

PENGARUH *FULL ACRYLIC* DAN *STYRENE ACRYLIC* TERHADAP KINERJA LATEKS KARET ALAM SEBAGAI *BINDER* PADA APLIKASI CAT EMULSI

The Effect of Full Acrylic and Styrene Acrylic on the Performance of Natural Rubber Latex as Binder in Emulsion Paint Applications

Arya Wiranata¹, Heni Sugesti¹, Trisuciati Syahwardini¹, Cindy Pakpahan², Putri Rosmawati³, Nurhidayah³, Bahrudin³

¹Program Studi D3 Teknik Kimia, Politeknik Negeri Sriwijaya, Kota Palembang, Sumatera Selatan, Indonesia

²Program Studi D4 Teknologi Kimia Industri, Politeknik Negeri Sriwijaya, Kota Palembang, Sumatera Selatan, Indonesia

³Program Studi S1 Teknik Kimia, Universitas Riau, Kota Pekanbaru, Riau, Indonesia
Email: arya.wiranata@polsri.ac.id

Diterima 21 Agustus 2025 / Direvisi 4 Desember 2025 / Disetujui 8 Desember 2025

Abstrak

Permintaan cat dalam industri konstruksi terus meningkat, terutama cat emulsi berbasis air yang bergantung pada kualitas bahan pengikat (*binder*) sebagai komponen utama. Indonesia masih mengandalkan impor *binder* sintetis, sehingga diperlukan alternatif lokal yang ramah lingkungan. Lateks karet alam merupakan kandidat potensial, namun memiliki kelemahan dalam ketahanan cuaca dan waktu pengeringan. Penelitian ini mengembangkan *binder* berbasis lateks karet alam yang dimodifikasi dengan resin akrilik (*full acrylic* dan *styrene acrylic*) untuk meningkatkan daya rekat, ketahanan abrasi, dan stabilitas cuaca. Modifikasi dilakukan melalui proses pencangkakan menggunakan *benzoyl peroxide*, SLS, sodium sulfit, dan polipropilen glikol pada suhu 85°C selama 60 menit. *Binder* hasil modifikasi kemudian dicampur ke dalam cat emulsi dan diuji menggunakan FT-IR *spectroscopy*, uji ketahanan gosok (*scrub*) dan abrasi (*abrasion*) (mengacu pada ASTM D2486 method A), serta pengukuran sudut kontak (*contact angle*). Hasil menunjukkan peningkatan signifikan dalam performa cat, terutama pada sampel NRL-FA(70:30) dengan kadar *binder* 15%,

yang mampu bertahan hingga 5.500 siklus dan memiliki sudut kontak 87°. Temuan ini menunjukkan bahwa lateks karet alam termodifikasi akrilik berpotensi menjadi alternatif *binder* berkinerja tinggi untuk aplikasi cat emulsi interior dan eksterior.

Kata kunci: *binder*, cat emulsi, *contact angle*, *full acrylic*, *grafting*, lateks karet alam, *scrub* dan abrasi, *styrene acrylic*

Abstract

The demand for paint in the construction industry continues to rise, particularly for water-based emulsion paints, which relies on the quality of the binder as a key component. Indonesia still depends on imported synthetic binders. Therefore, environmentally friendly local alternatives are needed. Natural rubber latex is a promising candidate. However, it has limitations in weather resistance and drying time. This study developed a natural rubber latex-based binder modified with acrylic resins (*full acrylic* and *styrene-acrylic*) to enhance adhesion, abrasion resistance, and weather stability. The modification was performed through grafting using *benzoyl peroxide*, SLS, sodium sulfite, and polypropylene glycol at 85°C for 60 minutes. The modified binder was then incorporated into emulsion paint and evaluated using FT-IR

spectroscopy, scrub and abrasion resistance tests (in accordance with ASTM D2486 method A), and contact angle measurements. The results revealed a significant improvement in paint performance, particularly in the NRL-FA(70:30) sample with a binder content of 15%, which endured up to 5,500 cycles and exhibited a contact angle of 87°. These findings suggest that acrylic-modified natural rubber latex has strong potential as a high-performance binder alternative for both interior and exterior emulsion paint applications.

Keywords: binder, emulsion paint, contact angle, full acrylic, grafting, natural rubber latex, scrub and abrasion, styrene acrylic

Pendahuluan

Dalam beberapa dekade terakhir, pesatnya pertumbuhan sektor infrastruktur dan konstruksi turut mendorong peningkatan permintaan terhadap cat sebagai material pelapis. Cat tak hanya berfungsi sebagai pelindung permukaan bangunan dari pengaruh luar, tetapi juga berperan besar dalam aspek estetika, baik di bagian dalam (interior) maupun luar (eksterior) bangunan (Abba *et al.*, 2020; Abdulsalam, 2015; Patrick, 2014). Secara umum, cat dibedakan berdasarkan fungsi pelapisnya menjadi tiga jenis: untuk bangunan, peralatan, dan pelapis fungsional khusus seperti anti karat. Berdasarkan bahan pelarutnya, cat terbagi menjadi dua kategori utama: cat berbasis pelarut (*solvent-based*) dan cat berbasis air (*water-based*). Sementara itu, berdasarkan penggunaannya, cat dikelompokkan menjadi cat interior, eksterior, dan *waterproof* (Abba *et al.*, 2020; Abdulsalam, 2015; Patrick, 2014). Salah satu jenis cat berbasis air yang paling umum adalah cat emulsi, yang banyak digunakan untuk melapisi permukaan interior maupun eksterior. Secara teknis, cat emulsi terdiri dari empat komponen utama: *binder* (berfungsi merekatkan pigmen ke permukaan dan membentuk lapisan film yang utuh), pigmen (memberi warna dan daya tutup), pelarut (media dispersi, umumnya air), dan aditif (mengatur sifat seperti kekentalan,

antibusa, pengawet, dan pembentuk film (Abdulsalam, 2015; Gaylarde *et al.*, 2011; McGonigle, 1996). Sedangkan kinerja produk cat yang beredar di Indonesia wajib memenuhi standar mutu, yang salah satunya diatur dalam SNI 3564:2014 (Cat Tembok Emulsi). Di antara semua komponen tersebut, *binder* memegang peran sentral karena berfungsi merekatkan pigmen ke permukaan dan membentuk lapisan film yang utuh. Jenis dan jumlah *binder* sangat menentukan performa akhir cat, termasuk daya tahan, ketahanan terhadap noda, daya rekat, dan ketahanan terhadap retak. Semakin tinggi rasio *binder* terhadap pigmen, pada umumnya semakin baik pula kualitas cat yang dihasilkan (Fang *et al.*, 2010; Koleske *et al.*, 2012; McGonigle, 1996).

Pada cat emulsi, *binder* yang digunakan adalah jenis yang dapat terdispersi dalam air, seperti *polyvinyl acetate* (PVAc), *vinyl acrylic*, dan *styrene acrylic*, yang dalam industri cat dikenal sebagai *binder* sintetis. (Abdulsalam, 2015; Ibrahim *et al.*, 2022). Saat ini penggunaan cat emulsi umumnya digunakan sebagai cat tembok interior ataupun eksterior pada suatu bangunan atau infrastruktur. Cat tembok interior paling banyak digunakan untuk meningkatkan estetika interior, oleh karena itu cat interior pada umumnya didesain dengan kadar *binder* dan spesifikasi yang tidak begitu tinggi. Berbeda dengan cat tembok eksterior yang penggunaannya ditujukan untuk banyak hal selain untuk meningkatkan estetika suatu bangunan. Cat tembok eksterior didesain untuk dapat bertahan dari berbagai kondisi cuaca, tahan terhadap panas, tahan terhadap UV, tahan terhadap abrasi oleh air, mencegah rembesan dan dapat melindungi bangunan dari kontaminan ataupun hal lainnya yang dapat mendegradasi bangunan tersebut.

Saat ini, industri cat emulsi di Indonesia masih sangat bergantung pada impor *binder* dari negara-negara seperti China, Jerman, Korea, dan Amerika. Berdasarkan data dari Asosiasi Produsen Cat Tembok Indonesia, konsumsi cat tembok nasional mencapai sekitar 1,1 hingga 1,3 juta ton per tahun. Jika

binder menyumbang 5–20% dari total formulasi cat, dengan rata-rata penggunaan sebesar 9%, maka kebutuhan *binder* nasional diperkirakan mencapai 99.000 hingga 117.000 ton per tahun. Angka ini sejalan dengan data impor tahun 2023, di mana Indonesia mengimpor sekitar 101 ribu ton bahan baku sintetis jenis akrilik polimer (Direktorat Statistik Distribusi, 2024). Tingginya angka impor ini disebabkan oleh belum adanya industri lokal yang memproduksi *binder* sintetis seperti *polyvinyl acetate* (PVAc), *vinyl acrylic*, dan *styrene acrylic*. Oleh karena itu, dalam beberapa tahun terakhir, banyak penelitian difokuskan pada pengembangan *binder* berbasis material alam sebagai alternatif. *Binder* dari bahan alam memiliki karakter adhesif yang serupa dengan *binder* sintetis dan berpotensi untuk bersaing. Namun, perbedaan mencolok terlihat pada sifat film yang terbentuk dimana polimer alam cenderung menghasilkan lapisan yang lebih elastis. Sejumlah bahan alam telah digunakan dalam berbagai formulasi cat, seperti *gum arabic*, terpentin, pati, protein, *drying oil*, lilin lebah (*beeswax*), dan lateks karet alam (Abdulsalam, 2015; Stoye & Freitag, 2008; Taft & Mayer, 2000). Salah satu contohnya adalah *gum arabic* dari *Acacia Senegal*, yang sering digunakan sebagai *binder* dalam cat air karena mudah larut dalam air. Meski begitu, *gum arabic* memiliki kelemahan berupa sifat hidrokoloid yang kuat, sehingga memperlambat proses pengeringan. Untuk mengatasi kekurangan ini, *gum arabic* biasanya dicampur dengan *binder* sintetis agar performanya meningkat dan biaya produksi bisa ditekan (Abdulsalam, 2015; Afolabi *et al.*, 2019; Yaumi *et al.*, 2016).

