

Skripsi

**EKSTRAKSI DAN KARAKTERISASI SILIKA DARI ABU AMPAS
TEBU (*Saccharum officinarum L.*) SEBAGAI MATERIAL ANTI
KOROSI PADA BAJA KARBON**

ISHAR

H031 17 1006



DEPARTEMEN KIMIA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2021

**EKSTRAKSI DAN KARAKTERISASI SILIKA DARI ABU
AMPAS TEBU (*Saccharum officinarum* L.) SEBAGAI
MATERIAL ANTI KOROSI PADA BAJA KARBON**

*Skripsi ini diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains pada Departemen Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu
Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin*

Oleh:

ISHAR

H031 17 1006



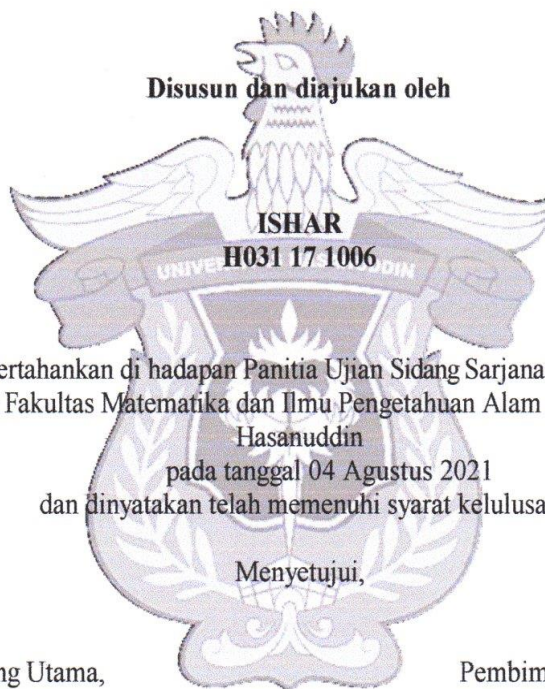
MAKASSAR

2021

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

EKSTRAKSI DAN KARAKTERISASI SILIKA DARI ABU AMPAS TEBU (*Saccharum officinarum L.*) SEBAGAI MATERIAL ANTI KOROSI PADA BAJA KARBON

Disusun dan diajukan oleh



Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian Sidang Sarjana Program Studi
Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas
Hasanuddin
pada tanggal 04 Agustus 2021
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,

A blue circular stamp of Universitas Hasanuddin is visible. It contains the text 'KEMENTERIAN PERTANIAN DAN KESAYAKHOAN', 'UNIVERSITAS HASANUDDIN', and 'DEPARTEMEN MIPA'. A signature is written over the stamp.

Dr. Abdul Karim, M.Si
NIP. 196207101988031002

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ishar
NIM : H031 17 1006
Program Studi : Kimia
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa Skripsi dengan judul ekstraksi dan karakterisasi silika dari abu ampas tebu (*Saccharum officinarum L.*) sebagai material anti korosi pada baja karbon 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, 04 Agustus 2021

Yang Menyatakan



Ishar

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

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala anugerah, nikmat kesehatan, nikmat kesempatan dan nikmat iman yang tiada tara, juga kepada Nabi Muhammad SAW yang telah menjadi suri tauladan bagi umat manusia sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Ekstraksi dan Karakterisasi Silika dari Abu Ampas Tebu (*saccharum officinarum L.*) sebagai material Anti Korosi pada Baja Karbon” dengan baik dan sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Sains Departemen Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin.

Banyak pihak yang telah berperan penting dalam membantu penyelesaian skripsi ini, baik secara moril, materil, maupun spiritual maka dalam kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada

1. kedua orang tua, Ayahanda tercinta **Syahrir** dan Ibunda tercinta **Hasna** terima kasih atas segala perjuanganmu hingga titik ini tidak pernah lelah dalam mendidik saya kearah yang lebih baik, ketika dunia menutup pintunya pada saya, ayah dan ibu membuka lengannya untuk saya, ketika orang-orang menutup telinga mereka untuk saya, mereka berdua membuka hati untukku, Terima kasih karena selalu ada untukku.
2. kakak saya tercinta **Asgar, Ashar, Hasriani** yang selama perkuliahan ketika saya minta sesuatu selalu diberikan yang selalu memenuhi kebutuhan saya selama perkuliahan sampai sekarang.
3. Seluruh keluarga besar saya yang selalu mensupport anggota keluarga yang sedang menempuh perkuliahan untuk terus semangat menjalani

kehidupannya.

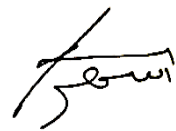
4. Ayahanda **Dr. Yusafir Hala, M.Si** selaku dosen pembimbing utama sekaligus penasihat akademik saya yang telah memberikan begitu banyak ilmu, bantuan, masukan, motivasi dan dorongan sehingga bisa menyelesaikan penelitian saya sampai ditahap penyelesaian skripsi saya.
5. Ibunda **Dr. St. Fauziah, M.Si** selaku dosen pembimbing pertama saya yang juga membimbing saya, meluangkan waktunya untuk memberikan masukan dan saran-saran mengenai penelitian saya sampai dengan penyelesaian skripsi.
6. Ibunda **Dr. Hj. Nursiah La Nafie, M.Sc** dan Ayahanda **Drs. F. W. Mandey, M.Sc** selaku tim penguji yang telah memberikan banyak ilmu saran dan masukan selama proses penyusunan skripsi ini.
7. Seluruh **staf Dosen Departemen Kimia** yang telah memberikan banyak ilmu dan senantiasa mengajar kami selama proses perkuliahan berlangsung.
8. Seluruh *analisis laboratorium* yang senantiasa membantu penulis dalam memenuhi kelengkapan selama proses penelitian berlangsung di lab.
9. Teman saya **Lulu Sri Rahayu** dan **Ramlawati** selaku tim AYH squad yang telah membantu selama proses penelitian sampai ditahap ini.
10. **Muh.Amrullah, Oxana Arung Rante' Langi, Andrian nardus yoel, Cicilia Oktavaini Sefa, Muh.Fatir Hasyim, Hendrianus Layuk ada', Marfa dan Syamsuriadi** sahabat-sahabat **"POP MIE"** yang selalu dijadikan tempat belajar sama-sama jika mau ujian, terima kasih sudah membantu selama proses perkuliahan sampai ditahap ini.

11. **Taufik, Alim, Sultan, Irza, La Ode Ebet, Muh. Alfliadi, Yosua Tanzil** teman-teman “**Anugerah Laut Squad**” yang telah bersama-sama berbagi kebaikan selama di kost yang menjadikan pribadi yang lebih baik.
12. **Megawati, Nurhaini, Sumiati Hadriani, Yuyun Sukawati Rusma, Nurul Hudah Zakaria, dan Riska** teman-teman dari “**Gentabuana Squad**” yang telah mensupport penulis ketika membutuhkan makanan selama proses penelitian sampai pada tahap ini.
13. **Yayuk Tri Utami, Muh.Amrullah, Megawati, Rafiqi Barid, Joe, Rahma, Talha dan dirga** teman-teman magang yang selalu saling membantu penulisa dalam penyelesaian skripsi.
14. **Andi Nurannisa dan Charmelia** selaku teman berbagi keluh kesah selama penelitian, teman yang saling menyemangati untuk tetap melanjutkan apa yang tsedang dijalani.
15. Adik **Reza Lusiana** beserta ayahnya yang telah membantu penulis dalam kelancaran pengambilan sampel penelitian.
16. Kak **Dian Pingki Sapitri** yang telah memberikan banyak ilmu dalam pengembangan peneltian yang penulis kerjakan, yang setiap saat memberikan pandangan mengenai penelitian dari penulis.
17. Teman-teman **Anorganik Squad** yang selalu saling membantu satu sama lain jika ada kesushan yang sedang dialami.
18. Teman-teman seperjuangan **ALIFATIK 2017** dan **KIMIA 2017** yang mengajarkan arti kebersamaan yang sesungguhnya yang selalu ada dari awal sampai saat ini.

19. **Megawati** dan **Ramlawati** yang selalu ditempati kostnya untuk print berkas mulai dari awal menyusun skripsi sampai dengan tahap penyelesaian.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Akhir kata semoga skripsi ini bermanfaat bagi diri penulis pribadi maupun pembaca. Terimakasih.

