

Pengembangan Campuran Komposisi Bahan Baku pada Perusahaan Daur Ulang Plastik Berjenis PVC PT. RJM

Yunus Alfian¹

Abstract: PT. RJM is a carpet manufacturing company made from recycled polyvinyl chloride (PVC) plastics. The raw materials used by the company are taken by suppliers from the waste products of other companies which also use PVC raw materials such as shoes, raincoats, food packaging, children's toys, plastic bags, etc. The company is developing a mixture of raw material compositions by adding other alternative raw materials so that the products produced have better quality. In this study the author proposes the addition of cable skin made of PVC. This study discusses the effect of improving product quality by adding PVC cable skin to a new mix of compositions, the cost of using a mixture of old and new compositions, challenges faced by companies both in the use of a mixture of new compositions and mechanical recycling, and recommendations to companies about the shortcomings in the process of managing the recycling of polyvinyl chloride (PVC) by mechanical recycling.

Keywords: experiment; recycling; mechanical recycling

Pendahuluan

PT. RJM merupakan sebuah perusahaan yang bergerak di bidang manufaktur karpet talang air berbahan baku plastik daur ulang berjenis *polyvinyl chloride* (PVC) yang berlokasi di Pasuruan, Jawa Timur. Produk yang dihasilkan terdiri dari 4 macam jenis yaitu: karpet talang lapis biasa, karpet talang lapis *standard*, karpet talang hitam biasa, karpet talang hitam *standard*. Bahan baku yang digunakan oleh perusahaan diambil oleh *supplier* dari hasil limbah perusahaan lain yang juga menggunakan bahan baku PVC seperti: perusahaan sepatu, jas hujan, kemasan makanan, mainan anak-anak, tas plastik, dll. Istilah dari perusahaan untuk jenis bahan baku PVC yang digunakan antara lain karpet lantai, bekas karpet talang air, imitasi, dan sit pungut. Bahan baku tersebut akan dicampur dan dipanaskan sehingga berubah bentuk menjadi pasta dan bentuk akhir berupa lembaran karpet.

Permasalahan perusahaan saat ini adalah perlu dilakukannya pengembangan pada campuran komposisi bahan baku tersebut. Perusahaan perlu melakukan eksperimen untuk mencari campuran komposisi baru yang lebih baik dengan penambahan alternatif bahan baku lain supaya dapat meningkatkan kualitas produknya.

Akibat dari hasil campuran komposisi yang lama menimbulkan tingkat kualitas yang rendah. Adapun kriteria kualitas yang baik pada produk karpet talang air yang ditetapkan oleh perusahaan adalah karpet tidak memiliki banyak lubang, dan kekuatan karpet (karpet tidak mudah sobek). Banyaknya jumlah lubang pada produk menyebabkan pekerja melakukan *rework* (penutupan pada lubang-lubang karpet) sehingga waktu untuk menyelesaikan satu unit produk lebih lama dan akhirnya kuantitas yang dihasilkan pun lebih sedikit.

Jenis kecacatan pada produk karpet talang di PT. RJM adalah karpet berlubang dan karpet gosong. Karpet berlubang disebabkan karena campuran komposisi bahan baku yaitu bahan PVC yang memiliki kualitas yang sudah rendah. Jenis kecacatan ini masih dapat dilakukan *rework* (penutupan atau penambalan pada lubang-lubang karpet) sebagai upaya perbaikan.

Sedangkan karpet gosong disebabkan karena jenis plastik yang tidak teridentifikasi (bukan PVC) saat penyortiran dan ikut tercampur dalam proses produksi. Memiliki suhu titik lebur yang lebih rendah daripada suhu titik lebur yang telah diatur pada mesin *extruder* (suhu titik lebur diatur pada titik lebur tertinggi PVC). Akhirnya jenis plastik tersebut akan lebih dulu melebur dan terbakar (gosong). Jenis kecacatan ini tidak dapat diperbaiki dan harus dibuang.

¹ Fakultas Teknologi Industri, Jurusan Teknik Industri, Universitas Kristen Petra. Jl. Siwalankerto 121-131, Surabaya 60236. Email: yunusalvian@gmail.com.

Metode Penelitian

Macam-Macam Jenis Daur Ulang Plastik

Terdapat empat macam jenis dalam proses daur ulang plastik menurut Grigore [1], yaitu:

a. *Primary recycling*

Proses ini mengacu pada penggunaan kembali produk dalam struktur aslinya. Kekurangan dalam proses daur ulang ini adalah adanya batasan jumlah siklus untuk masing-masing bahan yang akan digunakan kembali untuk dilakukan daur ulang.