Selain *gum arabic*, lateks karet alam dari tanaman *Hevea brasiliensis* juga memiliki potensi besar sebagai bahan *binder* atau pelapis. Hal ini karena kemampuannya membentuk lapisan film yang fleksibel dan memiliki daya rekat yang cukup baik, sehingga bisa membantu mengurangi risiko retak pada cat emulsi (Khan & Poh, 2011). Namun, penggunaannya dalam industri cat masih menghadapi beberapa tantangan. Sifat hidrokoloidnya membuat lateks ini

membutuhkan waktu kering yang lebih lama, padahal waktu kering sangat krusial untuk ketahanan air, daya rekat, dan kekuatan cat terhadap substrat (Ibrahim *et al.*, 2022; Norström *et al.*, 2018). Selain itu, jika digunakan langsung sebagai *binder*, lapisan cat yang terbentuk cenderung terlalu lentur, dengan ketahanan aus dan kekuatan mekanik yang masih kurang optimal (Ibrahim *et al.*, 2022; Siring *et al.*, 2020; Wiroonpochit *et al.*, 2017; Zainudin *et al.*, 2021). Kelemahan lain dari *binder* berbasis organik seperti ini adalah rentan terhadap oksidasi, degradasi, dan paparan sinar UV, yang dapat memperpendek usia pakai cat (Eren & Can, 2019; Nguyen *et al.*, 2020; Satraphan *et al.*, 2009).

Berdasarkan sejumlah penelitian sebelumnya, modifikasi lateks karet alam dengan mencangkakan monomer *styrene* dan metil metakrilat terbukti mampu meningkatkan performa cat tembok interior hingga 20–30% (Bahrudin *et al.*, 2021; Ibrahim *et al.*, 2022). Tak hanya itu, *binder* dari lateks karet alam yang telah mengalami proses *grafting* dengan *styrene* dan metil metakrilat juga menunjukkan peningkatan daya tahan terhadap gosok (*scrub*) dan abrasi (*abrasion*) hingga 30–50% (Bahrudin *et al.*, 2022; Ibrahim *et al.*, 2022). Dalam hal daya tutup, *binder* ini pun memberikan hasil yang sangat baik untuk aplikasi interior. Menariknya, *binder* berbasis karet alam ini bahkan bisa menggantikan hingga 70% penggunaan *binder* sintetis dalam formulasi cat (Bahrudin *et al.*, 2021, 2022; Ibrahim *et al.*, 2022; Ibrahim *et al.*, 2022). Namun, meski menjanjikan untuk cat interior, modifikasi ini masih belum cocok digunakan sebagai *binder* untuk cat eksterior. Salah satu kendalanya adalah ketahanan terhadap air yang masih rendah, sehingga tidak mampu melindungi permukaan secara maksimal dalam kondisi cuaca ekstrem. Di samping itu, daya tahan terhadap gosok (*scrub*) dan abrasi (*abrasion*) saat basah juga belum memadai. Kelemahan lainnya, lateks karet alam rentan mengalami fotooksidasi dan degradasi akibat paparan sinar UV, yang bisa menyebabkan perubahan warna (*yellowing*) pada lapisan film, dan pada akhirnya

mempercepat kerusakan material karet itu sendiri.

Untuk meningkatkan ketahanan cat terhadap gosokan (*scrub*), abrasi, serta berbagai kondisi cuaca, beberapa penelitian telah mencoba memodifikasi sifat morfologi *binder* dengan menggabungkan lateks karet alam dan *binder* sintetis. Salah satu pendekatan yang dilakukan adalah menambahkan 30% polivinil asetat (PVAc) ke dalam lateks karet alam yang telah dicangkokkan dengan monomer *styrene* dan metil metakrilat. Hasilnya menunjukkan peningkatan ketahanan terhadap abrasi air dan *scrub*, khususnya pada aplikasi cat interior (Bahruddin *et al.*, 2022; Ibrahim *et al.*, 2022). Namun, hasil yang diperoleh masih belum cukup memuaskan untuk diaplikasikan sebagai cat eksterior dimana ketahanan terhadap *scrub* dan abrasi yang masih terlalu rendah. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan *binder* berbasis lateks karet alam yang memiliki ketahanan tinggi terhadap *scrub*, abrasi, serta mampu bertahan di berbagai kondisi cuaca, sehingga cocok digunakan untuk cat interior ataupun eksterior. Jika merujuk ada perkembangan cat tembok eksterior saat ini, cat tembok eksterior yang berkembang dan telah dikomersilkan banyak menggunakan *binder* berbasis akrilik seperti *full acrylic* dan *styrene acrylic*. Kedua jenis *binder* tersebut merupakan *binder* berbahan dasar akrilik yang memiliki daya rekat yang tinggi, ketahanan terhadap abrasi, ketahanan terhadap panas dan cuaca yang baik. Namun, terdapat perbedaan diantara kedua *binder* tersebut *full acrylic* (atau akrilik murni) merujuk pada emulsi polimer yang komponen utamanya adalah akrilat, yang memberikan stabilitas termal dan UV yang superior, elastisitas tinggi, dan ketahanan terhadap penguningan (*non-yellowing*), menjadikannya ideal untuk aplikasi eksterior dengan tuntutan durabilitas jangka panjang. Sebaliknya, *styrene acrylic* adalah kopolimer yang dimodifikasi dengan monomer stirena, meskipun menawarkan daya rekat yang memadai dan ketahanan air yang baik, penambahan stirena secara inheren

dapat menurunkan fleksibilitas dan ketahanan cuaca dibandingkan akrilik murni, namun tetap menjadi pilihan yang efisien dan populer untuk aplikasi cat interior dan eksterior kelas menengah. Maka dari itu, *binder* yang dikembangkan ini menggunakan campuran *binder* sintetis jenis akrilik melalui metode *grafting*, yaitu dengan mencangkokkan resin akrilik ke dalam matriks lateks karet alam. *Acrylic* resin dipilih karena memiliki sifat yang kaku, mengkilap (*glossy*), daya rekat tinggi, bersifat antimikroba, serta tahan terhadap air dan cuaca (Eren & Can, 2019; Karami *et al.*, 2018; Meng *et al.*, 2020). Sehingga dengan mencampurkan *binder* sintetis jenis akrilik dalam lateks karet alam diharapkan dapat meningkatkan sifat mekanik dari lateks karet alam dan dapat diaplikasikan sebagai *binder* untuk aplikasi cat interior ataupun eksterior.

Bahan dan Metode

Bahan

Dalam proses pembuatan *binder* untuk cat tembok dalam penelitian ini menggunakan bahan dasar lateks karet alam atau *natural rubber latex* (NRL) dengan kadar kering karet 55-60% yang diproduksi oleh PT. Myosi Internasional, Indonesia. Selain itu, dalam pembuatan *binder* ini membutuhkan *binder* sintetis akrilik seperti *full acrylic* (FA) dan *styrene acrylic* (SA) untuk memodifikasi lateks karet alam. Kedua bahan tersebut memiliki spesifikasi teknis dengan *total solid content* (TSC) 50% yang diperoleh dari distributor lokal di Indonesia. Untuk bahan-bahan lain serta komposisi yang digunakan dalam memodifikasi lateks karet alam dapat dilihat pada Tabel 1. Sedangkan untuk bahan baku dan komposisi cat emulsi yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari PT. Warna Indah Tirta Asia yang dapat dilihat pada Tabel 2.

