

LAPORAN AKHIR
PENGARUH PELARUT HIDROKARBON ALIFATIK DAN AROMATIK
TERHADAP WAKTU PENGERINGAN DAN SIFAT MEKANIK
LAPISAN FILM PADA PRODUKSI CAT MINYAK
BERBASIS RESIN ALKID



Diajukan Sebagai Persyaratan Mata Kuliah Laporan Akhir
Program Diploma III Teknik Kimia PSDKU Kab. Siak
Jurusan Teknik Kimia

OLEH:
PUTRI SIAK CAHYANI
062330460981

POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA
PALEMBANG – SIAK
2026

LEMBAR PENGESAHAN LAPORAN AKHIR
PENGARUH PELARUT HIDROKARBON ALIFATIK DAN AROMATIK
TERHADAP WAKTU PENGERINGAN DAN SIFAT MEKANIK
LAPISAN FILM PADA PRODUKSI CAT MINYAK
BERBASIS RESIN ALKID

OLEH:
Putri Siak Cahyani
0623 3046 0981

Siak, Juli 2026

Menyetujui,

Pembimbing I,



Meyci Trisna, S.Si., M.Sc.
NIP. 199101262022032015

Pembimbing II,



Anjar Siti Mashitoh, S.T., M. Eng.
NIPPPK. 198608072023212031

Mengetahui,

Ketua Jurusan
Teknik Kimia

Tahdid, S.T., M.T.
NIP. 197201131997021001

Koordinator Program Studi
D-III Teknik Kimia PSDKU
Kab.Siak



Meyci Trisna, S.Si., M.Sc.
NIP. 199101262022032015



Telah diseminarkan dihadapan Tim Penguji
Program Diploma III Teknik Kimia PSDKU Kab. Siak
Jurusan Teknik Kimia
Politeknik Negeri Sriwijaya
Pada Tanggal 24 Juni 2026

Tim Penguji

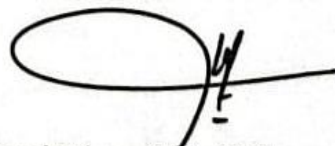
1. Sri Murda Niati, S. ST., M. T.
NIDN. 0010098704
2. Nina Hartati, S. Si., M. Si.
NIDN. 0001019504
3. Heni Sugesti, S. T., M. T.
NUPTK. 4041773674230273
4. Ni Putu Vidya Primarista, S. Pd., M. Si.
NUPTK. 1744773674230382

Tanda Tangan

()
()
()
()

Siak, Juli 2026

Mengetahui,
Koordinator Program Studi
D-III Teknik Kimia PSDKU Kab.Siak



Meyci Trisna, S.Si., M.Sc.
NIP. 199101262022032015

RINGKASAN

Cat minyak berbasis resin alkid banyak digunakan karena mampu membentuk lapisan film, memiliki daya rekat, kilap, daya tutup, serta perlindungan permukaan yang baik. Kualitas cat sangat dipengaruhi oleh jenis pelarut dan rasio binder terhadap cat, terutama terhadap waktu pengeringan, kandungan padatan, warna, dan karakter lapisan film. Penelitian ini bertujuan mengetahui proses pembuatan binder dan *base* cat pada produksi cat minyak berbasis resin alkid, menganalisis pengaruh variasi rasio binder:*base* cat, membandingkan penggunaan *mineral turpentine* sebagai pelarut hidrokarbon alifatik dan toluena sebagai pelarut hidrokarbon aromatik, serta menentukan formulasi terbaik.

Penelitian dilakukan melalui pembuatan binder, pembuatan *base* cat, pencampuran binder dan *base* cat dengan rasio 40:60, 45:55, 50:50, 55:45, 60:40, 65:35, dan 70:30, kemudian aplikasi cat pada substrat. Parameter yang diuji meliputi *drying time*, *total solid content*, *adhesion strength*, *gloss*, *whiteness index*, *yellowness index*, dan *opacity*. Seluruh parameter tersebut digunakan untuk menilai mutu teknis, tampilan visual, dan kemampuan perlindungan lapisan cat.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa jenis pelarut dan rasio binder:*base* cat memengaruhi karakteristik cat. *mineral turpentine* menghasilkan waktu pengeringan lebih cepat dibandingkan toluena, dengan hasil tercepat pada rasio 70:30 yaitu 3 jam 2 menit. toluena menghasilkan padatan total lebih tinggi, dengan nilai maksimum 75% pada rasio 60:40. Daya rekat terbaik diperoleh pada *mineral turpentine* 40:60, toluena 40:60, dan toluena 45:55 dengan pengelupasan 0% atau klasifikasi 5B. Nilai kilap meningkat seiring bertambahnya binder, kilap tertinggi pada *mineral turpentine* 70:30 sebesar 61 GU dan toluena 70:30 sebesar 60 GU. toluena menunjukkan warna putih lebih stabil, sedangkan toluena 55:45 menghasilkan daya tutup tertinggi 99,64%.

Secara keseluruhan, tidak ada formulasi yang unggul pada semua parameter. Formulasi toluena 50:50 dinilai paling seimbang karena memiliki kandungan padatan tinggi, daya rekat baik, warna stabil, tingkat kekuningan cat mendekati netral, dan daya tutup baik.

Kata kunci: Cat minyak, resin alkid, *mineral turpentine*, toluena, *drying time*.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya, akhirnya penulis telah berhasil menyelesaikan Laporan Akhir yang berjudul “Pengaruh Pelarut Hidrokarbon Alifatik dan Aromatik Terhadap Waktu Pengeringan dan Sifat Mekanik Lapisan Film pada Produksi Cat Minyak Berbasis Resin Alkid”. Laporan ini disusun dengan penuh kesungguhan sebagai bentuk tanggung jawab akademik serta upaya penulis dalam mengembangkan ilmu pengetahuan sesuai dengan bidang yang ditekuni.

Penyusunan Laporan Akhir ini ditujukan untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan pada Program Studi Diploma III Teknik Kimia Jurusan Teknik Kimia di Politeknik Negeri Sriwijaya PSDKU Kabupaten Siak. Selain itu, laporan ini diharapkan dapat menjadi dasar pelaksanaan penelitian yang sistematis, ilmiah, dan bermanfaat baik bagi pengembangan keilmuan maupun bagi pihak-pihak yang berkepentingan.

Pelaksanaan penyusunan laporan ini tidak terlepas dari bantuan, arahan, serta dukungan berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Bapak Ir. Irawan Rusnadi, M.T., selaku Direktur Politeknik Negeri Sriwijaya.
2. Bapak Tahdid, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya.
3. Bapak Isnandar Yunanto, S.T., M.T., selaku Sekretaris Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya.
4. Ibu Meyci Trisna, S.Si., M.Sc., selaku Koordinator Program Studi D-III Teknik Kimia PSDKU Kab. Siak dan Dosen Pembimbing I yang senantiasa membimbing penulis, memberikan saran, masukan, dan memberikan arahan dalam penyusunan laporan ini.
5. Ibu Anjar Siti Mashitoh, S.T., M.Eng., selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan, arahan, serta masukan selama proses penyusunan laporan ini.
6. Bapak Arya Wiranata, S.T., M.T., selaku Dosen Pengajar Mata Kuliah Komputasi Teknik Kimia yang telah memberikan masukan, ilmu, wawasan, arahan, bantuan penelitian, penginapan selama penelitian, transportasi selama

penelitian, dan bimbingan selama proses penyusunan laporan ini.

7. Kedua Orang Tua Ayah Edi Jainan dan Bunda Eli Yasmi, serta saudara tercinta Pangeran Ali Bijaksono, Ratu Ayu Adillah, dan Kanjeng Khairunnisa Srikandi yang selalu memberikan do'a, dukungan, semangat, dan motivasi kepada penulis.
8. Rekan-rekan mahasiswa Program Studi Diploma III Teknik Kimia Jurusan Teknik Kimia angkatan 2023 yang telah memberikan semangat dan dukungan selama proses penyusunan laporan ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan laporan ini masih terdapat kekurangan. Penulis sangat mengharapkan kritik, saran, dan masukan yang membangun dari para pembaca demi perbaikan dan penyempurnaan dimasa yang akan datang. Semoga Laporan Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca dan menjadi langkah awal yang baik dalam pelaksanaan penelitian selanjutnya.

Siak, Juni 2026

Penulis,
Putri Siak Cahyani

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN LAPORAN AKHIR	ii
RINGKASAN.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
DAFTAR ISTILAH.....	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Masalah.....	1
1.2. Perumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Manfaat Penelitian	3
1.5. Relevansi.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Cat Minyak.....	5
2.2. Binder	6
2.3. Resin Alkid.....	6
2.3. Pelarut	8
2.3.1. Hidrokarbon Alifatik.....	8
2.3.2. Hidrokarbon Aromatik	9
2.4. Pengujian Cat.....	10
2.4.1. Waktu Pengeringan (<i>Drying Time</i>)	15
2.4.2. Padat Total (<i>Total Solid Content</i>)	17
2.4.3. Daya Rekat (<i>Adhesion Strength</i>).....	18
2.4.4. Kilap (<i>Gloss</i>)	19
2.4.5. Tingkat Keputihan dan Tingkat Kekuningan Cat (<i>Whiteness Index and Yellowness Index</i>).....	21
2.4.6. Daya Tutup (<i>Opacity</i>)	22
2.5. Penelitian Terdahulu	23
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	25
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian.....	25
3.2. Bahan dan Alat.....	25
3.2.1. Bahan Penelitian.....	25

3.2.2. Alat Penelitian	26
3.3. Perlakuan dan Rancangan Percobaan	27
3.3.1. Variabel Bebas	27
3.3.2. Variabel Terikat.....	28
3.3.3. Variabel Kontrol	28
3.4. Pengamatan	28
3.5. Prosedur Percobaan	30
3.5.1. Prosedur Pembuatan Cat Minyak	30
3.5.2. Prosedur Pengujian Karakteristik Cat Minyak	33
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	37
3.1. Hasil.....	37
3.2. Pembahasan.....	38
3.2.1. Waktu Pengeringan (<i>Drying Time</i>)	38
3.2.2. Padatan Total (<i>Total Solid Content</i>).....	41
3.2.3. Kekuatan atau Daya Rekat Cat (<i>Adhesion Strength</i>).....	45
3.2.4. Kilap Permukaan (<i>Gloss</i>)	49
3.2.5. Tingkat keputihan dan kekuningan cat (<i>Whiteness Index and Yellowness Index</i>)	53
3.2.6. Daya tutup (<i>Opacity</i>)	57
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	62
5.1. Kesimpulan.....	62
5.2. Saran.....	63
DAFTAR PUSTAKA	64
LAMPIRAN A.....	68
LAMPIRAN B.....	71

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1. Rasio Formulasi Cat Minyak (Pelarut Alifatik, Mineral Turpentine) .	27
Tabel 3. 2. Rasio Formulasi Cat Minyak (Pelarut Aromatik, Toluena)	27
Tabel 3. 3. Parameter Pengujian Cat Minyak Pelarut Alifatik (<i>Mineral Turpentine</i>)	29
Tabel 3. 4. Parameter Pengujian Cat Minyak Pelarut Aromatik (Toluena)	29
Tabel 3. 5. Basis Binder	31
Tabel 3. 6. Basis <i>Base</i> Cat	32
Tabel 3. 7. Rasio Binder : <i>Base</i> Cat (%).....	32
Tabel 4. 1. Parameter Pengujian Cat Minyak Pelarut Alifatik (<i>Mineral Turpentine</i>)	37
Tabel 4. 2. Parameter Pengujian Cat Minyak Pelarut Aromatik (Toluena)	37
Tabel 4. 3. Hasil Pengujian waktu pengeringan (<i>Drying Time</i>).....	38
Tabel 4. 4. Hasil Pengujian Padatan Total (<i>Total Solid Content</i>).....	42
Tabel 4. 5. Hasil Pengujian Daya Rekat (<i>Adhesion Strength</i>)	45
Tabel 4. 6. Hasil Pengujian Kilap (<i>Gloss</i>)	50
Tabel 4. 7. Hasil Pengujian Tingkat Keputihan dan Kekuningan Cat (<i>Whiteness Index and Yellowness Index</i>)	54
Tabel 4. 8. Hasil Pengujian Daya Tutup (<i>Opacity</i>)	58

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1. Cat Minyak.....	5
Gambar 2. 2. Alkid Resin.....	7
Gambar 2. 3. Skema sederhana mekanisme pengerasan alkid melalui katalisis oksidatif dan O ₂	8
Gambar 2. 4. <i>Mineral Turpentine</i>	9
Gambar 2. 5. Struktur Toluena.	10
Gambar 3. 1. Diagram Alir Pembuatan Cat Minyak	30
Gambar 3. 2. Diagram Alir Pengujian <i>Drying Time</i>	33
Gambar 3. 3. Diagram Alir Pengujian <i>Total Solid Content</i> (TSC).....	34
Gambar 3. 4. Diagram Alir Pengujian <i>Adhesion Strength</i>	34
Gambar 3. 5. Diagram Alir Pengujian <i>Gloss</i>	35
Gambar 3. 6. Diagram Alir Pengujian <i>Whiteness Index and Yellowness Index</i> ...	35
Gambar 3. 7. Diagram Alir Pengujian <i>Opacity</i>	36
Gambar 4. 1. Hasil Pengujian waktu pengeringan (<i>Drying time</i>).....	39
Gambar 4. 2. Hasil Pengujian <i>Total Solid Content</i>	42
Gambar 4. 3. Hasil Pengujian <i>Adhesion Strength</i>	46
Gambar 4. 4. Hasil Pengujian <i>Gloss</i>	51
Gambar 4. 5. Hasil Pengujian <i>Whiteness Index</i>	55
Gambar 4. 6. Hasil Pengujian <i>Yellowness Index</i>	55
Gambar 4. 7. Hasil Pengujian <i>Opacity</i>	59

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran B1. Pembuatan <i>Base Cat</i>	71
Lampiran B2. Pembuatan Binder.....	71
Lampiran B3. Hasil Pembuatan Cat.....	71
Lampiran B4. Pengujian Kilap (<i>Gloss</i>)	71
Lampiran B5. Pengujian Waktu Pengeringan (<i>Drying Time</i>).....	71
Lampiran B6. Hasil Pengujian Waktu Pengeringan (<i>Drying Time</i>).....	71
Lampiran B7. Pengujian Total Padatan (<i>Total Solid Content</i>).....	72
Lampiran B8. Hasil Pengujian Total Padatan (<i>Total Solid Content</i>).....	72
Lampiran B9. Pengujian Daya Rekat (<i>Adhesion Strength</i>)	72
Lampiran B10. Hasil Pengujian Daya Rekat (<i>Adhesion Strength</i>)	72
Lampiran B11. Pengujian Tingkat Keputihan dan Kekuningan Cat (<i>Whiteness Index and Yellowness index</i>).....	72
Lampiran B12. Pengujian Daya Tutup (<i>Opacity</i>)	72
Lampiran B13. SNI Cat Dekoratif Berbasis Pelarut Organik.....	73
Lampiran B14. ASTM Pengujian Cat Dekoratif Berbasis Pelarut Organik	74

DAFTAR ISTILAH

Adhesi	Kemampuan lapisan cat untuk melekat pada permukaan substrat setelah proses aplikasi dan pengeringan.
Aditif	Bahan tambahan dalam formulasi cat yang membantu memperbaiki sifat proses, stabilitas, tampilan, atau performa lapisan cat.
Aglomerasi	Penggumpalan partikel pigmen dalam sistem cat. Kondisi ini dapat menurunkan keseragaman lapisan dan daya tutup cat.
Alkid	Jenis resin sintesis kelompok polyester yang dimodifikasi dengan asam lemak atau minyak nabati dan banyak digunakan sebagai binder cat minyak.
Aplikasi cat	Proses mengoleskan atau melapiskan cat pada substrat untuk membentuk lapisan film pelindung dan dekoratif.
ASTM	Organisasi standar internasional yang menetapkan metode pengujian material, termasuk pengujian cat dan pelapis.
ASTM D2805	Standar yang digunakan sebagai acuan pengujian daya tutup atau <i>opacity</i> pada lapisan cat.
ASTM D3359	Standar pengujian daya rekat lapisan cat dengan metode <i>tape test</i> , termasuk metode <i>cross cut</i> atau <i>cross hatch</i> .
ASTM D523	Standar pengukuran kilap permukaan cat menggunakan glossmeter pada sudut pengukuran tertentu.
ASTM D5895	Standar pengujian waktu pengeringan atau <i>curing</i> lapisan cat organik menggunakan mechanical recorder.
ASTM E313	Standar yang digunakan dalam penentuan <i>Whiteness Index</i> dan <i>Yellowness Index</i> berdasarkan data pengukuran warna.
Autooksidasi	Reaksi antara oksigen udara dan ikatan rangkap pada rantai asam lemak resin alkid. Reaksi ini membentuk jaringan polimer yang mengeraskan lapisan film.
Basah awal	Tahap awal pengeringan ketika film cat masih cair, tampak basah, dan mudah berubah bentuk.
Base cat	Campuran dasar cat yang berisi komponen pembentuk warna dan lapisan, kemudian dicampur dengan binder sesuai rasio formulasi penelitian.
Bebas lengket	Tahap pengeringan ketika permukaan lapisan cat tidak lagi lengket terhadap debu atau sentuhan ringan.

Binder	Bahan pengikat dalam cat yang mengikat pigmen dan membentuk lapisan film pada substrat setelah pelarut menguap.
Cat minyak	Jenis cat yang menggunakan pelarut organik untuk melarutkan resin dan mengatur viskositas. Dalam laporan ini, cat minyak dibuat berbasis resin alkid.
CIE XYZ	Sistem koordinat warna yang digunakan dalam pengukuran optik untuk menghitung nilai warna, termasuk indeks keputihan dan kekuningan.
CIELAB	Sistem warna yang menggambarkan warna melalui koordinat L, a, dan b. Sistem ini digunakan dalam evaluasi warna material.
Coating	Sistem pelapis yang diaplikasikan pada permukaan material untuk memberikan perlindungan dan nilai estetika.
Colorimeter	Alat untuk mengukur warna permukaan sampel, alat ini terkait dengan pengujian <i>Whiteness Index</i> dan <i>Yellowness Index</i> .
Complete hiding	Kondisi daya tutup sangat baik ketika lapisan cat mampu menutupi substrat secara penuh sehingga warna dasar tidak tampak.
Cross cut	Pola goresan silang berbentuk kotak pada uji daya rekat untuk menilai bagian lapisan cat yang terkelupas setelah diberi <i>tape test</i> .
Cross-linked polymer network	Jaringan polimer berikatan silang yang terbentuk selama pengeringan kimia resin alkid dan menghasilkan film yang kuat.
Curing	Proses pengerasan lapisan cat sampai film mencapai kekuatan dan kestabilan yang sesuai.
Daya rekat (<i>Adhesion Strength</i>)	Kemampuan lapisan cat melekat pada substrat. Nilai daya rekat yang baik menunjukkan lapisan tidak mudah terkelupas. Pengujian dilakukan dengan metode <i>tape test</i> berdasarkan klasifikasi ASTM D3359.
Daya tutup (<i>Opacity</i>)	Kemampuan lapisan cat menutupi warna atau permukaan substrat. Daya tutup tinggi membuat warna dasar tidak tampak.
Degradasi	Penurunan kualitas bahan atau lapisan cat akibat pengaruh fisik, kimia, oksidasi, paparan cahaya, atau kondisi lingkungan.

Dispersi pigmen	Penyebaran partikel pigmen secara merata dalam medium cat untuk menghasilkan warna, kestabilan, dan lapisan yang homogen.
<i>Dry film</i>	Lapisan film cat yang telah mengering dan membentuk lapisan padat pada substrat.
Evaporasi	Proses penguapan pelarut dari lapisan cat setelah aplikasi, sehingga resin dan pigmen tertinggal membentuk film.
<i>Failed</i>	Kategori hasil uji daya tutup ketika lapisan cat belum mampu menutupi substrat secara optimal.
Filler	Bahan pengisi seperti kalsium karbonat yang dapat memengaruhi stabilitas formulasi, distribusi pigmen, dan sifat mekanik lapisan film.
Film cat	Lapisan tipis yang terbentuk pada permukaan substrat setelah cat diaplikasikan dan mengalami pengeringan.
Fleksibilitas	Kemampuan lapisan film menyesuaikan perubahan bentuk tanpa mudah retak atau rusak.
Formulasi	Susunan dan perbandingan bahan penyusun cat, termasuk resin, pelarut, pigmen, filler, aditif, binder, dan <i>base</i> cat.
<i>Gloss Units</i>	Satuan nilai kilap permukaan cat yang dihasilkan dari pengukuran glossmeter. Singkatannya adalah GU.
Glossmeter	Instrumen optik untuk mengukur kilap permukaan cat pada sudut tertentu, seperti sudut 60 derajat.
Hidrokarbon	Senyawa kimia yang tersusun dari atom karbon dan hidrogen, hidrokarbon digunakan sebagai dasar klasifikasi pelarut.
Hidrokarbon alifatik	Kelompok hidrokarbon berstruktur rantai karbon terbuka, lurus atau bercabang. <i>Mineral turpentine</i> digunakan sebagai contoh pelarut alifatik.
Hidrokarbon aromatik	Kelompok hidrokarbon yang memiliki cincin aromatik. Toluena digunakan sebagai contoh pelarut aromatik.
<i>High solid coatings</i>	Sistem pelapis dengan kandungan padatan tinggi dan pelarut relatif rendah. Sistem ini dapat menghasilkan film lebih tebal dalam satu kali aplikasi.
Homogen	Kondisi campuran yang merata sehingga komponen cat tersebar secara seragam dalam formulasi.
Ikatan silang	Ikatan antar rantai polimer yang terbentuk selama proses pengeringan kimia dan membuat lapisan film menjadi lebih kuat.

Indeks bias	Sifat optik bahan dalam membelokkan cahaya. Pada pigmen, indeks bias berpengaruh terhadap kemampuan menyebarkan cahaya dan daya tutup.
Katalisis oksidatif	Proses percepatan reaksi oksidasi yang membantu pembentukan dan pengerasan lapisan film resin alkid.
Kekerasan film	Sifat lapisan cat yang menunjukkan tingkat ketahanan terhadap tekanan atau gangguan mekanis setelah mengering.
Kering keras	Tahap ketika film cat sudah cukup kuat terhadap tekanan ringan, tetapi proses pengeringan belum sepenuhnya selesai.
Kering total	Tahap ketika film cat mencapai kekerasan dan kestabilan akhir sehingga siap digunakan sesuai spesifikasi.
Ketahanan korosi	Kemampuan lapisan cat melindungi substrat, terutama logam, dari kerusakan akibat korosi.
Kilap (<i>Gloss</i>)	Tampilan mengilap pada permukaan cat yang terkait dengan kerataan dan kehalusan lapisan film.
Lapisan film	Lapisan padat yang terbentuk dari binder dan pigmen setelah pelarut menguap dan resin mengalami pengeringan.
Mechanical recorder	Alat yang digunakan dalam ASTM D5895 untuk merekam perkembangan pengeringan lapisan cat melalui jejak mekanis pada film basah.
<i>Milling</i>	Proses penggilingan dalam produksi cat untuk memperkecil ukuran partikel pigmen dan meningkatkan stabilitas dispersi.
<i>Mineral spirit</i>	Nama lain yang digunakan untuk <i>mineral turpentine</i> , yaitu pelarut hidrokarbon alifatik dari distilasi minyak bumi.
<i>Mineral turpentine</i>	Pelarut hidrokarbon alifatik dengan rentang karbon sekitar C7-C12.
Mulai kering sentuh	Tahap pengeringan ketika permukaan mulai membentuk lapisan tipis, tetapi bagian bawah masih lunak.
Oksidasi	Reaksi kimia dengan oksigen yang berperan dalam pengerasan resin alkid pada proses pengeringan cat minyak.
Oven vacuum	Alat pengering yang digunakan untuk membantu pengujian kandungan padatan total melalui proses pemanasan sampel.
Padatan total (<i>Total Solid Content</i>)	Jumlah komponen padat yang tersisa setelah pelarut atau komponen volatil menguap dari sampel cat.
<i>Pass</i>	Kategori hasil uji daya tutup ketika lapisan cat mampu menutupi substrat dengan baik.