b. *Secondary recycling or mechanical recycling*

Pada proses ini, *thermoplastic polymers* yang hanya bisa dilakukan. *Thermoplastics* adalah jenis plastik yang menjadi lunak jika dipanaskan dan akan kembali mengeras jika didinginkan, proses ini dapat dilakukan berulang kali. Jenis plastik PVC termasuk di dalam *thermoplastics*. *Mechanical recycling* merupakan metode daur ulang yang secara teknis sederhana dan sudah biasa dilakukan dalam industri plastik. Proses daur ulang ini memerlukan pemisahan, penggilingan, dan penyaluran bahan pada mesin tanpa adanya penambahan bahan kimia. Proses daur ulang inilah yang akan dibahas lebih lanjut berikutnya, hal ini dikarenakan proses daur ulang tersebut yang dipilih dan sebagian telah dilakukan oleh perusahaan. Maka peneliti akan meninjau kembali dan memberikan saran atau rekomendasi terhadap kekurangan yang ada pada perusahaan di dalam mengelola proses daur ulang tersebut berdasarkan studi literatur.

c. *Chemical recycling*

Chemical recycling merupakan daur ulang pelengkap untuk memenuhi kebutuhan pada *mechanical recycling* karena terbatasnya dalam memperoleh bahan baku yang cukup bersih dan murni. Sayangnya daur ulang ini memerlukan investasi yang mahal pada perlengkapan peralatan, tenaga kerja yang ahli, dan membutuhkan energi yang cukup besar dalam pengaplikasiannya. Daur ulang kimia saat ini mengelola limbah plastik campuran dari berbagai sumber namun daur ulang ini sangat sukar dilakukan jika terdapat limbah yang tidak disortir atau sudah terkontaminasi sebelumnya dengan zat-zat lain.

d. *Energy recovery or quaternary recycling*

Metode ini mengacu pada pemulihan konten generik dan efektif dalam mengurangi volume bahan organik melalui pembakaran. Tetapi metode ini tidak dapat diterima secara ekologis dan berbahaya karena dapat memberikan dampak yang buruk bagi kesehatan, yaitu mengandung zat yang beracun contohnya: logam berat, polimer yang mengandung klorin, karbon beracun, radikal bebas, dan senyawa kimia lainnya yang berbahaya.

Langkah-Langkah dalam Proses Mechanical Recycling

Sebelum pemrosesan ulang dengan bahan daur ulang, konversi dari limbah menjadi bahan baku baru perlu dilakukan. Fase ini biasanya disebut dengan *End-of-waste* dan dimulai setelah dilakukan langkah pengumpulan. Langkah-langkah dalam proses *mechanical recycling* menurut Ragaert *et al.* [2] adalah sebagai berikut:

a. *Separation and sorting*

Adanya pemisahan dan pemilahan berdasarkan bentuk, jenis, ukuran, dan kepadatan. Proses pemisahan terdiri dari berbagai jenis macam teknik dan tergantung oleh perusahaan untuk menentukan jenis teknik mana yang lebih tepat dan efektif. Umumnya proses pemisahan dan pemilahan seringkali dilakukan dengan cara manual menggunakan tenaga pekerja memang lebih efektif tetapi juga mahal dalam biaya dan lama.

b. *Baling*

Jika limbah plastik tidak memerlukan proses penyortiran dan sudah dikemas dalam bungkus maka segera untuk dipindahkan ke proses selanjutnya dan masih perlu dilakukan proses pembersihan oleh perusahaan.

c. *Washing*

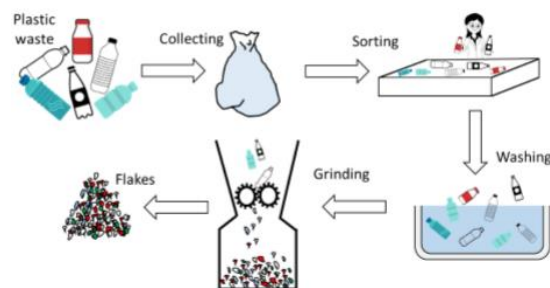
Adanya pencucian atau pembersihan untuk menghilangkan kotoran dan agar tidak terkontaminasi dengan zat-zat lain.

d. *Grinding*

Adanya proses penggilingan bahan baku untuk merubah bentuk ukuran menjadi lebih kecil dan menjadi *input* proses selanjutnya.

e. *Compounding and pelletizing*

Pemrosesan tambahan yang bersifat opsional dari proses sebelumnya yaitu penggilingan untuk dilakukan pengurangan ukuran kembali, biasanya berupa butiran.



Gambar 1. Skema langkah-langkah dalam proses *mechanical recycling* (Delva *et al.* [3])

Metode-Metode untuk Identifikasi Jenis-Jenis Plastik

Terdapat beberapa metode yang digunakan untuk mengidentifikasi jenis-jenis plastik, antara lain:

a. Metode massa jenis

Identifikasi jenis-jenis plastik dapat dilakukan dengan mengetahui massa jenisnya. Kelemahannya adalah ada beberapa jenis-jenis plastik yang memiliki hasil massa jenis yang hampir sama. Data massa jenis terhadap jenis-jenis plastik dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Massa jenis plastik (Grigorescu *et al.* [4])

Jenis plastik	Massa jenis (gr/cm ³)
PET	1,38-1,41
LDPE	0,89-0,93
PVC	1,40-1,42
PP	0,87-0,92
PS	1,04-1,08
HDPE	0,94-0,99
ABS	1,04-1,06
PC	1,20-1,22
PC+ABS	1,19-1,22
PP fillers	1,03-1,07
HIPS	1,01-1,09
PMMA	1,09-1,18
PBT	1,47-1,49
PA	1,07-1,16

b. Identifikasi kode atau simbol

Proses identifikasi juga dapat menggunakan metode identifikasi pada kode atau simbol yang tercetak di plastik. Kelemahan dari metode ini adalah adanya *human error* ketika dalam proses pemilahan atau tidak semua memiliki kode atau simbol yang tercetak pada produk plastik tersebut.

