

REVIEW : PEMBUATAN NANOKOMPOSIT KARET ALAM / POLIOLEFIN / ORGANOBENTONIT

Ahmad Hafizullah Ritonga¹, Novesar Jamarun²

¹Program Studi Kimia, Universitas Sari Mutiara Indonesia, Medan, Indonesia

²Program Doktor Kimia, Universitas Andalas, Indonesia

e-Mail : ¹*ahmad.hafizullah.r@gmail.com*

Abstract : Nanocomposites can be made by mixing three types of materials, namely natural rubber, polyolefin, and organobentonite. This article review discusses deproteinization of natural rubber using the incubation method, the grafting process of anhydrous maleate on natural rubber, either by reflux technique or by using an internal mixer, modification of natural rubber with thermoplastic materials in the form of polyolefins (such as polyethylene or polystyrene), and bentonite filler which is nanoparticle size and organic material has been modified to form organobentonite. The blending technique used in obtaining nanocomposites can be carried out either by the reflux method or the melting phase method using an internal mixer, while still using additive materials such as compatibility and initiator. The results showed that chemical bond occurred between natural rubber (NR) and polyolefins using NR-g-MA compatibility and peroxide initiator, and also the presence of nanofiller organobentonite that was spread evenly in the natural rubber / polyolefin material had improved the mechanical properties of the nanocomposite.

Keywords : Nanocomposite, Natural rubber, Polyolefin, Organobentonite.

Abstrak : Nanokomposit dapat dibuat dengan mencampurkan tiga material yaitu karet alam, poliolefin, dan organobentonit. Review artikel ini mengulas tentang deproteinisasi karet alam dengan metode inkubasi, proses grafting maleat anhidrat pada karet alam baik dengan teknik refluks maupun dengan internal mixer, modifikasi karet alam dengan material termoplastik berupa poliolefin (polietilena atau polistirena), serta bahan pengisi bentonit yang berukuran nanopartikel dan telah dimodifikasi bahan organik membentuk organobentonit. Teknik blending yang digunakan dalam memperoleh nanokomposit dapat dilakukan baik dengan metode refluks maupun metode fasa leleh menggunakan internal mixer, dengan tetap menggunakan bahan-bahan aditif seperti kompatibiliser dan inisiator. Hasil penelitian menunjukkan adanya keterikatan secara kimia antara karet alam (NR) dengan poliolefin menggunakan kompatibiliser NR-g-MA dan inisiator peroksida, serta adanya organobentonit nanofiller yang tersebar merata dalam material karet alam/poliolefin tersebut telah meningkatkan sifat mekanik dari nanokomposit tersebut.

Kata Kunci : Nanokomposit, Karet alam, Poliolefin, Organobentonit.

1. PENDAHULUAN

Karet alam merupakan salah satu komoditi yang paling banyak digunakan di seluruh dunia. Indonesia menjadi salah satu produsen dan eksportir karet alam terbesar di Dunia. Penelitian dan pengembangan terhadap karet alam terus dilakukan demi menghasilkan suatu

produk yang diinginkan. Salah satu pengembangan terhadap karet alam yaitu dengan melakukan modifikasi terhadap bahan-bahan yang bersifat termoplastik, sehingga diperoleh produk berupa termoplastik elastomer. Pada umumnya material termoplastik yang banyak digunakan yaitu polimer industri seperti poliolefin.

Beberapa termoplastik yang telah dikembangkan, diantaranya yaitu : Polistirena (PS) [1],[2],[3],[4], maupun limbah polistirena (EPS) [5], Polietilena Densitas Rendah (LDPE) [6], Polietilena Linear Densitas rendah (LLDPE) [7], Polietilena Densitas Tinggi (HDPE) [8],[9],[10],[11] Polietilena bermassa molekul sangat tinggi (UHMWPE) [12], Polietilena Terphtalat (PET) [13],[14], Polietilena digrafting komonomer vinil asetat membentuk Polietilena-g-Vinil Asetat (PE-g-VA) [15], Polipropilena (PP) [16], Polivinilidin Florida (PVDF) [17],[18], Poli Asam Laktat (PLA) [19], Poli metil metaakrilat (PMMA) [20], Polivinil Klorida (PVC) [21]. Termoplastik bekas pakai seperti limbah polistirena (EPS) [5], ataupun limbah polietilena (EPE) sangat baik untuk dikembangkan sebagai bahan campuran dalam modifikasi karet alam karena dua material ini mudah diperoleh dan paling banyak digunakan masyarakat.

Selain termoplastik, penambahan bahan aditif lainnya dalam karet alam seperti material anorganik telah dilakukan, sehingga menghasilkan suatu komposit atau nanokomposit. Bahan aditif lainnya yang digunakan dalam memodifikasi karet alam yaitu tanah lempung atau tanah lempung yang telah dimodifikasi dengan material organik membentuk organoclay (OC) [2], organoclay (OC) yang dikombinasi dengan NanoCaCO₃ [22], Karbon Nanotube (CNT) [7],[23], Silika [5],[24], Organobentonit (OBt) dari hasil modifikasi bentonit dengan surfaktan komersial [25], OMMT dari hasil modifikasi MMT dengan N, N, N tris (2-hidroksietil)-N-dodecyl amonium bromida [26], maupun oktadesilamin [27], grafena [28], [29], sekam padi [8], serbuk kayu dan CaO nanopartikel [30], dan tepung gandum [31].

Dalam meningkatkan kualitas dan fungsi penggunaan karet alam agar dapat berikatan baik secara kimia dengan material lainnya, maka beberapa inovasi telah dilakukan, diantaranya yaitu memodifikasi karet alam melalui proses

epoksidasi sehingga menghasilkan karet alam terepoksidasi (ENR) yaitu karet alam yang dimodifikasi secara kimia dengan gugus epoksida acak dalam karbon utama rantai. Epoksidasi karet alam (ENR) ini telah digunakan dalam proses preparasi termoplastik elastomer karena mampu meningkatkan sifat mekanik dan kompatibilitas dengan polimer yang bersifat polar. [17],[18],[32],[33],[34],[35].

Selain epoksidasi, ada juga proses deproteinisasi. Proses deproteinisasi ini dilakukan pada lateks karet alam agar terjadi pemisahan antara protein dari lateks karet alam secara efisien, sehingga karet alam tersebut bebas protein atau disebut dengan Deproteinisasi Karet Alam (DPNR). Hasil deproteinisasi hanya mampu mengurangi kadar protein menjadi lebih sedikit dari sebelumnya (belum bebas protein sepenuhnya). Beberapa riset inovasi terhadap karet alam deproteinisasi (DPNR) terus dilakukan dengan beberapa material lainnya [1],[36],[37],[38].