Metode

Dalam penelitian ini akan dibagi menjadi beberapa tahapan, yaitu tahap pemekatan dan pencucian lateks karet alam, tahap modifikasi

Tabel 1. Bahan Baku dan Komposisi *Binder*

No	Komponen	Spesifikasi	Kadar (% w/w)
1	Lateks Karet alam / <i>Natural Rubber Latex</i> (NRL)	Kadar Kering Karet 55-60% Produksi PT. Myosi Internasional	70-100
2	<i>Full Acrylic</i> (FA)	<i>Total Solid Content</i> (TSC) 50%	0-30
3	<i>Styrene Acrylic</i> (SA)	<i>Total Solid Content</i> (TSC) 50%	0-30
4	<i>Sodium Lauryl Sulfate</i> (SLS)	EMAL 10N Produksi KAO Global Chemical Japan	0,5
5	Sodium Sulfit	diperoleh dari distributor lokal	0,8
6	<i>Benzoyl Peroxide</i> (BPO)	diperoleh dari distributor lokal dengan kemurnian 75%	0,1
7	<i>Polypropylene Glycol</i> (PG)	diperoleh dari distributor lokal	1

Tabel 2. Bahan Baku dan Komposisi Cat Emulsi

No	Komponen	Fungsi	Kadar (% w/w)
1	<i>Air (Water)</i>	Pelarut	280-320
2	<i>Tylose</i>	Pengental	1-3
3	<i>Ultramarineblue</i>	Koreksi Warna	0,1-0,5
4	<i>Caustic Soda</i>	Kontrol pH	0,5-1,5
5	<i>Alkylphenol ethoxylate</i>	Agen Emulsi	1-2
6	<i>NOFO</i>	Antibusa	3-5
7	<i>Titanium Dioxide (TiO₂)</i>	<i>Pigment</i> Putih	10-30
8	<i>Britex-95</i>	<i>Pigment</i>	100-150
9	<i>Omya</i>	<i>Pigment</i>	300-500
10	<i>Polypropylene Glycol (PG)</i>	Agen Koalesensi	3-6
11	<i>Acrysol</i>	Pengental	3-6
12	<i>Binder (Latex Natural Rubber Modification)</i>	<i>Binder</i>	6-15
13	<i>Parfum</i>	Pewangi	0,1-0,2
14	<i>Eastmen (Pentaerythritol Esters)</i>	Agen Pembentuk Film	2-3
15	<i>Rocima</i>	Pengawet	2-5

lateks karet alam sebagai *binder* dan tahap formulasi cat emulsi dan pencampuran *binder* dalam cat emulsi.

Tahap Pemekatan dan Pencucian Lateks Karet alam

Tahap pertama dalam penelitian ini adalah pemekatan dan pencucian lateks karet alam, lateks karet alam pekat dari PT. Myosi Internasional dengan kadar kering karet 55-60% diencerkan terlebih dahulu dengan menambahkan akuades hingga

mencapai kadar kering karet alam 30%. Pengenceran dilakukan berdasarkan prinsip konservasi massa, di mana jumlah massa karet kering dalam larutan awal harus sama dengan jumlah massa karet kering dalam larutan akhir. Metode pengenceran lateks karet alam (NRL) dari konsentrasi awal Kadar Kering Karet (KKK) 60% menjadi 30% didasarkan pada prinsip kesetimbangan massa $M_1 \times C_1 = M_2 \times C_2$. Secara praktis, pengenceran ini membutuhkan penambahan massa akuades yang sama

dengan massa lateks pekat awal; misalnya, untuk mengencerkan 100 gram lateks 60%, dibutuhkan penambahan 100 gram akuades untuk menghasilkan 200 gram lateks 30%. Prosedur ini harus dilakukan dengan menuangkan akuades secara perlahan ke dalam lateks NRL sambil diaduk dengan kecepatan rendah (200-300 rpm) untuk memastikan homogenitas dan mencegah *shock* emulsi yang dapat menyebabkan koagulasi.

Berikutnya ditambahkan *Sodium Lauryl Sulfate* (SLS) 0,5-1% dan *hydroxyethyl Cellulose* 0,3-0,5% dari berat total lateks. Kedua bahan tersebut dicampurkan dengan kecepatan 300 rpm selama 30 menit. Selanjutnya lateks dibiarkan selama 24 jam dalam tabung pemisah untuk memisahkan fasa lateks pekat dan air pada suhu ruang. Untuk pemekatan dan pemurnian lebih lanjut dilakukan proses sentrifugasi pada kecepatan 10.000 rpm selama 30 menit hingga diperoleh kadar kering karet 55-60%, lateks pekat yang dihasilkan kemudian dicuci kembali dengan akuades dan dilakukan proses yang sama sebanyak 2 kali untuk mengurangi komponen non karet atau *non enzymatic* yang menyebabkan kekuningan pada lateks karet alam. Namun, pada pencucian kedua ditambahkan antioksidan *trimethyl quinoline* (TMQ) 100 mesh 1-2% dan Sodium Sulfit 3-5%. Sodium Sulfit memainkan peran ganda yang krusial dalam menstabilkan dan memurnikan lateks karet alam (NRL) dari radikal dan oksidasi. Dalam tahap pemekatan dan pencucian (pemurnian) awal lateks, Sodium Sulfit digunakan dalam kadar yang lebih tinggi (3-5%) bersama *trimethyl quinoline* (TMQ) untuk bertindak sebagai antioksidan yang secara efektif menghilangkan pengotor dan menghambat reaksi *enzymatic* yang menyebabkan kekuningan (*yellowing*) pada lateks. Sementara itu, dalam tahap modifikasi grafting selanjutnya, Sodium Sulfit digunakan dalam kadar yang lebih rendah dan berfungsi sebagai pengawet dan pembersih radikal (*radical scavenger*) untuk menghentikan reaksi polimerisasi radikal yang tidak diinginkan dari inisiator seperti *benzoyl peroxide* (BPO), sehingga menstabilkan lateks dari degradasi

akibat pemanasan dan paparan UV. Perbedaan kadar ini mencerminkan kebutuhan: kadar yang lebih tinggi diperlukan untuk menangani pengotor awal dalam lateks mentah, sedangkan kadar yang lebih rendah cukup untuk stabilisasi termal pada proses grafting (Bahrudin *et al.*, 2025).

Tahap Modifikasi Lateks Karet alam Sebagai Binder

Tahap kedua adalah modifikasi lateks karet alam menjadi *binder*, proses ini dilakukan dengan mencampurkan lateks karet alam yang telah diolah sebelumnya dengan berbagai macam aditif seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2. Proses modifikasi lateks karet alam sebagai binder dilakukan dengan metode yang hampir sama seperti metode grafting monomer pada umumnya. Dalam prosesnya diawali dengan mencampurkan lateks karet alam, SLS dan BPO dalam reaktor sesuai dengan komposisi yang ditunjukkan pada Tabel 2. Selanjutnya campuran tersebut dipanaskan pada suhu 85°C, tekanan 1 atm dan diaduk dengan kecepatan 200 – 300 rpm selama 30 menit (Bahrudin *et al.*, 2025). Tujuan penambahan SLS diawal adalah untuk deproteinisasi lateks karet alam, proses ini dilakukan agar BPO sebagai inisiator dapat meradikalisasi lateks tidak terhambat dan diharapkan memperbesar kemungkinan terjadi pencangkokkan kopolimer dalam lateks karet alam oleh akrilik yang ditambahkan.

Kemudian setelah 30 menit, binder sintesis jenis acrylic seperti *styrene acrylic* (SA) dan *full acrylic* (FA) ditambahkan ke dalam reaktor dengan perbandingan antara lateks karet alam (NRL) dan acrylic ditunjukkan oleh Tabel 3. Kemudian campuran tersebut diaduk dengan kecepatan 200 – 300 rpm selama 60 menit pada suhu 85°C dan tekanan 1 atm. Setelah homogen sodium sulfit dimasukkan ke dalam reaktor sesuai dengan komposisi pada Tabel 1. Penambahan sodium sulfit ditujukan sebagai pengawet dan mencegah oksidasi pada lateks karet alam akibat pemanasan ataupun UV. Penambahan sodium sulfit, sebagai reduktor dan penangkap radikal, secara strategis ditambahkan ke dalam reaktor setelah

Tabel 3. Komposisi *Binder* Lateks Karet alam Modifikasi

No	Sampel <i>Binder</i>	Komposisi (%)		
		Lateks Karet alam (NRL)	<i>Full Acrylic</i> (FA)	<i>Styrene Acrylic</i> (SA)
1	NRL	100	0	0
2	NRL-FA (70:30)	70	30	0
3	NRL-FA-SA (70:15:15)	80	15	15
4	NRL-SA (70:30)	70	0	30

monomer akrilik (*styrene acrylic* dan *full acrylic*) dimasukkan, tetapi sebelum waktu reaksi 60 menit selesai. Waktu penambahan ini penting; jika sodium sulfit ditambahkan terlalu awal, ia akan bereaksi dengan radikal yang dihasilkan oleh inisiator *Benzoyl Peroxide* (BPO), sehingga menghambat atau menghentikan reaksi pencangkokan (*grafting*) monomer ke lateks karet alam (NRL). Oleh karena itu, penambahan sodium sulfit dilakukan di tengah proses bertujuan untuk menstabilkan lateks (berfungsi sebagai pengawet dan pencegah oksidasi termal) dan menghentikan sisa radikal yang tidak lagi diperlukan untuk *grafting*, memastikan polimerisasi terkontrol dan mencegah koagulasi. Setelah 60 menit, ditambahkan PG sebanyak 1% dari berat total, tujuan penambahan PG diakhir adalah untuk menstabilkan lateks dan menghindari lateks menggumpal selama penyimpanan dan aplikasi. Kemudian binder lateks karet alam didinginkan sampai suhu ruang sambil diaduk untuk menghindari penggumpalan lateks karet alam dalam kondisi panas.

