

PENGARUH PENAMBAHAN INHIBITOR EKSTRAK TEMBAKAU TERHADAP LAJU KOROSI INTERNAL PIPA BAJA API 5L X - 52 PADA *ARTIFICIAL BRINE WATER* DENGAN INJEKSI GAS CO₂

Rapli Nur Ahmadi ^[1], Soesaptri Oediyani, Ir.,ME. ^[2], dan Dr. Gadang Priyotomo, ST., M.Si ^[3]
^[1,2]Jurusan Teknik Metalurgi Universitas Sultan Ageng Tirtayasa Cilegon
^[3]Pusat Penelitian Metalurgi dan Material LIPI Serpong
^[1]Email : raplinurahmadi@gmail.com

ABSTRAK

Terdapatnya *brine water* yang mengandung NaCl dan HCO₃⁻ yang tinggi serta adanya gas CO₂ yang terlarut pada pipa penyalur *crude oil* dapat meningkatkan potensi korosi^[4]. Penggunaan inhibitor korosi alami menjadi alternatif baru untuk menyelesaikan masalah tersebut. Bahan alam dipilih sebagai alternatif karena bersifat aman, mudah didapatkan, bersifat *biodegradable*, biaya murah, dan ramah lingkungan. Penelitian ini dilakukan untuk, mengetahui pengaruh penambahan ekstrak tembakau terhadap laju korosi dan efisiensi inhibisi yang dihasilkan. Pengujian pada penelitian ini menggunakan FTIR, *Spectroscopy*, Mikroskop Optik, TLC Densitometri, hingga *Software Gamry 6.25* untuk pengujian polarisasi Tafel dan EIS. Berdasarkan hasil penelitian, didapatkan data laju korosi mengalami penurunan dengan penambahan ekstrak tembakau. Penurunan optimum laju korosi terjadi pada penambahan 60 ppm ekstrak tembakau pada larutan ABW 1 sebesar 8,95 mpy dan ABW 2 sebesar 9,87 mpy. Peningkatan optimum efisiensi inhibisi terjadi pada penambahan 60 ppm ekstrak tembakau, untuk larutan ABW 1 sebesar 79,51% dan ABW 2 sebesar 80,94%. Sedangkan efisiensi inhibisi mulai mengalami penurunan kembali pada penambahan 80 ppm, untuk larutan ABW 1 sebesar 42,32% dan ABW 2 sebesar 68,71%.

Kata Kunci :

Baja API 5L X-52, inhibitor korosi, ekstrak tembakau, laju korosi, polarisasi

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Korosi adalah kerusakan akibat reaksi kimia antara logam atau paduan logam dengan lingkungannya ^[1]. Pada tahun 2003, Saudi Aramco melakukan studi untuk mendefinisikan biaya korosi terhadap produksi minyak dan pemurniannya ^[2], ditemukan bahwa 25% biaya perawatan *plant gas sweetening* dikeluarkan untuk pengendalian korosi, 17% biaya perawatan *plant gas fractionation* untuk korosi, 28% biaya perawatan operasi produksi *onshore*, sedangkan untuk *offshore* dibutuhkan 60-70% biaya perawatan untuk korosi. Dalam proses pendistribusian minyak mentah (*crude oil*), sering dijumpai adanya masalah yang dapat mengganggu aliran fluida yang melewati pipa, khususnya pipa API 5L X-52 yang digunakan dalam aplikasi tersebut^[3]. Salah satu problematika yang sering terjadi pada proses pendistribusian *crude oil* adalah Salah satu masalah yang sering terjadi pada proses

pendistribusian *crude oil* adalah adanya *brine water* yang mengandung NaCl dan HCO_3^- yang tinggi serta adanya gas CO_2 yang terlarut. Terdapatnya senyawa-senyawa tersebut pada pipa penyalur *crude oil* dapat meningkatkan potensi korosi, ditambah lagi dengan adanya injeksi gas CO_2 pada sumur minyak dapat menyebabkan korosi CO_2 pada pipa semakin meningkat^[4]. Selama ini, metode untuk memperlambat laju korosi internal di ladang-ladang minyak khususnya di dalam pipa penyalur *crude oil* adalah dengan menginjeksikan bahan-bahan kimia (inhibitor) ke dalam pipa tersebut. Oleh karena itu, salah satu cara efektif untuk mengisolir logam dari bahan korosi tersebut adalah dengan menggunakan inhibitor korosi.

