

Pengaruh Kadar *Hardener* Terhadap Kualitas Produk Pengecatan Plastik

Siska Titik Dwiwati

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta

e-mail : siska.td@gmail.com

ABSTRAK

Pada penelitian ini dilakukan studi pengaruh kadar *hardener* isosianat dalam campuran cat poliuretan, terhadap kualitas hasil pengecatan plastik. Variasi komposisi *hardener* yang diteliti yaitu antara 2% - 20 %. Hasil pengecatan yang telah mengalami curing pada temperature oven 70°C selama 30 menit selanjutnya dianalisa dengan uji coating adhesion, polishing resistance dan Hardnes. Dari hasil analisa diperoleh bahwa pada kadar *hardener* kurang dari 10% terdapat masalah cat pudar dan tergores sedangkan pada kadar *hardener* 20% terdapat cat yang terkelupas. Kadar *hardener* yang menghasilkan kualitas lapisan cat yang baik adalah antara 12% - 18%.

Kata kunci: *hardener*, cat, poliuretan

1. PENDAHULUAN

Pengecatan adalah sebuah proses untuk membuat lapisan cat tipis (cair atau bubuk) di atas sebuah benda dan kemudian lapisan cat tersebut akan mengeras dengan cara mengeringkannya. Secara umum pengecatan memiliki fungsi protektif dan dekoratif. Pada material logam pengecatan bertujuan untuk melindungi logam tersebut dari korosi, sedangkan proses pengecatan pada material plastik lebih berfungsi sebagai dekoratif. Oleh karena fungsi dekoratif tersebut, maka kualitas lapisan cat menjadi tujuan utama. Lapisan cat harus memiliki kualitas yang baik, seperti daya kilap, ketahanan terhadap goresan dan cairan seperti bensin, oli dan lainnya.

Masalah yang sering muncul pada hasil pengecatan adalah banyaknya produk gagal karena kualitas yang kurang baik, seperti pudarnya warna saat terkena cairan atau kurang kerasnya permukaan cat sehingga dapat mudah tergores. Untuk mendapatkan kualitas yang baik, pada campuran cat perlu ditambahkan aditif, salah satunya adalah *hardener*, dalam jumlah yang tepat. Pada penelitian ini dilakukan studi pengaruh kadar *hardener* terhadap kualitas pengecatan produk

injection moulding. Metode pengujian kualitas yang dilakukan meliputi uji *adhesion coating*, *polishing resistance*, dan *hardness*.

1.1 Komponen Cat

Komponen dari suatu cat terdiri dari:

1. Resin

Resin adalah unsur utama cat yang berfungsi untuk meningkatkan kekerasan dan mengurangi waktu pengeringan dalam sistem curing oksidatif. Kadar resin mempunyai pengaruh langsung pada

kekerasan, ketahanan pelarut serta ketahanan cuaca. Resin juga berpengaruh terhadap kualitas akhir seperti tekstur, kilap, serta daya rekat suatu cat.

Resin yang digunakan pada cat, terdiri dari berbagai tipe-tipe sebagai berikut:

Berdasarkan asal material :

- Resin netral, diekstrak terutama dari tumbuh-tumbuhan, digunakan untuk membuat *vernish* dan *lacquer*.
- Resin sintetik, dibuat oleh manusia dan tersedia dalam jumlah yang banyak. Sebagian besar cat dibuat dengan menggunakan resin sintetik.

