

## **Pengaruh nilai K-value dan Penambahan Filler terhadap Kualitas Kulit Sintetis berbasis Polivinil Klorida**

**Muh. Wahyu Syabani<sup>1\*)</sup>, Ina Amaliana<sup>1)</sup> and Yuniarti<sup>2)</sup>**

<sup>1</sup> Program Studi Teknologi Pengolahan Karet dan Plastik, Politeknik ATK Yogyakarta, Yogyakarta

<sup>2</sup> Program Studi Pengolahan Migas, STT Migas Balikpapan, Balikpapan

<sup>\*)</sup> *Corresponding author:* mw-syabani@kemenperin.go.id

### **Abstract**

*Synthetic leather is generally made using polyvinyl chloride or polyurethane resins by coating method. Polyvinyl chloride resins are available in a variety of k-values, while fillers are often added to modify mechanical characteristics and lower the costs. K-value is a measure of degree of polymerization or number of monomers in PVC chain or molecular weight. The aim of this study was to examine the effect of the k-value of polyvinyl chloride blend and the amount of filler on the quality of synthetic leather. Plastisol is prepared by mixing resin, primary plasticizer, secondary plasticizer, and stabilizer according to the formulation. PVC resin blend with different k-values and certain amount of filler (10, 20, 30 and 40 phr) were used. The quality of the samples was tested using adhesion strength, tensile strength, and elongation at break testing according to ASTM D751-06. The results showed that resins blend with different k-values could be used to obtain the desired quality. The value of the adhesion strength, tensile strength and elongation at break will approach the characteristics of the larger part of the resin. Meanwhile, the use of calcium carbonate as filler in general will reduce the test results obtained.*

### **Abstrak**

Kulit sintetis pada umumnya dibuat menggunakan resin polivinil klorida maupun poliuretan dengan metode *coating*. Resin polivinil klorida tersedia dalam berbagai nilai k-value, sedangkan filler sering ditambahkan untuk memodifikasi karakteristik mekanis serta menurunkan biaya. K-value sendiri menunjukkan derajat polimerisasi serta berat molekul dari polivinil klorida. Tujuan penelitian ini adalah untuk mempelajari pengaruh perbandingan nilai k-value resin polivinil klorida dan jumlah filler terhadap kualitas kulit sintetis. Plastisol disiapkan dengan mencampur resin, plasticizer primer, plasticizer sekunder dan stabilizer dengan jumlah phr sesuai formulasi. Nilai perbandingan jenis resin polivinil klorida dengan k-value tertentu dan jumlah filler 10, 20, 30 dan 40 phr digunakan. Kemudian sampel diuji kualitasnya menggunakan pengujian kuat rekat, *tensile strength* dan perpanjangan putus sesuai dengan ASTM D751-06. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pencampuran resin dengan nilai k-value berbeda dapat digunakan untuk mendapatkan kualitas yang diinginkan. Nilai pengujian kuat rekat, tensile strength dan perpanjangan putus akan mendekati komposisi resin yang jumlahnya lebih besar. Sedangkan penggunaan filler kalsium karbonat secara umum akan menurunkan karakteristik mekanik dari kulit sintetis yang diperoleh.

**Keywords:** *filler, k-value, PVC, synthetic leather.*

## PENDAHULUAN

Pada saat ini, kulit sintetis semakin banyak digunakan sebagai bahan baku dari beragam aplikasi. Pada umumnya material ini digunakan untuk dekorasi, pelapis sofa, interior otomotif, sarung tangan, pakaian, alas kaki, tas serta produk kebutuhan lainnya [1]–[3]. Kelebihan yang dimiliki kulit sintetis antara lain biaya produksi rendah, reproduksibilitas, penampakan yang konsisten, banyak pilihan warna, ringan serta memiliki durabilitas yang baik [2].

Kulit sintetis pada umumnya terdiri dari lapisan *topcoat*, *middlecoat*, *basecoat* dan kain penguat [4]. Bahan tersebut dibuat dengan proses pelapisan menggunakan polimer sesuai artikel yang hendak dibuat dan diklasifikasikan menurut jenisnya yaitu polivinil klorida (PVC), poliuretan (PU) serta *blend* PVC/PU [1]. Saat ini, jenis polimer yang paling banyak digunakan adalah polivinil klorida [5], [6]. Polimer ini memiliki keseimbangan yang baik antara biaya produksi dan karakteristik produknya [7].

Pada saat melakukan proses pelapisan, daya rekat merupakan parameter penting dalam menjaga kualitas kulit sintetis. Kekuatan rekat ini ditentukan salah satunya dari jenis bahan penyusunnya, terutama resin serta filler. Penggunaan filler pada kulit sintetis dapat menurunkan biaya produksi sekaligus memodifikasi sifat mekanis kulit sintetis sehingga dapat bersaing dengan kompetitor [8]. Sementara itu, emulsi polivinil klorida (PVC) secara komersial tersedia dengan nilai k-value antara 59-86 [9]. K-value sendiri menunjukkan derajat polimerisasi serta berat molekul dari polivinil klorida dan nilainya mempengaruhi kemampuan alir dan rheologi dari resin [10], [11]. Polivinil klorida dengan k-value rendah memiliki kemampuan fusion yang lebih baik, sedangkan k-value tinggi memberikan karakteristik mekanik produk lebih tinggi.

