

5.1 Kesimpulan.....	44
5.1 Saran.....	44
DAFTAR PUSTAKA.....	46
LAMPIRAN.....	53

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Data Produksi Padi dan Jerami Pertanian Indonesia.....	7
2. Komposisi Kimia Jerami Padi.....	9
3. Pembagian Jenis Baja Karbon.....	16
4. Kandungan Silika Abu Jerami Padi dengan Karakterisasi XRF.....	33

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Struktur Kimia Silika.....	10
2. Struktur Kristal Silika	11
3. Mekanisme Pelapisan Larutan Natrium Silikat Pada Logam	13
4. Skema Alat Spektroskopi FTIR.....	18
5. Spektrometer XRF.....	19
6. Skema Prinsip Kerja SEM.....	21
7. Jerami padi(a) arang Jerami padi(b) abu Jerami padi(c)	28
8. Filtrat Hasil Penambahan NaOH 4M pada Abu Jerami Padi.....	29
9. Hidrogel.....	30
10. Natrium Silikat.....	30
11. Spektrum FTIR Silika dari Abu Jerami Padi.....	31
12. Mekanisme Kondensasi Gugus Silanol.....	31
13. Pengaplikasian Inhibitor pada Baja Karbon St-37.....	34
14. Reaksi Silikat pada Baja.....	35
15. Grafik Laju Korosi pada Media Akuades.....	36
16. Perendaman Baja pada Media Akuades.....	37
17. Grafik Laju Korosi pada Media Air Laut.....	38
18. Perendaman Baja pada Media Air Laut.....	39
19. Grafik Laju Korosi pada Media Asam Asetat.....	40
20. Perendaman Baja pada Media Asam Asetat.....	41
21. Grafik Efisiensi Inhibisi.....	42
22. Mikrograf Permukaan Baja.....	44

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Diagram Alir.....	53
2. Bagan Kerja.....	54
3. Tabel Hasil Penelitian.....	60
4. Perhitungan Pembuatan Larutan.....	63
5. Perhitungan Data Hasi Penelitian.....	65
6. Data Hasi Penelitian.....	73
7. Dokumentasi.....	76
8. Gambar lokasi pengambilan sampel.....	80

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara agraris dengan kondisi geografis terletak pada daerah katulistiwa dan memperoleh pencahayaan matahari sepanjang tahun, sehingga kegiatan pertanian seperti padi masih dapat dilaksanakan sepanjang tahun, hal ini mampu meningkatkan kondisi sosial ekonomi masyarakat secara tidak langsung. Sekitar 40% masyarakat Indonesia menggantungkan hidup dari usaha tani padi dan lebih dari 60% masyarakat Indonesia menjadikan padi sebagai bahan pangan pokok. Data dari BPS Nasional Tahun 2020 produksi padi nasional mencapai 54,65 juta ton meningkat dari tahun 2019 yang mencapai 54,60 juta ton. Produksi padi diperkirakan terus meningkat dengan adanya berbagai program pemerintah untuk mewujudkan swasembada pangan melalui program Pembentukan Komando Strategi Pembangunan Pertanian (Kostratani) pada tahun 2019. Melalui program tersebut produksi padi setiap tahunnya akan meningkat dan berdampak pada peningkatan limbah jerami padi (Kementan, 2019)

Tanaman padi selain menghasilkan padi, juga menghasilkan jerami padi. Setiap musim panen massa jerami yang dihasilkan dapat mencapai 12-15 ton/ha atau 4-5 ton bahan kering tergantung pada lokasi dan varietas yang digunakan (Yunilas, 2009). Saat ini, jerami padi yang dihasilkan belum dimanfaatkan secara maksimal. Jerami padi biasanya, langsung dibakar dengan tujuan untuk mempercepat persiapan pengolahan tanah guna masa tanam selanjutnya, atau digunakan untuk pupuk. Jerami padi juga biasa digunakan untuk pakan ternak ruminansia. Namun hal tersebut sangat jarang digunakan karena abu jerami padi

mengandung silika 70,8% dan lignin 12,3% yang memperkuat dan memperkeras dinding sel tanaman, sehingga membuat dinding sel tersebut tidak dapat dicerna oleh bagian lambung ternak ruminansia seperti sapi, kerbau, dan domba. Jerami padi selain dijadikan sebagai pakan ternak, melalui kemajuan ilmu pengetahuan abu jerami padi dapat berpotensi sebagai sumber silika alternatif sebagai pengganti bahan kimia murni seperti inhibitor Korosi (Martawidjaja, 2003).

Ekstrak silika dari abu jerami padi sangat cocok digunakan sebagai inhibitor korosi yang dapat melindungi logam dari korosi karena kemampuannya dalam menahan difusi uap air, ion-ion maupun oksigen ke permukaan logam. Beberapa penelitian sebelumnya menggunakan teknik ekstraksi dengan pelarut alkali dan pengendapan silika dengan asam untuk memperoleh silika. Pada umumnya, silika tidak larut dalam asam kuat kecuali HF. Silika dapat diperoleh melalui metode pelarutan dengan larutan basa KOH dan NaOH, karena silika dapat larut dalam larutan basa. Silika yang terlarut, jika diberi asam kuat HCl akan mengendap kembali (Hikmawati, 2010). Penggunaan inhibitor korosi menjadi salah satu metode yang bisa digunakan untuk menghambat proses terjadinya korosi. Inhibitor korosi merupakan suatu zat kimia yang jika ditambahkan ke dalam suatu lingkungan akan menurunkan laju korosi yang terjadi pada lingkungan tersebut terhadap suatu logam yang ada didalamnya (Karim dkk., 2012). Korosi merupakan suatu fenomena yang menyebabkan kerusakan pada suatu material khususnya logam karena adanya suatu reaksi yang terjadi antara logam tersebut dengan lingkungannya. Kualitas material logam dapat dipertahankan dengan menghambat proses laju korosi yang terjadi didalamnya (Pattirreuw dkk., 2013).