Metode lain dalam memodifikasi karet alam yaitu melalui proses siklisasi yang produknya disebut juga dengan Karet Alam Siklis (CNR) yaitu merupakan produk hasil pengubahan lateks karet alam menjadi resin pengeras dan pengkaku karet yang menggunakan katalis asam. [39], Penggunaan karet alam siklis (CNR) ini telah banyak dikembangkan khususnya di Indonesia, karena CNR ini juga sudah diproduksi secara komersil yang disebut dengan Resiprene-35 [40],[41],[42],[43].

Sementara itu, diketahui dari beberapa penelitian sebelumnya, diketahui bahwa CNR komersil (resiprene-35) produksi PT. IKN umumnya masih mengandung sedikit protein berdasarkan hasil FT-IR [40]–[43]. CNR komersil ini akan lebih baik penggunaannya apabila dilakukan proses deproteinisasi kembali [38], [39] sehingga dapat menghasilkan produk berupa CNR yang benar-benar bebas dari protein (DPCNR).

Bentonit merupakan salah satu sumber daya alam berupa tanah lempung yang melimpah di Indonesia, yang pemanfaatannya belum optimal. Bentonit ini dapat digunakan sebagai pengisi dalam industri karet alam setelah modifikasi tertentu baik secara fisika maupun kimia. Bentonit alami berdasarkan kandungan mayoritas kation di dalam strukturnya mengandung Na dan Ca yang dapat dimodifikasi melalui proses pertukaran dengan kation Ba, Sr, Cu, dan Ca-Ba sehingga dapat berfungsi sebagai pengisi pada karet seperti karet stirena butadiene (SBR) [44].

Bentonit juga dimodifikasi dengan menambahkan pemlastis Polietilena Glikol (PEG) [45], Polietilena Oksida (PEO) [46]. Bentonit ini banyak diaplikasikan sebagai filler yang berukuran nano yang disebut nanofiller. Penggunaan nanofiller pada material polimer menghasilkan material nanokomposit, sehingga dapat meningkatkan sifat dasar polimer tersebut, seperti sifat ketahanan termal, sifat mekanik, ketahanan terhadap bahan kimia dan sifat bakar (flammability). Bentonit nanofiller ini umumnya banyak diaplikasikan pada resin polimer akrilik yang digunakan sebagai pelapis [47],

Selain itu, bentonit juga dimodifikasi dengan bahan organik membentuk organobentonit. Organobentonit (OBt) dapat dihasilkan melalui proses pencampuran bentonit dengan dialil dimetil ammonium klorida dan dodesil trimetil ammonium yang berfungsi sebagai pelapis (Coating) [48], ataupun dengan 3-(Trimetoksisilane) propil metakrilat di dalam dua larutan (etanol, air dan 3-(Trimetoksisilane) propil metakrilat) yang berbeda pH yang digunakan sebagai bahan pengisi dalam matriks karet [49].

Beberapa bahan pemodifikasi bentonit yang juga sering digunakan yaitu surfaktan komersial yang dibuat pada fasa leleh dalam internal mixer [25], Cetil Trimetil Amonium Bromida (CTAB)

membentuk bentonit-CTAB yang kemudian dicampurkan dalam Poliasam Akrilat (PAA) [50], Oktadesilamin (ODA) yang membentuk Bt-ODA dan dicampurkan ke dalam matrix poliuretan [51]. Penggunaan bentonit dalam bentuk nanopartikel sangat baik dalam campuran matrix karet alam, baik dalam bentuk bentonit murni maupun organobentonit, seperti bentonit-CTAB [50].

Review artikel ini bertujuan untuk memberikan ulasan penelitian mengenai material nanokomposit yang telah dihasilkan dari campuran beberapa material, seperti karet alam maupun modifikasi karet alam, poliolefin baik berupa hasil produksi pabrik maupun hasil daur ulang sisa pakai, serta penggunaan bahan pengisi dalam ukuran nanopartikel dari bentonit murni maupun bentonit yang sudah dimodifikasi secara organik membentuk organobentonit, dengan proses pembuatan menggunakan bahan aditif lainnya seperti inisiator maupun kompatibiliser.

2. METODE PENELITIAN

Karet Alam Deproteinisasi (DPNR)

Lateks karet alam dapat dikurangi atau dihilangkan kadar proteinnya melalui proses deproteinisasi pada karet alam yang disebut DPNR. Berdasarkan hasil review tersebut diketahui bahwa proses deproteinisasi menggunakan metode inkubasi pada lateks karet alam dengan berat urea 0,1-0,2% dan berat Natrium Dodesil Sulfat (SDS) 1% pada suhu 30 °C selama 60 menit yang diikuti dengan proses sentrifugasi. Hasil berupa fraksi krim disebarkan dalam 0,5% larutan SDS untuk menghasilkan 30% lateks karet konten kering (DRC), dicuci dua kali dengan sentrifugasi sehingga dihasilkan DPNR. [1],[36],[37],[38].

Polimerisasi Grafting Karet Alam

Polimerisasi grafting merupakan salah satu metode yang digunakan dalam memodifikasi karet alam agar dapat menghasilkan ikatan kimia yang baik

antara karet alam dengan material termoplastik. Dari hasil review diketahui bahwa dalam proses grafting monomer seperti Maleat Anhidrat (MA), Asam Oleat (AO), Asam Palmitat (AP), dan komonomer lainnya pada karet alam dapat dilakukan beberapa metode, diantaranya yaitu : (1) refluks [36], [37], (2) internal mixer [40],[43] dan (3) irradiasi [52].

Proses grafting pada karet alam deproteinisasi (DPNR) dengan teknik refluks, berdasarkan review artikel dilakukan dengan mempersiapkan terlebih dahulu sejumlah tertentu DPNR, lalu dimasukkan ke dalam reaktor gelas 500 cm³ yang telah dilengkapi dengan kondensor refluks, pengaduk magnetik, termometer, dan pompa peristaltik. Penambahan KOH dan larutan buffer Na₂CO₃/NaHCO₃ diperlukan untuk menjaga pH tetap 10, yang diikuti dengan penambahan isopropanol sebagai stabilisator dan SDS sebagai emulsifier. Campuran tersebut diaduk, dialiri gas nitrogen selama 30 menit agar bebas oksigen terlarut, dipanaskan hingga suhu yang diinginkan, dilanjutkan dengan penambahan benzoil peroksida (BPO) sebagai inisiator dan monomer Maleat Anhidrat (MA) melalui pompa peristaltik. Setelah semua material dicampurkan, dibiarkan selama satu jam agar proses konversi monomer dapat terselesaikan. Produk yang terbentuk berupa padatan yang diisolasi dengan asam format panas dan dicuci dengan air deionisasi, dikeringkan dalam oven pada suhu 50 °C. Ekstraksi sokletasi digunakan untuk memurnikan produk pada suhu 35-60 °C dengan petroleum eter selama 24 jam, dicuci kembali dengan aseton untuk menghilangkan MA yang tidak tergrafting. Produk akhir yang dikeringkan merupakan kopolimer graft DPNR-g-MA [36],[37].

