



EKSTRAK BIJI PEPAYA SEBAGAI INHIBITOR KOROSI BAJA KARBON DALAM MEDIA NaCl DAN ANALISIS MODEL MENGGUNAKAN DESAIN EXPERT 11

Leony Margrita, Cyrilla Oktaviananda*, Lucia Hermawati Rahayu, Antonius Prihanto

Program Studi Teknik Kimia Politeknik Katolik Mangunwijaya,
Jl. Sriwijaya No 104 Semarang

*E-mail: cyrillaoktaviananda.28@gmail.com

Abstract

The damage to the quality of materials made of metal, especially in industry, is unavoidable. To prevent metal damage due to rust, a material is needed that is added in small amounts to reduce the corrosion rate. This material is often known as an inhibitor. The use of corrosion inhibitors is one effective way to prevent corrosion because this method is relatively cheap and the process is simple. The utilization of papaya seed waste containing tannin compounds has not been optimal other than for replanting. The tannin content in papaya seed extract can be used as a natural metal inhibitor. This study aims to determine the effect of papaya seed extract concentration on the corrosion rate of carbon steel in a corrosive medium of 3% NaCl solution. The study began with papaya seed maceration followed by evaporation to produce papaya seed extract. The research data was processed with RSM (Response Surface Methodology) using design expert 11. The study was conducted with variations in extract concentration according to the results of design expert 11 recommendations, namely (0.5 g / L - 2.5 g / L) and soaking time (3 - 11 days). The results showed that the extract concentration and soaking time factors mutually influenced the corrosion rate response value of the inhibitor of papaya seed extract by 82.75%. The optimal condition of the corrosion rate on the corrosion inhibitor of papaya seed extract was at an extract concentration of 0.5 g/L and a soaking time of 9.25 days with a corrosion rate value of 50.796 mpy. Based on the analysis of variance using expert design 11, the results showed that the corrosion rate model of carbon steel samples with papaya seed extract inhibitor follows a quadratic model with the equation $Y = 0.4370A + 0.0100B + 0.8394AB + 0.0223A^2 + 0.0143B^2$.

Key words: Corrosion; Inhibitor; Papaya seeds; Tannin

Abstrak

Rusaknya kualitas bahan-bahan yang terbuat dari logam terutama di industri tidak dapat dihindari. Untuk mencegah kerusakan logam akibat karat diperlukan suatu bahan yang ditambahkan dalam jumlah sedikit untuk menurunkan laju korosi. Bahan ini sering dikenal dengan istilah inhibitor. Penggunaan inhibitor korosi merupakan salah satu cara yang efektif dalam mencegah korosi karena cara ini relatif murah dan prosesnya sederhana. Pemanfaatan limbah biji pepaya yang mengandung senyawa tanin belum optimal selain untuk ditanam kembali. Kandungan tanin pada ekstrak biji pepaya dapat dimanfaatkan sebagai inhibitor alami logam. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi ekstrak biji pepaya terhadap laju korosi baja karbon dalam media korosif larutan NaCl 3 %. Penelitian diawali

dengan maserasi biji pepaya dilanjutkan dengan penguapan hingga menghasilkan ekstrak biji pepaya. Data penelitian diolah dengan RSM (Response Surface Methodology) menggunakan design expert 11. Penelitian dilakukan dengan variasi konsentrasi ekstrak sesuai dengan hasil rekomendasi design expert 11 yaitu (0,5 g/L - 2,5 g/L) dan lama perendaman (3 - 11 hari). Hasil penelitian menunjukkan bahwa faktor konsentrasi ekstrak dan waktu perendaman saling mempengaruhi nilai respon laju korosi inhibitor korosi dari ekstrak biji pepaya sebesar 82,75 %. Kondisi optimum laju korosi pada inhibitor korosi dari ekstrak biji pepaya adalah pada konsentrasi ekstrak 0,5 g/L dan waktu perendaman 9,25 hari dengan nilai laju korosi sebesar 50,796 mpy. Berdasarkan analisis ragam menggunakan desain expert 11 didapatkan hasil bahwa model laju korosi sampel baja karbon dengan inhibitor ekstrak biji pepaya mengikuti model kuadratik dengan persamaan $Y = 0,4370A + 0,0100B + 0,8394AB + 0,0223A^2 + 0,0143B^2$.

Kata kunci: Biji pepaya, Inhibitor, Korosi, Tanin

1. Pendahuluan

Korosi merupakan masalah yang terjadi pada logam dan tidak dapat dihindari. Namun korosi dapat dicegah dan dikendalikan sehingga struktur atau komponen mempunyai masa pakai yang lebih lama. Laju korosi dapat diperlambat dengan beberapa cara, antara lain dengan proteksi katodik dan pelapisan permukaan logam. Cara lain yang dapat digunakan adalah dengan penambahan suatu zat tertentu yang lebih dikenal dengan inhibitor. Penggunaan inhibitor korosi merupakan cara yang paling efektif untuk mencegah korosi karena biaya yang relatif murah dan sederhana dalam proses pengaplikasiannya [1].

