

## Konservasi Nilai Material dalam Konteks Remanufaktur Sepatu Rem

Alfiandi Priantoso<sup>\*1)</sup>, Djoko S. Gabriel<sup>\*2)</sup>, Rachmat Nurcahyo<sup>\*3)</sup>

<sup>1,2,3)</sup>Departemen Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, Depok, 16424, Indonesia  
Email: alfian.priantoso@gmail.com, dsihono@gmail.com, rahmat@eng.ui.ac.id

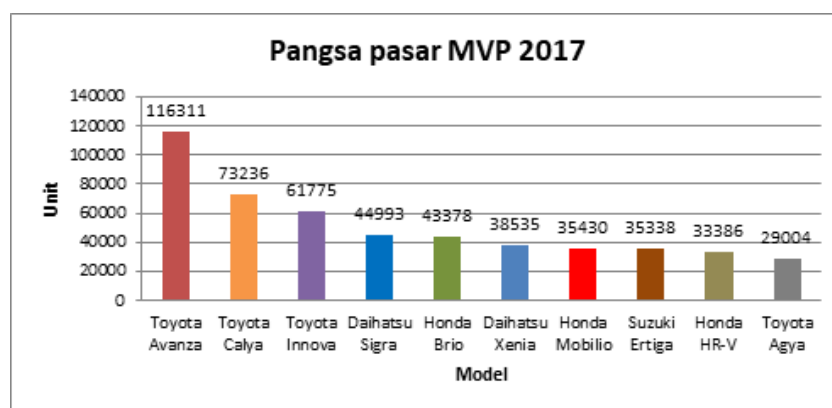
### ABSTRAK

Industri otomotif Indonesia telah berkembang pesat dan menjadi pilar penting dalam sektor manufaktur negara, terutama dalam sektor industri kendaraan penumpang. Baiknya kualitas suatu kendaraan ditunjang oleh komponen yang saling bekerja sama agar mampu menggerakkan kendaraan secara optimal. Sepatu rem merupakan salah satu komponen keselamatan pada kendaraan yang memiliki fungsi untuk memperlambat dan menghentikan laju kendaraan. Pada produk sepatu rem bagian yang habis hanyalah kampasnya saja sedangkan bagian material logamnya atau plat-nya terbuang secara percuma. Hal ini membuat plat sisa sepatu rem mengalami penurunan nilai sebesar 95% dari kondisi barunya. Remanufaktur membawa produk yang telah digunakan ke dalam keadaan fungsional semula dengan garansi penggunaan material produk sesuai dengan spesifikasi dan standard nya, serta diharapkan dapat meningkatkan efisiensi material yang digunakan dalam tahapan produksi. Maka berdasarkan permasalahan tersebut peneliti melakukan pelepasan dan remanufaktur plat sepatu rem melalui pendekatan logistik membalik guna meningkatkan nilai sisa material logam sepatu rem sehingga dapat mengurangi biaya produksi. Dengan menggunakan pendekatan logistik membalik pada metode remanufaktur, material sisa plat sepatu rem dapat dikembalikan ke kondisi barunya sehingga mengurangi biaya produksi sebesar 80%.

**Kata kunci:** Konservasi, Logistik Membalik, Nilai, Remanufaktur, Sepatu rem.

### 1. Pendahuluan

Industri otomotif Indonesia telah berkembang pesat dan menjadi sebuah pilar penting dalam sektor manufaktur negara ini. Banyaknya perusahaan kendaraan roda empat terkemuka di dunia mendirikan pabrik manufaktur untuk melakukan ekspansi dan meningkatkan kapasitas produksinya di Indonesia yang merupakan salah satu negara dengan ekonomi terbesar di Asia Tenggara. Sehingga Indonesia mengalami transisi yang luar biasa karena tidak hanya menjadi tempat produksi kendaraan untuk melainkan menjadi pasar penjualan domestik yang besar.



**Gambar 1.** Grafik pangsa pasar MVP 2017

Sumber: diolah dari data Gaikindo.