Proses grafting pada karet alam silikis (CNR) dengan menggunakan internal mixer berdasarkan hasil review dilakukan dengan memasukkan CNR secara perlahan ke dalam internal mixer, diatur

suhu 150-160 °C dengan kecepatan 80 rpm selama 4 menit hingga CNR tersebut meleleh sempurna. Adanya penambahan maleat anhidrat (MA) atau asam oleat (OA) diikuti dengan Dikumul Peroksida (DCP) sebagai inisiator, dan dapat juga ditambahkan Divenilbenzena (DVB) sebagai kompatibiliser hingga homogen.

Proses pencampuran dilakukan selama delapan menit agar reaksi grafting terjadi, dikeluarkan, didinginkan, dan dibuat dalam bentuk pellet. Proses pemurnian sampel, dilakukan dengan melarutkan sampel dalam 50 mL toluene, direfluks selama 60 menit, dan disaring. Larutan yang terbentuk dicuci dengan aseton secara perlahan, dikeringkan dalam oven suhu 120 °C selama 24 jam, dan dibiarkan dalam desikator. Produk akhir berupa CNR-g-MA atau CNR-g-AO [40],[43].

Proses grafting karet alam (NR) dengan teknik irradiasi sinar gamma berdasarkan hasil review dilakukan dengan mempersiapkan sejumlah tertentu lateks karet alam (NR), diaduk selama 15 menit dengan magnetic stirrer, dilanjutkan penambahan KOH dan Na₂CO₃ untuk menjaga pH tetap 10. Natrium Dodesil Sulfat (SDS) sebagai surfaktan dan air deionisasi digunakan untuk melarutkan karet alam menjadi 30% karet kering, lalu campuran tersebut diaduk selama satu jam. Penambahan MA dilanjutkan dengan komposisi sebesar 9% agar dapat memberikan dispersi partikel karet alam yang stabil dalam lateks, diaduk kembali selama 1 jam, disimpan dalam oven pada suhu 20 °C selama 24 jam. Iradiasi sinar gamma terhadap sampel dilakukan dengan menggunakan Cobalt-60 sebagai sumber radiasi gamma. Radiasi dilakukan dalam tabung reaksi tertutup rapat tanpa pembersihan nitrogen, di mana laju dosis adalah 10 kGy / jam dan dosis yang diserap bervariasi dengan mengubah waktu pemaparan pada suhu kamar. Setelah proses iradiasi, lateks karet alam dikoagulasi menjadi bentuk lapisan pada suhu kamar, direndam menyeluruh dan diaduk dalam air deionisasi sampai pH air

meningkat menjadi 7. Akhirnya, produk dikeringkan dalam oven udara pada 60 °C selama 24 jam atau sampai berat konstan tercapai [52].

Nanokomposit DPNR/ Poliolefin/ Organobentonit

Pembuatan nanokomposit dari DPNR, poliolefin, dan organobentonit umumnya dilakukan dengan teknik blending pada fasa leleh menggunakan internal mixer. Berdasarkan hasil review, untuk pencampuran antara karet alam (NR) dan limbah Polistirena (EPS) dilakukan pada fasa leleh menggunakan internal mixer Brabender Plasticorder dengan suhu 140 °C dan kecepatan rotor 50 rpm. Setelah EPS meleleh, ditambahkan secara berurutan MA (0, 0,5, 1, 1,5, 2%), DCP (0,125%), dan 35 g NR, yang berlangsung selama 8 menit [5].

Untuk pencampuran antara Lateks NR (0–7.5 phr) dengan LDPE (100–92.5 phr) dilakukan dalam gelas beaker, dikeringkan dalam oven suhu 80 °C selama 30 menit, diekstruksi dalam internal mixer pada kecepatan rotor 50 rpm pada 160 °C selama 7 menit [6]. Begitupula halnya dengan karet alam / polietilena densitas tinggi (NR / HDPE) yang dicampurkan dengan rasio 60/40, lalu dimasukkan ke dalam internal mixer pada suhu 135 °C dengan kecepatan 50 rpm selama 10 menit. Bahan tersebut kemudian digranulasi menggunakan penggiling [10].

NR-g-MA sebagai kompatibiliser dapat digunakan pada campuran poli asam laktat (PLA) dengan karet alam (NR) dengan komposisi sebesar 5%. PLA dikeringkan dalam oven pada suhu 70 °C selama 4 jam untuk menghilangkan kelembaban, lalu dimasukkan dalam mixer internal Brabender Plasticorder pada suhu 160 °C dengan kecepatan rotor 60 rpm selama 15 menit. Kompresi molding digunakan untuk menyiapkan spesimen uji kuat tekan pada suhu 190 °C menggunakan tekanan kompresi 90 bar selama 20 menit [52].

Berdasarkan hasil review, diketahui agar diperoleh komposit karet alam (NR)/ organobentonit dapat dibuat melalui metode interkalasi pada fasa leleh dalam mesin *Two Roll Mill* dengan kecepatan 24 rpm suhu 60-70°C. Hasil campuran dimasukkan ke dalam rheometer [25] atau dikompresi selama 180 menit [34].

Selain itu campuran 2 material tersebut dengan metode refluks juga dapat dilakukan pada karet alam siklis (CNR) dengan organobentonit (Bentonit-Cetil Trimetil Amonium Bromida) menggunakan inisiator benzoil peroksida [53],[54].

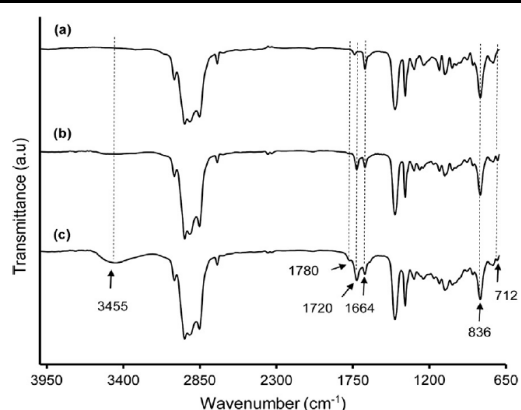
Dari dua metode tersebut tentunya hal ini juga dapat dilakukan dengan mencampurkan tiga material sekaligus DPNR, poliolefin, dan organobentonit nanofiller menggunakan metode interkalasi pada fasa leleh, yang dilanjutkan dalam internal mixer, ataupun dengan metode refluks[53],[54].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kopolimer Grafting DPNR-g-MA

Proses polimerisasi DPNR-g-MA melalui metode grafting dilakukan dengan teknik refluks. Adapun komposisi dari campuran yaitu DPNR:MA:BPO (85:9:6), dan dibuat selama 8 jam dengan variasi perbedaan suhu pemanasan yaitu 80 °C (Gambar 1.b) dan 60 °C (Gambar 1.c).