Inhibitor adalah zat kimia yang dapat memperlambat suatu reaksi kimia [2]. Terdapat dua jenis inhibitor yaitu inhibitor anorganik dan inhibitor organik. Inhibitor anorganik merupakan bahan kimia sintesis yang mahal, toksik dan tidak ramah lingkungan. Sebagai alternatif pengganti inhibitor anorganik dapat digunakan bahan-bahan alam yang mengandung senyawa-senyawa aktif seperti alkaloid, pigmen, asam amino, tanin dan katekin [3]. Selain tidak mencemari lingkungan, inhibitor organik memiliki kelebihan yaitu ketersediaannya yang melimpah dialam [4].

Tanin merupakan senyawa organik polifenol golongan flavonoid yang dapat membentuk kompleks tidak larut dengan ion logam, sehingga dapat digunakan sebagai inhibitor korosi pada baja [5]. Senyawa tanin banyak terdapat pada tumbuh-tumbuhan diantaranya gambir, daun teh, kakao, daun jambu biji, daun pepaya, biji mangga, biji pepaya dan lain lain.

Pepaya (*Carica papaya L.*) merupakan tanaman yang berasal dari Amerika Tengah dan Hindia Barat, yang termasuk dalam famili Caricaceae. Selain hanya ditanam kembali, pemanfaatan limbah biji pepaya saat ini masih belum optimal. Oleh karena itu, biji pepaya dapat dijadikan sebagai bahan alam yang bermanfaat sebagai inhibitor korosi. Senyawa-senyawa metabolit sekunder yang terdapat dalam ekstrak kental metanol biji pepaya, seperti: golongan triterpenoid, flavonoid, kuinon, tanin, dan alkaloid menjadikan ekstrak biji pepaya dapat dimanfaatkan sebagai inhibitor korosi [6].

Uji kemampuan daun jambu biji sebagai inhibitor korosi baja paduan pada medium NaCl 3,56% [7]. Pada penelitian tersebut didapatkan hasil bahwa dengan penambahan inhibitor ekstrak daun jambu biji menyebabkan laju korosi semakin menurun dan efisiensinya meningkat. Laju korosi terendah dicapai pada konsentrasi inhibitor ekstrak

400 ppm sebesar 0,0244 mm/y dan dengan efisiensi inhibisi 53,03 %. Tanin dari ekstrak biji nangka dapat digunakan sebagai inhibitor korosi baja karbon tinggi dalam medium air laut [8]. Hasil penelitian menunjukkan semakin lama waktu perendaman akan mengakibatkan penurunan laju korosi. Nilai laju korosi terendah terdapat pada variabel lama perendaman 30 hari yaitu 44,94 mpy. Penelitian tentang pemanfaatan ekstrak biji mangga sebagai inhibitor korosi paku besi dalam media NaCl, hasil penambahan inhibitor ekstrak biji mangga dapat menurunkan laju korosi [9]. Efisiensi inhibisi tertinggi yang dihasilkan dengan medium NaCl 3 % terletak pada inhibitor dengan konsentrasi 3 % yaitu 15,34 %.

Berdasarkan penelitian terdahulu, studi mengenai efektivitas inhibitor korosi dari ekstrak biji pepaya belum pernah dilakukan. Sehingga pada penelitian ini dilakukan studi pemanfaatan ekstrak biji pepaya sebagai inhibitor korosi baja karbon dalam media NaCl.

2. Metode Penelitian

Rancangan penelitian pemanfaatan ekstrak biji pepaya sebagai inhibitor korosi baja karbon dalam media NaCl dilakukan menggunakan Design Expert 11. Faktor yang digunakan adalah konsentrasi ekstrak biji pepaya dan waktu perendaman sedangkan variabel respon adalah laju korosi. Metode pelaksanaan penelitian dibagi menjadi beberapa tahapan proses, meliputi:

2.1 Persiapan bahan dan alat

Bahan yang digunakan adalah biji pepaya, baja karbon, kertas saring, kertas pasir, NaCl, n-heksana, aquadest, FeCl₃, dan baja karbon. Sedangkan alat yang digunakan adalah blender, ayakan 40 mesh, neraca analitik, labu ukur, gelas beaker, gelas ukur, rangkaian alat destilasi, termometer, corong pisah, pipet volume, bola hisap, dan erlenmeyer.