Evaluasi terhadap penggunaan resin dan filler penting dilakukan untuk mendapatkan produk akhir yang mudah diproses dan karakteristiknya sesuai keinginan [12]. Se jauh penelusuran penulis, belum banyak tulisan yang berusaha menjelaskan pengaruh perbandingan resin PVC dan filler  $\text{CaCO}_3$  terhadap kualitas lapisan kulit sintetis. Pencampuran dua resin PVC dengan nilai k-value yang berbeda dapat digunakan untuk mendapatkan pemrosesan dan produk akhir yang diinginkan [4], [13]. Sedangkan  $\text{CaCO}_3$  merupakan filler yang banyak digunakan pada polimer karena harganya yang relatif terjangkau, dapat memperbaiki warna dan mudah didapatkan [9], [14].

## METODE PENELITIAN

### Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan diperoleh dari industri di Bandung terdiri dari emulsi *polivinil klorida* (PVC-E) dengan nilai k-value 68, 72 dan 74, plasticizer primer *diiso octyl phtalate* (DOP), plasticizer sekunder *2,2,4-trimethyl-1,3-pentanediol diisobutyrate* (TXIB), stabilizer BZ152A, filler  $\text{CaCO}_3$ , kain penguat dan *release paper*.

### Alat Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah neraca analitik Ohaus Carat Series, meja *coating*, *coating roll*, *feeler gauge shim roll*, *mixer* merek AND, *rotary viscometer*, *oven drying* Memmert, UTM Gester GT-K02.

### Pembuatan plastisol untuk skin dan adhesive

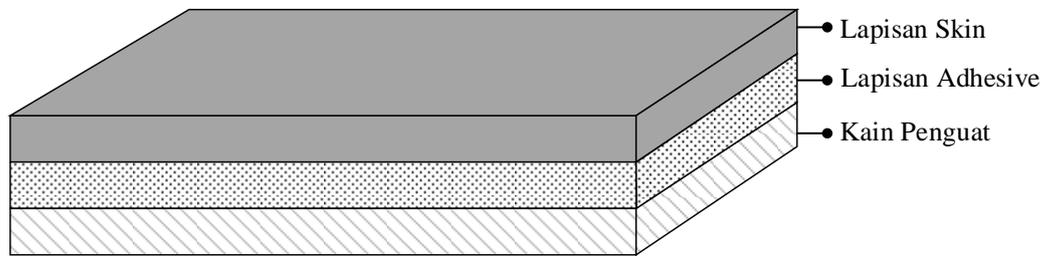
Plastisol merupakan koloid dari partikel polimer dalam plasticizer. Pada variasi perbandingan resin ini, plastisol dibuat melalui pencampuran *plasticizer* primer, sekunder dan

*stabilizer* selama 1 menit dengan kecepatan pengadukan 30 rpm. Kemudian resin PVC dimasukkan sesuai formulasi pada tabel 1 dan diaduk kembali selama 5 menit pada kecepatan 30 rpm.

Sedangkan plastisol untuk variasi penambahan filler diperoleh melalui pencampuran *plasticizer* primer, sekunder dan stabilizer selama 1 menit dengan pengadukan 30 rpm. Selanjutnya filler ditambahkan sesuai dengan formulasi pada tabel 5 dan diaduk lagi selama 2 menit pada kecepatan 30 rpm. Terakhir, resin PVC dimasukkan dan diaduk selama 5 menit pada 30 rpm. Plastisol siap digunakan untuk proses pelapisan kulit sintetis.

**Proses pelapisan kulit sintetis**

Release paper dipanaskan pada suhu 170-180°C selama 20 detik, kemudian dilapisi plastisol skin dengan ketebalan 0,5 mm. Lapisan yang diperoleh dipanaskan kembali pada suhu 190-200°C selama 1 menit. Selanjutnya plastisol *adhesive* dilapiskan dengan ketebalan 0,5 mm dan kemudian ditutup kain penguat. Bahan kulit sintetis dipanaskan kembali pada 190-200°C selama 1 menit dan didinginkan pada suhu kamar. Produk akhir dengan pelapisan sebagaimana diperlihatkan pada gambar 1 siap digunakan untuk pengujian lebih lanjut.



Gambar 1. Lapisan kulit sintetis

**Formulasi plastisol untuk variasi k-value resin PVC**

Resin PVC dengan nilai k-value 68, 72 dan 74 digunakan pada penelitian ini untuk dipelajari pengaruh pencampurannya menggunakan formulasi sesuai tabel 1 berikut ini.

Tabel 1. Formulasi untuk variasi k-value resin PVC

No	Nama Bahan	Komposisi, phr*
1	Resin PVC	100
2	<i>Plasticizer</i> primer	50
3	<i>Plasticizer</i> sekunder	3
4	Stabilizer	1

\*phr: per hundred resin, jumlah bahan aditif setiap 100 bagian resin

Sebanyak dua jenis resin dengan k-value berbeda dicampurkan menurut rasio perbandingan yang ditentukan sebagaimana tabel 2-4 berikut.

