

**BI-SIKIN: REALISASI PEMBUATAN BIOINHIBITOR DARI SILIKA
LIMBAH SEKAM PADI DAN EKSTRAK DAUN BELIMBING WULUH
SEBAGAI WUJUD KONTRIBUSI MAHASISWA MENYUKSESKAN
SDGs 2030**

Ika Jumentika¹, Abdul Kholiq², Achmad Syarafuddin As-syirazi³, dan Alfian Agustian, S.T.

¹Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Indonesia

²Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Indonesia

³Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Indonesia

¹ika.jumentika933@gmail.com, ²abdulkholiq2610@gmail.com,

³syarafuddin249@gmail.com

Abstract

Indonesia belongs to be a country with a high level of corrosiveness, it causes a high rate of corrosion on objects made of metal. The rice husk is the outermost part of the rice seed which has a silica content of 18-22.3%. Meanwhile, bilimbi leaves have 4-8% tannin content. Silica and tannins can be formulated as raw materials to make environmentally friendly organic inhibitor solutions to reduce corrosion rates. The purpose of this study was to obtain silica from rice husk waste and tannins from bilimbi leaf extract and to produce the bioinhibitor product. This research starts with material preparation, isolation of rice husk silica, extraction of bilimbi leaves, making of a bioinhibitor solution, and lastly testing. The variations of this product are 10, 20, 30, 40, and 50 ppm, and had been tested by FTIR analysis, SEM, XRD, tannin analysis, and weight loss tests. The result is the highest corrosion rate in mild steel samples was 119.9893843 mpy with a bioinhibitor of 10 ppm, and the lowest corrosion rate was 19.99823071 mpy with a bioinhibitor of 50 ppm. The highest inhibition efficiency was 92.62 % with 50 ppm bioinhibitor and immersion at an interval of 9 hours for 36 hours, and the lowest was 57.14% with 10 ppm bioinhibitor and 3 hours of soaking time for 12 hours. The conclusion is greater the concentration of silica and tannins contained in the bioinhibitor, the more the inhibitory efficiency of mild steel will increase.

Keyword: *Bilimbi leaf, Bioinhibitor, Rice husk, Silica, Tannin*

Pendahuluan

Indonesia merupakan negara agraris yang memusatkan perekonomian pada sektor pertanian, sehingga melimpahnya produksi pada sektor pertanian menghasilkan limbah yang cukup besar. Limbah pertanian memiliki berbagai manfaat yang dapat dioptimalkan, sehingga tidak menjadi limbah sisa yang akan merusak estetika dari lingkungan. Salah satu limbah yang diperoleh dari hasil pertanian, dan masih kurang dimanfaatkan adalah sekam padi atau kulit gabah. Sekam padi memiliki kandungan silika terbanyak, yaitu sekitar 18 – 22,3% yang dapat dimanfaatkan menjadi suatu energi alternatif tertentu (Christiawan, 2010). Pemanfaatan silika pada aktivitas industri biasanya digunakan sebagai *coating*

material untuk menghambat dan melindungi logam dari korosi. Korosi merupakan penurunan mutu atau kualitas dari material logam yang diakibatkan keadaan lingkungan sekitarnya, biasanya disebabkan kondisi asam maupun lembap yang dapat mendegradasi permukaan logam.

Indonesia juga merupakan negara beriklim tropis, yang dikelilingi oleh lautan dan gunung berapi dengan intensitas hujan yang cukup tinggi, dan iklim laut yang membuat tingkat kelembapannya berada pada 70% – 90% dan mengandung NaCl yang menyebabkan kondisi negara kita menjadi sangat lembap dan korosif. Hal tersebut juga dipengaruhi oleh aktivitas manusia yang sangat besar, terutama dalam dunia industri. Berdasarkan ISO 12944-2 menyatakan, bahwa tingkat korosif terbesar berada pada lingkungan industri (C5I) dan juga lingkungan lautan (C5M) dengan laju korosi sebesar 200 μm per tahun, yang diperkirakan akan terus meningkat seiring dengan perkembangan industri dan juga pengaruh iklim yang semakin tidak menentu. Hal itu akan berdampak pada tingkat ketahanan dari suatu produk dan juga infrastruktur yang berbahan dasar logam, karena tentunya akan meningkatkan laju korosi.