Berdasarkan sifat lapisan, resin terdiri dari:

- a. Resin Termoplastik
Pada resin jenis ini proses pengerasan yang dilakukan melalui penguapan pelarut, tanpa melibatkan reaksi kimia. Apabila dipanaskan, maka akan menjadi lunak dan akhirnya mencair. Resin termoplastik sangat fleksibel dan sangat mudah larut dalam pelarut. Contoh resin termoplastik adalah *nitrocellulose*, *cellulose acetat butylate*, *thermoplastic acrylic* dan *nylon*.
 - b. Resin termoset
Pada resin termoset, proses pengerasan melalui reaksi kimia. Apabila resin telah mengeras, maka tidak akan melunak kembali oleh pemanasan. Resin termoset biasa digunakan pada cat bakar, dimana cat ini mempunyai daya tahan yang kuat terhadap cuaca dan mempunyai kekerasan yang tinggi. Proses pengeringan dilakukan di ruang *oven*. Contoh resin termoset adalah *amino alkyd*, *polyurethane dua komponen*, *thermosetting acrylic* dan *epoxy resin*.
2. Pigmen
Pigmen adalah zat pewarna yang berfungsi untuk mewarnai, daya tutup, dan dalam kasus tertentu untuk meningkatkan ketahanan permukaan pengecatan, misalnya terhadap korosi. Pigmen akan melekat pada permukaan apabila dicampur dengan resin dan komponen lain dalam bentuk cat. Pigmen dibagi menjadi beberapa tipe yaitu:
 1. Pigmen warna, untuk menambah warna pada cat dan meningkatkan daya sembunyi cat.
 2. Pigmen terang untuk menambah warna-warni metalik pada cat.
 3. Pigmen *extender*, menambah kekuatan cat pada bodi, meningkatkan viskositas dan mencegah pengendapan.
 4. Pigmen pencegah karat, digunakan pada cat dasar untuk mencegah karat

5. Pigmen *flattting*, digunakan untuk mengurangi kilap pada cat terutama pada cat jenis doof.

3. Pelarut adalah suatu cairan yang mudah menguap dan umumnya berwujud cair dalam suhu kamar dan tekanan satu atmosfer. Pelarut dan *thinner* sama-sama merupakan zat pengencer, bedanya pelarut digunakan pada proses pembuatan cat sedangkan *thinner* digunakan untuk menentukan tingkat kekentalan cat sebelum cat tersebut diaplikasikan.

Jenis-jenis pelarut yang digunakan dalam pengecatan antara lain:

1. Pengencer lambat kering, digunakan pada pengecatan warna sistem akrilik pada kondisi ruang bersuhu 65°C ke atas.
2. Pengencer cepat kering, digunakan untuk perbaikan cat *acrylic lacquer* yang asli. Jika menggunakan pengencer yang lambat kering akan terjadi keretakan.

4. Additive

Additive adalah suatu bahan yang ditambahkan pada cat dalam jumlah kecil untuk meningkatkan kemampuan cat sesuai tujuan atau aplikasi cat tersebut.

Adapun jenis bahan aditif yang digunakan antara lain:

- a. *Plasticier* (bahan pelunak)
Bahan ini berguna untuk memberikan sifat elastis pada lapisan cat sehingga bila sudah mengering tidak mudah rapuh atau retak- retak.
- b. *Drier* (bahan pengering)
Bahan yang berfungsi untuk membantu mempercepat pengeringan cat.
- c. *Anti skinning agen*
Bahan ini berfungsi untuk mencegah pengelupasan pada permukaan cat sebelum dipakai.
- d. *Emulsifier*
Bahan ini berfungsi untuk mempercepat terjadinya emulsi pada cat emulsi.
- e. *Extender* (bahan pengisi)

Bahan tambahan dalam campuran cat yang berfungsi memperbesar volume, sehingga dapat menurunkan harga cat.

- f. *Hardener*
Hardener ditambahkan pada komponen utama cat dua komponen. *Hardener* bereaksi dengan molekul dari komponen utama untuk membentuk molekul yang lebih besar dan membentuk lapisan yang keras dan padat..