Berdasarkan hasil spektra FTIR DPNR dan DPNR-g-MA (Gambar 1), diketahui bahwa karakteristik puncak serapan DPNR terlihat pada 1664 dan 836 cm^{-1} yang mengindikasikan adanya regangan C=C dan deformasi =CH. Serapan pada 1780 dan 1720 cm^{-1} menunjukkan adanya regangan C=O dari cincin anhidrida suksinat yang dicangkokkan dengan asam suksinat, serapan pada 3455 cm^{-1} menunjukkan adanya OH dari gugus karboksilat, dan serapan pada 712 cm^{-1} berkaitan dengan C=C dari cincin anhidrida yang telah dicangkokkan [36].

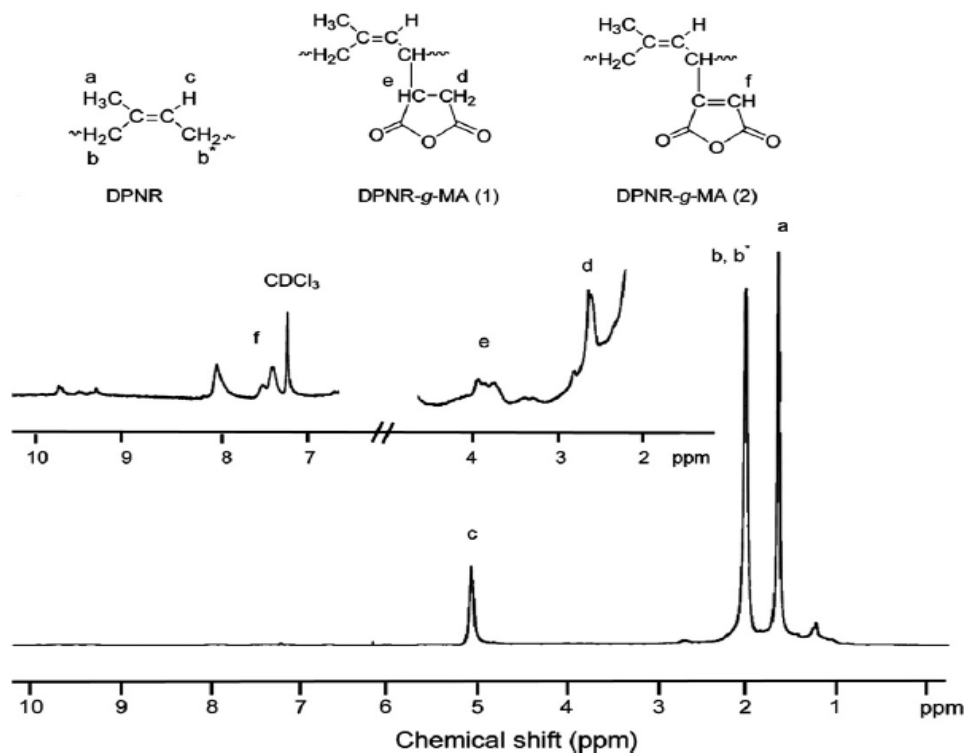


Gambar 1. Spektra FTIR (a) DPNR; (b) DPNR-g-MA (80 °C), dan (c) DPNR-g-MA (60 °C)

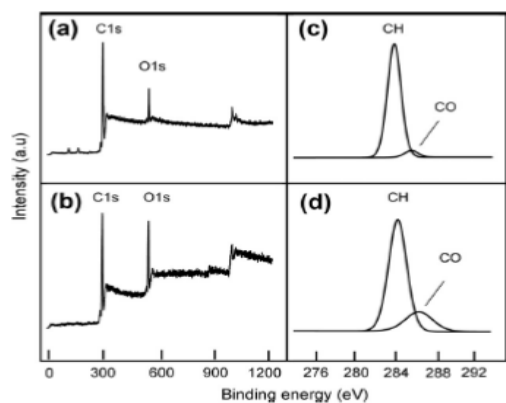
Berdasarkan hasil spektra ¹H NMR untuk DPNR dan DPNR-g-MA (Gambar 2), terlihat adanya sinyal karakteristik cis-1,4-isoprene pada 1,67 ppm, 2,03 ppm, dan 5,12 ppm yang merupakan gugus metil, metilen, dan proton metin tak jenuh. Hasil spektra FTIR DPNR-g-MA menunjukkan adanya puncak tambahan pada 2,69 ppm dan 2,91 ppm yang berarti dua proton metilen dari MA telah tergrafting. Hal ini memiliki kesesuaian

dengan grafting MA ke HDPE dan PP. Serapan pada 3,85 ppm merupakan metin proton dari cincin suksinat anhidrida. Reaksi grafting terjadi pada atom hidrogen alilik DPNR karena tidak terjadi pergeseran kimia pada 3,3 ppm yang berarti gugus suksinil melekat pada situs karbon tersier. Proton metin dari cincin anhidrida juga berada di daerah penahan karbon [36].

Karbon ikatan rangkap terlihat pada bidang yang lebih rendah (3,85 ppm), hal ini sesuai dengan struktur DPNR-g-MA (Gambar 2.1). Puncak serapan pada 7,40 ppm merupakan metin proton tak jenuh yang tergrafting cincin anhidrida, hal ini sesuai dengan struktur DPNR-g-MA (Gambar 2.2). Puncak serapan pada 9,85 ppm dikaitkan dengan proton asam karboksilat oleh adanya cincin terbuka dari cincin anhidrida. Homopolimer MA dan residu MA tidak ditemukan karena tidak ada puncak serapan pada 4,5 dan 6,9 ppm [36].



Gambar 2. Spektra ¹H NMR : (a) DPNR, (b) DPNR-g-MA (80 °C), dan (c) DPNR-g-MA (60 °C)