Pelarut	Komponen cat yang melarutkan resin, mengatur viskositas, dan mempermudah aplikasi. Pelarut menguap setelah cat diaplikasikan.
Pelarut organik	Pelarut berbasis senyawa organik yang digunakan dalam cat minyak, termasuk toluena dan <i>mineral turpentine</i> .
<i>Phthalic anhydride</i>	Salah satu bahan pembentuk resin alkid yang berperan sebagai komponen asam dibasa atau anhidrida asam.
Pigmen	Bahan pemberi warna dan daya tutup pada cat. Pigmen harus terdispersi merata agar lapisan cat homogen.
Polikondensasi	Reaksi pembentukan resin sintetis melalui penggabungan molekul disertai pelepasan molekul kecil.
Polimer	Molekul besar yang tersusun dari unit berulang. Resin alkid membentuk jaringan polimer selama pengeringan.
Poliol	Senyawa dengan lebih dari satu gugus hidroksil, seperti gliserol atau pentaeritritol, yang digunakan dalam pembentukan resin alkid.
Rasio binder:base cat	Perbandingan komposisi binder dan base cat dalam formulasi penelitian, seperti 40:60 sampai 70:30.
Reflektansi	Kemampuan permukaan memantulkan cahaya. Nilai reflektansi berhubungan dengan keputihan, kekuningan, dan daya tutup cat.
Resin	Bahan polimer dalam cat yang berfungsi sebagai pembentuk film dan pengikat komponen padat pada substrat.
Resin alkid	Resin sintetis yang dibuat dari reaksi poliol, asam dibasa atau anhidrida asam, serta asam lemak atau minyak nabati.
Semi kilap	Klasifikasi kilap pada rentang 41 sampai 70 GU. Permukaan mulai tampak mengkilap dengan pantulan cahaya yang cukup jelas.
Sifat mekanik	Sifat lapisan film yang berkaitan dengan daya rekat, kekuatan, kekerasan, fleksibilitas, dan ketahanan lapisan terhadap gangguan fisik.
SNI	Standar Nasional Indonesia yang menjadi acuan mutu atau pengujian produk di Indonesia, termasuk untuk cat dekoratif berbasis pelarut organik.
<i>Solvent</i>	Istilah bahasa Inggris untuk pelarut, yaitu komponen yang melarutkan resin dan mengatur sifat alir cat.

Spectrophotometer	Instrumen untuk mengukur karakteristik cahaya yang dipantulkan atau diserap oleh sampel dan digunakan dalam evaluasi warna.
Spekular	Jenis pantulan cahaya terarah seperti cermin. Pantulan spekular menjadi dasar pengukuran kilap.
Substrat	Permukaan material yang dilapisi cat, seperti logam, kayu, beton, atau permukaan uji dalam penelitian.
<i>Tape test</i>	Metode uji adhesi dengan menempelkan dan melepas perekat pada area lapisan cat yang telah digores.
Titanium dioksida	Pigmen putih TiO_2 yang memiliki indeks bias tinggi dan efektif meningkatkan daya tutup cat.
Toluena	Pelarut hidrokarbon aromatik yang memiliki kemampuan pelarutan tinggi terhadap resin alkid dan digunakan sebagai pembanding <i>mineral turpentine</i> .
Viskositas	Tingkat kekentalan cat yang memengaruhi proses pencampuran, penggilingan, dan aplikasi pada substrat.
<i>Volatile Organic Compounds</i>	Senyawa organik volatil yang mudah menguap, toluena dan <i>mineral turpentine</i> termasuk kelompok VOC.
Volatilitas	Kecenderungan suatu pelarut untuk menguap. Volatilitas memengaruhi laju penguapan pelarut dan waktu pengeringan cat.
Waktu pengeringan (<i>Drying Time</i>)	Waktu yang diperlukan lapisan cat untuk mencapai kondisi kering setelah diaplikasikan pada substrat.
<i>Whiteness Index</i>	Indeks yang menunjukkan tingkat keputihan lapisan cat berdasarkan pengukuran reflektansi cahaya. Singkatannya adalah WI.
<i>Yellowness Index</i>	Indeks yang menunjukkan kecenderungan warna lapisan cat menuju kekuningan. Singkatannya adalah YI.

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Industri cat dan pelapis merupakan salah satu bidang penting dalam sektor manufaktur karena berperan dalam memberikan perlindungan sekaligus meningkatkan nilai estetika pada permukaan material. Lapisan cat tidak hanya berfungsi sebagai pewarna, tetapi juga sebagai pelindung terhadap pengaruh lingkungan seperti kelembapan, oksidasi, korosi, paparan bahan kimia, dan kerusakan mekanik ringan. Oleh karena itu, kualitas cat sangat ditentukan oleh kemampuan formulasi dalam membentuk lapisan film yang kuat, homogen, memiliki daya rekat baik, waktu pengeringan yang sesuai, serta tampilan permukaan yang stabil [1].

Salah satu sistem cat yang banyak digunakan adalah cat minyak berbasis resin alkid. Dalam sistem cat berbasis alkid, pelarut merupakan salah satu komponen utama yang berperan penting dalam proses pembentukan lapisan film. Pelarut berfungsi untuk melarutkan resin, mengatur viskositas sistem, serta mempengaruhi proses pengeringan dan pembentukan struktur film setelah aplikasi [3,4].

Secara umum, pelarut yang digunakan dalam formulasi cat minyak dapat diklasifikasikan menjadi dua kelompok utama yaitu pelarut hidrokarbon alifatik dan pelarut hidrokarbon aromatik. Pelarut aromatik seperti toluena memiliki daya pelarut yang tinggi dan volatilitas yang relatif cepat sehingga mampu mempercepat proses penguapan pelarut selama pengeringan. Sebaliknya, pelarut alifatik seperti *mineral turpentine* memiliki volatilitas yang lebih rendah dengan daya pelarut yang moderat sehingga memberikan proses pengeringan yang lebih lambat namun cenderung menghasilkan lapisan film yang lebih stabil. Perbedaan karakteristik tersebut berpotensi mempengaruhi laju pengeringan serta sifat mekanik lapisan film yang terbentuk [3].

Selain mempengaruhi performa teknis, penggunaan pelarut dalam formulasi cat juga perlu memperhatikan aspek kesehatan dan keselamatan kerja. Pelarut organik seperti toluena dan *mineral turpentine* termasuk dalam kelompok *volatile organic compounds* (VOCs) yang mudah menguap dan dapat menimbulkan dampak terhadap kesehatan manusia apabila terpapar dalam konsentrasi tinggi.

Paparan uap pelarut dalam lingkungan kerja industri cat dapat menyebabkan iritasi pada mata dan saluran pernapasan serta mempengaruhi sistem saraf pusat apabila terhirup dalam jangka waktu yang lama [5]. Selain itu, pelarut hidrokarbon seperti *mineral turpentine* juga diketahui dapat menyebabkan efek toksik terhadap sistem saraf serta iritasi kulit apabila terjadi paparan berulang dalam jangka waktu yang lama sehingga perlu pengendalian yang baik dalam penggunaannya pada proses industri [6].

Berdasarkan permasalahan tersebut, diperlukan penelitian yang lebih sistematis untuk mengkaji pengaruh jenis pelarut hidrokarbon alifatik dan aromatik terhadap laju pengeringan serta sifat mekanik lapisan film cat minyak berbasis resin alkid. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan pelarut toluena sebagai pelarut aromatik dan *mineral turpentine* sebagai pelarut alifatik, serta variasi rasio formulasi cat dan formulasi binder.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh variasi rasio formulasi *base* cat dan formulasi binder terhadap sifat mekanik lapisan film cat (*Drying Time, Total Solid Content, Adhesion Strength, Gloss, Whiteness Index and Yellowness Index*, dan *Opacity*)?
2. Bagaimana pengaruh jenis pelarut hidrokarbon alifatik (*mineral turpentine*) dan hidrokarbon aromatik (toluena) terhadap waktu pengeringan dan karakteristik lapisan film cat berbasis resin alkid yang dihasilkan meliputi *drying time, total solid content, adhesion strength, gloss, whiteness index and yellowness index*, dan *opacity*?
3. Kombinasi jenis pelarut dan rasio formulasi manakah yang menghasilkan performa lapisan film cat yang paling optimal?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui pengaruh variasi rasio formulasi base cat dan binder terhadap sifat mekanik lapisan film cat.
2. Menganalisis pengaruh jenis pelarut hidrokarbon alifatik dan aromatik terhadap laju pengeringan dan karakteristik lapisan film yang dihasilkan berdasarkan parameter pengujian seperti *drying time*, *total solid content*, *adhesion strength*, *gloss*, *whiteness index* and *yellowness index*, dan *opacity*.
3. Menentukan kombinasi jenis pelarut dan rasio formulasi yang menghasilkan kualitas lapisan film cat terbaik.

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Menambah pemahaman ilmiah mengenai pengaruh jenis pelarut terhadap proses pengeringan cat.
2. Memberikan informasi mengenai pengaruh variasi komposisi formulasi terhadap karakteristik lapisan film cat.
3. Menyediakan data mengenai karakteristik fisik dan mekanik lapisan film cat.
4. Menjadi referensi dalam pengembangan formulasi cat yang lebih optimal.

1.5. Relevansi

Penelitian mengenai pengaruh jenis pelarut terhadap performa cat memiliki relevansi yang tinggi terhadap perkembangan industri pelapis dan material. Pemilihan pelarut yang tepat tidak hanya mempengaruhi proses produksi tetapi juga kualitas produk akhir yang dihasilkan. Dalam konteks industri cat, pemahaman mengenai interaksi antara resin alkid pelarut dan komponen formulasi lainnya sangat penting untuk menghasilkan lapisan film yang memiliki daya rekat yang baik, waktu pengeringan yang optimal, serta karakteristik optik yang sesuai dengan kebutuhan aplikasi.

Penelitian ini relevan dalam mendukung upaya optimasi formulasi cat berbasis resin alkid. Selain itu, penelitian ini juga relevan dalam bidang teknik kimia khususnya pada aspek formulasi produk, rekayasa material, dan karakterisasi sifat fisik bahan. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan teknologi pelapis yang lebih efektif serta menjadi referensi bagi penelitian lanjutan di bidang teknologi *coating*.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Cat Minyak

Cat merupakan suatu sistem pelapis (*Coating*) yang diaplikasikan pada permukaan material untuk memberikan perlindungan serta meningkatkan nilai estetika. Secara umum, cat tersusun dari beberapa komponen utama yaitu pigmen, binder (Resin), pelarut (*Solvent*), dan aditif. Setelah diaplikasikan pada suatu permukaan, pelarut akan menguap sehingga binder dan pigmen membentuk lapisan film yang melekat pada substrat [7].

Cat minyak merupakan jenis cat yang menggunakan pelarut organik sebagai media untuk melarutkan resin dan mengatur viskositas sistem. Dalam cat minyak, resin yang digunakan umumnya berasal dari resin alkid atau minyak pengering yang dapat mengalami reaksi oksidasi sehingga membentuk lapisan film yang keras dan tahan terhadap lingkungan. Proses pengeringan pada cat minyak biasanya terjadi melalui dua tahap yaitu penguapan pelarut dan reaksi oksidasi yang membentuk jaringan polimer pada lapisan film [3].

Cat minyak banyak digunakan pada berbagai aplikasi seperti pelapisan logam, kayu, konstruksi bangunan, dan peralatan rumah tangga karena memiliki beberapa keunggulan seperti daya rekat yang baik, ketahanan terhadap cuaca, serta kemampuan menghasilkan lapisan film dengan tingkat kilap yang tinggi dapat dilihat pada Gambar 2.1 [8].



Gambar 2. 1. Cat Minyak [9].

2.2. Binder

Binder atau bahan pengikat merupakan salah satu komponen utama dalam formulasi cat yang berfungsi untuk mengikat pigmen serta membentuk lapisan film yang melekat pada permukaan substrat setelah proses pengeringan. Binder berperan penting dalam menentukan sifat mekanik, daya lekat, ketahanan terhadap lingkungan, serta daya tahan lapisan cat terhadap degradasi kimia maupun fisik. Dalam sistem pelapisan organik, binder berfungsi sebagai matriks polimer yang membungkus pigmen dan bahan aditif sehingga terbentuk lapisan pelindung yang kontinu pada permukaan material [9].

Pada cat minyak, binder yang paling umum digunakan adalah resin alkid, yaitu resin sintetis yang dihasilkan dari reaksi polikondensasi antara poliol, asam dibasa atau anhidrida asam, serta asam lemak atau minyak nabati. Resin alkid memiliki keunggulan berupa kemampuan pembentukan film yang baik, daya lekat yang tinggi, serta fleksibilitas yang baik pada lapisan film cat. Selain itu, resin ini juga memiliki kompatibilitas yang baik dengan berbagai jenis pigmen dan pelarut sehingga banyak digunakan dalam industri pelapis dekoratif maupun pelapis pelindung [10].

Peran binder sangat penting dalam menentukan kualitas lapisan cat karena sifat-sifat seperti kekuatan (adhesi), fleksibilitas, ketahanan terhadap air, serta ketahanan terhadap korosi sangat dipengaruhi oleh jenis dan komposisi binder yang digunakan. Binder yang baik mampu menghasilkan lapisan film yang padat, homogen, dan memiliki daya lekat yang tinggi sehingga mampu melindungi substrat dari pengaruh lingkungan seperti kelembapan, oksigen, maupun zat kimia korosif. Pemilihan jenis binder menjadi faktor utama dalam perancangan formulasi cat yang memiliki performa pelapisan yang optimal [9].

2.3. Resin Alkid

Resin alkid merupakan salah satu jenis resin sintetis yang banyak digunakan dalam industri cat dan pelapis. Resin ini termasuk ke dalam kelompok polyester yang dimodifikasi dengan asam lemak atau minyak nabati. Resin alkid terbentuk melalui reaksi kondensasi antara poliol (Misalnya *gliserol* atau *pentaeritritol*), asam dibasa seperti *phthalic anhydride*, serta asam lemak atau minyak pengering [7].

Resin alkid memiliki beberapa karakteristik penting yang menjadikannya banyak digunakan dalam industri *coating*, antara lain:

- a. Kemampuan pembentukan film yang baik
- b. Daya rekat yang tinggi terhadap berbagai substrat
- c. Fleksibilitas yang baik
- d. Ketahanan terhadap kondisi lingkungan

Karakteristik tersebut membuat resin alkid banyak digunakan dalam formulasi cat dekoratif maupun cat industri. Gambar 2.2 memperlihatkan wujud resin alkid [7].

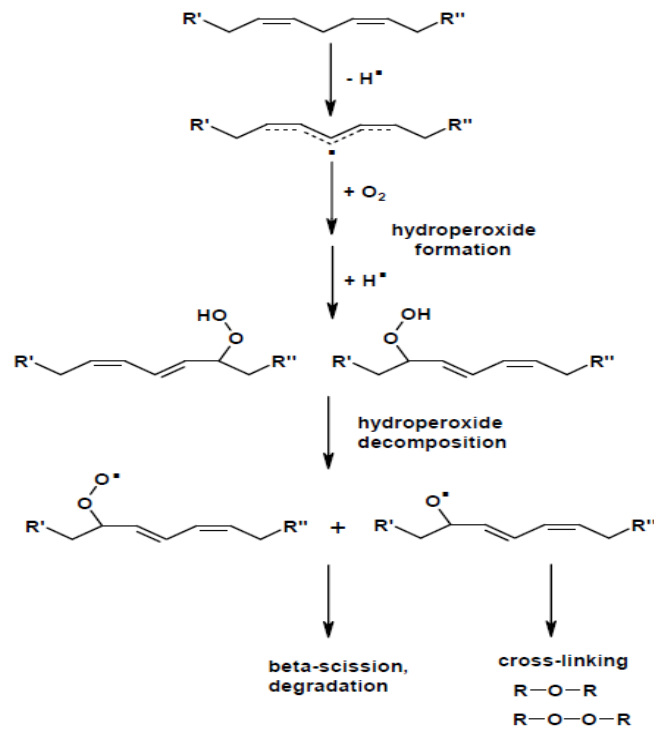


Gambar 2. 2. Alkid Resin [12].

Proses pengeringan resin alkid terjadi melalui mekanisme autooksidasi, yaitu reaksi antara oksigen di udara dengan ikatan rangkap pada rantai asam lemak dalam resin. Reaksi ini menghasilkan jaringan polimer yang saling terikat sehingga membentuk lapisan film yang kuat dan stabil [4]. Proses pengerasan resin alkid terjadi melalui reaksi autooksidasi yang melibatkan oksigen dari udara dan bantuan katalis *drier*. Pada tahap awal, hidroperoksida (ROOH) yang terbentuk pada rantai asam lemak tak jenuh diuraikan oleh katalis menjadi radikal alkoksi ($\text{RO}\bullet$) dan spesies radikal reaktif lainnya. Radikal tersebut kemudian mengambil atom hidrogen dari rantai resin alkid (RH) sehingga menghasilkan radikal alkil ($\text{R}\bullet$).

Selanjutnya, radikal alkil bereaksi dengan oksigen membentuk radikal peroksi ($\text{ROO}\bullet$), yang akan menghasilkan hidroperoksida baru serta memperpanjang reaksi berantai. Pada tahap akhir, radikal-radikal tersebut saling bereaksi membentuk ikatan silang antarrantai polimer, seperti ikatan C–C, C–O–C, maupun ikatan peroksida. Pembentukan ikatan silang ini menghasilkan jaringan polimer tiga dimensi yang menyebabkan resin alkid berubah secara bertahap dari

cairan menjadi lapisan film yang keras, kuat, dan stabil. Namun, dalam kondisi tertentu dapat pula terjadi reaksi samping berupa pemutusan rantai atau degradasi (*beta-scission*) yang berpotensi memengaruhi kualitas lapisan film. Mekanisme pengerasan resin alkid melalui katalisis oksidatif tersebut disajikan pada Gambar 2.3.



Gambar 2. 3. Skema sederhana mekanisme pengerasan alkid melalui katalisis oksidatif dan O_2 . [11]

2.3. Pelarut

Pelarut merupakan komponen penting dalam formulasi cat yang berfungsi untuk melarutkan resin, mengatur viskositas sistem, serta mempermudah proses aplikasi cat pada permukaan substrat. Setelah cat diaplikasikan, pelarut akan menguap sehingga resin dan pigmen membentuk lapisan film yang stabil [3]. Berdasarkan struktur kimianya, pelarut hidrokarbon dalam sistem cat dapat dibedakan menjadi dua kelompok utama, yaitu:

2.3.1. Hidrokarbon Alifatik

Pelarut hidrokarbon alifatik merupakan kelompok senyawa hidrokarbon yang memiliki struktur rantai karbon terbuka, baik berupa rantai lurus maupun bercabang.

Dalam industri cat dan pelapis, pelarut hidrokarbon alifatik banyak digunakan karena memiliki stabilitas kimia yang baik serta tingkat volatilitas yang relatif moderat. Karakteristik tersebut menjadikan pelarut alifatik mampu memberikan proses pengeringan yang lebih stabil serta mengurangi risiko terbentuknya cacat pada lapisan film selama proses aplikasi [3].

Formulasi cat berbasis resin alkid adalah *mineral turpentine* atau *mineral spirit*. Senyawa ini merupakan campuran hidrokarbon alifatik dengan rentang jumlah atom karbon sekitar C7–C12 yang diperoleh melalui proses distilasi minyak bumi. *mineral turpentine* ditunjukkan pada Gambar 2.4. memiliki kemampuan pelarutan yang cukup baik terhadap resin alkid serta kompatibilitas yang tinggi dengan berbagai komponen dalam formulasi cat seperti pigmen dan aditif [8].



Gambar 2. 4. *Mineral Turpentine* [14].

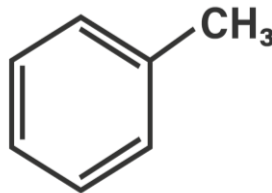
Penggunaan pelarut hidrokarbon alifatik dalam formulasi cat dapat mempengaruhi karakteristik lapisan film yang dihasilkan. Volatilitas pelarut alifatik yang relatif lebih rendah dibandingkan pelarut aromatik memungkinkan proses penguapan berlangsung secara lebih bertahap. Kondisi ini dapat membantu proses pembentukan lapisan film yang lebih merata serta mengurangi kemungkinan terbentuknya cacat permukaan seperti retak atau gelembung pada lapisan cat [7].

2.3.2. Hidrokarbon Aromatik

Pelarut hidrokarbon aromatik merupakan kelompok senyawa hidrokarbon yang memiliki struktur cincin aromatik pada molekulnya. Struktur aromatik tersebut memberikan karakteristik kimia yang berbeda dibandingkan hidrokarbon alifatik, terutama dalam hal kemampuan pelarutan terhadap senyawa organik yang memiliki struktur kompleks seperti resin sintetis [3].

Dalam industri cat dan pelapis, pelarut aromatik seperti toluena yang ditunjukkan pada Gambar 2.5. sering digunakan dalam formulasi cat berbasis resin

alkid. Senyawa aromatik tersebut memiliki kemampuan pelarutan yang tinggi terhadap resin karena adanya interaksi antara struktur aromatik pelarut dengan struktur kimia resin. Interaksi ini memungkinkan resin dapat larut dengan lebih efektif sehingga menghasilkan sistem formulasi yang lebih homogen [3].



Gambar 2. 5. Struktur Toluena [14].

Selain memiliki kemampuan pelarutan yang tinggi, pelarut aromatik juga memiliki volatilitas yang relatif lebih cepat dibandingkan pelarut alifatik. Karakteristik ini menyebabkan proses penguapan pelarut berlangsung lebih cepat setelah cat diaplikasikan pada permukaan substrat. Kecepatan penguapan tersebut dapat mempercepat proses pembentukan lapisan film sehingga waktu pengeringan cat menjadi lebih singkat [4].

2.4. Pengujian Cat

Pengujian cat dilakukan untuk mengetahui kualitas serta performa lapisan film yang dihasilkan setelah proses aplikasi dan pengeringan. Standar pada pengujian ini digunakan standar nasional dan internasional. Beberapa standar pengujian yang digunakan dalam penelitian cat disajikan pada Tabel 2.1 dan 2.2:

Tabel 2. 1. Standar Pengujian

No	Parameter Pengujian	Standar	Sumber
1.	Waktu Pengeringan (Drying Time)	ASTM D5895-20 atau D5895-25	ASTM International [16].



2.	Padat Total (<i>Total Solid Content</i>) Oven Vacuum Squaroid Duo-Vac 3362 Hoover 	ASTM E1756-08 (2024)	ASTM International [17].
3	Daya Rekat (<i>Adhesion Strength</i>) 	ASTM D 3359	Dongguan Lonroy Equipment CO.,LTD [18,19].
4	Kilap (<i>Gloss</i>) Linshang LS190 <i>Gloss</i> Meter 	ASTM D523, ASTM D2457	Shenzhen Linshang Technology Co., Ltd [20–22].
5	Tingkat Keputihan dan Tingkat kekuningan (<i>Whiteness Index and Yellowness Index</i>) Linshang LS172 Colorimeter 	ASTM E313-98	Shenzhen Linshang Technology Co., Ltd [23,24]

Daya Tutup (*Opacity*)

6



ASTM D2805-11-2023

ASTM International [25]

Tabel 2. 2. Nilai Standar

1. Waktu Pengeringan (<i>Drying Time</i>) [16]		
No	Klasifikasi Kondisi Film Cat, dan Ciri pada Cat Minyak	Interpretasi Untuk Hasil Pengecatan
1	Basah awal Film cat masih cair, mengilap basah, dan mudah berubah bentuk.	Cat belum membentuk film. Belum boleh disentuh atau dipindahkan.
2	Mulai kering sentuh Permukaan mulai membentuk lapisan tipis, tetapi bagian bawah masih lunak.	Menunjukkan awal terbentuknya film cat minyak.
3	Bebas lengket Permukaan tidak lagi terasa lengket terhadap debu atau ringan	Cat mulai aman dari kontaminasi debu ringan
4	Kering keras Film sudah cukup kuat terhadap tekanan ringan, namun proses kering belum sempurna	Cat dapat ditangani secara hati-hati.
5	Kering Lapisan cat sudah kering dari permukaan sampai bagian dalam.	Cat dianggap kering fungsional.
6	Kering total Film mencapai kekerasan dan kestabilan akhir.	Cat siap digunakan penuh sesuai spesifikasi produk.
2. Padat Total (<i>Total Solid Content</i>) [17].		
Persentase Total Padatan	Kategori Mutu Padatan	Interpretasi Untuk Hasil Pengecatan
< 60%	Kurang	Lapisan film yang kurang tebal dalam satu kali aplikasi
60 - 80%	Sangat Baik	Lapisan film yang lebih tebal dalam satu kali aplikasi

3. Daya Rekat (<i>Adhesion Strength</i>) [18,19].			
Klasifikasi ASTM D3359	Persentase Lapisan Terkelupas	Kategori Mutu Daya Rekat	Interpretasi Untuk Hasil Pengecatan
5B	0%	Sangat baik	Lapisan cat melekat sempurna pada substrat, tidak ada bagian cat yang terangkat setelah uji tape, sehingga campuran dapat dinilai memenuhi kualifikasi adhesi terbaik.
4B	< 5%	Baik	Lapisan cat masih memiliki daya rekat kuat, tetapi terdapat sedikit pengelupasan pada tepi atau perpotongan goresan, sehingga kualitas masih layak tetapi tidak seoptimal 5B.
3B	5 – 15%	Cukup	Lapisan mulai menunjukkan kegagalan adhesi yang terlihat, sehingga campuran cat perlu dievaluasi karena ikatan antara cat dan substrat mulai melemah.
2B	15 – 35 %	Kurang	Lapisan cat mengalami pengelupasan cukup besar, sehingga kualitas adhesi tidak memadai untuk aplikasi yang membutuhkan perlindungan permukaan kuat.
1B	35 – 65%	Buruk	Sebagian besar area uji mengalami kegagalan adhesi, sehingga formulasi campuran atau proses pengecatan tidak layak digunakan.
0B	>65%	Sangat buruk	Lapisan cat gagal melekat pada substrat, sehingga hasil pengecatan tidak memenuhi standar mutu adhesi.
4. Kilap (<i>Gloss</i>) [20–22].			
Nilai Gloss Rata-rata 60°	Klasifikasi <i>Gloss</i>	Interpretasi Untuk Hasil Pengecatan	
0 – 5 GU	Sangat <i>doff</i> / <i>dead matte</i>	Permukaannya hampir tidak memantulkan cahaya. Tidak umum untuk cat minyak <i>glossy</i> . Diterima hanya bila spesifikasi produk memang <i>matte</i> .	
6 – 10 GU	Matte	Pantulan cahaya sangat rendah.	