1.2 Kualitas Hasil Pengecatan^[3]

Kontrol kualitas hasil pengecatan dilakukan melalui beberapa metode pengujian, yaitu :

- a. Visual, pengujian visual bertujuan untuk mengetahui cacat pengecatan seperti *popping*, *pin hole*, *orange peel*, *cratering* (*lubang kawah*) *motling*, *meler* (*sagging*), *dry spray*, kotor, cat berbintik-bintik dan lain-lain.
- b. Ketebalan, pengujian ketebalan bertujuan untuk mengetahui ketebalan cat di permukaan benda yang dicat.
- c. *Gloss*, pengujian untuk mengetahui daya kilap lapisan film cat.
- d. *Hiding power*, untuk mengetahui kemampuan daya tutup cat, semakin tinggi daya tutup cat maka semakin tipis lapisan film cat yang dibutuhkan untuk menutup permukaan yang dicat, demikian pula sebaliknya.
- e. *Adhesion*, yaitu untuk mengukur daya rekat cat terhadap benda kerja baik logam maupun plastik. Hal ini dimaksudkan untuk mencegah terjadinya pengelupasan pada benda yang sudah dicat. Pengujian dilakukan dengan menggunakan metode *cross cut*.
- f. *Gasoline resistance*, yaitu untuk mengetahui daya tahan cat terhadap bensin/premium.
- g. *Corrosion resistance*, pengujian ini disebut juga dengan *salt spray* yaitu pengujian cat yang bertujuan untuk mengetahui kemampuan cat menahan timbulnya karat. Tes ini khusus untuk test cat logam.
- h. Kerataan Permukaan

- i. Kekerasan, pengujian kekerasan bertujuan untuk mengetahui tingkat kekerasan lapisan cat.
- j. *Bending test*, yaitu untuk mengetahui kemampuan cat terhadap daya lenturan. Tujuannya untuk mencegah agar benda yang sudah dilapisi cat tidak terjadi keretakan/terkelupas apabila terjadi benturan.

Cacat pengecatan dapat timbul akibat persiapan permukaan yang kurang baik, kebersihan, proses pengecatan dan lain-lainnya. Berikut ini cacat dalam proses pengecatan :

1. *Popping* dan *Pin Hole* (lubang jarum)
Popping adalah benjolan-benjolan kecil pada lapisan cat kering yang kelihatan seperti lubang-lubang kecil di puncaknya. *Pin hole* merupakan lubang-lubang kecil seperti lubang jarum pada lapisan cat kering.
2. Kulit Jeruk (*Orange Peel*)
Orange Peel yaitu permukaan lapisan cat tidak rata dan bergelombang seperti kulit jeruk.
3. Daya Lekat Kurang Baik (*mengelupas/peel off*)
Kerusakan cat ini ditunjukkan dengan lapisan cat yang mudah terkelupas jika ditarik dengan *cellotape* atau *tape* yang lain.
4. Meleleh/meler (*Sagging/running*)
Cat meleleh sehingga cat tidak rata dan pada bagian tertentu catnya sangat tebal. Hal ini terdapat pada permukaan yang tegak atau menyudut.
5. Warna Berbeda (*Unmatch Color*)
Warna yang dihasilkan oleh cat tidak sesuai dengan standar warna.
6. Goresan-Goresan Amplas (*Said Scratches/Sanding Mark*)
Lapisan cat kurang mengkilap dan cacat-cacat cat dasar atau logam membayang pada permukaan. lapisan cat biasanya rata tanpa ada kulit jeruk.

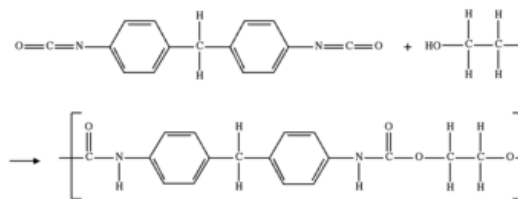
1.3 Cat Poliuretan^[4]