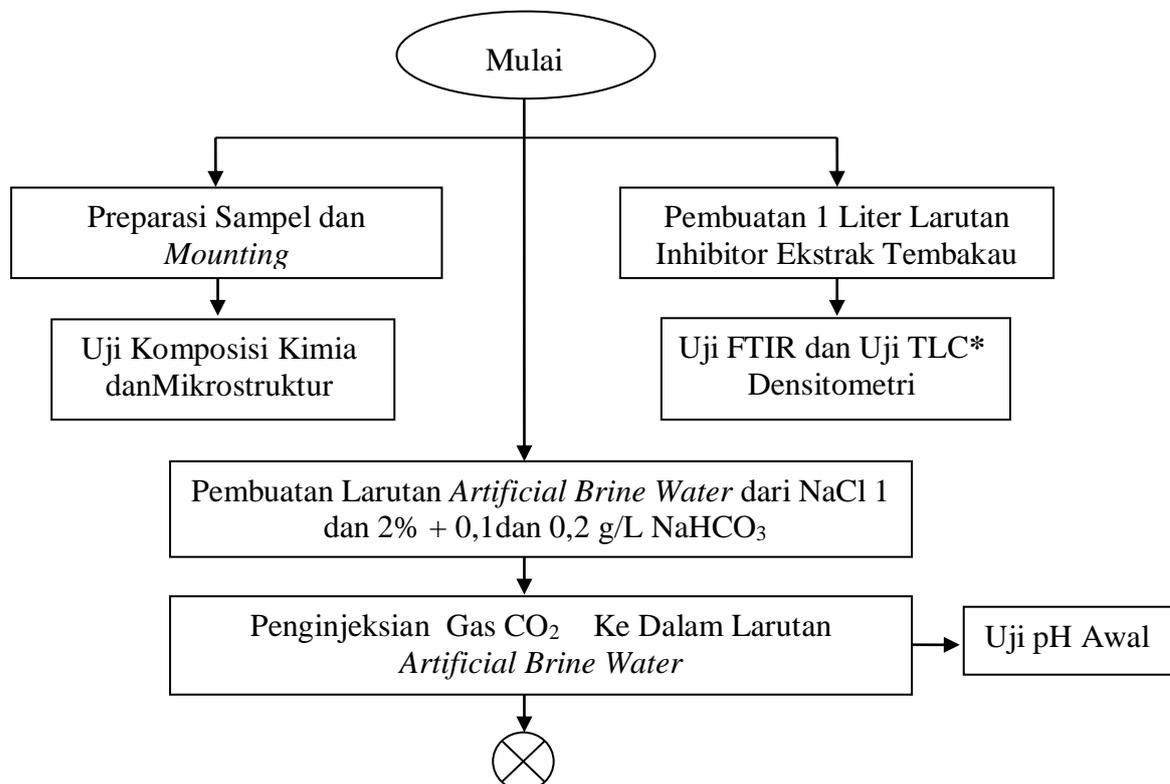
Pemanfaatan tumbuhan sebagai inhibitor korosi (anti karat) merupakan suatu alternatif yang perlu dikaji terus menerus karena bahan alam biasanya lebih aman dan ramah lingkungan dibandingkan senyawa kimia yang diproduksi sendiri. Indonesia yang kaya dengan berbagai jenis tumbuhan, sangat memungkinkan menyimpan potensi yang bisa dimanfaatkan sebagai bahan anti karat. Literatur ilmiah korosi telah mencatat sejumlah penelitian mengenai inhibitor dari bahan organik. Salah satu bahan inhibitor yang berhasil digunakan yaitu ekstrak tembakau yang digunakan sebagai inhibitor korosi berdasarkan penelitian Ilim *et al* pada tahun 2007 menyatakan bahwa dengan penambahan 100 ppm larutan ekstrak tembakau pada sampel uji *mild steel* yang direndam dalam air laut buatan dengan penambahan *bubling* CO_2 menghasikan efisiensi. Inhibisi sebesar 61,52%^[4]. Namun, kekurangan dari penelitian tersebut yaitu masih besarnya penambahan larutan ekstrak tembakau dan efisiensi inhibisi yang masih kecil.

Tujuan Penelitian

Penelitian ini dilakukan untuk, mengetahui pengaruh penambahan ekstrak tembakau terhadap laju korosi dan efisiensi inhibisi yang dihasilkan.