11 – 25 GU	Kilap rendah / <i>doff</i> halus	Ada sedikit pantulan, namun tampilan masih cenderung redup, Cocok untuk cat minyak dengan tampilan lembut, tidak <i>glossy</i> .
26 – 40 GU	Satin	Pantulan sedang dan tidak terlalu tajam, Umumnya diterima untuk minyak kucing semi halus atau dekoratif.
41 – 70 GU	Semi kilap	Permukaan mulai tampak mengkilap dengan pantulan yang cukup jelas.
71 – 90 GU	Kilap	Permukaannya mengkilap, pantulan cahaya terlihat jelas.
91 – 120 GU	Kilap tinggi	Kilap tinggi, pantulan tajam, umum pada cat minyak/enamel <i>glossy</i> .
121 – 200 GU	Kilap sangat tinggi	Permukaannya sangat mengkilap, pantulan sangat kuat.

5. Tingkat Keputihan dan Kekuningan Cat (*Whiteness Index and Yellowness Index*) [23,24].

Kondisi Hasil Uji	Klasifikasi Warna	Interpretasi Untuk Hasil Pengecatan
WI rendah YI positif	Kurang baik	Cat kurang putih dan menguning
WI rendah YI negatif	Putih kurang kuat	Cat tidak kuning tetapi kurang cerah
WI sedang YI mendekati 0	Cukup baik	Cat cukup putih
WI tinggi YI negatif	Baik Putih dingin	Catnya putih terang, tapi agak kebiruan
WI tinggi YI positif	Baik Putih hangat	Catnya putih terang, tapi agak kuning
WI tinggi YI mendekati 0	Paling baik	Cat putih cerah dan netral

5.1. Tingkat Keputihan Cat (*Whiteness Index*) [23,24].

Nilai WI (Linshang LS172)	Klasifikasi Keputihan	Interpretasi Untuk Hasil Pengecatan
< 80	Rendah	Cat tampak kurang putih atau cenderung kusam.
80 - < 85	Cukup rendah	Cat masih terlihat putih, tetapi kurang cerah.
85 - < 90	Sedang	Cat cukup putih, tetapi belum optimal.
90 - < 95	Baik	Cat tampak putih dan cukup cerah.
95 - 100	Sangat baik	Cat tampak sangat putih dan terang.
> 100	Sangat putih	Cat sangat terang, biasanya ada kecenderungan kebiruan.

5.2. Tingkat Kekuningan Cat (<i>Yellowness Index</i>) [23,24].		
Nilai YI (Linshang LS172)	Klasifikasi Kekuningan	Interpretasi Untuk Hasil Pengecatan
< -3	Kebiruan kuat	Cat tidak kuning, tetapi cenderung putih kebiruan.
> -3 s/d < -1	Kebiruan ringan	Cat putih sedikit mengarah ke biru.
-1 s/d 1	Netral	Cat putih relatif seimbang, tidak terlalu biru dan tidak kuning.
> 1 - 3	Kuning ringan	Cat masih putih, tetapi mulai ada nuansa kuning.
> 3 - 6	Kuning sedang	Cat mulai tampak menguning.
> 6	Kuning tinggi	Cat tampak jelas kekuningan.

6. Daya Tutup (<i>Opacity</i>) [25]		
Rasio <i>Opacity</i> (%)	Klasifikasi Daya Tutup	Interpretasi Untuk Hasil Pengecatan
> 98	Sangat baik/complete hiding	sepenuhnya mampu menutupi substrat.
95 – 97,99	Sangat baik	Daya tutup sangat tinggi, tetapi belum mencapai batas complete hiding. Substrat sangat sedikit terlihat atau hampir tidak tampak.
90 – 94,99	Baik	Daya tutup baik. Cat mampu menutupi substrat dengan cukup efektif, tetapi masih di bawah kondisi complete hiding.
80 – 89,99	Cukup	Daya tutup sedang. Substrat masih berpotensi tampak, terutama pada lapisan tipis atau aplikasi tidak merata.
< 80	Kurang	Daya tutup rendah. Cat belum mampu menutup substrat secara optimal.

2.4.1. Waktu Pengeringan (*Drying Time*)

Waktu pengeringan merupakan waktu yang diperlukan oleh lapisan cat untuk mencapai kondisi kering setelah diaplikasikan pada permukaan substrat. Proses ini dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti jenis pelarut, komposisi resin, suhu lingkungan, serta ketebalan lapisan. Pada cat berbasis alkid, proses pengeringan terjadi melalui penguapan pelarut dan reaksi oksidasi yang membentuk jaringan polimer pada lapisan film [4].

Pada cat berbasis resin alkid, proses pengeringan terjadi melalui dua mekanisme utama, yaitu penguapan pelarut (*Physical drying*) dan reaksi kimia oksidasi (*Chemical drying*). Pada tahap pertama, pelarut yang terkandung dalam cat akan menguap sehingga terbentuk lapisan film awal pada permukaan substrat. Setelah itu terjadi proses autooksidasi pada rantai asam lemak yang terdapat dalam resin alkid, yang menghasilkan pembentukan hidroperoksida dan radikal bebas sehingga terbentuk jaringan polimer silang (*Cross-linked polymer network*) yang mengeras dan memperkuat lapisan cat [4,11].

Reaksi autooksidasi tersebut merupakan proses berantai yang melibatkan tahap inisiasi, propagasi, dan terminasi, di mana radikal bebas yang terbentuk akan bereaksi dengan oksigen dan membentuk ikatan silang pada struktur polimer resin. Proses ini menyebabkan lapisan cat secara bertahap berubah dari kondisi cair menjadi film padat yang memiliki kekuatan mekanik serta daya lekat yang baik terhadap substrat [12].

ASTM D5895 digunakan sebagai standar untuk mengevaluasi proses pengeringan atau curing pada pembentukan lapisan film cat organik dengan menggunakan mechanical recorder. Standar ini mencakup pengukuran beberapa tahap pengeringan dan laju pembentukan *dry* film menggunakan alat pencatat waktu pengeringan berbentuk garis lurus atau sirkular. ASTM mencatat bahwa versi aktif standar ini adalah ASTM D5895-25, sedangkan ASTM D5895-20 merupakan versi sebelumnya. Standar ini digunakan untuk membandingkan perilaku pengeringan antarjenis cat atau perubahan formulasi, terutama ketika cat yang diuji memiliki jenis generik yang sama [14].

Dalam ASTM D5895, pengeringan cat dipahami sebagai proses bertahap, bukan perubahan yang terjadi secara seketika. *Mechanical recorder* bekerja dengan cara menggerakkan jarum atau *stylus* pada permukaan lapisan cat basah dalam periode tertentu sehingga terbentuk jejak pada permukaan film. Perubahan bentuk jejak tersebut menunjukkan perkembangan kondisi lapisan, mulai dari kondisi sangat basah, mulai mengental, membentuk gel, sampai akhirnya cukup kering atau cukup keras untuk menahan gangguan mekanis ringan. Dengan metode ini, pengeringan dapat diamati secara lebih objektif karena perubahan permukaan cat

direkam dalam bentuk jejak mekanis, bukan hanya berdasarkan pengamatan visual atau sentuhan manual [14].

Penggunaan ASTM D5895 penting karena waktu pengeringan cat berkaitan langsung dengan kualitas hasil pengecatan. Cat yang terlalu lambat kering berisiko menangkap debu, kotoran, atau kelembaban dari lingkungan sehingga permukaan menjadi kasar, belang, atau tidak seragam. Pada aplikasi luar ruangan, pengeringan yang lambat juga dapat menyebabkan air atau uap air mengganggu pembentukan lapisan film. Sebaliknya, cat yang terlalu cepat mengering dapat menimbulkan cacat seperti kulit jeruk, daya sebar yang tidak merata, atau ikatan antarlapisan yang kurang baik apabila lapisan berikutnya diberikan sebelum proses pembentukan film berlangsung sempurna. ASTM menjelaskan bahwa waktu pengeringan menjadi dasar untuk menentukan kapan permukaan yang baru dicat dapat digunakan, ditangani, atau dikemas [14].

2.4.2. Padat Total (*Total Solid Content*)

Padat total atau *Total Solid Content* (TSC) merupakan parameter penting dalam formulasi cat yang menunjukkan persentase komponen padat dalam suatu sistem pelapis setelah pelarut menguap selama proses pengeringan. Komponen padat tersebut umumnya terdiri dari resin, pigmen, filler, dan aditif yang berperan dalam membentuk lapisan film pelindung pada permukaan substrat. Dalam sistem pelapis modern, kandungan padatan menjadi faktor yang sangat menentukan kualitas film yang dihasilkan karena lapisan pelindung terbentuk dari material *non-volatile* yang tertinggal setelah proses evaporasi pelarut [9].

Pada teknologi pelapisan modern dikenal istilah *high solid coatings*, yaitu sistem pelapis yang memiliki kandungan padatan tinggi dengan jumlah pelarut yang relatif rendah. *High solid coatings* umumnya mengandung lebih dari 60% padatan berdasarkan berat atau sekitar 80% berdasarkan volume, sehingga mampu menghasilkan lapisan film yang lebih tebal dibandingkan cat konvensional dalam satu kali aplikasi. Kandungan padatan yang tinggi ini memungkinkan penggunaan jumlah cat yang lebih sedikit untuk mencapai ketebalan lapisan yang sama seperti pada formulasi cat konvensional yang memiliki kandungan pelarut lebih besar [9].

ASTM E1756-24, yang merupakan versi aktif tahun 2024 dari standar ASTM E1756, menjelaskan metode penentuan padatan total sebagai jumlah bahan yang

tersisa setelah sampel dikeringkan. ASTM mencantumkan bahwa standar ini secara khusus berjudul *Standard Test Method for Determination of Total Solids in Biomass*, sehingga ruang lingkup aslinya adalah sampel biomassa, bukan cat atau *coating*. Namun, prinsip dasarnya tetap relevan secara metodologis untuk menjelaskan konsep padatan total, yaitu membandingkan massa awal sampel dengan massa residu setelah pengeringan. ASTM juga mencantumkan versi terdahulu seperti E1756-08 dan E1756-08R20, sedangkan versi aktif yang berlaku saat ini adalah E1756-24 [12].

Dalam ASTM E1756, padatan total dipahami sebagai massa residu yang tetap setelah pengeringan, sedangkan komponen yang hilang selama pengeringan dipahami sebagai kandungan air atau komponen volatil lain yang menguap pada suhu pengujian. Prosedur sejenis yang dikembangkan oleh *National Renewable Energy Laboratory* menjelaskan bahwa *total solids* adalah jumlah padatan yang tersisa setelah sampel dipanaskan pada suhu 105 derajat Celsius sampai mencapai massa konstan. Secara konseptual, rumus yang digunakan adalah Padatan Total (%) = (massa residu kering/massa sampel awal) $\times$ 100%. Jika menggunakan wadah timbang, perhitungan dilakukan dengan mengurangkan massa wadah dari massa awal dan massa akhir agar nilai yang diperoleh hanya merepresentasikan massa sampel [12].

Untuk pengujian *coating*, ASTM D2369 sebenarnya lebih spesifik dibandingkan ASTM E1756 karena standar tersebut digunakan untuk menentukan kandungan volatil pada *coating* berbasis pelarut maupun berbasis air. ASTM D2369 menjelaskan bahwa kandungan padatan tidak menguap atau non-volatil matter dapat ditentukan melalui selisih dari kandungan volatil, serta menyebutkan pemanasan spesimen *coating* pada suhu 110 ± 5 derajat celsius selama 60 menit. Hal ini menunjukkan bahwa pada produk cat, padatan total sering dipahami sebagai kebalikan dari kandungan volatil. Jika kandungan volatil tinggi, maka padatan total rendah. Jika kandungan volatil rendah, maka padatan total tinggi [13].

2.4.3. Daya Rekat (*Adhesion Strength*)

Uji daya rekat dilakukan untuk mengetahui kekuatan ikatan antara lapisan cat dan permukaan substrat. Daya rekat merupakan salah satu sifat penting dalam sistem pelapis karena menentukan kemampuan lapisan cat untuk tetap melekat pada

permukaan material yang dilindungi. Jika daya lekat lapisan cat rendah, maka lapisan pelindung dapat dengan mudah terkelupas sehingga fungsi perlindungan terhadap korosi, abrasi, maupun pengaruh lingkungan menjadi berkurang. Pengujian adhesi merupakan bagian penting dalam evaluasi kualitas suatu sistem pelapis [13].

Pengujian adhesi sangat penting dilakukan pada cat minyak karena lapisan cat berfungsi sebagai pelindung utama terhadap kerusakan permukaan material. Jika lapisan cat tidak memiliki daya lekat yang baik, maka perlindungan yang diberikan oleh sistem pelapis tidak akan efektif meskipun lapisan tersebut memiliki kekerasan atau ketahanan air yang tinggi. Dengan kata lain, lapisan cat yang tidak melekat dengan baik akan mudah terkelupas sehingga substrat menjadi langsung terpapar oleh lingkungan luar seperti air, udara, atau bahan kimia yang dapat menyebabkan korosi atau degradasi material. Pengujian adhesi digunakan sebagai salah satu parameter penting dalam pengendalian mutu dan pengembangan formulasi cat untuk memastikan bahwa lapisan film yang dihasilkan memiliki daya lekat yang baik terhadap substrat [14].

Dalam konteks penelitian pengecatan, standar ASTM D3359 digunakan sebagai acuan untuk menilai daya rekat lapisan cat melalui metode *tape test*. Standar ini menilai kemampuan lapisan cat untuk tetap melekat pada substrat setelah permukaan lapisan diberi goresan dan kemudian ditemplei serta dilepaskan menggunakan pita perekat bertekanan. ASTM D3359 mencakup metode *X cut* dan *cross cut* atau *cross hatch*, dengan hasil penilaian berbentuk klasifikasi visual dari 0B sampai 5B. Nilai 5B menunjukkan kualitas adhesi terbaik karena tidak terdapat lapisan cat yang terkelupas, sedangkan nilai 0B menunjukkan adhesi paling buruk karena lapisan cat terkelupas dalam area yang sangat besar. Dengan demikian, ASTM D3359 bersifat kualitatif dan komparatif, sehingga hasilnya lebih tepat digunakan untuk mengklasifikasikan mutu daya rekat lapisan cat daripada menghitung kekuatan adhesi absolut dalam satuan mekanik tertentu [16–18].

2.4.4. Kilap (*Gloss*)

Kilap merupakan parameter yang menunjukkan kemampuan permukaan lapisan cat untuk memantulkan cahaya secara spekular (Seperti cermin). Sifat ini berkaitan langsung dengan karakteristik optik permukaan lapisan film yang

terbentuk setelah cat mengering. Semakin halus dan rata permukaan lapisan cat, maka semakin besar kemampuan permukaan tersebut untuk memantulkan cahaya secara terarah sehingga menghasilkan nilai kilap yang tinggi. Sebaliknya, permukaan yang kasar atau tidak rata akan menyebarkan cahaya secara difusi sehingga nilai *gloss* yang dihasilkan menjadi lebih rendah [18].

Pengujian kilap biasanya dilakukan menggunakan alat yang disebut *glossmeter*, yaitu instrumen optik yang mengukur intensitas cahaya yang dipantulkan dari permukaan sampel pada sudut tertentu. Standar pengukuran *gloss* umumnya mengikuti standar ASTM D523 atau ISO 2813, yang menetapkan beberapa sudut pengukuran seperti 20°, 60°, dan 85° untuk menilai tingkat kilap pada berbagai jenis permukaan. Sudut 60° merupakan sudut yang paling umum digunakan karena dapat digunakan untuk mengukur berbagai tingkat kilap dari rendah hingga tinggi, sedangkan sudut 20° biasanya digunakan untuk permukaan dengan kilap tinggi dan sudut 85° digunakan untuk permukaan dengan kilap rendah atau matte. Nilai *gloss* yang dihasilkan biasanya dinyatakan dalam satuan *Gloss Units* (GU), di mana nilai yang lebih tinggi menunjukkan tingkat kilap yang lebih besar [22].

Berdasarkan spesifikasi Linshang LS190 *Gloss Meter*, pengujian kilap pada lapisan cat minyak dilakukan pada sudut 60° dengan rentang pengukuran 0 sampai 200 *Gloss Units* (GU). Nilai kilap yang diperoleh digunakan untuk mengklasifikasikan tingkat kilap permukaan kucing, mulai dari sangat *doff*, *matte*, *low gloss*, satin, *semi gloss*, *gloss*, *high gloss*, hingga *very high gloss*. Klasifikasi ini digunakan sebagai dasar evaluasi mutu permukaan cat minyak, khususnya untuk menilai kerataan, kehalusan, dan kemampuan film cat dalam memantulkan cahaya secara spekular [24].

Nilai kilap yang tinggi pada lapisan cat menunjukkan bahwa permukaan film memiliki tingkat kehalusan yang baik sehingga mampu memantulkan cahaya secara lebih terarah. Hal ini menunjukkan bahwa proses pembentukan film berlangsung dengan baik dan menghasilkan permukaan yang rata serta homogen. Sebaliknya, nilai kilap yang rendah dapat menunjukkan adanya ketidaksempurnaan pada lapisan film, seperti permukaan yang kasar, pori-pori, atau distribusi pigmen yang tidak merata pada lapisan cat [18].

Pengujian kilap sangat penting dilakukan pada cat minyak karena parameter ini berkaitan langsung dengan kualitas visual dan performa lapisan pelapis yang dihasilkan. Dalam industri *coating*, tingkat kilap sering digunakan sebagai indikator kualitas permukaan serta sebagai parameter pengendalian mutu produk. Lapisan cat dengan nilai kilap yang tinggi umumnya menunjukkan permukaan yang lebih halus, memiliki estetika yang lebih baik, serta memberikan perlindungan yang lebih merata pada substrat. Selain itu, pengujian kilap juga dapat digunakan untuk mengevaluasi pengaruh komposisi bahan dalam formulasi cat, seperti jenis resin, pigmen, pelarut, serta kondisi proses pengeringan yang mempengaruhi struktur permukaan lapisan film yang terbentuk [22].

2.4.5. Tingkat Keputihan dan Tingkat Kekuningan Cat (*Whiteness Index and Yellowness Index*)

Whiteness Index (WI) merupakan parameter yang digunakan untuk menentukan tingkat keputihan suatu material atau lapisan film berdasarkan sifat optiknya dalam memantulkan cahaya pada spektrum tampak. Nilai *whiteness index* diperoleh dari pengukuran reflektansi cahaya menggunakan instrumen seperti *spectrophotometer* atau *colorimeter* yang menghitung nilai koordinat warna berdasarkan sistem warna CIE XYZ atau CIELAB. Secara umum, nilai *whiteness index* yang lebih tinggi menunjukkan bahwa permukaan material memiliki tingkat keputihan yang lebih tinggi dan mendekati warna putih ideal yang mampu memantulkan cahaya secara merata pada seluruh spektrum cahaya tampak [23].

Sebaliknya, *Yellowness Index* (YI) merupakan parameter yang digunakan untuk menentukan tingkat kecenderungan warna suatu material menuju warna kuning. Indeks ini biasanya dihitung menggunakan metode standar seperti ASTM E313-98, yang menggunakan nilai koordinat warna hasil pengukuran spektrofotometri untuk menentukan tingkat perubahan warna dari putih ideal menuju warna kekuningan. Nilai YI yang lebih tinggi menunjukkan bahwa material mengalami peningkatan warna kuning yang biasanya disebabkan oleh degradasi material, paparan cahaya, oksidasi, atau pengaruh proses kimia selama penggunaan maupun penyimpanan [25].

Parameter *whiteness index* dan *yellowness index* sering digunakan secara bersamaan dalam evaluasi kualitas warna material berwarna putih atau hampir putih.

Kedua indeks ini memiliki hubungan yang saling berkaitan karena peningkatan tingkat kekuningan pada suatu material biasanya akan menyebabkan penurunan nilai *whiteness index*. Kedua parameter tersebut banyak digunakan dalam sistem kontrol kualitas warna pada berbagai material seperti tekstil, plastik, kertas, dan juga sistem pelapis seperti cat dan *coating* [27].

Dalam pengujian cat minyak, khususnya pada cat berwarna putih atau warna terang, pengukuran *whiteness index* dan *yellowness index* sangat penting untuk mengevaluasi stabilitas warna serta kualitas estetika dari lapisan film yang dihasilkan. Cat dengan nilai *whiteness index* yang tinggi menunjukkan bahwa lapisan film memiliki kemampuan reflektansi cahaya yang baik sehingga memberikan tampilan warna putih yang lebih cerah dan bersih. Sebaliknya, peningkatan nilai *yellowness index* dapat menunjukkan terjadinya degradasi atau perubahan warna akibat proses oksidasi resin, pengaruh sinar ultraviolet, atau reaksi kimia lainnya selama proses penuaan lapisan cat [26].

2.4.6. Daya Tutup (*Opacity*)

Daya tutup merupakan kemampuan lapisan cat untuk menutupi warna atau permukaan substrat sehingga warna dasar tidak tampak setelah aplikasi cat. Dalam industri pelapisan, daya tutup sangat penting karena menentukan jumlah lapisan yang dibutuhkan untuk memperoleh hasil akhir yang seragam dan estetis. Semakin tinggi daya tutup, maka semakin baik kemampuan cat menutupi permukaan dengan penggunaan material yang lebih efisien [28].

Secara ilmiah, daya tutup berhubungan dengan kemampuan lapisan cat dalam menghamburkan dan memantulkan cahaya. Ketika cahaya mengenai lapisan cat, sebagian cahaya akan dipantulkan, sebagian diserap, dan sebagian diteruskan. Cat dengan daya tutup tinggi mampu menghambat transmisi cahaya sehingga warna substrat di bawahnya tidak terlihat. Nilai daya tutup biasanya dipengaruhi oleh perbandingan reflektansi lapisan cat pada latar hitam dan putih [28].

Faktor utama yang memengaruhi daya tutup adalah jenis dan jumlah pigmen, ukuran partikel pigmen, indeks bias pigmen, serta kualitas dispersi pigmen dalam binder. Pigmen putih seperti titanium dioksida (TiO_2) memiliki indeks bias tinggi sehingga sangat efektif dalam menyebarkan cahaya dan meningkatkan daya tutup cat. Selain itu, kompatibilitas antara pigmen dan binder juga menentukan

pembentukan film yang homogen. Jika pigmen menggumpal (Aglomerasi), maka daya tutup akan menurun karena distribusi cahaya menjadi tidak merata. Dalam penelitian cat, daya tutup diuji menggunakan metode visual dengan kategori *pass* dan *failed*. Kategori *pass* menunjukkan substrat tertutup sempurna, sedangkan *failed* menunjukkan warna dasar masih tampak [28].

