIPA Unhas maupun Departemen Kimia FMIPA Unhas, yang memberikan bantuan dan kerjasamanya.
5. Seluruh analis laboratorium yang senantiasa membantu penulis dalam memenuhi kelengkapan selama proses penelitian.
6. **Ratni, Fade, Caca, Anti, Fira, Marlin, Fatri, dan Ririn** yang selalu mendukung, memberikan semangat dan mendoakan kelancaran kepada penulis dalam menyelesaikan masa studi. Serta **Suci, Ippa, Iis, Sakinah, Anas dan Fira** yang telah memberikan banyak bantuan kepada penulis dari awal penulisan proposal hingga pada tahap penyusunan skripsi.
7. Rekan peneliti **Rindi** dan **Nuji** atas kerja sama, dukungan dan semangat sehingga penelitian ini terselesaikan.
8. **Kak Ishar, kak Andre** dan **Agung Dwianto** yang telah memberikan banyak ilmu dan masukan dalam pengembangan penelitian yang penulis kerjakan, yang setiap saat memberikan pandangan mengenai penelitian yang penulis lakukan.
9. Teman-teman Kimia 2018 yang selalu memberikan dukungan kepada penulis.

10. Seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki banyak kekurangan dan ketidaksempurnaan, maka dari itu kritik dan saran yang membangun sangat diperlukan. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pihak-pihak yang berkepentingan.

Makassar, 18 Juli 2022

Penulis

ABSTRAK

Ekstrak abu tongkol jagung berupa silika dapat digunakan sebagai inhibitor korosi pada baja karbon St-37 dengan waktu perendaman 4, 8, dan 12 hari dalam media akuades, air laut dan asam asetat 25%. Variasi konsentrasi inhibitor yang diaplikasikan pada baja adalah 10 ppm, 20 ppm, 30 ppm, 40 ppm dan sebagai pembanding resin-hardener (RH) pada masing-masing media. Pengujian laju korosi ditentukan dengan menggunakan metode kehilangan berat (*weight loss*). Peningkatan laju korosi ditentukan dengan besarnya kehilangan berat pada sampel. Karakterisasi dilakukan dengan menggunakan FTIR, XRF dan SEM. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rendemen yang diperoleh adalah 69,6%. Hasil analisis XRF diperoleh kadar silika sebesar 66,93% dan ditandai dengan adanya gugus silanol (Si-OH) dan siloksan (Si-O-Si) pada bilangan gelombang 3444,87 cm^{-1} dan 1097,50 cm^{-1} . Konsentrasi 30 ppm merupakan konsentrasi inhibitor optimum yang diperoleh pada setiap media perendaman. Tingkat efisiensi inhibisi terbesar diperoleh dalam media akuades sebesar 89,67% pada konsentrasi inhibitor 30 ppm dengan waktu perendaman 12 hari.

Kata kunci: Abu Tongkol Jagung, Inhibitor Natrium Silikat, Baja Karbon St-37

ABSTRACT

Corn cob ash extract in the form of silica can be used as a corrosion inhibitor on St-37 carbon steel with immersion times of 4, 8, and 12 days in aquadest, seawater and 25% acetic acid media. The variation of inhibitor concentration applied to steel was 10 ppm, 20 ppm, 30 ppm, 40 ppm and as a comparison resin-hardener (RH) in each medium. The corrosion rate test was determined using the weight loss method. The increase in the corrosion rate is determined by the amount of weight loss in the sample. Characterization was carried out using FTIR, XRF and SEM. The results showed that the yield obtained was 69,6%. XRF analysis results obtained silica content of 66,93% and indicated by the presence of silanol (Si-OH) and siloxane (Si-O-Si) groups at wave numbers $3444,87\text{ cm}^{-1}$ and $1097,50\text{ cm}^{-1}$. Concentration 30 ppm is the optimum inhibitor concentration obtained in each immersion medium. The highest level of inhibition efficiency was obtained in distilled water as much as 89,67% at a concentration of 30 ppm inhibitor with an immersion time of 12 days.

Keywords: Corn Cob Ash, Sodium Silicate Inhibitor, St-37 Carbon Steel

DAFTAR ISI

	Halaman
PRAKATA.....	vi
ABSTRAK.....	ix
ABSTRACT.....	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xviii
DAFTAR ARTI SIMBOL DAN SINGKATAN.....	xviii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan masalah.....	4
1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian.....	4
1.3.1 Maksud Penelitian.....	4
1.3.2 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Manfaat Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Tanaman Jagung di Indonesia.....	6
2.2 Kandungan Silika Tongkol Jagung.....	11
2.3 Baja Karbon dan Pemanfaatannya.....	14
2.4 Korosi pada Baja Karbon.....	16

2.5 Inhibitor Korosi	21
2.6 Karakterisasi	22
BAB III METODE PENELITIAN.....	28
3.1 Bahan Penelitian	28
3.2 Alat Penelitian	28
3.3 Tempat dan Waktu Penelitian.....	28
3.3.1 Tempat dan Waktu Pengambilan Sampel.....	28
3.3.2 Waktu Penelitian.....	28
3.4 Prosedur Penelitian	29
3.4.1 Preparasi Sampel Tongkol Jagung.....	29
3.4.2 Ekstraksi Silika dari Abu Tongkol Jagung	29
3.4.3 Karakterisasi Silika Menggunakan FTIR	30
3.4.4 Pembuatan Larutan Inhibitor	30
3.4.5 Proses Pengaplikasian Inhibitor Natrium Silikat.....	31
3.4.6 Karakterisasi Silika Menggunakan XRF	32
3.4.7 Analisis Permukaan Baja Karbon St-37 Menggunakan SEM..	33
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	34
4.1 Preparasi Sampel Tongkol Jagung.....	34
4.2 Ekstraksi Silika dari ATJ	35
4.3 Karakterisasi Silika Menggunakan FTIR	40
4.4 Efisiensi Inhibisi	41
4.5 Laju Reaksi Korosi	45
4.5.1 Laju Reaksi Korosi dalam Media Akuades	45
4.5.2 Laju Reaksi Korosi dalam Media Air Laut.....	48

4.5.3 Laju Reaksi Korosi dalam Media Asam Asetat.....	50
4.6 Analisis Silika Menggunakan XRF	53
4.7 Hasil Analisis <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM) pada Permukaan Baja Karbon St-37.....	54
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	56
5.1 Kesimpulan	56
5.2 Saran	57
DAFTAR PUSTAKA	58
LAMPIRAN.....	65

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Produksi Jagung Provinsi Sulawesi Selatan.....	6
2. Komposisi tongkol jagung	9
3. Perbandingan senyawa kimia dalam tongkol jagung sebelum dan setelah di <i>furnace</i>	12
4. Efisiensi inhibisi tertinggi dan terendah dalam media akuades	41
5. Efisiensi inhibisi tertinggi dan terendah dalam media air laut.....	42
6. Efisiensi inhibisi tertinggi dan terendah dalam media asam asetat.....	42
7. Hasil Analisis Silika menggunakan XRF hasil ekstraksi dari ATJ.....	52