Makassar, 5 Juni 2021

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Ishar' with a stylized flourish.

Ishar
NIM. H031171006

ABSTRAK

Ekstrak silika dari abu ampas tebu digunakan sebagai larutan inhibitor korosi pada baja karbon St 37 yang direndam dalam 3 media perendaman, yaitu akuades, air laut dan larutan asam asetat 25% masing-masing selama 4, 8 dan 12 hari. Variasi konsentrasi inhibitor yang diaplikasikan adalah 10 ppm, 20 ppm, 30 ppm, 40 ppm dan pembanding resin-hardener (RH) pada masing-masing media. Karakterisasi dilakukan dengan menggunakan FTIR, XRF dan SEM-EDS. Laju korosi ditentukan dengan menggunakan metode kehilangan berat (*weigh loss*). Hasil penelitian menunjukkan bahwa rendemen yang diperoleh adalah 71,7%. Berdasarkan karakterisasi FTIR yang dilakukan diyakini bahwa rendamen ekstraksi merupakan senyawa silika yaitu ditandai dengan adanya gugus silanol (Si–OH) pada bilangan gelombang $3450,65\text{ cm}^{-1}$ dan gugus siloksan (Si–O–Si) pada bilangan gelombang $1095,57\text{ cm}^{-1}$ dengan hasil XRF diperoleh kadar silika sebesar 86,02%. Kehilangan berat sampel berbanding lurus dengan peningkatan laju korosi, tetapi pada konsentrasi tertentu berbanding terbalik. Konsentrasi inhibitor optimum yang diperoleh pada media akuades dan air laut yaitu 30 ppm, sementara pada larutan asam asetat 25% 20 ppm. Tingkat efisiensi inhibisi terbesar diperoleh dalam media akuades sebesar 88,88% pada konsentrasi inhibitor 30 ppm dengan waktu perendaman 12 hari. Karakterisasi SEM diperkuat dengan hasil EDS yang ditembakkan pada sampel baja karbon menunjukkan kadar silika sampel sebesar 2,66%. Hasil ini menunjukkan bahwa baja karbon yang tidak terlapisi dengan baik dengan inhibitor natrium silikat mengalami banyak pengikisan atau terkorosi dibandingkan dengan baja karbon yang terlapisi inhibitor natrium silikat yang cukup merata.

Kata kunci : Abu ampas tebu, Inhibitor natrium silikat, baja karbon St 37

ABSTRACT

Silica extract from bagasse ash was used as a corrosion inhibitor solution on St 37 carbon steel immersed in 3 immersion medium, namely distilled waters, seawaters and 25% acetic acid solution for 4, 8 and 12 days, respectively. The concentration variations of the inhibitors applied were 10 ppm, 20 ppm, 30 ppm, 40 ppm and the comparison of resin-hardener (RH) in each medium. Characterization was carried out using FTIR, XRF and SEM-EDS. The corrosion rate was determined using the weight loss method. The results showed that the rendement obtained was 71.7%. From the FTIR characterization, it is believed that the extraction rendement is a silica compound which is characterized by the presence of a silanol group (Si–OH) at a wave number of 3450.65 cm^{-1} and a siloxane group (Si–O–Si) at a wave number of 1095.57 cm^{-1} with XRF results obtained silica content of 86.02%. The weight loss of the sample is directly proportional to the increase in the corrosion rate, but at a certain concentration it is inversely proportional. The optimum inhibitor concentration obtained in distilled waters and seawaters is 30 ppm, while at 25% acetic acid solution it is 20 ppm. The highest level of inhibition efficiency was obtained in distilled waters as much as 88.88% at 30 ppm inhibitor concentration with a immersion time of 12 days. The SEM characterization was strengthened by the results of the EDS fired at the carbon steel sample showing the sample silica content of 2.66%. These results indicate that carbon steels that are not well coated with sodium silicate inhibitors experience a lot of erosion or corrosion compared to carbon steels coated with sodium silicate inhibitors which are quite evenly distributed.

Key words : Bagasse ash, sodium silicate inhibitor, St 37 carbon steel

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PERSEMBAHAN.....	v
PRAKATA.....	vi
ABSTRAK.....	x
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xviii
DAFTAR ARTI SIMBOL DAN SINGKATAN.....	xix
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 Korosi.....	6
2.2 Inhibitor Korosi.....	8
2.3 Baja.....	11
2.4 Profil Tanaman Tebu di Indonesia.....	13
2.4.1 Ampas Tebu.....	14
2.4.2 Silika dari Abu Ampas Tebu.....	19

2.5 Karakterisasi.....	22
2.5.1 <i>Fourier Transform infra Red</i> (FTIR).....	22
2.5.2 <i>X-Ray Fluoresence</i> (XRF).....	23
2.5.3 <i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM).....	26
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 Ampas Tebu.....	29
3.4.2 Ekstraksi Silika dari Abu ampas Tebu.....	29
3.4.3 Pembuatan Lantan Inhibitor.....	30
3.4.4 Penentuan Laju Korosi.....	30
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	33
4.1 Ekstraksi Silika dari AAT.....	33
4.2 Karakterisasi.....	37
4.2.1 Karakterisasi Silika menggunakan FTIR.....	37
4.2.2 Karakterisasi Silika menggunakan XRF.....	38
4.3 Laju Reaksi Korosi.....	39
4.3.1 Laju Reaksi Korosi dalam Media Akuades.....	39
4.3.2 Laju Reaksi Korosi dalam Media Air Laut.....	42
4.3.3 Laju Reaksi Korosi dalam Media Asam Asetat.....	44

4.4 Efisiensi Inhibisi.....	48
4.5 Hasil Analisis.....	51
4.5.1 Hasil Analisis <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM).....	51
4.5.2 Hasil Analisis <i>Energy Dispersive X-Ray Spectrometry</i> (EDS).....	53
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	56
5.1 Kesimpulan.....	56
5.2 Saran.....	56
DAFTAR PUSTAKA.....	57
LAMPIRAN.....	65

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Karakteristik Ampas Tebu	15
2. Perbandingan Kandungan Abu Ampas Tebu sebelum dan sesudah preparasi.....	16
3. Komposisi Bahan Kimia Abu Ampas Tebu.....	19
4. Sifat Fisika Kristal Silika	22
5. Hasil Karakterisasi Silika menggunakan XRF hasil ekstraksi dari AAT.....	38
6. Efisiensi Inhibisi tertinggi dan terendah dalam media akuades.....	47
7. Efisiensi Inhibisi tertinggi dan terendah dalam media air laut.....	48
8. Efisiensi Inhibis tertinggi dan terendah dalam media asam asetat.....	48
9. Hasil Analisis Kandungan Unsur dengan EDS pada Sampel.....	54

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Skematik Korosi Permukaan Besi dalam Lingkungan Berair.....	7
2. Perbedaan Korosi pada Baja tanpa Inhibitor dan dengan Inhibitor dalam media NaCl.....	9
3. Ampas Tebu.....	14
4. Abu Ampas Tebu.....	18
5. Filtrat Hasil Penambahan NaOH 5 M pada AAT.....	32
6. Mekanisme Reaksi Pembentukan natrium Silikat.....	32
7. Reaksi Pembentukan Polimer Silika.....	34
8. Silika Hidrogel.....	35
9. Silika hasil Ekstraksi.....	36
10. Spektum FTIR Silika dari AAT.....	36
11. Grafik Laju Reaksi Korosi dalam Media Akuades.....	38
12. Plat Baja tanpa Inhibitor dan dengan Inhibitor dalam Media Akuades.....	39
13. Grafik Laju Reaksi Korosi dalam Media Air Laut.....	41
14. Perbedaan Korosi pada Baja tanpa inhibitor dan dengan Inhibitor dalam Media Air Laut	42
15. Grafik Laju Reaksi Korosi dalam Media Asam Asetat.....	44
16. Perendaman Baja Karbon pada Media Asam Asetat	45
17. Efek konsentrasi terhadap inhibitor anodik pada laju koro.....	46
18. Grafik Efisiensi Inhibisi korosi selama 12 hari perendaman.....	49
19. Morfologi baja karbon tanpa inhibitor dan dengan inhibitor.....	50

