

PENGARUH JENIS KARET TERHADAP KETAHANAN SODIUM HIDROKSIDA UNTUK APLIKASI RUBBER LINING

Effect Of Rubber Types On Sodium Hydroxide Resistance For Rubber Lining Applications

Wahyu Tri Utami, Dewi Kusuma Arti, Indriasari, Riastuti Fidyarningsih, Ade Sholeh Hidayat, Akhmad Amry, Herri Susanto, Lies A Wisojodharmo, Idvan, M Soleh Iskandar

Badan Riset dan Inovasi Nasional Indonesia, Puspiptek Serpong, Tangerang Selatan, 15314
Email: wahyu055@brin.go.id

Diterima 25 Mei 2023 / Direvisi 23 Juni 2023 / Disetujui 29 Juni 2023

Abstrak

Rubber lining adalah metode yang digunakan untuk melindungi permukaan interior atau eksterior pipa, tangki, bejana, dan aplikasi serupa lainnya dari korosi. Penelitian ini menggunakan beberapa jenis karet sebagai variabel penelitian, antara lain Karet Alam RSS 1 (RL1), Ethylene Propylene Diene Monomer (EPDM 4869 (RL2)), Styrene Butadiene Rubber (RL3), Isobutene Isoprene Rubber (RL4). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh jenis karet terhadap ketahanan sodium hidroksida pada aplikasi rubber lining. Untuk mengetahui sifat-sifat sampel, dilakukan beberapa pengujian mekanik meliputi uji pengembangan, uji rheologi, kekuatan tarik, ketahanan kikis, uji kekerasan. Hasil karakterisasi menunjukkan bahwa formulasi yang optimum untuk pelapis karet tahan basa adalah formulasi dengan bahan utama Styrene Butadiene Rubber.

Kata kunci: lining karet, karet alam, rss 1, epdm 4869, karet styrene butadiene, karet isobutene isoprene rubber

Abstract

Rubber lining is a method that is used to protect the interior or exterior surfaces of pipes, tanks, vessels, and other similar applications from corrosion. This study used several types of rubber as research variables, including Natural Rubber RSS 1 (RL1), Ethylene Propylene Diene Monomer/EPDM 4869 (RL2), Styrene Butadiene

Rubber (RL3), Isobutene Isoprene Rubber (RL4). The aim of this study is to determine the effect of rubber types on the resistance of sodium hydroxide in rubber lining applications. To determine the properties of the samples, several mechanical tests were carried out including swelling test, rheology, tensile strength, abrasion, and hardness tests. The characterization results show that the optimum formulation for base-resistant rubber coatings is a formulation with Styrene Butadiene Rubber as the main ingredient.

Keywords: Rubber lining, Natural Rubber RSS 1, EPDM 4869, Styrene butadiene rubber, Isobutene isoprene rubber

Pendahuluan

Industri garam seringkali memproduksi garam dengan kadar NaCl (*Sodium chloride*) yang rendah. Rendahnya kadar NaCl disebabkan oleh banyaknya pengotor yang terdapat dalam garam, antara lain tingginya kadar magnesium dan sulfat (Rahem & Kartika, 2020). Industri garam menggunakan NaOH (*Sodium hydroxide*) untuk meningkatkan kadar NaCl dan memurnikan garam yang dihasilkan. Bahan dasar pembuatan garam yaitu air laut atau larutan garam dan juga dengan pemakaian NaOH juga dapat menyebabkan tangki, pipa, dan alat produksi lebih mudah berkarat. Solusi untuk mengatasi masalah korosi tersebut adalah melapisi pipa dengan bahan anti karat. Salah satu bahan anti karat terbaik yang dapat digunakan adalah karet.

