

PERANCANGAN ULANG BAK PENAMPUNG BAHAN BAKU PAKAN TERNAK MENGGUNAKAN METODE *REVERSE ENGINEERING* UNTUK MENGURANGI RISIKO KECELAKAAN KERJA

REDESIGN OF ANIMAL FEED RAW MATERIAL CONTAINER USING REVERSE ENGINEERING METHOD TO REDUCE WORK ACCIDENT RISKS

Naufal Al Hadid¹, Agus Kusnayat², Mira Rahayu³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Telkom

¹naufalalhadid04@gmail.com, ²aguskusnayat17@gmail.com, ³mira.rahayu82@gmail.com

Abstrak

CV. Kembar Mekar, Ciparay, Bandung, merupakan perusahaan menengah yang bergerak dibidang produksi pakan ternak berkualitas di Indonesia. Pada proses pengolahan pakan ternak terdapat proses penggilingan yang menggunakan mesin *hammer mill*. Di bagian atas mesin *hammer mill* dibutuhkan bak penampung yang dilengkapi dengan lubang *input* yang digunakan untuk menampung bahan baku yang akan dialirkan ke lubang tersebut. Kemudian berdasarkan observasi yang dilakukan oleh peneliti, terdapat hal penting yang jadi akar permasalahan penelitian ini, yakni terdapat banyaknya potensi bahaya pada bak penampung bahan baku dikarenakan dengan adanya desain yang kurang aman yang ditunjukkan oleh hasil *risk analysis* dengan nilai RAC yang tinggi yaitu 2 (serius), dan 3 (sedang). Tujuan dari penelitian ini adalah memberikan usulan perancangan bak penampung bahan baku untuk mengurangi risiko kecelakaan kerja tersebut sehingga nilai RAC berkurang menjadi 3 – 5. Perancangan ulang ini menggunakan metode *reverse engineering* karena cocok untuk melakukan perancangan ulang dari produk eksisting. Tujuan telah dicapai dengan membuat bak penampung usulan yang di dalamnya terdapat perubahan-perubahan desain yang dapat mengurangi potensi bahaya berdasarkan *risk analysis* sebelumnya sehingga hasil *risk analysis* yang baru mendapat nilai RAC yang lebih rendah yaitu 3 (sedang), dan 4 (kecil).

Kata kunci : *Risk analysis, reverse engineering, hammer mill, RAC, REBA, RWL*

Abstract

CV. Kembar Mekar, Ciparay, Bandung, is a medium company engaged in the production of quality livestock feed in Indonesia. In the process of feed processing there was a grinding process that uses a hammer mill machine. At the top of the hammer mill machine needs a container tub equipped with an input hole used to accommodate raw materials to be poured into the hole. Then based on observations made by the researchers, there were important things that become the root of this research problem, that there were many potential hazards in the container of raw materials due to the less safe design shown by the results of risk analysis with a high RAC value that was 2 (serious), and 3 (medium). The purpose of this research is to propose the design of the container to reduce the risk of the work accident so that the RAC value is reduced to 3 - 5. This redesign uses reverse engineering method because it is suitable to redesign the existing product. The objectives have been achieved by creating a proposed container in which there are design changes that can reduce the potential hazard based on prior risk analysis so that the new risk analysis results get lower RAC values of 3 (medium), and 4 (small).

Keywords : *Risk analysis, reverse engineering, hammer mill, RAC, REBA, RWL*

1. Pendahuluan

CV. Kembar Mekar, Ciparay – Bandung, merupakan perusahaan menengah yang bergerak dibidang produksi pakan ternak berkualitas di Indonesia. Perusahaan ini sudah memiliki konsumen tetap disekitar Jawa Barat dan Jakarta. Pakan ternak yang dihasilkan oleh CV. Kembar Mekar yaitu jenis dari bahan Kulit Kopi, Sisa Pengolahan Sawit, dan Bungkil Klenteng. Semua Pakan ternak diproduksi tergantung permintaan dari konsumen atau pasar yang membutuhkan. Pabrik ini memproduksi selama 7 Jam setiap hari senin sampai sabtu dikarenakan jumlah pekerja dan mesin yang kurang memadai. Pada proses pengolahan Pakan ternak di CV. Kembar Mekar, terdapat beberapa proses yang harus dilalui. Berikut adalah alur proses produksi yang dapat dilihat Gambar I.1:



Gambar 1 Flowchart Proses Produksi (Sumber: CV. Kembar Mekar)