2.2 Ekstraksi biji pepaya

Biji pepaya yang sudah melalui proses pengeringan, dihaluskan hingga menjadi serbuk kasar. Serbuk biji pepaya dengan ukuran yang homogen didapatkan melalui pengayakan serbuk kasar dengan menggunakan ayakan ukuran 40 mesh. Pembuatan ekstrak biji pepaya diawali dengan memasukan 100 gram serbuk biji pepaya ke dalam gelas beaker, kemudian dilakukan penambahan n-heksana sebanyak 500 mL. Selanjutnya campuran diaduk hingga homogen dan dilakukan perendaman selama 48 jam. Filtrat hasil penyaringan campuran didestilasi pada suhu 68°C untuk memisahkan pelarut dengan minyak. Selanjutnya ekstrak diuapkan pada suhu 80°C hingga pelarut benar-benar hilang. Ekstrak pekat yang dihasilkan diaplikasikan pada larutan media sesuai variabel penelitian.

2.3 Analisis kandungan tanin dalam biji pepaya

Penentuan kandungan tanin dilakukan dengan analisis kualitatif dengan indikator besi (III) klorida. Apabila terbentuk warna biru hitam menunjukkan adanya kandungan tanin pada ekstrak.

2.4 Pembuatan media korosif NaCl 3%

Pembuatan media korosif dilakukan dengan memasukkan aquadest kedalam labu ukur (1000 ml) sebanyak 500 ml. Sebanyak 30 gr NaCl dimasukkan ke dalam labu ukur yang telah diisi 500 ml aquadest. Kemudian campuran dihomogenkan di dalam labu ukur dengan penambahan aquadest hingga tanda batas dan penggojogan.

2.5 Perendaman baja karbon dalam media korosi

Sampel baja karbon yang telah disiapkan direndam dalam medium korosi NaCl 3%. Perendaman sampel baja karbon dilakukan dengan variasi lama perendaman 7; 11; 3; 7; 11; 7; 3; 12,6569; 7; 7; 7; 7; 1,34315; dan 7 hari dan variasi konsentrasi inhibitor 1,5; 0,5; 2,5; 1,5; 2,5; 1,5; 0,5; 1,5; 0,0857864; 1,5; 1,5; 1,5; 1,5; dan 2,91421 g/L. Pengukuran satu hari (24 jam) dilakukan pada jam yang sama pada hari berikutnya. Sebagai perbandingan dilakukan juga perendaman baja karbon dalam media tanpa penambahan inhibitor. Baja karbon selanjutnya direndam dengan masing-masing konsentrasi inhibitor dan waktu perendaman menggunakan metode *weight loss* dalam menentukan laju korosi.

2.6 Pengujian metode kehilangan berat

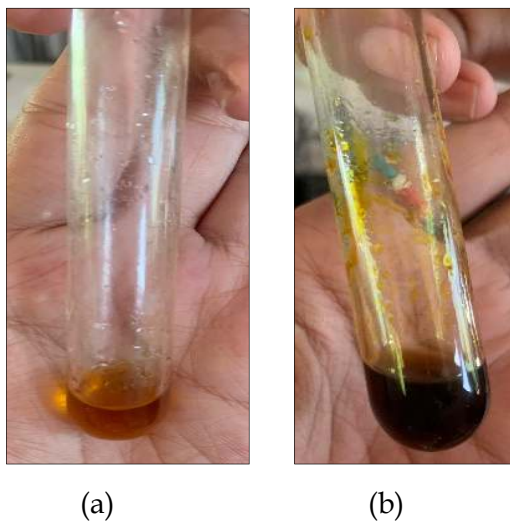
Setelah dibilas dan dikeringkan sampel baja karbon ditimbang massa akhir untuk mengetahui massa yang hilang dengan persamaan seperti berikut [7]:

$$W: W_0 - W_1 \quad (1)$$

dimana, W = selisih massa (g), W_0 = massa awal (g) dan W_1 = massa akhir (g).

3. Hasil dan Pembahasan

Setelah dihasilkan ekstrak biji pepaya, sampel ekstrak diidentifikasi ada tidaknya tanin dalam sampel secara kualitatif. Hasil analisis kualitatif kandungan tanin pada ekstrak biji pepaya dilakukan dengan menambahkan indikator besi (III) klorida (FeCl_3). Pengamatan dilakukan hingga menunjukkan perubahan warna yang spesifik yaitu berwarna biru kehitaman yang artinya positif mengandung tanin [10], seperti yang terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Hasil Uji Kualitatif Tanin (a) Ekstrak Biji Pepaya (b) Ekstrak Biji Pepaya + FeCl_3

Tahapan pengujian pada penelitian ini dilakukan dengan: (1) pembuatan design, (2) penentuan faktor dan respon, (3) *design layout of experiment* (4) pengaruh faktor terhadap respon, dan (5) analisis model [11].