Inhibitor korosi adalah suatu senyawa kimia yang berfungsi untuk menghambat pertumbuhan laju korosi. Berbagai bahan alam dapat digunakan sebagai bahan dasar pembuatan larutan inhibitor korosi, yang didasarkan kandungan zat didalamnya. Larutan inhibitor organik berasal dari senyawa organik yang pada umumnya mengandung heteroatom, seperti oksigen, nitrogen, dan silika. Berdasarkan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Atiek pada tahun 2016, dengan menggunakan silika dari sekam padi sebagai inhibitor didapatkan efisiensi inhibisi terbesar yang mencapai 81,80%. Selain silika, terdapat tanin dari daun belimbing wuluh yang dapat dimanfaatkan sebagai penghambat korosi, karena memiliki kandungan tanin sebesar 6% (Christiawan, 2010). Penelitian lain menunjukkan hasil bahwa penggunaan tanin dari daun belimbing wuluh sebagai inhibitor korosi, menghasilkan efisiensi inhibisi sebesar 78,57%.

Berdasarkan hal tersebut, dengan permasalahan limbah pertanian yang melimpah dan permasalahan korosi yang memiliki dampak negatif sangat besar, membuat penulis yang merupakan mahasiswa Teknik Kimia melakukan inovasi yang belum pernah dilakukan oleh penelitian sebelumnya, yaitu dengan mengkombinasikan silika limbah sekam padi dan tanin daun belimbing wuluh untuk digunakan sebagai bahan baku pembuatan larutan inhibitor organik yang tentunya ramah lingkungan. Dengan begitu, diharapkan permasalahan korosi dapat teratasi dan dapat mengurangi limbah pertanian yang mencemari lingkungan dengan mengoptimalkannya menjadi produk inhibitor, sebagai wujud kontribusi mahasiswa menyelesaikan program SDGs 2030. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan produk silika dari limbah sekam padi dan tanin dari ekstrak daun belimbing wuluh yang dijadikan sebagai produk bioinhibitor dengan efisiensi terbaik dalam menghambat laju korosi pada suatu logam.

Metode Penelitian

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini meliputi amplas, corong, *furnace*, gelas beker pyrex 1000 mL, gelas ukur pyrex 10 dan 25 mL, kertas saring, labu ukur 1000 mL, *magnetic stirrer*, neraca analitik, rangkaian alat refluks, *rotary evaporator* dan termometer. Bahan yang digunakan meliputi aquades, metanol

teknis 96% 750 mL, HCl 10% 300 mL, *mild steel*, H₂SO₄ 0,1 M, NaOH 3 M, sekam padi 25 gram, dan daun belimbing wuluh 50 gram untuk satu kali percobaan.

Variabel Penelitian

Variabel pada penelitian ini terdiri dari variabel bebas, variabel tetap, dan variabel terikat. Variabel bebas pada penelitian ini yaitu, konsentrasi larutan bioinhibitor, serta waktu pengujian sampel. Variabel tetap terdiri dari bahan yang digunakan, yaitu massa sekam padi dan daun belimbing wuluh, serta media korosif uji yang digunakan. Sedangkan variabel terikat dalam penelitian ini, yaitu efisiensi larutan bioinhibitor dan juga laju korosi sampel.

Prosedur Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dengan menjalankan tahapan percobaan sebagai berikut:

a. Persiapan Bahan Baku

Penelitian ini diawali dengan menyiapkan bahan baku, yaitu mencuci sekam padi dan daun belimbing wuluh dengan air lalu mengeringkannya, serta menghaluskan daun belimbing wuluh dan sekam padi menggunakan *grinder*.

b. Isolasi Silika dari Sekam Padi

Tahapan ini dilakukan untuk memperoleh dan memisahkan silika dari kandungan senyawa lain dalam sekam padi HCl 10%, lalu dilanjutkan dengan pembakaran (*furnace*). Proses ekstraksi menggunakan metode refluks pada temperatur 100°C selama 2 jam, setelah itu menyaring abu sekam padi dan mengambil residunya. Lalu, membakarnya dalam *furnace* pada temperatur 750°C selama 5 jam, dan silika yang dihasilkan dilakukan analisis.

