



Pengaruh suhu, waktu perendaman, dan inhibitor alami terhadap laju korosi pada pipa tembaga di lingkungan asam HCL 0,1 N

NARULITA FAHDILLAH¹, LISA ADHANI¹, ANDI NURALIYAH^{1*}

¹ Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Bhayangkara Jakarta Raya; Jakarta Selatan, Jakarta, 12140, Indonesia

*Korespondensi: andi.nuraliyah@dsn.ubharajaya.ac.id

Diterima:

Disetujui: 1 April 2024

ABSTRAK

Latar Belakang: Pipa adalah sebuah selongsong bundar yang digunakan untuk mengalirkan fluida cairan atau gas. **Metode:** Dalam penelitian kali ini, kami bereksperimen membuat komposit dengan matriks resin HDPE, sedangkan Filler nya adalah CaCO₃ Dengan komposisi CaCO₃ dengan 0, 4, dan 7 (per seratus resin). **Temuan:** Berdasarkan standard dalam pebuatannya, pipa biasanya di dasarkan pada diameter nominalnya, ia biasanya memiliki nilai outside diameter (OD) atau diameter luarnya tetap sedangkan untuk tebalnya menggunakan istilah schedule yang memiliki nilai bervariasi. Sedangkan filler adalah komponen lain yang terdistribusi secara merata didalam matriks yang memegang peranan penting dalam menguatkan kombinasi antara matriks dan filler tersebut. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh filler terhadap sifat mekaniknya untuk pengaplikasiannya pada pipa HDPE. Pada penelitian sebelumnya telah dilakukan degan komposisi CaCO₃ yang divariasikan 0 ; 10 ; 20 ; 30 ; 40 dan 50. **Kesimpulan:** Dari hasil pengujian (Tensile and Elongation) disimpulkan semakin ditambahkan kadar CaCO₃ pada sampel mempengaruhi nilai tensile semakin menurun.

KATA KUNCI: CaCO₃; elongation; filler; pipa HDPE; tensile.

ABSTRACT

Background: A pipe is a cylindrical casing used to convey liquid or gas fluid. **Methods:** In this study, we experimented with creating a composite with an HDPE resin matrix, while its filler is CaCO₃ with compositions of 0, 4, and 7 (per one hundred of resin). **Finding:** Based on standards in its production, pipes are typically based on their nominal diameter, usually having a fixed outside diameter (OD) value while their thickness uses the term schedule, which varies in value. Meanwhile, the filler is another component evenly distributed within the matrix, playing a crucial role in strengthening the combination between the matrix and the filler. The purpose of this study is to determine the influence of the filler on its mechanical properties for its application in HDPE pipes. In previous research, CaCO₃ compositions were varied at 0; 10; 20; 30; 40; and 50. **Conclusion:** From the test results (Tensile and Elongation), it is concluded that increasing the CaCO₃ content in the sample affects the tensile value, decreasing it further.

KEYWORDS: CaCO₃; elongation; filler; HDPE pipe; tensile.

1. Pendahuluan

Korosi didefinisikan suatu kerusakan atau penurunan kualitas suatu logam yang disebabkan oleh reaksi dengan lingkungan. Korosi merupakan proses alami yang tidak akan

Cara Pengutipan:

Fahdillah, N., Adhani, L., & Nuraliyah, A. (2024). Pengaruh suhu, waktu perendaman, dan inhibitor alami terhadap laju korosi pada pipa tembaga di lingkungan asam HCL 0,1 N. *DYNAMES: Dynamics in Engineering Systems: Innovations and Applications*, 1(1), 1-14. <https://doi.org/10.61511/dynames.v1i1.735>.

Copyright: © 2024 dari Penulis. Dikirim untuk kemungkinan publikasi akses terbuka berdasarkan syarat dan ketentuan dari the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



pernah berhenti atau akan terus terjadi selama material tersebut mengalami kontak dengan lingkungannya. Akan tetapi, proses korosi dapat dikendalikan, diminimalisasi atau diperlambat proses perusakannya (Ramadhanna, 2012). Peralatan-peralatan berat dalam dunia industri, mesin besar, pipa saluran (minyak, air, gas) yang berada diluar akan cepat rusak karena hujan, kabut, dan faktor lingkungan lain yang membawa bahan-bahan pengoksida sehingga menyebabkan terjadinya korosi pada peralatan itu. Untuk mencegah banyaknya pengeluaran biaya yang besar, maka dilakukan pengendalian terhadap korosi. Salah satu cara pengendalian korosi adalah dengan pemberian inhibitor yang berfungsi memperlambat laju korosi pada lingkungan operasi.

Inhibitor merupakan pengendalian pengendalian proses korosi dengan penambahan suatu zat kimia dalam jumlah yang sangat sedikit pada pada suatu lingkungan tertentu sehingga dapat menurunkan laju korosinya dengan mengubah lingkungannya menjadi tidak korosif. Inhibitor bersifat reversible, yang artinya dapat lepas dari permukaan logam yang disebabkan oleh adanya arus larutan. Oleh karena itu, konsentrasi minimum dari senyawa inhibitor harus dijaga untuk memepertahankan lapisan endapan tipis tersebut. Inhibitor pada korosi logam terdapat dua, yaitu anorganik dan organik. Fosfat, kromat, dikromat, silikat, borat, tungstat, molibdat, dan arsenat adalah beberapa senyawa anorganik yang digunakan sebagai inhibitor pada korosi. Namun senyawa-senyawa tersebut merupakan bahan kimia 2 yang berbahaya, harganya relatif mahal, dan tidak ramah lingkungan (Saputra, 2011).

Pada inhibitor organik senyawa yang digunakan adalah senyawa heterosikilik. Dari Penelitian yang dilakukan inhibitor korosi pada tembaga yang paling efektif adalah senyawa-senyawa organik. Senyawa organik yang sedang dikembangkan saat ini adalah green inhibitor. Green inhibitor ini berasal dari tumbuh-tumbuhan atau biji-bijian. Green inhibitor dari tumbuhan yang sering digunakan dapat diperoleh dari proses ekstraksi, leaching, pressing. Adapun kandungan yang terdapat pada green inhibitor salah satunya antioksidan. Zat antioksidan mampu menunda, menghambat, dan mencegah proses korosi. Salah satu tumbuhan yang mengandung antioksidan yaitu daun belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi*) yang mengandung tanin. Berdasarkan hasil pemeriksaan kandungan kimia buah belimbing wuluh yang dilakukan Herlih (1993) dalam Faradisa (2008) menunjukkan bahwa buah belimbing wuluh mengandung golongan senyawa oksalat, minyak atsiri, fenol, flavonoid dan pektin. Batang belimbing wuluh mengandung saponin, tanin, glukosida, kalsium oksalat, sulfur, asam format, peroksida, sedangkan daunnya mengandung tanin, sulfur, asam format, peroksida, kalsium oksalat, kalium sitrat.