Aplikasi inhibitor dilakukan pada baja karbon St-37 karena baja ini banyak

digunakan untuk berbagai peralatan, mulai dari peralatan rumah tangga, hingga kebutuhan pabrik dan industri sehingga perlu untuk menjaga kualitasnya. Baja karbon St-37 termasuk baja karbon rendah karena kandungan karbonnya kurang dari 0,3% sesuai spesifikasi sebesar 0,16% sehingga kekerasan permukaan yang tergolong rendah menjadi kekurangan pada penggunaan baja karbon ini (Wattimena dan Louhenapessy, 2014). Baja karbon St-37 yang telah dilapisi inhibitor korosi, selanjutnya direndam pada media akuades, air laut dan asam asetat. Inhibitor korosi silika dalam media akuades tidak terlalu mempercepat laju reaksi korosi karena tidak terdapat unsur lain yang mudah mempercepat laju korosi suatu baja, selain itu inhibitor silika tidak dapat larut dalam akuades sehingga coating dapat tahan lebih lama untuk membuat oksigen maupun H₂O menyentuh permukaan baja yang dapat bereaksi membentuk korosi. Pada media air laut laju korosi menjadi meningkat dibandingkan akuades karena baja mengalami kontak langsung dengan larutan elektrolit yang memicu terjadinya reaksi elektrokimia pada larutan garam. Ion-ion yang terdapat pada garam berperan sebagai transportasi elektron sehingga konsentrasi garam yang semakin pekat meningkatkan laju korosi (Rochmat dkk., 2016). Pada kondisi asam, ion H⁺ memicu terjadinya reaksi reduksi lainnya yang juga berlangsung. Adanya dua reaksi di katoda pada kondisi asam menyebabkan lebih banyaknya baja yang teroksidasi (Ginancar dkk., 2014). Hal ini menjelaskan mengapa laju korosi dan persen degradasi pada kondisi asam lebih besar dari pada kondisi basa dan garam (Sapitri, 2020).

Pada penelitian Sapitri (2020), perhitungan laju korosi dari sampel sekam padi dengan pelarut NaOH yang direndam dalam media akuades, air laut dan asam asetat, menghasilkan efisiensi inhibisi sebesar 89,52% pada konsentrasi inhibitor Natrium Silikat 20 ppm dalam media akuades. Silika yang diekstraksi

pdari sekam padi ketika menggunakan konsentrasi larutan KOH 10% selama 90 menit diperoleh rendemen terbesar yaitu 50,97% (Agung dkk., 2013). Berdasarkan penelitian Ishar (2021) dari sampel ampas tebu dan pelarut NaOH didapatkan konsentrasi optimum terdapat pada media akuades yaitu 30 ppm dengan efisiensi inhibisi terbesar 88,88%. Sedangkan pada penelitian yang dilakukan oleh Suka dkk. (2008), rendemen terbesar yaitu 40,8% didapatkan dengan penggunaan pelarut KOH 5% dengan waktu reaksi satu jam. Jumlah kandungan silika dalam sampel mempengaruhi daya inhibisi korosi pada media yang digunakan.

Konsentrasi silika yang terlalu kecil akan menyebabkan daya inhibisi tidak maksimal. Sebaliknya penggunaan inhibitor yang terlalu banyak juga menyebabkan masalah, antara lain adalah terjadinya emulsi dan pembuihan akibat sifat inhibitor sebagai surfaktan. Selain itu, penggunaan inhibitor secara berlebihan juga memboroskan biaya sehingga inhibitor korosi harus digunakan dengan konsentrasi yang cukup (Nugroho, 2011). Saat ini, bidang inhibitor korosi sedang mengalami perubahan drastis dari sudut pandang kompatibilitas lingkungan. Lembaga lingkungan di berbagai negara telah memberlakukan aturan ketat dan peraturan untuk penggunaan dan pembuangan inhibitor korosi. Peraturan lingkungan yang ketat mengharuskan inhibitor korosi untuk menjadi ramah lingkungan dan aman (Sastri, 2011). Penggunaan inhibitor korosi di Indonesia juga diatur dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia No. 5 tahun 2021 tentang tata cara penerbitan persetujuan teknis dan surat kelayakan operasional bidang pengendalian pencemaran lingkungan (KLHK, 2021).

Berdasarkan paparan di atas maka telah dilakukan penelitian ekstraksi dan

karakterisasi silika sebagai larutan inhibitor korosi dengan memanfaatkan abu jerami padi. Penelitian ini diharapkan dapat memberi sumbangan metode inhibisi korosi pada baja karbon serta dapat mengurangi dampak pencemaran lingkungan dari limbah jerami padi.