c. Ekstraksi Daun Belimbing Wuluh

Mengekstraksi serbuk daun belimbing wuluh yang dilakukan secara maserasi dengan metanol teknis 96% 750 mL. Setelah itu memekatkan hasil ekstrak dengan *rotary evaporator* pada suhu 65°C. Kemudian menganalisis kandungan kimia yang ada didalam ekstrak daun belimbing wuluh dengan analisis fitokimia.

d. Pembuatan Larutan Bioinhibitor Korosi

Mempersiapkan 0,1 gram silika yang dilarutkan dalam 20 ml NaOH 3 M, 20 ml aquades dan juga 2 ml ekstrak belimbing wuluh, lalu memanaskannya pada *hot plate* dan mengaduknya hingga homogen. Setelah itu melakukan pengenceran pada labu ukur 1000 ml sehingga menjadi larutan bioinhibitor korosi sebesar 10 ppm, kemudian mengulangi langkah tersebut untuk konsentrasi 20, 30, 40, dan 50 ppm dengan mengganti jumlah massa silika yang digunakan.

e. Pengujian Efektivitas Larutan Bioinhibitor Korosi

Pada tahap ini, digunakan metode *weight loss*. *Mild steel* yang sudah dipotong berbentuk lembaran berukuran 5 x 5 x 0,3 cm dan sudah dibersihkan kemudian ditimbang massa awalnya. Lalu, merendam *mild steel* tersebut ke dalam H₂SO₄ 0,1 M sebanyak 100 mL dan bioinhibitor korosi dengan konsentrasi 10, 20, 30, 40 dan 50 ppm dengan waktu 12 jam, 24 jam, dan 36 jam. Setelah dilakukan perendaman, sampel diambil dan dibersihkan dengan sikat dibawah air mengalir. Lalu sampel *mild steel* dikeringkan dan ditimbang untuk mengetahui massa akhir sampel (Gunaatmaja, 2011).

Hasil dan Pembahasan

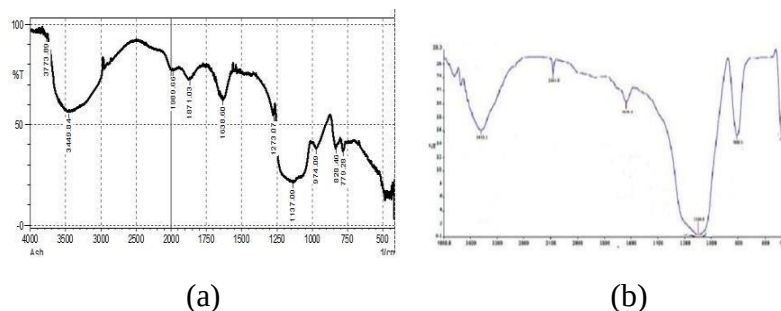
Penelitian ini terfokus pada pembuatan larutan bioinhibitor korosi dengan bahan baku alami yang bersifat ramah lingkungan, serta pemanfaatan limbah bahan alam yang tidak dimanfaatkan guna menjaga kesehatan lingkungan. Tahapan pertama yang dilakukan yaitu proses *pre-treatment* dari bahan baku dengan pencucian awal, penjemuran bahan dan penghalusan bahan dengan *grinder*. Setelah dilakukan *pre-treatment*, kemudian dilanjutkan dengan tahap mengisolasi silika sekam padi dengan ekstraksi refluks yang dilanjutkan proses pembakaran dengan *furnace*.



Gambar 1. Hasil *Furnace* Sekam Padi

Sekam padi yang dibakar menghasilkan warna yang sangat baik dan sesuai dengan literatur serupa, yaitu berwarna putih. Hal ini dipengaruhi oleh perlakuan awal secara non termal pada sekam padi yakni proses ekstraksi refluks dan hidrolisis dengan menggunakan HCl 10%.