Kemudian berdasarkan observasi yang dilakukan oleh peneliti, ada poin penting yang jadi akar permasalahan penelitian ini, yaitu terdapat banyaknya potensi bahaya pada Bak Penampung Bahan Baku tersebut dikarenakan desain yang kurang aman. Terdapat sejarah perusahaan bahwa pernah terjadi kecelakaan yang menyebabkan pekerja tidak dapat bekerja kembali dikarenakan jatuh ke lubang *input* dari mesin *hammer mill*. Selain kecelakaan tersebut masih terdapat potensi bahaya lainnya yang disajikan pada tabel *Risk Analysis* berikut ini:

Tabel 1 *Risk Analysis*

Lokasi	Jenis Bahaya	Potensi Bahaya	Potensi Resiko Bahaya	Severit	Probabl	RAC	Kategori Bahaya
Bak Penampungan	Bahaya Mekanis	Memasukan bahan baku ke Mesin <i>Hammer Mill</i>	Kaki terperosok, kemudian terkena pisau <i>Hammer Mill</i> (Data CV. Kembar Mekar)	I	C	2	Mengancam
		Kapasitas Penampungan Bahan Baku	Bak Penampung ambruk (Desain Eksisting menggunakan material kayu dan menyimpan sampai dengan 15.000 kg)	I	C	2	Mengancam
		Menaiki Bak Penampung	Terpeleset karena licin dan berdebu kemiringan tangga 40°	III	B	3	Sedang
	Bahaya Ergonomis	Postur Pekerja	Nyeri di bagian tubuh tertentu	III	A	2	Mengancam

Pada tabel terdapat dua jenis bahaya yang dianalisis yaitu Bahaya Mekanis dan Bahaya Ergonomis karena menunjukkan potensi bahaya yang disebabkan dari segi desain atau rancangan bak penampungan eksisting. *Risk analysis* beserta penjelasan teorinya dilakukan pada lembar lampiran yang dapat dilihat pada Lampiran A. Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai RAC yaitu hasil kombinasi dari *severity* dan *probablity* yang ditunjukkan pada empat poin potensi bahaya tersebut yaitu bernilai 2 dan 3, menunjukkan bahwa masalah tersebut serius atau mengancam untuk nilai 2, dan sedang untuk nilai 3.

Kemudian untuk bahaya ergonomis, postur pekerja pada bak penampungan memiliki postur yang dapat menyebabkan *muskuloskeletal disorder* yang dikarenakan desain dan *layout* dari stasiun penggilingan tersebut. Hal ini dapat dibuktikan dengan Gambar 2 untuk postur dengan aktivitas memasukan bahan baku ke Mesin. Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa postur perkerja pada bak penampung telah dianalisis menggunakan analisis REBA (*Rapid Entire Body Assesment*) dan mendapat skor 9 yang berarti postur tersebut mempunyai resiko yang tinggi dan perlu ditinjau serta menerapkan perubahan segera.



Gambar 2 Postur Pekerja pada Bak Penampung (Sumber: Lantai Produksi CV. Kembar Mekar)

Kemudian pada saat pengangkutan (pemindahan) bahan baku dari bawah ke atas bak penampung juga dapat menyebabkan MSDs (*muskuloskeletal disorder*). Evaluasi RWL (*Recommended Weight Lifting*) diperlukan untuk mengetahui berat yang direkomendasikan dan juga *lifting index* yang berguna untuk mengetahui seberapa besar risiko MSDs pada aktivitas pengangkutan bahan baku ke atas bak. Metode NIOSH dapat digunakan untuk menghitung RWL atau berat pengangkatan yang direkomendasikan. Perhitungan RWL membutuhkan perbandingan dua titik posisi yang dianalisis, yaitu titik *origin* dan *destination*. Titik *origin* adalah awal dimana pekerja mengambil dan mengangkat karung bahan baku dari material handling yang berada dibawah, sedangkan titik *destination* adalah titik akhir dimana pekerja mengarahkan karung bahan baku pada tempat penampungan akhir bahan baku (pada saat mengangkat). Berikut adalah titik *origin* dan titik *destination* pada aktivitas pemindahan karung bahan baku yang divisualisasikan pada *virtual environment*.

Pada hasil perhitungan RWL pengangkutan karung bahan baku, rekomendasi berat maksimum yang aman untuk diangkat adalah sebesar 4.141 kg. Untuk *lifting index* sebesar 12.074 menunjukkan nilai lebih dari 1, yang menunjukkan bahwa pengangkut memiliki risiko cedera pada pekerja.