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Tongkol Jagung.....	8
2. Arang Tongkol Jagung.....	10
3. Skema sederhana terjadinya korosi.....	17
4. Perbedaan korosi pada sampel baja tanpa inhibitor (a) dan dengan inhibitor (b) dalam media NaCl	22
5. Perbedaan korosi pada baja (a) tanpa inhibitor dan dengan (b) inhibitor dalam media air laut	22
6. Skema dasar SEM	27
7. Peta Lokasi Pengambilan Sampel Tongkol Jagung	29
8. Abu Tongkol Jagung	34
9. Filtrat hasil penambahan NaOH 4 M pada ATJ.....	35
10. Reaksi Pembentukan Polimer silika (Aeni dkk., 2017)	38
11. Alkogel(a) dan hidrogel(b).....	39
12. Silika Hasil Ekstraksi	39
13. Spektrum FTIR silika dari ATJ (Wardhani, 2017)	40
14. Spektrum FTIR silika dari ATJ.....	40
15. Grafik efisiensi inhibisi korosi selama 12 hari perendaman	44
16. Grafik laju reaksi korosi dalam media akuades	46
17. Plat baja dalam media akuades (a)Tanpa inhibitor (b)Konsentrasi inhibitor 30 ppm (c)RH.....	47
18. Grafik laju reaksi korosi dalam media air laut.....	48
19. Plat baja dalam media air laut (a) Tanpa inhibitor (b) Konsentrasi	

inhibitor 30 ppm (c)RH.....	49
20. Grafik laju reaksi korosi dalam media asam asetat.....	51
21. Plat baja dalam media asam asetat (a)Tanpa inhibitor (b)Konsentrasi inhibitor 30 ppm (c)RH.....	52
22. Morfologi permukaan baja karbon dalam media akuades(a)Tanpa perlakuan korosi perbesaran 200x(b) inhibitor 30 ppm perbesaran 200x	54

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Diagram alir Penelitian	64
2. Bagan Kerja Penelitian.....	65
3. Data Tabel Hasil Penelitian.....	70
4. Perhitungan Pembuatan Larutan	73
5. Perhitungan Data Penelitian.....	76
6. Data Hasil Analisis Penelitian.....	83
7. Peta Pengambilan Sampel Penelitian	87
8. Dokumentasi Penelitian	88

DAFTAR ARTI SIMBOL DAN SINGKATAN

Simbol/Singkatan	Arti
ATJ	Abu Tongkol Jagung
BPS	Badan Pusat Statistik
Balingtan	Balai Penelitian Lingkungan Pertanian
RH	Resin dan Hardener
TEOS	Tetraetil orto silikat
TMOS	Tetrametil orto silikat
CTAB	Cetiltrimetil amonium bromida
TMACl	Trimetil amonium klorida
SRB	<i>Bacteria Sulfat Reducing</i>
St-37	St yaitu <i>Steel</i> sedangkan 37 berarti menunjukkan batas minimum untuk kekuatan tarik 37 km/mm ²

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia memiliki peran penting sebagai penghasil bahan pangan khususnya jagung. Produksi jagung di Indonesia cukup tinggi sehingga tanaman jagung dapat dikatakan sebagai komoditas pangan utama setelah padi yang mempunyai peranan strategis dalam pembangunan pertanian dan perekonomian di Indonesia (Panikkai dkk., 2017). Jagung merupakan salah satu tumbuhan pangan yang memiliki manfaat penting, baik untuk dikonsumsi langsung maupun diproduksi sebagai bahan olahan dalam pembuatan kue seperti tepung maizena, sehingga dapat menambah nilai jual dari jagung tersebut.

Tanaman jagung yang paling banyak menghasilkan limbah yang tidak bermanfaat terletak pada kulit jagung dan tongkol jagung. Namun, kulit jagung telah banyak dimanfaatkan untuk makanan ternak dan pengganti pembungkus makanan tradisional, sedangkan tongkol jagung belum banyak dimanfaatkan. Berdasarkan data perhitungan dari Badan Pusat Statistik dan Kementerian Pertanian pada Tahun 2018, produksi jagung di Indonesia diketahui kira-kira sebanyak 2.341.654 ton dengan luas panen 420.984 Ha. Hasil penelitian Hidayat dkk. (2015) menyatakan bahwa 1 kg jagung diperkirakan mengandung 40-50% tongkol. Menurut Gunawan dkk. (2017) terdapat 18% limbah tongkol jagung dari hasil produksi jagung rata-rata yang belum termanfaatkan. Berdasarkan data tersebut maka diperlukan adanya penanganan lebih lanjut terhadap tongkol jagung dengan cara memanfaatkan kandungan senyawa kimia yang terdapat dalam tongkol jagung agar dapat mengurangi limbah di lingkungan.

Kandungan senyawa kimia yang terdapat dalam tongkol jagung yaitu selulosa, silika, hemiselulosa dan lignin (Gunawan dkk., 2017). Tongkol jagung apabila diabukan mempunyai kandungan silika (SiO_2) yaitu sebesar 67,41% (Mujedu dkk., 2014). Abu tongkol jagung yang mempunyai kandungan silika yang tinggi berpotensi sebagai bahan baku untuk pembuatan silika gel yang mempunyai nilai tambah dan nilai ekonomis (Hidayat dkk., 2015).

Berdasarkan penelitian Erviana (2013), silika dapat diisolasi dari tongkol jagung melalui proses pembakaran pada *furnace* dan pencucian dengan menggunakan campuran pelarut antara HCl dan HBr. Salah satu kelebihan lain dari HCl dan HBr yaitu dapat melarutkan oksida logam maupun non logam yang terdapat pada unsur yang dimurnikan. Konsentrasi pelarut HCl 2 N baik digunakan untuk isolasi silika dengan kadar silika yang dihasilkan yaitu sekitar 79,80%, sedangkan untuk konsentrasi HBr 2 N diperoleh kadar silika 86,18% dan persentase peningkatan mencapai 9,3% dengan volume larutan 250 mL dan suhu pembakaran pada *furnace* 650°C. Kadar zat pengotor yang paling banyak penyusutannya yaitu berurutan mulai CaO, P_2O_5 , dan K_2O masing-masing 9,68%, 2,43% dan 1,44% untuk pelarut HCl. Sedangkan untuk pelarut HBr, kadar zat pengotor yang paling banyak penyusutannya yaitu berurutan mulai CaO, K_2O , dan P_2O_5 masing-masing dan 19,78%, 6,78%, dan 4,25%. Semakin tinggi konsentrasi HCl dan HBr maka semakin tinggi pula persentase peningkatan kadar silika. Hal ini disebabkan karena semakin banyak kadar zat pengotor P_2O_5 , K_2O , dan CaO yang larut dalam pelarut yang digunakan.

Ekstrak silika yang terdapat dalam tongkol jagung dapat digunakan sebagai inhibitor korosi pada baja dengan mereaksikan silika hasil ekstraksi dengan NaOH sehingga terbentuk senyawa natrium silikat. Natrium silikat lebih sering digunakan

sebagai bahan inhibitor korosi pada dunia industri karena sifatnya yang ramah lingkungan, ekonomis dan tingkat efisiensinya yang tinggi (Adziimaa dkk., 2013). Natrium silikat sebagai inhibitor korosi bekerja dengan membentuk lapisan tipis ion silikat yang kemudian berperan sebagai pelindung dari serangan korosi pada baja karbon (Gao dkk., 2011).

Baja karbon merupakan baja yang pada umumnya digunakan untuk keperluan konstruksi maupun untuk pembuatan komponen yang ada pada mesin. Salah satu contoh baja dengan kandungan karbon rendah yang sering digunakan adalah baja karbon St-37. Baja karbon jenis ini merupakan baja yang kuat, mudah dibentuk, dan dapat dilakukan pengerjaan dalam kondisi panas maupun dingin sehingga sering digunakan dalam pembuatan plat baja, baja strip, dan baja batangan (Insani, 2019). Pemakaian baja sering mengalami gangguan dari lingkungannya berupa korosi, dimana korosi merupakan peristiwa alamiah yang terjadi disebabkan rusaknya permukaan suatu material. Jika korosi dibiarkan, maka akan menimbulkan kerugian yang cukup besar dan harus diatasi dengan cara menghambat terjadinya korosi tersebut (Nasution, 2018).