Rubber lining adalah metode yang digunakan untuk melindungi permukaan dalam atau luar pipa, tangki, bejana, dan aplikasi serupa lainnya dari korosi. Keuntungan utama dari *rubber lining* adalah ketahanannya yang sangat baik terhadap bahan kimia korosif dan abrasif, misalnya seperti asam, alkali, air asin, *slurry*, pasir, media peledak, bijih yang dihancurkan, dan lain-lain. Selain itu, *rubber lining* memberikan manfaat lain termasuk pengurangan kebisingan dan getaran, isolasi listrik dan termal, dan perlindungan produk. *Rubber lining* dapat setebal 2 mm hingga 50 mm atau lebih dalam kasus tertentu tergantung pada aplikasinya (Chandrasekaran, 2010). Dengan berbagai manfaat, *rubber lining* banyak digunakan dalam industri manufaktur untuk dipasang pada permukaan pipa, tangki, dan peralatan produksi lainnya yang bersentuhan langsung dengan bahan kimia.

Bahan karet yang umumnya digunakan untuk pembuatan *rubber lining* adalah campuran karet alam dan sintetis, seperti yang dilakukan oleh Setyowati *et al.* (1993) membuat *rubber lining* dengan campuran karet RSS (*Ribbed smoke sheet*) dan karet SBR (*Styrene butadiene rubber*). Pada penelitian ini, kompon *rubber lining* dibuat dengan menggunakan beberapa jenis karet seperti karet RSS kualitas 1 atau RSS 1, SBR, IRR (*Isobutene isoprene rubber*), dan EPDM (*Ethylene propylene diene*

monomer) sebagai bahan baku utama. Pengolahan *rubber lining* meliputi tiga tahap yaitu mastikasi, pencampuran, dan pematangan. Mastikasi adalah tahap pengolahan di dalam alat pencampur dimana viskositas karet diturunkan agar mudah diproses lanjut (Hidayat *et al.*, 2019). Proses pencampuran adalah proses pencampuran setelah mastikasi dengan menambahkan bahan tambahan. Setelah pencampuran dilakukan tahap pematangan yaitu tahap pembentukan campuran menjadi bentuk yang diinginkan baik dengan menggunakan *moulding* maupun ekstrusi.

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh jenis karet terhadap ketahanan sodium hidroksida pada aplikasi *rubber lining*. Penelitian ini juga mengamati ketahanan *rubber lining* terhadap *aging* untuk mempelajari degradasi sifat karet di bawah NaOH. Proses *aging* dilakukan dengan merendam karet dalam larutan NaOH 2M sebanyak 3 variasi waktu (7, 14, dan 21 hari). Karakterisasi yang diuji adalah uji pengembangan, rheologi, ketahanan sobek, kekerasan, dan ketahanan kikis.

Bahan dan Metode

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain karet alam jenis *ribbed smoke sheet 1* (RSS 1) dengan densitas 0.95 g/cm³, karet

Tabel 1. Formulasi kompon *rubber lining*

Bahan	RL1 (RSS 1) Phr	RL2 (EPDM 4869) Phr	RL3 (SBR) Phr	RL4 (IIR) Phr
Karet	100	100	100	100
Vestenamer	3	3	3	3
Carbon black N220	60	60	60	60
Paraffin wax	2	2	2	2
Paraffinic oil	7.5	7.5	7.5	7.5
6 PPD	1.5	1.5	1.5	1.5
ZnO	5	5	5	5
Asam stearat	2	2	2	2
TMTD	0.4	0.4	0.4	0.4
CBS	2.5	2.5	2.5	2.5
Belerang	2	2	2	2

sintetis EPDM tipe 4869 produksi Lanxess dengan viskositas 48 MU, karet SBR dengan viskositas 45 MU, dan karet IRR dengan viskositas 33 MU. Bahan kimia karet yang digunakan adalah 6 *p-Phenylenediamine* (6 PPD) sebagai aditif anti degradasi, karbon hitam seri N220 produksi Cabot sebagai *filler*, *paraffinic oil* dan *paraffin wax* sebagai pelunak, *Tetramethylthiuram disulfide* (TMTD) dan *N-cyclohexyl-2-benzothiazole sulfenamide* (CBS) sebagai akselerator, *Zinc oxide* (ZnO) dan asam stearat sebagai aktivator, Vestenamer sebagai *plasticizer*, dan belerang sebagai bahan vulkanisasi. Semua bahan kimia disuplai dari PT Multi Citra Chemindo Nusa di Jakarta. Bahan-bahan yang digunakan merupakan kategori bahan teknis (*technical grade*).