Tahap Formulasi Cat Emulsi dan Pencampuran *Binder* Dalam Cat Emulsi

Tahap terakhir adalah formulasi cat emulsi dan pencampuran *binder* lateks karet alam dalam cat emulsi. Pada tahap ini diawali dengan membuat formulasi cat emulsi yang nantinya akan menjadi *base* cat emulsi. Dalam proses formulasi cat emulsi diawali dengan mencampurkan air, tylose sebagai pengental, ultramarineblue, dan caustic soda sebagai control pH dalam *mixer* dengan kecepatan pengadukan 300 – 500 rpm selama 15 menit. Kemudian tambahkan Alkylphenol

ethoxylate, NOFO, dan TiO₂ diaduk kembali dengan kecepatan yang sama dengan durasi waktu sekitar 20 menit. Selanjutnya, tambahkan Britex-95, kalsium karbonat dan omya sebagai *filler* dan pembentuk *hiding power* dalam cat. Pencampuran ketiga bahan tersebut dilakukan secara perlahan untuk menghindari cat mengendap ataupun menggumpal. Proses penambahan Britex-95, kalsium karbonat dan omya merupakan prosedur yang paling lama dan membutuhkan estimasi waktu pencampuran sekitar 20-40 menit. Kemudian tahap selanjutnya adalah menambahkan *binder* lateks karet alam yang telah dimodifikasi dengan kadar sesuai dengan rancangan penelitian yang dapat dilihat pada Tabel 4, pencampuran *binder* dan *base* cat dilakukan selama 20 menit dan tahap akhirnya adalah penambahan PG, acrysol, parfum, eastmen dan rocima sesuai dengan Tabel 2 selama 10 menit. Kemudian cat eskterior siap diaplikasikan dan uji sifat karakteristik filmnya.

Uji Karakteristik Cat Emulsi Menggunakan *Binder* Lateks Karet alam Modifikasi

A. *Fourier Transform Infrared (FT-IR) Spectroscopy*

Spektrometer FT-IR (Perkin-Elmer UATR Spectrum Two) digunakan untuk mengumpulkan data untuk analisis gugus fungsi dari sampel lateks karet alam (NRL), *full acrylic* (FA), *styrene acrylic* (SA) dan lateks karet alam yang dimodifikasi dengan metode pencangkokkan (*grafting*) *full acrylic* dan *styrene acrylic* (NRL-FA, NRL-FA-SA, NRL-SA). Sampel-sampel tersebut dikeringkan pada suhu ruang selama 24 jam. Analisis spektral

Tabel 4. Komposisi *Binder* Dalam Cat Emulsi

No	Sampel <i>Binder</i>	Kode Sampel	Kadar <i>Binder</i> (%)
1	NRL	NRL-6	6
2		NRL-9	9
3		NRL-12	12
4		NRL-15	15
5	NRL-FA (70:30)	NRL-FA-6	6
6		NRL-FA-9	9
7		NRL-FA-12	12
8		NRL-FA-15	15
9	NRL-FA-SA (70:15:15)	NRL-FA-SA-6	6
10		NRL-FA-SA-9	9
11		NRL-FA-SA-12	12
12		NRL-FA-SA-15	15
13	NRL-SA (70:30)	NRL-SA-6	6
14		NRL-SA-9	9
15		NRL-SA-12	12
16		NRL-SA-15	15

FTIR dilakukan dalam rentang bilangan gelombang 600 - 4000 cm^{-1} . Pengujian ini dilakukan dua kali pada setiap sampel untuk memastikan konsistensi data.

B. *Scrub and Abrasion Test*

Scrub and abrasion tester (BGD 526) digunakan untuk mengukur ketahanan lapisan film cat *exterior* terhadap *scrub* dan abrasi oleh air. Pengujian *scrub* and *abrasion* ini mengacu pada ASTM D2486 method A. Pengujian dilakukan dua kali dengan sampel dan perlakuan yang sama.

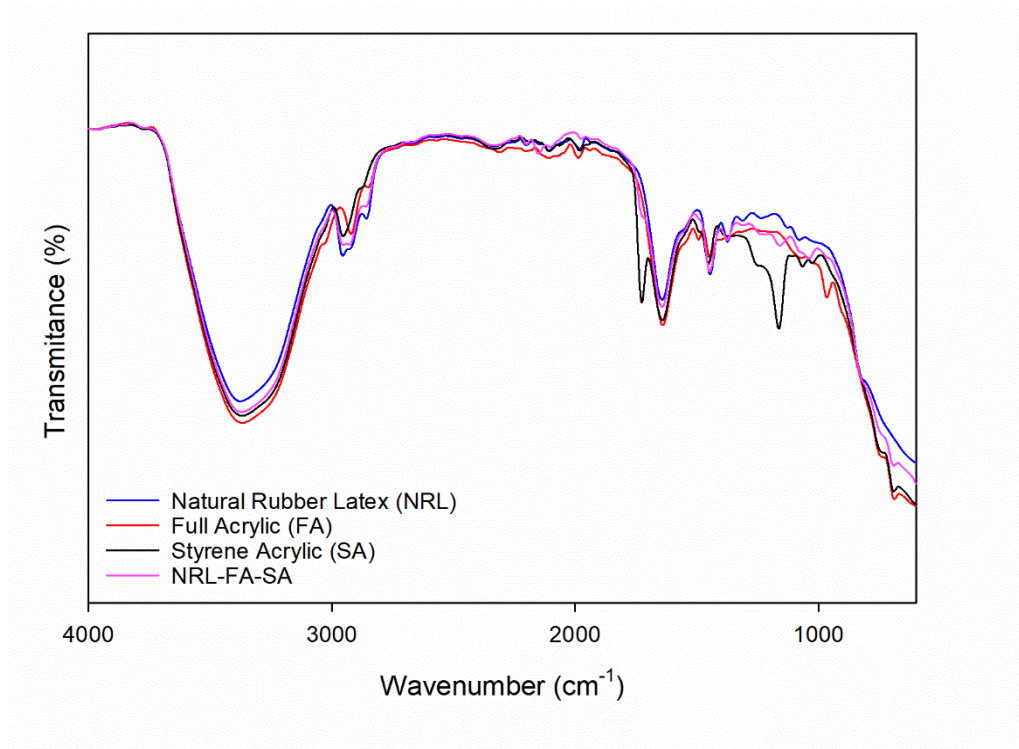
C. *Contact Angle*

Contact angle (OCA 25) pada permukaan cat emulsi dilakukan untuk mengukur pengaruh komposisi *pigment*, jenis dan kadar *binder* terhadap sifat hidrofobik dan hidrofilik dari lapisan film *binder* ataupun cat emulsi. *Contact angle* diukur dengan sistem pengukuran video dengan kamera CCD resolusi tinggi. Pengujian ini dilakukan dua kali pada setiap sampel untuk memastikan konsistensi data.

Hasil dan Pembahasan

Fourier Transform Infrared (FT-IR) Spectroscopy Binder Berbasis Lateks Karet alam

Polaritas lateks karet alam atau *natural rubber latex (NRL)*, yang dipengaruhi oleh ikatan tak jenuh, sangat mempengaruhi sifat adhesinya. Untuk mengoptimalkan NRL sebagai *binder* dengan daya rekat unggul, polaritasnya perlu ditingkatkan. Strategi ini melibatkan pencangkokan (*grafting*) monomer *full acrylic* dan *styrene acrylic*. Selain meningkatkan daya rekat, proses *grafting* ini juga bertujuan untuk meningkatkan ketahanan NRL terhadap kondisi cuaca ekstrem dan air (Worlee *et al.*, 2020). Keberhasilan *grafting* dapat dikonfirmasi melalui identifikasi gugus fungsi pada *binder* cat emulsi menggunakan *Fourier Transform Infrared (FTIR) spectroscopy*. Spektrum FTIR (Gambar 1) menunjukkan perbandingan



Gambar 1. FTIR Lateks Karet alam (NRL), *Full acrylic* (FA), *Styrene acrylic* (SA), Lateks Karet alam *Grafting Full acrylic* dan *Styrene acrylic* (NRL-FA-SA)

Tabel 5. Gugus Fungsi dan Angka Gelombang Lateks Karet alam (NRL), *Full acrylic* (FA), *Styrene acrylic* (SA), Lateks Karet alam *Grafting Full acrylic* dan *Styrene acrylic* (NRL-FA-SA)

Literatur Data Wavenumber, cm ⁻¹	Data Wavenumber (cm ⁻¹)				Gugus Fungsi
	Lateks Karet alam (NRL)	<i>Full acrylic</i> (FA)	<i>Styrene acrylic</i> (SA)	NRL- FA-SA	
3400	3379	3370	3375	3375	OH stretch
2925	2953	-	2954	2956	CH stretch
2140	-	-	-	2147	-N=C=O
1723	-	-	1729	1728	C=O stretch
1636	1643	1643	1645	1645	C=C stretch
1445	1442	1451	1457	1451	CH ₂ deformation
1374	1379	-	-	1379	CH ₃ deformation for NRL and SA-FA-L
1236	1242	-	1257	1246	C-O-C stretch
1169	-	-	1168	1162	C-O stretch
1073	1084	1076	1074	1078	C-OH stretch
970	-	971	-	967	C-H out-of-plane bending

antara NRL murni, *full acrylic* (FA), *styrene acrylic* (SA), serta NRL yang telah dicangkok dengan 15% *full acrylic* dan 15% *styrene acrylic* (NRL-FA-SA). Selanjutnya, Tabel 5 menyajikan daftar gugus fungsi dan panjang gelombang yang menunjukkan perubahan struktur lapisan film NRL sebelum dan setelah proses *grafting*.