Cat poliuretan merupakan cat dua komponen, komponen pertama merupakan gugus hidroksil OH yang terkandung di dalam komponen utama dan komponen kedua

merupakan isosianat yang terkandung di dalam *hardener*. Kedua komponen bereaksi membentuk struktur ikatan silang. Ada berbagai jenis resin yang mengandung gugus hidroksil antara lain, alkid, urea, akrilik, poliester dan lain-lain, oleh karena itu jenis poliuretan yang dihasilkannya juga bermacam-macam. Cat poliuretan memiliki viskositas yang rendah (1 Pa.s), temperatur ikatan silang yang rendah (50 – 70^o C) dan serta *gel time* yang cepat (kurang dari 1 detik). Lapisan yang terbentuk memiliki ketahanan kilap, cuaca dan pelarut yang baik, serta tekstur yang halus.

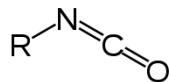
Sifat-sifat cat poliuretan :

- Kuat dan keras
- Tahan panas, bahan kimia, uv dan goresan
- Sangat fleksibel
- Daya tutup permukaan yang cepat
Cat poliuretan memiliki *solid content* yang tinggi sehingga dapat menghasilkan lapisan film yang tebal
- Daya tahan lama.



Gambar 2.1. Struktur poliuretan

Hardener pada cat poliuretan merupakan senyawa isosianat, yang memiliki gugus fungsi R-N=C=O. Senyawa organik yang mengandung dua gugus isosianat disebut di-isosianat. Di-isosianat digunakan pada reaksi pembentukan poliuretan dengan poliol.



Gambar 2.2 *Hardener* isosianat

Jenis isosianat yang ada di pasaran meliputi 61.3% metil difenil diisosianat (MDI), 34.1% toluen diisosianat (TDI), 3.4% heksametil diisosianat (HDI) sisanya jenis isosianat lainnya.

Penambahan *hardener* harus dalam jumlah yang tepat, karena apabila kadar *hardener* kurang akan menyebabkan hasil pengecatan mudah retak, kurang mengkilap, kurang keras, daya tahan pelarut kurang baik dan akan mengkerut bila dicat ulang. Akan tetapi jika kadar *hardener* terlalu banyak akan menimbulkan ketidaksempurnaan pengeringan, ketahanan air berkurang, dan terbentuknya *blister* (bintik air dalam lapisan cat).

2. PROSEDUR PENELITIAN

2.1 Tahap Persiapan

Pada tahap ini dilakukan pengecatan pada produk plastik dengan variasi kadar *hardener*. Adapun parameter lainnya yang dapat mempengaruhi hasil pengecatan dibuat tetap, yaitu:

- Jarak spray gun : 150 mm
- Kecepatan *hanger* : 1,5 m/menit
- Temperatur *oven* : 70^o C
- Waktu pemanasan : 30 menit

Bahan-bahan yang digunakan yaitu :

- Cat : Nax Besta Ultra NH-1 Black
- Thinner : Thinner FMD
- Hardener* : Polyure Mightylac *Hardener*
- Plastik : *Acrylonitrile Butadiene Styrene* (ABS)

Alat-alat yang digunakan yaitu :

- Alat potong (*scrub*)
- Penggaris
- Selotip
- Karet penghapus
- Kaca pembesar.

2.2 Tahap Pengujian

Pengujian kualitas produk pengecatan yang dilakukan meliputi:

1. *Coating Adhesion*^[5]

Coating adhesion bertujuan untuk mengukur tingkat kerekatan cat pada benda kerja baik logam maupun plastik. Hal ini dimaksudkan untuk mencegah terjadinya pengelupasan pada spesimen yang sudah dicat. Pengujian dilakukan dengan menggunakan

metode *cross cut*, yaitu dengan menggambar potongan kotak-kotak berukuran 1 x 1 mm sebanyak 100 kotak. Potongan dibuat sampai dasar lapisan cat pada spesimen.