Tabel 2. Perbandingan blend resin PVC K68 dan K72

No	K-value	Sampel, phr						
		A2B8	A3B7	A4B6	A5B5	A6B4	A7B3	A8B2
1	68	20	30	40	50	60	70	80
2	72	80	70	60	50	40	30	20
3	74	0	0	0	0	0	0	0

Tabel 3. Perbandingan blend resin PVC K72 dan K74

No	K-value	Sampel, phr						
		B2C8	B3C7	B4C6	B5C5	B6C4	B7C3	B8C2
1	68	0	0	0	0	0	0	0
2	72	20	30	40	50	60	70	80
3	74	80	70	60	50	40	30	20

Tabel 4. Perbandingan blend resin PVC K68 dan K74

No	K-value	Sampel, phr						
		A2C8	A3C7	A4C6	A5C5	A6C4	A7C3	A8C2
1	68	20	30	40	50	60	70	80
2	72	0	0	0	0	0	0	0
3	74	80	70	60	50	40	30	20

Secara berurutan, kode A, B dan C menunjukkan jenis resin dengan k-value tertentu yang digunakan yaitu 68, 72 dan 74. Sedangkan angka yang dibubuhkan setelah huruf menunjukkan komposisinya. Sebagai contoh, kode A2B8 berarti blend dengan polivinil klorida k-value 68 sebanyak 20 phr dan polivinil klorida k-value 72 sebanyak 80 phr.

### Formulasi plastisol untuk variasi penambahan filler

Filler  $\text{CaCO}_3$  yang ditambahkan divariasikan sebanyak 10 sampai dengan 40 phr mengikuti formulasi pada tabel 5.

### Pengujian Daya Rekat (*Adhesion Strength*), Tensile dan Perpanjangan Putus

Daya rekat, tensile strength dan perpanjangan putus diuji menggunakan Universal Testing Machine (UTM) Gester GT-K02 sesuai dengan standar ASTM D751-06 pada kecepatan *crosshead* 5 mm/detik. Kulit sintetis untuk pengujian disiapkan minimal tiga

specimen untuk setiap sampelnya. Pada specimen untuk uji kuat rekat, secara hati-hati kain penguat dipisahkan dari lapisannya, kemudian di jepit dengan clamp UTM pada jarak 25 mm.

**Tabel 5.** Formulasi dasar untuk perbandingan resin

No	Nama Bahan	Komposisi, phr
1	Resin PVC	100
2	Filler	10-40
3	Plasticizer primer	50
4	Plasticizer sekunder	3
5	Stabilizer	1

## HASIL DAN PEMBAHASAN

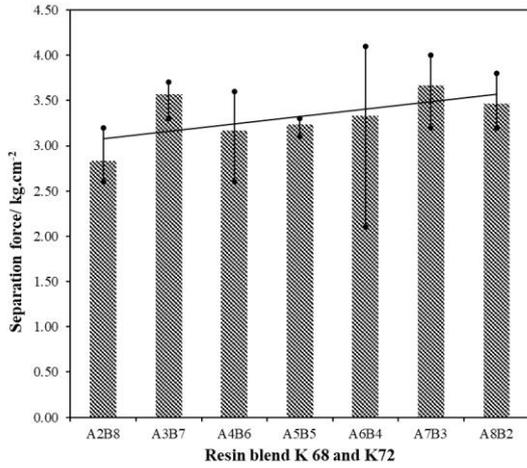
### Pengaruh pencampuran resin polivinil klorida dengan k-value berbeda

Sifat alamiah dari polimer dapat memberikan pengaruh besar pada karakteristik rheologinya. Karakteristik ini memiliki peranan besar pada kemudahan pemrosesan *coating* kulit sintetis. Oleh karena itu, nilai viskositas plastisol penting untuk disesuaikan nilainya sehingga proses berjalan dengan baik [11]. Hal ini dapat dilakukan dengan menggunakan resin PVC dengan nilai k-value yang sesuai dengan artikel yang akan diproses. Semakin tinggi k-value, nilai *molecular weight density* (MWD) dan viskositasnya juga akan semakin tinggi [9]. Akan tetapi, tidak semua k-value dengan nilai sesuai dengan kebutuhan proses tersedia secara komersial, sehingga pencampuran dua resin bisa menjadi solusi akan kesulitan ini.

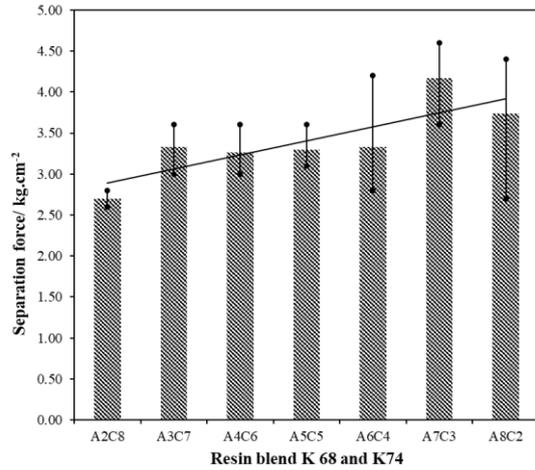
Pada penelitian ini, dua resin PVC dengan nilai k-value berbeda digunakan untuk membuat plastisol. Pada penelitian yang dilakukan oleh Peperl, pencampuran polimer dengan perbedaan k-value kurang dari 10-unit tidak memberikan pengaruh pada nilai MWD secara signifikan [13]. Sebaliknya, perbedaan k-value yang terlampau besar akan menyebabkan tingkat homogenitas plastisol lebih sulit dicapai. Oleh karena itu, dalam penelitian ini digunakan resin dengan perbedaan k-value kurang dari 10 (tertinggi 74 dan terendah 68).