2.5. Penelitian Terdahulu

Penelitian mengenai formulasi cat berbasis resin alkid dan pengaruh penggunaan pelarut terhadap karakteristik lapisan film telah banyak dilakukan. Berbagai penelitian tersebut menunjukkan bahwa jenis pelarut dan komposisi formulasi memiliki pengaruh terhadap laju pengeringan, kekerasan, daya rekat, serta kualitas lapisan film yang dihasilkan.

Penelitian yang dilakukan oleh Bouwman dan Van Gorkum (2007) mengenai penggunaan senyawa mangan sebagai *drier* pada cat alkid menunjukkan bahwa proses pembentukan film pada resin alkid sangat dipengaruhi oleh sistem pengeringan oksidatif dan karakteristik pelarut yang digunakan. Penelitian ini menjelaskan bahwa interaksi antara resin, pelarut, dan *drier* dapat mempengaruhi laju pembentukan jaringan polimer serta sifat akhir lapisan film cat yang terbentuk [29].

Penelitian oleh Firat Karakas et al. (2015) mengenai pengaruh penambahan kalsium karbonat pada formulasi cat berbasis air menunjukkan bahwa penggunaan filler seperti CaCO_3 dapat meningkatkan stabilitas formulasi dan memperbaiki beberapa sifat mekanik lapisan film. Selain itu, penggunaan filler juga mempengaruhi distribusi pigmen dalam sistem *coating* sehingga mempengaruhi karakteristik permukaan lapisan cat yang dihasilkan. Penelitian ini menunjukkan bahwa komposisi bahan dalam formulasi cat berpengaruh terhadap kualitas akhir lapisan film [30].

Penelitian yang dilakukan oleh Chukwuebuka et al. (2022) mengenai evaluasi performa lapisan cat berbasis resin alkid menunjukkan bahwa parameter seperti waktu pengeringan, daya rekat, kekerasan, dan ketahanan kimia merupakan faktor penting dalam menentukan kualitas lapisan film cat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perubahan komposisi formulasi dan jenis bahan yang digunakan dapat mempengaruhi sifat mekanik lapisan film secara signifikan. Penelitian ini

mendukung pentingnya optimasi formulasi cat untuk memperoleh kualitas lapisan yang lebih baik [1].

Penelitian oleh Iftijen et al. (2022) mengenai resin alkid dan aplikasinya pada industri pelapis menjelaskan bahwa resin alkid memiliki kompatibilitas yang baik dengan berbagai jenis pelarut hidrokarbon, baik alifatik maupun aromatik. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa pelarut aromatik seperti toluena memiliki kemampuan pelarutan yang lebih tinggi terhadap resin alkid dibandingkan pelarut alifatik. Selain itu, volatilitas pelarut juga mempengaruhi waktu pengeringan dan pembentukan lapisan film cat. Penelitian ini menjadi dasar dalam pemilihan jenis pelarut pada formulasi cat berbasis resin alkid [3].

Berdasarkan beberapa penelitian terdahulu, diketahui bahwa penelitian mengenai resin alkid dan sistem pelarut telah banyak dilakukan. Namun, penelitian yang secara khusus membandingkan pengaruh pelarut hidrokarbon alifatik (*Mineral turpentine*) dan pelarut hidrokarbon aromatik (Toluena) terhadap laju pengeringan serta sifat mekanik lapisan film cat minyak berbasis resin alkid masih terbatas. Penelitian ini dilakukan untuk memberikan kajian yang lebih spesifik mengenai pengaruh perbedaan jenis pelarut hidrokarbon terhadap karakteristik lapisan film cat minyak berbasis resin alkid.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan selama kurang lebih 5 bulan, yang dimulai pada bulan Februari 2026 hingga Juni 2026. Lama penelitian disesuaikan dengan tahapan kegiatan penelitian yang meliputi persiapan bahan dan alat, pembuatan formulasi cat, proses aplikasi dan pengeringan lapisan film, pengujian karakteristik cat, pengolahan data, serta penyusunan laporan penelitian. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Teknologi Bahan Alam dan Mineral Fakultas Teknik Universitas Riau, yang memiliki fasilitas dan peralatan yang memadai untuk mendukung pelaksanaan penelitian mengenai formulasi dan pengujian karakteristik cat berbasis resin alkid.

Proses pembuatan formulasi cat minyak berbasis resin alkid dilakukan di Laboratorium Teknologi Bahan Alam dan Mineral Fakultas Teknik Universitas Riau yang dilengkapi dengan peralatan pencampuran dan preparasi bahan kimia. Laboratorium menyediakan fasilitas yang mendukung proses penelitian seperti timbangan analitik, gelas kimia, spatula, dan peralatan laboratorium lainnya yang diperlukan dalam proses formulasi cat.

Selanjutnya, pengujian karakteristik lapisan film cat dilakukan di Laboratorium Teknologi Bahan Alam dan Mineral Fakultas Teknik Universitas Riau yang memiliki peralatan pengujian sifat fisik dan mekanik cat. Pengujian tersebut meliputi pengukuran *Drying Time* untuk menentukan waktu pengeringan lapisan film, *Total Solid Content* untuk mengetahui kandungan padatan dalam formulasi cat, *Adhesion Strength* untuk mengetahui daya rekat lapisan cat terhadap substrat, dan pengujian *Gloss* (Tingkat kilap cat), *Whiteness Index and Yellowness Index* (Tingkat keputihan cat dan tingkat kekuningan cat), dan *Opacity* untuk mengetahui daya tutup cat.

3.2. Bahan dan Alat

3.2.1. Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari bahan utama yang digunakan dalam formulasi cat minyak berbasis resin alkid serta bahan pendukung yang digunakan selama proses pembuatan dan pengujian karakteristik cat.

Pemilihan bahan didasarkan pada perannya dalam sistem formulasi cat untuk menghasilkan lapisan film yang memiliki sifat fisik dan mekanik yang baik.

Resin alkid, berfungsi sebagai bahan pengikat (Binder) dalam formulasi cat yang berperan dalam pembentukan lapisan film. *Drier* dan berfungsi sebagai katalis dan pengeringan. Pigmen Titanium Dioksida (TiO_2), digunakan sebagai bahan pewarna sekaligus memberikan sifat opasitas pada cat. Kalsium Karbonat (CaCO_3) sebagai bahan pengisi (*Filler*) yang membantu meningkatkan volume cat tanpa meningkatkan biaya produksi secara signifikan untuk mengurangi formulasi cat yang lebih ekonomis.

Pelarut hidrokarbon aromatik (toluena), digunakan sebagai salah satu variasi pelarut dalam formulasi cat. Pelarut hidrokarbon alifatik (*mineral turpentine*), digunakan sebagai variasi pelarut untuk membandingkan pengaruh jenis pelarut terhadap karakteristik cat. Aditif cat, seperti *dispersing agent* membantu penyebaran pigmen, anti *slip and leveling* memperluas permukaan, anti *foam* mencegah gelembung, *thickener* mengatur kekentalan air atau bahan pembersih pelarut, *Thinner* digunakan untuk membersihkan peralatan setelah proses penelitian selesai.

3.2.2. Alat Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah peralatan laboratorium yang mendukung proses pembuatan formulasi cat serta pengujian karakteristik lapisan film cat. Timbangan analitik, digunakan untuk menimbang bahan-bahan penelitian dengan tingkat ketelitian yang tinggi. *Beaker glass*, digunakan sebagai wadah dalam proses pencampuran bahan. *Mixer*, digunakan untuk mencampur bahan agar terbentuk campuran yang homogen. Spatula, digunakan untuk membantu proses pengambilan dan pencampuran bahan. Gelas ukur, digunakan untuk mengukur volume pelarut yang digunakan dalam formulasi cat.

Oven, digunakan dalam proses pengujian *total solid content* (TSC). *Stopwatch*, digunakan untuk mengukur waktu pengeringan lapisan cat. *Glossmeter*, digunakan untuk mengukur tingkat kilap (*Gloss*) pada permukaan lapisan film cat. *Adhesion tester* (*Cross cut test*), uji sayatan silang digunakan untuk menguji daya rekat lapisan film cat terhadap substrat. *Colorimeter*, digunakan untuk mengukur nilai *whiteness index and yellowness index* pada lapisan film cat. *Film applicator*

atau kuas cat, digunakan untuk mengaplikasikan cat pada permukaan substrat pada uji *spread power*. Substrat uji (Pelat logam dan kertas konstruk), digunakan sebagai media untuk pengujian lapisan film cat.

3.3. Perlakuan dan Rancangan Percobaan

3.3.1. Variabel Bebas

Variabel bebas merupakan variabel yang sengaja diubah atau divariasikan dalam penelitian untuk mengetahui pengaruhnya terhadap variabel lain. Dalam penelitian ini variabel bebas yang digunakan adalah:

1. Jenis pelarut hidrokarbon, yaitu:
 - a. Pelarut hidrokarbon alifatik (*mineral turpentine*)
 - b. Pelarut hidrokarbon aromatik (toluena)
2. Rasio formulasi cat dan binder pada Tabel 3.1 dan Tabel 3.2, yaitu variasi perbandingan komposisi antara formulasi cat dan formulasi binder yang digunakan dalam pembuatan cat minyak berbasis resin alkid.

Tabel 3. 1. Rasio Formulasi Cat Minyak (Pelarut Alifatik, *Mineral Turpentine*)

Binder (%)	<i>Base Cat (Pelarut Alifatik, Mineral Turpentine) (%)</i>
40	60
45	55
50	50
55	45
60	40
65	35
70	30

Tabel 3. 2. Rasio Formulasi Cat Minyak (Pelarut Aromatik, Toluena)

Binder (%)	<i>Base Cat (Pelarut Aromatik, Toluena) (%)</i>
40	60
45	55
50	50
55	45
60	40
65	35
70	30

3.3.2. Variabel Terikat

Variabel terikat merupakan variabel yang dipengaruhi oleh perubahan variabel bebas dan menjadi parameter yang diamati dalam penelitian. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah karakteristik lapisan film cat yang dihasilkan, meliputi:

1. Waktu pengeringan (*Drying Time*)
2. Padatan total (*Total Solid Content*)
3. Kekuatan atau daya rekat cat (*Adhesion Strength*)
4. Kilap permukaan (*Gloss*)
5. Tingkat keputihan dan kekuningan cat (*Whiteness Index and Yellowness Index*)
6. Daya tutup (*Opacity*)

3.3.3. Variabel Kontrol

Variabel kontrol merupakan variabel yang dijaga agar tetap konstan selama penelitian berlangsung sehingga tidak mempengaruhi hasil penelitian. Variabel kontrol dalam penelitian ini meliputi waktu pengadukan 10-15 menit pada pembuatan binder dan *base cat*, waktu pengadukan pencampuran binder dengan *base cat* menjadi cat minyak 5-10 menit, dan kecepatan pengadukan 200-500 rpm.

3.4. Pengamatan

Pengujian sifat fisik dan mekanik pada lapisan film cat minyak merupakan tahapan penting untuk mengevaluasi kualitas serta performa cat yang dihasilkan. Tabel 3.3 dan Tabel 3.4, di bawah ini menyajikan parameter pengujian yang digunakan untuk menilai kinerja lapisan film cat minyak berbasis resin alkid *medium oil*. Parameter pengujian yang dilakukan meliputi *Drying Time* untuk menentukan laju pengeringan lapisan film, *Total Solid Content* (TSC) untuk mengetahui kandungan padatan dalam cat, *Adhesion Strength* untuk mengukur daya lekat cat terhadap substrat, dan *gloss* untuk mengetahui tingkat kilap permukaan lapisan cat. Selain itu, dilakukan pengujian *Whiteness Index* dan *Yellowness Index* untuk mengevaluasi kualitas warna cat, serta *Opacity* untuk menguji daya tutup lapisan film cat terhadap substrat. Parameter-parameter tersebut digunakan untuk

menilai pengaruh jenis pelarut hidrokarbon alifatik dan aromatik terhadap karakteristik cat minyak yang dihasilkan.

Tabel 3. 3. Parameter Pengujian Cat Minyak Pelarut Alifatik (*Mineral Turpentine*)

Binder : Base Cat (%)	Drying Time (Jam: Menit)	Total Solid Content (%)	Adhesion Strength (%)	Gloss (GU, Gloss Units)	White ness Index	Yellow ness Index	Opacity (%)
40 : 60							
45 : 55							
50 : 50							
55 : 45							
60 : 40							
65 : 35							
70 : 30							

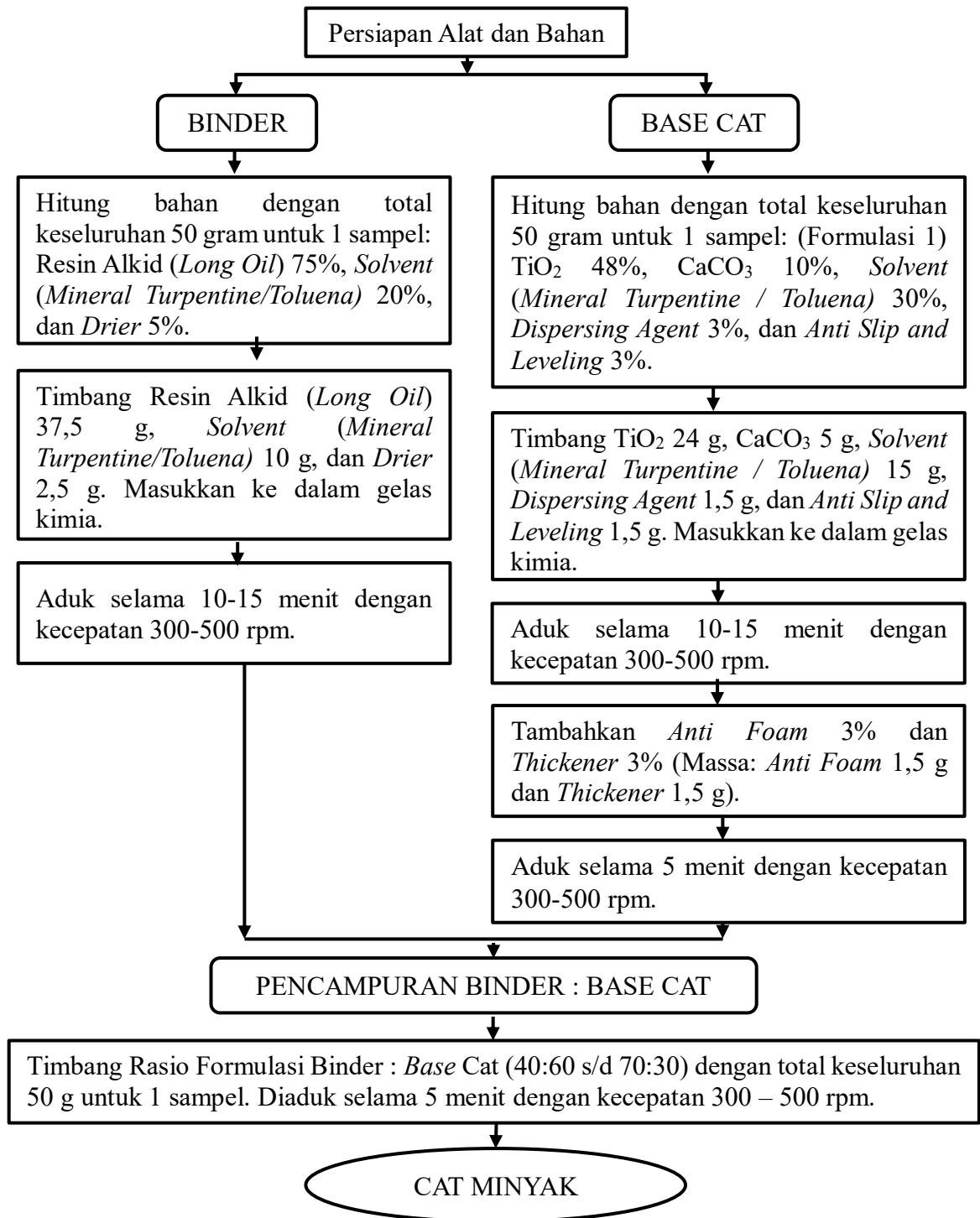
Tabel 3. 4. Parameter Pengujian Cat Minyak Pelarut Aromatik (Toluena)

Binder : Base Cat (%)	Drying Time (Jam: Menit)	Total Solid Content (%)	Adhesion Strength (%)	Gloss (GU, Gloss Units)	White ness Index	Yellow ness Index	Opacity (%)
40 : 60							
45 : 55							
50 : 50							
55 : 45							
60 : 40							
65 : 35							
70 : 30							

3.5. Prosedur Percobaan

3.5.1. Prosedur Pembuatan Cat Minyak

Tahapan-tahapan pembuatan cat minyak yang dilakukan dalam penelitian ini dijelaskan secara rinci pada diagram alir Gambar 3.1 [38] :



Gambar 3. 1. Diagram Alir Pembuatan Cat Minyak

Pada Gambar 3.1 menyajikan diagram alir proses pembuatan cat minyak, mulai dari proses pembuatan binder, pembuatan *base* cat, hingga pembuatan cat minyak berdasarkan rasio formulasi cat dan pengujian karakteristik cat, dengan rincian:

1. Prosedur Pembuatan Binder

- a. Hitung massa yang akan ditimbang.

Gunakan rumus:

Total keseluruhan 25 gram untuk 1 sampel.

Binder 50% = 12,5 gram

Base Cat 50% = 12,5 gram

- b. Bersihkan gelas kimia dan keringkan.
c. Timbang bahan pada gelas kimia sesuai perhitungan pada Tabel 3.5.

Tabel 3. 5. Basis Binder

No	Komponen	Komposisi (%)	Massa (g)
1	Resin alkid <i>medium oil</i>	75	18,75
2	<i>Solvent (mineral turpentine, toluena)</i>	20	5
3	<i>Drier</i>	5	1,25

- d. Campur seluruh bahan dan aduk menggunakan *mixer* selama 10 menit dengan kecepatan 300-500 rpm.
e. Simpan pada wadah yang tertutup, lanjutkan ke prosedur pembuatan *base* cat.

2. Pembuatan *Base* Cat

- a. Hitung massa yang akan ditimbang.

Gunakan rumus:

Total keseluruhan 50 gram untuk 1 sampel

Binder 50% = 25 gram

Base Cat 50% = 25 gram

- b. Bersihkan gelas kimia dan keringkan.
c. Timbang bahan sesuai perhitungan pada Tabel 3.6.

Tabel 3. 6. Basis *Base Cat*

No	Komponen	Komposisi (%)	Massa (g)
1	<i>Titan kronos (TiO₂)</i>	48	12
2	CaCO ₃ (Omya)	10	2,5
3	<i>Solvent (mineral turpentine, toluena)</i>	30	7,5
4	<i>Anti slip and leveling</i>	3	0,75
5	<i>Dispersing agent</i>	3	0,75
6	<i>Anti foam</i>	3	0,75
7	<i>Thickener</i>	3	0,75

- d. Campur seluruh bahan dari nomor 5-9, aduk menggunakan *mixer* selama 10-15 menit dengan kecepatan 200-500 rpm.
 - e. Tambahkan bahan dari nomor 10 dan 11, aduk menggunakan *mixer* selama 5 menit dengan kecepatan 200-500 rpm.
 - f. Simpan pada wadah yang tertutup, lanjutkan ke prosedur rasio formulasi Binder : *Base Cat*.
3. Prosedur Pembuatan Cat Minyak (Rasio Formulasi Binder : *Base Cat*)
- a. Hitung massa yang akan ditimbang.
 Total keseluruhan 25 gram untuk 1 sampel
 Binder 50% = 12,5 gram
Base Cat 50% = 12,5 gram

Tabel 3. 7. Rasio Binder : *Base Cat* (%)

Binder (%)	Massa (g)	<i>Base Cat</i> (%)	Massa (g)
40	10	60	15
45	11,25	55	13,75
50	12,5	50	12,5
55	13,75	45	11,25
60	15	40	10
65	16,25	35	8,75
70	17,5	30	7,5

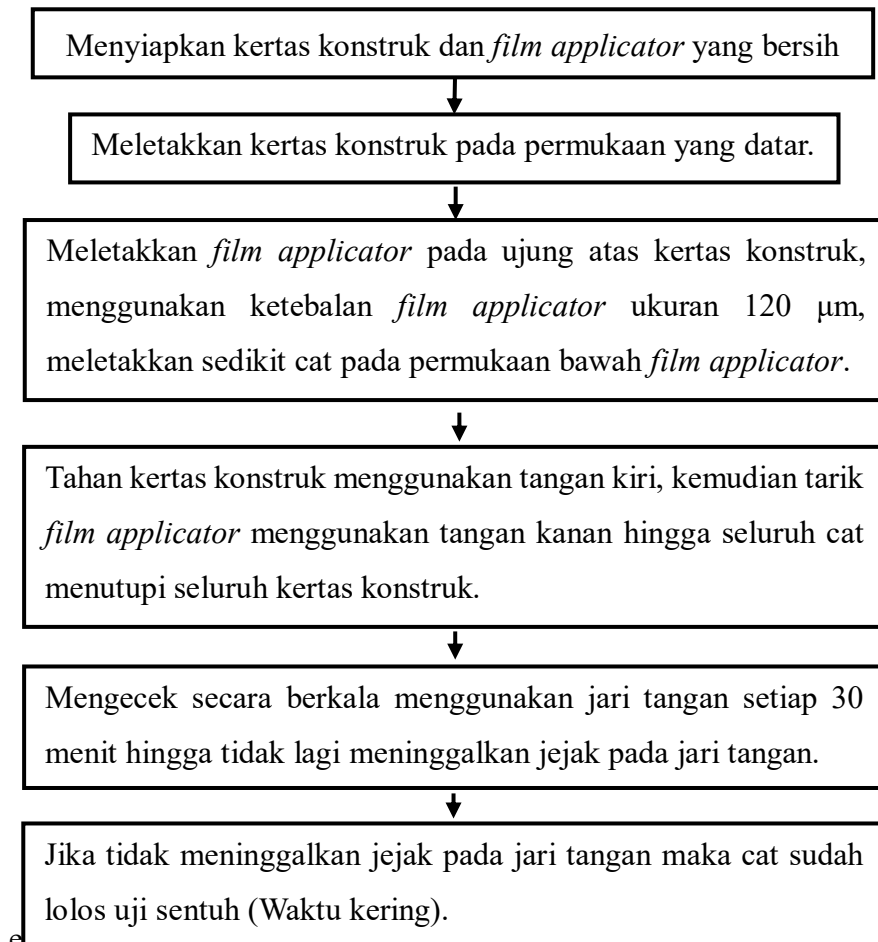
Tabel 3.7. menyajikan data mengenai rasio antara binder dan *base cat* dalam persentase dan massa (Gram).

- b. Bersihkan gelas kimia dan keringkan.
- c. Timbang sesuai massa yang telah dihitung.
- d. Campur bahan binder dan *base cat*.
- e. Aduk menggunakan *mixer* selama 5 menit dengan kecepatan 200-500 rpm.
- f. Simpan pada wadah yang tertutup, lanjutkan ke prosedur pengujian karakteristik cat.