Tabel 2. Pengaplikasian jenis plastik (Grigorescu *et al.* [4])

Jenis plastik	Pengaplikasian
PET	botol minuman, botol detergen, serat karpet
HDPE	botol detergen, komponen seluler, mainan, <i>pallet</i>
PVC	kemasan makanan, tekstil, kemasan medis, botol minuman
LDPE	<i>plastic tubes</i> , kemasan makanan
PP	<i>compost bins, curbside recycling crates</i>
PS	alat makan sekali pakai

c. Metode pembakaran

Identifikasi jenis-jenis plastik dapat juga menggunakan metode pembakaran. Hal ini dilakukan dengan mengamati perubahan-perubahan karakter yang terjadi pada limbah plastik ketika dibakar seperti bau dan warna

nyala api. Metode ini sangat mudah untuk dilakukan jika dibandingkan dengan menggunakan metode lainnya namun juga berbahaya bagi kesehatan karena mengandung gas beracun.

Tabel 3. Perubahan karakter jenis plastik dengan metode pembakaran (Grigorescu *et al.* [4])

Jenis plastik	Warna api	Aroma
PET	<i>Yellow-Orange</i>	manis
HDPE	<i>Yellow-Orange</i>	bakar karet
PVC	<i>Green edge</i>	asam <i>hydrochloric</i>
LDPE	<i>Yellow-Orange</i>	bakar karet
PP	<i>Yellow</i>	manis
PS	<i>shiny,sooty</i>	manis, gas alam
ABS	<i>Yellow-Orange</i>	bakar karet
<i>Polycarbonate</i>	<i>Yellow-Orange</i>	<i>fenolik</i>
ABS/PC	<i>bright flame</i>	bakar karet
PBT/PC	<i>bright flame</i>	manis, menyengat
PBT/PET	<i>bright flame</i>	manis, gatal
PE/PP	<i>slightly yellowish-blue</i>	bakar karet

d. Kelarutan

Metode ini dapat digunakan untuk mengidentifikasi jenis-jenis plastik berdasarkan perbedaan kelarutannya. Di dalam melakukan pengujiannya diperlukan adanya bahan-bahan kimia sebagai pelarut. Namun ada bahan kimia yang perlu ekstra hati-hati dalam penggunaannya seperti *benzena* karena mudah terbakar dan beracun. Proses pelarutan juga harus mempertimbangkan ukuran dan berat yang relatif sama dari sampel yang akan diuji.

Tabel 4. Bahan kimia sebagai pelarut (Grigorescu *et al.* [4])

Jenis plastik	Pelarut
PET	<i>trichloroacetic acid, nitrobenzene</i>
HDPE, LDPE	<i>decalin, xylene, tricholorobenzene</i>
PVC	<i>dimethylformamide, tetrahydrofuran, cyclohexanone</i>
PP	<i>decalin, xylene, tricholorobenzene</i>
PS	<i>toluene, chloroform, carbon disulfide</i>
ABS	<i>chloroform, formic acid</i>
<i>Polycarbonate</i>	<i>chloroform, dimethylformamide, 1,4-dioxane</i>

Hasil dan Pembahasan

Proses Produksi

Proses produksi yang ada pada perusahaan terdiri dari dua tahap. Tahap yang pertama adalah penyortiran atau penyiapan bahan baku dari awal hingga bahan baku siap untuk digunakan sebagai *input* dari proses produksi, yang terdiri dari beberapa proses sebagai berikut:

- a. Penimbangan awal bahan baku
Pada proses ini bahan baku dari *supplier* ditimbang terlebih dahulu. Hal-hal yang dicatat dalam proses penimbangan terdiri dari berat awal kendaraan, berat akhir kendaraan sesudah pembongkaran bahan baku, dan berat sampah (bahan-bahan yang tidak dipakai).
- b. Inspeksi
Setelah memasuki proses penimbangan awal bahan baku maka akan dilanjutkan pada tahap inspeksi.
- c. Pembongkaran bahan baku
Bahan baku yang lulus tahap inspeksi maka akan dilakukan pembongkaran dari *truck* secara manual.
- d. Pengelompokkan jenis bahan baku
Bahan baku yang telah dibongkar akan dikelompokkan terlebih dahulu sesuai dengan jenisnya, yaitu: imitasi (lapisan kulit buatan dari tas dan sepatu), karpet lantai (karpet meja atau perlak), sit pungut (jas hujan, mainan anak-anak, tas plastik, kemasan makanan, dan bungkus produk), karpet talang bekas. Istilah nama-nama jenis bahan baku mengikuti dari perusahaan.
- e. Sortir bahan baku
Sortir bahan baku dilakukan untuk memisahkan sampah yang ada dan mengambil bahan baku yang dibutuhkan saja. Pada proses sortir sudah dilakukan pembersihan yang sesuai dengan standar oleh pekerja, sehingga bahan baku yang digunakan juga tidak terlalu kotor. Bahan baku sebenarnya dapat dilakukan pembersihan dengan cara dicuci, tetapi hal tersebut tidak dilakukan oleh perusahaan karena mengeluarkan biaya yang lebih besar dan membutuhkan waktu untuk pengeringan.
- f. Penimbangan bahan baku dan sampah
Bahan baku yang sudah disortir selanjutnya akan ditimbang dan juga sampah (bahan-bahan yang tidak diperlukan) secara terpisah.
- g. Penggilingan bahan baku
Bahan baku yang sudah disortir akan masuk kedalam proses penggilingan menggunakan mesin giling, dan hasil akhir bahan baku berupa peletan. Pada proses penggilingan juga harus memperhatikan jumlah maksimal yang dimasukkan pada mesin giling. Jika terlalu banyak akan menyebabkan mesin macet dan hasil gilingan yang tidak sesuai standar.

- h. Pembersihan bahan baku
Bahan baku yang sudah digiling selanjutnya akan masuk kedalam mesin vakum. Di dalam mesin ini bahan baku dilakukan pembersihan ulang dari debu ringan, kotoran berupa tanah, serat-serat benang, debu kertas dan kain.
- i. *Packing* bahan baku
Bahan baku yang siap untuk diolah akan dibungkus dan disimpan dalam gudang.

Tahap yang kedua adalah yaitu proses mesin *extruder* untuk pembuatan karpet yang akan dijelaskan sebagai berikut:

- a. Perhitungan komposisi bahan baku
Perhitungan campuran komposisi bahan baku yang digunakan oleh perusahaan saat ini dapat dilihat pada subbab berikutnya.
- b. Menyiapkan bahan baku
Bahan baku yang diambil dari gudang akan didekatkan pada proses pencampuran. Bahan baku berupa karungan dan siap untuk dilakukan proses pencampuran.
- c. Pencampuran bahan baku
Bahan baku dilakukan proses pencampuran dengan menggunakan mesin *mixer* dengan empat komposisi tersebut selama 5 menit. Bahan baku yang sudah mengalami proses pencampuran dapat langsung diolah untuk diproduksi. Jika mesin proses produksi sedang penuh atau sibuk maka hasil campuran bahan baku akan disimpan terlebih dahulu untuk digunakan kemudian.
- d. Pemindahan bahan baku menuju mesin *extruder*
Pemindahan bahan baku menuju mesin *extruder* menggunakan bantuan *forklift* dan *hand pallet*.
- e. Pembuatan karpet
Bahan baku dimasukkan kedalam mesin *extruder* untuk diproses pemasakan dan akan keluar berupa bentuk lelehan pasta. Untuk proses pemasakan pada mesin *extruder* dibutuhkan suhu yang harus sesuai pada tiap-tiap bagian *extruder* yaitu 125°C, 150°C, 170°C, 175°C.
- f. Pembuatan lembaran karpet
Bahan baku yang telah keluar dari mesin *extruder* berupa pasta akan masuk kedalam mesin *presses* untuk ditekan menjadi lembaran karpet. Kecepatan pada mesin *presses* juga harus disesuaikan dengan lebar karpet yang akan dibuat, semakin lebar karpet maka kecepatan pada mesin *presses* akan semakin pelan. Kecepatan putaran berkisar antara 800-1000 Rpm.
- g. Inspeksi
Karpet selanjutnya akan masuk proses inspeksi untuk dilihat apakah sudah sesuai standar atau tidak. Untuk kriteria kualitasnya adalah karpet tidak memiliki banyak lubang, dan kekuatan karpet (tidak mudah sobek atau ulet).
- h. Penggulungan karpet
Setelah dilakukan inspeksi dan sesuai dengan ketentuan perusahaan maka proses akhir adalah

penggulungan karpet dengan panjang 50 meter setiap gulungan dan disimpan ke dalam gudang.

Eksperimen

Eksperimen dilakukan hanya pada produk karpet talang hitam biasa. Hal ini dikarenakan produk tersebut yang paling banyak diminati oleh konsumen. Eksperimen dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh peningkatan kualitas produk karpet dengan penambahan kulit kabel dari PVC pada campuran komposisi yang baru.