Metode penghambatan laju korosi dengan menggunakan inhibitor dapat memperpanjang usia penggunaan baja dan biaya yang digunakan cukup murah dan prosesnya cukup sederhana (Ramlah dkk., 2020). Noviyanti dkk. (2016) menggunakan larutan inhibitor natrium silikat dengan konsentrasi 20 ppm yang efektif digunakan sebagai bahan anti korosi dengan efisiensi inhibisi sebesar 80%. Sementara Sapitri (2020), melakukan perhitungan laju korosi dari beberapa media yaitu media akuades, air laut dan asam asetat kemudian mendapatkan efisiensi inhibisi sebesar 89,55% dalam media akuades dengan penambahan konsentrasi inhibitor natrium silikat 30 ppm. Penelitian Ishar (2021) menggunakan media

akuades, air laut dan asam asetat mendapatkan efisiensi inhibisi tertinggi dalam media akuades sebesar 88,88% pada penambahan inhibitor natrium silikat dengan konsentrasi 30 ppm.

Berdasarkan paparan di atas maka telah dilakukan penelitian ekstraksi dan karakterisasi silika dari abu limbah tongkol jagung dengan menggunakan NaOH yang selanjutnya digunakan sebagai material inhibitor korosi baja karbon St-37.

1.2 Rumusan masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah :

1. berapakah rendemen silika yang diperoleh dari ekstrak abu tongkol jagung menggunakan NaOH 4 M?
2. bagaimana karakteristik silika dari abu tongkol jagung?
3. bagaimana pengaruh variasi konsentrasi inhibitor larutan natrium silikat abu tongkol jagung dan media perendaman terhadap laju korosi pada baja karbon St-37?
4. berapakah efisiensi inhibisi natrium silikat dari abu tongkol jagung pada baja karbon St-37?
5. bagaimana hasil mikrograf dari korosi yang terbentuk pada baja karbon St-37 setelah ditambahkan inhibitor natrium silikat abu tongkol jagung?

1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian

1.3.1 Maksud Penelitian

Maksud dari penelitian ini adalah mengekstraksi silika dari tongkol jagung sebagai bahan inhibitor untuk mencegah korosi pada baja karbon St-37 dan mengkarakterisasi korosi yang terbentuk pada baja karbon St-37 setelah ditambahkan inhibitor natrium silikat dari abu tongkol jagung.

1.3.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. menentukan rendemen silika yang diperoleh dari ekstrak abu tongkol jagung menggunakan NaOH 4 M.
2. melakukan karakterisasi silika dari abu tongkol jagung dengan FTIR dan XRF.
3. menentukan konsentrasi optimum inhibitor natrium silikat abu tongkol jagung dan media perendaman yang efektif terhadap laju korosi pada baja karbon St-37.
4. menentukan efisiensi inhibisi natrium silikat dari abu tongkol jagung sebagai inhibitor korosi.
5. mengamati mikrograf korosi yang terbentuk pada baja karbon St-37 dengan SEM setelah ditambahkan inhibitor natrium silikat abu tongkol jagung.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah:

1. memberi informasi tentang pengolahan limbah abu tongkol jagung sebagai inhibitor korosi pada baja karbon St-37 dengan cara melakukan ekstraksi silika.
2. memberikan informasi mengenai pengaruh variasi konsentrasi inhibitor natrium silikat abu tongkol jagung pada baja karbon St-37.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Jagung di Indonesia

Indonesia merupakan salah satu negara dengan keadaan tanah yang subur. Hal ini dapat dibuktikan dari banyaknya tanaman yang dapat tumbuh di wilayah ini. Salah satu tanaman yang mudah tumbuh dan berkembang di wilayah Indonesia adalah jagung (*Zea Mays* L). Jagung merupakan makanan pokok yang banyak dikonsumsi oleh masyarakat Indonesia setelah beras (Hidayat dkk., 2015). Produksi jagung di Indonesia mengalami peningkatan pada tahun 2016 hingga tahun 2018, data dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Produksi Jagung Provinsi Sulawesi Selatan (Dinas Tanaman Pangan, Hortikultura dan Perkebunan, 2021)

Tahun	Produksi (Ton)
2018	2.239.264
2019	1.927.941
2020	2.119.729

Lahan tanaman jagung yang semakin luas di seluruh provinsi di Indonesia merupakan faktor utama penyebab meningkatnya produksi jagung setiap tahunnya. Produksi jagung yang semakin banyak dapat menyebabkan bertambahnya limbah dari jagung tersebut. Kulit jagung dan tongkol merupakan limbah terbesar yang dihasilkan oleh tanaman jagung. Masyarakat di Indonesia sudah mampu dan paham cara mengolah limbah kulit jagung menjadi makanan ternak sehingga dapat bermanfaat sedangkan tongkol jagung masih belum dapat dimanfaatkan sehingga

tongkol jagung merupakan limbah terbesar yang dihasilkan oleh tanaman jagung (Hidayat dkk., 2015). Adapun taksonomi dari tanaman jagung yaitu (Muhadjir, 2018) yaitu:

Kingdom	:	Plantae
Division	:	Spermatophyta
Class	:	Angiospermeae
Ordo	:	Tripsaceae
Family	:	Poaceae
Sub-family	:	Panicoideae
Genus	:	<i>Zea</i>
Spesies	:	<i>Zea mays</i> L.

Tanaman jagung dapat tumbuh ditempat terbuka dengan ketinggian berkisar antara 0 hingga 1300 m di atas permukaan laut. Pertumbuhan tanaman jagung bergantung terhadap ketersediaan air yang cukup tidak bergantung pada musim. Jagung merupakan tanaman yang pertumbuhannya memerlukan cahaya penuh dan termasuk dalam golongan tanaman yang mampu menyesuaikan dengan lingkungan panas dan kering sehingga lebih efisien dalam memanfaatkan CO₂ yang diperlukan dalam proses fotosintesis. Hal tersebut dapat terjadi karena tanaman jagung memiliki daun pelindung yang mengelilingi pembuluh daun. Suhu udara yang dibutuhkan untuk pertumbuhan tanaman jagung adalah 23°C hingga 27°C. Pada umumnya, curah hujan untuk tanaman jagung berkisar antara 200 hingga 300 mm per bulan atau dengan curah hujan tahunan antara 800 hingga 1200 mm. Sifat kimia tanah meliputi pH tanah, unsur hara makro (N, P, K, S, Ca, Mg) dan unsur hara mikro (Fe, Mn, Cu, Zn, Mo, dan B) yang tersedia bagi tanaman.

Umumnya pH tanah yang optimal untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman jagung berkisar antara pH 5,6-6,2. pH tanah yang sangat rendah akan menyebabkan tanaman jagung tidak dapat tumbuh dan berproduksi dengan baik akibat kekurangan zat makanan berupa unsur hara makro karena ketersediaan unsur hara makro sangat kecil. Tanah yang memiliki pH kurang dari 4,5 akan bersifat asam sehingga tanah tersebut mengandung kadar aluminium dan hidrogen yang tinggi sehingga membahayakan tanaman. Untuk tanah dengan pH rendah, dibutuhkan bahan penetral berupa kapur dan bahan organik tanah (Riwandi dkk., 2014).

2.1.1 Tongkol Jagung dan Pemanfaatannya

Tongkol jagung merupakan limbah yang dihasilkan tanaman jagung yang dianggap tidak berguna oleh masyarakat. Peningkatan produktivitas tanaman jagung di Indonesia akan menyebabkan meningkatnya jumlah limbah tongkol jagung yang dihasilkan (Budianto dkk., 2019). Tongkol jagung dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Tongkol Jagung

Penelitian (Rohaeni dkk., 2008) menjelaskan bahwa, tongkol jagung merupakan salah satu sumber pakan yang dapat dimanfaatkan untuk ternak sapi

secara lebih optimal, di mana tongkol jagung yang dicampur dedak padi dengan perbandingan 1:4 yaitu 1 kg tongkol jagung serta 4 kg dedak padi yang diberikan kepada sapi muda menghasilkan rata-rata pertambahan berat badan sebesar 0,345 kg/ekor/hari. Hal ini menunjukkan bahwa perbaikan pakan berupa tongkol jagung dan dedak padi memberikan pengaruh yang baik terhadap pertumbuhan bobot badan sapi sehingga tongkol jagung dapat dioptimalkan penggunaannya untuk pakan ternak.