Pada penelitian ini, peneliti ingin membuat bioinhibitor dari tumbuhan yaitu dengan menggunakan daun pandan, daun salam, daun jambu biji, daun belimbing wuluh, dan daun pepaya yang ditumbuk halus dan menggosokkan sampel dengan daun yang sudah dihaluskan tersebut sebagai inhibitor korosi. Menggunakan media perendaman HCl konsentrasi 0,1 N, pemanasan dengan variasi suhu 40, 50, dan 60 selama 3 jam dan dengan lama perendaman selama 5 minggu yang setiap minggunya ditimbang dan dihitung berat sampel dan laju korosi dan didapatkan efisiensi pada ekstrak daun belimbing wuluh yang akan dijadikan sebagai inhibitor korosi tembaga.

2. Metode

2.1 Alat dan bahan

Alat yang digunakan adalah timbangan analitik, oven, beaker glass, gelas ukur, pipet ukur, ruang asam, gelas kaca, lumpang dan alu, batang pengaduk, serta pipet tetes. bahan yang diperlukan mencakup daun pandan, daun pepaya, daun belimbing wuluh, daun jambu biji, daun salam, pipa tembaga, dan HCl 0,1 N.

2.2 Variabel

Variabel berubah (*change variable*) adalah suhu pemanasan pada pipa tembaga yang sudah dibalurkan inhibitor alami, sedangkan variabel tetap (*fixed variabel*) adalah waktu pemanasan, waktu perendaman, dan konsentrasi medium korosi.

2.3 Lokasi dan waktu penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Universitas Bhayangkara Jakarta Raya pada Oktober 2018—Februari 2019.

2.4 Alur penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan sejumlah tahap, yaitu (1) penimbangan awal material, (2) penentuan variabel berubah, (3) pembaluran inhibitor alami, (4) pemanasan, (5) perendaman, (6) penimbangan setelah perendaman, dan (7) penelitian selesai dilakukan.

2.5 Cara kerja

Pada tahap awal, potong specimen pipa tembaga masing-masing menjadi 5 cm panjangnya menggunakan alat pemotong tembaga khusus. Selanjutnya siapkan oven dan atur temperature sesuai variable yang diinginkan. Siapkan medium korosi yang akan dipakai yaitu larutan HCl dengan konsentrasi 0,1N. Untuk inhibitor alami digunakan daun pandan, daun pepaya, daun belimbing wuluh, daun jambu biji dan daun salam yang dipetik langsung dari pohonnya. Selanjutnya, pada tahap proses, Timbang masing-masing pipa tembaga yang sudah dipotong menjadi 5 cm panjangnya, kemudian catat berat awal baja. Tumbuk semua daun secara bergantian hingga keluar air dari daun, setelah itu balurkan inhibitor alami terhadap Pipa Tembaga secara bergantian dengan cara digosokkan merata keseluruhan permukaan Tembaga.

Setelah temperature oven sudah mencapai suhu variabel yang diinginkan, tembaga yang sudah dibalurkan inhibitor alami secara merata segera dimasukkan kedalam oven dan diamkan hingga 3 jam lamanya. Pada tahap akhir, setelah didiamkan selama 3 jam keluarkan tembaga dari dalam oven, lalu rendam tembaga ke dalam medium korosi yang sudah di siapkan yaitu HCl 0,1 N. Simpan dan diamkan tembaga yang sudah terendam medium korosi selama seminggu dengan kondisi tertutup. Setelah seminggu kemudian ambil tembaga yang sudah terendam medium korosi selama seminggu lamanya, dibersihkan, diseka hingga kering dan timbang beratnya. Setelah itu tembaga direndam kembali didalam medium korosi dan diperlakukan sama dengan sebelumnya hingga minggu kelima. Selanjutnya dipilih sampel dengan persen terkorosi yang paling rendah dan yang paling tinggi, kemudian sampel dilakukan uji SEM untuk melihat permukaan tembaga yang terkorosi.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Pengertian korosi

Korosi merupakan suatu kerusakan yang dihasilkan dari reaksi kimia antara sebuah logam atau logam paduan dan didalam suatu lingkungan. Fenomena korosi merupakan reaksi kimia yang dihasilkan dari dua reaksi setengah sel yang melibatkan elektron sehingga menghasilkan suatu reaksi elektrokimia. Dari dua reaksi setengah sel ini terdapat reaksi oksidasi pada anoda dan reaksi reduksi pada katoda (Alfin, 2011). Kebanyakan proses korosi bersifat elektrokimia, dimana larutan berfungsi sebagai elektrolit sedangkan anoda dan katoda terbentuk karena adanya inhomogenitas. Berdasarkan bentuk kerusakan yang

dihasilkan, penyebab korosi, lingkungan tempat terjadinya korosi, maupun jenis material yang diserang, korosi terbagi menjadi, di antaranya adalah sebagai berikut.

3.1.1 General/uniform corrosion

Merupakan korosi yang disebabkan oleh reaksi kimia atau elektrokimia yang terjadi secara seragam pada permukaan logam. Efeknya adalah terjadi penipisan pada permukaan dan akhirnya menyebabkan kegagalan karena ketidak mampuan untuk menahan beban. Korosi ini dapat dicegah atau dikendalikan dengan pemilihan material (termasuk *coating*), penambahan *corrosion inhibitor* pada fluida atau menggunakan *cathodic protection*.

3.1.2 Galvanic corrosion

Merupakan korosi yang disebabkan adanya beda potensial antara dua logam yang berada pada fluida atau media konduktif dan korosif. Akibatnya, logam dengan ketahanan terhadap korosi yang rendah akan mengalami laju korosi lebih tinggi dibandingkan dengan logam yang memiliki ketahanan terhadap korosi tinggi. Pencegahan korosi ini adalah dengan menggunakan satu jenis material yang sama atau menggunakan kombinasi beberapa material yang memiliki sifat galvanis yang mirip, menggunakan insulasi pada sambungan antara logam, serta mengurangi karakteristik korosi dari fluida dengan menggunakan *corrosion inhibitor*.