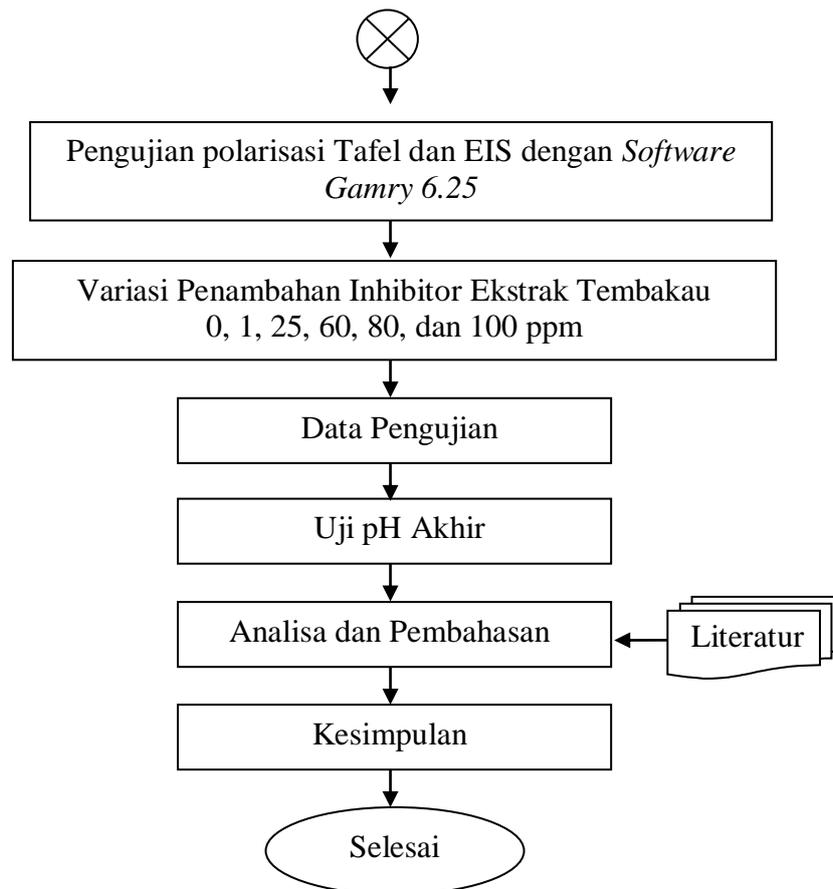
METODOLOGI PENELITIAN

Diagram Alir Penelitian



*TLC

Thin Layer Chromato Scanner



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Peralatan Penelitian

Software Gamry 6.25, Spectroscopy, Thin Layer Chromato Scanner (TLC) Densitometry, Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR), sel polarisasi, auxiliary electrode grafit, standart electrode hg/hgcl₂, mesin polishing metalografi, mikroskop metalografi, mesin bubut, beaker glass 100, 500, dan 1000 ml, labu ukur 1000 ml, electric stove, neraca digital, regulator gas co₂, termometer, cawan petri, kertas amplas 240#, 400#, dan 600#, sendok, blender, multimeter, ph meter, magnetic stirrer, pipet tetes 1 ml, pengaduk kaca, screening ukuran 40 #, plastik wrap, kertas saring, dan corong.

Bahan Penelitian

Tembakau sebanyak ¼ kg, NaCl pro analisis, NaHCO₃ pro analisis, baja API 5L X-52 size : 15 x 15 x 10 mm, resin + hardener, kabel listrik, aquadest, dan gas CO₂.