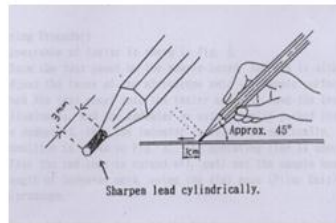
Gambar 3.2 Metode *cross cut*

2. *Polishing Resistance*^[6]

Polishing resistance adalah pengujian untuk mengetahui daya tahan cat terhadap bensin atau premium. Pengujian ini menggunakan metode mengoleskan kain yang sudah di lumuri cairan bensin terhadap spesimen yang diuji.

3. *Hardness*^[7]

Hardness adalah jenis pengujian untuk mengetahui tingkat kekerasan lapisan cat. Caranya adalah dengan menggunakan pensil HB dan digoreskan ke permukaan cat dengan sudut 45°.



Gambar 3.3 Pengujian *hardness*

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

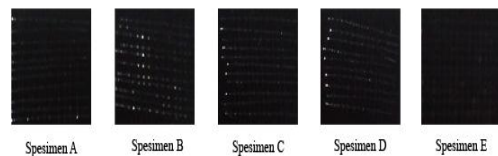
3.1 Analisa Hasil Pengujian *Coating Adhesion*

Pengujian *coating adhesion* bertujuan untuk mengukur tingkat kerekatan cat pada spesimen plastik. Hal ini dimaksudkan untuk mencegah terjadinya pengelupasan pada spesimen yang sudah dicat. Pengujian dilakukan dengan menggunakan metode *cross cut*. Pada penelitian ini dilakukan pengujian *adhesion coating* terhadap hasil pengecatan yang telah mengalami pengeringan dalam oven pada temperatur 70°C selama 30 menit. Pengeringan dalam oven bertujuan untuk mempercepat waktu

curing dari poliuretan yang digunakan, walaupun sebenarnya proses *curing* dapat dilakukan pada temperatur ruang, tetapi waktu yang dibutuhkan lebih lama. Hal ini berbeda dengan cat satu komponen dimana pengeringan dilakukan untuk menguapkan pelarut, pada cat poliuretan terdapat dua tahapan pengeringan yaitu *gelasi*, dimana cat poliuretan tersebut berubah dari cair menjadi padat dan *curing* yaitu pembentukan ikatan silang yang terjadi setelah tahap *gelasi*. Waktu yang dibutuhkan oleh cat poliuretan untuk menjadi padat disebut *pot life*. Cat poliuretan memiliki *pot life* yang relatif pendek. Akan tetapi cat poliuretan membutuhkan waktu *curing* yang lebih lama, tergantung pada jenis polioliol dan poliisosiyanat yang digunakan.

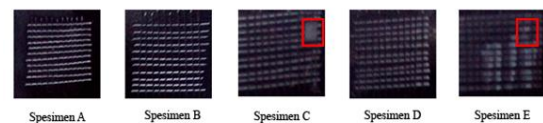
Poliuretan yang berasal dari isosiyanat yang bergugus aromatik memiliki pigmen warna yang dapat berinteraksi dengan cahaya sehingga akan menguning dan tidak tahan cuaca. Oleh karena itu untuk mendapatkan stabilitas warna pada cat, umumnya dipilih isosiyanat alifatik. Akan tetapi isosiyanat alifatik membutuhkan waktu *curing* yang lebih lama dibandingkan aromatik.

Hasil pengujian yang diperoleh adalah untuk spesimen dengan kadar *hardener* 2% - 18% tidak terdapat cat yang mengelupas.