3.1.3 Crevice corrosion

Merupakan korosi yang terjadi di sela-sela gasket, sambungan bertindih, sekrup-sekrup atau kelingan yang terbentuk oleh kotoran-kotoran endapan atau timbul dari produk-produk karat.

3.1.4 Pitting corrosion

Merupakan fenomena korosi dimana proses korosi terjadi pada suatu area pada permukaan logam yang akhirnya menyebabkan terjadinya lubang pada permukaan tersebut. Korosi ini biasanya disebabkan oleh chloride atau ion yang mengandung chlorine. Korosi ini dapat dicegah dengan pemilihan material yang sesuai dan memiliki ketahanan terhadap korosi.

3.1.5 Erosion corrosion

Merupakan korosi yang terjadi sebagai akibat dari tingginya pergerakan relatif fluida korosif terhadap permukaan logam. Proses ini umumnya berlangsung dengan adanya dekomposisi kimia atau elektrokimia pada permukaan logam.

3.1.6 Stress corrosion

Merupakan korosi yang terjadi akibat kombinasi antara beban/stress pada logam dan media yang korosif. Korosi ini dapat terjadi apabila beban yang diterima oleh logam melebihi suatu minimum stress level.

3.1.7 Crevice corrosion

Merupakan korosi yang terjadi di sela-sela gasket, sambungan bertindih, sekrup-sekrup atau kelingan yang terbentuk oleh kotoran-kotoran endapan atau timbul dari produk-produk karat.

3.1.8 Selective leaching

Korosi ini berhubungan dengan terlepasnya satu elemen dari campuran logam. Contoh yang paling mudah adalah desinification yang melepaskan zinc dari paduan tembaga.

3.2 Faktor-faktor yang memengaruhi laju korosi

Beberapa faktor lingkungan yang dapat mempengaruhi proses korosi secara umum antara lain, yaitu sebagai berikut.

3.2.1 Suhu

Kenaikan suhu akan menyebabkan bertambahnya kecepatan reaksi korosi. Hal ini terjadi karena makin tinggi suhu maka energi kinetik dari partikel-partikel yang bereaksi akan meningkat sehingga melampaui besarnya harga energi aktivasi dan akibatnya laju kecepatan reaksi (korosi) juga akan makin cepat, begitu juga sebaliknya (Fogler, 1992).

3.2.2 Kecepatan alir fluida atau kecepatan pengadukan

Laju korosi cenderung bertambah jika laju atau kecepatan aliran fluida bertambah besar. Hal ini karena kontak antara zat pereaksi dan logam akan semakin besar sehingga ion-ion logam akan makin banyak yang lepas sehingga logam akan mengalami kerapuhan (korosi) (Kirk Othmer, 1965).

3.2.3 Konsentrasi bahan korosif

Hal ini berhubungan dengan pH atau keasaman dan kebasaan suatu larutan. Larutan yang bersifat asam sangat korosif terhadap logam dimana logam yang berada didalam media larutan asam akan lebih cepat terkorosi karena merupakan reaksi anoda. Sedangkan larutan yang bersifat basa dapat menyebabkan korosi pada reaksi katodanya karena reaksi katoda selalu serentak dengan reaksi anoda (Djaprie, 1995).

3.2.4 Oksigen

Adanya oksigen yang terdapat di dalam udara dapat bersentuhan dengan permukaan logam yang lembab. Sehingga kemungkinan menjadi korosi lebih besar. Di dalam air (lingkungan terbuka), adanya oksigen menyebabkan korosi (Djaprie, 1995).

3.2.5 Waktu Kontak

Aksi inhibitor diharapkan dapat membuat ketahanan logam terhadap korosi lebih besar. Dengan adanya penambahan inhibitor kedalam larutan, maka akan menyebabkan laju reaksi menjadi lebih rendah, sehingga waktu kerja inhibitor untuk melindungi logam menjadi lebih lama. Kemampuan inhibitor untuk melindungi logam dari korosi akan hilang atau habis pada waktu tertentu, hal itu dikarenakan semakin lama waktunya maka inhibitor akan semakin habis terserang oleh larutan (Uhlrig, 1958).

3.3 Mekanisme korosi tembaga

Tembaga, logam merah-oranye yang telah digunakan dalam peradaban sejak 8000 SM, adalah salah satu logam terpenting bagi industri modern. Tembaga diperlukan karena kemampuannya menghantar panas dan listrik; tembaga adalah unsur yang membantu membentuk dunia sebagaimana adanya sekarang. Dengan sifat bisa dibentuk, tahan karat dan suhu tinggi, bisa didaur ulang, dan penghantaran listrik serta panas terbaik di antara

semua logam komersial, tembaga sangat dihargai karena penggunaannya dalam penghantaran dan pembangkitan listrik, juga semua peralatan listrik, termasuk telepon genggam dan televisi. Tembaga atau cuprum dalam tabel periodik yang memiliki lambang Cu dan nomor atom 29. Tembaga di alam tidak begitu melimpah dan ditemukan dalam bentuk bebas maupun dalam bentuk senyawaan. Bijih tembaga yang terpenting yaitu pirit atau chalcopyrite (CuFeS_2), copper glance atau chalcite (Cu_2S), cuprite (Cu_2O), malaconite (CuO) dan malachite ($\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$) sedangkan dalam unsur bebas ditemukan di Northern Michigan Amerika Serikat.

Tembaga kadang-kadang ditemukan secara alami, seperti yang ditemukan dalam mineral-mineral seperti cuprite, malachite, azurite, chalcopyrite, dan bornite. Deposit bijih tembaga yang banyak ditemukan di AS, Chile, Zambia, Zaire, Peru, dan Kanada. Bijih-bijih tembaga yang penting adalah sulfida, oksida-oxidanya, dan karbonat. Dari mereka, tembaga diambil dengan cara smelting, leaching, dan elektrolisis.