Pencampuran Kompon dan Proses Pencetakan Vulkanisat Sampel Uji

Karet dan vestenamer dicampur menggunakan mesin *kneader* DS 3-10 MWB pada suhu chamber 100°C dengan kecepatan 32 rpm selama 5 menit. Kemudian dicampur dengan 1/2 *carbon black* N220 dan 1/3 *paraffinic oil* selama 5 menit. Setelah itu, campurkan sisa 1/2 *carbon black* N220 dan 1/3 *paraffinic oil* selama 5 menit, lalu campurkan dengan *paraffin wax*, 6 PPD, ZnO, asam stearat, dan 1/3 *paraffinic oil* selama 5 menit. Setelah proses pencampuran, kompon dikeluarkan dan digiling menggunakan mesin *open mill* LMS-09T sebanyak 7 kali pada suhu 70°C untuk mendapatkan lembaran kompon karet untuk masing-masing formula (RL1, RL2, RL3, RL4). Selanjutnya kompon karet didiamkan selama 24 jam. Setelah 24 jam, kompon karet dicampur kembali dengan penambahan Sulfur, CBS (N-sikloheksil-2-benzotiazol sulfenamida), dan aditif TMTD (Tetramethylthiuram disulfide) menggunakan mesin *kneader* DS 3-10 MWB dengan suhu chamber 70°C dan kecepatan 32 rpm selama 2 menit. Kompon karet kemudian digiling kembali menggunakan mesin *open mill* LMS-09T sebanyak 7 kali pada suhu 70°C dan dibiarkan pada suhu ruang selama 24 jam.

Setelah itu dilakukan vulkanisasi menggunakan mesin hot press pada suhu 140°C dan tekanan 1 MPa selama 3.5 menit (RL1), suhu 180°C selama 7 menit (RL2), suhu 180°C selama 1 menit (RL3) dan suhu 180°C selama 2 menit (RL4).

Pengujian Sifat Mekanik *Rubber Lining*

Sifat mekanik *rubber lining* yang terdiri dari ketahanan kikis, kekerasan dan kuat tarik diukur pada kondisi sebelum dan setelah perendaman dengan NaOH 2M pada suhu ruang dengan rentang waktu yang bervariasi (7, 14, dan 21 hari). Pengukuran kekerasan menggunakan Mitutoyo Durometer Digital *Hardness Tester Shore A Compact* berdasarkan metode ASTM D 2240 – 15. Uji kuat tarik dilakukan dengan menggunakan *Universal Testing Machine* (UTM) GeoTech A1-7000-S dengan kecepatan *crosshead* 500 mm/ min mengikuti ASTM D412. Karakteristik pematangan (*cure rate index*) kompon *rubber lining* diuji dengan menggunakan alat MonTech *Moving Die Rheometer* (MDR) 3000. Perhitungan *cure rate index* menggunakan rumus:

$$CRI = \frac{100}{(t_{90} - t_{s2})} \quad (1)$$

Dimana:

t_{90} = waktu pengeringan

t_{s2} = waktu hangus

Sumber: (Mayasari *et al.*, 2018)

Uji pengembangan (*swelling*) dilakukan dengan merendamkan karet pada NaOH 2M selama 21 hari dan dilakukan perhitungan persentase swelling dengan rumus (Ramadhan & Fathurrohman, 2013):

$$\% \text{ Swelling} = \frac{(W_2 - W_1)}{W_1} \times 100\% \quad (2)$$

Dimana:

W_2 = Massa Akhir

W_1 = Massa Awal

Hasil dan Pembahasan

Karakteristik Pematangan

Hasil pengujian karakteristik pematangan setiap kompon *rubber lining* dapat dilihat pada Tabel 2. Berdasarkan hasil tersebut, didapatkan hasil bahwa RL 2 memiliki hasil CRI yang paling rendah dan RL 3 mendapatkan hasil CRI paling tinggi. Hal ini dapat dikaitkan dengan struktur ikatan tiap masing-masing karet. SBR (RL3) merupakan

karet yang memiliki banyak ikatan rangkap atau ikatan tidak jenuh. Ikatan rangkap ini meningkatkan jumlah rantai reaktif pada molekul karet yang dapat digunakan untuk reaksi ikatan silang dengan sulfur, sehingga nilai CRI juga akan meningkat. Sedangkan sebaliknya, EPDM (RL2) merupakan karet yang memiliki rantai utama ikatan tunggal atau ikatan jenuh, sedangkan ikatan jenuhnya ada pada *side-chain* nya sehingga kurang reaktif bereaksi dengan sulfur menyebabkan nilai CRI yang didapatkan rendah.