Secara kimiawi, komponen utama penyusun dari tongkol jagung adalah serat yang didalamnya memiliki kandungan lignoselulosa yang terdiri dari lignin sebesar 15%, selulosa sebesar 45%, dan hemiselulosa sebesar 35%. Jagung memiliki beberapa bagian, contohnya akar, batang, daun dan tongkol. Tongkol jagung umumnya berkembang pada ruas-ruas keenam sampai kedelapan pada batang. Komposisi kimia yang terdapat pada jagung bergantung pada umur dan perkembangannya, kondisi fisik maupun kimia pada tanah, kelembaban iklim serta populasi tanaman (Budianto dkk., 2019 dan Erviana, 2013). Adapun komposisi dari tongkol jagung dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Komposisi tongkol jagung (Siregar, 2018)

Komponen	Komposisi (%)
Air	10,9
Hemiselulosa	28,86
Selulosa	36,48
Lignin	3,16
Silika	20,6

Penelitian Septiningrum dan Apriana (2011) melaporkan komponen kimia pada tongkol jagung meliputi hemiselulosa (pentosan), α selulosa, lignin, total

karbon, total nitrogen, dan kadar air berturut-turut adalah 30,91%, 26,81%, 15,52%, 39,80%, 2,12%, dan 8,38%. Sementara Sunarti dan Richana (2007) menemukan komposisi kimia dari tongkol jagung meliputi kadar air, abu, lemak, protein, serat kasar dan karbohidrat masing-masing menghasilkan sekitar 5,39%, 1,62%, 3,02%, 2,41%, 38,07%, dan 54,73%. Apabila tongkol jagung melalui proses pembakaran maka akan menghasilkan arang tongkol jagung. Arang tongkol jagung dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Arang Tongkol Jagung (Balingtan, 2013)

Menurut Septianingrum dan Apriana (2011) 1 kg tongkol jagung kering dapat diperoleh sekitar 66% serbuk tongkol jagung, 33% produk halus dan 1% debu terbang, artinya dari 1 ton tongkol jagung dapat diperoleh 660 kg serbuk tongkol jagung. Abu tongkol jagung yang melalui proses pembakaran dilihat dari segi fisik berwarna kecoklatan. Warna serbuk yang masih terlihat kecoklatan ini disebabkan oleh residu lain seperti karbon dan beberapa jenis oksida lain yang masih tertinggal. Pembakaran berlangsung secara termal pada suhu tinggi dengan cara dikalsinasi pada suhu 800°C selama 4 jam. Proses termal merupakan tahap penting karena pada proses termal zat-zat selain silika dapat terdekomposisi dan hilang (Wardhani,

2017). Tujuan dari proses kalsinasi yaitu untuk menghilangkan fraksi organik yang masih terdapat dalam arang ampas tebu. Fraksi organik yang masih terdapat dalam arang ampas tebu tersebut, akan teroksidasi menjadi bentuk oksidanya diantaranya termasuk unsur C dan H yang terdapat di dalam fraksi organik sehingga akan berubah menjadi CO₂ dan H₂O (uap).

2.2 Kandungan Silika Tongkol Jagung

Tongkol jagung apabila diabukan mempunyai kandungan silika (SiO₂) sebesar 74,56% (Erviana, 2013). Kandungan silika yang cukup tinggi pada tongkol jagung dapat berpotensi sebagai bahan baku pembuatan silika gel (Hidayat dkk., 2015). Silika gel merupakan bagian dari silika yang dihasilkan melalui proses penggumpalan sol natrium silikat (NaSiO₂). Sol yang seperti agar-agar ini dapat didehidrasi sehingga berubah menjadi padatan seperti kaca yang tidak elastis. Berdasarkan karakteristik tersebut, silika dapat digunakan sebagai adsorben, pengering, dan pembawa katalis (Handayani dkk., 2015). Silika gel merupakan suatu senyawa hasil polimerisasi asam silikat yang tersusun secara tidak teratur dari globula-globula rantai satuan SiO₄ tetrahedral dan beragregasi membentuk kerangka tiga dimensi yang lebih besar sekitar 1-25 μm (Maulida dkk., 2017). Kandungan silika yang terdapat pada tongkol jagung memungkinkan digunakan sebagai campuran material tambahan pada beton, namun sebelum dijadikan material tambahan, tongkol jagung terlebih dahulu harus melalui proses pembakaran (Kamau dkk., 2016). Erviana (2013) melakukan penelitian perbandingan kandungan senyawa kimia dalam tongkol jagung sebelum dan setelah di *furnace* yang dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Perbandingan senyawa kimia dalam tongkol jagung sebelum dan setelah di *furnace* (Erviana, 2013)

Sebelum di <i>furnace</i>		Setelah di <i>furnace</i>	
Senyawa	Kadar (%)	Senyawa	Kadar (%)
SiO ₂	20,6	SiO ₂	74,56
Air	10	P ₂ O ₅	4,94
Selulosa	36,48	CaO	3,83
Hemiselulosa	28,86	MgO	4,88
Lignin	3,16	K ₂ O	3,97
		Na ₂ O	4,24
		Fe ₂ O ₃	3,58

Silika adalah senyawa hasil polimerisasi asam silikat, yang tersusun dari rantai satuan SiO₄ tetrahedral dengan formula umum SiO₂. Silika sebagai senyawa yang terdapat di alam memiliki struktur kristal, sedangkan sebagai senyawa sintetik bersifat amorf. Secara sintesis, senyawa silika dapat dibuat dari larutan silikat atau pereaksi silan. Silika gel merupakan salah satu dari senyawa silika sintetik dengan struktur amorf. Silika gel merupakan salah satu dari bahan kimia yang berbentuk padat dan banyak digunakan sebagai adsorben. Hal ini disebabkan oleh mudahnya diproduksi dan juga beberapa kelebihan yang lain, yaitu: sangat inert, hidrofilik, mempunyai kestabilan termal dan mekanik yang tinggi serta relatif tidak mengembang dalam pelarut organik jika dibandingkan dengan padatan resin polimer organik. Silika gel sebagai senyawa silika yang berstruktur amorf mengandung gugus silanol ($\equiv\text{Si}-\text{OH}$) dan siloksan ($\equiv\text{Si}-\text{O}-\text{Si}\equiv$). Adanya gugus-gugus silanol dan siloksa akan memungkinkan terjadinya modifikasi, sehingga dapat diperoleh berbagai macam senyawa silika (Sulastri dan Kristianingrum, 2010). Pada umumnya, tanaman mengandung 5-40 % Silika. Setiap kilogram tanah

liat terkandung sekitar 200-320 gram Si, sementara dalam tanah berpasir terdapat antara 450-480 gram Si. Silika yang terdapat dalam tanaman mengandung oksida logam yang lebih sedikit dari pada silika yang terdapat dalam pasir atau bebatuan, sehingga pemanfaatan silika pada tanaman lebih diaplikasikan pada industri makanan atau industri kosmetik (Ervina, 2013).

Silika dapat diperoleh dari mineral, nabati, dan sintesis. Silika mineral biasanya diperoleh melalui proses penambangan. Silika sintesis didapatkan dengan menggunakan bahan *fumed* silika tetraetil orto silikat (TEOS) dan tetrametil orto silikat (TMOS) menggunakan metode pelelehan. Karena silika sintesis membutuhkan proses yang cukup rumit dan harga yang relatif lebih mahal sehingga diperlukan alternatif lain untuk mendapatkan silika yaitu dengan silika nabati (Sidabutar, 2017). Penelitian Priyanto (2015) menjelaskan bahwa, sifat fisik silika yaitu memiliki rumus molekul SiO_2 dengan titik leleh dan titik didih masing-masing 1610°C dan 2320°C , berwarna putih dan silika ini tidak larut dalam air panas, air dingin maupun pada alkohol, akan tetapi silika dapat larut dalam asam florida. Sedangkan, sifat kimia silika bersifat stabil terhadap hidrogen. Menurut Hanafi dan Nandang (2010) silika terdapat dalam bentuk amorf atau polikristal (bentuk kristal yang berbeda-beda).