3.4 Pengaruh HCL terhadap korosi tembaga

Larutan Asam Klorida atau HCL merupakan larutan yang memiliki PH rendah. Pada reaksi korosi ini larutan asam tersebut berperan sebagai lingkungan asam. Jika tembaga dalam lingkungan asam atau lingkungan dengan ph rendah, maka korosi akan terjadi.

3.5 Pengaruh suhu terhadap korosi tembaga

Penambahan temperatur umumnya menambah laju korosi walaupun kenyataannya kelarutan oksigen berkurang dengan meningkatnya temperature. Apabila metal pada temperature yang tidak uniform, maka akan besar kemungkinan terbentuk korosi. Pada lingkungan temperature tinggi, laju korosi yang terjadi lebih tinggi dibandingkan temperature rendah, karena pada temperature tinggi kinetika reaksi kimia akan meningkat.

3.6 Belimbing wuluh

Merupakan sejenis pohon kecil yang diperkirakan berasal dari Kepulauan Maluku, dan dikembangkan serta tumbuh bebas di Indonesia, Filipina, Sri Lanka, Myanmar, dan Malaysia. Tumbuhan ini biasa ditanam di pekarangan untuk diambil buahnya yang memiliki rasa asam yang sering digunakan sebagai bumbu masakan dan campuran ramuan jamu.

3.6.1 Morfologi tanaman

Ciri-ciri pohon; pohon belimbing wuluh kecil setinggi sekitar 10 meter dengan diameter pangkal batang mencapai 30 cm. Batangnya bergelombang dan tidak rata. Daun belimbing sayur merupakan daun majemuk sepanjang 30-60 cm dengan 11-45 pasang anak daun. Anak daun berwarna hijau, bertangkai pendek, berbentuk bulat telur hingga jorong dengan ujung agak runcing, pangkal membulat, tepi daun rata, panjang 210 cm, lebar 1-3 cm. Belimbing wuluh mempunyai bunga majemuk yang tersusun dalam malai, berkelompok. Bunga belimbing asam, seperti buah kepel, tumbuh keluar dari batang atau percabangan yang besar. Buah belimbing buluh berupa buni berbentuk lonjor bersegi, dengan panjang 4-6 cm. Buahnya berwarna hijau kekuningan, berair dan jika masak berasa asam (Alam Endah, 2010).

3.6.2 Klasifikasi daun

Belimbing wuluh (*Averhoa bilimbi*) banyak ditanam sebagai pohon buah. Tanaman asal Amerika tropis ini dapat digunakan untuk mengobati bermacam- macam penyakit. Orang mengambil manfaat belimbing wuluh selama ini hanya sebagai sirup, manisan, atau bumbu masak, padahal secara tradisional tanaman ini banyak dimanfaatkan mengatasi berbagai penyakit seperti batuk, diabetes, rematik, gondongan, sariawan, sakit gigi, gusi berdarah,

jerawat sampai tekanan darah tinggi, selain itu juga bisa menyembuhkan kelumpuhan, memperbaiki fungsi pencernaan, radang rektum (Arland, 2006).

3.6.3 Kandungan kimia

Batang belimbing wuluh mengandung senyawa saponin, tanin, glukosida, kalsium oksalat, sulfur, asam format. Daun belimbing wuluh mengandung tanin, sulfur, asam format, dan kalium sitrat Wijayakusuma (2006). Daun belimbing mengandung tanin sedangkan batangnya mengandung alkaloid dan polifenol (Anonymous, 2008).

Penelitian Fahrani (2009) menunjukkan bahwa ekstrak daun belimbing wuluh mengandung flavonoid, saponin dan tanin. Daun belimbing wuluh selain tanin juga mengandung sulfur, asam format, kalsium oksalat dan kalium sitrat. Dalimarta (2008) menjelaskan bahwa di dalam daun belimbing wuluh selain tanin juga mengandung peroksidase, kalsium oksalat dan kalium sitrat. Hasil identifikasi senyawa kimia secara Gas Chromatography Mass Spectrometry (GCMS) menunjukkan bahwa ekstrak daun belimbing wuluh mengandung senyawa paling dominan adalah senyawa turunan asam dikarboksilat yaitu dietil phtalat (Regia, 2010). Bahan aktif pada daun belimbing wuluh yang dapat dimanfaatkan sebagai obat adalah tanin.

Tanin ini juga digunakan sebagai astringent baik untuk saluran pencernaan maupun kulit dan juga dapat digunakan sebagai obat diare. Daun belimbing wuluh juga mengandung senyawa peroksida yang dapat berpengaruh terhadap antipiretik, peroksida merupakan senyawa pengoksidasi dan kerjanya tergantung pada kemampuan pelepasan oksigen aktif dan reaksi ini mampu membunuh banyak mikroorganisme.

3.6.4 Tanin

Tanin adalah kelompok polifenol yang larut dalam air dengan berat molekul antara 500 – 3000 gr/mol. Tanin mampu mengendapkan alkaloid, gelatin dan protein lainnya, membentuk warna merah tua dengan kalium ferrisianida dan ammonia serta dapat diendapkan oleh garam – garam Cu, Pb dan Kalium kromat (atau 1% asam kromat). Tanin merupakan suatu substansi yang banyak dan tersebar, sehingga sering ditemukan dalam tanaman. Tanin diketahui mempunyai beberapa khasiat, yaitu sebagai astringen, anti diare, anti bakteri dan antioksidan. Istilah tanin sendiri berasal dari bahasa Perancis, yaitu “tanning”. Pada mulanya senyawa tannin lebih dikenal sebagai “tanning substance” dalam proses penyamakan kulit hewan untuk dibuat sebagai kerajinan tangan (Sa’ada, 2010).

3.6.5 Daun sebagai inhibitor korosi

Umumnya inhibitor korosi berasal dari senyawa-senyawa organik dan anorganik yang mengandung gugus-gugus yang memiliki pasangan elektron bebas, seperti nitrit, kromat, fosfat, urea, fenilalanin, imidazolin, dan senyawa-senyawa amina. Namun demikian, pada kenyataannya bahwa bahan kimia sintesis ini merupakan bahan kimia yang berbahaya, harganya lumayan mahal, dan tidak ramah lingkungan, maka sering industri-industri kecil dan menengah jarang menggunakan inhibitor pada sistem pendingin, sistem pemipaan, dan sistem pengolahan air produksi mereka, untuk melindungi tembaga dari serangan korosi. Untuk itu penggunaan inhibitor yang aman, mudah didapatkan, bersifat biodegradabel, biaya murah, dan ramah lingkungan sangatlah diperlukan.