NRL memiliki puncak khas yang ditunjukkan pada puncak penyerapan 3379 cm^{-1} untuk peregangan OH, 2953 cm^{-1} untuk peregangan CH, 1643 cm^{-1} untuk ikatan rangkap dalam peregangan rantai polimer C=C, 1442 cm^{-1} puncak penyerapan untuk deformasi CH_2 , kemudian terdapat puncak penyerapan 1379 cm^{-1} untuk deformasi CH_3 terhadap lateks karet alam dan *grafting* lateks dengan monomer *full acrylic* dan *styrene acrylic*, puncak penyerapan 1242 cm^{-1} untuk peregangan C-O-C, serta terakhir ada 1084 cm^{-1} untuk peregangan C-OH (Pagnin *et al.*, 2022; Yong & Liang, 2019). Pengamatan yang sama juga dilakukan pada *full acrylic* dan *styrene acrylic* yang masing-masing juga memiliki beberapa puncak yang sama seperti pada lateks karet alam. Puncak penyerapan yang terdapat pada monomer *full acrylic* diantaranya yaitu 3370 , 1643 , 1451 , 1076 , dan 971 cm^{-1} menunjukkan peregangan OH, peregangan C=C, deformasi CH_2 , peregangan C-OH, dan C-H (Bahruddin *et al.*, 2025; Pagnin *et al.*, 2022). Kemudian untuk puncak penyerapan yang terdapat pada monomer *styrene acrylic* diantaranya yaitu 3375 , 2954 , 1729 , 1645 , 1457 , 1257 , 1168 , dan 1074 cm^{-1} yang menunjukkan peregangan OH, peregangan CH, peregangan ikatan rangkap C=O, peregangan ikatan rangkap C=H, deformasi CH_2 , peregangan C-O-C, C-O *stretch*, dan peregangan C-OH (Ibrahim *et al.*, 2022; Ibrahim *et al.*, 2022; Mikolaszek *et al.*, 2022; Pagnin *et al.*, 2022).

Hasil analisis *Fourier Transform Infrared* (FTIR) menunjukkan adanya puncak serapan unik pada 2147 cm^{-1} di sampel lateks karet alam (NRL) yang telah di-*grafting*. Puncak ini tidak terdeteksi pada spektrum individu NRL, *styrene acrylic*, maupun *full acrylic*, mengindikasikan keberadaan gugus isosianat

(-N=C=O). Kemungkinan besar, gugus ini terbentuk dari senyawa nitrogen yang terlepas dari NRL dan berinteraksi dengan gugus C=O, menunjukkan potensi terjadinya reaksi samping selama proses *grafting* (Nandiyanto *et al.*, 2019). Selain itu, NRL yang di-*grafting* dengan monomer *full acrylic* dan *styrene acrylic* (NRL-FA-SA) juga menunjukkan perubahan struktural signifikan yang ditandai dengan munculnya puncak-puncak baru. Puncak-puncak serapan baru ini teramati pada 967 cm^{-1} (C-H *out-of-plane bending*), 1162 cm^{-1} (C-O *stretch*), dan 1728 cm^{-1} (regangan gugus karbonil C=O). Kehadiran puncak-puncak baru ini menjadi bukti kuat bahwa gugus fungsi dari *full acrylic* dan *styrene acrylic* telah berhasil terintegrasi ke dalam NRL, mengonfirmasi keberhasilan proses *grafting* pada sampel NRL:FA:SA (Bahruddin *et al.*, 2025).

Selain munculnya puncak serapan baru yang mengindikasikan keberadaan gugus fungsi dari *full acrylic* dan *styrene acrylic* setelah *grafting* pada natural rubber latex (NRL-FA-SA), proses *grafting* juga dapat dibuktikan melalui perubahan intensitas gugus fungsi, yang dinyatakan dengan nilai transmitansi. Sebagai contoh, puncak serapan pada 3379 cm^{-1} (NRL), 3370 cm^{-1} (*full acrylic*), 3375 cm^{-1} (*styrene acrylic*), dan 3375 cm^{-1} (hasil *grafting* ketiganya) semuanya menandakan adanya regangan gugus fungsi O-H. Nilai transmitansi untuk masing-masing puncak tersebut adalah 42.5%, 39.46%, 40.23%, dan 40.24%. Demikian pula, pada panjang gelombang 2953 cm^{-1} (NRL), 2954 cm^{-1} (*styrene acrylic*), dan 2956 cm^{-1} (hasil *grafting*), yang menunjukkan regangan gugus fungsi C-H, nilai transmitansinya berturut-turut adalah 73.29%, 77.31%, dan 75.41%. Perbedaan nilai transmitansi pada regangan gugus fungsi O-H dan C-H ini secara jelas menunjukkan adanya penambahan dan pengurangan intensitas gugus fungsi, yang menjadi bukti kuat bahwa proses *grafting* telah berhasil terjadi (Al Lafi & Aji, 2017).

Lebih lanjut, untuk memberikan bukti yang lebih meyakinkan, kami melakukan analisis semi-kuantitatif dengan membandingkan

rasio intensitas puncak. Peningkatan signifikan rasio intensitas A_{1728}/A_{2953} (di mana A_{2953} adalah puncak referensi C-H alifatik dari *backbone* polimer) pada sampel hasil *grafting* mengindikasikan peningkatan proporsi relatif gugus C=O yang berasal dari monomer akrilik. Peningkatan proporsi gugus akrilik inilah yang secara kimiawi berkontribusi pada peningkatan daya rekat dan sifat hidrofobik film cat. Adapun puncak yang tidak umum terdeteksi pada 2147 cm^{-1} mengindikasikan keberadaan gugus Isosianat (-N=C=O). Kemunculan gugus ini diyakini sebagai reaksi samping yang dipicu oleh kondisi termal tinggi 85°C di mana senyawa nitrogen yang berasal dari degradasi protein dalam NRL berinteraksi dan bereaksi dengan gugus karbonil atau karbon dioksida. Puncak ini menegaskan kompleksitas proses *grafting* radikal yang melibatkan komponen non-karet alami dari lateks (Teodorescu *et al.*, 2004; Tévenot & Kawahara, 2021; White & Sasaki, 2003).

Ketahanan *Scrub* dan Abrasi (*Scrub and Abrasion Resistance*)

Scrub and abrasion resistance adalah kemampuan ketahanan lapisan film cat terhadap *scrub* ataupun abrasi tanpa kehilangan sejumlah komponen cat dalam keadaan basah ataupun kering yang mengacu pada ASTM D2486 method A. Ketahanan *scrub* dan abrasi pada cat tersebut sangat dipengaruhi oleh performa *binder* dalam mengikat komponen cat dan komposisi cat itu sendiri (Bahruddin *et al.*, 2022; Calovi *et al.*, 2020; Ibrahim *et al.*, 2022; Kirsch *et al.*, 2001). Pada Tabel 6, diperlihatkan nilai *scrub* dan abrasi dari cat emulsi menggunakan *binder* lateks karet alam yang dimodifikasi dan tanpa modifikasi. Cat emulsi berbasis *binder* lateks karet alam (NRL) menunjukkan nilai *scrub* dan abrasi yang jauh lebih rendah dibandingkan cat emulsi menggunakan *binder* lateks karet alam modifikasi yaitu hanya 158 siklus pada kadar *binder* 15%. Hal ini dikarenakan sifat morfologi dari lateks karet alam membentuk lapisan film cat menjadi sangat fleksibel,

Tabel 6. Nilai *Scrub* dan Abrasi Cat Emulsi Dengan Berbagai Jenis *Binder* dan Kadar *Binder*

No	<i>Binder</i> Sampel	<i>Scrub</i> dan Abrasi Cat Emulsi Pada Berbagai Kadar <i>Binder</i>			
		6	9	12	15
1	NRL	4	11	51	158
2	NRL-FA (70:30)	72	325	1997	5500
3	NRL-FA-SA (70:15:15)	23	158	1370	2600
4	NRL-SA (70:30)	92	388	678	2566

ketahanan aus dan sifat mekanik yang buruk (Ibrahim *et al.*, 2022; Sriring *et al.*, 2020; Wiroonpochit *et al.*, 2017; Zainudin *et al.*, 2021). Selain itu, penggunaan *binder* berbahan dasar organik seperti lateks karet alam mempunyai kelemahan yang menyebabkan masalah kompatibilitas, oksidasi dan degradasi ketika terkena UV, sehingga dapat mengurangi masa pakai cat tersebut (Eren & Can, 2019; Nguyen *et al.*, 2020; Satraphan *et al.*, 2009).