Selanjutnya silika yang diperoleh dilakukan pengujian karakteristik dengan analisis gugus fungsi, yaitu uji *Fourier Transform Infra Red* (FTIR).



Gambar 2. Hasil Analisis FTIR (a) Silika Sekam Padi Hasil Penelitian dan (b) Silika Komersial (Maksum, 2011)

Kemudian dilakukan analisis pembacaan panjang gelombang dengan gugus senyawa yang ditunjukkan pada tabel berikut:

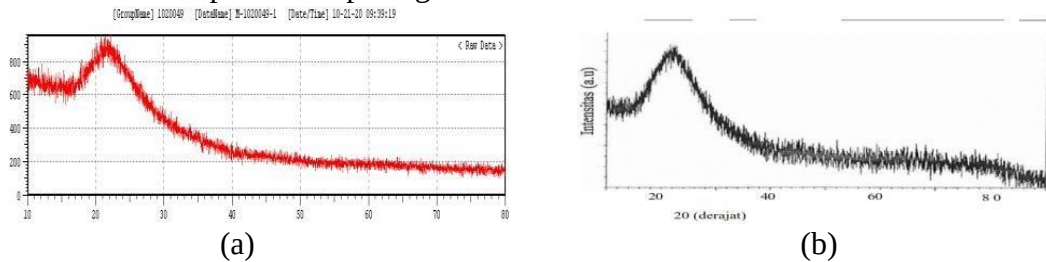
Tabel 1. Identifikasi Gugus Fungsi Hasil Uji FTIR Silika Sekam Padi Penelitian

No.	Panjang Gelombang Silika Sekam Padi (Hasil Penelitian)	Panjang Gelombang Literatur	Keterangan
1.	3773,89 cm^{-1}	3000 – 4000 cm^{-1}	Gugus –OH pada Silanol
2.	3449,84 cm^{-1}	3000 – 4000 cm^{-1}	Gugus –OH pada Silanol
3.	1989,66 cm^{-1}	1675 - 2300 cm^{-1}	Gugus Karbonil (C = O)
4.	1871,03 cm^{-1}	1675 - 2300 cm^{-1}	Gugus Karbonil (C = O)
5.	1638,60 cm^{-1}	1622 – 1642 cm^{-1}	Gugus –OH pada Silanol
6.	1273,07 cm^{-1}	1261 – 1445 cm^{-1}	CH ₃ Asimetris dari Si-CH ₃
7.	1137,09 cm^{-1}	1050 – 1115 cm^{-1}	Serapan Gugus Fungsi Siloksan

8.	974,09 cm^{-1}	400 – 1100 cm^{-1} dan 900 – 968 cm^{-1}	Vibrasi Ulur Si-O pada Siloksan dan Silanol
9.	828,46 cm^{-1}	800 – 870 cm^{-1}	Gugus –OH dari SiO
10.	779,28 cm^{-1}	720 – 808 cm^{-1}	Vibrasi Ulur Simetris SiO pada Siloksan

Berdasarkan hasil identifikasi diatas, maka dapat diperoleh bahwa keberadaan dari gugus silanol (Si-OH), gugus siloksan (Si-O-Si), dan ikatan SiCH_3 dapat terlihat pada hasil pembacaan FTIR dengan puncak yang khas, yaitu pada puncak gelombang 3449,84 cm^{-1} , 779,28 cm^{-1} , 1273,07 cm^{-1} .

Selanjutnya adalah hasil uji XRD yang dilakukan untuk silika sekam padi, hasil tersebut dapat dilihat pada gambar berikut:

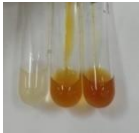


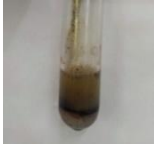
Gambar 3. Hasil Uji XRD (a) Silika Sekam Padi Hasil Penelitian (b) Silika Komersial

Untuk mengetahui sifat *amorf* atau kristalin pada silika yang dihasilkan dalam penelitian ini, maka dilakukan pengujian dengan *X-Ray Diffractogram* (XRD). Pada penelitian ini, diperoleh silika yang bersifat *amorf* dan tidak berbahaya atau aman digunakan. Hal ini ditunjukkan oleh puncak yang bersifat landai hasil dari karakterisasi silika pada XRD. Tentunya hal ini berbeda dengan struktur silika yang bersifat kristalin, karena memiliki puncak berbentuk curam dan apabila silika kristal bersifat kristalin artinya silika tersebut tidak bisa digunakan karena berbahaya.