Tabel 2. Karakteristik pematangan kompon *rubber lining*

Karet	Suhu Pematangan (°C)	S Min (dNm)	S Max (dNm)	ts ₂ (min)	t ₉₀ (min)	CRI
RL1	140	3.71	27.27	0.67	3.53	34.97
RL2	180	1.52	22.05	0.42	7.02	15.15
RL3	180	2.78	26.28	0.43	1.03	166.67
RL4	180	3.65	14.05	0.71	2.36	60.61

Karakteristik Ketahanan *Swelling*

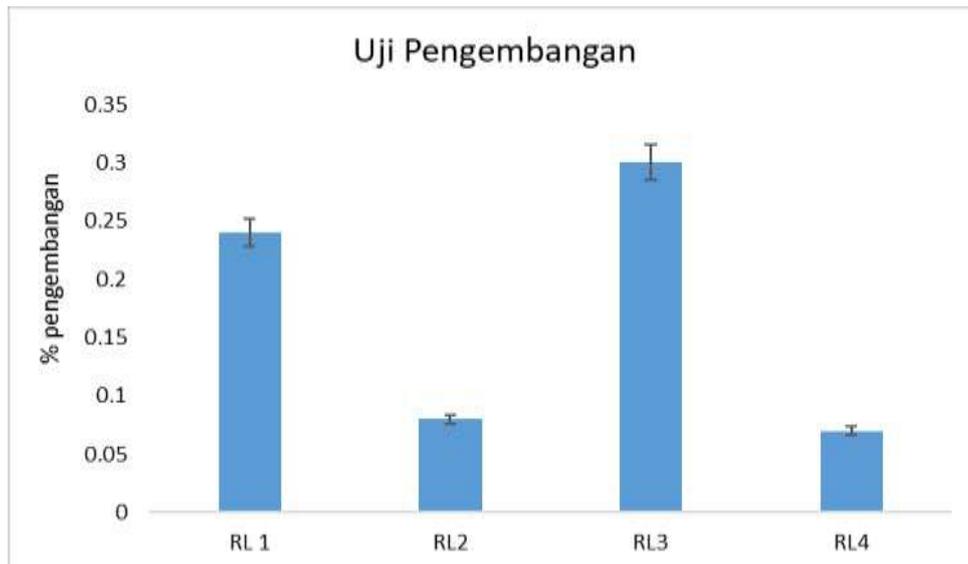
Uji *swelling* pada karet umumnya dilakukan melalui perendaman pada waktu tertentu di dalam pelarut yang telah disiapkan (Sya'bani, *et al.*, 2022). *Swelling* terjadi karena adanya ekspansi dari polimer dan ketersediaan *free volume* yang lebih banyak untuk memfasilitasi perpindahan massa pelarut (Yuniari *et al.*, 2013).

Pada penelitian ini dilakukan dengan perendaman NaOH 2M selama 21 hari. Perubahan selama kontak dengan pelarut dapat mempengaruhi karakteristik mekanik dari produk karet (Lu *et al.*, 2015). *Swelling* secara umum adalah terjadinya peningkatan berat setelah bahan mengalami absorpsi karena direndam dengan cairan. Terjadinya absorpsi pada karet dapat disebabkan oleh kesamaan polar atau non-polar dan parameter kelarutan antara karet dan media proses yang bersentuhan dengan karet (Indah sari *et al.*, 2016). Karet memiliki sifat non-polar,

sedangkan NaOH memiliki sifat yang polar sehingga karena perbedaan polaritas maka karet tidak menyerap NaOH secara signifikan. Pada Gambar 1 diperoleh persen pengembangan paling besar adalah pada RL3 yang menggunakan karet SBR.