Hasil berbeda diperoleh pada cat emulsi berbasis lateks karet alam yang dimodifikasi dengan mencangkokkan *acrylic* seperti *full*

acrylic dan *styrene acrylic* yang mengalami peningkatan ketahanan *scrub* dan abrasi yang signifikan. Performa cat emulsi dalam menahan *scrub* dan abrasi meningkat seiring dengan meningkatnya kadar *binder* dan mencapai puncaknya pada penambahan 30% *full acrylic* dalam lateks karet alam dengan nilai mencapai 5500 siklus. Peningkatan ketahanan *scrub* dan abrasi yang optimal terjadi pada sampel NRL-FA (70:30) disebabkan oleh kompatibilitas struktural antara Lateks Karet alam (NRL) dan *Full Acrylic* (FA) yang keduanya membentuk matriks polimer *amorf* yang stabil dan kohesif. Selain itu, peningkatan kompatibilitas Lateks

Karet alam (NRL) dengan *Full Acrylic* (FA) dipengaruhi oleh struktur rantai samping ester. Rantai samping ester yang lebih panjang dan jumlah gugus alkil yang lebih tinggi dalam polimer akrilik meningkatkan difusi timbal balik antara kedua fase, menghasilkan film yang lebih halus dan lebih kohesif (Zheng *et al.*, 2017). Struktur *amorf* yang kaku dan kompatibilitas yang mumpuni meningkatkan kekuatan mekanik film dan daya rekatnya terhadap gesekan basah (Zheng *et al.*, 2017). Selain itu, beberapa referensi menyebutkan bahwa lateks karet alam yang dimodifikasi dengan mencangkokkan *full acrylic* (FA) menunjukkan *peningkatan tensile strength, tear strength*, modulus, adhesi, dan kohesi (Hayemasae *et al.*, 2024; Worlee *et al.*, 2020). Sehingga aplikasinya sebagai binder untuk cat emulsi dapat menghasilkan ketahanan lapisan film cat terhadap *scrub* dan abrasi yang tinggi.

Namun, penambahan *styrene acrylic* dalam lateks karet alam menyebabkan penurunan *scrub* dan abrasi pada cat emulsi. Hal ini dikarenakan, *styrene acrylic* (SA) memiliki struktur semi-kristal yang tidak kompatibel dengan matriks *amorf* NRL, memicu destabilisasi, aglomerasi binder, dan merusak integritas film, sehingga menurunkan kemampuan film dalam menahan gesekan. Hal ini dibuktikan juga dengan meninjau *temperature glass transition* (T_g) masing-masing bahan. Adapun T_g dari lateks karet alam, *styrene acrylic*, dan *full acrylic* berturut turut sebesar -70°C , 100°C , dan -22°C (Ho & Khew, 2000). Lateks karet alam dan *full acrylic* memiliki T_g di bawah suhu normal akan membentuk struktur material berupa *amorf*. Kemudian *styrene acrylic* memiliki T_g di atas suhu normal akan membentuk struktur material berupa kristal, namun karena *styrene acrylic* merupakan campuran dari *styrene* murni yang berupa kristal dan *acrylic* bersifat *amorf* sehingga menghasilkan struktur semi-kristal (Nie *et al.*, 2017; Wong *et al.*, 2007).

Lateks karet alam dan *full acrylic* merupakan campuran yang kompatibel karena memiliki struktur material yang sama yaitu *amorf* (Arayapranee, 2013; Pichayakorn *et al.*, 2012; Worlee *et al.*, 2020). Penambahan *styrene acrylic*

yang memiliki struktur material berbeda berupa semi-kristal dapat merusak struktur *amorf* yang sudah ada. Penambahan 15% dan 30% *styrene acrylic* pada berbagai kadar *binder* konsisten mengalami penurunan nilai *scrub* dan abrasi yang drastis. Hal ini terjadi karena lateks karet alam bersifat kurang stabil pada saat struktur semi-kristal dicampurkan dengan struktur *amorf* akan meningkatkan sisi aktif *binder* (Fanta *et al.*, 2020). Peningkatan sisi aktif *binder* menyebabkan *binder* tersebut mudah bereaksi dengan komponen *base cat* yang ada serta berikatan kembali dengan rantai CH yang terdapat pada lateks karet alam (Li *et al.*, 2019; Zhang & Rong, 2013). Sisi aktif *binder* yang bereaksi ini mengakibatkan terjadinya aglomerasi ketika *binder* dicampurkan dengan *base cat*. Aglomerasi menyebabkan penyebaran *binder* dalam *base cat* menjadi tidak merata dan memiliki tekstur yang kasar, sehingga fungsi *binder* sebagai perekat pada cat menjadi menurun (Liu *et al.*, 2017). Hal ini menjadikan nilai *scrub* dan abrasi yang dihasilkan menurun drastis.

Sudut Kontak (*Contact Angle*)

Contact angle merupakan salah satu faktor penting untuk menentukan nilai keterbasahan cairan pada permukaan (Martha *et al.*, 2021). Dalam aplikasi cat emulsi, nilai *contact angle* berhubungan erat dengan ketahanan cat terhadap gosokan (*scrub*) dan abrasi (*abrasion*) saat dalam kondisi basah. Lapisan *film* cat yang memiliki keterbasahan tinggi memungkinkan air lebih mudah meresap ke dalam struktur cat, sehingga meningkatkan terjadinya penetrasi air. Hal ini dapat menyebabkan degradasi seperti pengapuran atau pengelupasan setelah jangka waktu tertentu setelah pengaplikasian dilakukan (Sbardella *et al.*, 2018). *Contact angle* terbentuk di titik pertemuan antara antarmuka cair-padat dan antarmuka cair-uap. Berdasarkan nilai *contact angle* tetesan air, sifat cat dapat dikategorikan menjadi tiga jenis yaitu hidrofilik jika *contact angle* kurang dari 90° ($\theta < 90^\circ$), hidrofobik jika *contact angle* berada dalam rentang 90° hingga 150° ($90^\circ < \theta < 150^\circ$), dan super hidrofobik jika *contact angle* lebih dari 150° ($\theta > 150^\circ$) (Bahrudin *et al.*,

Tabel 7. *Contact Angle* untuk Cat Emulsi

No.	Kode Sampel	Kadar <i>Binder</i> (%)	<i>Contact Angle</i> (°)
1.	NRL-FA-SA-6	6	63
2.	NRL-FA-SA-9	9	73
3.	NRL-FA-SA-12	12	84
4.	NRL-FA-SA-15	15	87

2025). Tabel hasil pengujian *contact angle* dapat dilihat pada Tabel 7.

Pengukuran sudut kontak (*contact angle*) menunjukkan korelasi positif dengan peningkatan kadar *binder*. Peningkatan kadar *binder* dari 6% (NRL-FA-SA-6) menjadi 15% (NRL-FA-SA-15) menghasilkan peningkatan sudut kontak dari 63° menjadi 87°. Peningkatan ini mengindikasikan bahwa lapisan film cat menjadi semakin non-polar dan mendekati sifat hidrofobik (batas $\theta > 90^\circ$). Peningkatan sudut kontak ini disebabkan oleh modifikasi struktur kimia *binder*. Pencangkokan *full acrylic* (FA) dan *styrene acrylic* (SA) pada NRL meningkatkan gugus-gugus non-polar seperti C-H alifatik dan cincin benzena yang memiliki energi permukaan rendah. Selama pembentukan film, gugus-gugus non-polar ini cenderung berorientasi ke antarmuka film, sementara gugus polar (seperti O-H yang hidrofilik) cenderung masuk ke dalam matriks. Orientasi permukaan yang didominasi gugus non-polar inilah yang secara mekanistik meningkatkan sudut kontak dan meminimalkan interaksi dengan molekul air, mengurangi kebasahan permukaan (Piazza & Morell, 2009; Urata et al., 2014). Selain itu, peningkatan kadar *binder* dan korelasinya pada peningkatan sudut kontak dalam formulasi cat berkontribusi pada peningkatan sifat kedap air, kilau, dan kehalusan permukaan lapisan film cat.