1.2 Rumusan masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah :

1. berapakah rendamen silika yang diperoleh dari ekstraksi abu jerami padi menggunakan NaOH 4 M?
2. bagaimana karakteristik silika dari abu jerami padi?
3. bagaimana pengaruh variasi konsentrasi inhibitor larutan natrium silikat abu jerami padi dan media perendaman terhadap laju korosi pada baja karbon?
4. berapakah efisiensi inhibisi Natrium Silikat dari abu jerami padi pada baja karbon St-37?
5. Bagaimana hasil mikrograf dari korosi yang terbentuk pada baja karbon sebelum dan setelah ditambahkan inhibitor Natrium Silikat abu jerami padi?

1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian

1.3.1 Maksud Penelitian

Maksud dari penelitian ini adalah mengekstraksi silika dari jerami padi sebagai bahan inhibitor untuk mencegah korosi pada baja karbon dan mengkarakterisasi korosi yang terbentuk pada baja karbon setelah ditambahkan inhibitor Natrium Silikat dari abu jerami padi.

1.3.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

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

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah:

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

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Jerami Padi Sebagai Sumber Silika

Oryza sativa L. atau yang biasa dikenal dengan tanaman padi merupakan tanaman budidaya yang sangat penting bagi keberlangsungan hidup umat manusia. Tanaman padi menjadi sumber bahan pangan utama hampir dari setengah penduduk dunia. Penduduk Indonesia hampir seluruhnya memenuhi kebutuhan bahan pangannya dari tanaman padi. Tanaman padi merupakan tanaman yang mempunyai nilai spiritual, budaya, ekonomi dan politik yang penting bagi bangsa Indonesia karena memengaruhi kebutuhan hidup orang banyak (Utama, 2015). Tanaman padi (*Oryza sativa* L.) merupakan tanaman pangan penting karena menghasilkan beras yang menjadi sumber bahan makanan pokok, seperti di Indonesia padi merupakan komoditas utama dalam menyokong pangan masyarakat. Indonesia tercatat sebagai negara dengan konsumsi tanaman padi tertinggi di dunia. Indonesia mengalahkan empat negara yang mengonsumsi tanaman padi tertinggi, seperti Korea, Jepang, Malaysia dan Thailand untuk level Asia. Keberadaan komoditi tersebut sebagai makanan pokok bagi hampir seluruh bangsa Indonesia harus tetap terjaga sepanjang tahun (Sari, 2013). Jumlah hasil produksi padi berdasarkan data BPS (2020) dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Produksi Padi dan Jerami Pertanian Indonesia

Tahun	Jumlah Produksi Padi (Ton)	Jumlah Produksi Jerami (Ton)
2018	59.200.533,72	25.456.229,49
2019	54.604.033,34	23.479.734,33
2020	54.649.202,24	23.499.156,96
2021	54.428.231,82	23.213.325,67

Jerami padi adalah bagian vegetatif yang terdiri dari batang sisa hasil sabit, daun, dan tangkai dari tanaman padi dan merupakan limbah pertanian terbesar di Indonesia (Setiarto, 2013). Ketersediaan jerami padi yang melimpah dan cenderung tidak termanfaatkan menjadi potensi yang besar untuk dimanfaatkan (Yanuartono, 2019). Hasil produksi jerami padi menurut BPS (2020) dapat dilihat pada Tabel 1.

Ketersediaan jerami padi mencapai kisaran 55 juta ton setahun namun hanya sekitar 31-32% yang termanfaatkan (Setiarto,2013). Limbah jerami padi yang tidak dimanfaatkan karena dibakar sebesar 37% dan digunakan sebagai pupuk kompos 36%. Sekitar 15-22% dimanfaatkan sebagai sumber pakan ternak. Selain itu dibakar atau dikembalikan ketanah 36-62%, serta untuk industri 7-16% (Litbang Pertanian 2012).

Jerami padi memiliki beberapa faktor-faktor pembatas dalam pemanfaatannya menurut Antonius (2009) yaitu dinding sel pada jerami diselimuti kristal silika sehingga sulit dihidrolisis oleh enzim dalam rumen, dinding sel mengandung lignin yang membentuk senyawa kompleks dengan selulosa sehingga struktur selulosanya tidak lagi berbentuk amorf dan molekul glukosanya dikuatkan oleh ikatan hidrogen yang sulit dicerna oleh mikroba serta memiliki kandungan protein yang rendah yaitu hanya berkisar sekitar 3-5%. Menurut Syamsu dkk. (2006), kadar protein kasar jerami padi yang berasal dari Sulawesi Selatan sebesar 4,31%, Aceh sebesar 4,90% (Hanum dan Usman, 2011), Mataram dan Lombok 4,74% (Amin dkk., 2015), Bali 3,45%. (Trisnadewi dkk., 2011). Selain itu Putro (2010) mempublikasikan kandungan protein kasar jerami padi 3,6%, lemak kasar 1,3%, bahan ekstrak tanpa nitrogen 41,6%, abu 16,4%, lignin 14,9%, serat kasar 32,0%, Si 13,5%, Ca 0,24%, K 1,20%, Mg 0,11%, dan P

0,10%. Menurut Sudirman dan Imran (2007) komposisi kimia jerami padi dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Komposisi Kimia Jerami Padi