Prosedur Penelitian

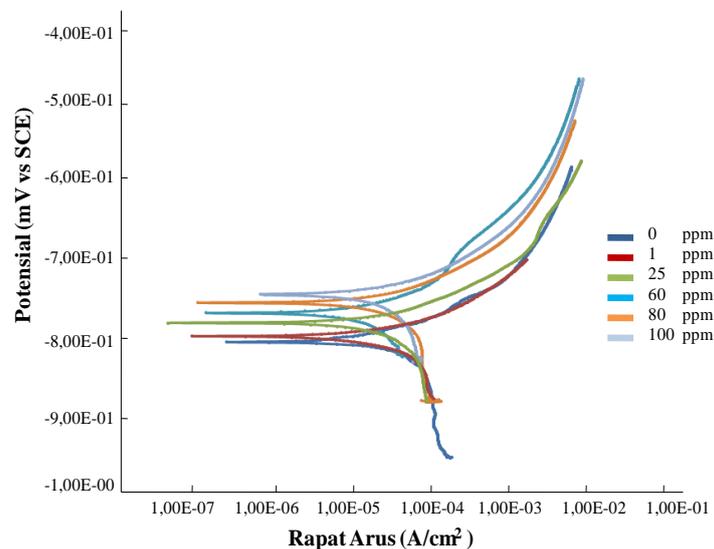
Mempersiapkan sampel Baja API 5L X-52 untuk pengujian *spectroscopy*, struktur mikro dan polarsisasi dengan ukuran 15x15x10 mm. Kemudian melakukan preparasi ekstrak tembakau sebanyak ¼ kg yang dilarutkan dalam 1500 ml *aquadest* pada temperatur 80°C dan didiamkan selama 24 jam. Setelah itu, melakukan preparasi pembuatan blanko yaitu 0,1 dan 0,2 g/L NaHCO₃ + Variasi NaCl 1 dan 2% + injeksi gas CO₂. Kemudian melakukan uji kadar

nikotin dengan TLC Densitometri dan melakukan uji FTIR, serta uji Ph awal sebelum pengujian polarisasi. Setelah pengujian karakterisasi selesai dilanjutkan dengan melakukan uji Polarisasi Tafel dan EIS dengan variasi 0, 1, 25, 60, 80, dan 100 ppm, dan yang terakhir melakukan uji Ph akhir sesudah pengujian polarisasi.

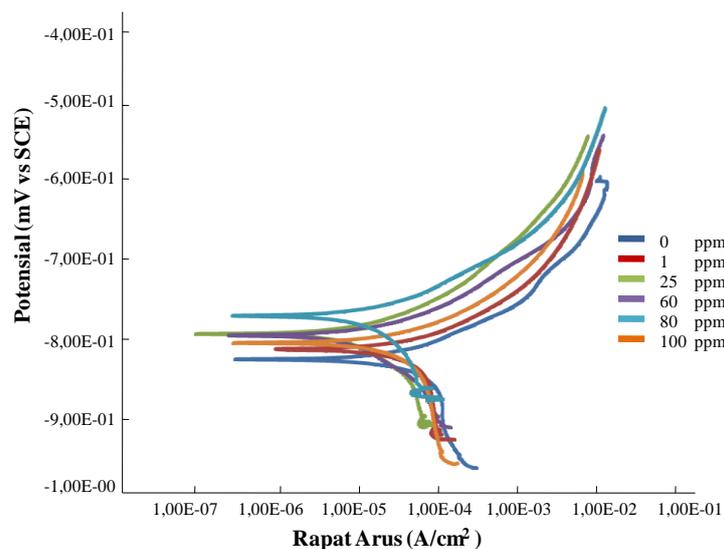
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Penambahan Ekstrak Tembakau Sebagai Inhibitor Organik Terhadap Laju Korosi Sampel Pipa Baja API 5L X-52

Berdasarkan pengujian polarisasi elektrokimia metode *Tafel* dengan *Software Gamry 6.25*, didapatkan kurva polarisasi yang dapat menentukan nilai laju korosi untuk penambahan ekstrak tembakau pada sampel baja API 5L X-52 yang direndam dalam larutan *artificial brine water*, yaitu NaCl 1 dan 2%, NaHCO₃ 0,1 dan 0,2 g/L, serta injeksi gas CO₂ secara *real time*. Hasil pengamatan tersebut dapat dilihat pada Gambar 3 dan 4.



Gambar 2. Kurva Polarisasi Baja API 5L X-52 dalam Campuran Larutan NaCl 1%, 0,1 g/L NaHCO₃, Gas CO₂ dan Variasi Penambahan Ekstrak Tembakau