Campuran komposisi yang lama adalah sebagai berikut:

- Imitasi (lapisan kulit sintetis atau buatan dari tas dan sepatu) 56,25%.
- Karpet lantai (karpet meja atau perlak, karpet duduk) 6,25%.
- Sit pungut (jas hujan, mainan anak-anak, tas plastik, kemasan makanan, dan bungkus produk) 31,25%.
- Karpet talang bekas 6,25%

Campuran komposisi yang baru adalah sebagai berikut:

- Imitasi (lapisan kulit sintetis atau buatan dari tas dan sepatu) 51,14%.
- Karpet lantai (karpet meja atau perlak, karpet duduk) 5,7%.
- Sit pungut (jas hujan, mainan anak-anak, tas plastik, kemasan makanan, dan bungkus produk) 28,41%.
- Karpet talang bekas 5,7%.
- Kulit kabel dari PVC (alternatif bahan baku lain yang ditambahkan) 9,1%.

Pengambilan Data

Sebelum melakukan pengambilan data, eksperimen dilakukan dengan membuat produk menggunakan campuran komposisi bahan baku yang lama dan yang baru dengan penambahan kulit kabel PVC. Produk yang dihasilkan dari campuran komposisi yang lama dan baru akan dilakukan pengambilan data berupa jumlah lubang pada karpet, serta kekuatan karpet. Data massa jenis bahan baku digunakan untuk mengidentifikasi kandungan PVC dalam bahan baku tersebut dengan melihat massa jenis mana yang paling mendekati.

Tabel 5. Rata-rata massa jenis bahan baku dan PVC

Nama bahan baku	Rata-rata massa jenis (gr/cm ³)
Imitasi	0,79
Karpet lantai	1,06
Karpet talang bekas	1,18
Sit pungut	0,76
Kulit kabel PVC	1,18
PVC	1,40-1,42

Berdasarkan Tabel 5 massa jenis bahan baku yang mendekati dengan massa jenis PVC adalah bahan baku kulit kabel dari PVC dan karpet talang bekas.

Tabel 6. Lubang pada karpet dengan campuran pertama dan kedua

	Campuran komposisi pertama	Campuran komposisi kedua
Total lubang	183	96
Rata-rata	6,1	3,2

Total jumlah lubang menurun sebesar 47,5% dari 183 lubang menjadi 96 lubang dan rata-ratanya menurun dari 6,1 lubang menjadi 3,2 lubang. Dengan demikian dapat disimpulkan penambahan kulit kabel dari PVC sebagai campuran komposisi yang baru dapat menurunkan jumlah lubang dibandingkan campuran komposisi pertama.

Tabel 7. Kekuatan uji tarik beban pada campuran pertama

Campuran pertama	Kekuatan dengan beban 2,5 kg (s)	Kekuatan dengan beban 3 kg (s)
Total waktu	255,28	84,28
Rata-rata	10,21	3,37

Tabel 8. Kekuatan uji tarik beban pada campuran kedua

Campuran kedua	Kekuatan dengan beban 2,5 kg (s)	Kekuatan dengan beban 3 kg (s)
Total waktu	770,82	379,05
Rata-rata	30,83	15,16

Untuk uji tarik dengan beban 2,5 kg pada campuran satu memiliki total waktu 255,28 detik dan rata-rata 10,21 detik. Pada campuran kedua memiliki total waktu lebih lama yaitu 770,82 detik dan rata-rata 30,83 detik. Untuk uji tarik dengan beban 3 kg pada campuran satu memiliki total waktu 84,28 detik dan rata-rata 3,37 detik. Pada campuran kedua memiliki total waktu lebih lama yaitu 379,05 detik dan rata-rata 15,16 detik.

Dengan demikian dapat disimpulkan penambahan kulit kabel dari PVC sebagai campuran komposisi bahan baku yang baru dapat untuk meningkatkan kualitas kekuatan karpet (tidak mudah sobek) dibandingkan dengan produk dari penggunaan campuran komposisi yang pertama.

Kesimpulan dari Eksperimen

Berdasarkan pengolahan dan analisis data yang telah dilakukan, penggunaan bahan baku kulit kabel PVC sebagai tambahan bahan baku lain pada campuran komposisi yang baru dapat meningkatkan kualitas produk karpet talang air. Hal ini nampak pada penurunan jumlah lubang pada karpet hingga 47,5% dari 183 lubang menjadi 96 lubang dan meningkatnya kekuatan karpet (tidak mudah sobek). Dapat dilihat pada Tabel 6 hingga Tabel 8.

Perhitungan Biaya

Perhitungan biaya yang dibahas adalah biaya terkait pembelian bahan baku. Adapun harga bahan baku tersebut adalah:

- Imitasi Rp 2,8/kg
- Karpet lantai Rp 2/kg
- Sit pungut Rp 2,2/kg
- Karpet talang bekas Rp 1,6/kg

Alternatif tambahan bahan baku lain:

- Kulit kabel dari PVC Rp 3/kg

Biaya bahan baku yang dijelaskan merupakan hasil biaya yang telah dikonversikan. Rata-rata penggunaan bahan baku dalam satu hari untuk campuran komposisi yang lama pada setiap jenis bahan baku dapat dilihat pada Tabel 9. Dan perhitungan estimasi biaya bahan bakunya dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 9. Rata-rata bahan baku campuran lama (kg)

Imitasi	KL	KTB	Sit P	Total
3.526	392	392	1.959	6.269

Tabel 10. Estimasi biaya bahan baku campuran lama

Nama bahan baku	Biaya/hari	Biaya/ bulan
Imitasi	Rp 9.874	Rp 217.221
KL	Rp 784	Rp 17.240
KTB	Rp 627	Rp 13.792
Sit P	Rp 4.310	Rp 94.819
Total	Rp 15.594	Rp 343.071

Estimasi rata-rata penggunaan bahan baku dalam satu hari untuk campuran komposisi yang baru pada setiap jenis bahan baku dapat dilihat pada Tabel 11. Dan perhitungan estimasi biaya bahan bakunya dapat dilihat pada Tabel 12.