Gambar 4.1 Hasil pengujian *coating adhesion* pada spesimen kadar *hardener* 2%

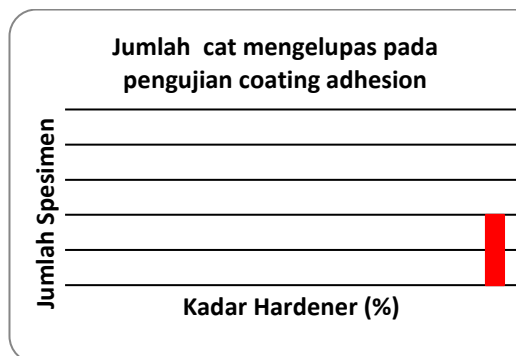
Pengelupasan cat baru terjadi pada pengujian *coating adhesion* dengan kadar *hardener* 20%. Dari lima spesimen dengan kadar *hardener* 20%, pengelupasan cat ditemukan pada spesimen C dan E.



Gambar 4.2 Hasil pengujian *coating adhesion* pada kadar *hardener* 20%

Pengelupasan cat terjadi karena lapisan yang terbentuk pada kadar *hardener* 20% bersifat keras dan kaku. Hal ini disebabkan oleh derajat ikatan silang yang terbentuk pada cat poliuretan meningkat, sehingga keuletannya menjadi berkurang dan mudah mengelupas pada pengujian *adhesion coating*.

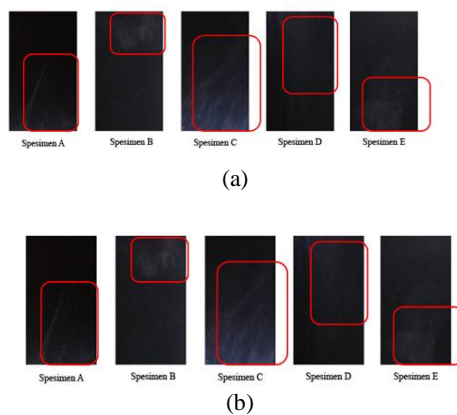
Jumlah temuan cat mengelupas pada pengujian *coating adhesion* terdapat pada gambar 4.3.



Gambar 4.3 Jumlah temuan cat mengelupas pada pengujian *coating adhesion*

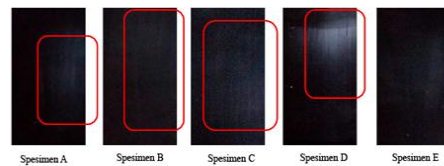
4.2 Analisa Hasil Pengujian *Polishing Resistance*

Polishing resistance adalah pengujian untuk mengetahui daya tahan cat terhadap pelarut misalnya bensin. Pengujian ini dilakukan dengan mengoleskan kain yang sudah di lumuri cairan bensin terhadap spesimen yang akan diuji dengan diberi beban 1 kg. Pengolesan dilakukan secara searah dan sebanyak 8 kali.



Gambar 4.4 Hasil pengujian *polishing resistance* pada (a) kadar *hardener* 2% (b) kadar *hardener* 8%

Hasil pengujian pada spesimen dengan kadar *hardener* 2-8 % terdapat cat pudar pada kelima spesimen. Sedangkan pada spesimen dengan kadar *hardener* 10% pemudaran cat hanya terjadi pada keempat spesimen. Pada pengujian dengan kadar *hardener* 12% - 20%, tidak ada spesimen yang memudar ketika dilumuri cairan bensin.

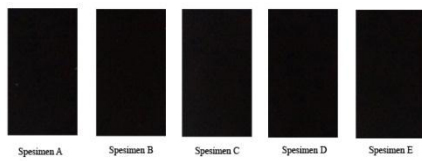


Gambar 4.5 Hasil pengujian *polishing resistance* pada kadar *hardener* 10%

Pada cat poliuretan, ikatan silang dapat terjadi karena fungsionalitas dari polioliol dan isosianat jumlahnya dua atau lebih. Di-isosianat memiliki dua gugus fungsi $R-N=C=O$, sedangkan polioliol memiliki paling sedikit dua gugus hidroksil OH, sehingga poliuretan yang dihasilkan dari reaksi keduanya memiliki fungsionalitas dua atau lebih. Jika fungsionalitas dua, maka yang terjadi adalah perpanjangan rantai dan tidak terbentuk ikatan silang, sedangkan jika fungsionalitas tiga maka akan terbentuk ikatan silang.