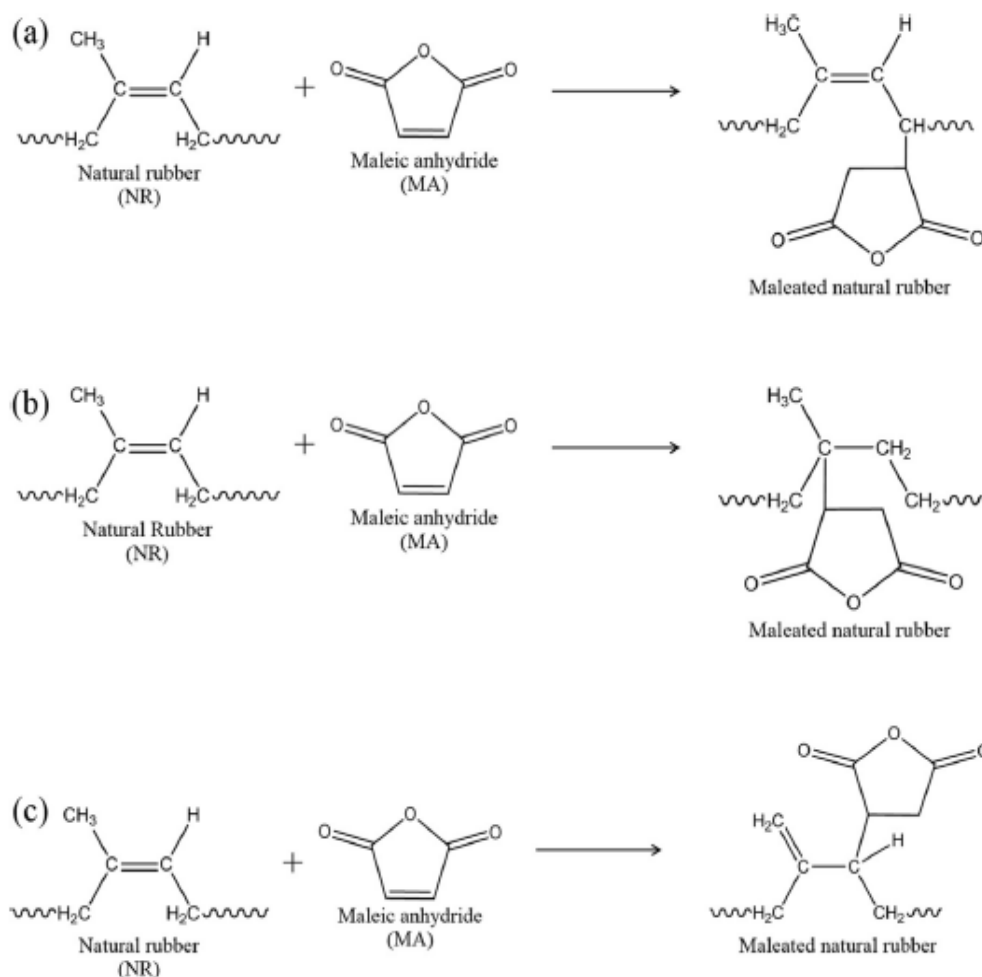


Gambar 3. Spektrum XPS *wide scan* (a) DPNR; (b) DPNR-g-MA; dan C1 spektrum tingkat inti (c) DPNR; dan (d) DPNR-g-MA

Berdasarkan hasil FTIR, analisis ¹H NMR, dan XPS, diketahui bahwa MA telah tergrafting ke DPNR.

Dalam penelitian ini, mekanisme reaksi yang mungkin dari DPNR-g-MA melalui reaksi radikal bebas, seperti pada Gambar 4 berikut. Spesies radikal (R*) yang dibelah oleh BPO dapat menghasilkan makroradikal dengan dua cara berbeda yaitu, melalui abstraksi atom hidrogen alilik dan penambahan radikal ke ikatan rangkap DPNR [36].

Makroradikal ini dapat bereaksi dengan MA sehingga menghasilkan radikal suksini. Namun, karena sulit terjadinya homopolimerisasi, maka hanya ada satu unit MA yang dipasang pada setiap situs aktif. Struktur kopolimer grafting rantai alkil dan 3 diperoleh dari penghentian radikal suksinil dengan rantai karet lainnya melalui reaksi transfer rantai atau abstraksi hidrogen [36].

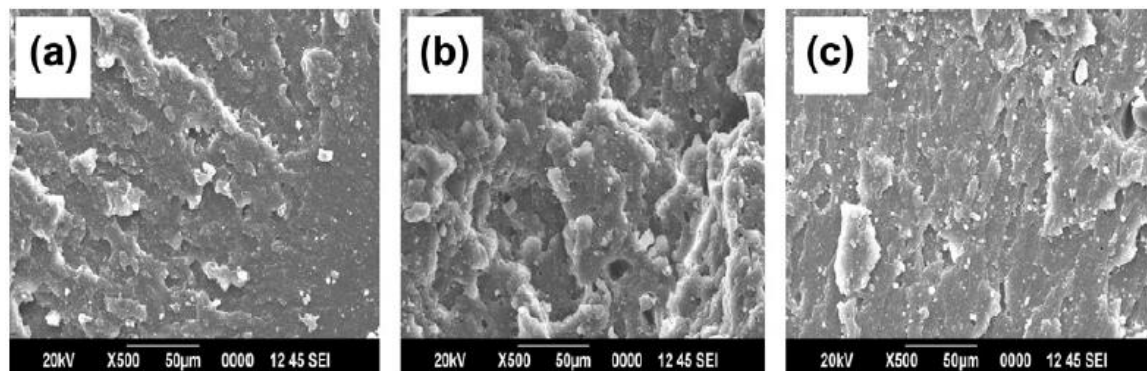


Gambar 4. Perkiraan Reaksi Grafting MA ke DPNR

Reaksi yang terjadi antara DPNR dengan MA melalui proses grafting dengan teknik refluks, ada 3 (tiga) kemungkinan

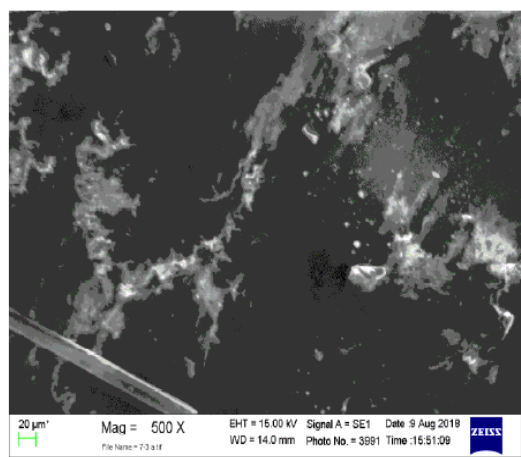
bentuk struktur kimia yang terjadi, dengan produk akhir tetap membentuk produk berupa kopolimer NR-g-MA [36].