Berdasarkan faktor-faktor tersebut, dapat disimpulkan bahwa perlu dilakukan usulan perbaikan sistem kerja dengan merancang ulang bak penampungan bahan baku pakan ternak pada stasiun kerja penggilingan untuk mengurangi risiko kecelakaan kerja berdasarkan *risk analysis* yang telah dilakukan.

2. Dasar Teori/Material dan Metodologi/perancangan

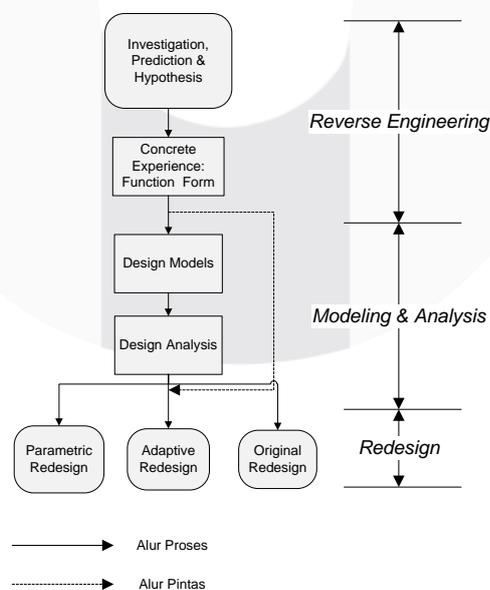
2.1 Reverse Engineering and Redesign Methodology

Pendekatan *Reverse Engineering and Redesign Methodology* adalah salah satu pendekatan untuk mengembangkan produk khususnya untuk melakukan perancangan ulang sebuah produk. Dalam prosesnya dibutuhkan informasi dasar dari produk untuk menentukan jalur perkembangan yang berupa fungsi, sub-fungsi, ataupun komponen produk.

Metode ini berfokus pada tahapan proses yang dibutuhkan untuk memahami dan menggambarkan produk terdahulu (Otto & Wood, 1998). Cakupan utama reverse engineering adalah melakukan produksi ulang obyek yang sudah ada dengan menganalisis dimensi, fitur, bentuk dan sifat sehingga data dan informasi yang dikumpulkan harus diubah menjadi pengetahuan produk yang berkaitan di tingkat sistem, perwujudan, dan detail (Tang, Zhu, & Xu, 2010).

Target utama metode ini adalah mengembangkan produk baru untuk menekan pasar sebelumnya sehingga produk dapat dilihat dari pandangan baru. Pengaplikasian metode ini pada perancangan ulang dan pengembangan bak penampung eksisting sesuai target utama tersebut adalah produk baru yang menekan produk eksisting atau produk sebelumnya dengan pertimbangan *user needs* dari pengalaman penggunaan dan kelemahan produk eksisting.

Pendekatan ini memiliki tiga tahapan secara garis besar yaitu *reverse engineering*, *modeling & analysis*, dan *redesign*. Berikut adalah *framework* dari *Reverse Engineering and Redesign Methodology* yang ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3 Reverse engineering and redesign methodology framework

Tiga tahapan besar pada *Reverse Engineering and Redesign Methodology* seperti yang ditunjukkan pada gambar, yaitu yang pertama *reverse engineering* yang merupakan tahapan untuk melakukan pembongkaran part

atau *disassembly* pada bak penampung bahan baku eksisting dan juga tahap identifikasi *user needs*. Selanjutnya adalah tahap *modeling & analysis* yang merupakan tahapan perancangan model dari konsep terpilih dari konsep-konsep alternative sesuai dengan spesifikasi teknis produk. Kemudian tahap *redesign* yang merupakan tahap untuk melakukan perancangan ulang terhadap bak penampung eksisting.

2.1.1 *Reverse Engineering: Investigasi, Prediksi, dan Hipotesis*

Investigasi dan prediksi merupakan tahapan awal dalam pendekatan reverse engineering dengan tujuan untuk memperjelas sistem pengembangan bak penampung bahan baku, kemudian mengidentifikasi *user needs*, dan melakukan prediksi fungsi dari produk dan prediksi input-output produk. Tahapan-tahapan pada tahap investigasi, prediksi, dan hipotesis adalah:

1. Penggunaan Produk Terdahulu

Inti dari tahap ini adalah untuk meninjau bagaimana bentuk dari bak penampung bahan baku eksisting serta meninjau bagaimana cara kerja dari produk tersebut.