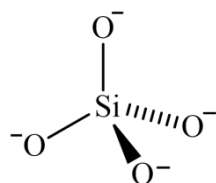
Komponen	Kandungan (%)
Selulosa	32,1
Hemiselulosa	24
Serat Kasar	33,48
Lemak Kasar	1,01
Protein Kasar	4,24
Lignin	18
Abu	25,08

Jerami padi memiliki kandungan mineral yang cukup lengkap seperti P, K, Zn, S, Si, Mg, C, Fe, Mn, Cu dan B (Ismail dkk., 2013). Namun menurut menurut Martawidjaja (2013) jerami padi mengandung 10-15% lignin, Silika 12-16% dan protein yang cukup rendah yaitu berkisar 4,5-5% sehingga jika digunakan sebagai pakan ternak dalam jangka waktu panjang akan berdampak buruk. Jerami Padi mengandung tiga komponen fraksi serat yaitu selulosa, hemiselulosa dan lignin. Di samping ketiga komponen fraksi serat tersebut, jerami padi juga mengandung silika (Howard dkk., 2003). Menurut Reddy dan Yang (2006), komposisi fraksi serat jerami padi terdiri dari 40% selulosa, 30% hemiselulosa, 15% silika dan 15% lignin. Menurut Eun dkk., (2006) jerami padi telah mengalami lignifikasi lanjut, menyebabkan terjadinya ikatan kompleks antara lignin, selulosa dan hemiselulosa (lignoselulosa). Faktor-faktor di atas merupakan pembatas dalam pemanfaatan jerami padi. Jerami padi memiliki kandungan silika yang bervariasi dengan kisaran nilai sekitar 60% (Khorsand dkk., 2012). Variasi kandungan tersebut tergantung dari musim, jenis tanah, waktu panen dan kondisi geografis (Santos dkk., 2010). Kandungan silika yang terdapat dalam jerami padi dapat mencapai 19,2% dari bahan kering (Chairunnisa dkk., 2013), 15% (Sarnklong dkk., 2010),

11% (Phutela, 2011), 10,7% (Marxen dkk., 2016), 7,12% (Antonius, 2010). Setiap kenaikan 1% kadar silika bahan akan menurunkan kecernaan sebesar 2-3% pada ruminansia. Kecernaan merupakan suatu gambaran mengenai kemampuan ternak untuk memnfaatkan pakan. Apabila kecernannya rendah maka nilai manfaatnya juga rendah begitupun sebbaliknya, apabila kecernannya tinggi maka nilai manfaatnya juga tinggi. Silika menurunkan kemampuan untuk mengecap dan mengurai jerami padi dalam rumen karena aksi langsung dalam mencegah kolonisasi oleh mikroorganisme rumen (Agbagla-Dohnani dkk., 2003)

2.2 Silika Sebagai Inhibitor Korosi

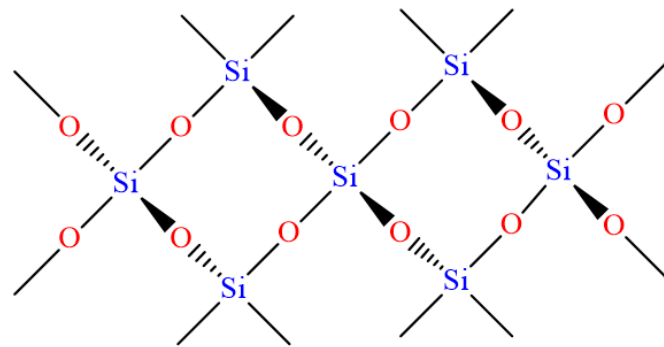
Silika memiliki ketahanan abrasi yang baik, stabilitas termal yang tinggi dan isolator listrik. Silika memiliki ikatan koordinasi tetrahedral dengan satu atom Si ditengah dan empat atom O di sekelilingnya. Silika terbentuk kristal transparan yang memiliki titik leleh sebesar 1873-1998 K dan densitas sebesar 2,648 g/cm³ (Akbar, 2010). Struktur kimia silika dpat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Struktur Kimia Silika

Silika merupakan penyusun silikat yang memiliki 3 (tiga) struktur kristal *polymorphie* yaitu *quartz*, *crystalite*, dan *tridymite*. Kristal silika memiliki kerapatan yang rendah dan memiliki ikatan atom kuat yang dapat dicerminkan dari temperaur lelehnya yaitu 1710 °C (Hadi, 2010). Ion Si⁴⁻ Dalam silika (SiO₂) menempati interstisial tetrahedral O²⁻ dengan 2 oksigen dipakai bersama dengan tetrahedral tetangga. SiO₂ memiliki ikatan kombinasi ionik dan kovalen. Silika

mempunyai polimorfi struktur yang bergantung pada temperatur dan tekanan. Masing-masing fase pada SiO_2 mempunyai bentuk tinggi (*high*) dan rendah (*low*) yang terkait dengan pergeseran transformasi. Kristal *High* memiliki kesimetrian yang lebih tinggi. Kristobalit memiliki temperatur polimorfi yang paling tinggi. Struktur kristalnya mirip dengan *Zinc blende* dengan substitusi tetrahedral untuk atom-atom. Tridimit memiliki struktur monoklinik pada struktur *high*. Struktur *quartz* adalah *hexagonal* dan pada struktur *low* adalah *trigonal* (Chiang dkk., 1997). Struktur kristal silika dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Struktur Kristal Silika

Menurut Karyasa (2014) keunggulan silika yang berbahan baku limbah pertanian padi dibandingkan silika yang diperoleh dari deposit batuan (kuarsa) yaitu:

1. silika dari sekam ataupun jerami padi memberi nilai tambah terhadap limbah pertanian, sedangkan silika dari batuan menyebabkan kerusakan lingkungan akibat deposit.
2. silika dari sekam atau jerami padi amorf dan reaktif serta tidak memerlukan banyak energi ketika ditransformasi ke struktur kristobalit,

sehingga cocok untuk bahan awal dalam menghasilkan silika.