Kompatibilitas Karet Alam (NR), Poliolefin, dan Organobentonit



Gambar 5. Hasil SEM Komposit (a) Karet Alam (NR); (b) NR-EPS Tidak Kompatibel; dan (c) NR-EPS Kompatibel [5]

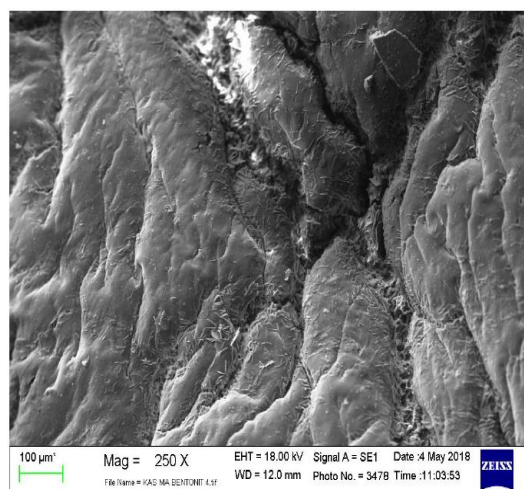
Kompatibilitas komposit kate alam (NR) dengan poliolefin. Dalam artikel ini mereview tentang pemanfaatan limbah polistirena (EPS) sebagai material termoplastik yang akan dicampurkan bersama dengan karet alam. Kompatibilitas komposit ditinjau menggunakan SEM. Pada Gambar 5.b terlihat NR dan EPS yang tidak saling bercampur, karena tidak adanya inisiator peroksida yang digunakannya dalam menginisiasi terjadinya reaksi kimia anatar dua material polimer, serta tidak dilakukan modifikasi pada karet alam agar dapat mengubah sifat kepolarannya hingga dapat berikatan antara yang satu dengan yang lain seperti pada Gambar 5.c [43].



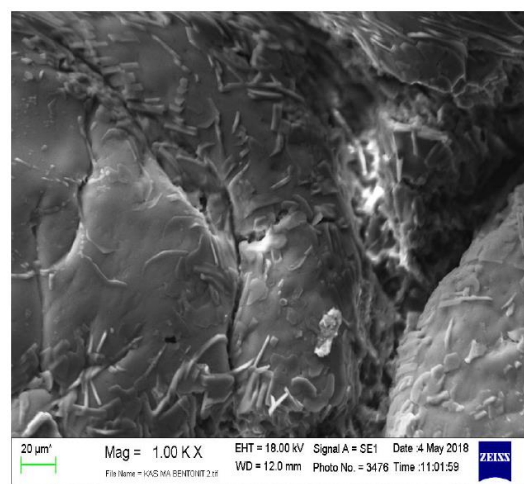
Gambar 6. CNR-g-AO/PA

Pada Gambar 6 merupakan CNR yang dimodifikasi dengan asam oleat, sehingga membentuk kopolimer CNR-g-AO dengan adanya inisiator dikumul peroksida (DCP) dan kompatibiliser Divenil Benzena (DVB) [43].

Kopolimer tersebut kemudian diblending dengan bahan termoplastik Poliamida 11 (PA-11) sehingga diperoleh produk berupa CNR-g-AO/PA. Dari Gambar 6 tersebut tampak bahwa antara dua material yang berbeda kepolaran telah terdispersi dengan baik dan bercampur dengan homogen [43].



Gambar 7. CNR-g-AO/Bentonit-CTAB



Gambar 8. CNR-g-MA/Bentonit-CTAB

Pada Gambar 7 merupakan CNR-g-AO yang diperoleh melalui proses grafting antara asam oleat dengan CNR melalui teknik refluks menggunakan inisiator DVB, dan diblending dengan bahan pengisi Bentonit yang dimodifikasi dengan CTAB. Hasil yang diperoleh menunjukkan permukaan material semakin kuat, dan bentonit-CTAB tampak terdispersi secara merata dan homogen [55], [56].

Sedangkan pada Gambar 8 merupakan CNR-g-MA/Bentonit-CTAB, dengan prosedur sama dengan [56], tetapi menggunakan komonomer maleat anhidrat. Hasil SEM yang diperoleh menunjukkan struktur permukaan material komposit tercampur dengan baik, dan bentonit-CTAB tampak terdispersi secara merata dan homogen [53].

Dari Gambar 6,7, dan 8, berdasarkan hasil review menunjukkan adanya kompatibilitas antara karet alam dengan poliolefin (polistirena) maupun dengan organobentonit, dengan terlebih dahulu karet alam dimodifikasi membentuk kopolimer. Kompatibilitas ini juga dapat terjadi karena adanya penggunaan inisiator peroksida, baik benzoil peroksida maupun dikumil peroksida [43], [53], [55], [56].

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil review artikel, maka dapat disimpulkan bahwa metode yang baik dalam pembuatan nanokomposit karet alam/ poliolefin/ organobentonit, yaitu dengan melakukan beberapa tahapan yaitu :

1. Deproteinisasi berhasil dilakukan melalui proses inkubasi menggunakan ure dan natrium dodesil sulfat (SDS) [1],[36],[37],[38].
2. Proses grafting monomer Maleat Anhidrat (MA) pada DPNR berhasil membentuk DPNR-g-MA melalui metode refluks dengan adanya inisiator Benzoil Peroksida (BPO) [36].

3. Nanokomposit dari beberapa material yaitu karet alam (NR), poliolefin, dan organobentonit (OBt) menunjukkan kompatibel berdasarkan hasil uji morfologi dengan SEM [43], [53], [55], [56].

DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. Suksawad, Y. Yamamoto, and S. Kawahara, "Preparation of thermoplastic elastomer from natural rubber grafted with polystyrene," *Eur. Polym. J.*, vol. 47, no. 3, pp. 330–337, 2011.
- [2] E. M. Sadek, D. E. El-Nashar, and S. M. Ahmed, "Influence of modifying agents of organoclay on the properties of nanocomposites based on acrylonitrile butadiene rubber," *Egypt. J. Pet.*, vol. 27, no. 4, pp. 1177–1185, 2018.
- [3] S.-A. Riyajan, I. Intharit, and P. Tangboriboonrat, "Physical properties of polymer composite: Natural rubber glove waste/polystyrene foam waste/cellulose," *Ind. Crops Prod.*, vol. 36, no. 1, pp. 376–382, 2012.
- [4] G. Jayalatha and S. K. N. Kutty, "Effect of short nylon-6 fibres on natural rubber-toughened polystyrene," *Mater. Des.*, vol. 43, pp. 291–298, 2013.
- [5] R. V. Sekharan, B. T. Abraham, and E. T. Thachil, "Utilization of waste expanded polystyrene: Blends with silica-filled natural rubber," *Mater. Des.*, vol. 40, pp. 221–228, 2012.
- [6] S. Mahapram and S. Poompradub, "Preparation of natural rubber (NR) latex/low density polyethylene (LDPE) blown film and its properties," *Polym. Test.*, vol. 30, no. 7, pp. 716–725, 2011.