2. Identifikasi *User Needs*

Pengembangan produk didasari oleh kebutuhan *user* atau *user needs*. Hal ini dikarenakan *user* mengetahui tentang produk dan mempunyai gagasan-gagasan mengenai produk secara rinci. Suara *user* adalah sesuatu yang paling penting untuk pembentukan spesifikasi teknis dari produk secara lengkap dan berguna (Otto & Wood, 1998). *User Needs* dari target *user* merupakan dasar sebagai kesuksesan dari inovasi pengalaman *user* (Kraft, 2012).

User needs didapatkan dengan penggunaan beberapa teknik, dapat dari penggunaan bak penampung, kuesioner dan melakukan wawancara. Pada pengembangan bak penampung ini, digunakan teknik wawancara kepada pihak pabrik CV. Kembar Mekar. Wawancara yang dilakukan pada pengembangan produk bak penampung ini merupakan wawancara *lead user* yang biasanya mempunyai permasalahan dan juga solusi tentang bak penampung ini. Kemudian *user needs* yang didapatkan akan diuraikan dengan pohon tujuan.

3. Prediksi Fungsional

Prediksi fungsional adalah proses melakukan prediksi fungsi serta sub-fungsi terhadap produk yang didapatkan dari *user needs*. Fungsional produk yang diprediksi adalah *product alternatives*, *product types*, dan *product criteria*.

4. Analisa Kelemahan Produk dan *Scoring*

Analisa kelemahan produk dilakukan untuk menetapkan perbaikan rancangan dan pengembangan apa yang akan dilakukan terhadap bak penampung bahan baku pakan ternak. Analisa kelemahan produk diangkat dari permasalahan yang timbul ketika produk sedang digunakan. Setelah kelemahan produk dianalisa berikutnya adalah melakukan *scoring* atau penilaian terhadap tingkat kepuasan produk yang berdasarkan atribut tujuan dari *user needs*

2.1.2 *Reverse Engineering: Membentuk Spesifikasi Teknis*

Langkah yang terakhir dalam *reverse engineering* memerlukan pembentukan spesifikasi, *benchmarking*, dan memilih sistem produk yang akan berevolusi. Maksud dari itu adalah untuk menentukan target kuantitatif untuk produk (Otto, 1995). Spesifikasi teknis didapat dari karakteristik teknis yang berdasarkan *user needs*. Penentuan hubungan

2.1.3 *Reverse Engineering: Pemisahan dan Eksperimen Produk*

Pada tahap ini arsitektur produk terdahulu harus dipahami secara rinci dan *user needs* harus dibandingkan dengan fungsi serta solusi produk terdahulu (Otto & Wood, 1998). Dalam melakukan perancangan ulang atau *redesign* produk. Perlu adanya pembongkaran atau pemisahan komponen-komponen produk bak penampung terdahulu sebagai dasar agar dapat menyimpulkan bagaimana produk itu dirancang untuk kemudahan pengembangan. Berikut merupakan tahapan pemisahan dan eksperimen produk:

1. Pemisahan Produk

Dilakukannya pemisahan produk bertujuan untuk mengetahui *part-part* yang terdapat pada produk, daftar urutan pemisahan, percobaan menghapus komponen, penggunaan alat untuk mempermudah pengembangan bak penampung bahan baku terdahulu.

2. Eksperimen Produk

Eksperimen produk adalah melakukan percobaan pada produk secara keseluruhan yaitu kumpulan rakitan dan komponen-komponen yang terdapat didalamnya. Langkah awal dalam melakukan eksperimen adalah dengan melepas beberapa komponen untuk mengetahui efek dari dilepasnya komponen tersebut serta pengaruhnya bagi keseluruhan produk

2.1.4 *Reverse Engineering: Constraint Propagation*

Kendala antara komponen produk juga harus dipahami dengan baik. Dengan pemahaman seperti itu, konsekuensi dan penyebarluasan perubahan desain dapat diperkirakan dengan baik (Otto & Wood, 1998).

1. Analisis Morfologi Produk

Metode peta morfologi mendorong identifikasi kombinasi baru dari elemen atau komponen (Cross, 2000). Alternatif konsep solusi untuk bak penampung usulan didapat dari konsep bak penampung terdahulu serta dibantu dengan *external benchmarking* produk sejenis.