Selain faktor kimiawi, peningkatan kadar *binder* juga berkontribusi pada peningkatan densitas dan kehalusan lapisan film. Fungsi utama *binder* adalah menyatukan dan mengisi ruang kosong antar-partikel pigmen dan filler. Dengan kadar *binder* yang lebih tinggi (15%), terbentuk lapisan film yang lebih padat (*continuous film*) dan seragam. Struktur film yang padat ini secara efektif menghambat pori-

pori atau celah yang dapat menjadi jalur penetrasi air, sehingga meningkatkan resistensi cat terhadap degradasi yang dipicu oleh air seperti pengapuran atau pengelupasan. Hal tersebut memiliki korelasi terhadap ketahanan *scrub* dan abrasi yang meningkat seiring meningkatnya kadar *binder* (Tariq et al., 2024). Peningkatan kandungan *binder* juga berperan dalam memperpanjang masa pakai cat setelah aplikasi, karena lapisan film yang terbentuk menjadi lebih kuat, lebih stabil terhadap lingkungan, dan memiliki daya tahan yang lebih baik terhadap faktor eksternal seperti kelembapan dan cuaca ekstrem (Kung et al., 2019).

Kesimpulan

Modifikasi lateks karet alam (NRL) melalui metode pencangkokan (*grafting*) akrilik, khususnya *Full Acrylic* (FA), secara definitif terbukti meningkatkan performa NRL sebagai binder cat emulsi. Konfirmasi keberhasilan *grafting* didukung oleh analisis FT-IR yang menunjukkan kemunculan gugus fungsi spesifik akrilik. Kinerja binder yang optimal tercapai pada sampel NRL-FA (70:30) dengan kadar *binder* 15%, yang menunjukkan peningkatan daya tahan *scrub* dan abrasi basah secara signifikan hingga mencapai 5.500 siklus, yang setara dengan peningkatan hampir 35 kali lipat dibandingkan kontrol yaitu binder NRL tanpa modifikasi pada kadar yang sama yang hanya mencapai 158 siklus. Peningkatan signifikan ini disebabkan oleh kompatibilitas struktural yang menghasilkan matriks polimer amorf yang lebih kaku, sehingga meningkatkan daya rekat dan kekuatan mekanik film. Meskipun penambahan *Styrene Acrylic* (SA) dapat memengaruhi dan menurunkan ketahanan *scrub* akibat

ketidakcocokan struktural, penambahan segmen akrilik secara keseluruhan terbukti berkontribusi terhadap peningkatan densitas film dan sifat ketahanan air. Hal ini tercermin dari pengukuran sudut kontak (*contact angle*), di mana sampel NRL-FA-SA (70:15:15) dengan kadar *binder* 15% menunjukkan sudut kontak yang membesar hingga 87°, yang secara mekanistik menunjukkan penurunan energi permukaan dan penghambatan penetrasi air. Secara keseluruhan, temuan ini mengukuhkan potensi besar lateks karet alam termodifikasi akrilik sebagai alternatif binder berkinerja tinggi untuk aplikasi cat emulsi.

Daftar Pustaka

- Abba, Z. ., Gumel, S. ., Idris, A. ., & Ibrahim, M. . (2020). Formulation of Paint using Natural Pigment from Lawsonia Inermis Leaves. *International Journal of Advanced Chemistry*, 8 (1) , 1 5 5 . <https://doi.org/10.14419/ijac.v8i1.30712>.
- Abdulsalam, S. (2015). Production of Emulsion House Paint Using Polyvinyl Acetate and Gum Arabic as Binder. *International Journal of Materials Science and Applications*, 4(5), 350. <https://doi.org/10.11648/j.ijmsa.20150405.20>.
- Afolabi, A. O., Odunola, M., Ogundipe, K. E., Ajao, A. M., & Ogunbayo, B. F. (2019). Sustainable locally sourced materials for small-scale paint production. *Journal of Physics: Conference Series*, 1299(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1299/1/012124>.
- Al Lafi, A. G., & Ajji, Z. (2017). Radiation grafting of acrylic acid and N-vinyl imidazole onto polyethylene films for lead-ion removal: A two-dimensional correlation infrared spectroscopy investigation. *Journal of Applied Polymer Science*. <https://doi.org/10.1002/app.44781>
- Arayaprane, W. (2013). CHAPTER 5. Natural Rubber Blends and Based IPNs: Manufacturing Methods. <https://doi.org/10.1039/9781849737647-00107>.
- Bahrudin, Fadhillah, I., Wiranata, A., & Helwani, Z. (2022). Effect of binder levels natural rubber latex grafting styrene and methyl methacrylate/polyvinyl acetate on emulsion paint characteristics. *Materials Today : Proceedings*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.02.390>.
- Bahrudin, Helwani, Z., Fadhillah, I., Wiranata, A., & Miharyono, J. (2021). Opacity and washability properties of emulsion paint with natural rubber latex/Polyvinyl acetate blend binder. *Journal of Physics: Conference Series*, 2049(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2049/1/012092>.
- Bahrudin, Wiranata, A., Helwani, Z., Jahrizal, & Firzal, Y. (2025). Characteristics of Exterior Emulsion Paint Using Natural Rubber Latex Binder. *South African Journal of Chemical Engineering*. <https://doi.org/10.1016/j.sajce.2025.02.001>.
- Calovi, M., Rossi, S., Deflorian, F., Dirè, S., Ceccato, R., Guo, X., & Frankel, G. S. (2020). Effects of graphene-based fillers on cathodic delamination and abrasion resistance of cataphoretic organic coatings. *Coatings*, 10 (6) . <https://doi.org/10.3390/COATINGS10060602>.
- Direktorat Statistik Distribusi. (2024). Statistik Perdagangan Luar Negeri Indonesia (Badan Pusat Statistik (ed.); Vol. 41). Badan Pusat Statistik.
- Eren, M., & Can, H. K. (2019). Preparation of zinc methacrylate-methylmethacrylate-butyl acrylate emulsions and their application in exterior paints. *Progress in Organic Coatings*, 135(March), 424–437. <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2019.06.031>.
- Fang, C. Q., Zhang, M. R., Li, T. H., Zhou, S. S., & Zhao, S. J. (2010). Study on polyurethane/polyurethane emulsion water-based ink. *Key Engineering Materials*, 428–429, 524–527. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.428-429.524>.

- Fanta, G. M., Jarka, P., Szeluga, U., Tański, T., & Kim, J. Y. (2020). Phase behavior of amorphous/semicrystalline conjugated polymer blends. *Polymers*. <https://doi.org/10.3390/POLYM12081726>.
- Gaylarde, C. C., Morton, L. H. G., Loh, K., & Shirakawa, M. A. (2011). Biodeterioration of external architectural paint films - A review. *International Biodeterioration and Biodegradation*, 65(8), 1189–1198. <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2011.09.005>.
- Hayemasae, N., Worlee, A., & Masa, A. (2024). Influence Of Calcium Carbonate Content On Properties Of Natural Rubber And Acrylic Blends For Coating Applications. *Journal of Applied Science and Engineering*, 28(2), 411–419. [https://doi.org/10.6180/jase.202502_28\(2\).0019](https://doi.org/10.6180/jase.202502_28(2).0019).
- Ho, C. C., & Khew, M. C. (2000). Low glass transition temperature (T_g) rubber latex film formation studied by atomic force microscopy. *Langmuir*. <https://doi.org/10.1021/la990192f>
- Ibrahim, B., Helwani, Z., Fadhilah, I., Wiranata, A., & Miharyono, J. (2022). Properties of emulsion paint with modified natural rubber latex/polyvinyl acetate blend binder. *Applied Sciences (Switzerland)*, 12(1). <https://doi.org/10.3390/app12010296>.
- Ibrahim, B., Helwani, Z., Wiranata, A., Fadhilah, I., Miharyono, J., & Nasruddin. (2022). Properties of Emulsion Paints with Binders Based on Natural Latex Grafting Styrene and Methyl Methacrylate. *Applied Sciences (Switzerland)*, 12(24). <https://doi.org/10.3390/app122412802>.
- Karami, S., Motahari, S., Pishvaei, M., & Eskandari, N. (2018). Improvement of thermal properties of pigmented acrylic resin using silica aerogel. *Journal of Applied Polymer Science*, 135(1), 1–9. <https://doi.org/10.1002/app.45640>.
- Khan, I., & Poh, B. T. (2011). Natural Rubber-Based Pressure-Sensitive Adhesives: A Review. *Journal of Polymers and the Environment*, 19(3), 793–811. <https://doi.org/10.1007/s10924-011-0299-z>.
- Kirsch, S., Pfau, A., Frechen, T., Schrof, W., Pföhler, P., & Francke, D. (2001). Scrub resistance of highly pigmented paints: A study on abrasion mechanisms of different scrub techniques. *Progress in Organic Coatings*, 43(1–3), 99–110. [https://doi.org/10.1016/S0300-9440\(01\)00222-3](https://doi.org/10.1016/S0300-9440(01)00222-3)
- Koleske, J., Springate, R., & Brezinski, D. (2012). *Additives Handbook. Paint & Coatings Industry*, June, 46–82.
- Kung, C. H., Sow, P. K., Zahiri, B., & Mérida, W. (2019). Assessment and Interpretation of Surface Wettability Based on Sessile Droplet Contact Angle Measurement: Challenges and Opportunities. *Advanced Materials Interfaces*, 6(18), 1–27. <https://doi.org/10.1002/admi.201900839>.
- Li, T., Zheng, T., Han, J., Liu, Z., Guo, Z. X., Zhuang, Z., Xu, J., & Guo, B. H. (2019). Effects of diisocyanate structure and disulfide chain extender on hard segmental packing and self-healing property of polyurea elastomers. *Polymers*. <https://doi.org/10.3390/polym11050838>.
- Liu, G., Wu, G., Huo, S., Jin, C., & Kong, Z. (2017). Synthesis and properties of non-isocyanate polyurethane coatings derived from cyclic carbonate-functionalized polysiloxanes. *Progress in Organic Coatings*. <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2017.07.013>.
- Martha, R., Basri, E., Setiono, L., Batubara, I., Rahayu, I. S., Gérardin, P., & Darmawan, W. (2021). The effect of heat treatment on the characteristics of the short rotation teak. *International Wood Products Journal*. <https://doi.org/10.1080/20426445.2021.1953723>.