Karakteristik Sifat Mekanik

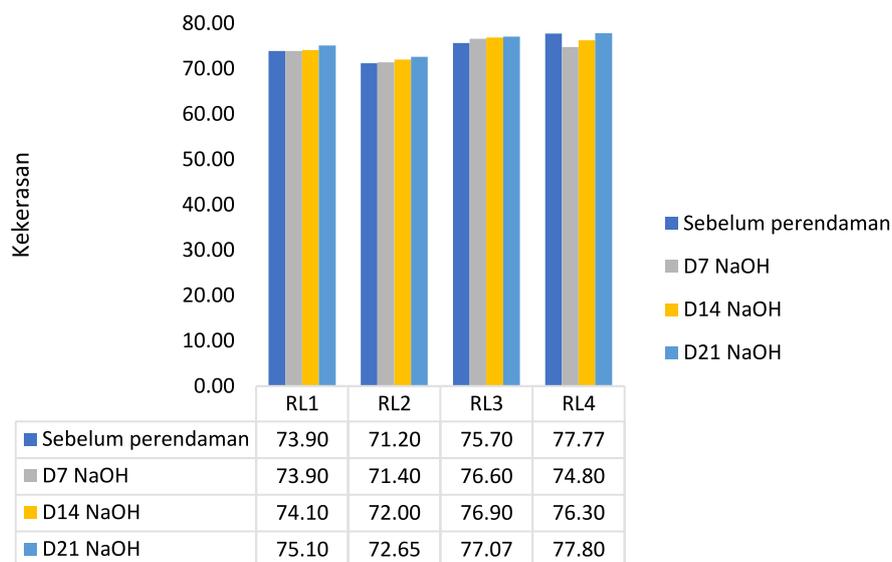
Kekerasan karet ditentukan oleh besarnya gaya yang dapat dipertahankannya dengan tetap mempertahankan bentuknya dan mempertahankan integritas strukturalnya (Rohmah *et al.*, 2017). Dilihat dari grafik pada Gambar 2 terlihat perubahan dari sebelum perendaman sampai dengan perendaman hari ke-21 didapatkan hasil perbedaan kekerasan setelah perendaman. Kekerasan terendah adalah RL4 dengan perubahan -2% dan kekerasan tertinggi adalah RL3 dengan perubahan 2%. Kekerasan karet dapat dipengaruhi oleh ikatan antar molekul bahan dan terbentuknya reaksi ikatan silang oleh belerang (Nasruddin & Susanto, 2020).



Gambar 1. Hasil uji pengembangan (*Swelling*) dari kompon *rubber lining*.

SBR memiliki rantai ikatan rangkap yang akan berikatan silang dengan sulfur saat vulkanisasi, sehingga menghasilkan kompon vulkanisat dengan tingkat kekerasan yang tinggi. Sebaliknya IIR memiliki sedikit ikatan rangkap atau bersifat stabil sehingga tidak dapat banyak berikatan silang saat vulkanisasi akibatnya nilai kekerasannya rendah. Namun demikian perbedaan nilai kekerasan sebelum dan sesudah perendaman untuk seluruh jenis

karet adalah kurang lebih 2 shore A, sehingga dapat dikatakan perbedaan nilai tidak signifikan. Pada uji ketidakpastian pengukuran shore A juga dilaporkan hal yang sama yaitu terdapat penyimpangan sebesar 2 shore A. Perbedaan nilai kekerasan sebelum dan sesudah perendaman yang tidak signifikan kemungkinan disebabkan karena waktu perendaman yang kurang lama, dan juga konsentrasi NaOH yang rendah yaitu 2 M sehingga tidak memberikan pengaruh yang