Secara teoritis, unsur silika mempunyai sifat menambah kekuatan lentur adonan keramik dan kekuatan produk keramik. Penguatan badan keramik terjadi karena adanya pengisian ruang kosong yang ditinggalkan akibat penguapan dari proses pembakaran adonan dengan leburan silika sedemikian rupa sehingga produk menjadi lebih rapat. Silika kristalin terbentuk dari adanya campuran natrium silikat, TEOS, surfaktan cetiltrimetilamonium bromida (CTAB) dan trimetilamonium klorida (TMACl) dicampur disertai dengan pengadukan sehingga membentuk gel.

Pembentukan gel ini menyebabkan terjadi interaksi antara silikat dengan surfaktan yaitu terjadinya reaksi polimerisasi kondensasi. Monomer-monomer dari silikat bereaksi secara adisi membentuk rantai polimer Si–O–Si dengan melepaskan molekul air. Kemudian polimer tersebut berinteraksi dengan molekul-molekul surfaktan untuk membentuk inti kristal. Fase gel ini merupakan awal dari pembentukan inti kristal yang merupakan hal penting dalam proses sintesis silika kristalin. Untuk mendapatkan hasil pembentukan inti kristal terjadi pada saat pemeraman (*ageing*) pada suhu kamar yang dilakukan selama 24 jam (Diporwardani dkk., 2008). Selain itu jika senyawa silika direaksikan dengan natrium menjadi natrium silikat (Na_2SiO_3) akan menghasilkan manfaat yang banyak di bidang industri, antara lain sebagai bahan inhibitor korosi (Dananjaya dkk., 2016).

2.3 Baja Karbon dan Pemanfaatannya

Baja merupakan suatu logam yang dihasilkan dari paduan antara besi yang merupakan unsur atau bahan dasar dari pembuatan baja dan karbon yang merupakan unsur paduan utama dari pembuatan baja. Karbon yang terkandung dalam baja bervariasi yaitu berkisar antara 0,1% hingga 1,7% yang dibedakan berdasarkan tingkatannya. Pada proses produksi baja, elemen selain karbon seperti mangan, silikon, kromium, Vanadium, dan unsur yang lain akan tetap berada di baja (Jordi dkk., 2017). Berdasarkan komposisinya, baja dapat dibedakan menjadi baja karbon (*carbon steel*), baja paduan (*alloy steel*) dan baja tahan karat (*stainless steel*). Baja karbon merupakan baja yang terbuat dari karbon dengan kandungan karbon sekitar 1,7%. Menurut Jordi dkk (2017) baja karbon dapat diklasifikasikan berdasarkan kadar karbon yang terdapat dalam baja, yaitu sebagai berikut:

a. Baja Karbon Rendah (*Low Carbon Steel*)

Kandungan karbon dari baja karbon rendah bervariasi, yaitu antara 0,10% hingga 0,30%. Dalam kehidupan sehari-hari, baja karbon rendah yang dijual berbentuk plat baja, baja strip, dan baja batangan.

b. Baja Karbon Menengah (*Medium Carbon Steel*)

Kandungan karbon dalam baja karbon menengah berkisar antara 0,30% hingga 0,60%. Baja karbon menengah dimanfaatkan sebagai keperluan dalam industri kendaraan seperti roda gigi dan pegas.

c. Baja Karbon Tinggi (*High Carbon Steel*)

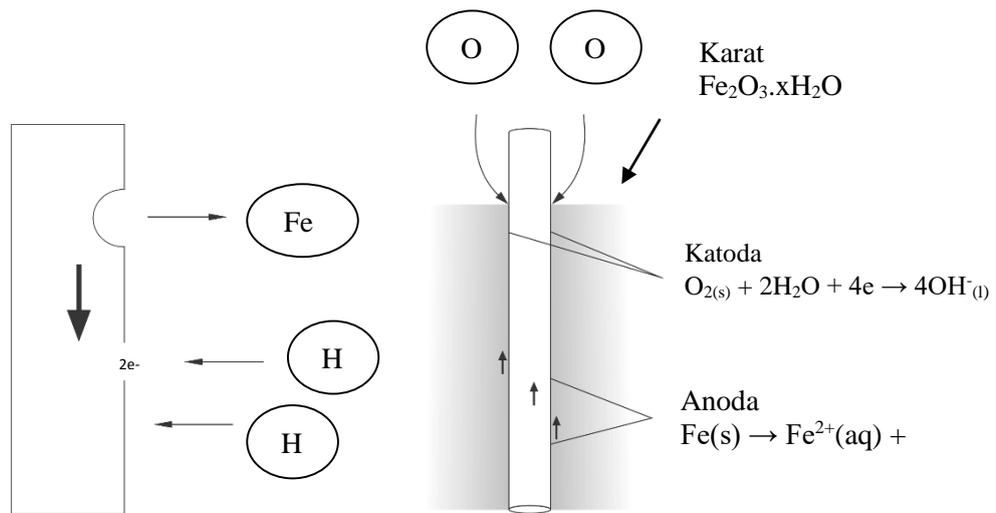
Kandungan kadar karbon pada baja jenis karbon tinggi berkisar antara 0,60% hingga 1,7%. Baja karbon tinggi merupakan baja yang paling kuat dan keras, serta kelenturannya paling rendah diantara jenis baja karbon yang lain. Baja karbon tinggi dapat dimanfaatkan sebagai bahan pembuatan kawat baja dan kabel baja.

Salah satu contoh baja dengan kandungan karbon yang rendah yaitu baja karbon St-37. Baja ini tidak tergolong baja karbon yang keras karena kadar karbonnya rendah yaitu kurang dari 0,3%. Baja karbon rendah bersifat kuat, mudah dibentuk dan dapat dilakukan pengerjaan dalam keadaan panas maupun pengerjaan dalam keadaan dingin. Arti dari St pada baja karbon St-37 adalah singkatan dari *Steel* (baja). Sedangkan angka 37 berarti menunjukkan batas minimum untuk kekuatan tarik 37 km/mm^2 (Insani, 2019). Baja karbon St-37 sering dipakai untuk konstruksi-konstruksi mesin yang saling bergesekan seperti roda gigi dan poros karena sangat ulet. Namun kekerasan permukaan dari baja St-37 tergolong rendah sehingga sebelum digunakan maka perlu dimodifikasi atau memperbaiki sifat kekerasan pada permukaannya. Baja karbon St-37 tidak dapat dikeraskan secara

konvensional tetapi melalui penambahan karbon dengan proses *carburizing*. Proses *carburizing* merupakan proses penambahan kandungan karbon pada permukaan baja untuk mendapatkan sifat baja yang lebih keras pada permukaannya (Wattimena dan Louhenapessy, 2014). Komposisi kimia yang terdapat pada baja karbon St-37 yaitu karbon dengan kadar sekitar 0,17%, silikon sebesar 0,30%, mangan berkisar antara 0,2-0,5%, fosfor 0,05% dan kadar sulfur sebesar 0,05%. Baja karbon St-37 memiliki kekuatan tarik sampai dengan 123.82 HV sehingga termasuk kedalam golongan baja *hypoeutectic* yang memiliki kandungan struktur mikro *ferrite* dan *pearlite* (Setiawan, 2018).