Dalam era kompetisi, ketatnya persaingan antar perusahaan otomotif membuat mereka memfokuskan perhatian mereka kepada pengelolaan logistik sebagai strategi peningkatan keunggulan kompetitif perusahaan. Selain itu mereka juga berupaya untuk meningkatkan kualitas dari produk mereka agar dapat mempertahankan pangsa pasarnya. Baiknya kualitas suatu kendaraan ditunjang oleh komponen yang saling bekerja sama agar mampu menggerakkan kendaraan secara optimal. Salah satu komponen pada kendaraan yang membuat pengendara aman adalah sistem rem.

Rem berfungsi untuk memperlambat dan menghentikan laju kendaraan (Pal dkk., 2017). Sehingga dapat dikatakan bahwa rem merupakan suatu piranti keselamatan saat berkendara (Surblys, 2015; Lu, 2016). Salah satu jenis rem yang umum digunakan pada kendaraan adalah sepatu rem (*brake shoe*).

Pada produk sepatu rem bagian yang habis hanyalah bagian liner atau kampasnya saja sedangkan bagian material logamnya atau plat-nya masih dapat dimanfaatkan kembali. Untuk itu perlu dilakukan suatu langkah untuk peningkatan nilai material agar logam atau plat tersebut kembali bernilai, salah satunya dengan metode re-use dan remanufaktur menggunakan metode pendekatan logistik membalik.

Riset ini dimaksudkan untuk mencari dan menelusuri alternatif pemanfaatan sepatu rem sisa pakai untuk tujuan komersial dan melakukan peningkatan atau pemanfaatan kembali nilai guna dengan cara penggunaan kembali dan remanufaktur agar mampu memberi nilai (*value*) sebagai material yang layak di gunakan kembali dan layak jual. Rem sisa pakai yang menjadi sampah dikarenakan tidak termanfaatkan dengan baik akan berdampak pada pencemaran lingkungan. Berdasarkan hasil The Rio Declaration (1992) jelas bahwa menyeimbangkan pembangunan ekonomi dan sosial dengan perlindungan lingkungan merupakan tantangan utama dalam menjamin keberlanjutan jangka panjang.

## **2. Kerangka Teoritis**

### **2.1. Remanufaktur**

Remanufaktur adalah proses mengembalikan suatu komponen dari produk yang telah mencapai masa akhir pakainya ke keadaan fungsional yang seperti baru dengan garansi yang sesuai, dapat menguntungkan dan tidak berbahaya bagi lingkungan (Ijomah dkk., 2007) melalui proses pembersihan, pembongkaran, inspeksi dan perakitan tertentu (Arnette dkk., 2014; Fegade dkk., 2015). Remanufaktur berfungsi untuk meminimalkan kebutuhan akan material mentah untuk memproduksi produk baru, serta dapat menghemat biaya, dan berkontribusi positif terhadap lingkungan karena dapat mengurangi limbah. Dengan adanya pengurangan biaya produksi akibat proses remanufaktur dapat meningkatkan keuntungan bagi produsen.

Dengan mempertimbangkan kondisi ekonomis remanufaktur memiliki dua aspek, pertama adalah peralatan yang digunakan untuk melakukan proses eksploitasi dan preservasi dan lainnya adalah peralatan yang digunakan untuk melakukan proses remanufaktur (Fegade dkk., 2015).

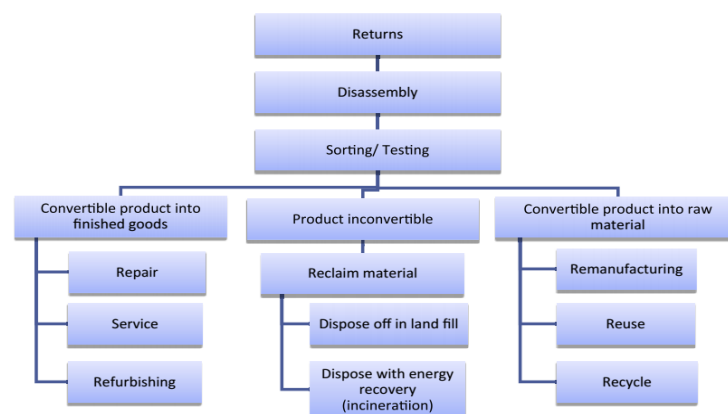
### **2.2. Penggunaan Kembali (*Re-use*)**