Tabel 11. Rata-rata bahan baku campuran baru (kg)

Imitasi	KL	KTB	Sit P	Kulit kabel PVC	Total
3.206	357	357	1.781	570	6.269

Tabel 12. Estimasi biaya bahan baku campuran baru

Nama bahan baku	Biaya/hari	Biaya/ bulan
Imitasi	Rp 8.977	Rp 197.488
KL	Rp 715	Rp 15.723
KTB	Rp 572	Rp 12.578
Sit P	Rp 3.918	Rp 86.202
Kulit kabel PVC	Rp 1.711	Rp 37.652
Total	Rp 15.893	Rp 349.641

Tabel 13. Perbandingan biaya bahan baku campuran lama dan baru

	Campuran komposisi lama	Campuran komposisi baru
Biaya/hari	Rp 15.594	Rp 15.893
Biaya/bulan	Rp 343.071	Rp 349.641

Dengan adanya tambahan alternatif bahan baku lain yaitu kulit kabel PVC pada campuran komposisi yang baru, maka rata-rata biaya penggunaan bahan baku mengalami kenaikan sebesar 1,92% dan biaya-

lainnya diasumsikan sama dengan campuran komposisi yang lama.

Perhitungan Harga Jual

Produk karpet talang air yang sangat diminati dipasaran adalah jenis karpet talang hitam biasa dengan ukuran lebar 60 cm, 90 cm, 110 cm masing-masing memiliki panjang 50 m.

Tabel 14. Harga jual karpet talang dengan campuran lama

Ukuran	Harga per m
60 cm x 50 m	Rp 3.200
90 cm x 50 m	Rp 4.800
110 cm x 50 m	Rp 5.900

Tabel 14 merupakan harga dari perusahaan, harga tersebut adalah untuk pengambilan oleh distributor, agen, maupun toko-toko. Jika menggunakan campuran komposisi yang baru maka rata-rata biaya penggunaan bahan baku akan mengalami kenaikan sebesar 1,92% dibulatkan menjadi 2% dan biaya-biaya lainnya diasumsikan sama dengan penggunaan campuran komposisi yang lama. Harga jual karpet talang dengan menggunakan campuran komposisi bahan baku yang baru dapat dilihat pada Tabel 15.

Tabel 15. Harga jual karpet talang dengan campuran baru

Ukuran	Harga per m
60 cm x 50 m	Rp 3.300
90 cm x 50 m	Rp 4.900
110 cm x 50 m	Rp 6.100

Tantangan dalam Penggunaan Campuran Komposisi Baru

Tantangan dalam penggunaan campuran komposisi yang baru adalah sebagai berikut:

- a. Biaya penggunaan bahan baku meningkat
Biaya penggunaan bahan baku untuk campuran komposisi yang baru mengalami kenaikan hingga 1,92%. Hal ini dikarenakan adanya bahan baku yang digunakan sebagai tambahan yaitu kulit kabel PVC dan memang memiliki harga yang lebih mahal dari jenis bahan baku campuran komposisi yang sebelumnya. Tetapi hasil kualitas yang dihasilkan sebanding dengan biaya yang dikeluarkan. Hasil kualitas yang lebih baik dapat menjadi keunggulan bagi perusahaan dalam persaingan dengan para kompetitor yang juga memproduksi produk karpet talang.
- b. Harga jual produk lebih mahal
Biaya bahan baku yang mahal, pastinya juga mempengaruhi harga jual kepada pembeli menjadi mahal (dapat dilihat pada Tabel 15). Harga produk yang mahal mengakibatkan produk tersebut tidak mudah dijangkau oleh beberapa kalangan pembeli. Tetapi tidak menutup kemungkinan bagi pembeli yang lebih mementingkan kualitas daripada harga.