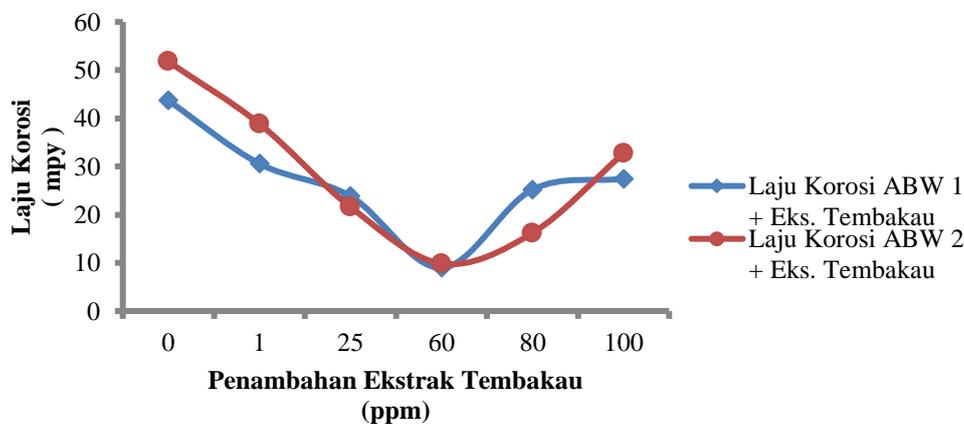
Gambar 3. Kurva Polarisasi Baja API 5L X-52 dalam Campuran Larutan NaCl 2%, 0,2 g/L NaHCO₃, Gas CO₂ dan Variasi Penambahan Ekstrak Tembakau

Gambar 2 dan 3 menunjukkan bahwa dengan penambahan inhibitor ekstrak tembakau dari 1 sampai 100 ppm dapat menurunkan rapat arus anodik dan katodik yang mengakibatkan laju korosi mengalami penurunan sebagaimana yang dapat dilihat pada Tabel 1 dan Gambar 5

Tabel 1. Hasil Pengamatan Laju Korosi Ekstrak Tembakau

Penambahan Ekstrak Tembakau (ppm)	Laju Korosi pada ABW 1 (mpy)	Laju Korosi pada ABW 2 (mpy)
0	43,69	51,77
1	30,58	38,87
25	23,85	21,61
60	8,95	9,87
80	25,20	16,20
100	27,46	32,72

Keterangan : ABW = Artificial Brine Water
 ABW 1 = NaCl 1% + NaHCO₃ 0,1 g/L, + Gas CO₂
 ABW 2 = NaCl 2% + NaHCO₃ 0,2 g/L, + Gas CO₂



Gambar 4. Grafik Hasil Pengamatan Laju Korosi

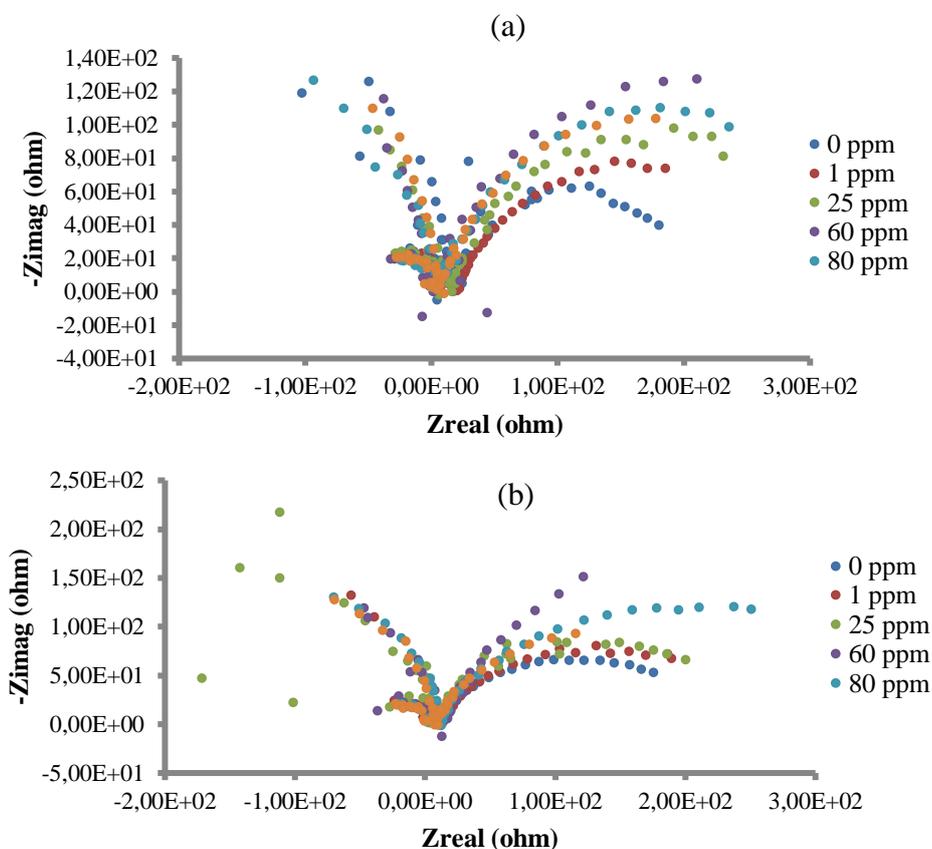
Berdasarkan data pada Tabel 1 dan Gambar 4, penurunan optimum laju korosi terjadi pada penambahan 60 ppm ekstrak tembakau pada larutan ABW 1 sebesar 8,95 mpy dan ABW 2 sebesar 9,87 mpy. Penurunan laju korosi ini terjadi karena zat nikotin pada tembakau bereaksi dengan ion besi pada baja API 5L X-52 menjadi ion heksaamin besi (II). Pada reaksi tersebut, ion Fe²⁺ diikat oleh atom N dengan ikatan rangkap. Senyawa kompleks ini bersifat stabil, tidak mudah dioksidasi dan akan menyelubungi permukaan logam besi sehingga proses korosi pun bisa dihambat^[5]. Setelah dilakukan penambahan 80 dan 100 ppm ekstrak tembakau pada ABW 1 dan ABW 2, laju korosi kembali meningkat. Fenomena ini dapat terjadi akibat kapasitas gugus fungsi dari ekstrak tembakau untuk teradsorpsi pada permukaan baja sudah maksimum dan tidak dapat membentuk lapisan lindung yang stabil. Selain itu, kurva polarisasi pada Gambar 2 dan 3 dapat memperlihatkan nilai potensial korosi bebas (E_{corr}) dan rapat arus (I_{corr}) yang dapat mempengaruhi laju korosi. Data tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengukuran Nilai E_{corr} dan I_{corr}