- [7] F. Daver, E. Baez, R. A. Shanks, and M. Brandt, "Conductive polyolefin–rubber nanocomposites with carbon nanotubes," *Compos. Part A Appl. Sci. Manuf.*, vol. 80, pp. 13–20, 2016.
- [8] I. Ahmad, C. E. Lane, D. H. Mohd, and I. Abdullah, "Electron-beam-irradiated rice husk powder as reinforcing filler in natural rubber/high-density polyethylene (NR/HDPE) composites," *Compos. Part B Eng.*, vol. 43, no. 8, pp. 3069–3075, 2012.
- [9] P. Sae-Oui, C. Sirisinha, P. Sanguanthammarong, and P. Thaptong, "Properties and recyclability of thermoplastic elastomer prepared from natural rubber powder (NRP) and high density polyethylene (HDPE)," *Polym. Test.*, vol. 29, no. 3, pp. 346–351, 2010.
- [10] E. L. Chong, I. Ahmad, H. M. Dahlan, and I. Abdullah, "Reinforcement of natural rubber/high density polyethylene blends with electron beam irradiated liquid natural rubber-coated rice husk," *Radiat. Phys. Chem.*, vol. 79, no. 8, pp. 906–911, 2010.
- [11] I. Yuhaida, H. Salmah, I. Hanafi, and Z. Firuz, "The Effect of Acrylic Acid on Tensile and Morphology Properties of Wollastonite Filled High Density Polyethylene/Natural Rubber Composites," *Procedia Chem.*, vol. 19, pp. 401–405, 2016.
- [12] W. Li, L. Meng, and R. Ma, "Effect of surface treatment with potassium permanganate on ultra-high molecular weight polyethylene fiber reinforced natural rubber composites," *Polym. Test.*, vol. 55, pp. 10–16, 2016.
- [13] F. Pacheco-Torgal, Y. Ding, and S. Jalali, "Properties and durability of concrete containing polymeric wastes (tyre rubber and polyethylene terephthalate bottles): An overview," *Constr. Build. Mater.*, vol. 30, pp. 714–724, 2012.
- [14] S. Rahimi, I. M. Nikbin, H. Allahyari, and S. Habibi, "Sustainable approach for recycling waste tire rubber and polyethylene terephthalate (PET) to produce green concrete with resistance against sulfuric acid attack," *J. Clean. Prod.*, vol. 126, pp. 166–177, 2016.
- [15] M. Razavi-Nouri and M. Karami, "Water sorption kinetics of acrylonitrile-butadiene rubber/poly (ethylene-co-vinyl acetate)/organoclay nanocomposites," *Polymer (Guildf.)*, vol. 154, pp. 101–110, 2018.
- [16] K. Taksapattanakul *et al.*, "Raman investigation of thermoplastic vulcanizates based on hydrogenated natural rubber/polypropylene blends," *Polym. Test.*, vol. 57, pp. 107–114, 2017.
- [17] S. Salaeh, G. Boiteux, P. Cassagnau, and C. Nakason, "Dynamically cured poly (vinylidene fluoride)/epoxidized natural rubber blends filled with ferroelectric ceramic barium titanate," *Compos. Part A Appl. Sci. Manuf.*, vol. 93, pp. 107–116, 2017.
- [18] S. Salaeh, P. Cassagnau, G. Boiteux, S. Wießner, and C. Nakason, "Thermoplastic vulcanizates based on poly (vinylidene fluoride)/Epoxidized natural rubber blends: Effects of phenolic resin dosage and blend ratio," *Mater. Chem. Phys.*, vol. 219, pp. 222–232, 2018.

- [19] H. G. Ock, K. H. Ahn, S. J. Lee, and K. Hyun, "Characterization of compatibilizing effect of organoclay in poly (lactic acid) and natural rubber blends by FT-rheology," *Macromolecules*, vol. 49, no. 7, pp. 2832–2842, 2016.
- [20] S. Salaeh, T. Banda, V. Pongdong, S. Wießner, A. Das, and A. Thitithammawong, "Compatibilization of poly (vinylidene fluoride)/natural rubber blend by poly (methyl methacrylate) modified natural rubber," *Eur. Polym. J.*, vol. 107, pp. 132–142, 2018.
- [21] M. A. Da Silva, M. G. A. Vieira, A. C. G. Maçumoto, and M. M. Beppu, "Polyvinylchloride (PVC) and natural rubber films plasticized with a natural polymeric plasticizer obtained through polyesterification of rice fatty acid," *Polym. Test.*, vol. 30, no. 5, pp. 478–484, 2011.
- [22] H. S. Ghari and A. Jalali-Arani, "Nanocomposites based on natural rubber, organoclay and nano-calcium carbonate: Study on the structure, cure behavior, static and dynamic-mechanical properties," *Appl. Clay Sci.*, vol. 119, pp. 348–357, 2016.
- [23] A. Krainoi *et al.*, "Influence of critical carbon nanotube loading on mechanical and electrical properties of epoxidized natural rubber nanocomposites," *Polym. Test.*, vol. 66, pp. 122–136, 2018.
- [24] T. Xu *et al.*, "Influence of acetone extract from natural rubber on the structure and interface interaction in NR/silica composites," *Appl. Surf. Sci.*, vol. 423, pp. 43–52, 2017.
- [25] A. Ramadhan, M. I. Fathurrohman, and B. Soegijono, "Chemical Modification of Upgraded Bentonite as Filler of Natural Rubber/Organobentonite Composite," *Procedia Chem.*, vol. 16, pp. 85–90, 2015.
- [26] G. Zhang and J. Wang, "Preparation of novel flame-retardant organoclay and its application to natural rubber composites," *J. Phys. Chem. Solids*, vol. 115, pp. 137–147, 2018.
- [27] U. Sookyung, W. Thaijaroen, and C. Nakason, "Influence of modifying organoclay on the properties of natural rubber/organoclay nanocomposites," *J. Compos. Mater.*, vol. 48, no. 16, pp. 1959–1970, 2014.
- [28] V. Phetarporn, S. Loykulnant, C. Kongkaew, A. Seubsai, and P. Prapainainar, "Composite properties of graphene-based materials/natural rubber vulcanized using electron beam irradiation," *Mater. Today Commun.*, vol. 19, pp. 413–424, 2019.
- [29] H. Zhang, W. Xing, H. Li, Z. Xie, G. Huang, and J. Wu, "Fundamental researches on graphene/rubber nanocomposites," *Adv. Ind. Eng. Polym. Res.*, 2019.
- [30] M. Cosnita, C. Cazan, and A. Duta, "The influence of inorganic additive on the water stability and mechanical properties of recycled rubber, polyethylene terephthalate, high density polyethylene and wood composites," *J. Clean. Prod.*, vol. 165, pp. 630–636, 2017.
- [31] S. Hemsri, C. Thongpin, N. Supatti, P. Manomai, and A. Socharoentham, "Bio-based blends of wheat gluten and maleated natural rubber: morphology, mechanical properties and water absorption," *Energy Procedia*, vol. 89, pp. 264–273, 2016.