Tantangan Perusahaan dalam Melakukan *Mechanical Recycling*

Ketika melakukan proses daur ulang secara *mechanical recycling* terdapat beberapa tantangan-tantangan yang telah ditemui oleh peneliti pada perusahaan PT. RJM. Peneliti memberikan masukan dan evaluasi mengenai bagaimana mengantisipasi tantangan-tantangan tersebut.

a. Degradasi masa umur limbah

Semakin lama umur limbah daur ulang tersebut maka semakin rendah pula kualitasnya. Jika limbah tersebut seringkali terkena paparan panas, cahaya, berada di tempat yang lembab, tidak terlindungi (pada area terbuka) menyebabkan kualitas dapat lebih cepat menurun. Berapa besar nilai penurunan kualitas tersebut juga tidak dapat diukur secara detail sehingga menyulitkan dalam menentukan kualitasnya. Saran yang dapat diberikan adalah bahan baku yang diletakkan pada tempat yang terbuka sebaiknya untuk diberikan penutup dapat menggunakan semacam terpal. Yang berguna melindungi bahan baku dari pengaruh lingkungan sekitar (paparan panas, cahaya, dan hujan). Alternatif lainnya perusahaan juga dapat menyediakan tempat yang tertutup yang berguna untuk menyimpan bahan baku tersebut.

b. Kontaminasi campuran dengan zat-zat lain

Adanya kontaminasi campuran dengan zat-zat lain pada limbah plastik seringkali menghambat ketika proses daur ulang dan mempengaruhi hasil akhir produksi. Potensi terkena kontaminasi campuran dengan zat-zat lain dapat dikategorikan cukup sering dijumpai mengingat limbah berasal dari tempat pembuangan dan pada proses pengelolaan tidak dibersihkan dengan cara pencucian. Saran yang dapat diberikan adalah ketika perusahaan sudah melakukan proses penyortiran, maka sebaiknya perusahaan melakukan proses pembersihan dengan cara pencucian. Pencucian dilakukan supaya bahan baku terminimalisir dari kontaminasi zat-zat lain yang cukup sulit untuk dibersihkan jika tidak melalui pencucian.

c. Perbedaan titik lebur (suhu)

Ketika dilakukan proses peleburan, biasanya suhu pada saat proses peleburan diatur pada titik lebur PVC yang tertinggi. Hal ini seringkali mempengaruhi sifat akhir (yang tidak diinginkan) pada produk daur ulang. Ketika pada pemrosesan dijumpai jenis plastik yang tidak teridentifikasi (bukan PVC) dan ikut tercampur dalam pemrosesan yang ternyata memiliki suhu titik lebur yang lebih rendah daripada suhu titik lebur yang telah diatur. Sehingga hal ini mengakibatkan kecacatan produk. Saran yang dapat diberikan adalah metode-metode tambahan yang dijelaskan di subbab berikutnya (metode massa jenis, pembakaran, identifikasi kode atau simbol, dan kelarutan) dapat dipilih

dan diterapkan oleh perusahaan yang berguna dalam hal untuk identifikasi jenis plastik PVC.

Rekomendasi pada Perusahaan Terkait Proses Daur Ulang PVC

Pada subbab ini peneliti akan memberikan saran kepada perusahaan untuk meningkatkan proses daur ulang *polyvinyl chloride* (PVC) yang dilakukan secara *mechanical recycling* tersebut. PT. RJM saat ini masih belum mampu melakukan sortir untuk mengidentifikasi secara baik dan cepat apakah bahan baku mengandung plastik berjenis PVC atau tidak. Limbah plastik yang dikirim oleh *supplier* kemungkinan bisa terdiri dari jenis plastik yang berbeda-beda (bukan PVC).

Untuk mengidentifikasi apakah limbah tersebut mengandung PVC atau tidak biasanya perusahaan melakukan uji pembakaran dengan mengambil beberapa sampel. Hasil pembakaran tersebut akan dilihat apakah sudah sesuai dengan kriteria yang diterapkan oleh perusahaan atau tidak. Namun berdasarkan pernyataan dari perusahaan kriteria-kriteria tersebut masih terbatas serta belum cukup akurat, sehingga diperlukan metode lain untuk mengidentifikasi.

Metode-metode tambahan yang disarankan untuk digunakan dalam hal identifikasi jenis-jenis plastik adalah sebagai berikut:

a. Metode massa jenis

Metode massa jenis dapat digunakan oleh perusahaan untuk mengidentifikasi jenis plastik PVC. Massa jenis untuk PVC yaitu 1,40-1,42 gr/cm³. Peneliti sudah melakukan pengukuran massa jenis bahan baku yang digunakan, hasilnya kulit kabel dari PVC dan karpet talang bekas memiliki massa jenis yang paling mendekati dengan PVC murni.

b. Metode pembakaran

Metode pembakaran dapat digunakan oleh perusahaan dalam hal untuk mengidentifikasi jenis plastik PVC. Yaitu dengan mengamati perubahan-perubahan yang terjadi seperti nyala warna api dan aroma dari hasil pembakaran tersebut. Jenis plastik PVC jika dibakar akan menghasilkan nyala api berwarna kehijauan dan memiliki bau seperti asam *hydrochloric*.

c. Identifikasi kode atau simbol pada plastik

Metode identifikasi kode atau simbol pada plastik dapat juga digunakan oleh perusahaan. Kode atau simbol PVC dapat dilihat pada Gambar 2. Metode ini sangat mudah dilakukan oleh para pekerja jika dibandingkan dengan penggunaan metode yang lainnya. Umumnya jenis plastik PVC dapat ditemui untuk kemasan makanan sekali pakai, botol minuman sekali pakai, kemasan dan peralatan medis, kemasan untuk produk dan tekstil. Dapat dilihat pada Tabel 2.