Penambahan Ekstrak Tembakau	Gambar 2		Gambar 3	
	E_{corr} (mV)	I_{corr} (A/cm ²)	E_{corr} (mV)	I_{corr} (A/cm ²)
0	-801,9	95,47 x 10 ⁻⁶	-769,7	113,1 x 10 ⁻⁶
1	-742,1	66,82 x 10 ⁻⁶	-757,4	84,93 x 10 ⁻⁶
25	-786,0	52,10 x 10 ⁻⁶	-739,0	47,21 x 10 ⁻⁶
60	-766,6	19,56 x 10 ⁻⁶	-740,9	21,56 x 10 ⁻⁶
80	-754,2	55,06 x 10 ⁻⁶	-717,1	35,40 x 10 ⁻⁶
100	-744,3	60,00 x 10 ⁻⁶	-748,9	71,49 x 10 ⁻⁶

Berdasarkan data Tabel 2, dapat dilihat perubahan nilai E_{corr} tanpa inhibitor dengan penambahan 1 ppm. Pada data Gambar 2 perubahannya mencapai -59,8 mV dan Gambar 3 mencapai -12,3 mV. Sedangkan dengan penambahan optimum 100 ppm perubahannya mencapai -57,6 mV untuk data Gambar 4.3 dan -20,8 mV untuk data Gambar 4.4. Menurut Ferreira *et. al* (2004) [8], apabila perubahan potensial korosi tanpa inhibitor dan dengan inhibitor > 85 mV, maka inhibitor dapat dikategorikan sebagai tipe katodik atau anodik. Apabila perubahan potensial dibawah < 85 mV, maka dikategorikan sebagai inhibitor campuran, sehingga inhibitor ekstrak tembakau dapat dikatakan sebagai tipe inhibitor campuran. Data nilai rapat arus (I_{corr}) korosi ekstrak tembakau untuk kurva polarisasi pada Gambar 4.2 maupun 4.3 mengalami penurunan dengan penambahan jumlah inhibitor. Semakin kecil nilai rapat arus, maka laju korosi semakin turun. Efektivitas ekstrak tembakau sebagai inhibitor korosi tidak terlepas dari kandungan nitrogen yang terdapat dalam senyawa kimia. Unsur nitrogen yang dikandung berfungsi sebagai pendonor elektron terhadap logam Fe^{2+} untuk membentuk senyawa kompleks. Medium korosif seperti CO_2 akan menghasilkan $FeCO_3$, kemudian oksidasi lanjutan membentuk Fe_2CO_3 . Kemudian ditambahkan inhibitor nikotin, yang akan bereaksi dengan Fe^{2+} menghasilkan senyawa kompleks ion heksan nikotin besi (II) sehingga mempunyai kestabilan yang tinggi dibanding dengan Fe saja, sehingga sampel besi atau baja yang diberikan inhibitor ekstrak nikotin akan lebih tahan (ter-proteksi) terhadap korosi [5].