- [32] W. Pongdong, C. Kummerlöwe, N. Vennemann, A. Thitithammawong, and C. Nakason, "Property correlations for dynamically cured rice husk ash filled epoxidized natural rubber/thermoplastic polyurethane blends: Influences of RHA loading," *Polym. Test.*, vol. 53, pp. 245–256, 2016.
- [33] M. Y. Yong, D. T. C. Ang, and N. M. Sarih, "Novel natural rubber-based epoxy coating," *Prog. Org. Coatings*, vol. 135, pp. 105–113, 2019.
- [34] C. Xu, R. Cui, L. Fu, and B. Lin, "Recyclable and heat-healable epoxidized natural rubber/bentonite composites," *Compos. Sci. Technol.*, vol. 167, pp. 421–430, 2018.
- [35] H. Yangthong, S. Wisunthorn, S. Pichaiyut, and C. Nakason, "Novel epoxidized natural rubber composites with geopolymers from fly ash waste," *Waste Manag.*, vol. 87, pp. 148–160, 2019.
- [36] P. Wongthong, C. Nakason, Q. Pan, G. L. Rempel, and S. Kiatkamjornwong, "Modification of deproteinized natural rubber via grafting polymerization with maleic anhydride," *Eur. Polym. J.*, vol. 49, no. 12, pp. 4035–4046, 2013.
- [37] P. Wongthong, C. Nakason, Q. Pan, G. L. Rempel, and S. Kiatkamjornwong, "Styrene-assisted grafting of maleic anhydride onto deproteinized natural rubber," *Eur. Polym. J.*, vol. 59, pp. 144–155, 2014.
- [38] Y. Yamamoto, S. N. B. Norulhuda, P. T. Nghia, and S. Kawahara, "Thermal degradation of deproteinized natural rubber," *Polym. Degrad. Stab.*, vol. 156, pp. 144–150, 2018.
- [39] N. Saintier, G. Cailletaud, and R. Piques, "Cyclic loadings and crystallization of natural rubber: An explanation of fatigue crack propagation reinforcement under a positive loading ratio," *Mater. Sci. Eng. A*, vol. 528, no. 3, pp. 1078–1086, 2011.
- [40] M. S. Siregar, B. W. S. Thamrin, and J. A. Eddiyanto, "Grafting of maleic anhydride onto cyclized natural rubber by reactive processing: the effect of maleic anhydride concentrations," *Chem. Mater. Res.*, vol. 6, no. 11, pp. 15–20, 2014.
- [41] M. S. Siregar, B. W. S. Thamrin, and J. A. Eddiyanto, "Grafting of Maleic Anhydride onto Cyclized Natural Rubber by Reactive Processing: the Effect of Time and Rotor Speeds."
- [42] B. Wirjosentono, I. P. Mahendra, D. A. Nasution, H. Ismail, and J. A. Mendez, "Compatibility and Wettability of Polypropylene-Cyclic Natural Rubber-Nanocrystal Cellulose Nanocomposites Containing Methacrylic Acid and Methylacrylate as Coagents," in *Journal of Physics: Conference Series*, 2018, vol. 1120, no. 1, p. 12087.
- [43] B. Aritonang and B. Wirjosentono, "Grafting of Oleic Acid on Cyclic Natural Rubber (Resiprene-35) using Dicumyl Peroxide Initiator and Divinylbenzene Compatibilizers for Paint Binder in Polyamide Thermoplastics," *Orient. J. Chem.*, vol. 35, no. 1, pp. 173–179, 2019.
- [44] D. E. El-Nashar, N. M. Ahmed, and A. A. Yehia, "The role of ion-exchange bentonites in changing the properties of styrene-butadiene rubber composites," *Mater. Des.*, vol. 34, pp. 137–142, 2012.

- [45] L. Hammadi, N. Boudjenane, and M. Belhadri, "Effect of polyethylene oxide (PEO) and shear rate on rheological properties of bentonite clay," *Appl. Clay Sci.*, vol. 99, pp. 306–311, 2014.
- [46] C. Breen, F. Clegg, S. Thompson, L. Jarnstrom, and C. Johansson, "Exploring the interactions between starches, bentonites and plasticizers in sustainable barrier coatings for paper and board," *Appl. Clay Sci.*, vol. 183, p. 105272, 2019.
- [47] G. Choudalakis and A. D. Gotsis, "Morphology and gas transport properties of acrylic resin/bentonite nanocomposite coatings," *Prog. Org. Coatings*, vol. 77, no. 4, pp. 845–852, 2014.
- [48] H. Liang, Z. Long, S. Yang, and L. Dai, "Organic modification of bentonite and its effect on rheological properties of paper coating," *Appl. Clay Sci.*, vol. 104, pp. 106–109, 2015.
- [49] Z. Mičicová, S. Božeková, M. Pajtášová, and D. Ondrušová, "Effect of bentonite modified by silane on rubber blends properties," in *MATEC Web of Conferences*, 2018, vol. 157, p. 7006.
- [50] W. Li, Y. Bai, Q. Ma, W. Chen, M. Wu, and H. Ma, "Polyacrylic acid/CTAB-bentonite coated filter paper: Efficient and rapid removal of anionic and cationic dyes," *Appl. Surf. Sci.*, vol. 458, pp. 903–909, 2018.
- [51] A. M. Motawie *et al.*, "Electrophysical characteristics of polyurethane/organo-bentonite nanocomposites," *Egypt. J. Pet.*, vol. 23, no. 4, pp. 379–387, 2014.
- [52] S. Pongsathit and C. Pattamaprom, "Irradiation grafting of natural rubber latex with maleic anhydride and its compatibilization of poly (lactic acid)/natural rubber blends," *Radiat. Phys. Chem.*, vol. 144, pp. 13–20, 2018.
- [53] A. H. Ritonga, B. Aritonang, and H. Faisal, "Modifikasi Karet Alam Siklis dan Maleat Anhidrat Dengan Adanya Penambahan Bentonit-Cetil Trimetil Amonium Bromida (CTAB) Menggunakan Inisiator Benzoil Peroksida," *Pros. Semin. Nas. Kim. 2018*, 2019.
- [54] A. H. Ritonga, "Modifikasi Aspal Polimer Memanfaatkan Karet Ban Bekas Menggunakan Divenil Benzena Dan Dikumul Peroksida Melalui Proses Ekstrusi," *J. Kim. Saintek Dan Pendidik.*, vol. 1, no. 1, pp. 8–13, 2017.
- [55] A. H. Ritonga, B. Aritonang, and L. I. P. Zai, "Modifikasi Kopolimer Karet Alam Siklis Grafting Asam Oleat Menggunakan Inisiator Benzoil Peroksida Dan Bahan Pengisi Bentonit-Cetil Trimetil Amonium Bromida," *J. Kim. Mulawarman*, vol. 16, no. 1, pp. 42–48, 2018.
- [56] A. H. Ritonga, B. Aritonang, and R. Anggeraini, "Pemanfaatan Cetil Trimetil Amonium Bromida Sebagai Filler Dalam Pembuatan Komposit Karet Alam Siklis Grafting Maleat Anhidrat/Organobentonit," *J. Kim. Saintek dan Pendidik.*, vol. 2, no. 1, pp. 41–49, 2018.