20. Daerah penembakan Baja Karbon.....	52
21. Grafik Hasil EDS Baja Karbon.....	53

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Diagram Alir Penelitian.....	65
2. Bagan Kerja Penelitian.....	66
3. Data Tabel Hasil Penelitian.....	69
4. Perhitungan Data Penelitian.....	72
5. Data Hasil Analisis Penelitian.....	79
6. Peta pengambilan Sampel penelitian	86
7. Dokumentasi Penelitian.....	87

DAFTAR ARTI SIMBOL DAN SINGKATAN

Simbol/Singkatan	Arti
AAT	Abu Ampas Tebu
BPS	Badan Pusat Statistik
EDS	<i>Energy Dispersive X-Ray Spectrometry</i>
RH	Resin dan Hardener
SEM	<i>Scanning Electron Microscope</i>
SPAT	Sisa Pembakaran Ampas Tebu
PTPN	PT Perkebunan Nusantara
P3GI	Pusat Penelitian Perkebunan Gula Indonesia

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Baja karbon merupakan salah satu material yang banyak digunakan untuk berbagai keperluan misalnya pembuatan alat-alat pabrik, alat transportasi dan otomotif. Hal ini disebabkan karena baja karbon dapat diproduksi dengan biaya yang tidak terlalu mahal dalam jumlah besar, spesifikasi yang presisi, dan mempunyai sifat mekanis yang baik. Namun, baja karbon sangat mudah mengalami korosi oleh pengaruh lingkungannya. Korosi adalah penurunan kualitas suatu logam yang disebabkan oleh terjadinya reaksi elektrokimia antara logam dengan lingkungannya sehingga logam menjadi rapuh, kasar dan mudah hancur. Proses korosi akan melibatkan pergerakan ion-ion logam ke dalam larutan di daerah aktif (anoda), penerimaan (*acceptor*) elektron dari bagian logam kurang aktif ke suatu daerah katoda, aliran ion-ion ke dalam larutan dan arus elektronik dalam logam. Pada anoda terjadi reaksi oksidasi di mana terjadi pelepasan elektron dan proses korosi terjadi. Pada katoda terjadi reaksi reduksi di mana menggunakan elektron biasanya tidak terjadi korosi (Lestari dkk., 2016). Upaya untuk menghambat proses terjadinya korosi dapat menggunakan inhibitor korosi. Inhibitor korosi adalah suatu zat kimia yang bila ditambahkan ke suatu bahan berupa baja karbon, dapat menurunkan laju korosi yang terjadi pada baja karbon tersebut. Jumlah inhibitor yang ditambahkan sedikit, baik secara terus menerus maupun bertahap pada selang waktu tertentu (Yanuar dkk., 2016).

Senyawa kimia yang sering digunakan sebagai bahan inhibitor korosi yaitu natrium silikat karena sifatnya yang ramah lingkungan, ekonomis dan tingkat

efisiensi yang tinggi. Pembuatan senyawa natrium silikat dapat dilakukan dengan cara mereaksikan senyawa natrium hidroksida (NaOH) dengan senyawa silika (Adziimaa dkk., 2013), sehingga didapatkan senyawa natrium silikat sebagai larutan inhibitor korosi (Aeni dkk., 2017). Penambahan inhibitor 20 ppm diperoleh efisiensi inhibisi sebesar 81%, maka larutan inhibitor natrium silikat efektif digunakan sebagai anti korosi melalui proses pelapisan (Noviyanti, 2016). Sapitri (2020) telah melakukan perhitungan laju korosi dari beberapa media yaitu pada media akuades, air laut dan asam asetat dengan efisiensi inhibisi terbesar diperoleh pada konsentrasi inhibitor natrium silikat 20 ppm dalam media akuades sebesar 89,5522 %.

Berbagai limbah dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan silika untuk digunakan sebagai inhibitor di antaranya yaitu sekam padi, tongkol jagung dan ampas tebu. Salah satu limbah yang memiliki kandungan silika yang cukup besar yaitu ampas tebu. Hanafi dan Nandang (2010), meneliti tentang kandungan silika pada abu ampas tebu, hasil penelitian diperoleh kandungan silika 64% dan pada penelitian (Sjamsiah dkk., 2017) diperoleh kandungan silika 73,40%

Ampas tebu merupakan residu yang telah melalui proses penggilingan yang telah diambil ekstraknya atau dikeluarkan niranya. Ampas tebu dapat diolah menjadi abu ampas tebu melalui proses pembakaran. Pada proses pembakaran ampas tebu akan menghasilkan abu, abu dari ampas tebu memiliki kadar SiO_2 yang relatif tinggi (Hidayati dkk., 2016). Ketersediaan ampas tebu di Indonesia cukup melimpah sejalan dengan semakin banyaknya pabrik gula tebu, baik yang dikelola oleh negara PT Perkebunan Nusantara/PTPN maupun swasta. Dari data Direktorat Jenderal Perkebunan Indonesia pada tahun 2018 menunjukkan bahwa

pada tahun 2017 produksi tebu di Indonesia menghasilkan sebanyak 2.121.671 ton pertahun, untuk produksi tebu di Sulawesi sebanyak 94.899 ton pertahun, dan produksi tebu di Sulawesi Selatan sebanyak 42.108 ton pertahun. Berdasarkan data tersebut maka menghasilkan ampas tebu dalam jumlah yang relatif besar sehingga perlu pengelolaan yang tepat agar dapat bermanfaat dan mengurangi pencemaran lingkungan (Pramitha dkk., 2019). Ampas tebu dimanfaatkan sebagai bahan bakar di pabrik gula, pembuatan kertas, media budidaya jamur dan sebagai bahan baku dalam pembuatan lembaran serat semen (Huda dkk., 2008). Ampas tebu juga dimanfaatkan sebagai produksi bioetanol (Novitasari dkk., 2012), sebagai alternatif adsorben (Wulandari, 2017), sebagai bahan baku genteng elastis (Rambe dkk., 2016) dan sebagai pelapis pada baja karbon anti korosi pada industri terutama industri minyak (Lestari dkk., 2016).

Penelitian Paramitha dkk. (2019), menghasilkan SiO_2 dengan cara ekstraksi abu ampas tebu menggunakan metode alkali, yaitu NaOH. Dengan demikian, abu ampas tebu ini berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku sintesis partikel silika, berupa padatan natrium silikat. Silika dapat diaplikasikan pada berbagai bidang, seperti pengisi beton, adsorben, bidang kosmetik dan sebagai pigmen anti korosi untuk mengatasi masalah korosi yang banyak terjadi pada baja karbon.

Berdasarkan paparan tersebut maka dilakukan penelitian ekstraksi dan karakterisasi silika sebagai larutan inhibitor korosi yaitu natrium silikat dengan memanfaatkan abu ampas tebu. Penelitian ini diharapkan dapat memberi sumbangan metode inhibisi korosi pada baja karbon.

1.2 Rumusan masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah :

1. apakah ekstraksi yang dilakukan terhadap abu ampas tebu dapat menghasilkan silika dan berapa rendemennya?
2. bagaimana karakteristik silika yang diperoleh dari ekstraksi abu ampas tebu?
3. apakah silika hasil ekstraksi dapat dibuat menjadi larutan inhibitor natrium silikat?
4. bagaimana pengaruh inhibitor natrium silikat dengan beberapa variasi konsentrasi terhadap laju korosi pada baja karbon dalam beberapa media perendaman?
5. berapa efisiensi inhibitor natrium silikat terhadap laju korosi pada baja karbon?
6. bagaimana morfologi permukaan dari baja karbon akibat korosi yang terbentuk setelah direndam dalam beberapa variasi konsentrasi inhibitor natrium silikat?

1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian

1.3.1 Maksud Penelitian

Maksud dari penelitian ini adalah mengekstraksi silika dari abu ampas tebu sebagai bahan inhibitor untuk mencegah korosi pada baja karbon dan mengkarakterisasi korosi yang terbentuk pada baja karbon setelah ditambahkan inhibitor natrium silikat.