Pada penelitian ini, dilakukan pula pengujian EIS yang bertujuan untuk mengetahui adanya perubahan tahanan permukaan baja API 5L X-52 pada lingkungan campuran NaCl 1 dan 2%, $NaHCO_3$ 0,1 dan 0,2 g/L, gas CO_2 dan variasi penambahan inhibitor ekstrak tembakau. Perubahan tahanan ini dapat menjadi indikasi dan meningkatkan kemungkinan terjadinya korosi pada baja. Perubahan tahanan tersebut dapat dilihat pada Gambar 5 dan Tabel 4.



Gambar 5. Kurva Nyquist EIS Baja API 5L X-52 dalam Campuran Larutan
 (a) NaCl 1%, 0,1 g/L $NaHCO_3$, Gas CO_2 dan Variasi Penambahan Ekstrak Tembakau.
 (b) NaCl 2%, 0,2 g/L $NaHCO_3$, Gas CO_2 dan Variasi Penambahan Ekstrak Tembakau

Tabel 3. Hasil Pengukuran Tahanan Larutan (R_p)

Penambahan Ekstrak Tembakau (ppm)	Gambar 5a R_p (ohm)	Gambar 5b R_p (ohm)
0	123,8	127,5
1	150,1	149,1
25	152,2	142,2
60	179,8	233,9
80	154,1	132,7
100	152,8	130,1

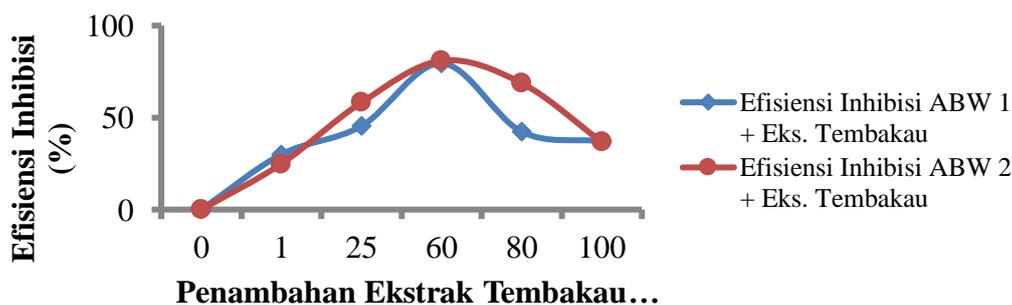
Berdasarkan Gambar 5 dan Tabel 3, penambahan inhibitor meningkatkan diameter lingkaran semi kurva *nyquist* semakin besar hingga 60 ppm dibandingkan tanpa inhibitor. Secara umum, hal ini dapat dijelaskan bahwa jumlah elektron atau ion-ion mengalir melalui antar muka sangat kecil, yaitu tingkat nilai impedansi yang besar menimbulkan penurunan aktivitas antar muka, sehingga laju korosi semakin turun^[9]. Penambahan inhibitor ekstrak tembakau dapat meningkatkan dan juga menurunkan nilai tahanan larutan. Data kurva *nyquist* pada Gambar 5 mengalami peningkatan nilai R_p dari 123,8 ohm (0 ppm) hingga 179,8 ohm (60 ppm) dan mengalami penurunan 154,1 hingga 152 ohm (80 dan 100 ppm). Sedangkan untuk data kurva *nyquist* pada Gambar 4.7 mengalami peningkatan nilai R_p dari 127,5 ohm (0 ppm) hingga 233,9 ohm (60 ppm) dan mengalami penurunan 132,7 hingga 130,1 ohm (80 dan 100 ppm). Oleh karena itu berdasarkan data tersebut dapat disimpulkan bahwa nilai tahanan lapisan molekul dengan penambahan inhibitor meningkat dibandingkan kondisi tanpa inhibitor.