Penggunaan kembali merupakan proses di mana seluruh produk atau bagian dari seluruh produk digunakan lagi. Untuk itu, dalam meningkatkan status penggunaan ulang produk adalah dengan melakukan beberapa hal berikut:

1. *Refurbishment* – penggunaan kembali produk yang sudah tidak memenuhi standard setelah melalui proses pengecekan oleh produsen atau pemegang merek. Pada proses ini bahan daur ulang dibawa ke pabrik peleburan sebagai bahan baku dan merupakan input kedalam sistem manufaktur untuk diproses dan menghasilkan produk baru (Liu dkk., 2002).
2. *Repair* – penggunaan kembali produk yang sudah tidak memenuhi standard setelah melalui proses pengecekan oleh pihak luar selain produsen resminya.
3. *Redeployment and cannibalisation* – mengganti dengan bagian lain.

### 2.3. Logistik Membalik

Logistik membalik dapat didefinisikan sebagai proses perencanaan, pengimplementasian, dan pengendalian secara efisien yang berkaitan dengan bahan baku, barang setengah jadi dan barang jadi, serta informasi yang terkait, yang bertujuan menciptakan nilai dan pengendalian pembuangan produk atau barang secara tepat dengan biaya yang efektif dan efisien. Rogers dan Tibben-Lembke (1999) mendefinisikan logistik membalik sebagai, “Proses perencanaan, implementasi dan pengendalian aliran bahan baku, barang jadi dan informasi secara efisien dan efektif dari titik konsumsi ke titik produksi untuk tujuan meningkatkan kembali nilai guna produk”. Logistik membalik mengacu kepada prosedur yang terkait dalam proses pengembalian produk, perbaikan, pemeliharaan, daur ulang, dan pembongkaran untuk produk dan bahan (Dat dkk., 2011).



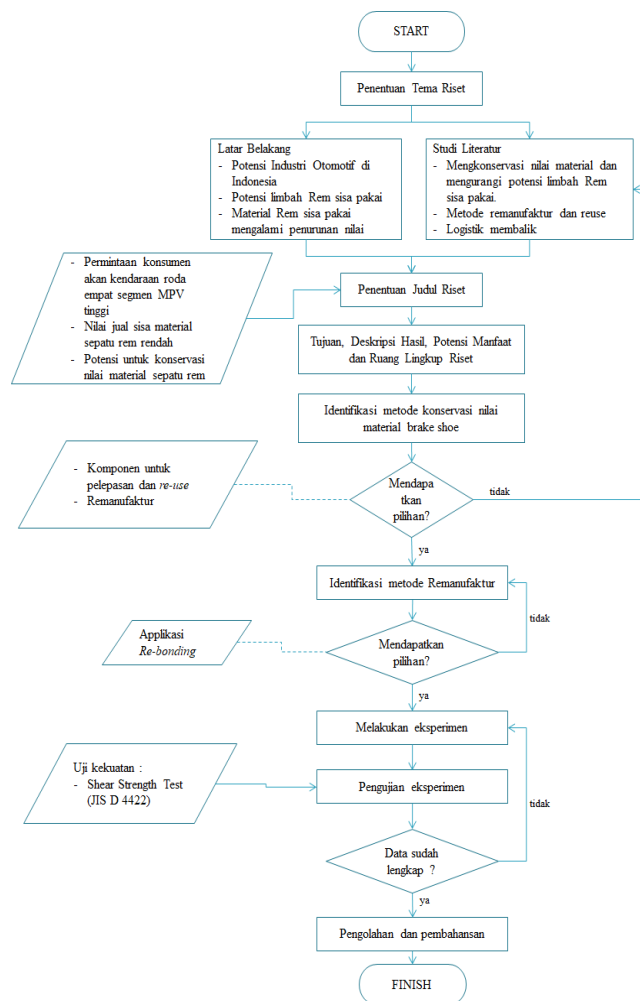
**Gambar 2.** Struktur Logistik Membalik