Selanjutnya adalah pengekstraksian tanin dari daun belimbing wuluh menggunakan ekstraksi maserasi dan pemekatan ekstrak pada alat *rotary evaporator*. Kemudian, dilakukan pengujian dengan analisis fitokimia untuk mengetahui kandungan kimia yang ada dalam ekstrak daun belimbing wuluh serta analisis kadar tanin.

Tabel 2. Hasil Analisis Kualitatif Senyawa Fitokimia Ekstrak Metanol Daun Belimbing Wuluh

No.	Metabolit Sekunder	Pereaksi	Hasil	Gambar
1.	Alkaloid	Meyer – Dragendroff – Wagner	++	
2.	Flavonoid	Serbuk $\text{Mg} + \text{HCl}_p$	++	

3.	Glikosida	Molish + H ₂ SO ₄	+	
4.	Saponin	Air panas dikocok kuat	+++	
5.	Tanin	FeCl ₃ 1%	+++	
6.	Triterpen / Steroid	Liebermann – Burchard	+++	

Hasil uji *screening* fitokimia ini menunjukkan bahwa ekstrak metanol pada daun belimbing wuluh mengandung beberapa senyawa metabolit sekunder yang sesuai dengan beberapa jurnal atau penelitian, yang menyatakan bahwa selain tanin, daun belimbing wuluh juga mengandung senyawa flavonoid, saponin, triterpenoid, alkaloid, dan glikosida. Keberadaan tanin juga ditandai dengan perubahan warna hijau kehitaman dan menandakan adanya tanin terkondensasi. Dari analisis dihasilkan tanin sebesar 5,18%.

Tahapan yang dilakukan selanjutnya ialah pembuatan larutan bioinhibitor (BI-SIKIN) yang terdiri dari kandungan silika sekam padi, tanin, NaOH, dan juga aquades yang terlihat seperti yang pada gambar berikut ini:



Gambar 4. Larutan Bioinhibitor Korosi Variasi Konsentrasi 10 – 50 ppm

Produk bioinhibitor yang dihasilkan kemudian dilakukan uji langsung terhadap *mild steel* untuk mengetahui besarnya efisiensi yang dihasilkan dengan menggunakan bioinhibitor penelitian dalam mengurangi atau menghambat laju korosi, dimana *mild steel* yang telah dilapisi oleh bioinhibitor akan direndam pada larutan asam sulfat (H₂SO₄), adapun hasil yang diperoleh adalah sebagai berikut:

Tabel 3. Pengaruh Konsentrasi Bioinhibitor terhadap Efisiensi dan Laju Korosi

Waktu (jam)	Konsentrasi bioinhibitor (ppm)	Berat Sampel (gram)		Efisiensi (%)	Laju Korosi (mpy)
		Sebelum	Sesudah		
Setiap	0	21,27	20,85	0	279,97523
3	10	20,5	20,32	57,14285714	119,9893843