### Pengaruh terhadap kuat rekat

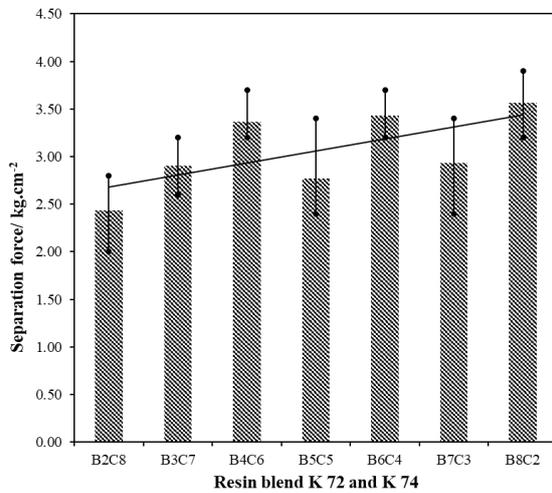
Pengujian kuat rekat menunjukkan tingkat kemudahan hasil pelapisan terlepas dari kain penguatnya. Metode *coating* membutuhkan kondisi perekatan yang baik antara plastisol dan substratnya [8]. Semakin tinggi nilai kuat rekat resin, maka produk yang dihasilkan akan semakin baik. Hasil uji kuat rekat disajikan pada gambar 2 berikut.



(a)



(b)



(c)

Gambar 2. Pengujian kuat rekat untuk blend (a) K68-K72 (b) K68-K74 (c) K72-K74

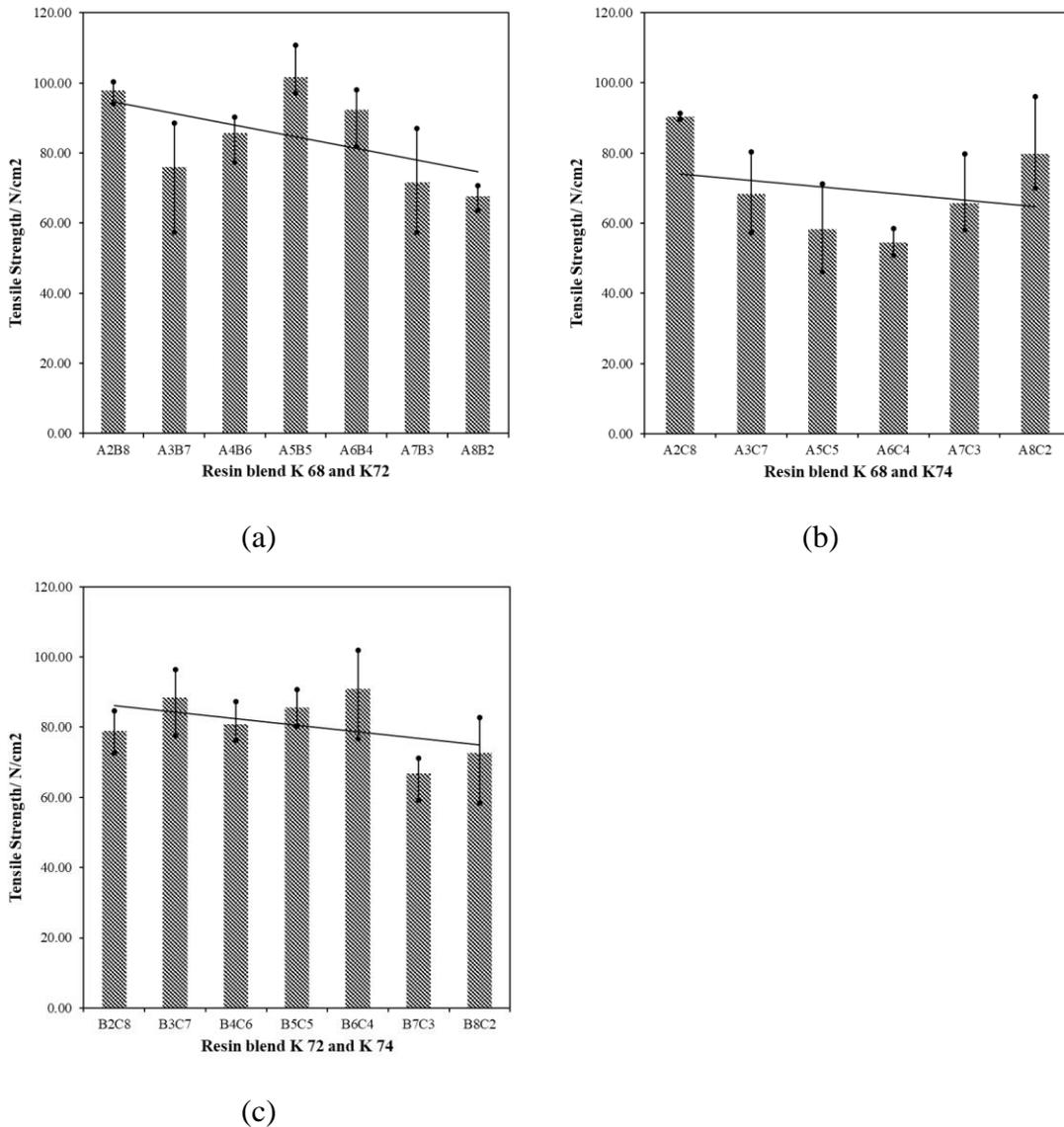
Pada gambar 2 terlihat jika blend K72-K74 yang menggunakan PVC dengan nilai k-value lebih tinggi menghasilkan nilai kuat rekat yang lebih rendah dibandingkan blend K68-K72 dan K68-74. Hal ini dikarenakan nilai k-value tinggi akan menghasilkan plastisol dengan viskositas yang lebih tinggi juga [4]. Nilai viskositas yang tinggi ini akan mempersulit aliran plastisol saat proses coating sehingga dapat memberikan tingkat dispersi yang rendah. Penetrasi plastisol *adhesive* ke dalam struktur permukaan *adherent* lebih sulit dicapai jika viskositas terlalu tinggi sehingga ikatan yang terbentuk juga relatif tidak kuat. Selain itu, nilai viskositas *adhesive*, topografi dan energi permukaan akan mempengaruhi proses *wetting* pada perekatan [15]. *Wetting* permukaan *adhesive* dengan kain penguat akan semakin rendah dengan naiknya nilai viskositas [16]. Sehingga dibutuhkan waktu perekatan yang lebih lama supaya kedua material tersebut dapat menempel dengan baik.