3.1 Pembuatan design

Design of experiment (DoE) merupakan langkah awal dan bagian penting dalam memulai rangkaian proses optimasi. DoE adalah dilakukan dengan menggunakan software design expert, dimana dilakukan penentuan jumlah faktor dalam sistem dan kemudian menginput batas atas dan bawah sebagai batasan integrasi model matematika yang akan diolah. Pada pembuatan design terdapat beberapa langkah yaitu:

3.2 Penentuan faktor dan respon

Pada penelitian ini faktor yang digunakan adalah waktu perendaman dan ekstrak biji pepaya. Adapun variasi waktu perendaman adalah 3 - 11 hari, sedangkan variasi ekstrak biji pepaya adalah 0,5 g/L - 2,5 g/L. Penentuan faktor untuk optimasi ditunjukkan seperti Gambar 2.

Central Composite Design

Each numeric factor is set to 5 levels: plus and minus alpha (axial points), plus and minus 1 (factorial points) and the center point. If categoric factors are added, the central composite design will be duplicated for every combination of the categoric factor levels.

Numeric factors: 2 (2 to 50) ☒ Horizontal ☐ Enter factor ranges in terms of ± 1 levels

Categoric factors: 0 (0 to 10) ☐ Vertical ☐ Enter factor ranges in terms of alphas

	Name	Units	Low	High	-alpha	+alpha
A [Numeric]	waktu perenc hari		3	11	1.34315	12.6569
B [Numeric]	konsentrasi e gr/L		0.5	2.5	0.0857864	2.91421

Type: Full Blocks: 2

Points

Non-center points: 4 4

Center points: 3 3

alpha = 1.41421 Options... 14 Runs

Gambar 2. Penentuan Faktor untuk Optimasi

Response pada penelitian ini adalah hasil perhitungan laju korosi baja karbon. Pada tahap ini, menentukan jumlah respon dan pada units diisi respon yang digunakan seperti ditunjukkan pada Gambar 3, dimana respon ini merupakan parameter yang paling berpengaruh untuk memenuhi tujuan.

Central Composite Design

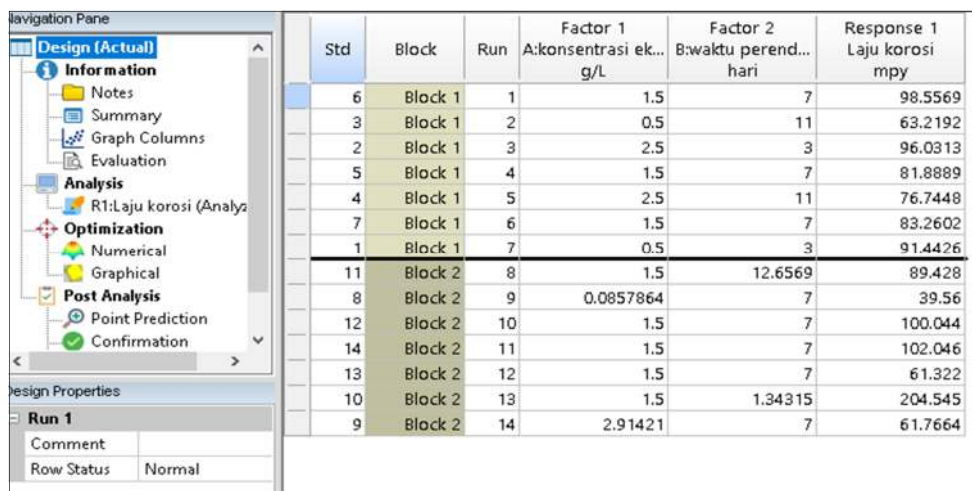
Responses: 1 (1 to 999) ☒ Horizontal ☐ Vertical

	Name	Units
R1	laju korosi	

Gambar 3. Penentuan Respon untuk Optimasi

3.3 Design layout of experiment

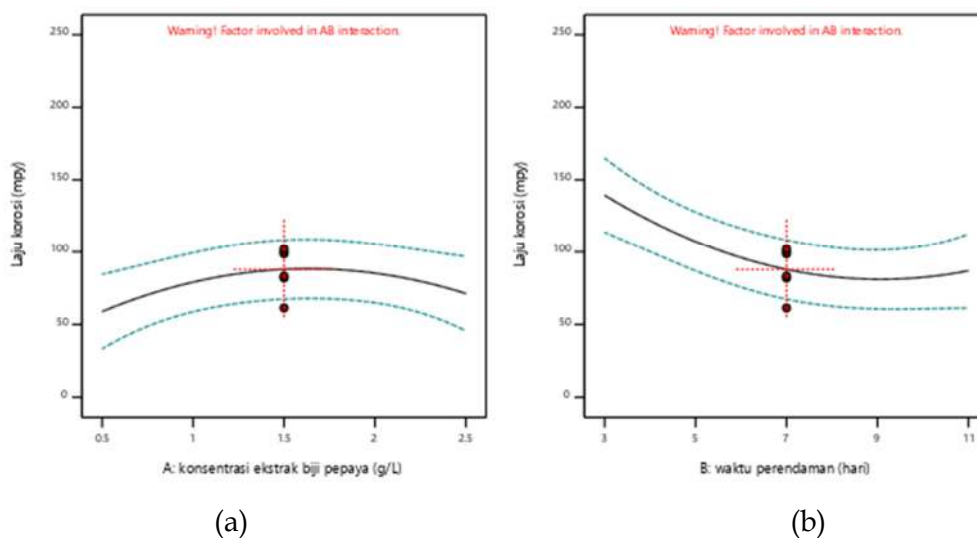
Setelah dilakukan penentuan faktor dan respon, design expert 11 akan menentukan jumlah *running* dan variabel. Selanjutnya variabel respon dimasukkan dalam kolom seperti ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Graph Column untuk Masing-Masing Faktor