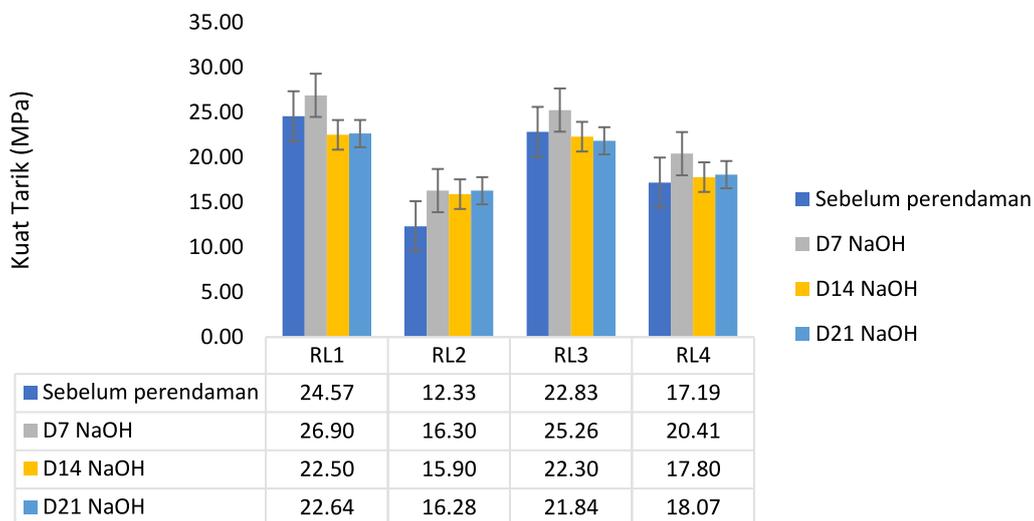


Gambar 2. Hasil uji kekerasan dari kompon *rubber lining*.

signifikan.

Kekuatan tarik dapat didefinisikan sebagai tegangan maksimum yang dapat ditahan oleh suatu bahan sebelum putus ketika dibiarkan diregangkan atau ditarik (Kar, 2022). Hasil pengujian kuat tarik ditunjukkan pada Gambar 3, Kuat tarik sebelum dan sesudah perendaman dalam sodium hidroksida dengan maksimum 21 hari yang mendapatkan hasil nilai tertinggi adalah RL2 dengan 24% perubahan dan nilai terendah adalah RL1 dengan -3% perubahan. Karet alam memiliki daya elastisitas atau daya lenting yang sempurna dan sangat plastis (Rifdah *et al.*,

2022), sehingga apabila dilihat dari hasil kuat tarik di atas, RL1/RSS 1 walaupun memiliki perubahan pada setiap kurun waktu hanya sedikit namun memiliki nilai kuat tarik yang paling tinggi dibanding karet sintetis lainnya. Sedangkan untuk RL 2/EPDM memiliki nilai kuat tarik yang paling rendah dikarenakan dipengaruhi oleh kepadatan (derajat ikatan silang) dimana EPDM yang memiliki struktur ikatan rangkap pada rantai samping (*side-chain*) sehingga kurang reaktif terhadap sulfur, menghasilkan derajat ikatan silang yang rendah, Namun dalam persen perubahan tiap kurun waktu, RL 2 memiliki nilai perubahan



Gambar 3. Hasil uji kekuatan tarik dari kompon *rubber lining*

yang paling tinggi.

Ketahanan kikis adalah kemampuan suatu material untuk menahan aksi mekanis seperti gesekan, atau erosi yang cenderung secara progresif menghilangkan material dari permukaannya. Ketika suatu produk memiliki ketahanan kikis, maka produk tersebut akan menahan erosi yang disebabkan oleh gesekan, gosokan, dan jenis keausan mekanis lainnya (Arayaprane, 2012). Semakin baik sifat abrasi suatu karet maka semakin sedikit karet yang terkikis karena kemampuan mempertahankan formasi rantai polimernya yang baik (Saputra