Kurva yang diperoleh memberikan kecenderungan yang mirip, yaitu semakin banyak bagian resin PVC dengan k-value lebih tinggi akan memberikan nilai kuat rekat yang semakin

rendah (A2B8, A2C8 dan B2C8). Sebaliknya, blend dengan komposisi resin dengan k-value rendah lebih banyak akan menghasilkan kuat rekat semakin tinggi (A8B2, A8C2 dan B2C8). Sedangkan komposisi yang lain memiliki nilai diantara kedua hasil tersebut. Blend K68-K74 pada penelitian ini memiliki beda k-value paling tinggi sehingga perlu diperhatikan tingkat kompatibilitas keduanya. Pada penelitian sejenis, kompatibilitas bahan baku akan mempengaruhi ikatan interfacial oleh perekat [17].

### Pengaruh Pencampuran Resin terhadap Tensile Strength

Tensile strength merupakan sifat mekanik yang penting pada kulit sintetis, karena menentukan kekuatan dari produk saat mengalami tarikan. Hasil pengujian disajikan pada gambar 3 di bawah ini.



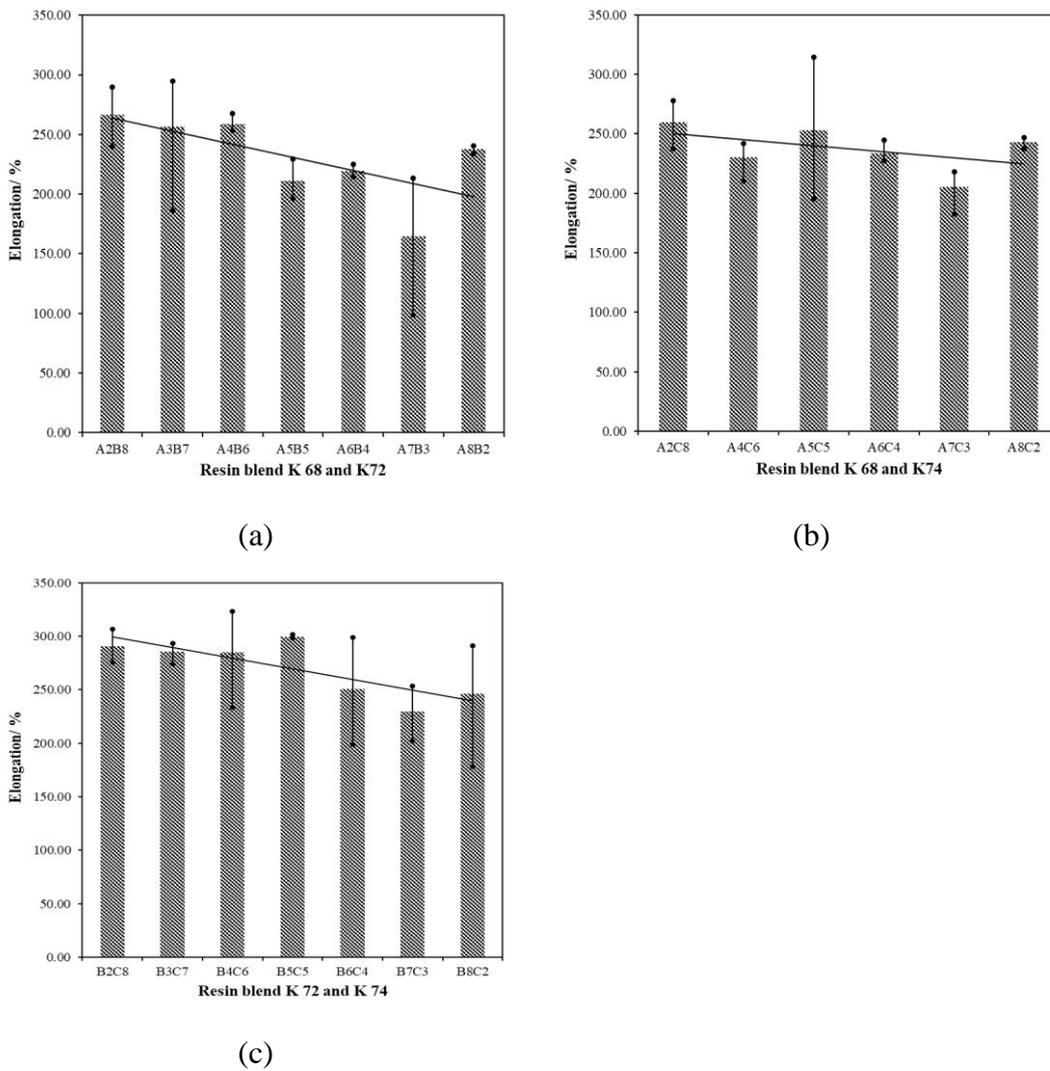
Gambar 3. Pengujian kuat tarik untuk blend (a) K68-K72 (b) K68-K74 (c) K72-K74