3.4 Pengaruh faktor terhadap respon

Perhitungan laju korosi sebagai variabel respon dilakukan dengan menggunakan metode *weight loss* berdasarkan standar ASTM G1. Selisih massa baja karbon sebelum dan sesudah direndam dalam media korosi dihitung untuk menentukan laju korosi sesuai dengan persamaan (1). Grafik pengaruh waktu perendaman dan konsentrasi ekstrak ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. (a) Grafik Pengaruh Waktu Perendaman Terhadap Laju Korosi (b) Grafik Pengaruh Konsentrasi Ekstrak Terhadap Laju Korosi

Gambar 5 (a) menunjukkan konsentrasi ekstrak didapatkan pada konsentrasi 1,5 g/L. Pada grafik juga terlihat bahwa laju korosi baja karbon berbanding terbalik dengan besarnya konsentrasi inhibitor. Nilai laju korosi baja karbon pada media NaCl semakin

meningkat seiring dengan bertambahnya konsentrasi inhibitor, namun setelah mencapai kondisi optimumnya laju korosi akan menurun.

Berdasarkan Gambar 5 (b), dapat dilihat bahwa laju korosi dalam larutan NaCl 3% mengalami penurunan tiap selang waktu perendaman. Waktu perendaman optimum didapatkan pada waktu perendaman 7 hari. Semakin lama waktu perendaman sampel baja karbon dalam media korosi, adsorpsi inhibitor ekstrak biji pepaya pada permukaan baja karbon semakin meningkat. Namun, peningkatan daya adsorpsi ini pada titik tertentu akan mengalami penurunan karena daya adsorpsi mencapai titik jenuh. Senyawa tanin dari ekstrak biji pepaya akan berfungsi sebagai inhibitor korosi yang akan bereaksi dengan baja karbon sehingga dapat melindungi permukaan baja karbon dari potensi korosi.

Daya proteksi setiap inhibitor korosi berbeda-beda tergantung dari kadar inhibitor yang digunakan. Perbedaan daya proteksi ini akan mempengaruhi nilai laju korosi yang didapat. Laju korosi baja karbon dengan penambahan inhibitor bernilai lebih kecil dibandingkan dengan perlakuan baja karbon tanpa inhibitor. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Asdim (2007), pada permukaan baja karbon senyawa tannin dalam ekstrak biji pepaya dapat membentuk Fe-tanat. Kompleks Fe-tanat dapat menghalangi serangan ion-ion korosif pada permukaan logam. Mekanisme ini dapat menyebabkan penurunan laju korosi [12]. Penelitian lain menyebutkan bahwa baja karbon yang telah terkorosi akan menghasilkan ion Fe^{2+} yang akan bereaksi dengan tannin sehingga membentuk lapisan kompleks Fe-tanat. Lapisan inilah yang melindungi baja karbon sehingga laju korosi akan menurun [13].

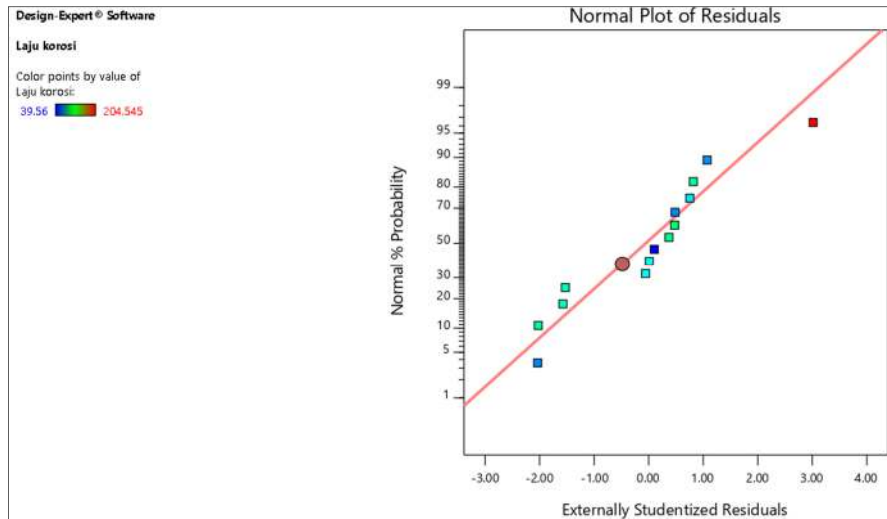
3.5 Analisis model

Hasil analisis ANOVA berdasarkan design expert 11 seperti ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Analisis Model