- McGonigle, F. (1996). Industrial Minerals and Their Uses. Industrial Minerals and Their Uses, 99 – 159 .
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780815514084500053>.
- Meng, Y., Yong, Q., Liao, B., Zeng, W., & Pang, H. (2020). Synthesis, characterization and formation mechanism of acrylate emulsion-based self-matting coatings. New Journal of Chemistry, 44 (3 3) , 1 3 9 7 1 – 1 3 9 7 8 .
<https://doi.org/10.1039/d0nj02378g>.
- Mikolaszek, B., Jamrógiewicz, M., Mojsiewicz-Piekowska, K., & Sznitowska, M. (2022). Microscopic and Spectroscopic Imaging and Thermal Analysis of Acrylates, Silicones and Active Pharmaceutical Ingredients in Adhesive Transdermal Patches. Polymers. <https://doi.org/10.3390/polym14142888>.
- Nandiyanto, A. B. D., Oktiani, R., & Ragadhita, R. (2019). How to read and interpret ftir spectroscopy of organic material. Indonesian Journal of Science and Technology. <https://doi.org/10.17509/ijost.v4i1.15806>.
- Nguyen, T. N., Duy, H. N., Anh, D. T., Thi, T. N., Nguyen, T. H., Van, N. N., Quang, T. T., Huy, T. N., & Thi, T. T. (2020). Improvement of Thermal and Mechanical Properties of Vietnam Deproteinized Natural Rubber via Graft Copolymerization with Methyl Methacrylate. International Journal of Polymer Science, 2020, 6–8. <https://doi.org/10.1155/2020/9037827>.
- Nie, Y., Gu, Z., Wei, Y., Hao, T., & Zhou, Z. (2017). Features of strain-induced crystallization of natural rubber revealed by experiments and simulations. In Polymer Journal. <https://doi.org/10.1038/pj.2016.114>.
- Norström, E., Demircan, D., Fogelström, L., Khabbaz, F., & Malmström, E. (2018). Green Binders for Wood Adhesives. Applied Adhesive Bonding in Science and Technology. <https://doi.org/10.5772/intechopen.72072>.
- Pagnin, L., Calvini, R., Sterflinger, K., & Izzo, F. C. (2022). Data Fusion Approach to Simultaneously Evaluate the Degradation Process Caused by Ozone and Humidity on Modern Paint Materials. Polymers, 14(9), 1 – 2 5 .
<https://doi.org/10.3390/polym14091787>.
- Patrick, O. (2014). Production of Textcoat and Emulsion Paints Stainless For Youth Skill and Entrepreneurship Empowerment Program. 1(September), 96–102.
- Piazza, F., & Morell, G. (2009). Wettability of hydrogenated tetrahedral amorphous carbon. Diamond and Related Materials, 18 (1) , 4 3 – 5 0 .
<https://doi.org/10.1016/j.diamond.2008.09.023>
- Pichayakorn, W., Suksaeree, J., Boonme, P., Taweepreda, W., & Ritthidej, G. C. (2012). Preparation of deproteinized natural rubber latex and properties of films formed by itself and several adhesive polymer blends. Industrial and Engineering Chemistry Research, 51(41), 13393–13404. <https://doi.org/10.1021/ie301985y>.
- Satraphan, P., Intasiri, A., Tangpasuthadol, V., & Kiatkamjornwong, S. (2009). Effects of methyl methacrylate grafting and in situ silica particle formation on the morphology and mechanical properties of natural rubber composite films. Polymers for Advanced Technologies, 20(5), 473–486. <https://doi.org/10.1002/pat.1297>.
- Sbardella, F., Pronti, L., Santarelli, M. L., González, J. M. A., & Bracciale, M. P. (2018). Waterborne acrylate-based hybrid coatings with enhanced resistance properties on stone surfaces. Coatings, 8(8), 1 – 4 .
<https://doi.org/10.3390/coatings8080283>

- Sriring, M., Nimpai boon, A., Kumarn, S., Higaki, K., Higaki, Y., Kojio, K., Takahara, A., Ho, C. C., & Sakdapipanich, J. (2020). Film formation process of natural rubber latex particles: roles of the particle size and distribution of non-rubber species on film microstructure. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 592(December 2019), 124571. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2020.124571>.
- Stoye, D., & Freitag, W. (2008). *Paints , Coatings and Solvents*.
- Taft, W. S., & Mayer, J. W. (2000). *The Science of Paintings*. Springer New York. <https://doi.org/10.1007/b97567>.
- Tariq, S., Veling, N., & Paulis, M. (2024). Combined effect of acetoacetoxy - Amine interparticle crosslinking and different TG polymer phases to obtain high performance waterborne wood coatings. *Progress in Organic Coatings*, 187. <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2023.108134>.
- Teodorescu, M., Dimonie, M., Draghici, C., erban, S., Vasilevici, G., & Cole a, M. (2004). Grafting styrene onto poly(vinyl acetate) by free radical chain transfer reactions. *Reactive and Functional Polymers*, 61(3), 387–395. <https://doi.org/10.1016/j.reactfunctpolym.2004.08.001>.
- Tévenot, Q., & Kawahara, S. (2021). ATRP-ARGET of a Styrene Monomer onto Modified Natural Rubber Latex as an Initiator. *Langmuir*, 37(20), 6151–6157. <https://doi.org/10.1021/acs.langmuir.1c00168>.
- Urata, C., Masheder, B., Cheng, D. F., Miranda, D. F., Dunderdale, G. J., Miyamae, T., & Hozumi, A. (2014). Why can organic liquids move easily on smooth alkyl-terminated surfaces? *Langmuir*, 30(14), 4049–4055. <https://doi.org/10.1021/la500548v>.
- White, J. L., & Sasaki, A. (2003). Free radical graft polymerization. *Polymer - Plastics Technology and Engineering*, 42(5), 711–735. <https://doi.org/10.1081/PPT-120024992>.
- Wiroonpochit, P., Uttra, K., Jantawatchai, K., Hansupalak, N., & Chisti, Y. (2017). Sulfur-Free Pre vulcanization of Natural Rubber Latex by Ultraviolet Irradiation in the Presence of Diacrylates. *Industrial and Engineering Chemistry Research*, 56(25), 7217–7223. <https://doi.org/10.1021/acs.iecr.7b01133>.
- Wong, C. L. H., Kim, J., & Torkelson, J. M. (2007). Breadth of glass transition temperature in styrene/ acrylic acid block, random, and gradient copolymers: Unusual sequence distribution effects. *Journal of Polymer Science, Part B: Polymer Physics*. <https://doi.org/10.1002/polb.21296>.
- Worlee, A., Homdong, N., & Hayeemasae, N. (2020). Application of polymer blend based on natural rubber latex and acrylic resin as a binder for wall paints. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 773(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/773/1/012032>.
- Yaumi, A. L., Murtala, A. M., Muhd, H. D., & Saleh, F. M. (2016). Determination of physiochemical properties of Gum Arabic as a suitable binder in emulsion house paint. *International Journal of Environment*, 5(1), 67–78. <https://doi.org/10.3126/ije.v5i1.14565>.
- Yong, Q., & Liang, C. (2019). Synthesis of an aqueous self-matting acrylic resin with low gloss and high transparency via controlling surface morphology. *Polymers*, 11(2). <https://doi.org/10.3390/polym11020322>.
- Zainudin, Z., Baharulrazi, N., Hajjar, S., & Man, C. (2021). Natural rubber derivatives for adhesives applications: A review. *Chemical Engineering Transactions*, 83, 493–498. <https://doi.org/10.3303/CET2183083>.

Zhang, M. Q., & Rong, M. Z. (2013). Intrinsic self-healing of covalent polymers through bond reconnection towards strength restoration. In *Polymer Chemistry*. <https://doi.org/10.1039/c3py00005b>.

Zheng, Z.-J., Tian, X.-H., Sun, J.-Y., Feng, P., Zhao, W.-R., & Shi, X.-L. (2017). Effect of Length of Ester Alkyl Side Chain on Preparation of Acrylic Polymer/Montmorillonite and Their Latex Blends with Natural Rubber. *Huadong Ligong Daxue Xuebao/Journal of East China University of Science and Technology*, 43(6), 769–776. <https://doi.org/10.14135/j.cnki.1006-3080.2017.06.004>.