Pada gambar 3 di atas terlihat bahwa semakin banyak jumlah resin PVC dengan k-value lebih rendah maka nilai *tensile strength* akan menurun. Viskositas yang lebih rendah akan menurunkan nilai kekuatan akibat ikatan yang terbentuk juga lebih lemah [15]. Hasil ini selaras pada penelitian yang lain, dimana penurunan ikatan interfacial akan menghasilkan karakteristik mekanik dari PVC [17]. Sehingga dalam pencampuran ini akan diperoleh kompromi antara kemudahan proses dan sifat mekanis yang dikehendaki.

Perbedaan nilai k-value dibawah 10 masih memberikan campuran plastisol relatif homogen karena fusi partikel antara resin dengan berat molekul tinggi dan rendah cukup baik [13]. Kondisi ini yang menyebabkan blend K68-K74 memiliki nilai *tensile strength* terendah yang dimungkinkan karena homogenitas yang kurang baik akibat selisih k-value paling tinggi dibandingkan sampel lain. Fusi yang kurang baik akan mempengaruhi sifat mekanis dan berpotensi menghasilkan cacat *fish-eyes* (mikro pori) pada permukaan produk kulit sintetis [4].

### Pengaruh Pencampuran Resin terhadap Perpanjangan Putus

Hasil pengujian perpanjangan putus dari sampel disajikan pada gambar 4 berikut.



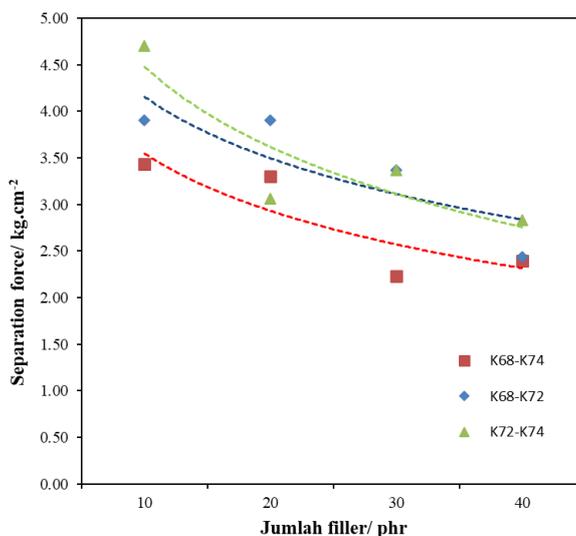
Gambar 4. Pengujian perpanjangan putus pada blend (a) K68-K72 (b) K68-K74 (c) K72-K74

Penggunaan dua jenis resin pada plastisol akan menghasilkan dua fase pada awalnya, kemudian apabila pengadukan yang dilakukan kurang baik maka plastisol yang diperoleh tidak homogen [8]. Proses akhir dari *coating* kulit sintetis adalah pemanasan pada suhu 190-200 °C, dimana plastisol menjadi gel dan mengalami perubahan struktur. Pencampuran yang kurang baik dapat menyebabkan sebagian plastisol mengering lebih dulu dibandingkan dengan bagian yang lain. Dengan demikian, sifat mekanis dari produk secara umum akan juga akan turun nilainya.

Nilai elongasi berdasarkan gambar 4 di atas berada diantara nilai kedua resin ketika dalam kondisi murninya. Kondisi ini mirip dengan kecenderungan pada pengujian *tensile strength* dimana nilainya akan semakin mendekati resin yang memiliki komposisi lebih banyak dibandingkan resin lainnya. Nilainya cenderung menurun dengan semakin tingginya jumlah resin dengan k-value lebih rendah [9].