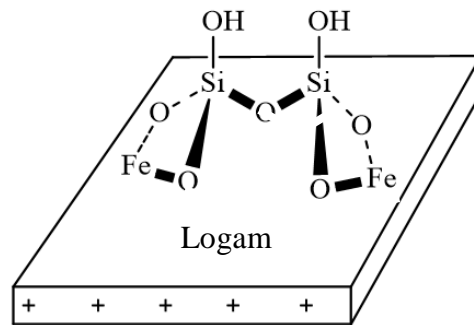
3. silika dari sekam padi atau jerami padi langsung dapat berupa bubuk dengan kemurnian tinggi serta memurnikannya mudah sedangkan untuk mendapatkan silika bubuk murni dari batuan kuarsa memerlukan banyak energi untuk penggilingan dan pemurnian.
4. selain silika amorf, jerami padi dan sekam padi juga dapat menghasilkan karbon aktif yang memiliki luas permukaan spesifik $1517 \text{ m}^2/\text{g}$ dan mempunyai kemampuan absorpsi yang baik terhadap fenol, logam-logam berat dan ammonia-nitrogen.

Inhibitor korosi merupakan suatu zat kimia yang apabila ditambahkan ke dalam suatu lingkungan, dapat menurunkan laju korosi yang terjadi pada lingkungan tersebut terhadap suatu logam didalamnya. Pada prakteknya, jumlah yang di tambahkan adalah sedikit, baik secara kontinu maupun periodik menurut suatu selang waktu tertentu (Gumelar dan Agung, 2011). Inhibitor korosi menurut bahan pembuatannya dibagi menjadi dua yaitu inhibitor dengan bahan baku alami dan inhibitor buatan. Inhibitor alami yaitu inhibitor yang terbuat dari bahan organik yang dapat diperbarui seperti contohnya tanaman dan buahbuahan. Secara keseluruhan senyawa inhibitor adalah netral tetapi, gugus nitrogen pada senyawa memiliki pasangan elektron bebas yang menyebabkan inhibitor cenderung bermuatan negatif sehingga, inhibitor akan tertarik ke permukaan logam dan membentuk lapisan (Habibie dkk., 2014).

Salah satu cara untuk mengontrol dan mencegah korosi adalah dengan inhibitor korosi, dimana dengan penambahan zat kimia tertentu dalam jumlah yang sedikit ke dalam lingkungan dapat mengurangi agresifitas lingkungan atau menurunkan laju korosi. Inhibitor bekerja dengan penyerapan ion atau molekul ke dalam permukaan logam. Inhibitor korosi mengurangi laju korosi dengan

menaikkan atau menurunkan reaksi anodik dan atau katodik, mengurangi laju difusi reaktan ke dalam permukaan logam atau mengurangi tahanan listrik dari permukaan logam (Maksum, 2011).

Sifat inhibitor Natrium Silikat diduga karena gugus O (oksigen) 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. Mekanisme pelapisan larutan Natrium Silikat pada logam dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Mekanisme Pelapisan Larutan Natrium Silikat Pada Logam (Maksum, 2011)

2.3 Korosi Pada Baja Karbon

Korosi adalah salah satu proses perusakan material khususnya logam karena adanya suatu reaksi antara logam tersebut dengan lingkungan. Proses perusakan material yang terjadi menyebabkan turunnya kualitas material logam tersebut (Pattirew dkk., 2013). Korosi yang terjadi pada benda logam merupakan sebuah hal yang akan selalu terjadi dan tidak dapat dihindarkan. Korosi merupakan proses yang terjadi secara alami dan tidak akan biasa berhenti selama logam tersebut masih berada di lingkungan yang bersifat korosif. Proses ini akan merusak logam dengan cara mengikis logam yang kemudian akan menurunkan

sifat-sifat mekanis yang dimiliki oleh logam tersebut. Pada umumnya reaksi korosi yang terjadi merupakan reaksi elektrokimia (Gumelar dan Agung, 2011).