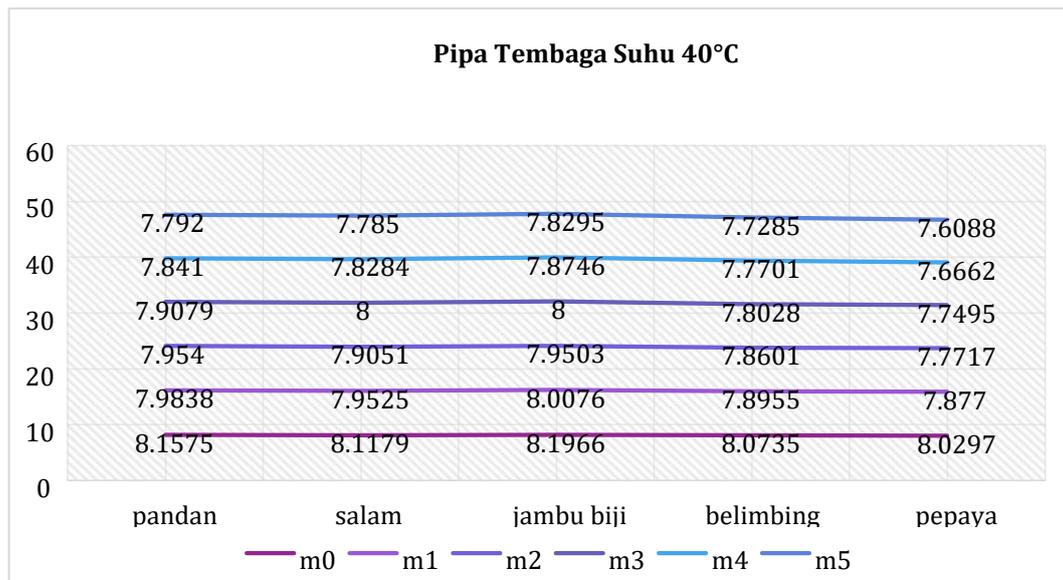
Inhibitor yang didapat dari bahan alam dengan cara dihaluskan adalah solusinya karena aman, mudah didapatkan, bersifat biodegradable, biaya murah, dan ramah lingkungan. Ekstrak bahan alam khususnya senyawa yang mengandung atom N, O, P, S, dan atom-atom yang memiliki pasangan elektron bebas. Unsur-unsur yang mengandung pasangan elektron bebas ini nantinya dapat berfungsi sebagai ligan yang akan membentuk senyawa kompleks dengan tembaga.

3.7 Data perhitungan kehilangan berat

3.7.1 Pipa tembaga suhu pada suhu 40°C

Tabel 1. Pemanasan pada suhu 40°C

Inhibitor	M0 02/11/18	M1 09/11/18	M2 16/11/18	M3 23/11/18	M4 30/11/18	M5 07/12/18	% Korosi
Daun pandan	8,1575	7,9838	7,9540	7,9079	7,8410	7,7920	0,0448
Daun salam	8,1179	7,9525	7,9051	7,8796	7,8284	7,7850	0,0410
Daun jambu biji	8,1966	8,0076	7,9503	7,9264	7,8746	7,8295	0,0447
Daun belimbing wuluh	8,0735	7,8955	7,8601	7,8028	7,7701	7,7285	0,0427
Daun pepaya	8,0297	7,8770	7,7717	7,7495	7,6662	7,6088	0,0524
Tanpa inhibitor	8,2237	8,0310	7,9609	7,9482	7,8751	7,8751	0,0480



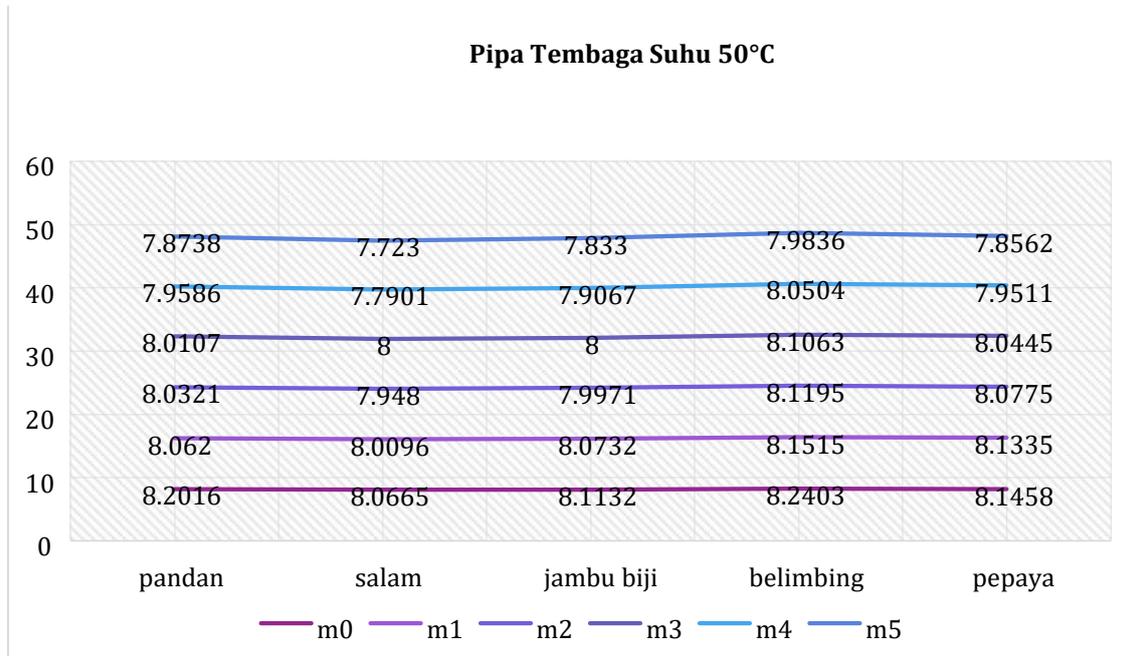
Gambar 1 Pemanasan pada suhu 40°C

3.7.2 Pipa tembaga pada suhu 50°C

Tabel 2 Pemanasan pada suhu 50°C

Inhibitor	M0 12/10/18	M1 19/10/18	M2 26/10/18	M3 02/11/18	M4 09/11/18	M5 16/11/18	% Korosi
Daun pandan	8,2016	8,0620	8,0321	8,0107	7,9586	7,8738	0,0399
Daun salam	8,0665	8,0096	7,9480	7,9239	7,7901	7,7230	0,0425
Daun jambu biji	8,1132	8,0732	7,9971	7,9247	7,9067	7,8330	0,0345