3.5.2. Prosedur Pengujian Karakteristik Cat Minyak

1. Pengujian Waktu Pengeringan (*Drying Time*)

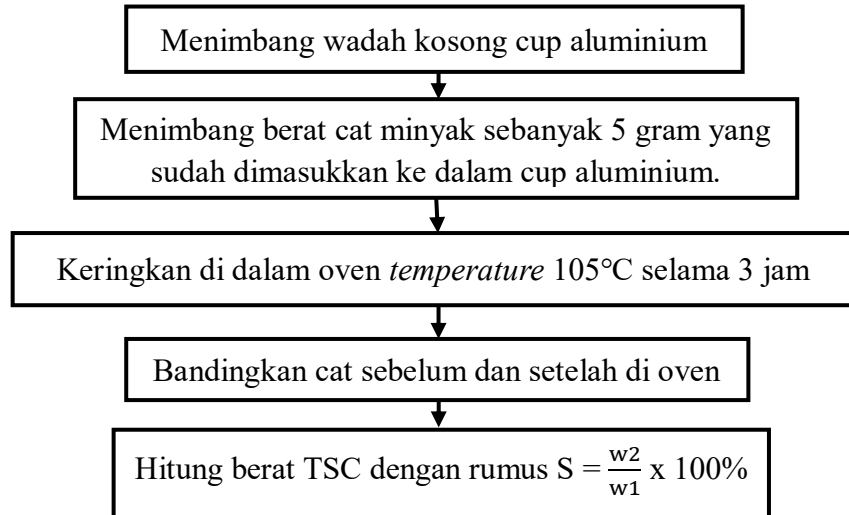
Tahapan sistematis yang dilakukan dalam pelaksanaan penelitian Waktu pengeringan ini disajikan secara lengkap pada Gambar 3.2. [38]:



Gambar 3. 2. Diagram Alir Pengujian *Drying Time*

2. Pengujian Padatan Total (*Total Solid Content*) (TSC)

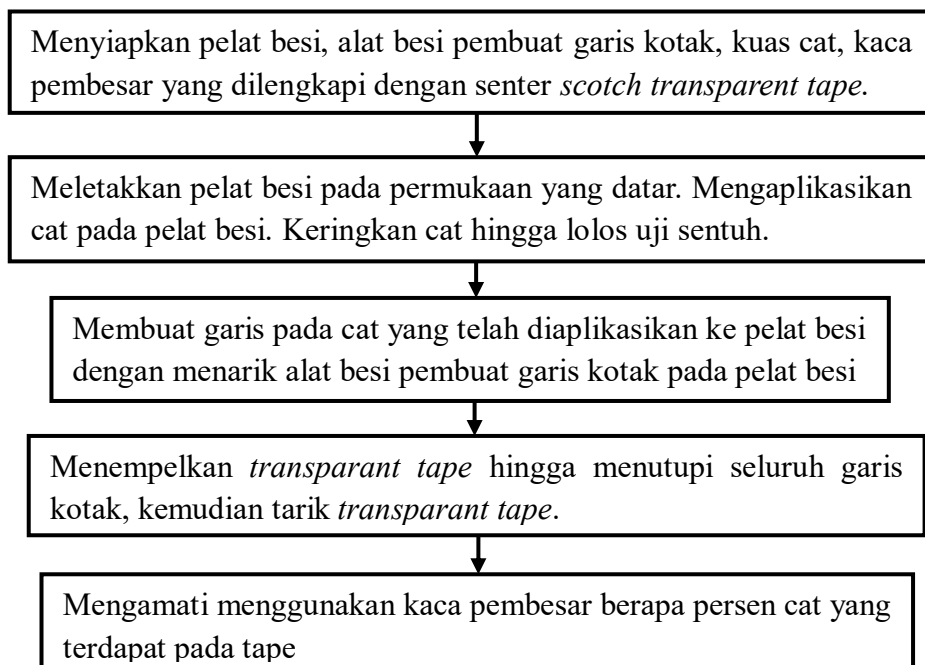
Bagan alir pada Gambar 3.3 menjelaskan urutan langkah penelitian padatan total [38]:



Gambar 3. 3. Diagram Alir Pengujian *Total Solid Content* (TSC)

3. Pengujian *Adhesion Strength*

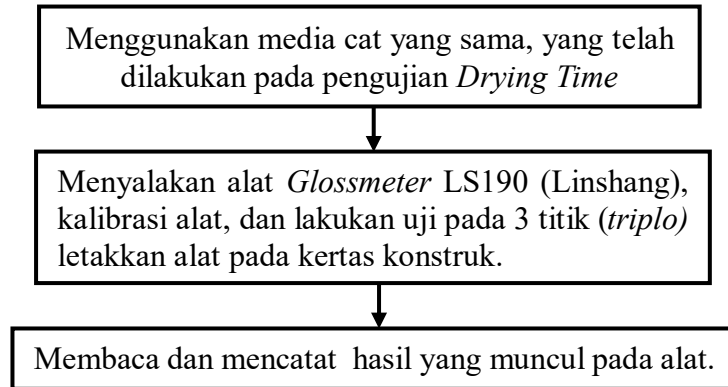
Proses serta alur kerja dalam pengujian daya rekat diuraikan melalui diagram alir pada Gambar 3.4 [38]:



Gambar 3. 4. Diagram Alir Pengujian *Adhesion Strength*

4. Pengujian *Gloss*

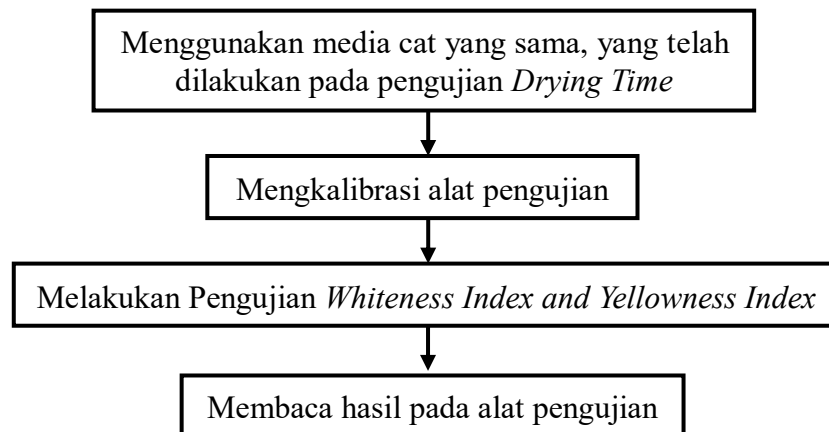
Gambar 3.5 menampilkan diagram alir pengujian kilap pada penelitian cat [38]:



Gambar 3. 5. Diagram Alir Pengujian *Gloss*

5. Pengujian *Whiteness Index and Yellowness Index*

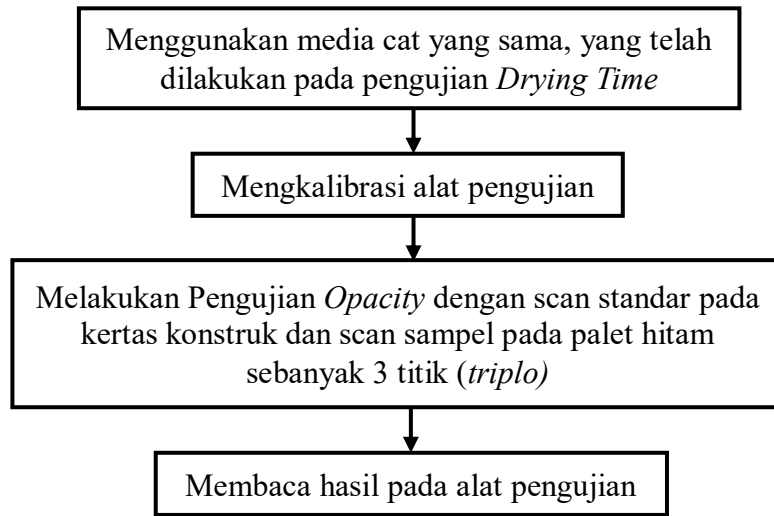
Untuk memberikan gambaran yang jelas mengenai pengujian tingkat keputihan dan kekuningan cat dapat dilihat pada bagan alir Gambar 3.6 [38]:



Gambar 3. 6. Diagram Alir Pengujian *Whiteness Index and Yellowness Index*

6. Pengujian *Opacity*

Pelaksanaan pengujian kilap diperlihatkan pada Gambar 3.6. [38] :



Gambar 3. 7. Diagram Alir Pengujian *Opacity*

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil

Terdapat enam jenis pengujian terhadap cat minyak berbasis resin alkid dengan dua jenis pelarut, yaitu hidrokarbon alifatik (*Mineral turpentine*) dan hidrokarbon aromatik (Toluena). Parameter yang diuji meliputi waktu pengeringan (*Drying time*), padatan total (*Total solid content*), kekuatan atau daya rekat cat (*Adhesion strength*), kilap permukaan (*Gloss*), tingkat keputihan dan kekuningan cat (*Whiteness index and yellowness index*), serta daya tutup (*Opacity*). Data hasil pengujian untuk penggunaan pelarut hidrokarbon alifatik disajikan pada Tabel 4.1, sedangkan hasil pengujian dengan pelarut hidrokarbon aromatik tertera pada Tabel 4.2.

Tabel 4. 1. Parameter Pengujian Cat Minyak Pelarut Alifatik (*Mineral Turpentine*)

Binder : Base Cat (%)	<i>Drying Time (Jam: Menit)</i>	<i>Total Solid Content (%)</i>	<i>Adhesion Strength (%)</i>	<i>Gloss (GU)</i>	<i>White Index</i>	<i>Yellow Index</i>	<i>Opacity (%)</i>
40 : 60	07:07	66	0	10,6	88,10	-1,83	88,18
45 : 55	07:02	68	2	14,3	84,91	-4,84	79,53
50 : 50	06:54	67	10	22	89,58	0,98	91,24
55 : 45	06:51	66	14	43,3	95,54	2,42	94,49
60 : 40	06:46	66	19	45	93,31	0,89	90,86
65 : 35	03:09	68	25	59,5	91,01	-0,70	90,67
70 : 30	03:02	64	26	61	91,99	0,61	90,25

Tabel 4. 2. Parameter Pengujian Cat Minyak Pelarut Aromatik (Toluena)

Binder : Base Cat (%)	<i>Drying Time (Jam:M enit)</i>	<i>Total Solid Content (%)</i>	<i>Adhesion Strength (%)</i>	<i>Gloss (GU)</i>	<i>White Index</i>	<i>Yellow Index</i>	<i>Opacity (%)</i>
40 : 60	13:01	71	0	16	94,03	-0,70	92,68
45 : 55	10:05	74	0	19,6	93,77	-0,81	92,58
50 : 50	07:19	72	6	30,6	93,96	0,20	93,91
55 : 45	06:54	72	23	34,3	94,46	1,24	99,64
60 : 40	06:50	75	12	42	92,82	0,46	92,56
65 : 35	06:28	69	12	54	91,29	-1,07	90,81
70 : 30	05:25	70	9	60	91,29	0,68	93,10

3.2. Pembahasan

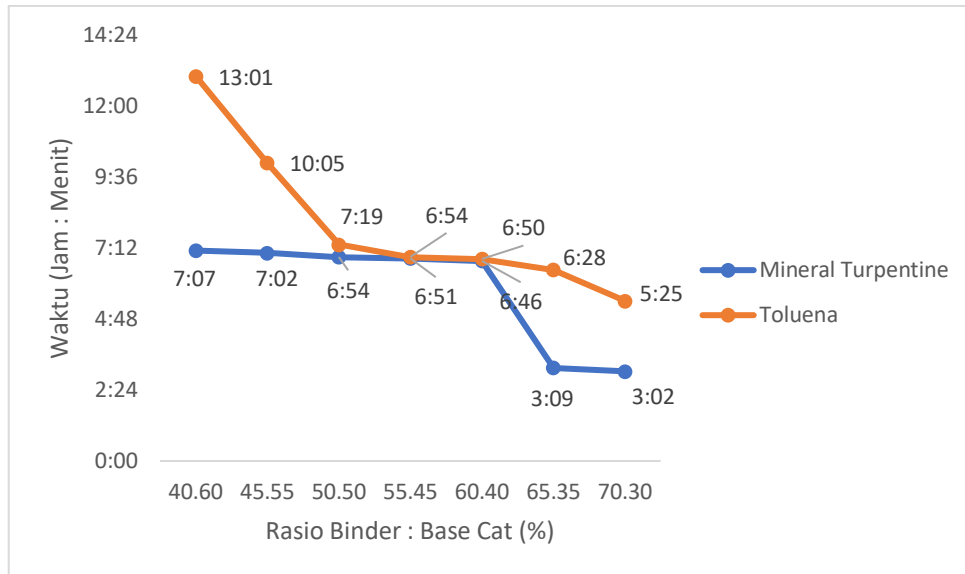
3.2.1. Waktu Pengeringan (*Drying Time*)

Pengujian waktu pengeringan dilakukan untuk menilai lama waktu yang diperlukan lapisan cat minyak sampai mencapai kondisi kering setelah diaplikasikan pada substrat. Pada sistem alkid, waktu pengeringan tidak dapat dibaca hanya sebagai proses menguapnya pelarut, karena film juga harus mengalami pengeringan kimia melalui autooksidasi rantai asam lemak pada resin alkid. Oleh karena itu, formulasi yang pelarutnya cepat menguap belum tentu selalu memberikan hasil akhir paling cepat apabila penguapan tersebut menimbulkan kulit permukaan, retensi pelarut, atau hambatan difusi oksigen ke dalam film [11,12,40].

ASTM D5895 pada dasarnya menyediakan metode untuk membandingkan tahapan pengeringan atau curing film organik, bukan menetapkan satu angka baku bahwa cat harus kering pada jam tertentu [16]. Dengan demikian, data waktu pengeringan pada penelitian ini lebih tepat ditafsirkan sebagai indikator efisiensi proses dan kestabilan pembentukan film. Formulasi yang lebih cepat kering dinilai lebih praktis untuk aplikasi, sedangkan waktu yang terlalu lama menunjukkan proses pembentukan film belum berlangsung optimum. Hasil pengujian waktu pengeringan dapat dilihat pada Tabel 4.3 dan Gambar 4.1 [15].

Tabel 4. 3. Hasil Pengujian waktu pengeringan (*Drying Time*)

Rasio Binder : <i>Base Cat</i> (%)	<i>Drying Time</i> (Jam:Menit)	
	<i>Mineral Turpentine</i>	Toluena
40:60	07:07	13:01
45:55	07:02	10:05
50:50	06:54	07:19
55:45	06:51	06:54
60:40	06:46	06:50
65:35	03:09	06:28
70:30	03:02	05:25



Gambar 4. 1. Hasil Pengujian waktu pengeringan (*Drying time*)

Berdasarkan hasil pengujian pada Gambar 4.1, cat dengan pelarut *mineral turpentine* memiliki waktu pengeringan 07 jam 07 menit sampai 03 jam 02 menit. Pada pelarut toluena, waktu pengeringan berada pada rentang 13 jam 01 menit sampai 05 jam 25 menit. Formulasi tercepat terdapat pada *mineral turpentine* rasio 70:30, sedangkan formulasi terlama terdapat pada toluena rasio 40:60. Pola ini menunjukkan bahwa peningkatan proporsi binder cenderung mempercepat pembentukan film, terutama pada sistem *mineral turpentine* [11,15].

Rasio 70:30 pada *mineral turpentine* menjadi paling baik pada parameter waktu pengeringan karena kandungan binder alkid sebagai komponen pembentuk film paling tinggi. Pada rasio ini, jumlah resin yang tersedia untuk membentuk jaringan film lebih besar, sehingga setelah pelarut menguap, proses pemadatan dan pengikatan film berlangsung lebih cepat. Selain itu, komposisi *base cat* yang lebih rendah mengurangi beban pigmen dan filler yang harus terdispersi dalam film, sehingga hambatan fisik terhadap pembentukan lapisan kontinyu lebih kecil [5,11,12].

Sebaliknya, rasio toluena 40:60 menjadi paling lambat karena komposisi *base cat* lebih dominan dibanding binder. *Base cat* mengandung pigmen, filler, dan pelarut yang membutuhkan proses pembasahan dan perataan lebih lama. Binder yang lebih rendah menyebabkan jaringan alkid yang terbentuk belum cukup cepat mengikat seluruh komponen padat menjadi film yang stabil. Akibatnya, meskipun

toluena dikenal sebagai pelarut aromatik dengan daya larut kuat, kondisi formulasi pada rasio ini belum mendukung pengeringan akhir yang cepat [2,41].

Pada *mineral turpentine*, waktu pengeringan menurun secara bertahap dari rasio 40:60 hingga 60:40, lalu turun tajam pada 65:35 dan 70:30. Penurunan tajam ini menunjukkan adanya titik komposisi ketika jumlah binder sudah cukup dominan untuk membentuk film kontinyu dengan hambatan dispersi pigmen yang lebih kecil. Dengan kata lain, data 65:35 dan 70:30 baik untuk aspek kecepatan pengeringan, tetapi belum tentu otomatis baik untuk parameter lain seperti daya rekat dan daya tutup [39].

Pada toluena, penurunan waktu pengeringan juga terlihat dari 40:60 sampai 70:30, tetapi penurunannya tidak secepat *mineral turpentine*. Hal ini menunjukkan bahwa masalah utama pada toluena bukan sekadar jumlah binder, tetapi keseimbangan antara pelarutan resin, penguapan pelarut, dan proses pengeringan. Film yang terlalu cepat membentuk lapisan permukaan dapat tampak kering di luar, tetapi bagian bawah masih membutuhkan waktu untuk melepaskan pelarut dan menyelesaikan reaksi oksidatif [40,42].

Dengan demikian, formulasi *mineral turpentine* 70:30 dapat dinyatakan paling baik untuk parameter waktu pengeringan karena menghasilkan waktu pengeringan tercepat. Namun, formulasi tersebut tidak dapat langsung disebut sebagai formulasi terbaik keseluruhan karena peningkatan binder yang mempercepat pengeringan ternyata menurunkan daya rekat pada uji (*Adhesion strength*). Ini menunjukkan adanya *trade-off* antarparameter, yaitu peningkatan kinerja pada satu aspek lapisan film belum tentu diikuti oleh peningkatan pada aspek lainnya, seperti formulasi yang cepat kering belum tentu menghasilkan lapisan film dengan daya rekat dan daya tutup terbaik [8,39].

Selain variasi rasio binder : base cat, waktu pengeringan dipengaruhi oleh sifat fisikokimia pelarut, terutama volatilitas, daya pelarut, dan interaksi antara pelarut dengan resin alkid. *Mineral turpentine* merupakan campuran hidrokarbon alifatik/sikloalifatik yang dominan bersifat nonpolar, sedangkan toluena merupakan hidrokarbon aromatik. Toluena bukan pelarut polar kuat, tetapi memiliki karakter aromatik dan daya pelarut terhadap resin organik yang lebih tinggi dibandingkan *mineral turpentine*. Berdasarkan data tipikal pelarut industri, toluena memiliki nilai

Kauri-butanol (KB) sebesar 105, sedangkan *mineral spirits* representatif memiliki nilai KB sebesar 33. Nilai tersebut menunjukkan bahwa toluena mempunyai kemampuan pelarutan yang lebih kuat terhadap bahan pengikat organik, sehingga dapat menghasilkan sistem resin yang lebih homogen dan mudah mengalir selama aplikasi cat [41,43,44].

Dari aspek volatilitas, toluena secara teoritis lebih mudah menguap karena memiliki tekanan uap sekitar 21,9 torr dan titik didih sekitar 108,9–111,7°C, sedangkan *mineral spirits* representatif memiliki tekanan uap sekitar 2,5 torr serta rentang titik didih sekitar 160–195°C. Namun, hasil penelitian menunjukkan bahwa *mineral turpentine* menghasilkan waktu pengeringan lebih cepat dibandingkan toluena pada formulasi yang diuji. Oleh karena itu, hasil tersebut tidak dapat dijelaskan hanya berdasarkan kecepatan penguapan pelarut. Pada cat berbasis resin alkid, proses pengeringan mencakup pengeringan fisik akibat penguapan pelarut dan pengeringan kimia melalui autooksidasi serta pembentukan ikatan silang antar rantai resin. Penguapan toluena yang lebih cepat berpotensi meningkatkan konsentrasi resin pada permukaan film lebih awal. Apabila kondisi tersebut membatasi difusi oksigen ke lapisan bagian dalam, proses pengerasan menyeluruh (*through drying*) dapat berlangsung lebih lambat meskipun pelarut awalnya lebih cepat menguap [43–46]

Hasil ini juga didukung oleh penelitian Issa dkk. yang menyatakan bahwa pemilihan pelarut dan laju evaporasi relatif dapat mengubah kinetika pengeringan *coating*. Selain itu, Vinçotte dkk. menjelaskan bahwa pengeringan film polimer dipengaruhi oleh karakteristik pelarut, seperti tekanan uap, densitas, massa molar, dan difusi pelarut di dalam film. Oleh karena itu, perbedaan waktu pengeringan antara *mineral turpentine* dan toluena dalam penelitian ini dapat dipahami sebagai akibat dari interaksi antara komposisi formulasi, penguapan pelarut, ketebalan lapisan, dan proses autooksidasi alkid, bukan semata-mata karena satu pelarut selalu lebih unggul pada seluruh rasio [40,42].

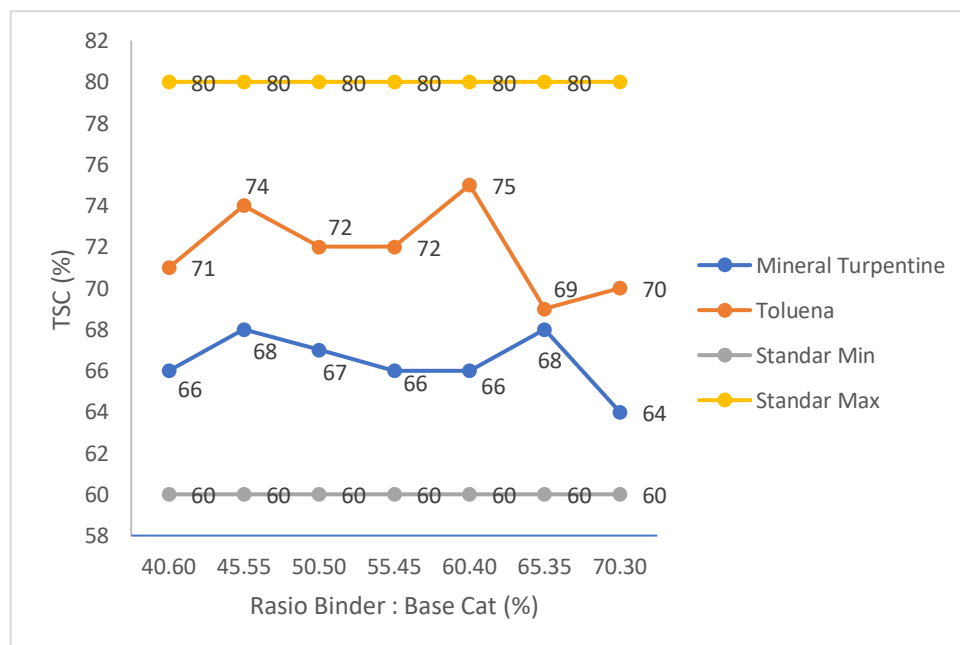
3.2.2. Padatan Total (*Total Solid Content*)

Pengujian padatan total atau *Total Solid Content* (TSC) dilakukan untuk mengetahui persentase komponen non-volatil yang tertinggal setelah komponen volatil menguap. Komponen non-volatil meliputi resin, pigmen, filler, dan aditif

yang membentuk lapisan film kering. Nilai TSC penting karena berkaitan dengan ketebalan film kering, efisiensi pemakaian cat, kandungan pelarut, serta potensi emisi VOC. Dalam konteks laporan ini, standar 60% digunakan sebagai acuan minimal kandungan padatan, sedangkan metode gravimetri digunakan untuk melihat sisa padatan setelah proses pengeringan. Hasil pengujian padatan total (*Total Solid Content*) dapat dilihat pada Tabel 4.4 dan Gambar 4.2 [16,27,47].

Tabel 4. 4. Hasil Pengujian Padatan Total (*Total Solid Content*)

Rasio Binder : <i>Base Cat</i> (%)	<i>Total Solid Content</i> (%)			
	<i>Mineral Turpentine</i>	Toluena	Standar	
			Min	Max
40:60	66	71	60	80
45:55	68	74	60	80
50:50	67	72	60	80
55:45	66	72	60	80
60:40	66	75	60	80
65:35	68	69	60	80
70:30	64	70	60	80



Gambar 4. 2. Hasil Pengujian *Total Solid Content*

Berdasarkan hasil pengujian pada Gambar 4.2, seluruh formulasi memiliki nilai TSC di atas 60%, sehingga seluruh data memenuhi acuan minimal yang digunakan dalam penelitian. Nilai TSC *mineral turpentine* berada pada rentang 64-68%, sedangkan toluena berada pada rentang 69-75%. Artinya, formulasi dengan toluena menghasilkan kandungan padatan rata-rata lebih tinggi dibandingkan *mineral turpentine*. Hal ini menunjukkan bahwa sistem toluena pada penelitian ini cenderung meninggalkan fraksi non-volatil yang lebih besar setelah proses pengeringan [16,27].

Nilai TSC tertinggi diperoleh pada toluena rasio 60:40 sebesar 75%. Rasio ini dapat dianggap paling baik untuk TSC karena komposisinya masih memiliki binder yang cukup tinggi sebagai pembentuk film, tetapi tidak terlalu mengurangi kontribusi pigmen dan filler dari *base cat*. Pada rasio yang terlalu tinggi bindernya, seperti 70:30, nilai TSC toluena justru turun menjadi 70%. Penurunan ini menunjukkan bahwa penambahan binder tidak selalu menaikkan TSC secara linear karena binder juga mengandung pelarut dan komponen volatil [16,47].