Sumber: Prajapati et al., 2018

## 3. Metode Penelitian

### 3.1. Alur Penelitian

Alur penelitian yang dijalankan adalah sebagai berikut:



**Gambar 3.** Skema Alur Penelitian

### 3.2. Objek, Waktu dan Tempat Penelitian

Objek penelitian ini adalah sepatu rem untuk kendaraan penumpang tipe MPV (*multi purpose vehicle*) merek Toyota Avanza dengan material plat sepatu rem baja jenis SS400. Melalui tahapan pembongkaran sepatu rem sisa pakai, komponen plat sepatu rem dengan kampasnya dipisahkan.

Eksperimen dilakukan menggunakan sisa plat sepatu rem yang telah dipisahkan kemudian digunakan kembali untuk produksi ulang sesuai dengan standar OEM (*original equipment manufacturer*).

Pengambilan data dilakukan selama periode waktu Oktober 2017 s/d Desember 2017 yang dilakukan di pabrik asal pembuatan sepatu rem (PT. AAIJ). Barang uji sepatu rem diperoleh melalui metode penggunaan ulang (*re-use*) dan remanufaktur dengan pendekatan logistik membalik. Pengujian barang uji dilakukan dengan dua metode :

1. Uji kekuatan tegangan, mengacu kepada standar JIS D 4422 tentang prosedur uji kekuatan tegangan geser untuk produk sepatu rem.
2. Uji jalan dengan total jarak tempu 60Km dengan kecepatan rata-rata 50 Km/Jam dan
3. kecepatan maksimum 120 Km/Jam.

### 3.3. Identifikasi Produk

Secara umum, proses identifikasi Sepatu Rem dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu :

1. Identifikasi bagian-bagian pada produk sepatu rem melalui observasi dan studi literatur.
2. Percobaan pelepasan bagian plat sepatu rem dengan bagian kampas sepatu rem.
3. Identifikasi kelayakan plat sepatu rem untuk dilakukan proses remanufaktur.

#### 3.4. Identifikasi Kriteria Remanufaktur

Penentuan kriteria produk yang cocok untuk di lakukan proses remanufaktur:

1. Melibatkan teknologi yang akan bertahan lama. Komponen yang akan dipilih untuk dilakukan eksperimen haruslah barang konsumsi yang tidak habis terpakai setelah masa gunanya serta tidak mengalami pengolahan lebih lanjut oleh pembelinya.
2. Memiliki nilai material yang tinggi dan biaya produksi yang tidak lebih mahal dari produk barunya. Total biaya yang timbul akibat proses remanufaktur tidak boleh melebihi harga dari pembelian material baru. Hal ini bertujuan untuk memberikan profit terhadap perusahaan.
3. Mudah untuk dikumpulkan dan dikirim. Hal ini perlu dipertimbangkan untuk menjaga keberlangsungan suplai waste material yang nantinya akan dilakukan proses remanufaktur.
4. Mengandung inti material yang tahan lama yang dapat digunakan kembali berkali-kali.
5. Dapat dibongkar menjadi bagian komponen.

#### 3.5. Pembuatan Produk Remanufaktur Sepatu Rem

Plat sepatu rem dicekam menggunakan ragum kemudian lining dilepaskan menggunakan pahat berukuran 1 ¼ inch. Setelah bagian kampas rem terlepas dari plat rem, selanjutnya dilakukan proses *grinding* dengan mesin *grinding* meja untuk menghaluskan permukaan dan menghilangkan sisa kampas pada plat sepatu rem. Pada proses ini masing-masing plat rem dan kampas di lapiasi dengan material perekat (adhesive) menggunakan perekat jenis Hamatite PL-605-50-LV-UN pada sisi nya. Setelah itu plat rem dan kampas direkatkan dan ditahan menggunakan JIG penahan dengan tekanan 180Kgf/Cm<sup>2</sup>. Part yang telah di satukan menggunakan JIG penahan dimasukkan kedalam oven untuk dipanaskan agar material perekat melekat dengan sempurna. Proses oven dilakukan selama 1 jam 15 menit dengan suhu 220°C.