Daun belimbing wuluh	8,2403	8,1515	8,1195	8,1063	8,0504	7,9836	0,0311
Daun pepaya	8,1458	8,1335	8,0775	8,0445	7,9511	7,8526	0,0359
Tanpa inhibitor	8,2664	8,2125	8,1790	8,1523	7,9722	7,9340	0,0402

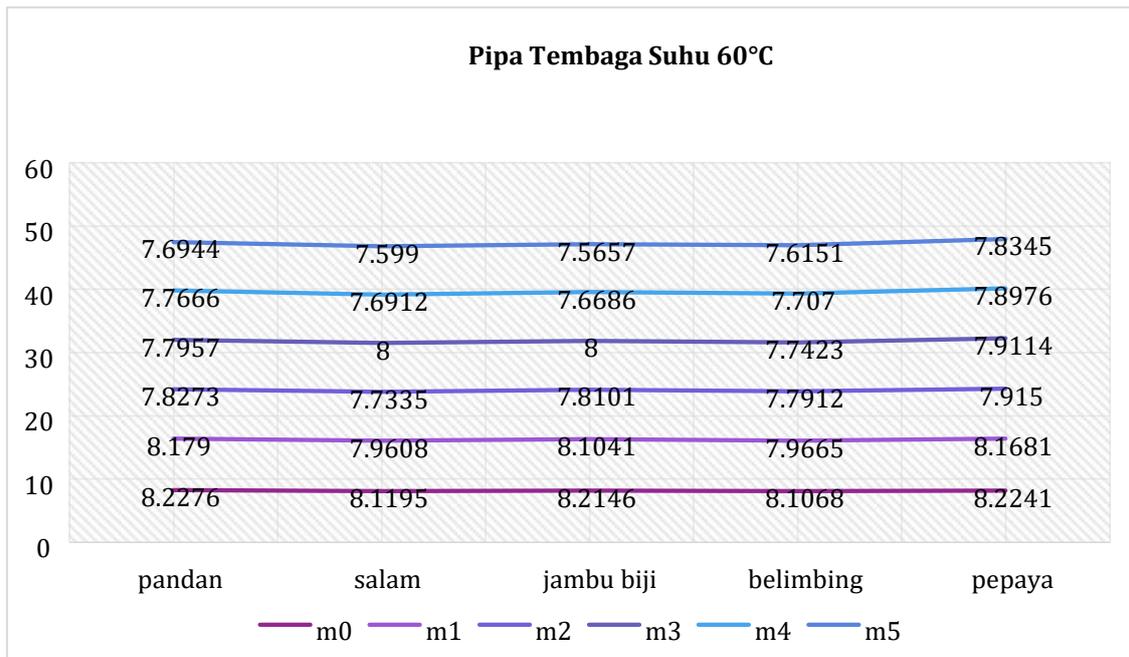


Gambar 2 Pemanasan pada suhu 50°C

3.7.3 Pipa tembaga pada suhu 60°C

Tabel 3 Pemanasan pada suhu 60°C

Inhibitor	M0 26/10/18	M1 02/11/18	M2 09/11/18	M3 16/11/18	M4 23/11/18	M5 30/11/18	% Korosi
Daun pandan	8,2276	8,1790	7,8273	7,7957	7,7666	7,6944	0,0648
Daun salam	8,1195	7,9608	7,7335	7,6928	7,6912	7,5990	0,0641
Daun jambu biji	8,2146	8,1041	7,8101	7,7371	7,6686	7,5657	0,0789
Daun belimbing wuluh	8,1068	7,9665	7,7912	7,7423	7,7070	7,6151	0,0606
Daun pepaya	8,2241	8,1681	7,9150	7,9114	7,8976	7,8345	0,0473
Tanpa inhibitor	8,1040	7,9660	7,8158	7,7536	7,7364	7,6282	0,0587



Gambar 3 Pemanasan pada suhu 60°C

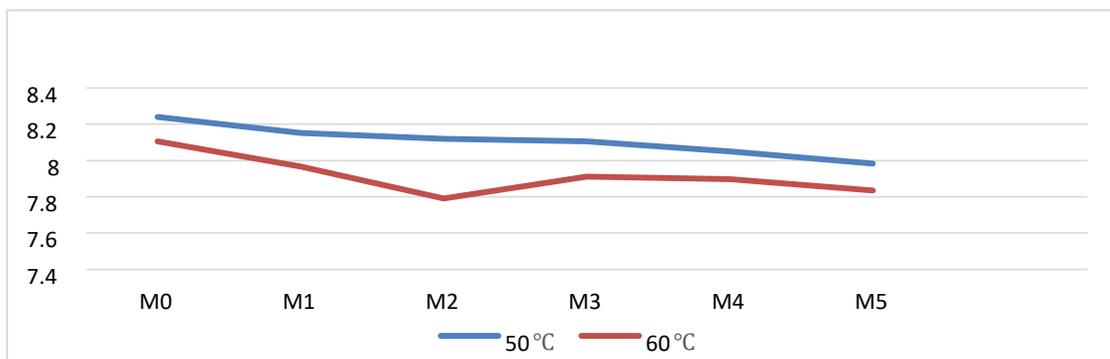
3.8 Tabel hasil pengamatan kehilangan berat pipa tembaga

Di bawah ini adalah tabel kehilangan berat tembaga dengan inhibitor daun belimbing wuluh pada suhu 50 °C dan 60°C sebagaimana tampak pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4 Kehilangan berat pada suhu 50°C dan 60°C

Waktu	Suhu 50°C	Suhu 60°C
M0	8.2403	8.1068
M1	8.1515	7.9665
M2	8.1195	7.7912
M3	8.1063	7.9114
M4	8.0504	7.8976
M5	7.9836	7.8345
% Korosi	3.1151	3.3589