### Pengaruh Penambahan Filler

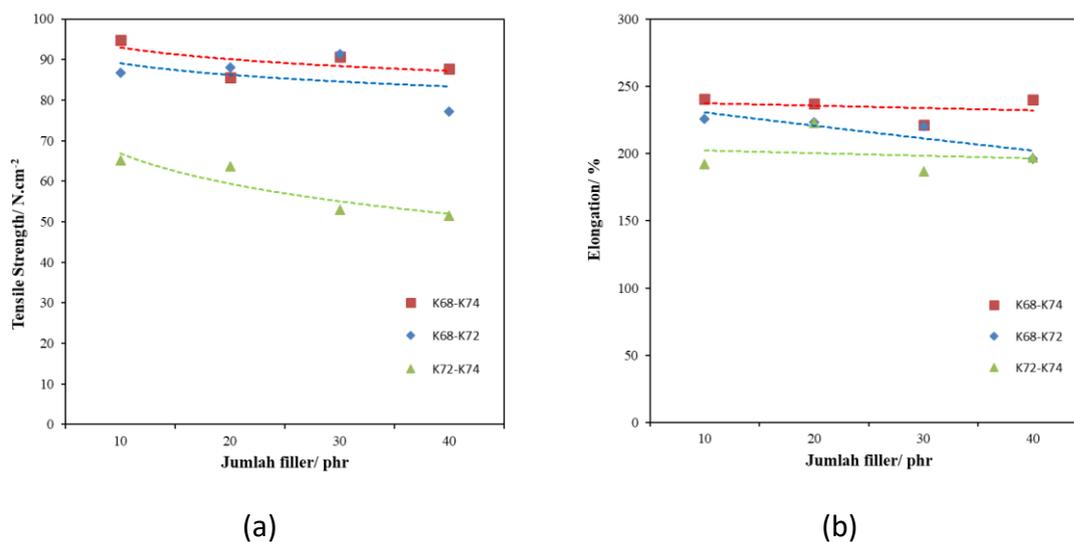
Komponen utama dari kulit sintetis adalah resin, *plasticizer*, *stabilizer* dan *filler* [18], dimana kain penguat dilapisi oleh polimer sintetis [6]. Polimer sintetis yang paling banyak digunakan untuk pelapisan adalah jenis polivinil klorida [5]. Sementara itu, filler banyak digunakan bertujuan untuk menurunkan biaya produksi dan memodifikasi karakteristik produknya [8]. Pada penelitian ini penambahan filler kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) diamati pengaruhnya terhadap kuat rekat, *tensile strength* dan perpanjangan putusnya.



Gambar 5. Pengujian kuat rekat dengan variasi filler

Pada gambar 5 terlihat bahwa semakin banyak filler yang ditambahkan kepada setiap sampel blend PVC akan menghasilkan kecenderungan yang sama, yaitu nilai kuat rekat akan semakin turun. Hal ini dikarenakan proses perekatan terjadi antara *adhesive coat* resin PVC dengan substratnya yaitu kain penguat, dimana keberadaan filler akan mengurangi kontak langsung antara kedua material tersebut. Berkurangnya luas bidang kontak secara langsung akan menurunkan daya rekatnya. Selain itu, penambahan filler biasanya akan menghasilkan

viskositas plastisol yang lebih tinggi [14] sehingga memberikan hambatan tambahan saat dispersi plastisol pada proses coating. Oleh karena itu, kenaikan jumlah filler akan diiringi dengan kebutuhan plasticizer yang lebih tinggi juga [9]. Dispersi filler pada matriks polimer akan terbantu dengan penggunaan filler dengan ukuran yang kecil, selain itu juga dapat memperbaiki sifat mekanis produk [12]. Blend K68-K74 memberikan nilai kuat rekat terendah dikarenakan perbedaan nilai k-value yang tinggi sehingga menyulitkan plastisol yang homogen resin maupun fillernya. Terlebih lagi, bagian polimer dengan k-value tinggi memiliki porositas lebih besar sehingga dapat menyerap plasticizer [9].



Gambar 6. Hasil pengujian variasi filler (a) tensile strength (b) elongation

Sementara itu, pada gambar 6 terlihat bahwa terdapat penurunan nilai *tensile strength* dan perpanjangan putus dengan semakin banyaknya filler. Kalsium karbonat merupakan filler inert yang memiliki interaksi filler-polimer lemah [8] dikarenakan ketiadaan gugus fungsi aktif dipermukaannya [14] sehingga kenaikan sifat mekanisnya tidak sebaik tipe *reinforcing*. Interaksi filler dapat ditingkatkan apabila digunakan kalsium karbonat yang dilapisi dengan stearat [9]. Akan tetapi, nilai penurunan pada penggunaan filler sampai dengan 40 phr ini tidak terlampau besar sehingga dapat menjadi pertimbangan produsen untuk menekan biaya produksi. Nilai tensile strength dan perpanjangan putus blend K68-K72 dan K68-72 lebih tinggi dibandingkan K72-74 dikarenakan bagian dengan MWD rendah akan menaikkan fusion dari polivinil klorida sehingga membantu penggunaan filler pada jumlah yang tinggi [9]. Secara umum, filler kalsium karbonat dapat ditambahkan pada kisaran 70-80 phr.

## KESIMPULAN

Pencampuran resin PVC dengan nilai k-value berbeda dapat digunakan untuk mendapatkan karakteristik produk yang diinginkan apabila jenis resin yang sesuai tidak tersedia secara komersial. Kulit sintesis yang dihasilkan dipengaruhi oleh perbandingan nilai k-value resin yang digunakan pada formula. Plastisol yang mengandung resin dengan k-value rendah lebih banyak akan memberikan produk dengan nilai kuat rekat yang lebih baik karena dispersi dan *wetting* yang lebih baik. Sedangkan apabila kandungan resin dengan k-value tinggi