1.3.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. mengesktraksi silika dari abu ampas tebu dan menghitung rendemen silika

yang diperoleh,

2. mengkarakterisasi silika hasil ekstraksi dari abu ampas tebu,
3. membuat larutan inhibitor natrium silikat menggunakan silika hasil ekstraksi abu ampas tebu,
4. menganalisis pengaruh inhibitor natrium silikat dengan beberapa variasi konsentrasi terhadap laju korosi pada baja karbon dalam beberapa media perendaman,
5. menghitung efisiensi inhibitor natrium silikat terhadap laju korosi pada baja karbon,
6. menentukan morfologi permukaan dari baja karbon akibat korosi yang terbentuk setelah direndam dalam beberapa media perendaman dengan beberapa variasi konsentrasi inhibitor natrium silikat,

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah:

1. memberi informasi tentang pengolahan limbah abu ampas tebu sebagai inhibitor korosi pada baja karbon dengan cara ekstraksi,
2. memberikan informasi mengenai pengaruh variasi konsentrasi inhibitor natrium silikat hasil ekstraksi dari abu ampas tebu pada baja karbon,

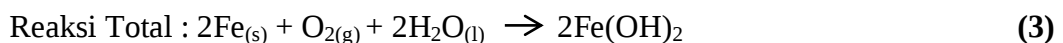
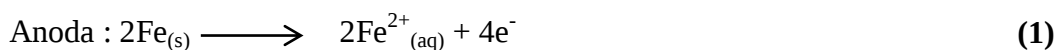
BAB II

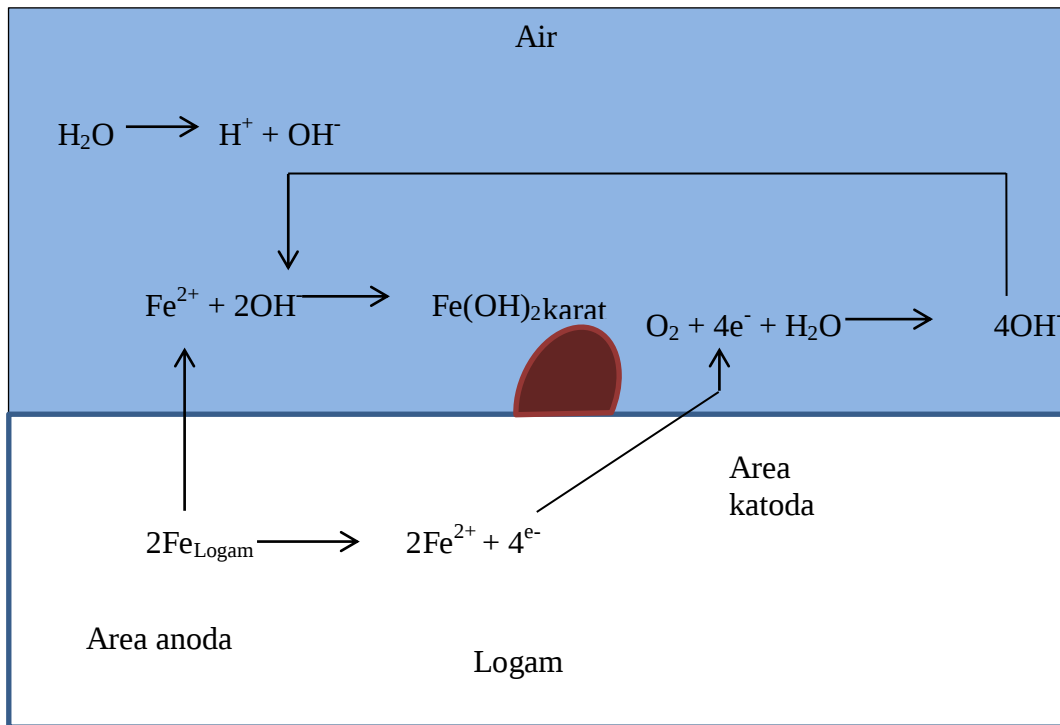
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Korosi

Korosi adalah proses degradasi/deteorisasi/perusakan material yang disebabkan oleh pengaruh lingkungan dan sekitarnya, beberapa jenis-jenis korosi yang terjadi pada pipa yaitu di antaranya adalah *uniform attack* (korosi serangan), *Pitting Corrosion* (Korosi Sumur), *Errosion Corrosion* (Korosi Erosi), *Galvani Corrosion* (Korosi Galvanis), *Stress corrosion* (korosi tegangan), *Crevice corrosion* (korosi celah), Korosi mikrobiologi, dan *Fatigue corrosion* (korosi lelah) (Utomo, 2009). Dua jenis mekanisme utama dari korosi adalah berdasarkan reaksi kimia secara langsung dan reaksi elektrokimia (Sidiq, 2013).

Menurut Fadli (2011), salah satu media korosif yang dapat menyebabkan terjadinya korosi adalah larutan asam. Larutan asam mengandung ion hidrogen (H^+) yng memiliki peran penting dalam reaksi oksidasi besi. Dalam peristiwa perkaratan yang terjadi, logam besi bertindak sebagai anoda yang mengalami reaksi oksidasi membentuk oksida dengan rumus kimia $Fe_2O_3.nH_2O$ yang berwarna merah kecoklatan. Baja yang terpapar pada udara terbuka dapat mengalami korosi merata (*general corrosion*) yang dimulai dengan terbentuknya oksida hidrat karena pengaruh kelembaban dan oksigen. Reaksi-reaksi yang kemungkinan dapat terjadi dapat dilihat dari Persamaan 1, 2 dan 3 (Rizky, 2014).





Gambar 1. Skematik Korosi Permukaan besi dalam lingkungan berair (Fadli, 2011).

Produk ini dapat berupa hidrat dan anhidrat. Jika lingkungan bersifat higroskopis maka besi hidroksida akan mengikat air dan terbentuklah besi oksida hidrat ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$). Oksida besi bersifat porous dan tidak protektif terhadap logam besi di bawahnya. Pembentukan besi hidroksida pada lingkungan berair dapat dilihat pada Gambar 1 di atas. Elektron yang dibebaskan pada reaksi oksidasi digunakan pada bagian lain yang disebut katoda untuk menjalani reaksi reduksi. Pada peristiwa perkaratan yang umum terjadi pada kondisi lembab atau berair, reaksi reduksi dialami oleh unsur oksigen yang selanjutnya membentuk ion hidroksida atau dalam kondisi terdapat ion hidrogen (H^+) akan bereaksi membentuk air (Fadli, 2011).

Menurut Utomo (2009), hal-hal yang mempengaruhi sehingga terjadinya korosi :

1. suhu, semakin tinggi temperatur maka reaksi kimia akan semakin cepat maka

- korosi akan semakin cepat terjadi,
2. kecepatan aliran, jika kecepatan aliran semakin cepat maka akan merusak lapisan film pada logam maka akan mempercepat korosi karena logam akan kehilangan lapisan,
 3. pH, pada pH yang optimal maka korosi akan semakin cepat (mikroba),
 4. kadar Oksigen, semakin tinggi kadar oksigen pada suatu tempat maka reaksi oksidasi akan mudah terjadi sehingga akan mempengaruhi laju reaksi korosi,
 5. kelembaban udara,

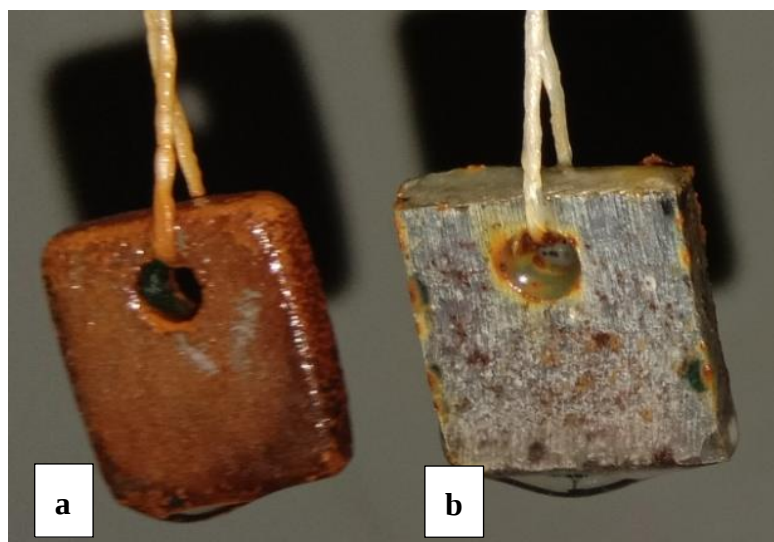
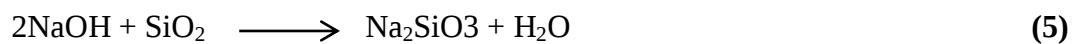
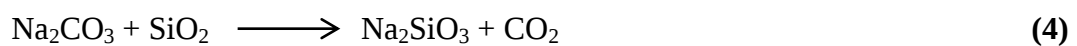
Adapun upaya-upaya yang perlu dilakukan sehingga mencegah terjadinya korosi yaitu :