Salah satu pemanfaatan silika yaitu sebagai pelapis baja karbon anti korosi. Korosi merupakan kerusakan material akibat reaksi antara logam dengan lingkungannya yang melibatkan adanya transfer elektron dari anoda menuju katoda. Akibat korosi logam dapat menyebabkan penurunan kekuatan, perubahan warna, mudah terjadi keretakan, dan dapat menyebabkan polusi bagi lingkungan (Subiyanto dan Ngatin, 2015)

Menurut Hakim dan Alfin (2011), beberapa faktor yang mempengaruhi laju korosi dalam sistem elektrolit larutan (*aqueous*) diantaranya adalah:

1. komponen ion larutan dan konsentrasinya. Konsentrasi larutan menyatakan jumlah zat terlarut dalam setiap satuan larutan atau pelarut. Zat penyusun pada larutan dengan konsentrasi tertentu akan terurai menjadi ion-ion (baik berupa kation maupun anion) pembentuknya.
2. kadar Oksigen yang terlarut akan meningkatkan reaksi katoda sehingga logam akan semakin teroksidasi (terkorosi).
3. kecepatan (pergerakan fluida). Kecepatan aliran fluida yang tinggi di atas kecepatan kritisnya di dalam pipa berpotensi menimbulkan korosi. Dengan rusaknya permukaan logam, rusak pula lapisan film pelindung sehingga memudahkan terjadinya korosi.

Menurut Budianto dkk. (2009), korosi terbagi dalam beberapa bentuk yaitu korosi homogen (*uniformra corrosion*), korosi galvanis (*galvanic corrosion*), korosi celah (*crevice corrosion*), korosi sumur (*pitting corrosion*), korosi antar butir (*intergranular corrosion*), korosi selektif (*selective corrosion*), korosi

(*erotion corrosion*), dan korosi tegangan (*stress corrosion*). Kerugian yang diakibatkan oleh korosi ternyata jauh lebih besar bila dibandingkan dengan kerugian yang diakibatkan oleh bencana alam, contohnya negara Amerika yang mengalami kerugian sebesar USD 276 milyar per tahun atau sekitar 3,1 % dari Pendapatan kotor nasionalnya akibat dari korosi (Geerhardus dkk, 2002). Berbagai usaha pun dilakukan untuk mencegah atau mengurangi kerugian yang diakibatkan korosi tersebut, diantaranya yaitu dengan menggunakan inhibitor. Inhibitor telah digunakan secara luas dalam berbagai sistem di industri seperti *cooling systems, chemicals, oil and gas production units, boiler* dan sebagainya (Maksun, 2011).

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 penguat dengan mencegah dislokasi bergeser pada kisi kristal (*crystal lattice*) atom besi. Unsur paduan lain yang biasa ditambahkan selain karbon adalah mangan, krom, vanadium, dan tungsten (Tarkono dkk., 2012). Baja dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu baja paduan dan baja karbon.

Menurut Schonmetz.Alois (2013), baja paduan dibagi menjadi dua yaitu baja paduan rendah (dengan kandungan C yang sama dan jumlah unsur paduan sampai 5%) dan baja paduan tinggi (dengan kandungan C hingga 2,6% dan jumlah unsur paduan lebih dari 5%). Baja juga mengandung unsur-unsur lain seperti S, P, Si, Mn dan sebagainya yang jumlahnya dibatasi (Hadi.Syamsul, 2016). Sifat baja yang sangat bervariasi yang diperoleh dari pematangan dan penerapan proses perlakuan panas. Sifat mekanik dari baja sangat

bergantung pada struktur mikro. Sedangkan struktur mikro pada baja karbon dipengaruhi oleh perlakuan panas dan komposisi baja (Anrinal, 2013).

Baja karbon merupakan paduan besi karbon di mana unsur karbon sangat menentukan sifat-sifatnya, unsur-unsur paduan lainnya yang terkandung di dalamnya terjadi karena proses pembuatannya. Sifat baja karbon biasa ditentukan oleh persentase karbon dan mikrostruktur (Arifin dan Syafaat, 2017). Semakin tinggi kandungan karbon pada baja karbon maka titik leburnya akan semakin menurun. Menurut Anrinal (2013) Baja karbon dapat dibagi menjadi tiga seperti yang terlihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Pembagian Jenis Baja Karbon

No.	Jenis Baja	Komposisi Karbon
1	Baja karbon rendah	< 0,25% C
2	Baja karbon sedang	0,25% C sampai 0,6% C
3	Baja karbon tinggi	0,6% C sampai 1,4% C

Baja karbon St-37 termasuk jenis baja karbon rendah karena memiliki kandungan karbon 0,17%. Arti dari St itu sendiri merupakan singkatan dari *steel* (baja) sedangkan angka 37 berarti menunjukkan batas minimum kekuatan tarik sebesar 37 kg/mm². Komposisi dari baja St-37 yaitu 0,17% C, 0,30% Si, 0,2 - 0,5% Mn, 0,05% P, dan 0,05% S (Syafrizal dan Tauvana, 2019). Aplikasi pada baja ini yaitu dapat digunakan sebagai konstruksi-konstruksi mesin yang saling bergesekan seperti roda gigi, poros dan lainnya karena memiliki kelebihan yang sangat ulet. Namun kekerasan permukaan pada baja tersebut tergolong rendah sehingga perlu dimodifikasi dan diperbaiki sifat kekerasannya sebelum digunakan sebagai konstruksi. Baja karbon rendah tidak dapat dikeraskan secara konvensional tetapi harus dengan proses *carburizing* yaitu proses pemasukan

karbon kedalam permukaan baja untuk meningkatkan kekerasan pada baja tersebut (Akhmad, 2008).