**Gambar 4.** (a) Sepatu Rem Remanufaktur (b) Waste Sepatu Rem

#### 3.6. Pengujian Produk

Proses pengujian dilaksanakan untuk menguji apakah sepatu rem yang telah dibuat dapat beroperasi sesuai dengan fungsinya dan memenuhi kriteria standar spesifikasi produk. Pengujian dilakukan menggunakan alat uji kekuatan mengacu kepada standard JIS D 4422 menggunakan

sample 20 unit sepatu rem untuk diambil data. serta secara aktual dengan pemasangan produk pada kendaraan sebanyak 4 unit sepatu rem untuk dilakukan uji jalan. Proses pengujian di lakukan secara paralel karena metode uji bersifat destruktif.

#### 4. Hasil dan Pembahasan

##### 4.1. Hasil Observasi dan Wawancara Perusahaan

**Tabel 1.** Biaya Proses Regular dan Remanufaktur Plat Sepatu Rem

No	Item	Regular Proses (Rp/pc)	Metode Remanufaktur (Rp/pc)
1	Material	<i>Friction Material</i>	Rp40.230
2		<i>Steel</i>	Rp16.011
3		<i>Steel (Waste Plat Brake)</i>	Rp750
4	Proses	<i>Casting</i>	
5		<i>Stamping</i>	Rp2.413
6		<i>Plating</i>	
7		<i>Painting</i>	
8		<i>Welding</i>	Rp9.985
9		<i>Disassy</i>	Rp2.000
10		<i>Grinding</i>	Rp3.000
	Total Biaya		Rp68.639
			Rp45.980

Sumber: Data hasil observasi perusahaan

Untuk harga material regular proses saat ini sebesar Rp. 68.639 sedangkan dengan metode remanufaktur dapat direduksi menjadi Rp. 45980. Hal ini disebabkan pada regular proses biaya material untuk plat sepatu rem baru jauh lebih mahal yaitu Rp. 16.011 dimana jika menggunakan sisa plat biayanya Rp. 750. Selain itu untuk menghasilkan plate sepatu rem dengan proses regular diperlukan proses pembentukan material baja melalui proses pengerjaan pelat untuk menghasilkan profil plat sepatu rem sesuai yang diinginkan dan kemudian proses penggabungan melalui pengelasan. Total biaya proses untuk pengerjaan tersebut sebesar Rp. 12.398. Pada proses remanufaktur biaya yang dibutuhkan untuk proses pelepasan material melalui pelepasan dan penggerindaan sebesar Rp. 5000.

**Tabel 2.** Komparasi Nilai Jual Material Plat Rem Baru vs Plat Rem Bekas

	Berat (Kg)	Harga Satuan		Total Harga/Unit	Produksi/Bulan (Unit)	Nilai Jual Material / Bulan
		Unit	Kg			
Plat Sepatu Rem Baru (Steel Plate)	0,3	Rp16.011,00	-	Rp16.011	38770	Rp620.746.470
Plat Sepatu Rem Bekas (Waste)	0,3	-	Rp2.500,00	Rp750	38770	Rp29.077.500
Penurunan Nilai Sisa Sepatu Rem						Rp591.668.970

	95%
--	-----

Sumber: Data hasil observasi perusahaan

Dengan melakukan pemanfaatan kembali plat sisa sepatu rem untuk proses remanufaktur nilai guna materialnya dapat dikonservasi, sehingga penurunan nilai sebesar 95% yang terjadi akibat proses daur ulang plat baja sepatu rem dapat dihindari.