1. memilih logam yang tepat untuk suatu lingkungan dengan kondisi-kondisinya,
2. memberi lapisan pelindung agar lapisan logam terlindung dari lingkungannya,
3. memperbaiki lingkungan supaya tidak korosif,
4. perlindungan secara elektrokimia dengan anoda korban atau arus tandingan,
5. memperbaiki konstruksi agar tidak menyimpan air, lumpur dan zat korosif lainnya,

2.2 Inhibitor Korosi

Salah satu metode pengendalian korosi yang cukup baik untuk dilakukan dan dikembangkan adalah dengan menggunakan inhibitor korosi. Inhibitor korosi adalah suatu zat kimia yang jika ditambahkan ke dalam lingkungan korosif akan dapat menghambat laju korosi terhadap suatu logam melalui proses kimia (Adziimaa dkk., 2013). Natrium silikat merupakan salah satu senyawa kimia yang sering digunakan sebagai inhibitor korosi. Senyawa natrium silikat dapat dibuat dengan cara mereaksikan unsur silika, oksigen dan natrium dalam sebuah proses

termal pada suhu tinggi untuk menghasilkan kemurnian senyawa yang baik (Aramaki, 2001). Natrium silikat atau yang disebut dengan *water glass* atau *liquid glass*, banyak digunakan dalam bidang industri dan perdagangan. Produk natrium silikat yang digunakan umumnya tidak berwarna, transparan, berbentuk serbuk dan juga ada yang terlarut dengan air dalam bentuk larutan kental. Beberapa senyawa ini ada yang mudah larut dan juga ada yang sukar larut. Senyawa natrium silikat dapat dibuat dengan mereaksikan beberapa unsur kimia yang meliputi silikon (Si), oksigen (O) dan natrium (Na) di mana komposisi yang akan direaksikan dari masing-masing senyawa tersebut akan mempengaruhi tingkat kestabilan dan kemurnian senyawa silikat yang dihasilkan. Untuk mendapatkan senyawa natrium silikat, dapat melalui beberapa reaksi berbeda. Berikut ini adalah beberapa reaksi yang dapat digunakan dalam pembuatan senyawa natrium silikat :



Gambar 2. Perbedaan Korosi pada baja(a) tanpa inhibitor dan (b)dengan inhibitor dalam media NaCl (Sapitri, 2020).

Hasil yang diperoleh juga akan berbeda tergantung pada reaksi dan keadaan lingkungan yang diberikan. Natrium silikat memiliki kegunaan yang cukup banyak di dalam kehidupan sehari-hari. Penggunaan senyawa natrium silikat dalam industri yang sering dijumpai adalah dalam industri sabun, tekstil, pemrosesan kayu, dalam industri pembuatan silika gel, campuran pada detergen, pembersih logam, *water treatment*, pelarut tinta dan inhibitor korosi. Natrium silikat sebagai inhibitor korosi bekerja dengan membentuk sebuah lapisan pelindung dari ion silikat yang kemudian akan mencegah serangan dari ion alkali (Gao dkk, 2011). Natrium silikat sebagai inhibitor bekerja dengan membentuk lapisan pelindung yang kemudian akan menempel pada permukaan logam yang berhubungan langsung dengan lingkungan. Salah satu contoh penggunaan inhibitor anti korosi dan tanpa penggunaan inhibitor anti korosi pada baja dengan media yang digunakan yaitu media NaCl tampak jelas perbedaannya dapat dilihat pada Gambar 2.

Inhibitor korosi natrium silikat dalam media akuades tidak terlalu mempercepat laju reaksi korosi pada baja karbon karena tidak terdapat unsur lain yang mudah mempercepat laju korosi suatu baja, selain itu inhibitor natrium silikat tidak dapat larut dalam akuades sehingga *coating* dapat bertahan lebih lama untuk membuat oksigen maupun H₂O tidak menyentuh permukaan baja yang dapat bereaksi membentuk korosi. Penelitian yang dilakukan oleh (Sapitri, 2020) memperoleh nilai laju reaksi korosi dengan waktu perendaman 12 hari pada baja tanpa penambahan inhibitor sebesar 0,22448 mpy, inhibitor konsentrasi 10 ppm sebesar 0,09102 mpy, inhibitor konsentrasi 20 ppm sebesar 0,04981 mpy dan inhibitor konsentrasi 30 ppm sebesar 0,04858 mpy. Sehingga dapat diketahui

bahwa semakin meningkatkannya konsentrasi inhibitor maka akan menurunkan laju reaksi korosi.

2.3 Baja

Baja adalah logam paduan dengan besi sebagai unsur dasar dan karbon sebagai unsur paduan utamanya. Kandungan karbon dalam baja berkisar antara 0,2% hingga 2,1% berat sesuai tingkatannya. Fungsi karbon dalam baja adalah sebagai unsur pengeras dengan mencegah dislokasi bergeser pada kisi kristal (*crystal lattice*) atom besi. Unsur paduan lain yang biasa ditambahkan selain karbon adalah mangan (*manganese*), krom (*chromium*), vanadium dan tungsten (Tarkono dkk., 2012). Komposisinya baja dapat dibedakan sebagai berikut :

1. Baja Karbon (*Carbon Steel*)

Baja karbon adalah baja dengan kandungan karbon kurang lebih 1,7%. Baja tersebut sering digunakan untuk infrastruktur. Berikut adalah pembagian baja karbon :

a. Baja Rendah Karbon (<0,2 % karbon)

Baja rendah karbon ini sering dipakai untuk keperluan *automobile body panels*, dibutuhkan kemurnian baja dengan kadar karbon yang rendah. Kadar unsur karbon dalam baja ini kurang dari 0,2% atau sangat sedikit sehingga dinamakan *low carbon steel* (Kitahara dkk., 2006).

b. Baja Sedang Karbon (0,2-0,5 % Carbon)

Baja sedang karbon sering dipakai untuk berbagai keperluan kondisi hasil *quench* dan *tempered*, serta ada juga yang dipakai untuk *shaft*, *axle*, *gear*, serta *crankshaft*. Kadar unsur karbon dalam baja ini sekitar

0,2% sampai 0,5% atau lebih banyak daripada baja rendah karbon sehingga dinamakan *medium carbon steel* (Boyd dkk., 1974).

- c. Baja Tinggi Karbon (>0,5 % Carbon) Baja tinggi karbon sering dipakai dalam *spring material* dan *high-strength wire* (Budek dkk., 2002) . Kadar unsur karbon dalam baja ini besar dari 0,5% atau paling tinggi diantara dua jenis karbon diatas sehingga dinamakan *high carbon steel*.

2. Baja Paduan (*alloy steel*)

Baja paduan atau *alloy steel* (Sulardjaka dkk., 2013) adalah baja karbon yang didalamnya terdapat campuran unsur lainnya mampu mengubah sifat baja tersebut. Karakteristik baja diantaranya liat, cepat memadat, keras dan sebagainya di mana bertujuan untuk membuat baja menjadi lebih berkualitas. Adanya pengotor yang mengurangi kemurnian baja tersebut. Pada baja karbon kita dapat melakukan dengan cara menambahkan satu, dua atau lebih unsur, berdasarkan pada karakter atau sifat khususnya *alloy* (Darmawanti dkk., 2010) berdasarkan yang diinginkan.

a. Baja Rendah Alloy

Jenis baja rendah *alloy* yang terkenal yang sering digunakan adalah HSLA (Wirabuana dan Wibowo, 2015).

b. Baja Tinggi Alloy (*high alloy steel*) (> 8% *alloying element*)

Tujuan pemanfaatan *high alloy steel* yaitu untuk meningkatkan karakteristik baja, diantaranya yaitu agar lebih tahan terhadap korosi (Affandi dkk., 2015), lebih tahan panas dan lebih tahan aus dibandingkan baja rendah *alloy*.