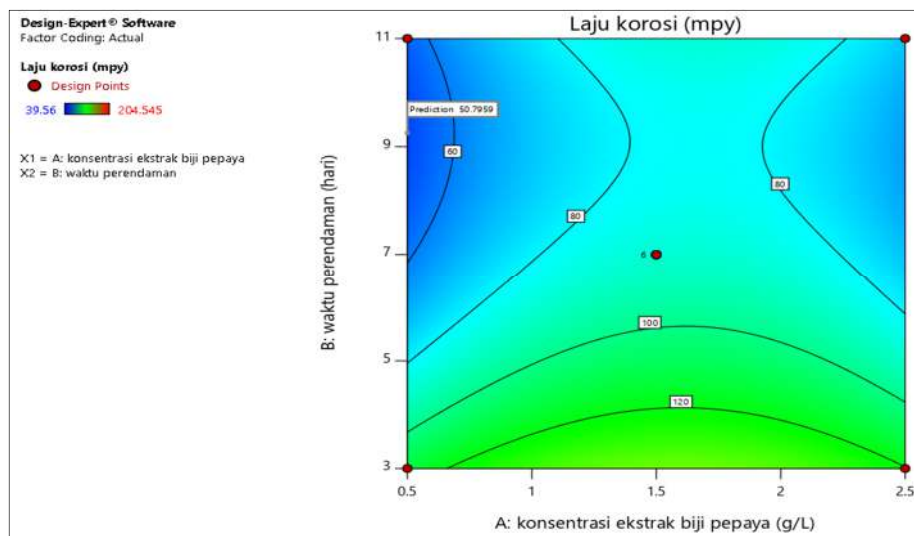
Response	Model	Persamaan	Model $p < 0,05$	Lack of fit $p < 0,05$	R^2
Laju Korosi	Kuadratik	$Y = 0,4370A + 0,0100B + 0,8394AB + 0,0223A^2 + 0,0143B^2$	0,0133 (signifikan)	0,2425 (tidak signifikan)	0,8275

Pada Tabel 1, hasil analisis ragam (ANOVA), menunjukkan bahwa model yang terpilih untuk respon laju korosi adalah kuadratik (quadratic model), dengan untuk ketidaktepatan pengujian (*lack of fit*) memiliki nilai $p = 0,2425 < 0,1$ (tidak signifikan) yang artinya model sudah sesuai. Pada penelitian ini didapatkan hasil bahwa respon berpengaruh nyata (signifikan) karena memiliki nilai p kurang dari 5 % yaitu sebesar 0,0133 dan memiliki nilai *lack of fit* sebesar $0,02425 > 10\%$ sehingga disimpulkan bahwa ketidaktepatan pengujian tidak signifikan [14]. Nilai R^2 sebesar 0,8275 menunjukkan bahwa faktor konsentrasi ekstrak biji pepaya dan waktu perendaman memberikan pengaruh sebesar 82,75 % pada keragaman respon laju korosi sedangkan sisanya 17,25% dipengaruhi faktor lain yang tidak dimasukkan dalam model. Nilai *adjusted* R^2 sebesar 0,7044 yang berarti keeratan hubungan antara konsentrasi ekstrak dan waktu perendaman terhadap laju korosi sebesar 70,44%.



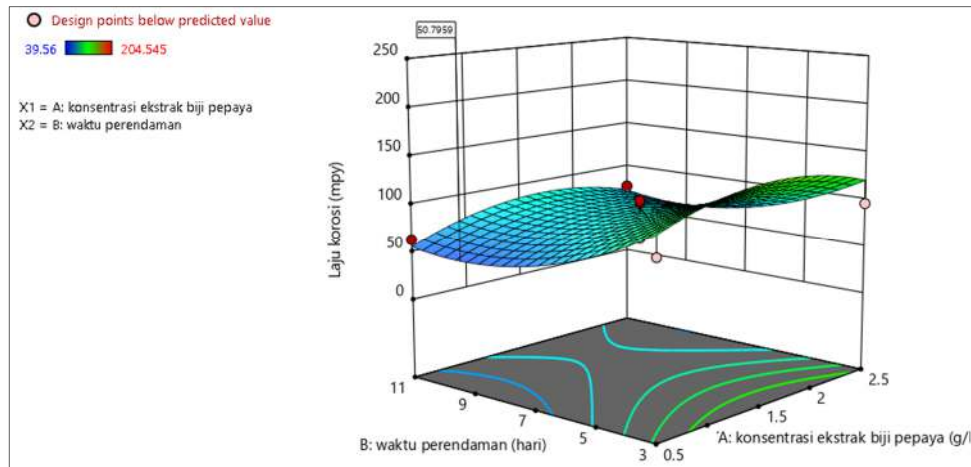
Gambar 6. Grafik *Normal Plot of Residuals*

Grafik normal *plot of residual* mengidentifikasi hubungan antara nilai aktual dan nilai yang diprediksi pada Gambar 6, mendekati garis kenormalan yang menunjukkan data untuk respon laju korosi menyebar normal. Pada Gambar 6 menunjukkan bahwa hasil aktual mendekati hasil yang diprediksi oleh Design Expert 11 [15].