2.4 Karakterisasi Silika

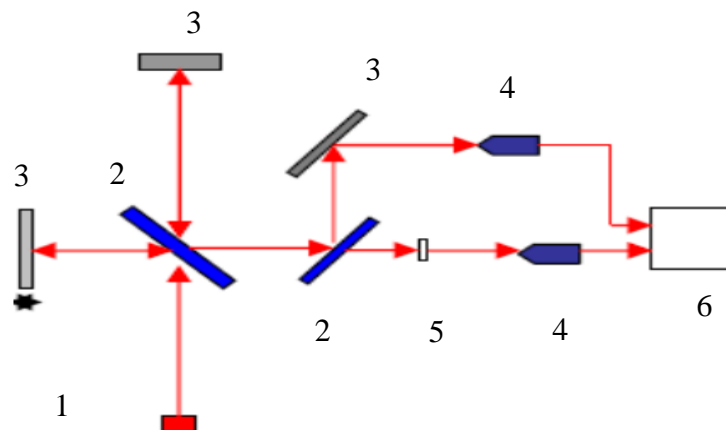
2.4.1 Karakterisasi Gugus Fungsi Silika

Fourier Transform InfraRed (FTIR) yaitu alat yang dapat digunakan untuk menentukan gugus fungsi silika dengan menggunakan metode spektroskopi inframerah . Pada spektroskopi infra merah, radiasi inframerah dilewatkan pada sampel. Sebagian radiasi inframerah diserap oleh sampel dan sebagian lagi dilewatkan atau ditransmisikan. 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).

Spektroskopi FTIR berguna untuk identifikasi senyawa organik karena spektrumnya yang sangat kompleks yang terdiri dari banyak puncak-puncak Selain itu, masing-masing kelompok fungsional menyerap sinar inframerah pada frekuensi yang unik. (Chusnul. 2011). 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, 2010).

Spektroskopi FTIR merupakan spektroskopi inframerah yang dilengkapi dengan transformasi Fourier untuk deteksi dan analisis hasil spektrumnya. Inti spektroskopi FTIR adalah *interferometer Michelson* yaitu alat untuk menganalisis frekuensi dalam sinyal gabungan. Spektrum inframerah tersebut dihasilkan dari

penetransmian cahaya yang melewati sampel, pengukuran intensitas cahaya dengan detektor dan dibandingkan dengan intensitas tanpa sampel sebagai fungsi panjang gelombang. Spektrum inframerah yang diperoleh kemudian diplot sebagai intensitas fungsi energi, panjang gelombang (μm) atau bilangan gelombang, cm^{-1} (Marcott (1986), Anam (2007)). Skema alat spektroskopi FTIR seperti yang terlihat pada Gambar 4.



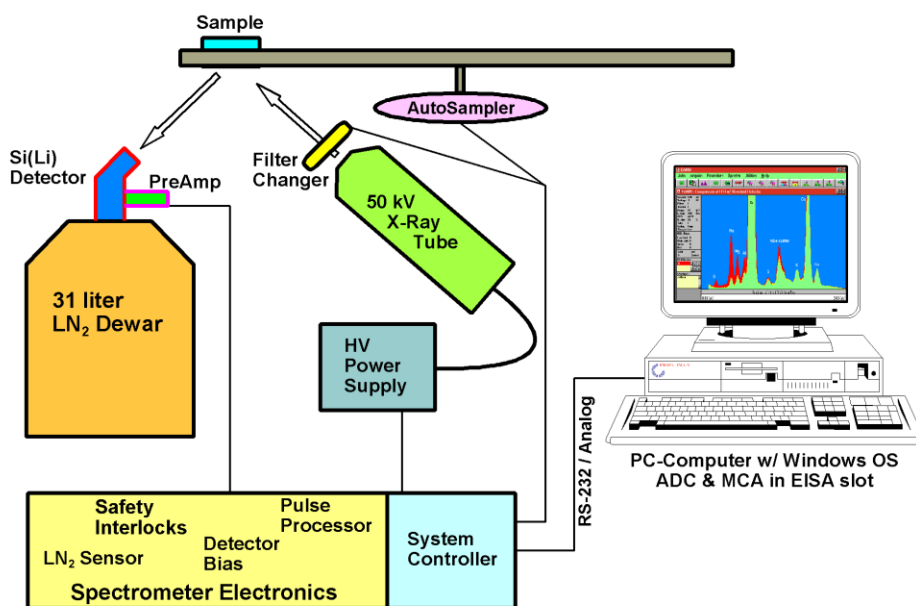
Gambar 4. Skema alat spektroskopi FTIR. (1) Sumber inframerah. (2) Pembagi berkas (beam splitter). (3) Kaca pemantul. (4) Sensor inframerah. (5) Sampel. (6) Display (Anam dkk. 2007)

2.4.2 Karakterisasi Unsur Silika

Spektrometer *X-Ray Fluorescence* (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 (Jamaluddin dan Adiantoro, 2012).

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. 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. Spektrum ini dikenal sebagai spektrum sinar-x karakteristik (Jamaluddin dan Adiantoro, 2012). Skema alat spektrometer XRF dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Skema Alat Spektrometer XRF (Jamaluddin dan Adiantoro, 2012)

Prinsip kerja XRF yaitu 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 energy yang lebih rendah, sambil memancarkan sinar-x karakteristik. Sinar-x karakteristik ini ditangkap oleh detektor diubah ke dalam sinyal tegangan (*voltage*), diperkuat oleh Preamp dan dimasukkan ke analyzer untuk diolah datanya (Rosika dkk., 2007).