3. Baja Tahan Karat (*Stainless Steel*)

Baja tahan karat adalah gabungan besi menggunakan paling sedikit

mengandung 12% unsur *chromium*. Tanpa penambahan unsur lainnya, paduan besi sebanyak 12% *chromium* dikenal dengan baja tahan karat. Campuran tersebut akan membuat *thin protective layer* Cr₂O₃ (Sabioni dkk., 2005). Baja *stainless steel* (Bayuseno, 2009) biasanya banyak digunakan untuk keperluan di dalam rumah tangga seperti peralatan makan dan minum seperti sendok, garpu dan gelas serta alat-alat memasak seperti kuah dan sendok penggorengan.

2.4 Profil Tanaman Tebu di Indonesia

Tebu merupakan sumber pemanis utama di dunia, hampir 70 % sumber bahan pemanis berasal dari tebu sedangkan sisanya berasal dari bit gula. Prospek pasar gula dalam negeri sebenarnya sangat potensial. Indonesia yang berpenduduk 237,6 juta jiwa rata-rata mengkonsumsi gula 17 kg per kapita per tahun, sehingga kebutuhan gula per tahun 4.039,2 juta ton untuk gula rafinasi. Kebutuhan ini masih dipenuhi dari impor karena produksi gula nasional baru mencapai 2,318 juta ton, di daerah sulawesi selatan produksi tebu 33.79 ton (BPS, 2012). Menurut Direktorat Jendral Perkebunan (2014) menyatakan bahwa produksi tebu tahun 2013-2015 terus mengalami peningkatan. Adapun taksonomi dari tanaman tebu (*Saccharum officinarum* L.) yaitu (Indarwanto dkk., 2010):

Divisi	: Spermatophyta
Subdivisi	: Angiospermae
Kelas	: Monocotyledone
Ordo	: Poales
Famili	: Poaceae
Genus	: <i>Saccharum</i>
Spesies	: <i>Saccharum officinarum</i> L.

Sifat fisik tanah yang baik untuk tanaman tebu yaitu tanah yang gembur sehingga memudahkan terjadinya aerasi udara dan perakaran yang berkembang sempurna. Dengan pemecahan bongkahan tanah menjadi partikel-partikel yang kecil lebih memudahkan akar untuk tumbuh berkembang dan cepat menerobos tanah. Sedangkan sifat kimia dari tanaman tebu yaitu tanaman tebu dapat tumbuh pada tanah yang memiliki pH 6-7,5 tetapi pada pH yang tidak lebih tinggi dari pH 8,5 atau tidak lebih rendah dari pH 4,5. pH yang tinggi ketersediaan unsur hara menjadi terbatas. Untuk pH yang kurang dari pH 5 akan menyebabkan keracunan Fe dan Al pada tanaman. Hal ini perlunya pemberian kapur (CaCO_3) sehingga unsur Fe dan Al dapat dikurangi. Bahan racun utama lainnya dalam tanah adalah klor (Cl), kadar Cl dalam tanah sekitar 0,06 – 0,1 % telah bersifat racun bagi akar tanaman bersifat racun (Indarwanto dkk., 2010).

2.4.1 Ampas tebu

Ampas tebu merupakan salah satu limbah yang dihasilkan oleh pabrik pembuatan gula dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Ampas tebu (Wardani, 2017)

Menurut santoso dkk. (2008), menjelaskan bahwa ampas tebu merupakan hasil limbah dari industri atau pembuatan minuman dari air tebu yang belum termanfaatkan secara optimal sehingga membawa masalah tersendiri bagi industri gula maupun lingkungan karena dianggap sebagai limbah. Secara kimiawi, komponen utama penyusun ampas tebu adalah serat yang di dalamnya terkandung selulosa, poliosa seperti hemiselulosa, lignoselulosa dan lignin. Adapun karakteristik dari ampas tebu dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik ampas tebu (Daniyanto dkk., 2015)

Komponen	Nilai
<i>Bulk Density, kg/m³</i>	580
Nilai kalor, kkal/kg	1825
<i>Proximate analysis</i>	
1. Kadar Air	49
2. <i>Fixed carbon</i>	7
3. Materi volatil	42,5
4. Kadar Abu	1,5
<i>Ultimate analysis</i>	
1. Karbon	23,7
2. Hidrogen	3,0
3. Oksigen	22,8
4. H ₂ O	49,0
5. Abu	1,5

Penelitian Ashabani, (2013) menjelaskan bahwa komposisi kimia ampas tebu mengenai konsentrasi air, konsentrasi abu, karbon aktif murni dan daya serap terhadap larutan I₂ masing-masing menghasilkan sekitar 11, 514%, 5,954%, 67,386% dan 21,269%. Menurut penelitian Hanafi dan Nandang (2010) mendapatkan hasil uji kadar abu rata-rata dalam ampas tebu yaitu 2,09% dan hasil

analisis komposisi SiO_2 dari abu ampas tebu yang diperoleh dengan menggunakan XRF yaitu mendapatkan hasil dengan konsentrasi (% b/b) adalah 64%. Menurut Hidayati dkk. (2016), komposisi ampas tebu dengan komponen selulosa, Hemiselulosa, Lignin dan Silikat masing-masing sekitar 35,01%, 25,24%, 6,4% dan 9,35%.

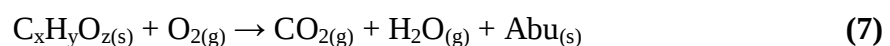
Sisa pembakaran dari ampas tebu (SPAT) merupakan hasil samping dari pembuatan gula dari tebu. Dari sisa pembakaran ampas tebu dihasilkan dari ampas tebu yang dibakar dan menjadi bahan bakar dalam proses pemanasan nira tebu. Pembakaran yang telah terjadi kemudian diendapkan ke dalam air sehingga hasil dari endapan ini yang menjadi sisa pembakaran ampas tebu. Penelitian Sulaiman (2019), melakukan perbandingan kandungan abu ampas tebu sebelum dan sesudah preparasi dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan Kandungan Abu Ampas Tebu sebelum dan Setelah Preparasi

Sebelum Preparasi		Setelah Preparasi	
Parameter Analisis	Jumlah (%)	Parameter Analisis	Jumlah (%)
Karbon	26,26	SiO_2	72,61
Hidrogen	1,06	Al_2O_3	6,07
Nitrogen	0,16	Fe_2O_3	8,77
Total Sulfur	0,13	K_2O	3,48
Oksigen	8,38	Na_2O	0,48
Abu	64,01	CaO	5,05
		MgO	1,58
		LOI	0,63

Sifat dari sisa pembakaran ampas tebu dilihat dari segi fisik yaitu berwarna hitam yang menyerupai seperti arang sehingga memiliki daya serap (hidrolisis) terhadap air yang tinggi. Dengan sifat hidrolisis yang dimiliki SPAT, ada kemungkinan terganggunya reaksi pengikatan agregat oleh semen. Hal ini disebabkan semen membutuhkan air yang cukup untuk mengikat agregat. Tidak hanya itu, air juga banyak diserap oleh SPAT yang terdapat dalam campuran, sehingga kuat tekan yang dihasilkan menurun (Pangestuti, 2012).

Menurut penelitian Aeni dkk. (2017), menjelaskan bahwa pada saat pembakaran berlangsung terjadi proses karbonisasi senyawa organik yang terdapat di dalam ampas tebu. Pada proses karbonisasi ini akan banyak mengeluarkan asap di mana pada asap tersebut dimungkinkan adanya senyawa-senyawa volatil yang terkandung di dalam ampas tebu tersebut yang mengalami penguapan. Proses kalsinasi dilakukan pada arang ampas tebu tersebut dalam tungku pembakaran pada suhu 700°C selama 6 jam untuk memperoleh abu ampas tebu. Tujuan dari proses kalsinasi tersebut yaitu untuk menghilangkan fraksi organik yang masih terdapat dalam arang ampas tebu. Dengan adanya fraksi organik yang terdapat dalam arang ampas tebu tersebut maka akan teroksidasi menjadi bentuk oksidanya di mana diantaranya juga termasuk unsur C dan H yang terdapat di dalam fraksi organik sehingga akan berubah menjadi CO₂ dan H₂O (uap). Hal ini dapat dilihat pada Persamaan 7.