Pada *mineral turpentine*, nilai tertinggi sebesar 68% muncul pada rasio 45:55 dan 65:35, sedangkan nilai terendah sebesar 64% muncul pada rasio 70:30. Data ini menegaskan bahwa TSC tidak hanya ditentukan oleh banyaknya binder, tetapi juga oleh homogenitas pencampuran, distribusi pigmen-filler, serta komposisi volatil di dalam binder dan *base cat*. Rasio 70:30 *mineral turpentine* cepat kering, tetapi TSC-nya paling rendah, sehingga secara padatan tidak menjadi formulasi terbaik [8,39,47].

Perbedaan nilai TSC antara kedua pelarut juga dapat dipengaruhi oleh kemampuan pelarut dalam menjaga kestabilan dispersi selama pencampuran. Pelarut yang mampu membantu resin dan pigmen terdispersi lebih homogen akan menghasilkan sampel uji yang lebih representatif. Sebaliknya, bila dispersi kurang stabil, sampel yang diambil dapat mengandung fraksi pelarut atau padatan yang tidak merata sehingga nilai TSC berfluktuasi. Oleh karena itu, fluktuasi TSC pada data ini masih wajar untuk formulasi cat yang mengandung resin, pigmen, filler, aditif, dan pelarut [2,39,41].

Jika dikaitkan dengan konsep *high-solid coating*, kandungan padatan lebih dari 60% umumnya menunjukkan penggunaan pelarut yang lebih rendah dibanding

sistem *low-solid*. Sumber teknis industri *coating* menjelaskan bahwa *high-solid paint* memiliki kandungan padatan tinggi sehingga mampu menghasilkan film kering lebih tebal dengan penggunaan pelarut lebih rendah. Oleh karena itu, hasil TSC pada penelitian ini dapat dikategorikan baik karena seluruh formulasi melampaui 60% [8,47].

Dengan demikian, tidak ada formulasi yang gagal terhadap acuan TSC 60%. Formulasi terbaik pada parameter ini adalah toluena 60:40 karena memiliki nilai TSC tertinggi. Namun, formulasi tersebut tidak otomatis terbaik secara keseluruhan karena pada daya rekat hanya berada pada kategori cukup dan daya tutup tidak mencapai *complete hiding*. Jadi, TSC yang tinggi perlu dipertimbangkan bersama daya rekat, warna, kilap, dan daya tutup, bukan sebagai satu-satunya dasar pemilihan formulasi [8,39,47].

Hasil TSC tersebut sejalan dengan kajian Pélissier dan Thierry mengenai *high-solid coating* yang menjelaskan bahwa sistem pelapis dengan kandungan padatan tinggi dikembangkan untuk menurunkan proporsi pelarut dan emisi VOC, serta mampu menghasilkan lapisan kering yang lebih tebal dalam satu kali aplikasi. Namun, kajian tersebut juga menegaskan bahwa kandungan padatan tinggi dapat diikuti oleh peningkatan viskositas, risiko flokulasi pigmen, dan sensitivitas terhadap kondisi substrat. Hal ini mendukung interpretasi pada penelitian ini bahwa seluruh formulasi sudah baik dari sisi kandungan padatan karena berada di atas 60%, tetapi formulasi dengan TSC tertinggi, yaitu toluena 60:40, tetap perlu dinilai bersama parameter lain seperti daya rekat, kilap, warna, dan daya tutup [8,47].

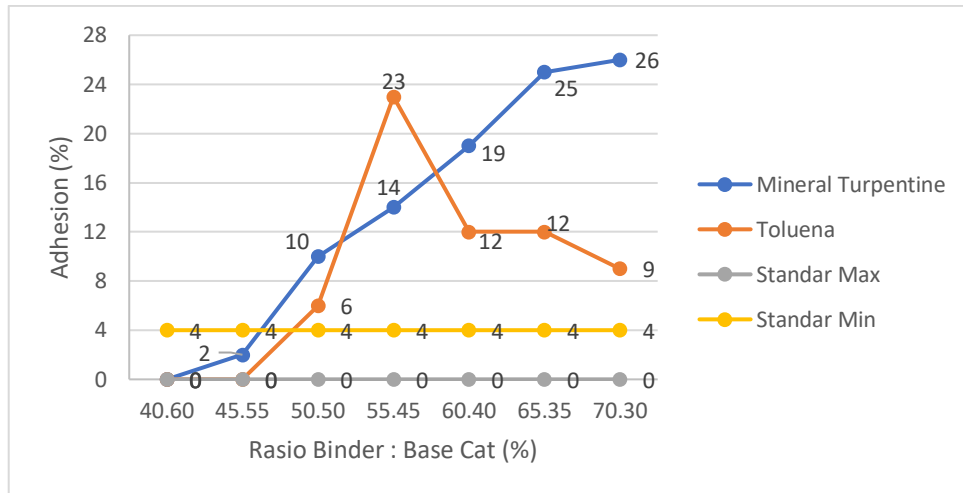
Kesesuaian hasil ini juga terlihat pada penelitian Karakaş dkk. yang menunjukkan bahwa perubahan komposisi filler dan *pigment volume concentration* dapat memengaruhi karakteristik *coating*, sehingga kualitas lapisan tidak dapat disimpulkan hanya dari satu parameter formulasi. Dengan demikian, fluktuasi TSC pada rasio 40:60 sampai 70:30 masih dapat diterima secara ilmiah karena perubahan komposisi binder, pigmen, filler, dan pelarut dapat menghasilkan perbedaan residu non-volatil tanpa selalu bergerak secara linear [39].

3.2.3. Kekuatan atau Daya Rekat Cat (*Adhesion Strength*)

Pengujian *adhesion strength* dilakukan untuk mengetahui kemampuan lapisan cat melekat pada substrat setelah proses pengeringan. Pada laporan ini, nilai *adhesion strength* dinyatakan sebagai persentase area cat yang terkelupas setelah uji *tape test*, sehingga semakin kecil nilainya semakin baik daya rekat lapisan. Berdasarkan klasifikasi ASTM D3359, 5B menunjukkan tidak ada lapisan yang terkelupas, 4B menunjukkan pengelupasan sangat kecil, sedangkan 3B dan 2B menunjukkan penurunan mutu adhesi yang mulai perlu diperhatikan. Hasil pengujian daya rekat cat (*Adhesion Strength*) dapat dilihat pada Tabel 4.5. dan Gambar 4.3 [17,28,29].

Tabel 4. 5. Hasil Pengujian Daya Rekat (*Adhesion Strength*)

Jenis Pelarut	Rasio Binder : Base Cat (%)	<i>Adhesion Strength</i> (%)	Klasifikasi ASTM D3359	Kategori Mutu Daya Rekat	Standar (%)	
					Min	Max
<i>Mineral Turpentine</i>	40:60	0	5B	Sangat Baik	4	0
	45:55	2	4B	Baik	4	0
	50:50	10	3B	Cukup	4	0
	55:45	14	3B	Cukup	4	0
	60:40	19	2B	Kurang	4	0
	65:35	25	2B	Kurang	4	0
	70:30	26	2B	Kurang	4	0
Toluena	40:60	0	5B	Sangat Baik	4	0
	45:55	0	5B	Sangat Baik	4	0
	50:50	6	4B	Baik	4	0
	55:45	23	2B	Kurang	4	0
	60:40	12	3B	Cukup	4	0
	65:35	12	3B	Cukup	4	0
	70:30	9	3B	Cukup	4	0



Gambar 4. 3. Hasil Pengujian *Adhesion Strength*

Berdasarkan hasil pengujian pada Gambar 4.3, data terbaik terdapat pada *mineral turpentine* 40:60, toluena 40:60, dan toluena 45:55, karena ketiganya menghasilkan pengelupasan 0% atau klasifikasi 5B. Kondisi 0% berarti film cat mampu bertahan terhadap tekanan *tape test* tanpa terangkat dari substrat. Rasio tersebut baik karena jumlah binder masih cukup untuk membentuk film, tetapi viskositas campuran belum terlalu tinggi sehingga cat masih mampu membasahi permukaan substrat dan masuk ke ketidakrataan mikro pada permukaan [17,29].

Rasio *mineral turpentine* 40:60 menjadi paling baik pada pelarut alifatik karena keseimbangan *base cat* dan binder menghasilkan pembasahan substrat yang optimal. Komposisi *base cat* yang lebih tinggi menyediakan pigmen dan filler, sedangkan binder masih cukup untuk mengikat partikel dan membentuk film kontinyu. Pada titik ini, film belum terlalu tebal, sehingga tegangan susut akibat pengeringan alkid masih rendah. Akibatnya, risiko retak mikro, delaminasi, atau pengelupasan saat *tape test* menjadi minimal [2,17,29].

Pada *mineral turpentine*, peningkatan rasio binder dari 45:55 sampai 70:30 justru diikuti peningkatan area terkelupas dari 2% menjadi 26%. Data ini menunjukkan semakin banyak binder pasti semakin kuat daya rekat tidak berlaku mutlak. Binder memang penting untuk kohesi film, tetapi kelebihan binder dapat menaikkan viskositas, membentuk lapisan yang lebih tebal, dan meningkatkan tegangan internal selama autooksidasi. Jika tegangan internal lebih besar daripada ikatan cat-substrat, lapisan mudah terangkat saat diuji [2,31,39].

Rasio 50:50 pada *mineral turpentine* tidak masuk kategori sangat baik karena area pengelupasan mencapai 10% atau setara 3B. Artinya, pada rasio ini ikatan film terhadap substrat sudah menurun dibanding rasio 40:60 dan 45:55. Penyebab paling logis adalah berkurangnya kemampuan cat membasahi substrat akibat peningkatan fraksi binder dan perubahan viskositas. Film menjadi lebih mudah membentuk lapisan di atas permukaan, tetapi tidak cukup kuat berinteraksi dengan substrat [17,28,29].

Pada toluena, rasio 40:60 dan 45:55 sama-sama menghasilkan 0% pengelupasan. Hal ini menunjukkan bahwa toluena masih mampu membantu resin membasahi dan menyebar pada substrat pada komposisi binder rendah sampai sedang. Namun, ketika rasio meningkat menjadi 50:50, pengelupasan naik menjadi 6%. Berdasarkan batas ASTM D3359, nilai ini lebih tepat masuk 3B atau cukup, bukan 5B. Dengan kata lain, 50:50 masih dapat diterima untuk beberapa aplikasi, tetapi belum memenuhi mutu daya rekat terbaik [17,31,41].

Rasio toluena 55:45 menghasilkan pengelupasan 23%, sehingga menjadi salah satu formulasi terlemah pada parameter adhesi. Kondisi ini dapat terjadi karena kombinasi antara daya larut toluena yang kuat, film yang lebih tebal, dan kemungkinan pengeringan permukaan yang lebih cepat daripada bagian dalam. Ketika lapisan atas mulai memadat sementara bagian bawah masih mengandung pelarut atau belum teroksidasi sempurna, ikatan di antarmuka substrat menjadi rentan terhadap pengelupasan [11,12,40,41].

Secara keseluruhan, peningkatan binder memperbaiki pembentukan film dan kilap, tetapi tidak selalu memperbaiki daya rekat. Prinsip ini sejalan dengan konsep *pigment volume concentration* (PVC), yaitu keseimbangan antara volume pigmen/filler dan binder dalam film kering. Apabila rasio binder-pigmen tidak berada pada komposisi optimum, sifat film seperti daya rekat, porositas, kilap, dan ketahanan dapat berubah signifikan [2,39].

Kinerja daya rekat juga dipengaruhi oleh kondisi permukaan substrat, ketebalan aplikasi, keseragaman pengeringan, dan homogenitas pencampuran. Jika permukaan kurang bersih, film terlalu tebal, atau pelarut belum keluar merata, area potong pada uji *cross-cut* menjadi titik awal delaminasi. Karena itu, nilai 0% pada 40:60 bukan terjadi kebetulan, melainkan menunjukkan bahwa pada komposisi

tersebut wetting, ketebalan film, dan tegangan internal berada dalam kondisi paling seimbang [17,28,29].

Perbandingan antar pelarut menunjukkan bahwa toluena memberikan dua formulasi 5B, yaitu 40:60 dan 45:55, sedangkan *mineral turpentine* hanya satu formulasi 5B, yaitu 40:60. Namun, toluena juga menunjukkan penurunan tajam pada 55:45. Ini menegaskan bahwa toluena memiliki potensi daya rekat baik pada komposisi tertentu, tetapi lebih sensitif terhadap perubahan rasio binder karena perubahan pelarut dan laju penguapan dapat mengubah struktur film [41,43,44].

Data daya rekat menjadi bukti bahwa rasio terbaik tidak selalu berada pada rasio binder tertinggi. Formulasi yang terlalu kaya binder cenderung menghasilkan film lebih licin dan lebih mengkilap, tetapi belum tentu melekat kuat pada substrat. Sebaliknya, rasio 40:60 menjadi baik karena masih memungkinkan pembasahan substrat dan *interlocking* mekanik yang lebih efektif tanpa menghasilkan tegangan susut berlebihan. Dengan demikian, formulasi terbaik untuk daya rekat adalah *mineral turpentine* 40:60, toluena 40:60, dan toluena 45:55. Formulasi 50:50 tidak dapat disebut terbaik karena sudah menunjukkan pengelupasan 10% pada *mineral turpentine* dan 6% pada toluena. Untuk aplikasi yang mensyaratkan daya rekat sangat tinggi, formulasi di atas 50:50 perlu dihindari atau harus diperbaiki melalui pengaturan viskositas, ketebalan aplikasi, jenis substrat, serta waktu pengeringan sebelum pengujian [17,31,39].

Hasil daya rekat yang diteliti sejalan dengan penelitian Lubi dkk. yang menunjukkan bahwa campuran cat dan thinner berpengaruh terhadap daya rekat serta ketebalan lapisan hasil pengecatan. Penelitian tersebut menggunakan metode *cross cut* berdasarkan ASTM D3359 dan menunjukkan bahwa pengaturan rasio campuran yang tepat dapat menghasilkan klasifikasi daya rekat 5B, yaitu kondisi ketika lapisan tidak mengalami pengelupasan. Kesesuaian ini mendukung hasil penelitian bahwa rasio 40:60 pada *mineral turpentine* dan toluena, serta rasio toluena 45:55, memberikan daya rekat terbaik karena campuran masih memiliki kemampuan membasahi substrat, membentuk film, dan mempertahankan ikatan antarmuka secara lebih seimbang [17,31].

Sebaliknya, rasio 50:50 yang tidak mencapai klasifikasi terbaik dapat dijelaskan melalui konsep keseimbangan pigmen dan binder. Pagnin dkk. melaporkan bahwa stabilitas film alkid dipengaruhi oleh jenis pigmen anorganik dan rasio pigmen dan binder, sehingga perubahan rasio dapat memengaruhi distribusi partikel, kestabilan binder, dan struktur lapisan [27]. Dengan demikian, hasil *mineral turpentine* 50:50 dan toluena 50:50 yang tidak mencapai 5B masih sejalan dengan penelitian terdahulu, karena peningkatan binder belum tentu memperbaiki daya rekat apabila mengurangi kemampuan *wetting*, meningkatkan ketebalan film, atau menimbulkan tegangan internal selama pengeringan [26,39].

3.2.4. Kilap Permukaan (*Gloss*)

Pengujian dilakukan untuk mengetahui tingkat kilap permukaan lapisan cat setelah proses pengeringan. Nilai *gloss* menunjukkan kemampuan permukaan film cat dalam memantulkan cahaya secara terarah atau *specular reflection*. Pengujian ini relevan mengacu pada ASTM D523, yaitu standar pengukuran *specular gloss* untuk spesimen nonlogam dengan geometri pengukuran 60°, 20°, dan 85°. Pada penelitian ini, pengukuran menggunakan sudut 60° sehingga hasil dinyatakan dalam satuan *Gloss Units* (GU) [19,20].

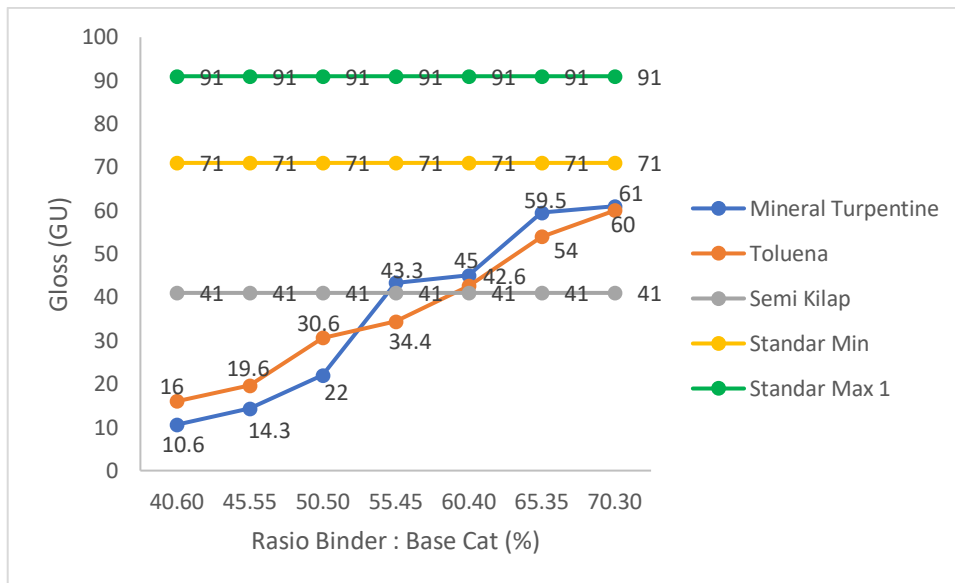
ASTM D2457 juga dapat digunakan sebagai rujukan tambahan karena menjelaskan bahwa *specular gloss* merupakan ukuran tampilan mengkilap pada permukaan film dan hanya dapat dibandingkan secara tepat apabila menggunakan prosedur pengukuran dan jenis material yang sama. Penggunaan *gloss* meter dengan sudut 60° juga sesuai dengan spesifikasi alat LS190 yang digunakan untuk pengujian permukaan cat, *coating*, plastik, kertas, logam, dan material lain. Manual alat tersebut menyebutkan bahwa instrumen memenuhi standar ASTM D523 dan ASTM D2457, menggunakan sudut ukur 60°, rentang pengukuran 0–200 GU, serta resolusi 1 GU [19–21].

Perlu ditekankan bahwa standar *gloss* tidak menetapkan bahwa semua cat harus memiliki nilai tertentu. Nilai kilap harus disesuaikan dengan target produk, apakah *doff*, *semi-gloss*, atau *high-gloss*. Dalam konteks data ini, formulasi dengan kilap rendah tidak otomatis gagal secara metode, tetapi tidak memenuhi target apabila produk yang diinginkan adalah cat minyak dengan tampilan kilap tinggi.

Hasil pengujian kilap permukaan (*Gloss*) dapat dilihat pada Tabel 4.6 dan Gambar 4.4 [19,20,48].

Tabel 4. 6. Hasil Pengujian Kilap (*Gloss*)

Jenis Pelarut	Rasio Binder : Base Cat (%)	<i>Gloss</i> (GU)	Klasifikasi <i>Gloss</i> (LS190 <i>Gloss</i> Meter)	Standar (GU)		
				Semi Kilap	Min	Max 1
<i>Mineral Turpentine</i>	40:60	10,6	Kilap rendah/ doff halus	41	71	91
	45:55	14,3	Kilap rendah/ doff halus	41	71	91
	50:50	22	Kilap rendah/ doff halus	41	71	91
	55:45	43,3	Semi kilap	41	71	91
	60:40	45	Semi kilap	41	71	91
	65:35	59,5	Semi kilap	41	71	91
	70:30	61	Semi kilap	41	71	91
<i>Toluena</i>	40:60	16	Kilap rendah/ doff halus	41	71	91
	45:55	19,6	Kilap rendah/ doff halus	41	71	91
	50:50	30,6	Satin	41	71	91
	55:45	34,4	Satin	41	71	91
	60:40	42,6	Semi kilap	41	71	91
	65:35	54	Semi kilap	41	71	91
	70:30	60	Semi kilap	41	71	91



Gambar 4. 4. Hasil Pengujian *Gloss*

Berdasarkan Gambar 4.4, nilai kilap *mineral turpentine* meningkat dari 10,6 GU pada rasio 40:60 menjadi 61 GU pada rasio 70:30. Pada toluena, nilai kilap meningkat dari 16 GU menjadi 60 GU pada rasio yang sama. Pola ini menunjukkan hubungan yang cukup jelas: semakin besar proporsi binder, semakin tinggi nilai kilap. Rasio 70:30 menjadi paling baik pada parameter kilap karena film yang terbentuk lebih kaya resin dan lebih mampu menghasilkan permukaan halus. Rasio 40:60 memiliki kilap rendah karena proporsi *base cat* lebih tinggi. *Base cat* mengandung TiO_2 , CaCO_3 , dan komponen padat lain yang meningkatkan hamburan cahaya serta kekasaran mikro pada permukaan film. Semakin tinggi kandungan pigmen dan filler terhadap binder, semakin besar kemungkinan permukaan menjadi tidak rata secara mikroskopis. Akibatnya, cahaya lebih banyak dipantulkan secara difus, bukan secara specular, sehingga nilai kilap menjadi rendah [39,49,50].

Pada *mineral turpentine*, kenaikan kilap yang tajam dari 22 GU pada 50:50 menjadi 43,3 GU pada 55:45 menunjukkan bahwa pada titik tersebut binder mulai cukup dominan untuk menutup permukaan pigmen dan membentuk film yang lebih kontinyu. Kenaikan berikutnya sampai 61 GU pada 70:30 menunjukkan bahwa pengurangan fraksi pigmen dan filler dan peningkatan resin memperhalus permukaan film. Pada formulasi toluena, peningkatan nilai kilap berlangsung lebih bertahap dari rasio 40:60 hingga 70:30. Nilai kilap meningkat dari 16 GU, 19,6 GU,

30,6 GU, 34,4 GU, 42,6 GU, 54 GU, hingga 60 GU. Pola ini menunjukkan bahwa penambahan binder juga memperbaiki kilap permukaan pada sistem toluena, tetapi peningkatannya tidak setajam *mineral turpentine* pada rasio menengah. Dengan demikian, pengaruh rasio binder terhadap *gloss* tampak konsisten pada kedua pelarut, tetapi respons kenaikannya berbeda [19,39,48].

Rasio 50:50 belum menghasilkan kilap tinggi karena jumlah binder belum cukup besar untuk sepenuhnya menutupi efek hamburan dari pigmen dan filler. Pada *mineral turpentine* 50:50, nilai kilap hanya 22 GU dan masih tergolong kilap rendah. Pada toluena 50:50, nilai 30,6 GU masih termasuk satin. Jadi, 50:50 lebih seimbang daripada 40:60, tetapi belum optimal untuk target semi kilap bahkan kilap tinggi. Nilai tertinggi 61 GU pada *mineral turpentine* 70:30 dan 60 GU pada toluena 70:30 menunjukkan bahwa kedua formulasi sudah mencapai kategori semi kilap. Namun, nilainya belum mencapai >70 GU yang umumnya digunakan sebagai indikasi permukaan *high gloss* pada pengukuran 60° [49]. Dengan demikian, jika target produk adalah cat minyak *highgloss*, data penelitian ini belum mencapai target tersebut [19,48,49].

Keterbatasan kilap tinggi dapat disebabkan oleh masih tingginya kandungan pigmen putih dan filler dalam sistem, ketebalan aplikasi yang belum seragam, serta kemungkinan adanya permukaan mikro kasar setelah pelarut menguap. TiO₂ dan CaCO₃ penting untuk warna dan daya tutup, tetapi keduanya juga dapat menurunkan kilap apabila tidak tertutup sempurna oleh binder. Inilah alasan mengapa formulasi dengan daya tutup tinggi tidak selalu memiliki kilap tertinggi. Dengan demikian, formulasi terbaik untuk kilap adalah *mineral turpentine* 70:30 dan toluena 70:30. Formulasi rasio rendah seperti 40:60 dan 45:55 tidak bagus untuk kilap karena pigmen dan filler lebih dominan, sedangkan binder belum cukup untuk menghasilkan permukaan halus. Namun, rasio 70:30 yang baik untuk kilap justru kurang baik untuk daya rekat dan tidak memberikan daya rekat tertinggi, sehingga pemilihan formulasi harus mengikuti prioritas mutu produk [39,49,50].