Efisiensi Inhibisi yang Dihasilkan dari Setiap Penambahan Ekstrak Tembakau

Berdasarkan pengujian polarisasi elektrokimia dengan *Software Gamry 6.25*, dilakukan perhitungan efisiensi inhibisi terhadap penambahan ekstrak tembakau. Hasil perhitungan tersebut dapat dilihat pada Tabel 4 dan Gambar 6.

Tabel 4. Hasil Perhitungan Efisiensi Inhibisi Ekstrak Tembakau

Penambahan Ekstrak Tembakau (ppm)	Efisiensi Inhibisi pada ABW 1 (%)	Efisiensi Inhibisi pada ABW 2 (%)
0	0	0
1	30,01	24,92
25	45,41	58,26
60	79,51	80,94
80	42,32	68,71
100	37,15	36,79

**Gambar 6.** Grafik Hasil Perhitungan Efisiensi Inhibisi.

Efisiensi inhibisi mengalami peningkatan dengan penambahan ekstrak tembakau. Peningkatan optimum laju korosi terjadi pada penambahan 60 ppm ekstrak tembakau, untuk larutan ABW 1 sebesar 79,51% dan ABW 2 sebesar 80,94%. Sedangkan efisiensi inhibisi mulai mengalami penurunan kembali pada penambahan 80 ppm, untuk larutan ABW 1 sebesar 42,32% dan ABW 2 sebesar 68,71%.

KESIMPULAN

1. Laju korosi mengalami penurunan dengan penambahan ekstrak tembakau. Penurunan optimum laju korosi terjadi pada penambahan 60 ppm ekstrak tembakau pada larutan ABW 1 sebesar 8,95 mpy dan ABW 2 sebesar 9,87 mpy.
2. Efisiensi inhibisi mengalami peningkatan dengan penambahan ekstrak tembakau. Peningkatan optimum efisiensi inhibisi terjadi pada penambahan 60 ppm ekstrak tembakau, untuk larutan ABW 1 sebesar 79,51% dan ABW 2 sebesar 80,94%. Sedangkan efisiensi inhibisi mulai mengalami penurunan kembali pada penambahan 80 ppm, untuk larutan ABW 1 sebesar 42,32% dan ABW 2 sebesar 68,71%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Jones, D.A., 1991, "*Principle and Prevention of Corrosion*", Mc. Millan Publishing Company, New York
- [2] R. Tems, & A.M. Al-Zahrani. (2006). Cost of Corrosion in Oil Production & Refining. *Saudi Aramco Journal of Technology*. pp. 2-14
- [3] M. Syahri, & B. Sugiarto. (2008). *Scale Treatment pada Pipa Distribusi Crude Oil secara Kimiawi*. Prosiding Seminar Nasional Teknoin, Bidang Teknik Kimia dan Tekstil. ISBN: 978-979-3980-15-7.
- [4] Ilim, Kamsiah D dan Sudrajat. 2007. *Studi Penggunaan Tumbuhan Tembakau, Teh dan Kopi Sebagai Inhibitor Korosi Baja Lunak Dalam Air Laut Buatan yang Jenuh CO₂*. Jurnal Sains MIPA UNILA. ISSN : 1978 – 1873.
- [5] Drastinawati dan Sri Irianty, Rozanna. 2013. *Pemanfaatan Ekstrak Nikotin Limbah Puntung Rokok sebagai Inhibitor Korosi*. Jurnal Teknobiologi, IV(2) 2013: 91 – 97 ISSN : 2087 – 5428
- [6] P.R. Roberge, Handbook of Corrosion Engineering. New York : McGraw Hill, pp. 835.
- [7] American Petroleum Institute. *API Specification 5L for Pipeline 43rd*. Edition. American Petroleum Institute. 2004.
- [8] E.S. Ferreira, et. al. (2004). Evaluation of the Inhibitor Effect of L-ascorbic Acid on the Corrosion of Mild Steel. *Materials Chemistry and Physics*. Vol. 83, issue. 1, pp. 129-134.
- [9] P.C.Lin, I. W Sun, J.K Chang, .C.J Su, Jing C. Lin, 2011, *Corrosion Characteristics of Nickel, copper, and stainless steel in a Lewis Neutral chloroaluminate ionic liquid*, Corrosion Science 53(12) : 4318-4323.