Abu ampas tebu dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pada industri bahan bangunan karena memiliki kandungan SiO₂, dengan adanya kandungan SiO₂ pada abu ampas tebu dapat digunakan untuk campuran semen *portland*. Abu

ampas tebu juga bermanfaat untuk peningkatan dari mutu mortar, di mana peningkatan mortar terjadi akibat adanya penambahan abu ampas tebu pada mortar, sehingga porositas mortar menjadi lebih kecil dan kedepan mortar akan menjadi lebih bertambah (Mulyati dkk., 2012). Abu ampas tebu merupakan abu sisa dari pembakaran ampas tebu memiliki kandungan senyawa SiO_2 yang merupakan bahan baku utama untuk pembentukan silika gel (Affandi dkk., 2009). Pada abu ampas tebu juga mengandung material sampah padat yang kaya akan dengan silika kristalin, di mana komposisi kimia dari abu ampas tebu terdapat kandungan silika sekitar 61,59% (Faria dkk., 2012). Dengan kadar silika yang tinggi pada abu ampas tebu membuat abu ampas tebu berpotensi dijadikan sebagai salah satu bahan dalam pembuatan silika gel (Aeni dkk., 2017). Abu ampas tebu dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Abu ampas tebu (Aeni dkk., 2017)

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Rattanashotinunt dkk. (2013) mengenai komposisi kimia dari abu ampas tebu dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Komposisi Bahan Kimia

Komposisi kimia	Abu Ampas Tebu (%)
SiO ₂	55,0
Al ₂ O ₃	5,1
Fe ₂ O ₃	4,1
CaO	11,0
MgO	0,9
Na ₂ O	0,2
K ₂ O	1,2
SO ₃	2,2
LOI	19,6

2.4.2 Silika dari abu ampas tebu

Silikon dioksida atau silika (SiO₂) adalah salah satu senyawaan kimia yang paling umum. Silika murni terdapat dalam dua bentuk yaitu kuarsa dan kristobalit. Silikon selalu terikat secara tetrahedral kepada empat atom oksigen, namun ikatan-ikatannya mempunyai sifat yang cukup ionik. Silika adalah hasil polimerisasi asam silikat, tergantung pada asal kejadiannya, silika dapat berstruktur kristalin ataupun *amorph*. Silika gel sebagai senyawa silika yang berstruktur *amorph* mengandung gugus silanol ($\equiv\text{Si}-\text{OH}$) dan siloksa ($\equiv\text{Si}-\text{O}-\text{Si}\equiv$). Adanya gugus-gugus ini akan memungkinkan terjadinya modifikasi, sehingga dapat diperoleh berbagai macam senyawa silika (Sulastri dan Kristianingrum, 2010). Silika memiliki sifat hidrofilik (dapat menyerap air) atau hidrofobik (tidak dapat menyerap air) sesuai dengan struktur atau morfologinya

(Sriyanti dkk., 2005), Silika berbentuk padat dan mempunyai massa molar 60,08 g/mol dan mempunyai pori-pori antara 2 nm-50 nm (Carmona dkk., 2013). Melalui metode sol gel, silika dihasilkan dengan ukuran partikel yang halus yaitu sekitar 15 nm hingga 91 nm (Adam dkk., 2011), sedangkan dengan metode pengendapan dihasilkan silika dengan ukuran butir 50 nm (Jal dkk., 2004). Silika dapat diperoleh dari bahan baku kimia, alami atau limbah. Beberapa bahan kimia dan mineral yang telah digunakan diantaranya adalah abu silika (Shukur dkk., 2014), silika komersil (Lin dkk., 2007) dan pasir silika (Rashid dkk., 2014). Sementara itu, bahan limbah untuk silika diantaranya daun bambu (Aminullah dkk., 2015), ampas tebu (Amin dkk., 2016), rumput gajah (Matchi dkk., 2016), alang-alang (Kow dkk., 2014) dan sekam padi (Chandrasekhar dkk., 2002). Silika merupakan bahan kimia yang pemanfaatan dan aplikasinya sangat luas mulai bidang elektronik, mekanik, medis, seni hingga bidang-bidang lainnya. Salah satu pemanfaatan serbuk silika yang cukup luas adalah sebagai penyerap kadar air di udara sehingga memperpanjang masa simpan bahan dan sebagai bahan campuran membuat keramik seni (Islam dan Ani, 2000). Silika gel dari abu sekam padi merupakan produk yang berfungsi digunakan untuk mencegah kelembapan dengan cara menyerap kadar air/ion logam pada air dan udara, banyak sedikitnya penyerapan tergantung pada komposisi, ukuran dan jumlah pengotor pada silika gel. Tujuan dari pembuatan silika gel ini yaitu untuk melihat jumlah penyerapan yang terjadi dan membandingkan dengan silika gel sintesis, dengan adanya produk yang dihasilkan dari pengelolaan limbah abu sekam padi (Fahmi dan Nurfalah, 2016). Menurut penelitian Mahmoud (2007) menjelaskan bahwa silika merupakan bahan kimia yang pemanfaatan dan

aplikasinya sangat luas. Salah satu pemanfaatan serbuk silika adalah sebagai bahan pembuat membran padat. Membran silika di manfaatkan untuk menyeleksi atau mereduksi kandungan unsur Fe, Mn dan Mg dalam air. Dari 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 (HF). Sedangkan sifat kimia silika yaitu silika bersifat stabil terhadap hidrogen. Sedangkan menurut Katsuki dkk. (2005), sifat fisik dari silika yaitu berbentuk padatan atau serbuk yang halus, berwarna putih, titik didih dan cair yang tinggi, serta daya tahan yang tinggi terhadap asam dan basa, serta tidak larut dalam air.

Silika kristalin terbentuk dari adanya campuran natrium silikat, tetraetilortosilikat (TEOS), surfaktan cetiltrimetilamonium bromida (CTAB) dan trimetilamonium klorida (TMACl) dicampur disertai dengan pengadukan sehingga membentuk gel. Dengan adanya pembentukan gel ini menyebabkan adanya 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 H_2O . 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). Untuk sifat fisika kristal pada silika dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Sifat Fisika Kristal Silika (Dipowardani dkk., 2008).

Jenis kristal	Kerapatan spesifik	kekerasan	Indeks Bias
Stishovit	4,29	7,5 – 8	1,799 – 1,826
Kuarsa – α	2,65	7	1,544 – 1,553
Kristobalit	2,33	6,5	1,485 – 1,487

2.5 Karakterisasi

2.5.1 Fourier Transform infra Red (FTIR)

Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) merupakan alat untuk menganalisis suatu material secara kualitatif maupun kuantitatif dengan memanfaatkan spektra inframerah. Hasil analisis FTIR berupa spektrum sebagai pengganti pencatatan jumlah energi yang diserap, di mana frekuensi cahaya inframerah tersebut berupa gelombang monokromatis. Jika 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).

Setiap frekuensi sinar (termasuk infrared) mempunyai panjang gelombang tertentu. Apabila frekuensi tertentu diserap ketika melewati sebuah sampel senyawa organik, maka ditransfer ke senyawa tersebut yang sebanding dengan frekuensi yang timbul pada getaran-getaran ikatan kovalen antar atom dan

molekul tersebut. Puncak pada spektrum inframerah tersebut terjadi karena penyerapan energi yang menyebabkan kenaikan dalam amplitude getaran atom-atom yang terikat sehingga molekul berada dalam keadaan vibrasi, yang menghasilkan vibrasi eksitasi. Pada ikatan kovalen, atom-atom tidak disatukan oleh ikatan yang kaku, kedua atom berikatan karena kedua inti atom tersebut terikat pada pasangan elektron yang sama. Kedua inti atom tersebut dapat bergetar maju mundur dan depan belakang, atau menjauhi masing-masing. Ikatan-ikatan selalu bergetar setiap saat dan jika ikatan itu disinari dengan jumlah yang tepat, menyebabkan terjadinya getaran ke tingkat yang lebih tinggi. Getaran yang terjadi dengan pembelokan berbeda-beda pada setiap jenis ikatan, maka setiap jenis ikatan menyerap inframerah dengan frekuensi yang berbeda-beda pula untuk membuatnya meloncat ke tingkat yang lebih tinggi (Sembiring, 2010).