Hasil kilap ini sejalan dengan penelitian Karakaş dkk. yang menunjukkan bahwa perubahan konsentrasi filler dan *pigment volume concentration* memengaruhi sifat permukaan *coating*. Kandungan pigmen dan filler yang lebih tinggi dapat meningkatkan hamburan cahaya serta kekasaran mikro, sedangkan

proporsi binder yang lebih tinggi cenderung membantu terbentuknya film yang lebih rata. Oleh karena itu, rasio 70:30 menghasilkan *gloss* tertinggi karena kandungan binder lebih dominan dan permukaan film lebih berpeluang menjadi halus, sedangkan rasio 40:60 dan 45:55 memiliki kilap rendah karena fraksi pigmen-filler masih lebih besar [39].

Interpretasi tersebut juga didukung oleh Leloup dkk. serta Beuckels dkk. yang menjelaskan bahwa pengukuran kilap berkaitan dengan pantulan spekular dan sangat dipengaruhi oleh kondisi permukaan, termasuk tekstur, kerataan, haze, dan efek visual permukaan lainnya. Dengan demikian, kenaikan kilap pada rasio binder tinggi dalam penelitian ini dapat dipahami sebagai akibat dari permukaan film yang lebih kontinyu dan lebih mampu memantulkan cahaya secara terarah, bukan sekadar karena perubahan jenis pelarut [32,33,48].

3.2.5. Tingkat keputihan dan kekuningan cat (*Whiteness Index and Yellowness Index*)

Pengujian tingkat keputihan dan kekuningan cat (*Whiteness Index* (WI) and *Yellowness Index* (YI)) pada lapisan cat minyak dilakukan untuk mengetahui tingkat keputihan dan kecenderungan warna kekuningan pada film cat setelah proses pengeringan. Pengukuran ini relevan karena warna putih pada lapisan cat tidak hanya ditentukan oleh kecerahan visual, tetapi juga dipengaruhi oleh koordinat warna yang terbaca secara instrumental, terutama nilai L, a, dan b. Dalam pengujian ini, penggunaan Linshang LS172 Colorimeter menjadi penting karena alat tersebut mendukung parameter warna CIE Lab, WI-98, dan YI-98, dengan kondisi pengukuran D65/10°, geometri pencahayaan 45°/0°, sumber cahaya full spectrum LED, rentang spektral 400 sampai 700 nm, serta aperture pengukuran 8 mm. Selain itu, manual LS172 juga mencantumkan kesesuaian dengan ASTM E313-98 untuk perhitungan *whiteness* dan *yellowness index* dari koordinat warna instrumental [22,23].

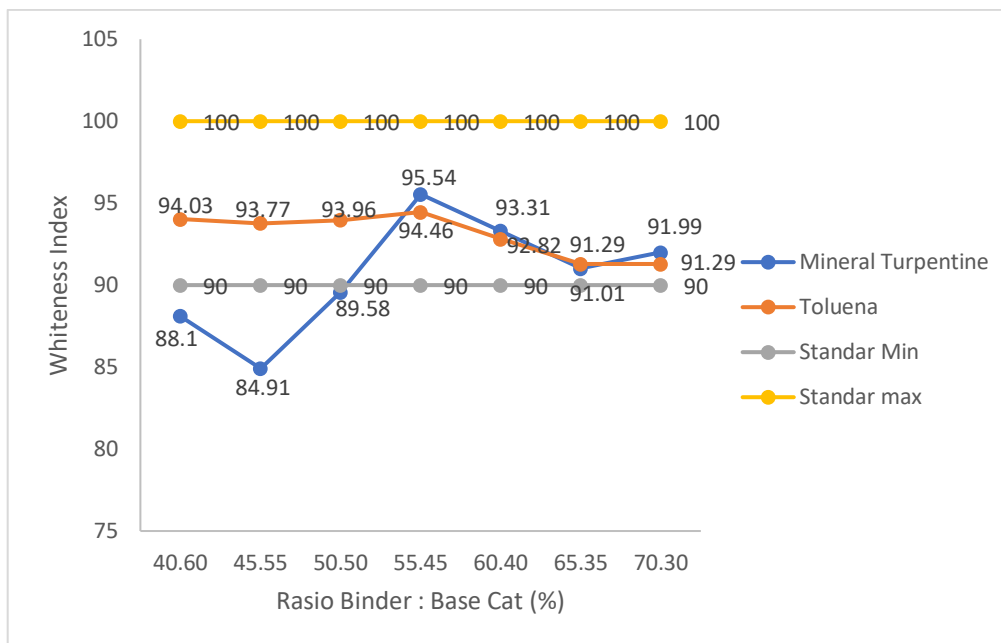
Berdasarkan ASTM E313-98, indeks *whiteness* dan *yellowness* digunakan untuk memberikan angka yang berkorelasi dengan penilaian visual terhadap tingkat putih atau kuning pada sampel putih, mendekati putih, atau tidak berwarna. Standar ini juga secara eksplisit dapat digunakan pada material seperti cat, plastik, dan tekstil, sehingga penerapannya pada penelitian cat minyak masih sesuai secara metodologis. Dalam konteks alat LS172, nilai WI dan YI yang terbaca bukan hasil

penilaian visual subjektif, melainkan hasil perhitungan dari koordinat warna yang diukur oleh colorimeter. Oleh karena itu, pembahasan data lebih tepat diarahkan pada hubungan antara nilai L sebagai tingkat terang-gelap, nilai b sebagai arah kuning-biru, nilai a sebagai arah merah-hijau, serta hasil akhir WI dan YI [22,23,34,35,36].

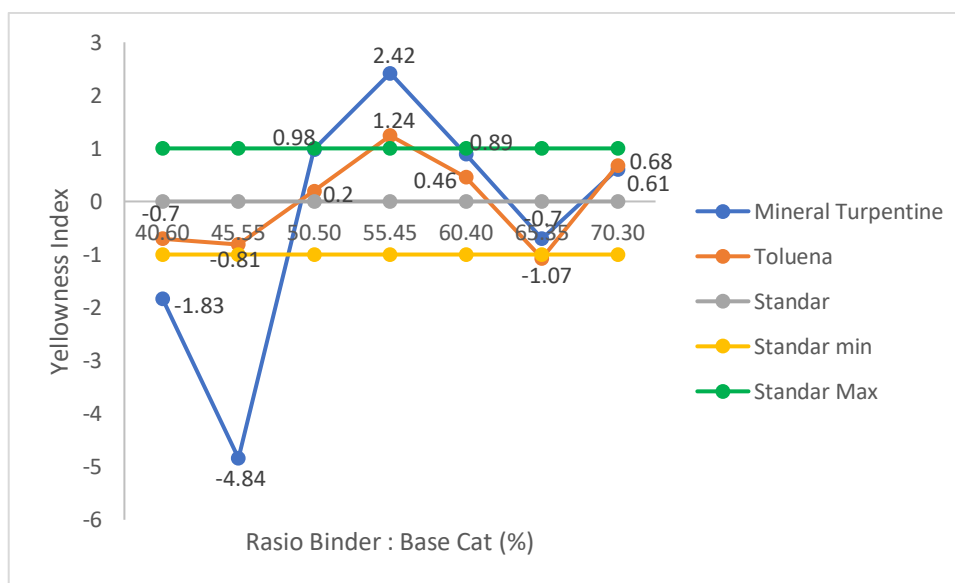
Secara umum, nilai WI yang lebih tinggi menunjukkan bahwa permukaan lapisan cat semakin mendekati karakter putih yang terang dan bersih. HunterLab menjelaskan bahwa *whiteness index* cenderung bias pada dimensi biru-kuning, sehingga nilai WI akan meningkat apabila material lebih terang atau sedikit lebih kebiruan, dan akan menurun apabila material lebih gelap atau lebih kekuningan. Sebaliknya, YI digunakan untuk mengukur pergeseran warna dari putih ideal menuju arah kekuningan. Hal ini sejalan dengan konsep CIELAB, yaitu nilai L menunjukkan kecerahan dari hitam menuju putih, sedangkan nilai b positif menunjukkan kecenderungan kuning dan nilai b negatif menunjukkan kecenderungan biru [26]. Hasil pengujian tingkat keputihan dan kekuningan cat (*Whiteness Index and Yellowness Index*) dapat dilihat pada Tabel 4.7, Gambar 4.5 dan Gambar 4.6 [34,35,36].

Tabel 4. 7. Hasil Pengujian Tingkat Keputihan dan Kekuningan Cat (*Whiteness Index and Yellowness Index*)

Jenis Pelarut	Rasio Binder : Base Cat (%)	L	a	b	ΔE^*ab	WI	YI
<i>Mineral Turpentine</i>	40:60	87,91	-1,84	-1,12	6,14	88,10	-1,83
	45:55	84,55	-1,86	-2,86	9,82	84,91	-4,84
	50:50	89,41	-1,79	0,61	4,07	89,58	0,98
	55:45	94,94	-1,74	1,61	2,53	95,54	2,42
	60:40	93,03	-1,85	0,58	4,43	93,31	0,89
	65:35	90,81	-1,83	-0,44	3,95	91,01	-0,70
	70:30	91,8	-1,71	0,39	4,82	91,99	0,61
<i>Toluena</i>	40:60	93,77	-1,72	-0,46	3,83	94,03	-0,70
	45:55	93,53	-1,69	-0,53	3,75	93,77	-0,81
	50:50	93,71	-1,77	0,13	2,7	93,96	0,20
	55:45	94,14	-1,74	0,82	2,53	94,46	1,24
	60:40	93,03	-1,85	0,58	4,43	92,82	0,46
	65:35	90,81	-1,83	-0,44	3,95	91,29	-1,07
	70:30	91,8	-1,71	0,39	4,82	91,29	0,68



Gambar 4. 5. Hasil Pengujian *Whiteness Index*



Gambar 4. 6. Hasil Pengujian *Yellowness Index*

Berdasarkan data pada Gambar 4.5 dan Gambar 4.6, Pada *mineral turpentine*, nilai WI berada pada rentang 84,91-95,54 dan YI berada pada rentang -4,84 sampai 2,42. Nilai WI tertinggi terdapat pada rasio 55:45, yaitu 95,54, tetapi YI-nya 2,42 sehingga warna putihnya mulai mengarah ke kekuningan. Rasio ini baik jika target utamanya adalah keputihan tinggi, tetapi kurang ideal jika targetnya putih netral. Rasio *mineral turpentine* 45:55 menjadi data paling lemah pada parameter warna

karena WI hanya 84,91, YI -4,84, dan ΔE^*_{ab} 9,82. Nilai WI rendah dan ΔE tinggi menunjukkan perbedaan warna terbesar dibanding acuan. Kondisi ini dapat disebabkan oleh ketidakhomogenan dispersi pigmen, variasi ketebalan film, atau permukaan film yang kurang rata sehingga pembacaan warna menjadi lebih jauh dari target [22,23,34].

Rasio *mineral turpentine* 50:50 menghasilkan WI 89,58 dan YI 0,98. Nilai YI sudah mendekati netral, tetapi WI masih lebih rendah dibanding rasio 55:45, 60:40, 65:35, dan 70:30. Artinya, 50:50 pada *mineral turpentine* cukup baik dari sisi kenetralan warna, tetapi belum paling baik dari sisi intensitas keputihan. Pada toluena, nilai WI berada pada rentang 91,29-94,46 dan YI berada pada rentang -1,07 sampai 1,24. Rentang ini lebih sempit dibanding *mineral turpentine*, sehingga toluena menghasilkan warna yang lebih stabil antarvariasi rasio. Stabilitas ini kemungkinan berkaitan dengan kemampuan toluena membantu pelarutan resin dan penyebaran pigmen putih secara lebih seragam pada film [34,36,41].

Rasio toluena 50:50 merupakan formulasi yang paling seimbang untuk parameter warna karena memiliki WI 93,96, YI 0,20, dan ΔE^*_{ab} 2,70. Nilai YI 0,20 sangat dekat dengan netral, sedangkan WI masih tinggi. Rasio ini menjelaskan mengapa data yang tidak paling tinggi pada WI tetap dapat disebut baik, kualitas warna putih bukan hanya soal WI tertinggi, tetapi juga keseimbangan antara keputihan, kekuningan, dan perbedaan warna total. Rasio toluena 55:45 memiliki ΔE^*_{ab} paling rendah sebesar 2,53 dan WI 94,46, tetapi YI naik menjadi 1,24. Artinya, warna yang dihasilkan memang dekat dengan acuan dari sisi perbedaan total, tetapi kecenderungan kuningnya lebih besar daripada rasio 50:50. Oleh karena itu, 55:45 baik untuk kecerahan dan kedekatan warna, sedangkan 50:50 lebih baik untuk putih yang netral [34,36].

Pada rasio 65:35 dan 70:30, nilai WI toluena turun menjadi 91,29. Penurunan ini menunjukkan bahwa peningkatan binder yang menguntungkan kilap tidak otomatis meningkatkan keputihan. Binder yang lebih dominan dapat meningkatkan transparansi relatif film dan mengurangi kontribusi hamburan cahaya dari TiO_2 , sehingga tampilan putih tidak lagi meningkat secara linear. Data WI-YI ini juga memperlihatkan *trade-off* antara warna dan parameter lain. *mineral turpentine* 55:45 memiliki WI tertinggi, tetapi daya rekatnya hanya 3B. toluena 50:50

memiliki warna paling netral, tetapi daya rekatnya tidak mencapai 5B. Dengan demikian, formulasi warna terbaik harus dipilih berdasarkan target akhir, putih paling terang, putih paling netral, atau kompromi antara warna, daya rekat, dan daya tutup [35,39,50].

Secara keseluruhan, toluena lebih baik untuk kestabilan warna karena variasi WI dan YI lebih kecil. *mineral turpentine* menghasilkan nilai WI tertinggi pada satu titik, tetapi fluktuasinya lebih besar. Untuk produk cat putih yang membutuhkan tampilan stabil dan netral, toluena 50:50 lebih layak dipertimbangkan daripada rasio 40:60 atau 70:30 karena menghasilkan keseimbangan WI, YI, dan ΔE^*ab yang lebih baik [34,36].

Hasil tersebut sejalan dengan penelitian Jung mengenai hubungan *Whiteness Index* dan *Yellowness Index* pada sistem CIELAB. Jung menjelaskan bahwa WI dan YI umumnya berkaitan dengan arah rona warna, tetapi interpretasinya harus mempertimbangkan apakah sampel bergerak ke arah kekuningan atau kebiruan. Selain itu, Samanta menegaskan bahwa pembacaan warna instrumental perlu dianalisis melalui koordinat L, a, b, dan perbedaan warna total ΔE^*ab agar penilaian warna tidak hanya bertumpu pada satu indeks. Dengan demikian, toluena 50:50 layak disebut paling seimbang karena tidak hanya memiliki WI tinggi, tetapi juga YI mendekati nol dan ΔE^*ab rendah [34,36]..

Dari sisi penggunaan Linshang LS172 Colorimeter, hasil ini juga menunjukkan bahwa alat tersebut mampu memberikan pembacaan yang relevan untuk pengendalian mutu warna cat minyak karena dapat menampilkan parameter Lab, WI-98, YI-98, dan ΔE secara langsung. Manual alat juga menekankan bahwa sampel harus memiliki permukaan yang rata, bersih, dan berwarna merata, karena kondisi permukaan yang tidak rata atau kotor dapat memengaruhi akurasi pengukuran. Hal ini penting pada penelitian cat minyak karena ketebalan lapisan, kerataan pengolesan, distribusi pigmen, dan proses pengeringan dapat memengaruhi nilai warna yang terbaca oleh colorimeter [23].

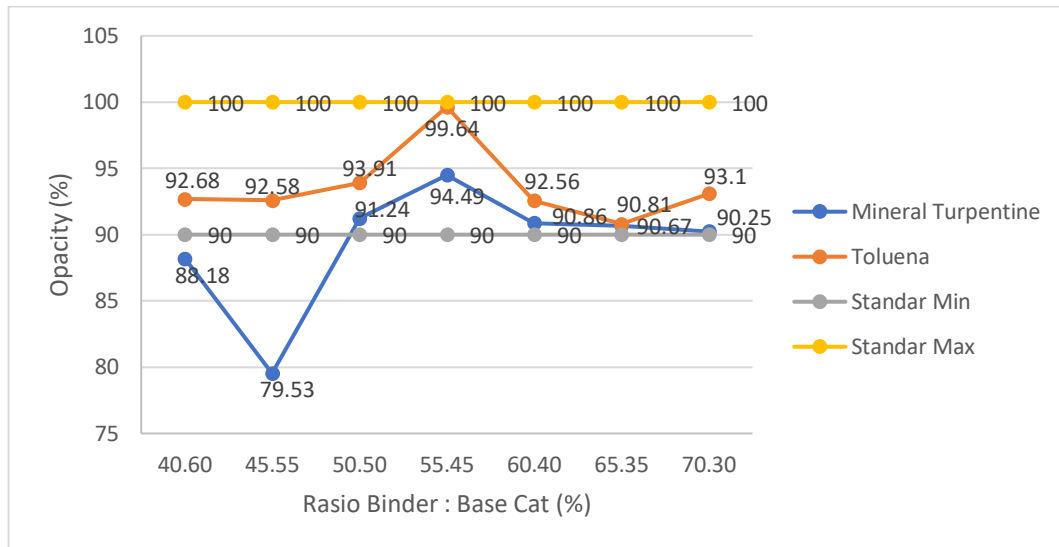
3.2.6. Daya tutup (*Opacity*)

Pengujian daya tutup dilakukan untuk mengetahui kemampuan lapisan cat menutupi warna dasar substrat. Nilai daya tutup yang tinggi menunjukkan bahwa cahaya yang dipantulkan dari latar hitam dan putih semakin mendekati sama,

sehingga warna substrat tidak mudah terlihat. ASTM D2805 menjelaskan bahwa *hiding power* cat dapat ditentukan secara instrumental melalui pendekatan reflektometri, terutama untuk mengevaluasi efisiensi daya tutup pigmen. Pengujian daya tutup dilakukan mengacu pada prinsip contrast ratio ASTM D2805-11(2023) menggunakan Linshang LS172 Colorimeter. Hasil pengujian Daya tutup (*Opacity*) dapat dilihat pada Tabel 4.8 dan Gambar 4.7 [23,24].

Tabel 4. 8. Hasil Pengujian Daya Tutup (*Opacity*)

Jenis Pelarut	Rasio Binder : <i>Base Cat</i> (%)	<i>Opacity</i> (%)	Klasifikasi Daya Tutup
<i>Mineral Turpentine</i>	40:60	88,18	Cukup
	45:55	79,53	Kurang
	50:50	91,24	Baik
	55:45	94,49	Baik
	60:40	90,86	Baik
	65:35	90,67	Baik
	70:30	90,25	Baik
Toluena	40:60	92,68	Baik
	45:55	92,58	Baik
	50:50	93,91	Baik
	55:45	99,64	Sangat baik/ complete hiding
	60:40	92,56	Baik
	65:35	90,81	Baik
	70:30	93,10	Baik



Gambar 4. 7. Hasil Pengujian *Opacity*

Berdasarkan Gambar 4.7, daya tutup *mineral turpentine* berada pada rentang 79,53-94,49%, sedangkan toluena berada pada rentang 90,81-99,64%. Data ini menunjukkan bahwa toluena menghasilkan daya tutup lebih tinggi dan lebih stabil daripada *mineral turpentine*. Formulasi terbaik secara keseluruhan adalah toluena 55:45 dengan daya tutup 99,64%, karena nilai tersebut mendekati kondisi *complete hiding*. Rasio toluena 55:45 menjadi sangat baik karena komposisinya berada pada titik keseimbangan antara jumlah pigmen dari *base cat* dan jumlah binder yang membentuk film. Pada rasio ini, pigmen putih terutama TiO_2 masih cukup untuk menghasilkan hamburan cahaya tinggi, sementara binder cukup untuk menyebarkan dan mengikat pigmen dalam film yang kontinyu. *Hiding power* cat putih sangat dipengaruhi oleh TiO_2 karena perbedaan indeks biasnya terhadap resin mampu menghasilkan hamburan cahaya yang kuat [49,50].

Rasio 50:50 toluena menghasilkan daya tutup 93,91% dan masuk kategori baik, tetapi belum mencapai *complete hiding*. Hal ini menunjukkan bahwa komposisinya sudah mampu menutup substrat, tetapi distribusi pigmen, ketebalan film, atau jarak antarpartikel TiO_2 belum berada pada kondisi optimum. Dalam sistem cat putih, daya tutup tidak hanya ditentukan oleh banyaknya pigmen, tetapi juga oleh dispersi dan jarak antarpartikel TiO_2 di dalam film kering. Pada *mineral turpentine*, rasio 55:45 menjadi yang terbaik dengan daya tutup 94,49%. Namun, nilainya masih lebih rendah daripada toluena 55:45. Perbedaan ini mengindikasikan

bahwa *mineral turpentine* kurang efektif dalam menghasilkan distribusi pigmen dan pembentukan film yang mendukung daya tutup maksimum pada formulasi ini. Pelarut yang berbeda dapat mengubah viskositas, *wetting* pigmen, leveling, dan akhirnya keseragaman film [41,49,50].

Rasio *mineral turpentine* 45:55 menjadi data terlemah karena daya tutup hanya 79,53%. Nilai ini menunjukkan bahwa lapisan belum mampu menutup substrat secara memadai. Penyebab yang paling masuk akal adalah film yang tidak homogen atau dispersi pigmen yang kurang baik, sehingga sebagian area lapisan lebih tipis atau pigmen tidak tersebar merata. Kondisi ini juga konsisten dengan data warna rasio 45:55 *mineral turpentine* yang memiliki WI rendah dan ΔE^*ab tinggi. Pola daya tutup tidak meningkat secara linear terhadap kenaikan binder. Pada rasio binder yang terlalu tinggi, seperti 70:30, jumlah *base* cat berkurang sehingga fraksi pigmen putih dan filler yang berperan sebagai pemberi daya tutup ikut berkurang. Akibatnya, film dapat menjadi lebih halus dan kilap, tetapi tidak selalu memiliki daya tutup tertinggi. Inilah alasan rasio 70:30 baik untuk kilap, tetapi bukan yang terbaik untuk daya tutup [39,49,50].

Semakin mendekati 100%, semakin baik kemampuan cat menutup substrat. Berdasarkan prinsip tersebut, toluena 55:45 adalah formulasi paling baik untuk daya tutup. Formulasi lain yang berada pada kisaran 90-94% masih dapat dinilai baik, tetapi belum mencapai daya tutup sempurna. Formulasi di bawah 90%, khususnya *mineral turpentine* 40:60 dan 45:55, belum memenuhi target daya tutup tinggi karena warna dasar substrat masih berpengaruh terhadap hasil pembacaan [24,49].

Dengan demikian, parameter daya tutup menunjukkan bahwa komposisi terbaik bukan rasio binder tertinggi, melainkan rasio menengah yang menjaga keseimbangan pigmentasi dan pembentukan film. toluena 55:45 unggul karena menghasilkan *hiding power* tertinggi, sedangkan 50:50 dan 70:30 tidak setinggi itu karena masing-masing belum mencapai keseimbangan optimum antara distribusi TiO_2 , ketebalan film, dan jumlah binder. Hasil ini menguatkan bahwa formulasi cat harus dirancang berdasarkan kompromi antarparameter, bukan hanya satu nilai uji [39,49,50].

Hasil daya tutup tersebut sejalan dengan penelitian Afshar dkk. pada cat alkid berbasis TiO_2 yang menunjukkan bahwa *hiding power* sangat dipengaruhi oleh komposisi pigmen dan bahan pengisi, sehingga peningkatan daya tutup tidak hanya ditentukan oleh banyaknya pigmen, tetapi juga oleh keseimbangan formulasi dan efektivitas dispersi. Penelitian Ewulonu dkk. juga menunjukkan bahwa *extender pigment* dapat membantu efek daya tutup apabila digunakan pada komposisi yang tepat, tetapi dapat menurunkan daya tutup apabila interaksinya dengan TiO_2 , binder, dan indeks bias tidak seimbang. Dengan demikian, nilai daya tutup tertinggi pada toluena 55:45 mendukung adanya rasio optimum antara binder, pigmen, filler, dan pelarut dalam menghasilkan lapisan yang homogen dan mampu menutup substrat secara efektif [51,52].