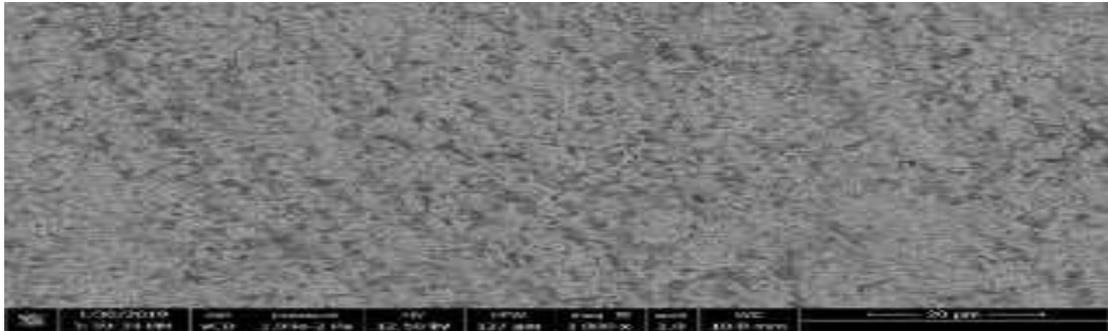
Tabel 4 memperlihatkan persentase korosi yang tertinggi dan terendah dari inhibitor daun belimbing wuluh pada suhu 50°C dan 60°C. Lihat juga Gambar 4 berikut.



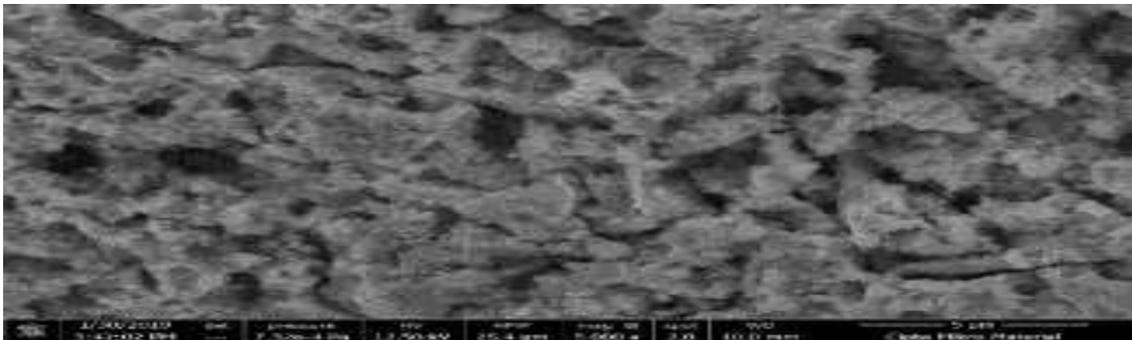
Gambar 4 Grafik kehilangan berat

Hasil yang didapat dari Gambar 4 adalah berat pipa tembaga semakin lama semakin berkurang. Namun pada suhu 50°C kehilangan beratnya lebih sedikit dibandingkan dengan suhu 60°C yang cukup signifikan.

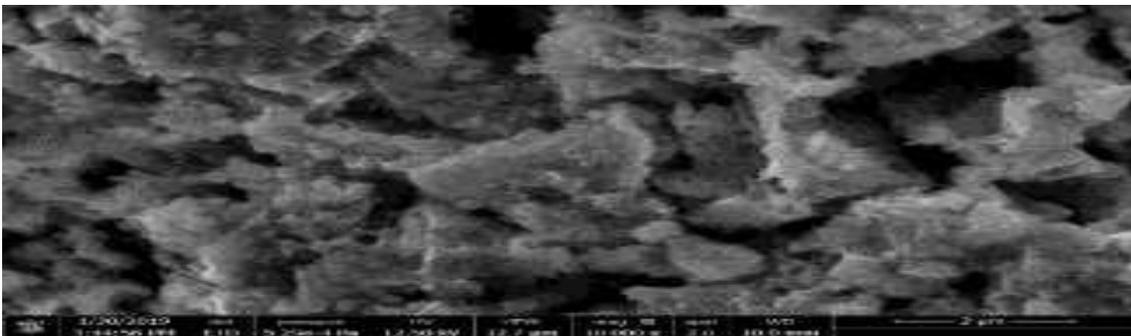
3.9 Hasil uji SEM



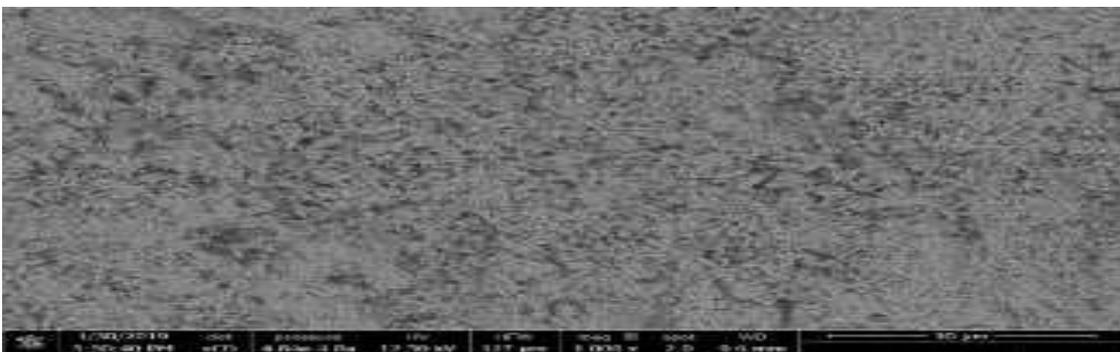
Gambar 5. Hasil uji SEM pada suhu 50°C dengan perbesaran 1000×