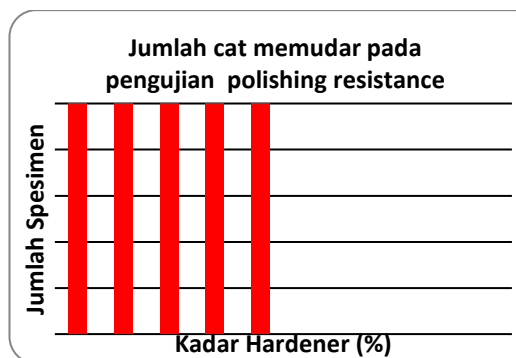
Derajat ikatan silang yang terbentuk antara isosianat dan polioliol, ditentukan oleh jumlah isosianat sebagai pereaksi pembentuk ikatan silang atau *hardener* yang ditambahkan, temperatur dan waktu polimerisasi. Semakin banyak jumlah isosianat yang bereaksi atau semakin tinggi temperatur dan lama pemanasan yang dilakukan, maka akan semakin besar derajat ikatan silangnya.

Pada penelitian ini waktu dan temperatur pemanasan dibuat tetap, sehingga derajat ikatan silang hanya merupakan fungsi dari kadar *hardener* yang digunakan. Cat memudar ketika di lumuri cairan bensin berarti lapisan cat tersebut melarut pada bensin. Pada polimer berikatan silang, semakin besar kadar *hardener*, maka derajat ikatan silang yang terbentuk akan semakin tinggi, sehingga *swelling* atau penggembungan oleh pelarut semakin rendah. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian ini bahwa pada kadar *hardener* 12% - 20%, lapisan cat poliuretan tidak melarut (*swelling*) terhadap bensin.



Gambar 4.6 Hasil pengujian *polishing resistance* pada kadar *hardener* 20%

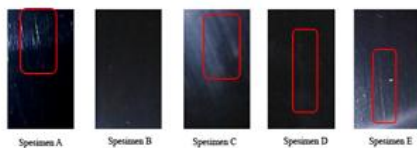
Jumlah cat yang memudar pada pengujian *polishing resistance* pada kadar *hardener* 2 - 20% ditampilkan pada gambar 4.7.



Gambar 4.7 Jumlah cat memudar pada pengujian *polishing resistance*

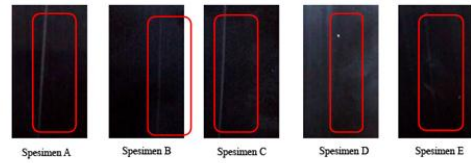
4.3 Analisis Hasil Pengujian Kekerasan Lapisan

Kerapatan ikatan silang yang tinggi pada poliuretan menyebabkan polimer ini menjadi kaku dan keras. Pada pengujian kekerasan lapisan, empat spesimen dengan kadar *hardener* 4% mengalami goresan.

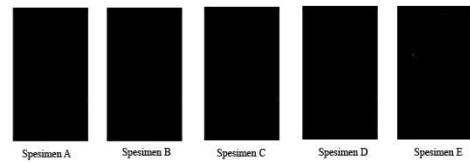


Gambar 4.8 Hasil pengujian *hardness* pada kadar *hardener* 4%

Hasil pengecatan kadar *hardener* 2%, 6% dan 8% terdapat lima spesimen yang mengalami goresan.