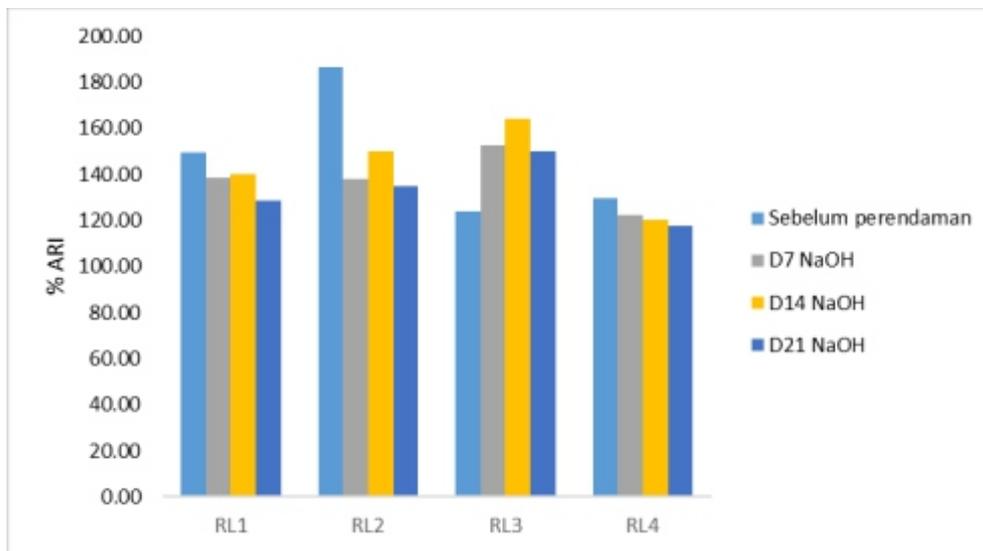
et al., 2017). Pengujian ketahanan kikis dihitung sebagai volume yang hilang dalam milimeter kubik atau persen ARI (*abrasion resistance index*). Hasil uji ketahanan kikis ditunjukkan pada Gambar 4 dengan persentase ARI (*Abrasion Resistance Index*), semakin tinggi %ARI maka semakin sulit karet tersebut untuk terkikis.

Hasil setelah perendaman dalam sodium hidroksida 2M adalah RL3 mendapatkan nilai tertinggi dengan 23% perubahan dan RL2 mendapatkan nilai terendah dengan -36% perubahan. Hasil ini berkaitan dengan

Arayapane, SBR biasanya memiliki abrasi yang lebih baik, inisiasi retak, dan ketahanan panas dibandingkan karet alam (Arayapane, 2012). Sedangkan untuk kompon RL2/EPDM mendapatkan nilai ketahanan kikis yang rendah dapat disebabkan karena EPDM Keltan 4869 mengandung 50%wt minyak, sehingga hasil kekerasan EPDM paling rendah dibandingkan oleh jenis karet lainnya.

Berdasarkan hasil pada Gambar 4 nilai

ketahanan kikis sebelum dan setelah perendaman NaOH menunjukkan perbedaan yang signifikan, namun setelah perendaman NaOH selama rentang waktu penelitian kompon tidak memiliki banyak perubahan. Hal ini dapat dikarenakan rentang waktu yang hanya 21 hari dan dengan konsentrasi NaOH yang rendah yaitu 2M, sehingga proses degradasi karet belum optimum sehingga tidak menunjukkan perbedaan hasil ketahanan kikis yang signifikan di setiap minggunya setelah



Gambar 4. Hasil uji ketahanan kikis dari kompon *rubber lining*

perendaman.

Kesimpulan

Pengaruh jenis karet pada kompon *rubber lining* dipelajari melalui karakterisasi sifat mekanik. *Rubber lining* dengan bahan karet alam RSS 1 (RL 1) memiliki nilai kuat tarik yang baik sedangkan untuk kekerasan, dan ketahanan kikis setelah perendaman sodium hidroksida *rubber lining* dengan karet SBR (RL3) lebih baik daripada karet alam RSS 1. Berdasarkan dari keseluruhan pengujian karet yang baik digunakan untuk kompon *rubber lining* sebagai pelapis di lingkungan basa

Sodium hidroksida adalah karet SBR.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT) Indonesia atas dukungan finansial DIPA program Inovasi Teknologi Garam Industri Terintegrasi (3501.005) sehingga penelitian ini dapat terlaksana.