2. Kompabilitas Produk

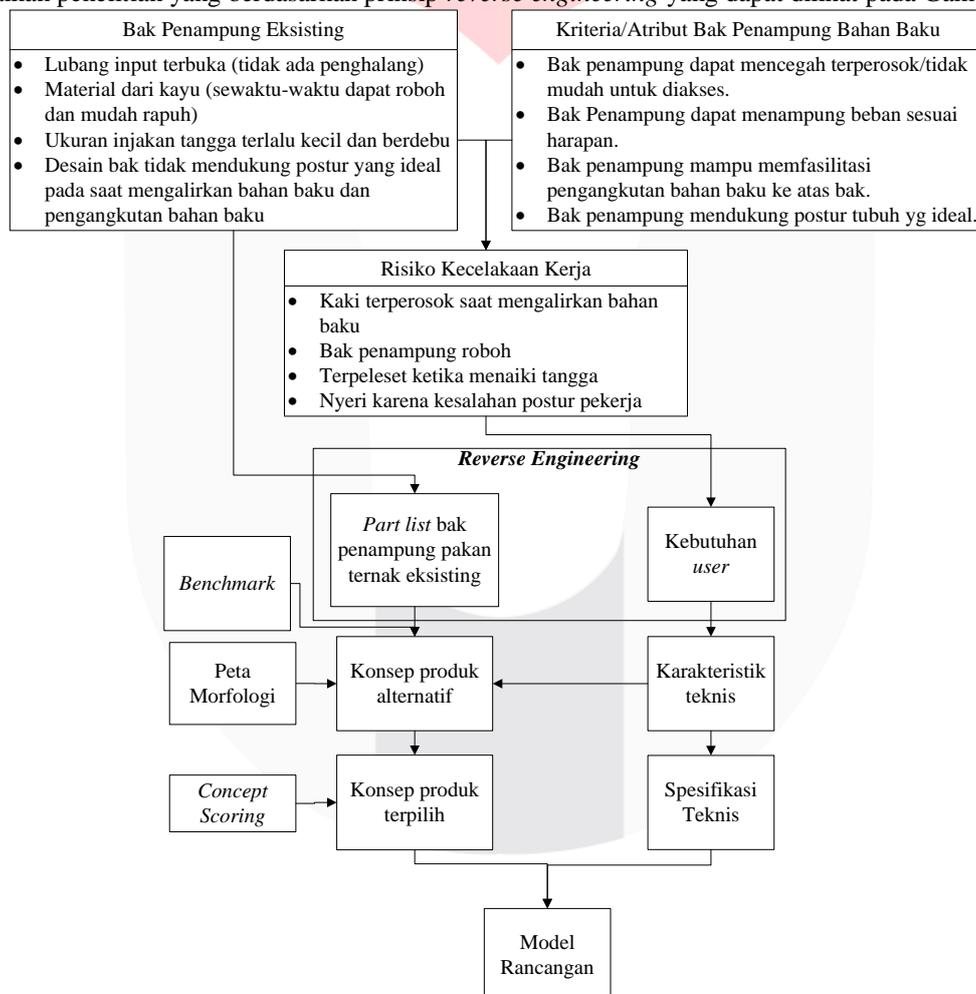
Tim desain dapat mengidentifikasi pembagian fungsi dari komponen produk hanya dengan memindai matriks morfologi untuk komponen yang terdaftar lebih dari satu sub-fungsi (otto & Wood, 1998). Tahap ini dilakukan dengan penilaian terhadap kombinasi-kombinasi alternatif konsep untuk mendapatkan konsep yang terpilih yang akan dikembangkan. Penilaian dan pemilihan alternatif konsep tersebut dilakukan dengan menggunakan *concept screening* untuk mereduksi jumlah konsep menjadi lebih sedikit yang berikutnya akan dinilai lagi menggunakan *concept scoring* sehingga tersisa satu konsep terpilih yang terbaik. Penilaian konsep juga mempertimbangkan atribut produk dan tingkat kepentingan produk

2.1.5 Rancangan Model

Pemodelan produk berupa virtual dan fisik akan menghasilkan wawasan mendalam ke dalam operasi dan kemungkinan perbaikan yang mungkin dicapai secara parametrik (Otto & Wood, 1998). Pada tahap ini hasil dari konsep terpilih akan dikembangkan sesuai dengan target spesifikasi teknis.

2.2 Model Konseptual

Berikut adalah model koseptual pada penelitian ini. Model konseptual ini adalah cara berpikir untuk menyelesaikan penelitian yang berdasarkan prinsip *reverse engineering* yang dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4 Model konseptual.