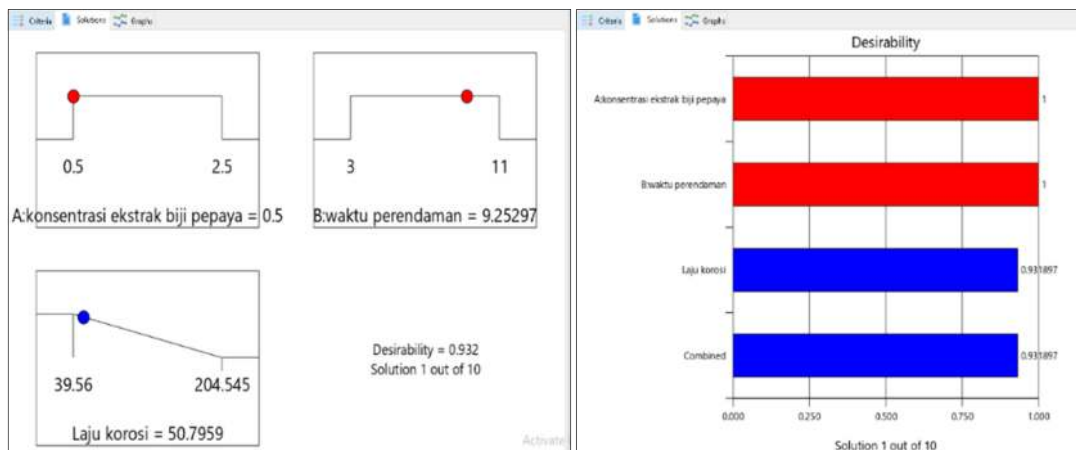
Gambar 7. Model *Graph Contour*

Grafik *contour plot* pada Gambar 7, menunjukkan bagaimana kombinasi antara komponen konsentrasi ekstrak dan waktu perendaman saling mempengaruhi nilai respon laju korosi inhibitor korosi dari ekstrak biji pepaya. Perbedaan warna pada grafik *contour plot* menunjukkan nilai rendemen. Nilai respon laju korosi terendah, yaitu 39,56 digambarkan dengan warna biru, sedangkan nilai respon laju korosi tertinggi, yaitu 204,545 ditunjukkan dengan warna merah. Bentuk permukaan dari hubungan interaksi antar komponen ini dapat dilihat lebih jelas pada grafik tiga dimensi yang ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Grafik Respon Pengaruh Konsentrasi Ekstrak dan Waktu Perendaman Baja Karbon dalam Inhibitor Korosi Media NaCl

Optimasi laju korosi pada inhibitor korosi dalam proses optimasi melalui desain eksperimental menggunakan Design Expert 11 ini, pada bagian numerical sub bagian criteria dapat ditentukan kriteria apa saja yang diinginkan. Dari uji coba yang telah dilakukan, didapatkan optimasi dengan kriteria untuk faktor waktu perendaman dan konsentrasi ekstrak kriteria yang dipilih adalah in range, sedangkan untuk response yang dipilih kriteria adalah minimize. Berdasarkan kriteria yang dibuat, didapatkan hasil optimasi dengan nilai desirability sebesar 0,932 seperti ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9. Optimization Numerical

Pada Gambar 9 terlihat nilai dari masing-masing desirability, dimana untuk faktor konsentrasi ekstrak biji pepaya sebesar 1, waktu perendaman sebesar 1, laju korosi sebesar 0,932, dan secara combined didapat nilai desirability sebesar 0,932.

Berdasarkan optimasi komposisi campuran minyak nabati sebagai bahan baku sintesis biodiesel mendapatkan nilai rata-rata desirability maksimum mendekati 1,0 [16]. Nilai desirability yang semakin mendekati 1,0 menunjukkan kemampuan program untuk menghasilkan produk yang dikehendaki semakin sempurna. Nilai desirability untuk

faktor konsentrasi ekstrak dan waktu perendaman masing masing sebesar 1,0 dan nilai desirability untuk response laju korosi sebesar 0,932 mpy .

4. Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa (1) kombinasi antara faktor konsentrasi ekstrak dan waktu perendaman saling mempengaruhi nilai respon laju korosi inhibitor korosi dari ekstrak biji pepaya sebesar 82,75 %, (2) kondisi optimum laju korosi pada inhibitor korosi dari ekstrak biji pepaya adalah pada konsentrasi ekstrak 0,5 g/L dan waktu perendaman 9,25 hari dengan nilai laju korosi sebesar 50,796 mpy, (3) berdasarkan analisis ragam menggunakan desain expert 11 didapatkan hasil bahwa model laju korosi sampel baja karbon dengan inhibitor ekstrak biji pepaya mengikuti model kuadratik dengan persamaan $Y = 0,4370A + 0,0100B + 0,8394AB + 0,0223A^2 + 0,0143B^2$.

5. Referensi

- [1] S. Hartanto and M. A. Wicaksono. (2018). "Ekstrak Daun Jambu Biji (*Psidium guajava*, Linn.) sebagai Inhibitor". *J. Tek. Mesin*, 2 (1): 7-11.
- [2] P. Agarwal and D. Landolt, "Corrosion Inhibitors.," in *corros, sci*, 2011, pp. 673-691.
- [3] O. K. Abiola, N. C. Ofarka, and E. E. Ebenso. (2004). "Inhibition of Mild Steel Corrosion in an Acidic Medium by Fruit Juice Citrus Paradisi". *Journal Corros. Sci. Eng.*, Vol. 5.
- [4] Y. Nugroho, "Pengaruh Inhibitor Ekstrak Daun Jambu Biji (*Psidium guajava*) Terhadap Laju Pipa Galvanis," Universitas Islam Riau, 2019.
- [5] M. Favre and D. Landolt. (1993). "The Influence Of Gallic Acid On Teh Reduction Of Rust On Painted Steel Surface.," *J. Corrossion Sci.*, 24 (9):1481-1494
- [6] I. M. Sukadana, S. R. Santi, and N. . Juliarti. (2008). "Aktivitas Antibakteri Senyawa Golongan Triterpenoid dari Biji Pepaya (*Carica papaya* L.)," *J. Kim.*, 2 (1).
- [7] A. Ngatin, A. F. Wulandari, A. D. Saffanah, D. R. Suminar, and S. Setyaningrum. (2022). "Pemanfaatan Ekstrak Daun Jambu Biji Sebagai Inhibitor Korosi Baja Paduan dalam Medium Larutan NaCl," *Fluida*, 15 (2): 113-120
- [8] A. D. Sri Anjani, Ihsan, and Rahmaniah, (2023). "Pengaruh Inhibitor Alami Dari Biji Nangka Terhadap Laju Korosi Baja Karbon Tinggi," *JFT J. Fis. dan Ter.*, 10(1): 1-15.
- [9] D. K. W. dan M. N. Almahdali K., "Pengaruh Konsentrasi Ekstrak Biji Mangga (*Mangifera Indica* L.) Sebagai Inhibitor Organik Pada Korosi Paku Besi Dalam Medium Larutan NaCl," *J. Akad. Kim.*, 8(1):2477-5185.
- [10] J. B. Harborne, *Metode Fitokimia Penuntun Cara Modern Menganalisis Tumbuhan*. Bandung: ITB, 1996.
- [11] D. Yuliwati, E Winaldo, R Kharismadewi. (2022) "Optimasi Gasifikasi

- Ampas Tebu Menggunakan Design Expert 11 untuk Memaksimalkan Rasio Syngas," *J. Distilasi*, 7(1):28-40.
- [12] A. Asdim. (2007). "Penentuan Efisiensi Inhibisi Ekstrak Kulit Buah Manggis (*Garcinia mangostana* L) Pada Reaksi Korosi Baja Dalam Larutan Asam". *Jurnal Ilmiah MIPA*, 3:273-276.
- [13] H. V. Hermanta, D. R. Karomah, and N. W. Triana. (2021) "Pemanfaatan Tanin Kulit Kayu Mahoni Sebagai Inhibitor Korosi Pada Besi dalam Larutan NaCl 3, 5 %". *Chempro*, 2(2):12-17.
- [14] A. Ernes, L. Ratnawati, A. K. Wardani, and J. Kusnadi. (2014). "Optimasi Fermentasi Bagas Tebu oleh *Zymomonas Mobilis* CP4 (NRRL B-14023) Untuk Produksi Bioetanol". *Jurnal Universitas Gadjah Mada*, 34(3):247-256.
- [15] K. Kumari, S. Babu, and H. Rao. (2008) "Process Optimization For Citric Acid Production From Raw Glycerol Using Response Surface Methodology". *Indian Journal of Biotechnology*, 7:496-501.
- [16] R. A. Ramadhani, Riyadi, D.H.S., Triwibowo, B., dan Kusumaningtyas, R.D., (2017). "Review Pemanfaatan Design Expert untuk Optimasi Komposisi Campuran Minyak Nabati sebagai Bahan Baku Sintesis Biodiesel". *Jurnal Teknik Kimia dan Lingkungan*, 1(1):11-16.