Daftar Pustaka

- Rahem, M., & Kartika A. G. D. (2020). Pengaruh penambahan NaOH terhadap peningkatan NaCl garam konsumsi. *Juvenil*, 1(4), 461–467.
- Chandrasekaran, V. C. (2010). Rubber Lining – Types and application procedures. *In Rubber as a construction material for corrosion protection*. pp 45-78. Willey & Sons, New York.
- Rohmah, A., Amry, A., Kalembang, E., Susanto, H., Lestari, N. A. (2017, September 6). Perbandingan pengaruh jenis filler terhadap sifat fisika kompon karet untuk cushion gum karet-karet dan karet-canvas. Tulisan disajikan dalam *Simposium Nasional Polimer XI*, Jakarta.
- Kar, K.K. (2022). Tensile test of fly ash reinforced PVC composites. In *Handbook of fly ash*. pp 2835. Butterworth-Heinemann, Oxford.
- Arayaprane, W. (2012). Rubber Abrasion Resistance. In *Abrasion resistance of materials*, pp 147. IntechOpen, London.
- Indahsari, T. S., Saputra, A. H., Cifriadi, A., Maspanger, D. R., & Bismo, S. (2016). Pengujian awal ketahanan karet alam vulkanisat terhadap dimetil eter. Seminar Nasional Sains dan Teknologi
- Mayasari, H. E., Setyorini, I., & Setyadewi, N. M. (2018). Kemampuan proses dan karakteristik vulkanisasi campuran NBR/EPDM. *Jurnal Dinamika Penelitian Industri*, 29(1), 19-28.
- Ramadhan, A., & Fathurrohman, M. I. (2013). Pengaruh asam stearat terhadap karakteristik pematangan, sifat mekanik dan swelling vulkanisat karet alam dengan bahan pengisi organoclay. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 14(2), 108-113.
- Sya'bani, M. W., Agustian, M. F., Pambudi, W., Suharyanto., Warmiati., Ikhwan, M. (2022). Pengaruh geothermal silica terhadap ketahanan pelarut dari komposit karet ditinjau dari karakteristik swelling dan ceoslink density. *Berkala Penelitian Teknologi Kulit, Sepatu, dan Produk Kulit Politeknik ATK Yogyakarta*. 21 (1): 129-141
- Lu, X.R., Wang, H.M., & Wang, S. J. (2015). Effect of swelling nitrile rubber in cyclohexane on its ageing, friction and wear characteristics. *Wear*, 328–329, 414–21. doi: 10.1016/j.wear.2015.03.016.
- Setyowati, P., Nadilah, S., & Murwati. (1993). Penelitian penggunaan campuran karet alam RSS dengan stiren butadiene rubber (SBR) dalam pembuatan soft rubber lining. *Majalah Barang Kulit, Karet dan Plastik*, 10(19), 72-80.
- Hidayat, A. S., Arti, D. K., Wisojodharmo, L. A., Harahap, M. E., & Susanto, H. (2019). Effect of peptizer in mastication process of natural rubber/butadiene rubber blending: rheological and mechanical properties. *International Journal of Engineering & Scientific Research*, 7(7), 16-22
- Yuniari, A., & Sarengat, N. (2013). Sifat fisika dan analisa gugus fungsi karet seal O-ring dari bahan termoplastik elastomer nitrile butadiene-rubber (NBR) dan polyvinyl chloride (PVC). *Majalah Kulit, Karet dan Plastik*, 29(1), 21-30. doi: 10.20543/mkpv.29i1.215.
- Saputra, D. A., Arti, D. K., Fidyaningsih, R., Anggaravidya, M., Wisojodharmo, L., & Fitriani, D. A. (2017, September 6). Pengaruh *paraffinic oil* dan *minarex* sebagai *processing oil* terhadap sifat fisika kompon karet untuk cushion gum karet-canvas. Tulisan disajikan dalam *Simposium Nasional Polimer XI*, Jakarta.
- Nasruddin., & Susanto, T. (2020). Study of the mechanical properties of natural rubber composites with synthetic rubber using used cooking oil as a softener. *Jurnal Kimia Indonesia*. 20(5), 967-978. doi: 10.22146/ijc.42343.
- Rifdah., Juniar, H., & Sariska, E.D. (2022). Pengaruh jenis bahan pengisi terhadap sifat fisik pada pembuatan kompon karet. *Jurnal Teknik Patra Akademika*. 13(1), 39-47.