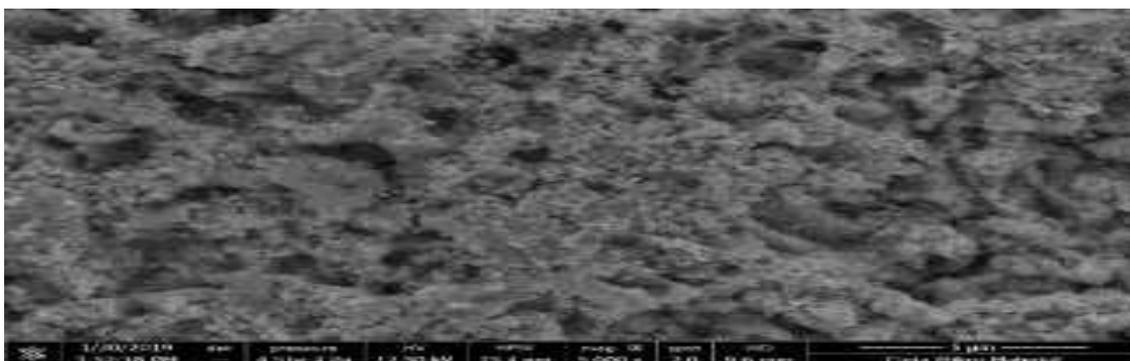
Gambar 6. Hasil uji SEM pada suhu 50°C dengan perbesaran 5000×



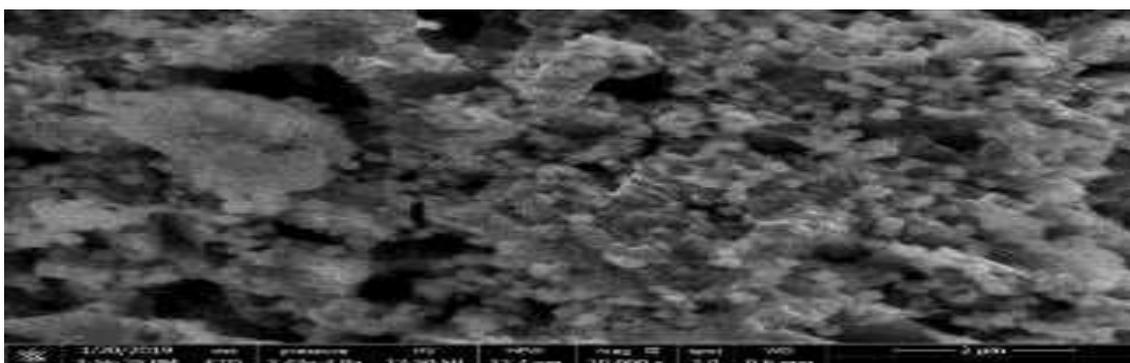
Gambar 7. Hasil uji SEM pada suhu 50°C dengan perbesaran 10000×



Gambar 8. Hasil uji SEM pada suhu 60°C dengan perbesaran 1000×



Gambar 9. Hasil uji SEM pada suhu 60°C dengan perbesaran 5000×



Gambar 10. Hasil uji SEM pada suhu 60°C dengan perbesaran 10000×

4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut. Pertama, daun belimbing wuluh mengandung flavonoid, saponin dan tanin. Tanin ini yang berpotensi sebagai inhibitor alami dalam menghambat proses korosi tembaga. Kedua, berat pipa tembaga semakin lama semakin berkurang. Namun pada suhu 50°C kehilangan beratnya lebih sedikit dibandingkan dengan suhu 60°C yang cukup signifikan. Ketiga, pada hasil uji SEM dengan suhu 50°C menunjukkan lebih besar kerusakan akibat korosi yang terjadi pada pipa tembaga dibandingkan suhu 60°C.

Kontribusi Penulis

Penulis berkontribusi dalam penulisan artikel ini.

Pendanaan

Penelitian ini tidak menggunakan pendanaan eksternal.

Pernyataan Dewan Peninjau Etis

Tidak berlaku.

Pernyataan *Informed Consent*

Tidak berlaku.

Pernyataan Ketersediaan Data

Tidak berlaku.

Konflik Kepentingan

Penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan.

Akses Terbuka

©2024. Artikel ini dilisensikan di bawah Lisensi Internasional Creative Commons Attribution 4.0, yang mengizinkan penggunaan, berbagi, adaptasi, distribusi, dan reproduksi dalam media atau format apa pun. selama Anda memberikan kredit yang sesuai kepada penulis asli dan sumbernya, berikan tautan ke lisensi Creative Commons, dan tunjukkan jika ada perubahan. Gambar atau materi pihak ketiga lainnya dalam artikel ini termasuk dalam lisensi Creative Commons artikel tersebut, kecuali dinyatakan lain dalam batas kredit materi tersebut. Jika materi tidak termasuk dalam lisensi Creative Commons artikel dan tujuan penggunaan Anda tidak diizinkan oleh peraturan perundang-undangan atau melebihi penggunaan yang diizinkan, Anda harus mendapatkan izin langsung dari pemegang hak cipta. Untuk melihat salinan lisensi ini, kunjungi: <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Daftar Pustaka

- Ardiansyah, M.R. (2014). *Pemanfaatan ekstrak daun belimbing wuluh sebagai bioinhibitor korosi pada baja logam karbon* [Skripsi, Politeknik Negeri Sriwijaya]. Repositori Politeknik Negeri Sriwijaya. <http://eprints.polsri.ac.id/998/>.
- Panda, B., Sujata, M., Madan, M., & Bhaumik, S.K. (2014). Stress corrosion cracking in 316L stainless steel bellows of a pressure safety valve. *Engineering Failure Analysis*, 36, 379—389. <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2013.11.007>.
- Tjitro, S., Anggono, J., Phengkusaksomo, G., & Anggorowati, A.A. (2000). Studi Perilaku Korosi Tembaga dengan Variasi Konsentrasi AsamAskorbat (Vitamin C) dalam Lingkungan Air yang Mengandung Klorida dan Sulfat. *Jurnal Teknik Mesin Universitas Kristen Petra*, 2(1), 62-67. <https://www.neliti.com/publications/134404/studi-perilaku-korosi-tembaga-dengan-variati-konsentrasi-asam-askorbat-vitamin-c#id-section-content>.

Biografi Penulis

NARULITA FAHDILLAH, Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Bhayangkara Jakarta Raya.

- Email: -
- ORCID: -
- Web of Science ResearcherID: -
- Scopus Author ID: -
- Homepage: -

LISA ADHANI, Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Bhayangkara Jakarta Raya.

- Email: lisa.adhani@dsn.ubharajaya.ac.id
- ORCID: -
- Web of Science ResearcherID: -
- Scopus Author ID: -
- Homepage: -

ANDI NURALIYAH, Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Bhayangkara Jakarta Raya.

- Email: andi.nuraliyah@dsn.ubharajaya.ac.id
- ORCID: -
- Web of Science ResearcherID: -
- Scopus Author ID: -
- Homepage: -