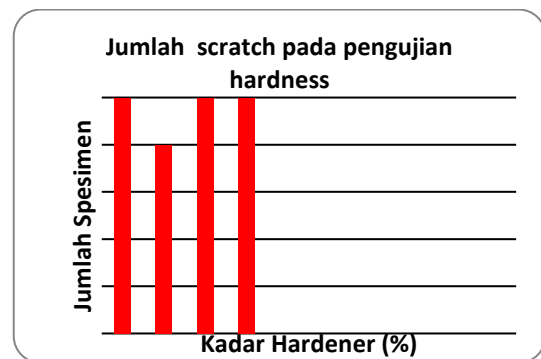


Gambar 4.9 Hasil pengujian *hardness* pada kadar *hardener* 6%



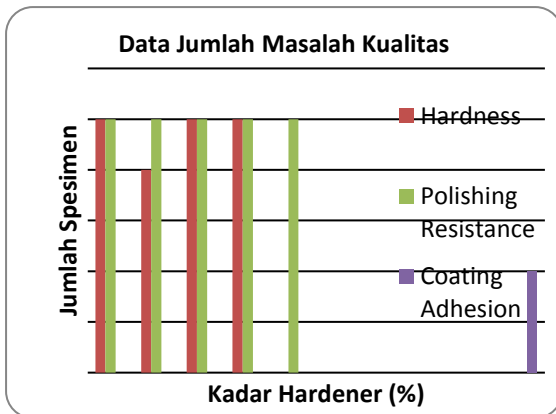
Gambar 4.10 Hasil pengujian *hardness* pada kadar *hardener* 20%

Hasil pengecatan kadar *hardener* 10% - 20% tidak terdapat goresan pada kelima spesimen. Hal ini menunjukkan bahwa dengan semakin tinggi kadar *hardener*, maka lapisan cat yang terbentuk akan semakin keras, sehingga tidak tergores oleh pensil HB yang digunakan pada pengujian *hardness*.



Gambar 4.11 Jumlah temuan cat memudar pada pengujian *polishing resistance*

Hasil dari ketiga pengujian tersebut disatukan pada gambar 4.12. Pada gambar 4.12 terlihat bahwa jika kadar *hardener* yang ditambahkan kurang dari 10% akan terdapat masalah cat memudar dan tergores, sedangkan jika kadar *hardener* yang ditambahkan 20% maka lapisan cat yang terbentuk bersifat keras dan kaku sehingga daya lekatnya berkurang. Untuk menghasilkan kualitas lapisan cat yang baik, maka kadar *hardener* yang dapat ditambahkan antara 12% - 18%.



Gambar 4.12 Data jumlah temuan masalah kualitas setelah pengujian

5. KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa pengaruh kadar *hardener* isosianat dalam campuran cat poliuretan, terhadap kualitas hasil pengecatan plastik adalah sebagai berikut:

1. Pada kadar *hardener* kurang dari 10% maka akan ditemukan masalah lapisan cat memudar dan tergores.
2. Pada kadar *hardener* 20% terdapat masalah cat mengelupas.
3. Kualitas lapisan cat yang baik dihasilkan dengan penambahan *hardener* antara 12% - 18%.

Daftar Pustaka

- [1] Argana, S., Pengecatan Body Kendaraan, Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan (2013)
- [2] Noor,R.A.M. and Tarmed, E., Pengaruh Ketebalan Lapisan Terhadap Daya Lekat Cat, Fakultas Pendidikan Teknologi dan Kejuruan , UPI (2007)
- [3] Tim Fakultas Teknik UNY, Pelaksanaan Pengkilatan dan Pemolesan, Departemen Pendidikan Nasional (2004)

- [4] Meyer, B. , *Textbook of Polymer Science*; second edition, John Wiley and Sons, Inc., New York, 1971, 416-418.
- [5] American Society For Testing and Materials D 3359, Standard Test Methods for Measuring Adhesion by Tape Test, *ASTM Society* (1997).
- [6] American Society For Testing and Materials D 714, Standard Test Method for Evaluating Degree of Blistering of Paints, *ASTM Society*, (2000).
- [7] American Society For Testing and Materials D 3363 Standard Test Method for Film Hardness by Pencil Test. *ASTM Society*,(2000).