lebih tinggi maka diperoleh nilai *tensile strength* dan perpanjangan putus yang lebih baik. Penambahan filler akan menurunkan kuat rekatnya dan mempengaruhi *tensile strength* serta perpanjangan putus dari produk. Homogenitas plastisol hasil pencampuran turut mempengaruhi dispersi filler pada matriks polivinil klorida.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Y. Ma, X. Dang, and Z. Shan, "Thermal Analysis and Identification of Potential Fire-proof Energy Building Material Based on Artificial Leather," *J. Therm. Sci.*, vol. 28, no. 1, pp. 88–96, Feb. 2019, doi: 10.1007/s11630-018-1054-8.
- [2] E. K. Roh, K. W. Oh, and S. H. Kim, "Effect of raising cycles on mechanical, comfort, and hand properties of artificial suede," *Textile Research Journal*, vol. 84, no. 18, pp. 1995–2005, Nov. 2014, doi: 10.1177/0040517514528561.
- [3] C. Yang, J. Wang, and L. Li, "A novel approach for developing high thermal conductive artificial leather by utilizing smart electronic materials," *Textile Research Journal*, vol. 87, no. 7, pp. 816–828, May 2017, doi: 10.1177/0040517516641356.
- [4] M. W. Syabani, C. Devi, I. Hermiyati, and A. D. Angkasa, "The effect of PVC's resin K-value on the mechanical properties of the artificial leather," *Majalah Kulit, Karet, dan Plastik*, vol. 35, no. 2, Art. no. 2, Jan. 2020, doi: 10.20543/mkkp.v35i2.5639.
- [5] S. Joneydi, A. Khoddami, and A. Zadhoush, "Novel superhydrophobic top coating on surface modified PVC-coated fabric," *Progress in Organic Coatings*, vol. 76, no. 5, pp. 821–826, May 2013, doi: 10.1016/j.porgcoat.2013.01.011.
- [6] I. Maia, J. Santos, M. Abreu, T. Miranda, N. Carneiro, and G. Soares, "PVC-based synthetic leather to provide more comfortable and sustainable vehicles," *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.*, vol. 254, p. 122006, Oct. 2017, doi: 10.1088/1757-899X/254/12/122006.
- [7] I. Omrani, A. Ahmadi, A. Farhadian, H. K. Shendi, N. Babanejad, and M. R. Nabid, "Synthesis of a bio-based plasticizer from oleic acid and its evaluation in PVC formulations," *Polymer Testing*, vol. 56, pp. 237–244, Dec. 2016, doi: 10.1016/j.polymertesting.2016.10.027.
- [8] G. V. Rybachuk, I. I. Kozlova, V. B. Mozzhukhin, and V. V. Guzeev, "PVC plastisols: Preparation, properties, and application," *Polym. Sci. Ser. C*, vol. 49, no. 1, pp. 6–12, Mar. 2007, doi: 10.1134/S181123820701002X.
- [9] George Wypych, *PVC Formulary*, 3rd ed. Ontario, Canada: ChemTec Publishing, 2014. Accessed: Jun. 01, 2022. [Online]. Available: <https://www.elsevier.com/books/pvc-formulary/wypych/978-1-927885-63-5>
- [10] Y. Du, J. Gao, J. Yang, and X. Liu, "Dynamic rheological behavior and mechanical properties and of PVC/ASA blends," *J Polym Res*, vol. 19, no. 11, p. 9993, Nov. 2012, doi: 10.1007/s10965-012-9993-3.
- [11] A. Zadhoush, M. A. Alsharif, and P. E. Alsharif, "The Influence of K-Value and Plasticizer Type on the Rheological Behaviour of Plastisol Used in Coated Fabrics," *Iranian Polymer Journal*, vol. 13, no. 5, pp. 371–379, 2004.
- [12] J. A. Brydson, *Plastic Materials*, 7th ed. Oxford: Butterworth-Heinemann, 1999.
- [13] G. Pepperl, "Molecular weight distribution of PVC blends from resins with different K values," *J Vinyl Addit Technol*, vol. 6, no. 4, pp. 181–186, Dec. 2000, doi: 10.1002/vnl.10250.

- [14] J. Donate-Robles and J. M. Martín-Martínez, “Addition of precipitated calcium carbonate filler to thermoplastic polyurethane adhesives,” *International Journal of Adhesion and Adhesives*, vol. 31, no. 8, pp. 795–804, Dec. 2011, doi: 10.1016/j.ijadhadh.2011.07.008.
- [15] E. Paz, J. J. Narbón, J. Abenojar, M. Cledera, and J. C. del Real, “Influence of Acrylic Adhesive Viscosity and Surface Roughness on the Properties of Adhesive Joint,” *The Journal of Adhesion*, vol. 92, no. 11, pp. 877–891, Nov. 2016, doi: 10.1080/00218464.2015.1051221.
- [16] L. Chen and E. Bonaccorso, “Effects of surface wettability and liquid viscosity on the dynamic wetting of individual drops,” *Physical Review E*, vol. 90, Jul. 2014, doi: 10.1103/PhysRevE.90.022401.
- [17] Y. Nakamura, E. Takekuni, M. Kanbe, and T. Iida, “Effect of interfacial adhesion on the mechanical properties of poly(vinyl chloride) modified with cross-linked poly(methyl methacrylate) particles prepared by seeded emulsion polymerization,” *Colloid Polym Sci*, vol. 279, p. 368±375, 2001.
- [18] D. Gurera and B. Bhushan, “Fabrication of bioinspired superliquiphobic synthetic leather with self-cleaning and low adhesion,” *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, vol. 545, pp. 130–137, May 2018, doi: 10.1016/j.colsurfa.2018.02.052.