2.4 Korosi pada Baja Karbon

Korosi adalah proses perusakan atau degradasi suatu bahan atau material khususnya logam yang diakibatkan oleh reaksi antara logam dengan lingkungan sekitarnya, karena bahan-bahan yang digunakan dalam proses pembuatan logam menggunakan material yang dapat mengalami kerusakan yang disebabkan oleh korosi. Sehingga dalam prosesnya, korosi harus dicegah atau dikendalikan lajunya (Pattireuw dkk., 2013). Korosi dapat mengakibatkan logam mengalami penurunan kekuatan, perubahan warna, mudah terjadi keretakan, dan dapat menyebabkan polusi dilingkungan (Subiyanto dan Ngatin, 2015). Menurut Utomo (2009), jenis-jenis korosi antara lain *uniform attack* (korosi seragam), *pitting corrosion* (korosi sumur), *erosion corrosion* (korosi erosi), *galvani corrosion* (korosi galvanis), *stress corrosion* (korosi tegangan), *crevice corrosion* (korosi celah), korosi mikrobiologi, dan *fatigue corrosion* (korosi lelah). Proses terjadinya korosi dapat dilihat pada Gambar 3.

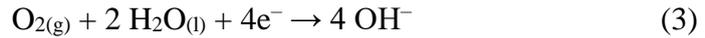


Gambar 3. Skema sederhana terjadinya korosi (Bambang dan Hendriyana, 2014)

Menurut Pattireuw dkk (2013), korosi yang terjadi pada material baja karbon dan paduan tembaga aluminium akan menyebabkan kehilangan berat yang berkaitan dengan waktu pencelupan dalam air laut dan asam sulfat. Semakin meningkatnya waktu pencelupan, maka akan semakin besar laju korosi pada baja karbon sehingga menyebabkan berkurangnya massa pada material baja karbon dan paduan tembaga aluminium. Korosi yang telah terjadi pada logam tidak dapat dihentikan kecuali dengan melakukan pencegahan diawal. Menurut Bambang dan Hendriyana (2014) korosi merupakan suatu proses yang terjadi pada logam yang secara keseluruhan merupakan suatu proses dari elektrokimia, di mana baja karbon yang berada di lingkungan bereaksi dengan H_2O sehingga H^+ mengaktifkan elektron Fe. Bagian tertentu pada besi yang mengalami korosi merupakan anoda, di mana besi mengalami oksidasi.



Elektron yang dibebaskan selama proses oksidasi akan mereduksi oksigen kebagian yang lain.



Ion besi(II) yang terbentuk pada anode akan teroksidasi membentuk besi(III) yang kemudian membentuk senyawa yang disebut oksida terhidrasi dengan rumus kimia $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ atau biasa disebut dengan karat.

Proses korosi terjadi berdasarkan reaksi elektrokimia yaitu adanya perpindahan elektron yang masuk ke lingkungan yang kemudian mengeluarkan gas H_2 , yang ditunjukkan berdasarkan Persamaan (4).



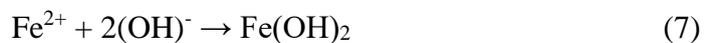
Pada proses reaksi oksidasi pada Persamaan (4) elektron mengalir dari daerah anoda ke katoda, sehingga besi bermuatan positif dan tidak stabil. Sedangkan reaksi reduksi pada katoda dapat dilihat pada Persamaan (5).



Pada larutan elektrolit terjadi proses disosiasi/penguraian air sehingga menghasilkan ion hidroksil (OH^-), dapat dilihat pada Persamaan (6).



Dalam elektrolit, ion besi dari proses oksidasi logam besi bereaksi dengan ion hidroksida dari proses penguraian air menjadi besi hidroksida yang tidak larut atau biasa disebut dengan karat. Mekanismenya dapat dilihat pada Persamaan (7).



Menurut Sidiq (2013), ada beberapa faktor yang mempengaruhi laju korosi selain air, yaitu sebagai berikut:

1. Gas Terlarut

Oksigen terlarut dapat menyebabkan laju korosi akan bertambah dengan meningkatnya kandungan oksigen. Selain oksigen, karbondioksida juga dapat mempengaruhi laju korosi jika dilarutkan dalam air sehingga akan

membentuk asam karbonat yang dapat menurunkan pH air dan meningkatkan korosifitas.

2. Suhu

Penambahan temperatur akan menyebabkan bertambahnya laju korosi walaupun pada kenyataannya kelarutan oksigen berkurang dengan meningkatnya temperatur.

3. pH

pH dibawah 7 akan bersifat asam dan korosif, sedangkan untuk pH diatas 7 akan bersifat basa dan korosif. Tetapi untuk besi, laju korosi rendah pada pH antara 7 sampai 13. Laju korosi akan meningkat pada $\text{pH} < 7$ dan $\text{pH} > 13$.

4. Bakteri Pereduksi atau *Sulfat Reducing Bacteria* (SRB)

Bakteri pereduksi sulfat akan mereduksi ion sulfat menjadi gas H_2S , sehingga akan terjadi korosi jika gas tersebut kontak dengan besi.

5. Padatan Terlarut

a. Klorida

Klorida menyerang lapisan baja ringan dan lapisan *stainless steel*. Padatan ini dapat menyebabkan pitting, korosi retak, dan fraktur paduan.

b. Karbonat

Kalsium Karbonat umumnya digunakan untuk pengendalian korosi, di mana film karbonat diendapkan sebagai lapisan pelindung permukaan logam, tetapi dalam produksi minyak, ini sering menyebabkan masalah pengotoran.

c. Sulfat

Ion sulfat ini biasanya ada dalam minyak. Dalam air, konsentrasi ion sulfat juga cukup tinggi, merupakan polutan, dan bakteri mengubah

SRB sulfat menjadi sulfida yang korosif.

Adapun menurut Sidiq (2013) usaha-usaha yang dapat dilakukan untuk mencegah terbentuknya korosi, antara lain:

1 Pengubahan Media

Korosi adalah interaksi antara logam dengan medium sekitarnya, sehingga mengubah medium sekitarnya dapat mengubah laju korosi.

2 Seleksi Material

Pemilihan logam atau paduan yang tepat bagi lingkungan dapat mengurangi resiko terjadinya korosi.

3 Proteksi Katodik (*Cathodic Protection*)

Proteksi katodik yaitu proteksi dengan menghubungkan logam yang mempunyai potensial lebih tinggi ke struktur logam sehingga terbentuk suatu sel elektrokimia dengan logam berpotensi rendah bersifat katodik dan berproteksi.

4 Proteksi Anodik (*Anodic Protection*)

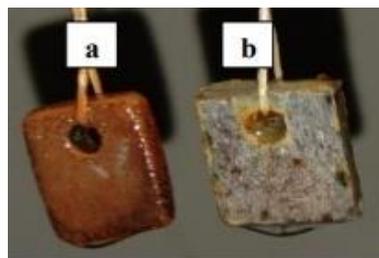
Arus anodik dapat meningkatkan laju ketidak-larutan logam dan menurunkan laju pembentukan hidrogen. Sehingga pembentukan logam-logam tak terlarut akan berkurang.

5 Inhibitor Korosi

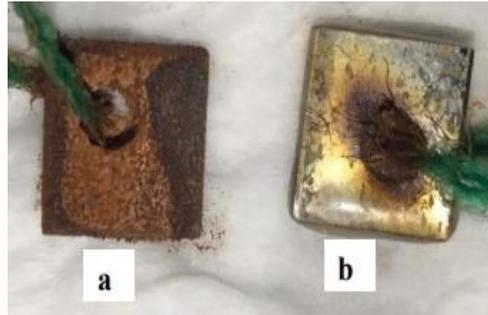
Inhibitor korosi merupakan suatu zat yang dapat menurunkan laju penyerapan korosi terhadap logam. Inhibitor menghambat korosi melalui cara adsorpsi yang bertujuan untuk membentuk suatu lapisan tipis yang tidak nampak dengan ketebalan beberapa molekul saja.