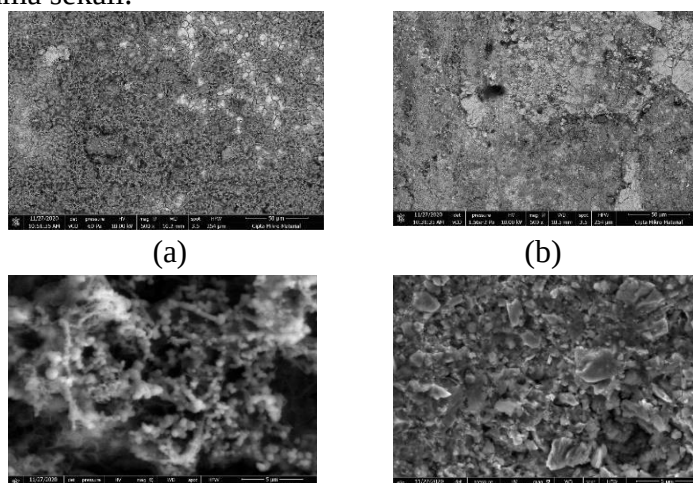
Jam selama 12 Jam	20	21,53	21,37	61,9047619	106,6572305
	30	20,53	20,44	78,57142857	59,99469214
	40	20,21	20,15	85,71428571	39,99646143
	50	22,04	22	90,47619048	26,66430762
Setiap 6 Jam selama 24 Jam	0	21,44	20,64	0	266,6430762
	10	20,72	20,48	70	79,99292286
	20	20,8	20,58	72,5	73,32684595
	30	20,65	20,5	81,25	49,99557679
Setiap 9 Jam selama 36 Jam	40	19,59	19,49	87,5	33,33038452
	50	20,69	20,62	91,25	23,33126917
	0	21,77	20,55	0	271,0871275
	10	20,31	20	74,59016393	68,88279468
Setiap 6 Jam selama 24 Jam	20	22,15	21,88	77,86885246	59,99469214
	30	20,37	20,19	85,24590164	39,99646143
	40	20,15	20,03	90,16393443	26,66430762
	50	21,47	21,38	92,62295082	19,99823071

Selanjutnya dilakukan pengujian *Scanning Eletron Microscope-Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy* (SEM-EDS) untuk mengetahui struktur morfologi dan kenampakan permukaan pada sampel *mild steel* dan untuk melihat senyawa yang melapisi *mild steel* yang telah diuji dengan larutan bioinhibitor, Adapun hasil uji yang diperoleh yaitu sebagai berikut:



Gambar 5. Hasil Uji SEM-EDS pada (a) Logam tanpa Bioinhibitor (b) Logam Dengan Bioinhibitor 50 ppm

Perendaman sampel yang dilakukan selama 12, 24, dan 36 jam pada kondisi media asam (H_2SO_4), tentu saja akan menyebabkan logam mengalami pengkaratan atau korosi, namun perbedaan laju korosi akan terlihat antara logam yang dilapisi oleh bioinhibitor dengan konsentrasi 50 ppm, dengan logam yang tidak diberi bioinhibitor sama sekali.



(c) (d)
Gambar 6. Hasil Uji SEM-EDS pada (a) Logam tanpa Bioinhibitor perbesaran 500x (b) Logam dengan Bioinhibitor perbesaran 500x (c) Logam tanpa Bioinhibitor perbesaran 5000x (d) Logam dengan Bioinhibitor perbesaran 5000x

Setelah dilakukan pembesaran dari hasil uji SEM-EDS sebesar 500x dan 5000x, jelas terlihat bahwa gambar 6 (a) dan (c) yaitu logam tanpa inhibitor terdapat banyak lubang hitam dan celah yang menandakan korosinya, sedangkan pada gambar 6 (b) dan (d), hanya terlihat lubang hitam dan tampak bahwa lapisan besar putih yang melapisi permukaan, yang mana lapisan tersebut merupakan lapisan tipis dari bioinhibitor yang digunakan yang mampu mengurangi laju korosi pada logam tersebut. Hasil uji EDS juga menghasilkan bukti unsur-unsur yang terkandung pada *mild steel* yang digunakan sebagai sampel, yaitu sebagai berikut:

Tabel 4. Hasil EDS pada Komponen Unsur pada *Mild Steel*

Sampel Logam	Atom	Komposisi (% wt)
Tanpa Bioinhibitor	C	15,8
	O	32,65
	Al	0,47
	Si	1,38
	Fe	49,7
Bioinhibitor 50 ppm	C	10,22
	O	26,77
	Al	0,36
	Si	2,38
	Fe	60,27

Hasil uji EDS ini menunjukkan bahwa adanya penurunan persen berat Fe (49,7%) pada *spectrum* tembak elektron dari sampel non inhibitor yang lebih besar karena memiliki laju korosi yang lebih besar, dibandingkan dengan sampel *mild steel* yang diberikan bioinhibitor. Jumlah persen berat dari oksigen pada sampel *mild steel* dengan konsentrasi bioinhibitor 50 ppm bernilai lebih rendah karena adanya bioinhibitor yang teradsorb pada permukaan logam tersebut, sehingga mampu menghambat terjadinya korosi dan mengarah kepada pembentukan oksida (Mardina, 2018).