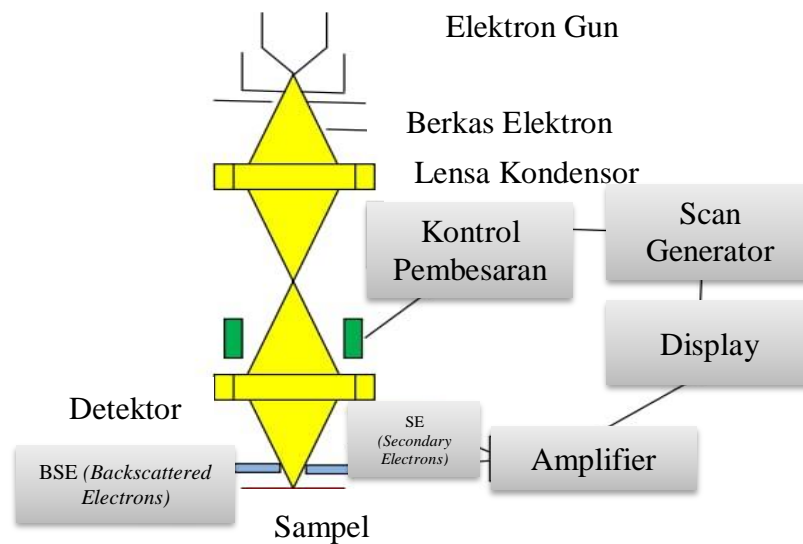
2.4.3 Karakterisasi Morfologi Molekul

Scanning Electron Microscope (SEM) merupakan sebuah mikroskop elektron yang didesain untuk mengamati permukaan objek solid secara langsung. SEM memiliki perbesaran 10 – 3.000.000 kali, kedalaman ruang 4-0,4 mm dan resolusi sebesar 1-10 nm. Kombinasi dari perbesaran yang tinggi, kedalaman ruang yang besar, resolusi yang baik, kemampuan untuk mengetahui komposisi dan informasi kristalografi membuat SEM banyak digunakan untuk keperluan penelitian dan industr, SEM memfokuskan sinar elektron (*electron beam*) di permukaan objek dan mengambil gambarnya dengan mendeteksi elektron yang muncul dari permukaan objek (Prasetyo, 2011).

SEM adalah alat yang dapat membentuk bayangan permukaan spesimen secara mikroskopik. Berkas elektron dengan diameter 5-10 nm diarahkan pada spesimen. Interaksi berkas elektron dengan spesimen menghasilkan beberapa fenomena yaitu hamburan balik berkas elektron, sinar-x, elektron sekunder dan absorpsi elektron (Kardiman dkk., 2018). Pengujian SEM pada hakekatnya merupakan pemeriksaan dan analisa morfologi. Data atau tampilan yang diperoleh adalah data dari bentuk morfologi atau dari lapisan yang tebalnya sekitar 20 μm dari permukaan. Gambar permukaan yang diperoleh merupakan morfologi dengan segala tonjolan, lekukan dan lubang pada permukaan (Murali dkk., 2017).

Menurut Wijayanto dan Bayuseno (2014), prinsip kerja SEM seperti yang terlihat pada Gambar 6 adalah sebagai berikut:

1. sebuah pistol elektron memproduksi sinar elektron dan dipercepat dengan anoda.
2. lensa magnetik memfokuskan elektron menuju ke sampel.
3. sinar elektron yang terfokus memindai keseluruhan sampel dengan diarahkan oleh koil pemindai.
4. ketika elektron mengenai sampel maka sampel akan mengeluarkan elektron baru yang akan diterima oleh detektor dan dikirim ke monitor (CRT).



Gambar 6. Skema Prinsip Kerja SEM (Saleh, 2015)

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah jerami padi Jenis Ciherang (dari persawahan Kec. Sibulue, Kab. Bone, Sulawesi Selatan), baja karbon St-37, kertas amplas, HCl 5 M, aseton, Larutan NaOH 4 M, kertas pH universal, kertas saring *Whatman* No. 42, *tissue*, benang, *epoxy resin Crystal Clear*, *hardener Crystal Clear*, air laut, asam asetat 25% dan akuades.

3.2 Alat Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat gelas yang umum digunakan neraca analitik, oven (*dual purpose oven*), *magnetic bar*, *hotplate magnetic stirrer* (*hotplate stirrer* p22008), SEM-EDX (Hitachi Flexsem 100), XRF (Shimadzu), FTIR (Shimadzu, type:IRPrestige 21), Statif, termometer, jangka sorong, ayakan 200 *mesh* dan alat pemotong baja.

3.3 Tempat dan waktu penelitian

3.3.1 Tempat dan waktu pengambilan Sampel

Pengambilan sampel dilaksanakan pada 2 Januari 2022, di lahan persawahan, Desa Kalibong, Kec. Sibulue, Kab. Bone, Sulawesi Selatan. Peta lokasi pengambilan sampel ditunjukkan pada Lampiran 8.

3.3.2 Waktu Penelitian

Penelitian ini telah dilaksanakan di Laboratorium Kimia Anorganik Departemen Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin, Makassar, pada Bulan Januari 2022 – April 2022.