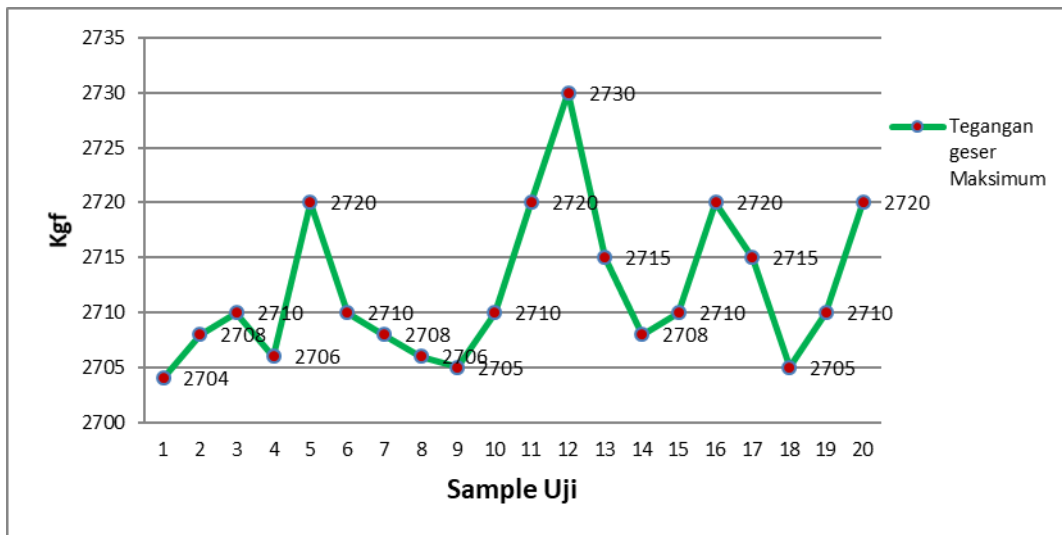
**Tabel 3.** Perbandingan Biaya Regular Proses dan Remanufaktur Plat Sepatu Rem

Plat Sepatu Rem	Produksi Bulanan			
	Jumlah Produksi (Unit)	Harga Material Plat Baja	Biaya Proses	Total Biaya Direct Material
Regular Proses	38.772	Rp 16.011	Rp 12.398	Rp 1.101.473.748
Remanufaktur Waste	38.772	Rp 750	Rp 5.000	Rp 222.939.000
<i>Cost Reduction</i>				Rp 878.534.748
				80%

Sumber: Data hasil observasi perusahaan

Dengan adanya proses remanufaktur beberapa tahapan proses yang ada pada proses regular seperti proses stamping dan pengelasan dapat dihilangkan dikarenakan material steel berasal dari plat sisa pakai yang sudah melalui tahapan proses tersebut sebelumnya sehingga biaya direct material perusahaan dapat direduksi hingga 80%.

#### 4.2. Hasil Uji Tegangan Geser Remanufaktur Sepatu Rem



**Gambar 5.** Grafik Hasil Uji Tegangan Geser.

Dari hasil pengujian yang mengacu kepada JIS D 4422 hasil tegangan geser minimum dan maksimumnya berada pada nilai 2704 Kg dan 2730 Kg. Berdasarkan standar OEM (*Original Equipment Manufacturer*) untuk kekuatan tegangan geser sepatu rem kendaraan penumpang, minimum nilai tegangan gesernya berada pada 2500 Kg. Hal ini membuktikan bahwa nilai hasil uji tersebut memenuhi kriteria standar pabrik sehingga *waste* plat sepatu rem tersebut layak untuk remanufaktur.

#### 4.3. Hasil Uji Jalan Remanufaktur Sepatu Rem

Uji jalan dilakukan dengan pemasangan sample sepatu rem hasil remanufaktur sebanyak 4pcs (1set) pada kendaraan. Rute yang ditempuh adalah Parung-Sentul melalui Jalan Jakarta Bogor hingga Jalan Tol Lingkar Luar Bogor. Rute tersebut dipilih karena dianggap mewakili medan pengujian. Total jarak tempu 60Km dengan kecepatan rata-rata 50 Km/Jam dan kecepatan maksimum 120 Km/Jam. Metode pengereman dikondisikan sesuai dengan pemakaian normal.



**Gambar 6.** (a) Pemasangan Rem Sepatu Remanufaktur Pada Kendaraan Uji, (b) Uji Kecepatan Maksimum (120 Km/Jam)



## 5. Kesimpulan

Riset ini merupakan perluasan dari konsep “*Material Value Conservation*” yang sudah terlebih dulu diperkenalkan oleh Gabriel pada tahun 2016. Fungsi utama riset ini adalah memaksimalkan nilai material sisa (*waste*) dengan cara penggunaan kembali (*re-use*) melalui proses remanufaktur dengan pendekatan logistik membalik serta mengurangi potensi limbah jika sisa produk tidak dimanfaatkan dengan baik.