Pada penelitian ini telah diperoleh larutan bioinhibitor korosi dengan berbagai konsentrasi, yaitu 10, 20, 30, 40, dan 50 ppm yang sudah dilakukan pengujian pada *Mild Steel*, adapun hasil yang diperoleh:

Tabel 5. Hasil Pengujian Produk Bioinhibitor pada *Mild Steel*

No.	Konsentrasi	Berat Hilang (gram) pada jam ke					Total Berat Hilang (gram)
		-n					
		0	3	6	9	12	
1.	0 ppm	21,27	21,16	21,06	20,95	20,85	0,42
2.	10 ppm	20,5	20,45	20,41	20,37	20,32	0,18
3.	20 ppm	21,53	21,49	21,45	21,4	21,37	0,16
4.	30 ppm	20,53	20,5	20,48	20,45	20,44	0,09
5.	40 ppm	20,21	20,19	20,18	20,16	20,15	0,06
6.	50 ppm	22,04	22,03	22,01	22	22	0,04

Berdasarkan uraian dan uji terhadap produk bioinhibitor yang telah dihasilkan dari penelitian ini, dapat diperoleh kesimpulan bahwa produk bioinhibitor (BI-SIKIN) memiliki kelebihan yaitu bahan baku ramah lingkungan serta mudah untuk diperoleh, tidak berbahaya bagi lingkungan dan teruji dapat diaplikasi masyarakat sebagai bahan antikarat atau penghambat korosi bagi benda-benda logam yang ada dan digunakan pada kehidupan sehari-hari. Dengan hadirnya produk bioinhibitor (BI-SIKIN) menunjukkan kreasi, inovasi, dan kontribusi dari mahasiswa dalam menyelesaikan dan menjawab permasalahan global, yaitu korosi dan menyelesaikan program SDGs 2030.

Kesimpulan

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

1. Didapatkan produk bioinhibitor (BI-SIKIN) dengan konsentrasi 10 ppm; 20 ppm; 30 ppm; 40 ppm; dan 50 ppm.
2. Semakin tinggi konsentrasi dan lamanya waktu perendaman menunjukkan total berat hilang sampel yang semakin kecil yaitu sebesar 0,04 gram.
3. Didapatkan produk bioinhibitor (BI-SIKIN) yang terbaik, yaitu pada konsentrasi 50 ppm dengan laju korosi 20 mpy dan efisiensi sebesar 92,62%.

Daftar Pustaka

- Atiek, Rostika dkk. (2016). Ekstraksi Dan Karakterisasi Silika Dari Sekam Padi Untuk Pelapis Baja Anti Korosi. Bandung: FMIPA Universitas Padjajaran. *Skripsi*.
- Christiawan, S., I., dan Darmanto. (2010). Perlakuan bahan bata merah berserat abu sekam padi. *Journal of Chemical Information and Modeling*. Vol. 53, Issue 9, page 1689-1699.
- Gunaatmaja, Adhi. (2011). Pengaruh Waktu Perendaman Terhadap Laju Korosi Pada Baja Karbon rendah Dengan Penambahan Ekstrak Ubi Ungu Sebagai Inhibitor Organik Di Lingkungan NaCl 3,5%. Depok: Fakultas Teknik Universitas Indonesia. *Skripsi*.
- Maksum, Andi. (2011). Pemanfaatan Sekam padi Beras Hitam Sebagai Inhibitor Korosi yang Ramah Lingkungan. *Politeknologi*. Vol. 10 No. 3.
- Mardina, D. (2018). *Efektivitas Ekstrak Daun Jambu Biji Sebagai Inhibitor Pada Baja Karbon St 37 Dalam Medium Korosif NaCl 35%*. Lampung: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung. *Skripsi*.