2.5 Inhibitor Korosi

Salah satu cara untuk mengatasi proses terjadinya korosi pada suatu media adalah dengan menggunakan inhibitor korosi. Inhibitor korosi merupakan suatu zat yang apabila ditambahkan pada suatu media atau lingkungan akan menurunkan bahkan mencegah terjadinya korosi pada suatu logam. Secara umum, inhibitor korosi berasal dari senyawa-senyawa organik dan anorganik yang mengandung gugus-gugus yang mempunyai pasangan elektron bebas, seperti nitrit, kromat, fosfat, urea, fenilalanin, imidazolin, dan senyawa-senyawa amina (Haryono dkk., 2010). Inhibitor korosi dapat diperoleh dari senyawa natrium yang direaksikan menjadi natrium silikat (Na_2SiO_3). Natrium silikat sebagai inhibitor korosi bekerja dengan membentuk sebuah lapisan pelindung dari ion silikat yang kemudian akan mencegah serangan dari ion alkali (Dananjaya dkk., 2016). Sifat inhibitor natrium silikat diduga karena gugus O yang memiliki pasangan elektron bebas yang dapat digunakan untuk berikatan dengan logam, sehingga membentuk lapisan pasif yang protektif dipermukaan logam. Lapis pasif yang terbentuk antara gugus O dengan baja akan melindungi logam dari media korosif sehingga menghambat laju korosi (Maksum, 2011). Contoh penggunaan inhibitor anti korosi dan tanpa penggunaan inhibitor anti korosi pada baja dengan media yang digunakan yaitu media NaCl dapat dilihat pada Gambar 4 dan dalam media air laut pada Gambar 5.



Gambar 4. Perbedaan korosi pada sampel baja tanpa inhibitor (a) dan dengan inhibitor (b) dalam media NaCl (Sapitri, 2020)



Gambar 5. Perbedaan korosi pada baja (a) tanpa inhibitor dan dengan (b) inhibitor dalam media air laut (Ishar, 2021)

Natrium silikat biasa disebut *water glass* dengan rumus kimia ($\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{SiO}_2$) merupakan suatu produk yang mengandung ion natrium (Na^+) dan ion silika (SiO_3^{-2}). Natrium silikat sangat dibutuhkan dalam industri sebagai tinta gel, aditif, detergen, sabun cair serta produk-produk turunan dari silika seperti silika adsorbent, silika presipitat (*filler*) dan lainnya. Natrium silikat dapat diproduksi melalui 2 (dua) fase yaitu fase padat di mana silika (SiO_2) dan natrium hidroksida (NaOH) padat dicampur dan dilakukan pembakaran pada temperatur tinggi kurang lebih 1400°C , dan fase cair di mana NaOH berupa larutan, fase cair ini dikenal dengan proses ekstraksi bahan-bahan yang mengandung silika dengan larutan basa (alkali) pada temperatur relatif rendah yaitu $95\text{-}105^\circ\text{C}$ selama 1-3 jam (Sumada dkk., 2017).

2.6 Karakterisasi

2.6.1 *Fourier Transform infra Red* (FTIR)

Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR) merupakan suatu alat yang digunakan untuk menganalisis suatu sampel dengan cara menganalisa gugus fungsi suatu senyawa dari absorbansi inframerah yang dilakukan terhadap senyawa tersebut tanpa menggunakan zat radioaktif dan dapat digunakan untuk menganalisa suatu material secara kualitatif maupun kuantitatif (Sjahfirdi, 2015). Pada

spektroskopi infra merah, radiasi inframerah dilewatkan pada sampel. Sebagian radiasi inframerah diserap oleh sampel dan sebagian lagi dilewatkan atau ditransmisikan. Prinsip kerja FTIR adalah interaksi antara energi dan materi. Infrared yang melewati celah ke sampel, di mana celah tersebut berfungsi mengontrol jumlah energi yang disampaikan kepada sampel. Kemudian beberapa infrared diserap oleh sampel dan yang lainnya di transmisikan melalui permukaan sampel sehingga sinar infrared lolos ke detektor dan sinyal yang terukur kemudian dikirim ke komputer dan direkam dalam bentuk puncak-puncak (Sari dkk., 2018). Analisis gugus fungsi dengan FTIR bertujuan untuk mengetahui proses yang terjadi pada pencampuran apakah secara fisik atau kimia. Sampel ditempatkan ke dalam *set holder*, kemudian dicari spektrum yang sesuai. Hasilnya akan didapatkan difraktogram hubungan antara bilangan gelombang dengan intensitas (Thermo, 2011).

Apabila suatu senyawa organik dikenai sinar inframerah yang mempunyai frekuensi tertentu (bilangan gelombang $500\text{-}4000\text{ cm}^{-1}$), sehingga beberapa frekuensi tersebut diserap oleh senyawa tersebut. Berapa banyak yang melewati senyawa tersebut diukur sebagai presentasi transmitansi (*presentage transmittance*). Presentasi transmitansi dengan nilai 100 berarti semua frekuensi dapat melewati senyawa tersebut tanpa diserap sama sekali. Transmitansi sebesar 5% mempunyai arti bahwa hampir semua frekuensi tersebut diserap oleh senyawa itu (Sembiring dan Simanjuntak, 2015). Daerah inframerah pada spektrum gelombang elektromagnetik dimulai dari panjang gelombang 14000 cm^{-1} hingga 10 cm^{-1} . Berdasarkan panjang gelombang tersebut daerah inframerah dibagi menjadi tiga daerah, yaitu IR dekat ($14000\text{-}4000\text{ cm}^{-1}$) yang peka terhadap vibrasi

overtone, IR sedang ($4000-400\text{ cm}^{-1}$) berkaitan dengan transisi energi vibrasi dari molekul yang memberikan informasi mengenai gugus-gugus fungsi dalam molekul tersebut, dan IR jauh ($400-10\text{ cm}^{-1}$) untuk menganalisis molekul yang mengandung atom-atom berat seperti senyawa anorganik tapi butuh teknik khusus. Analisis senyawa biasanya dilakukan pada daerah IR sedang (Sari dkk., 2018). Penelitian (Solihudin dkk., 2020) menunjukkan hasil FTIR berupa vibrasi ulur simetris dari $\equiv\text{Si-O}$ pada ($\equiv\text{Si-O-Si}\equiv$) pada bilangan gelombang 801 cm^{-1} pada arang sekam padi, dan 798 cm^{-1} pada silika hasil ekstraksi arang sekam padi. Pada spektrum dari silika nampak puncak melebar pada bilangan gelombang 3467 cm^{-1} yang menunjukkan adanya vibrasi ulur O-H yang menandakan adanya gugus OH dari silanol atau air yang teradsorpsi. Penelitian (Ishar, 2021) menunjukkan hasil karakterisasi silika didapatkan gugus $-\text{OH}$ pada bilangan gelombang $3450,56\text{ cm}^{-1}$ dan adanya gugus fungsi siloksi (Si-O) dari gugus siloksan (Si-O-Si) pada bilangan gelombang $1095,57\text{ cm}^{-1}$.