Dalam upaya konservasinya, dimensi nilai material dalam riset ini lebih ditekankan kepada nilai guna yang dapat dirasakan oleh para pelaku yang terlibat dari proses produksi. Pada tingkat produsen atau perusahaan manufaktur nilai guna sisa produk meningkat melalui rasio harga produk bekas dengan produk baru. Hal ini beimbis kepada biaya perolehan material yang dapat dikurangi apabila menggunakan material sisa sesuai dengan prinsip remanufaktur, penggunaan kembali dan logistik membalik. Pada akhirnya, dengan adanya pengurangan pada biaya perolehan material, dan biaya lainnya, maka penghasilan bersih perusahaan akan meningkat, yang mengarah kepada peningkatan margin keuntungan. Remanufaktur plat sepatu rem dapat meningkatkan keuntungan perusahaan sebesar dengan mereduksi biaya pembelian material sebesar 80%.

Hasil dari remanufaktur menunjukkan bahwa penggunaan material plat sepatu rem secara efektif aman dan layak produksi serta dapat meningkatkan nilai guna *waste* sepatu rem.

*Prototype* dari riset ini memiliki potensi untuk diterapkan pada jenis sepatu rem lainnya dengan tipe metode perekatan (*bonding*) menggunakan adhesive. Karena terdapat jenis – jenis sepatu rem lainnya, yang secara disain sama dengan sepatu rem dalam riset ini. Dukungan dari perusahaan manufaktur diharapkan dalam penerapan hasil riset ini.

## Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak pelaku industri yang turut membantu dalam penelitian ini, serta kepada pembimbing yang memberikan dukungan dan masukan konstruktif dalam penyusunan naskah penelitian ini.

## Daftar Pustaka

- \_\_\_\_\_. *The Rio Declaration on Environment and Development*. (1992). Rio de Janeiro: The United Nations Conference on Environment and Development.
- Arnette, A.N., Brewer, B.L., Choal, T. (2014). Design for sustainability (DFS): the intersection of supply chain and environment . *Journal of Cleaner Production*, 374-390.
- Dat, L. Q., Linh, D. T. T., Chou, S. Y., Yu, V. F. (2011). Optimizing reverse logistic costs for recycling end-of-life electrical and electronic products. *Expert Systems with Applications*. 6380–6387.
- Fegade, V., Shrivatsava, R. L., Kale, A. V. (2015). Design for Remanufacturing: Method and Their Approaches. *Materials Today: Proceedings 2*. 1849 – 1858.
- Ijomah, W.L., McMahon, C.A., Hammond, G.P., Newman, S. T. (2007). Development of design for remanufacturing guidelines to support sustainable manufacturing. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 712-719.

- Liu, Z. F., Liu, X. P., Wang, S. W., Liu, G. F. (2002). Recycling strategy and a recyclability assessment model based on an artificial neural network. *Journal of Materials Processing Technology*. 500–506.
- Lu, H., Yu, D. (2016). Optimization design of a disc brake system with hybrid uncertainties. *Advances in Engineering Software*, 112–122.
- Pal, S., Reddy, M., Saha, S., Sharma, A. (2017). Design and Develop A Novel Brake Lighting Mechanism for Intensity of Braking: Automobile Applications. *Proceedings 5*, 13069-13078.
- Prajapati, H., Kant, R., Shankar, R. (2018). Bequeath life to death: State-of-art review on reverse logistics. *Journal of Cleaner Production*. 503-520.
- Rogers, D. S.& Tibben-Lembke, R. S. (1998). *Going backwards: Reverse logistics trends and practices*. The University of Nevada, Reno, Center for Logistics Management. Pittsburgh, PA: Reverse Logistics Executive Council.
- Surblys, V., Sokolovskij, E. (2016). Research of Vehicle Brake Testing Efficiency. *Procedia Engineering*, 452-458.