Penggunaan Linshang LS172 Colorimeter dalam penelitian ini dapat mendukung pengukuran daya tutup karena alat tersebut mampu membaca parameter warna seperti CIE Lab, Yxy, serta perbedaan warna yang dapat digunakan untuk membandingkan hasil pembacaan pada latar hitam dan putih. Linshang LS172 memiliki geometri pengukuran 45/0, sumber cahaya LED spektrum penuh, aperture 8 mm, kondisi pengukuran D65/10°, dan waktu pengukuran sekitar 1 detik; spesifikasi tersebut relevan untuk pengujian warna dan kontrol kualitas permukaan coating. Alat ini juga memiliki repeatability ΔE^*_{ab} hingga $\leq 0,03$, sehingga cukup baik untuk menghasilkan pembacaan warna yang konsisten [23,24].

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai pengaruh pelarut hidrokarbon alifatik dan aromatik terhadap waktu pengeringan dan sifat lapisan film pada produksi cat minyak berbasis resin alkid, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Variasi rasio binder: *base* cat memengaruhi karakteristik lapisan film cat minyak berbasis resin alkid. Peningkatan rasio binder cenderung mempercepat waktu pengeringan pada *mineral turpentine* dan meningkatkan nilai kilap pada kedua jenis pelarut. Namun, peningkatan binder tidak selalu meningkatkan seluruh parameter mutu. Pada pengujian daya rekat, rasio binder yang terlalu tinggi justru menurunkan kualitas daya rekat, terutama pada *mineral turpentine*. Hal ini menunjukkan bahwa kualitas lapisan film tidak hanya ditentukan oleh banyaknya binder, tetapi oleh keseimbangan antara binder, pigmen, pelarut, dan proses pembentukan film.
2. Mineral turpentine unggul pada waktu pengeringan dan kilap, dengan hasil terbaik pada rasio 70:30, yaitu 3 jam 2 menit dan 61 GU. Toluena unggul pada padatan total, kestabilan warna, dan daya tutup; nilai tertinggi masing-masing diperoleh pada rasio 60:40 sebesar 75% dan rasio 55:45 sebesar 99,64%. Daya rekat terbaik diperoleh pada mineral turpentine 40:60 serta toluena 40:60 dan 45:55 dengan klasifikasi 5B.
3. Kombinasi formulasi terbaik tidak dapat ditentukan hanya dari satu parameter karena setiap formulasi memiliki keunggulan dan kelemahan masing-masing. Jika target utama adalah waktu pengeringan cepat dan kilap tinggi, *mineral turpentine* 70:30 menjadi formulasi yang menonjol. Jika target utama adalah daya tutup tertinggi, toluena 55:45 menjadi formulasi terbaik. Namun, jika mempertimbangkan keseimbangan antara padatan total, daya rekat, warna putih yang stabil, dan daya tutup yang baik, maka formulasi toluena 50:50 dapat direkomendasikan sebagai komposisi paling seimbang dalam penelitian ini.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan pengulangan pengujian pada setiap formulasi agar data yang diperoleh lebih kuat secara statistik. Pengulangan ini penting untuk memastikan bahwa perbedaan nilai antarformulasi bukan hanya disebabkan oleh variasi aplikasi, ketebalan lapisan, kondisi substrat, atau kesalahan pembacaan alat.
2. Penelitian berikutnya sebaiknya menggunakan metode analisis statistik, seperti ANOVA atau uji lanjut, untuk mengetahui apakah perbedaan jenis pelarut dan rasio binder:base cat memberikan pengaruh yang signifikan terhadap masing-masing parameter pengujian.
3. Perlu dilakukan pengamatan struktur permukaan lapisan film menggunakan mikroskop atau metode lain untuk melihat homogenitas film, distribusi pigmen, pori, retak mikro, atau aglomerasi partikel. Data ini dapat membantu menjelaskan penyebab perubahan kilap, daya tutup, dan daya rekat secara lebih ilmiah.
4. Penelitian lanjutan dapat membandingkan pelarut lain yang memiliki tingkat volatilitas dan toksisitas berbeda, termasuk pelarut dengan kandungan VOC lebih rendah. Hal ini penting karena penggunaan toluena dan Mineral Turpentine memiliki risiko kesehatan dan keselamatan kerja, sehingga pengembangan formulasi cat yang lebih aman dan ramah lingkungan perlu dipertimbangkan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Chukwuebuka AS, Samuel EO, Asadu CO, Onoghwarite OE, Celestine O, Ezema CA. Optimal analysis of the effects of process conditions on the yield of alkyd resins from castor and soybean seed oils using response surface methodology. *Chem Eng J Adv.* Maret 2022;9:100217. doi:10.1016/j.ceja.2021.100217
2. Ifijen IH, Maliki M, Odiachi IJ, Aghedo ON, Ohiocheoya EB. Review on Solvents Based Alkyd Resins and Water Borne Alkyd Resins: Impacts of Modification on Their Coating Properties. *Chem Afr.* April 2022;5(2):211–25. doi:10.1007/s42250-022-00318-3
3. Ghobakhloo S, Khoshakhlagh AH, Morais S, Mazaheri Tehrani A. Exposure to Volatile Organic Compounds in Paint Production Plants: Levels and Potential Human Health Risks. *Toxics.* 24 Januari 2023;11(2):111. doi:10.3390/toxics11020111
4. Mckee RH, Adenuga MD, Carrillo JC. Characterization of the toxicological hazards of hydrocarbon solvents. *Crit Rev Toxicol.* 21 April 2015;45(4):273–365. doi:10.3109/10408444.2015.1016216
5. Kalu KM, Emmanuel M, Chinedu EK, Saa-Aondo M, Yelwa JM, Kenneth R, dkk. Current State of Alkyd Resin Synthesis and Characterization, Extracted from Vegetable Oils. *Asian J Curr Res.* 20 Februari 2024;9(2):1–16. doi:10.56557/ajocr/2024/v9i28548
6. Van Haveren J, Oostveen EA, Micciché F, Noordover BAJ, Koning CE, Van Benthem RATM, dkk. Resins and additives for powder coatings and alkyd paints, based on renewable resources. *J Coat Technol Res.* Juni 2007;4(2):177–86. doi:10.1007/s11998-007-9020-5
7. Gambar Cat Minyak [Internet]. Tersedia pada: <https://share.google/9fxvUphUxt9s7hBf0>
8. Pélissier K, Thierry D. Powder and High-Solid Coatings as Anticorrosive Solutions for Marine and Offshore Applications? A Review. *Coatings.* 24 September 2020;10(10):916. doi:10.3390/coatings10100916
9. Youssef ARMA. Raw Materials & Unit Operations & Equipment & Manufacturing & Quality Tests.
10. Gambar Resin Alkid [Internet]. Tersedia pada: <https://share.google/kcWYtmejIM0v04ZQD>
11. Gezici-Koç Ö, Thomas CAAM, Michel MEB, Erich SJF, Huinink HP, Flapper J, dkk. In-depth study of drying solvent-borne alkyd coatings in presence of Mn- and Fe- based catalysts as cobalt alternatives. *Mater Today Commun.* Juni 2016;7:22–31. doi:10.1016/j.mtcomm.2016.03.001

12. Simpson N, Maaijen K, Roelofsen Y, Hage R. The Evolution of Catalysis for Alkyd Coatings: Responding to Impending Cobalt Reclassification with Very Active Iron and Manganese Catalysts, Using Polydentate Nitrogen Donor Ligands. *Catalysts*. 1 Oktober 2019;9(10):825. doi:10.3390/catal9100825
13. Gambar Mineral Turpentine [Internet]. Tersedia pada: <https://share.google/rMqivTpRfNhvABwBj>
14. Gambar Toluena [Internet]. Tersedia pada: <https://share.google/XmkFAvkSfCfLBLl9n>
15. ASTM 5895-25 [Internet]. Tersedia pada: <https://store.astm.org/d5895-25.html>
16. ASTM 1756-24 [Internet]. Tersedia pada: <https://store.astm.org/e1756-24.html>
17. ASTM 3359D [Internet]. Tersedia pada: <https://store.astm.org/d3359-23.html>
18. Gambar Seperangkat Alat Uji Adhesi [Internet]. Tersedia pada: Penguji Adhesi Potongan Silang Film Hgq - Cina Tester adhesi, Pemotong Palang
19. ASTM D0523 [Internet]. Tersedia pada: <https://www.astm.org/d0523-14r18.html>
20. ASTM D2457 [Internet]. Tersedia pada: <https://www.astm.org/d2457-21.html>
21. LS190 Gloss Meter [Internet]. LS190 Gloss Meter. Tersedia pada: <https://www.linshangtech.com/product/ls190-cost-effective-gloss-meter.html>
22. ASTM E313 98 [Internet]. Tersedia pada: <https://store.astm.org/e0313-98.html>
23. LS172 45/0 Colorimeter with Touch Screen [Internet]. LS172 Colorimeter. Tersedia pada: <https://www.linshangtech.com/product/ls172-portable-colorimeter.html>
24. ASTM D2805-11 [Internet]. Tersedia pada: <https://store.astm.org/d2805-11r18.html>
25. van Gorkum R, Bouwman E, Reedijk J. Fast Autoxidation of Ethyl Linoleate Catalyzed by [Mn(acac)₃] and Bipyridine: A Possible Drying Catalyst for Alkyd Paints.
26. Pagnin L, Calvini R, Wiesinger R, Weber J, Schreiner M. Photodegradation Kinetics of Alkyd Paints: The Influence of Varying Amounts of Inorganic Pigments on the Stability of the Synthetic Binder. *Front Mater*. 26 November 2020;7:600887. doi:10.3389/fmats.2020.600887
27. ASTM 2369-20 [Internet]. Tersedia pada: <https://store.astm.org/d2369-20.html>

28. Zhang G, Schmitz C, Fimmers M, Quix C, Hoseini S. Deep learning-based automated characterization of crosscut tests for coatings via image segmentation. *J Coat Technol Res.* Maret 2022;19(2):671–83. doi:10.1007/s11998-021-00557-y
29. Beck U, Reiners G, Lerche D, Rietz U, Niederwald H. Quantitative adhesion testing of optical coatings by means of centrifuge technology. *Surf Coat Technol.* Juli 2011;205:S182–6. doi:10.1016/j.surfcoat.2011.02.016
30. Nanulaitta NJM, Demmatacco F, Pelasula B, Huka GI. Analysis of the Effect of Paint Adhesion and Hardness on the Car Body Painting Process by Varying the Percentage of Paint Mixture. Vol. 3. 2025;3(1).
31. Ahmad Lubi, Yunita Sari, Rani Anggarainy, Ardi Candra Fatkhurrohman, Mohammad Rizqi Dwi Febrianto, Reynaldi Ramadhan, dkk. Pengaruh Campuran Thinner Terhadap Daya Rekat dan Ketebalan Lapisan Hasil dari Alat Custom Refill Cat Semprot. *J Asimetri J Ilm Rekayasa Inov.* 31 Januari 2023;115–22. doi:10.35814/asiimetrik.v5i1.4226
32. Leloup FB, Audenaert J, Hanselaer P. Development of an image-based gloss measurement instrument. *J Coat Technol Res.* Juli 2019;16(4):913–21. doi:10.1007/s11998-019-00184-8
33. Beuckels S, Audenaert J, Hanselaer P, Leloup FB. Development of an image-based measurement instrument for gloss characterization. *J Coat Technol Res.* September 2022;19(5):1567–82. doi:10.1007/s11998-022-00630-0
34. Samanta P. Basic Principles of Colour Measurement and Colour Matching of Textiles and Apparels. Dalam: Kumar Samanta A, editor. *Colorimetry* [Internet]. IntechOpen; 2022 [dikutip 13 April 2026]. Tersedia pada: <https://www.intechopen.com/chapters/80062> doi:10.5772/intechopen.101442
35. Hunter Associates Laboratory Inc. 2012 - Selecting Yellowness and Whiteness Indices to Measure Samples.
36. Jung, Hyojin. Comparison between the Color Properties of Whiteness Index and Yellowness Index on the CIELAB. *Text Color Finish.* 27 Desember 2013;25(4):241–6. doi:10.5764/TCF.2013.25.4.241
37. Bahrudin, Zahrina I, Helwani Z, Firzal Y, Jahrizal, Wiranata A, dkk. Pengaruh Fatty Acid Methyl Ester Sebagai Pelarut Alternatif Dalam Cat Berbasis Pelarut. 29.
38. Bouwman E, Van Gorkum R. A study of new manganese complexes as potential driers for alkyd paints. *J Coat Technol Res.* Desember 2007;4(4):491–503. doi:10.1007/s11998-007-9041-0
39. Karakaş F, Vaziri Hassas B, Çelik MS. Effect of precipitated calcium carbonate additions on waterborne paints at different pigment volume concentrations. *Prog Org Coat.* Juni 2015;83:64–70. doi:10.1016/j.porgcoat.2015.02.003

40. Vinçotte A, Beauvoit E, Boyard N, Guilminot E. Effect of solvent on PARALOID® B72 and B44 acrylic resins used as adhesives in conservation. *Herit Sci.* 25 Juni 2019;7(1):42. doi:10.1186/s40494-019-0283-9
41. Magnin F. Solvent in Paints and Coatings: Types, Uses and Properties [Internet]. 2025. Special Chem. Tersedia pada: <https://www.specialchem.com/coatings/guide/select-solvents-for-industrial-coatings>
42. Issa MW, Barancyk SV, Rock RM, Gilchrist JF, Wirth CL. Impact of resin molecular weight on drying kinetics and sag of coatings. *Prog Org Coat.* September 2024;194:108618. doi:10.1016/j.porgcoat.2024.108618
43. Solvent Selector Chart.
44. Coatings Clinic: Solvent Properties [Internet]. American Coatings Association. Tersedia pada: <https://www.paint.org/coatingstech-magazine/articles/coatings-clinic-solvent-properties/>
45. Honzíček J, Fedorova T, Vinklársek J, Mikysek T, Císařová I. Modified Ferrocenes as Primary Driers for Formulations of Alkyd Paints. *Coatings.* 9 September 2020;10(9):873. doi:10.3390/coatings10090873
46. Hage R, De Boer J, Maaijen K. Manganese and Iron Catalysts in Alkyd Paints and Coatings. *Inorganics.* 29 April 2016;4(2):11. doi:10.3390/inorganics4020011
47. What are high solid paints and wwhat are their key benefits? [Internet]. Graco. Tersedia pada: <https://www.graco.com/gb/en/in-plant-manufacturing/solutions/articles/what-are-high-solid-paints-and-what-are-their-key-benefits.html>
48. How is gloss measured? [Internet]. Rhopoint Instruments. Tersedia pada: <https://www.rhopointinstruments.com/faqs/how-is-gloss-measured/>
49. Sameer. Hiding Power of Paints [Internet]. 2025. Special Chem. Tersedia pada: <https://www.specialchem.com/coatings/guide/hiding-power>
50. titanium-dioxide-for-coatings.
51. Ewulonu CM, Igwe IO, Onyeagoro GN. Performance of Local Clay-Titanium Dioxide Core-Shell Extender Pigments in Alkyd Paints. *Adv Nanoparticles.* 2016;05(01):90–102. doi:10.4236/anp.2016.51011
52. Afshar FTP, Ramezani N, Behzadpour M. Identification and Evaluation of Replaced Materials of Titanium Dioxide Pigment in Alkyd Resins and Investigation of their Properties.

LAMPIRAN A

1. Massa Komposisi Bahan

Total keseluruhan x komposisi (%)

Perhitungan massa resin

$$250 \text{ gram} \times 75\% = 187,5 \text{ gram}$$

Perhitungan massa pelarut binder

$$250 \text{ gram} \times 20\% = 50 \text{ gram}$$

Perhitungan massa drier

$$250 \text{ gram} \times 5\% = 12,5 \text{ gram}$$

Perhitungan massa TiO_2

$$250 \text{ gram} \times 48\% = 120 \text{ gram}$$

Perhitungan massa CaCO_3

$$250 \text{ gram} \times 10\% = 25 \text{ gram}$$

Perhitungan massa pelarut *base cat*

$$250 \text{ gram} \times 30\% = 75 \text{ gram}$$

Perhitungan massa aditif

$$250 \text{ gram} \times 3\% = 7,5 \text{ gram}$$

2. Perhitungan massa rasio binder : *base cat*

Rasio (%) x total 1 sampel

Perhitungan rasio

$$40\% \times 25 \text{ gram} = 10 \text{ gram}$$

$$60\% \times 25 \text{ gram} = 15 \text{ gram}$$

3. Perhitungan *Drying Time*

Drying Time = Jam akhir – jam awal = waktu pengeringan

Perhitungan waktu pengeringan *mineral turpentine* rasio binder:cat
(40:60 %)

$$\text{Drying Time} = 14:50 \text{ WIB} - 07:43 \text{ WIB} = 07:07 \text{ jam}$$

4. Perhitungan *Total Solid Content*

$$S = \frac{W_1}{W_2} \times 100\%$$

Keterangan:

S = Kadar sisa padatan

W_1 = Berat awal

W_2 = Berat akhir

Perhitungan Kadar total padatan *mineral turpentine* rasio binder:cat (40:60%)

$$S = \frac{W_1}{W_2} \times 100\% = \frac{3,32}{5,01} \times 100\% = 66\%$$

5. Perhitungan *Adhesion Strength*

$$\text{Percent area removed (\%)} = \frac{\text{Jumlah lapisan cat yang mengelupas}}{\text{Jumlah kotak yang tergores}} \times 100\%$$

Perhitungan daya rekat *mineral turpentine* rasio binder:cat (40:60%)

$$\% = \frac{\text{Jumlah lapisan cat yang mengelupas}}{\text{Jumlah kotak yang tergores}} \times 100\%$$

$$\% = \frac{0}{78} \times 100\% = 0\%$$

6. Perhitungan *Gloss*

Hasil langsung terbaca dialat

7. Perhitungan *Whiteness Index* dan *Yellowness Index*

$$WI = 100 - ((100 - L)^2 - a^2 - b^2)^{0,5}$$

Perhitungan Indikasi warna putih *mineral turpentine* rasio binder:cat (40:60%)

$$WI = 100 - ((100 - L)^2 - a^2 - b^2)^{0,5}$$

$$WI = 100 - ((100 - 87,91)^2 - (-1,84^2) - (-1,12^2)^{0,5})$$

$$WI = 88,10$$

Perhitungan Indikasi warna kuning *mineral turpentine* rasio binder:cat (40:60%)

$$YI = 142,86b \times L^{-1}$$

$$YI = (142,86 \times (-1,12)) \times (87,91^{-1})$$

$$YI = -1,83$$

8. Perhitungan *Opacity*

$$Opacity = \frac{Y_{black}}{Y_{white}} \times 100$$

Keterangan:

Y_{black} = hasil pengujian pelat hitam (Sampel)

Y_{white} = hasil pengujian kertas konstruk (Standar)

Perhitungan daya tutup *mineral turpentine* rasio binder:cat (40:60%)

$$Opacity = \frac{Y_{black}}{Y_{white}} \times 100\%$$

$$Opacity = \frac{71,88}{81,51} \times 100\%$$

$$Opacity = 88,18\%$$

LAMPIRAN B



Lampiran B1. Pembuatan *Base Cat*



Lampiran B2. Pembuatan *Binder*



Lampiran B3. Hasil Pembuatan *Cat*



Lampiran B4. Pengujian Kilap (*Gloss*)



Lampiran B5. Pengujian Waktu Pengeringan (*Drying Time*)



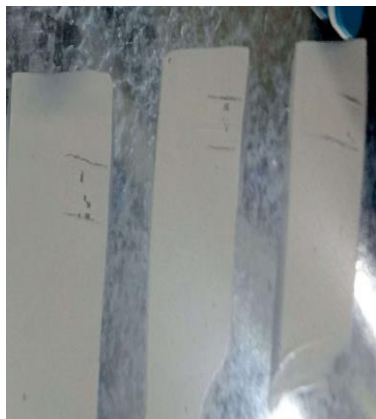
Lampiran B6. Hasil Pengujian Waktu Pengeringan (*Drying Time*)



Lampiran B7. Pengujian Total Padatan (*Total Solid Content*)



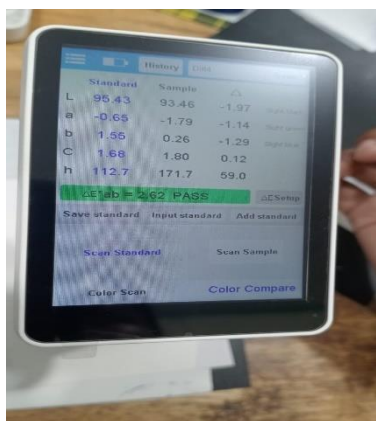
Lampiran B8. Hasil Pengujian Total Padatan (*Total Solid Content*)



Lampiran B9. Pengujian Daya Rekat (*Adhesion Strength*)



Lampiran B10. Hasil Pengujian Daya Rekat (*Adhesion Strength*)



Lampiran B11. Pengujian Tingkat Keputihan dan Kekuningan Cat (*Whiteness Index and Yellowness index*)



Lampiran B12. Pengujian Daya Tutup (*Opacity*)

KEPUTUSAN KEPALA BADAN STANDARDISASI NASIONAL

NOMOR 127/KEP/BSN/5/2022

TENTANG

PENETAPAN SNI 8011:2022 CAT DEKORATIF BERBASIS PELARUT
ORGANIK SEBAGAI REVISI DARI SNI 8011:2014 CAT DEKORATIF
BERBASIS PELARUT ORGANIK

KEPALA BADAN STANDARDISASI NASIONAL,

- Menimbang :
- a. bahwa untuk menjaga kesesuaian Standar Nasional Indonesia terhadap kebutuhan pasar, perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, pemeliharaan dan penilaian kelayakan dan kekinian, perlu dilakukan kaji ulang;
 - b. bahwa berdasarkan hasil kaji ulang, perlu dilakukan revisi Standar Nasional Indonesia;
 - c. bahwa berdasarkan pertimbangan sebagaimana dimaksud dalam huruf a dan huruf b, perlu menetapkan Keputusan Kepala Badan Standardisasi Nasional tentang Penetapan SNI 8011:2022 Cat dekoratif berbasis pelarut organik sebagai revisi dari SNI 8011:2014 cat dekoratif berbasis pelarut organik;
- Mengingat :
1. Undang-Undang Nomor 20 Tahun 2014 tentang Standardisasi dan Penilaian Kesesuaian (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2014 Nomor 216, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 5584);
 2. Peraturan Pemerintah Nomor 34 Tahun 2018 tentang Sistem Standardisasi dan Penilaian

Lampiran B13. SNI Cat Dekoratif Berbasis Pelarut Organik

Cat dekoratif berbasis pelarut organik

1 Ruang lingkup

Standar ini menetapkan spesifikasi cat berbasis pelarut organik (*solvent based*) yang digunakan untuk keperluan pengecatan arsitektur yang bersifat dekoratif baik interior ataupun eksterior.

2 Acuan normatif

Dokumen berikut merupakan bagian tidak terpisahkan untuk menggunakan dokumen ini. Untuk acuan bertanggal, hanya edisi yang disebutkan yang berlaku. Untuk acuan tidak bertanggal, edisi terakhir dari dokumen acuan (termasuk amandemen lain) yang berlaku.

SNI 0465, *Pengambilan contoh cat*

SNI 8069, *Metode uji untuk penentuan kandungan konsentrasi rendah dari timbal, kadmium, dan kobalt dalam cat dengan menggunakan spektrometri serapan atom*

SNI 8524, *Metode uji standar untuk raksa konsentrasi rendah dalam cat dengan spektroskopi serapan atom*

SNI ISO 3856-5, *Cat dan Pernis – Penentuan kandungan logam terlarut – Bagian 5: Penentuan kandungan krom heksavalen dari sebagian pewarna pada cat dalam bentuk cair atau serbuk – Metode spektrofotometer Diphenylcarbazide*

SNI 0415, *Cara Penyiapan lempeng baja untuk uji cat, pernis, lak dan sejenisnya*

ASTM D1210, *Standard Test Method for Fineness of Dispersion of Pigment-Vehicle Systems by Hegman-Type Gage*

ASTM D1849, *Standard test methods for package stability of paint*

ASTM D1640/D1640M, *Standard test methods for drying, curing, or film formation of organic coatings*

ASTM D3359, *Standard test methods for rating adhesion by tape test*

ASTM D1308, *Standard test method for effect of household chemicals on clear and pigmented coating systems*

ASTM D2697, *Standard test method for volume nonvolatile matter in clear or pigmented coatings*

3 Istilah dan definisi

Untuk tujuan penggunaan dokumen ini, istilah dan definisi berikut ini berlaku.

3.1

cat dekoratif

cat yang digunakan untuk keperluan pengecatan arsitektur interior maupun eksterior seperti

©BSN 2022

1 dari 6

Lampiran B14. ASTM Pengujian Cat Dekoratif Berbasis Pelarut Organik