Komponen utama spektroskopi FTIR adalah *interferometer Michelson* yang mempunyai fungsi menguraikan (mendispersi) radiasi inframerah menjadi komponen-komponen frekuensi. Penggunaan *interferometer Michelson* tersebut memberikan keunggulan metode FTIR dibandingkan metode spektroskopi inframerah konvensional maupun metode spektroskopi yang lain. Diantaranya adalah informasi struktur molekul dapat diperoleh secara tepat dan akurat (memiliki resolusi yang tinggi). Keuntungan yang lain dari metode ini adalah dapat digunakan untuk mengidentifikasi sampel dalam berbagai fase baik pada fase gas, padat dan cair. Kesulitan-kesulitan yang ditemukan dalam identifikasi dengan spektroskopi FTIR dapat ditunjang dengan data yang diperoleh dengan menggunakan metode spektroskopi yang lain Prinsip kerja FTIR adalah mengenali gugus fungsi suatu senyawa dari absorbansi inframerah yang dilakukan

terhadap senyawa tersebut. Pola absorbansi yang diserap oleh tiap-tiap senyawa berbeda-beda, sehingga senyawa-senyawa dapat dibedakan dan dikuantifikasikan (Sankari dkk., 2010). Cara kerja FTIR adalah energi inframerah diemisikan dari sumber bergerak melalui celah sempit untuk mengontrol jumlah energi yang akan diberikan ke sampel. Berkas sampel kemudian memasuki ruang sampel, berkas akan diteruskan atau dipantulkan oleh permukaan sampel tergantung dari energinya, yang merupakan karakteristik dari sampel. Berkas akhirnya sampai ke detektor. Penelitian (Mujiyanti dkk., 2010)) menunjukkan hasil FTIR hasil sintesis silika yaitu pada bilangan gelombang $3448,5\text{ cm}^{-1}$ terdapat vibrasi gugus hidroksi (-OH) pada gugus silanol (Si-OH), pada bilangan gelombang $1099,3\text{ cm}^{-1}$ terdapat vibrasi ulur asimetri dari gugus Si-O pada gugus siloksan (Si-O-Si). Penelitian (Sapitri, 2020) pada bilangan gelombang $3448,7\text{ cm}^{-1}$ terdapat gugus hidroksi (OH), pada ikatan Si-OH, pada bilangan gelombang $1097,5\text{ cm}^{-1}$, menunjukkan gugus siloksan (Si-O-Si).

2.5.2 X-Ray Fluorescence (XRF)

Spektrometer XRF adalah alat uji yang digunakan untuk analisis unsur yang terkandung dalam bahan secara kualitatif maupun kuantitatif. Analisis kualitatif memberikan informasi jenis unsur yang terkandung dalam bahan yang dianalisis, yang ditunjukkan oleh adanya spektrum unsur pada energi sinar-X karakteristiknya. Sedangkan analisis kuantitatif memberikan informasi jumlah unsur yang terkandung dalam bahan yang ditunjukkan oleh ketinggian puncak spektrum. Analisis menggunakan XRF dilakukan berdasarkan identifikasi dan pencacahan sinar-x karakteristik yang terjadi dari peristiwa efek fotolistrik. Efek fotolistrik terjadi karena elektron dalam atom target (sampel) terkena sinar

berenergi tinggi (radiasi gamma, sinar-x). Bila energi sinar tersebut lebih tinggi daripada energi ikat elektron dalam orbit K, L atau M atom target, maka elektron atom target akan keluar dari orbitnya. Dengan demikian atom target akan mengalami kekosongan elektron. Kekosongan elektron ini akan diisi oleh elektron dari orbital yang lebih luar diikuti pelepasan energi yang berupa sinar-X. Sinar-X yang dihasilkan merupakan suatu gabungan spektrum sinambung dan spektrum berenergi tertentu (*discreet*) yang berasal dari bahan sasaran yang tertumbuk elektron. Jenis spektrum *discreet* yang terjadi tergantung pada perpindahan elektron yang terjadi dalam atom bahan (Jamaluddin dan Adiantoro, 2012).

Sinar-x karakteristik yang dihasilkan dari peristiwa tersebut ditangkap oleh detektor semi konduktor Silikon Lithium (SiLi). Detektor tersebut dapat berfungsi dengan baik bila temperatur dijaga pada kondisi suhu di bawah 0°C (-115°C) dengan cara merendamnya dalam nitrogen cair. Berdasarkan manual alat, spektrometer XRF mampu mendeteksi unsur-unsur dengan energi karakteristik sinar-x $> 0,840\text{ keV}$ dengan kebolehjadian terjadinya sinar yang dideteksi spektrometer XRF dengan konsentrasi lebih besar dari 0,01%. Hasil analisis kualitatif ditunjukkan dalam bentuk spektrum yang mewakili komposisi unsur yang terkandung dalam suatu bahan sesuai dengan energi karakteristik sinar-X masing-masing unsur, sedang analisis kuantitatif dihitung menggunakan metode komparatif. Prinsip kerja alat XRF adalah sebagai berikut : sinar-X fluoresensi yang dipancarkan oleh sampel dihasilkan dari penyinaran sampel dengan sinar-X primer dari tabung sinar-X (X-Ray Tube), yang dibangkitkan dengan energi listrik dari sumber tegangan sebesar 1200 volt. Bila radiasi dari tabung sinar-X mengenai suatu bahan maka elektron dalam bahan tersebut akan tereksitasi ke

tingkat energi yang lebih rendah, sambil memancarkan sinar-x karakteristik. Pada sinar-x karakteristik ini ditangkap oleh detektor kemudian diubah ke dalam bentuk sinyal tegangan (*voltage*), diperkuat oleh *Preamp* dan dimasukkan ke *analyzer* untuk diolah datanya (Rosika dkk., 2007). Pada penelitian (Sapitri, 2020) melakukan ekstraksi dan karakterisasi silika dari abu sekam padi dan didapatkan hasil ekstraksi berupa silika kemudian dikarakterisasi menggunakan XRF untuk mengetahui kadar silika dari hasil ekstraksi dan diperoleh kadar silika sebesar 90,7%.

2.5.3 Scanning Electron Microscopy (SEM)

Mikroskop elektron pemindai (SEM) adalah salah satu instrumen paling serbaguna tersedia untuk pemeriksaan dan analisis morfologi mikrostruktur dan karakterisasi komposisi kimia. Penting untuk mengetahui prinsip-prinsip dasar optik cahaya untuk memahami dasar-dasar mikroskop elektron. Dengan melihat secara langsung dapat membedakan objek dengan sudut pandang sekitar $1/60^\circ$ sesuai dengan resolusi $\sim 0,1$ mm (pada jarak pandang optimal 25 cm). Mikroskopi optik memiliki batas resolusi $\sim 2.000 \text{ \AA}$ dengan memperbesar sudut visual melalui lensa optik (Zhou dkk., 2007). Struktur kolom SEM konvensional. Pistol elektron, yang berada di atas kolom, menghasilkan elektron dan mempercepatnya ke tingkat energi 0,1–30 keV. Diameter berkas elektron diproduksi oleh pistol tungsten jepit rambut terlalu besar untuk membentuk gambar resolusi tinggi. Jadi, lensa dan lubang elektromagnetik digunakan untuk memfokuskan dan menentukan elektron sinar dan untuk membentuk titik elektron terfokus kecil pada spesimen. Proses ini mendemagnifikasi ukuran sumber elektron ($\sim 50 \text{ }\mu\text{m}$ untuk filamen tungsten) ke bawah ke ukuran spot akhir yang dibutuhkan (1–100 nm). Lingkungan vakum

tinggi, yang memungkinkan perjalanan elektron tanpa hamburan oleh udara, diperlukan. Spesimen Tahap, kumparan pemindaian berkas elektron, deteksi sinyal, dan sistem pemrosesan memberikan pengamatan waktu nyata dan perekaman gambar dari permukaan spesimen.

Hasil uji SEM-EDS pada sampel baja yang dilakukan (Sapitri, 2020) 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. Pada analisis kandungan unsur baja karbon menggunakan EDS yaitu untuk mengetahui kandungan apa saja yang terdapat pada baja karbon setelah dilapisi dengan larutan inhibitor, diperoleh hasil kadar Si pada baja karbon sebesar 9,57%. Pada penelitian yang lain menunjukkan hasil analisis SEM baja karbon pada perbesaran 100x dan 3000x dengan waktu perendaman 6 hari dalam media NaCl 3,5% pada bagian tertentu terjadi retakan (*crack*) pada baja karbon yang pelapisan inhibitor tidak merata, dari hasil analisis EDS diperoleh kadar Si sebesar 1,37% (Ramlah dkk., 2020).