2.6.2 X-Ray Fluorescence (XRF)

X-Ray Fluorescence (XRF) merupakan salah satu metode yang digunakan untuk menganalisis suatu unsur dalam bahan secara kualitatif dan kuantitatif. Faktor-faktor yang mempengaruhi dalam analisis kuantitatif antara lain matriks bahan, kondisi kevakuman dan konsentrasi unsur dalam sampel, pengaruh unsur yang mempunyai energi karakteristik berdekatan dengan energi karakteristik unsur yang dianalisis. Prinsip kerja spektrometer XRF didasarkan pada tumbukan atom sinar-X dari sumber sinar-X pada permukaan sampel. Hasil analisis kualitatif ditunjukkan oleh puncak spektral yang menunjukkan jenis sampel. Unsur tersebut didasarkan pada karakteristik energi sinar-X, dan analisis kuantitatif diperoleh

dengan membandingkan intensitas sampel dengan standar (Kriswarini dkk., 2010). Analisis XRF digunakan untuk mengidentifikasi dan menghitung karakteristik sinar-X yang dihasilkan oleh efek fotolistrik. Efek fotolistrik terjadi karena elektron dalam atom target (sampel) terkena sinar berenergi tinggi (radiasi gamma, sinar-X). Jika energi berkas lebih besar dari energi ikat elektron pada orbital K, L, atau M atom target, elektron atom target akan melebihi orbitalnya. Oleh karena itu, atom target akan mengalami kekosongan elektron. Kekosongan ini akan diisi dengan elektron dari orbit terluar, kemudian akan melepaskan energi dalam bentuk sinar-X. Sinar yang dihasilkan adalah kombinasi dari spektrum kontinu dan spektrum energi spesifik (diskrit), dari bahan target dihancurkan oleh elektron. Jenis spektrum diskrit di mana terjadi tergantung pada perpindahan elektron yang terjadi pada atom material (Jamaluddin dan Adiantoro, 2012).

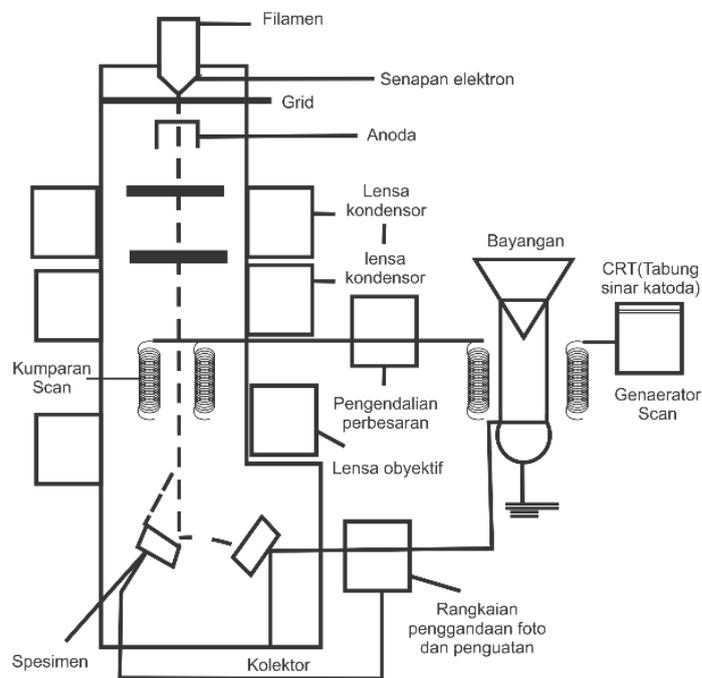
Spektrometri XRF memanfaatkan sinar-X yang dipancarkan oleh bahan yang selanjutnya ditangkap detektor untuk dianalisis kandungan unsur dalam bahan. Bahan yang dianalisis dapat berupa padat massif, pelet, maupun serbuk. Analisis unsur dilakukan secara kualitatif maupun kuantitatif. Analisis kualitatif menganalisis jenis unsur yang terkandung dalam bahan dan analisis kuantitatif dilakukan untuk menentukan konsentrasi unsur dalam bahan. Sinar-X yang dihasilkan dari peristiwa seperti peristiwa tersebut diatas ditangkap oleh detektor semi konduktor Silikon Litium (SiLi). Berdasarkan penelitian yang dilakukan diperoleh kandungan Silikon dioksida (SiO_2) pada pasir sebesar 76,8% (Munasir dkk., 2012). Pada penelitian (Ishar, 2021) ekstraksi dan karakterisasi silika dari abu ampas tebu didapatkan hasil ekstraksi berupa silika kemudian dikarakterisasi menggunakan XRF untuk mengetahui kadar silika dari hasil ekstraksi dan diperoleh kadar silika sebesar 86,02%.

2.6.3 Scanning Electron Microscopy (SEM)

Scanning electron microscope (SEM) adalah mikroskop elektron yang dirancang untuk mengamati secara langsung permukaan benda padat. Perbesaran SEM 10-3.000.000 kali, *depth of field* 4-0,4 mm dan resolusi 1-10 nm. Kombinasi perbesaran tinggi, kedalaman bidang yang besar, resolusi yang baik, dan kemampuan untuk memahami komposisi dan informasi kristal membuat SEM banyak digunakan dalam penelitian dan aplikasi industri. SEM memfokuskan berkas elektron (*electron beam*) pada permukaan suatu objek dan mengambil gambar dengan mendeteksi elektron yang muncul dari permukaan objek. Prinsip kerja dari SEM yaitu penembak elektron (*electron gun*) akan menghasilkan elektron beam dari filamen. Pada umumnya *electron gun* yang digunakan adalah tungsten *hairpin gun* dengan filamen berupa lilitan tungsten yang berfungsi sebagai katoda. Tegangan yang terjadi pada lilitan mengakibatkan terjadinya pemanasan. Anoda kemudian akan membentuk gaya yang dapat menarik elektron melaju menuju anoda. Kemudian lensa magnetik memfokuskan elektron menuju suatu titik pada permukaan sampel, sehingga sinar elektron yang terfokus memindai keseluruhan sampel dengan diarahkan oleh koil pemindai. Ketika elektron mengenai sampel, maka akan terjadi hamburan elektron, baik *secondary electron* (SE) atau *back scattered electron* (BSE) dari permukaan sampel akan dideteksi oleh detektor dan dimunculkan dalam bentuk gambar pada monitor CRT (Farikhin, 2016).

Penelitian (Ishar, 2021) menjelaskan bahwa hasil uji SEM pada sampel dengan menggunakan perbesaran 100x, 200x, 500x, 1000x, 2000x dan 5000x pada waktu perendaman selama 12 hari menunjukkan bahwa hasil analisis SEM pada baja karbon yang tidak terlapis dengan inhibitor mengalami pengikisan sedangkan

yang terlapisi inhibitor, korosi yang terbentuk hanya sedikit. Sementara Sapitri (2020) memperoleh hasil uji SEM pada sampel baja menunjukkan bahwa pada sampel dalam media akuades memiliki laju korosi paling kecil dan untuk melihat perbedaan pengaruh konsentrasi inhibitor maka dilakukan analisis menggunakan SEM dengan perbesaran 100x dan 5000x pada waktu perendaman 12 hari permukaan baja karbon yang terkorosi hanya pada bagian tertentu atau terjadi korosi celah.



Gambar 6. Skema dasar SEM (Farikhin, 2016)

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah tongkol jagung (dari desa Liliriawang, Kec. Bengo, Kab. Bone, Sulawesi Selatan), baja karbon St-37, kertas amplas, HCl 4 M, aseton, Larutan NaOH 4 M, kertas pH universal, kertas saring Whatman No. 42, tissue, benang, *epoxy resin* merek *Crystal Clear*, *hardener* merek *Crystal Clear*, air laut, larutan asam asetat 25% dan akuades.

3.2 Alat Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat gelas yang umum digunakan, neraca analitik, tanur *Barnstead* 6000, oven (*dual purpose oven*), *magnetic bar*, *hotplate magnetic stirrer* (*hotplate stirrer* p22008), SEM (*Hitachi Flexsem* 1000), XRF (Shimadzu), FTIR (Shimadzu, type:IRPrestige 21), Statif, termometer.

3.3 Tempat dan Waktu Penelitian

3.3.1 Tempat dan Waktu Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel dilaksanakan pada Desember 2021 di desa Liliriawang, Kec. Bengo, Kab. Bone, Sulawesi Selatan.

3.3.2 Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Kimia Anorganik, Laboratorium Kimia Fisika, Laboratorium Penelitian dan Pengembangan Sains, Departemen Teknik Mesin Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya dan