Gambar 2. Kode atau simbol PVC (Grigorescu *et al.* [4])

d. Kelarutan

Metode uji kelarutan dapat digunakan oleh perusahaan dalam hal untuk identifikasi plastik jenis PVC. Adapun cairan bahan kimia yang digunakan sebagai pelarut adalah *dimethylformamide*, *tetrahydrofuran*, dan *cyclohexanone*. Di dalam melakukan uji tersebut perlu memperhatikan ukuran sampel, semakin kecil ukuran sampel maka semakin cepat larut dan ukuran setiap sampel harus relatif sama. Daftar harga cairan bahan kimia yang dapat dipakai untuk pengujian tersebut dapat dilihat pada Tabel 16.

Tabel 16. Harga cairan bahan kimia

Nama	Harga (Rp)	Ukuran (L)
<i>Dimethylformamide</i>	2.817.000	2,5
<i>Tetrahydrofuran</i>	1.650.000	1
<i>Cyclohexanone</i>	220.000	0,1

Kelebihan dan kekurangan metode-metode tersebut adalah sebagai berikut:

a. Metode massa jenis

Kelebihannya adalah metode yang sangat sederhana, pengukuran yang cepat, sangat berguna untuk mengidentifikasi komponen yang berbeda. Kekurangannya adalah pengukuran yang terbatas umumnya dalam jumlah sampel yang kecil, *human error* (salah perhitungan atau tidak teliti). Tingkat biayanya rendah.

b. Metode pembakaran

Kelebihannya adalah paling mudah dilakukan jika dibandingkan dengan metode yang lainnya. Kekurangannya adalah identifikasi agak sulit dilakukan jika berjenis plastik campuran, memakan waktu, dan beracun. Tingkat biayanya rendah.

c. Metode identifikasi kode atau simbol pada plastik

Kelebihannya adalah proses yang sederhana dan mudah dilakukan oleh semua pekerja. Kekurangannya adalah *human error*, tidak semua produk plastik memiliki kode atau simbol yang tercetak. Tingkat biayanya rendah.

d. Kelarutan

Kelebihannya adalah dapat mengetahui jenis plastik yang larut dan tidak larut secara bersamaan.

Kekurangannya adalah memakan waktu, beracun, diperlukan peralatan tambahan jika dalam kebutuhan skala yang tinggi. Tingkat biayanya tinggi.

Simpulan

PT. RJM merupakan sebuah perusahaan yang bergerak dibidang manufaktur karpet talang air berbahan baku plastik daur ulang berjenis *polyvinyl chloride* (PVC). Saat ini perusahaan melakukan pengembangan pada campuran komposisi bahan baku baru yaitu dengan penambahan alternatif bahan baku lain. Hal ini bertujuan, supaya produk yang dihasilkan memiliki kualitas yang lebih baik dari sebelumnya.

Bahan baku tambahan yang diusulkan oleh peneliti adalah kulit kabel dari PVC. Dari hasil perbandingan Tabel 6 hingga Tabel 8, diketahui bahwa dengan penambahan bahan baku baru ini dapat mempengaruhi hasil kualitas produk karpet talang menjadi lebih baik. Jumlah lubang menurun 47,5% dari 183 lubang menjadi 96 lubang dan kekuatan karpet meningkat.

Penggunaan campuran komposisi bahan baku yang baru memiliki tantangan yaitu biaya bahan baku mengalami peningkatan hingga 1,92% dan harga jual karpet talang menjadi lebih mahal dapat dilihat pada Tabel 15. Tantangan perusahaan dalam pengolahan secara *mechanical recycling* adalah degradasi masa umur limbah, kontaminasi campuran dengan zat-zat lain, perbedaan titik lebur (suhu). Metode-metode tambahan yang dapat diaplikasikan oleh perusahaan untuk identifikasi jenis-jenis plastik ketika proses penyortiran adalah metode massa jenis, metode pembakaran, identifikasi kode atau simbol pada plastik, dan metode kelarutan.

Daftar Pustaka

1. Grigore, M. E. *Methods of Recycling Properties and Applications of Recycled Thermoplastics Polymers* (2nd ed.). ICECHIM, Romania, 2017.
2. Ragaert, K., & Delva, L. *Mechanical and Chemical Recycling of Solid Plastic Waste*. Ghent University, Belgium, 2017.
3. Delva, L., Demets, R., Kuzmanovic, M., & Hubo, S. *An Introductory Review Mechanical Recycling of Polymers for Dummies*. Ghent University, Belgium, 2019.
4. Grigorescu, R. M., Grigore, M. E., Iancu, L., Ghioca, P., & Ion, M. R. *Waste Electrical and Electronic Equipment A Review on The Identification Methods or Polymeric Materials* (4th ed.). ICECHIM, Romania, 2019.