Dapat dilihat pada gambar tersebut merupakan model konseptual yang akan digunakan pada penelitian ini. Model konseptual penelitian ini berdasarkan prinsip metode *reverse engineering*. Dalam prosesnya, langkah awal adalah meninjau produk terdahulu yaitu bak penampung bahan baku eksisting yang berikutnya akan didapatkan identifikasi variabel yang dibutuhkan untuk pengembangan produk. Variabel-variabel tersebut adalah kebutuhan

user dan *part list* dari bak penampung bahan baku eksisting sebagai data primer. Selain itu hasil *benchmark* dari konsep-konsep produk sejenis juga dibutuhkan sebagai data sekunder.

Dari kebutuhan *user* atau *user needs*, kemudian dibuat karakteristik teknis dan beberapa alternatif konsep produk yang dibantu dengan peta morfologi. Kedua proses tersebut dilakukan secara paralel. Data *part list* dan *benchmarking* menjadi data *input* pembuatan alternatif konsep produk.

Kemudian dari karakteristik teknis, dibuat spesifikasi teknis untuk produk yang akan dikembangkan. Juga dari beberapa alternatif konsep produk yang dibuat sebelumnya dipilih satu konsep yang terbaik yang dibantu dengan proses *concept screening & scoring*. Akhir dari proses ini adalah berupa model rancangan dari konsep terpilih yang spesifikanya dibuat berdasarkan karakteristik teknis sebelumnya.

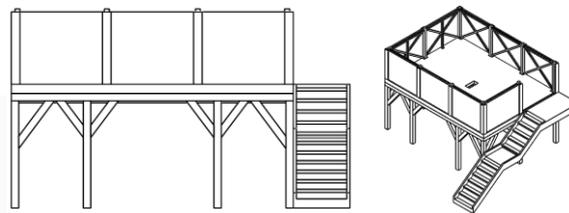
3. Pembahasan

3.1 Investigasi dan Prediksi

Perancangan ulang bak penampungan ini menggunakan metode *reverse engineering* pada pengolahan data awal untuk meninjau produk terdahulu dengan dibedah secara rinci. Tahapan ini merupakan tahapan awal dalam metode *reverse engineering* yang bertujuan untuk memperjelas wilayah sistem pengembangan produk, kemudian dilakukan identifikasi kebutuhan *user*, dan memprediksi fungsi produk serta input-output produk.

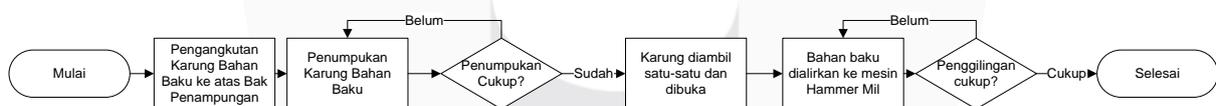
3.1.1 Penggunaan Produk Terdahulu

Bak Penampungan pada stasiun kerja penggilingan ini memiliki fungsi sebagai penyimpanan bahan baku sementara untuk sarana pengaliran bahan baku ke input mesin *hammer mill* yang kemudian digiling menjadi produk. Bahan baku yang ditampung adalah bahan baku yang bermacam jenis seperti kulit kopi, bungkil sawit dan bingkil klenteng. Bahan baku tersebut masih berada di dalam karung yang berikutnya karung tersebut akan dibuka untuk menuangkan bahan baku ke dalam mesin *hammer mill*. Bak Penampung eksisting dapat dilihat pada Gambar 5:



Gambar 5 Bak penampung bahan baku eksisting

Penggunaan bak penampungan ini berdasarkan apakah tumpukan karung masih penuh atau sudah dapat diisi lagi sesuai kapasitas. Karung bahan baku akan ditampung pada bak penampung apabila masih dapat menampung lagi. Kemudian bahan baku akan dialirkan ke mesin dengan diambil satu-satu dan dibuka terlebih dahulu kemudian baru dialirkan ke mesin *Hammer Mill*. Berikut adalah alur aktivitas pada bak penampungan terdahulu yang dapat dilihat pada Gambar 6:



Gambar 6 Alur penggunaan bak penampung bahan baku eksisting

3.1.2 Identifikasi *User Needs*

Dari penggunaan bak penampung terdahulu, *user* mempunyai kebutuhan untuk perbaikan rancangan produk terdahulu. Pengembangan produk mempunyai tujuan berdasarkan kebutuhan *user* karena *user* mengetahui jenis produk dan memiliki beberapa gagasan mengenai rincian produk. Berikut adalah daftar kebutuhan *user* yang merupakan kepala CV. Kembar Mekar. Daftar *user needs* dan daftar rincian potensi risiko bahaya yang telah diuraikan pada *risk analysis* sebelumnya yang terdapat pada Tabel I.1 merupakan satu kesatuan:

- Bak Penampung dapat mencegah kaki terjatuh ke dalam lubang input.
- Bak Penampung dapat menampung beban hingga 15 ton.
- Bak Penampung dapat memindahkan bahan baku ke atas bak tanpa terpelesetnya pekerja.
- Bak penampung mempunyai fitur yang membuat postur tubuh pekerja lebih bagus.

Kemudian setelah membuat daftar kebutuhan pengembangan produk bak penampung adalah mengkonversi daftar tersebut ke beberapa atribut produk yang sesuai. Berikut adalah daftar atribut produk tujuan perancangan bak penampung yang dapat dilihat pada Tabel 2:

Tabel 2 Konversi *user needs* ke atribut produk

User Needs	Atribut Produk
Bak Penampung dapat mencegah kaki terjatuh ke dalam lubang input.	Bak penampung dapat mencegah terperosok/tidak mudah untuk diakses.
Bak Penampung dapat menampung beban hingga 15 ton.	Bak Penampung dapat menampung beban sesuai harapan.
Bak Penampung dapat memindahkan bahan baku ke atas Bak tanpa terpelesetnya pekerja.	Bak penampung mampu memfasilitasi pengangkutan bahan baku ke atas bak.
Bak penampung mempunyai fitur yang membuat postur tubuh pekerja lebih bagus.	Bak penampung mendukung postur tubuh yg ideal.

3.1.3 Prediksi Fungsional

Setelah menetapkan atribut produk dari pengembangan bak penampung ini perlu dilanjutkan dengan membuat prediksi fungsional yang berupa karakteristik teknis dari solusi rancangan yang diperlukan. Berikut merupakan daftar prediksi fungsional yang dapat dilihat pada Tabel 3:

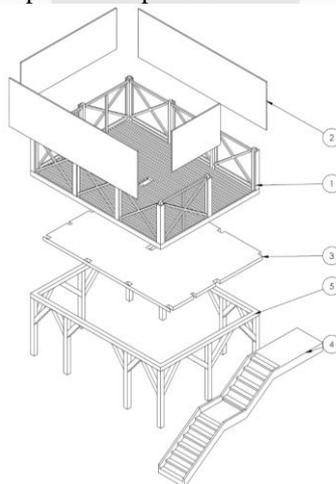
Tabel 3 Prediksi Fungsional

Atribut Produk	Prediksi Fungsional
Bak penampung dapat mencegah terperosok/tidak mudah untuk diakses.	Mekanisme Penampung dengan lubang input yang tertutup.
Bak Penampung dapat menampung beban sesuai harapan.	Kapasitas Muatan Bak Penampung Kurang dari sama dengan 15.000 kg. Nilai <i>Yield Strength</i> Material Penopang Bak Penampung Kuat.
Bak penampung mampu memfasilitasi pengangkutan bahan baku ke atas bak.	Mekanisme transportasi. Mekanisme Pengangkut Bahan Baku. Nilai LI kurang dari 12,07
Bak penampung mendukung postur tubuh yg ideal.	Mekanisme Penampung dengan pengaliran tanpa mendorong bahan baku. Mekanisme Pengaliran. Nilai REBA kurang dari sama dengan 7.

3.2 Analisis Dekomposisi Produk

3.2.1 Dekomposisi Produk

Produk dibongkar atau dipisah untuk mengetahui part-part yang ada pada produk, daftar urutan pemisahan, percobaan menghapus komponen, penggunaan alat untuk mempermudah pengembangan produk eksisting. Dekomposisi bak penampung terdahulu dapat dilihat pada Gambar 7:

Gambar 7 Dekomposisi bak penampung eksisting (*Exploded View*)

Bak penampung bahan baku eksisting memiliki lima jenis komponen dengan jumlah banyak komponen yang disatukan. Komponen-komponennya adalah *frame*, alas bak, cover bak, tangga dan, penopang bawah. Berdasarkan Gambar 10 kemudian disusun *Bill of material* dari produk bak penampung ini dapat dilihat pada Tabel 4:

Tabel 4 *Bill of material*

<i>ITEM NO.</i>	<i>PART NUMBER</i>	<i>QTY</i>	<i>MATERIAL</i>
1	<i>Frame</i>	1	<i>Wood</i>
2	<i>Cover Bak</i>	4	<i>Wood</i>
3	<i>Alas Bak</i>	1	<i>Wood</i>
4	<i>Tangga</i>	1	<i>Wood</i>
5	<i>Penopang Bawah</i>	8	<i>Wood</i>

3.3 Spesifikasi Teknis

3.3.1 Menentukan Gambaran Target yang akan dicapai untuk Karakteristik Teknis

Kemudian menentukan gambaran target yang akan dicapai untuk karakteristik teknis setelah mengetahui karakteristik teknis agar target spesifikasi bak penampung dapat diketahui. Target yang akan dicapai adalah targets (*value*) dan units (satuan). Target dari setiap karakteristik teknis dapat dilihat pada Tabel 5:

Tabel 5 Penentuan Target Karakteristik Teknis

Karakteristik Teknis	Target	Satuan
Mekanisme Penampung	Sistem Tertutup dan Teralirkan langsung	List
Volume Penampung	$\pm 8,82$	m ³
Nilai <i>Yield Strength</i>	$\leq 282.700.000$	N/m ²
Mekanisme transportasi	Tangga	List
Mekanisme Pengangkut	Kontrol Sistem Takal	List
Nilai LI	$\leq 12,07$	Skor
Mekanisme Pengaliran	<i>Hopper</i>	List
Nilai REBA	≤ 7	Skor

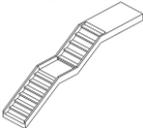
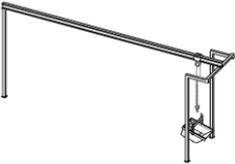
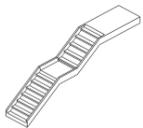
Penentuan target dilakukan dengan cara menghitung sesuai perhitungan teoritis berdasarkan data kondisi kondisi lantai produksi, bak penampung eksisting, dan Proses Penggilingan Bahan Baku Pakan Ternak.

3.4 Analisis Morfologi Produk

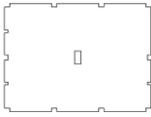
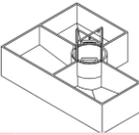
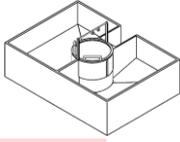
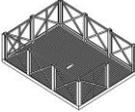
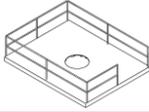
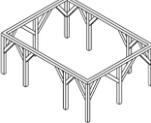
3.4.1 Peta Morfologi Produk

Tabel peta morfologi dari bak penampung bahan baku dapat dilihat pada Tabel 6 dan 7:

Tabel 6 Tabel morfologi bak penampung bahan baku usulan

<i>Function</i>	<i>Current</i>	<i>Alternatif</i>	
		<i>Opsi 1</i>	<i>Opsi 2</i>
Sistem Pengangkut	 Tangga	 Manual Gantry Crane	 Free Standing Crane System – NOMAD® 1
Transportasi Operator	 Tangga	 Tangga dengan Pegangan	 Tangga Berdiri

Tabel 7 Tabel morfologi bak peampung bahan baku usulan (lanjutan)

Function	Current	Alternatif	
		Opsi 1	Opsi 2
Mekanisme Pengaliran	 Lubang Langsung	 Direct Hopper	 Hopper with Fluidizing Cone
Mekanisme Penampung	-	 Penampung Kotak x3	 Penampung Kotak x2
Struktur Penopang atas	 Susunan Kayu	 Plat Besi beserta Pagar	-
Struktur Penopang bawah	 Susunan Kayu	 Struktur Baja Beam	-

Kombinasi-kombinasi yang dihasilkan berdasarkan opsi di atas, tidak ditemukan adanya kombinasi yang tidak sesuai antar opsinya. Hal ini menunjukkan bahwa semua kombinasi adalah kombinasi akhir yang akan dilanjutkan ke langkah berikutnya. Hasil dari *concept scoring*, konsep yang memiliki nilai tertinggi adalah konsep G dengan fungsi Manual Gantry Crane, Tangga dengan Pegangan, Hopper with Fluidizing Cone, Penampung Kotak x2, Plat Besi beserta Pagar, Struktur Baja Beam. Selanjutnya konsep yang terpilih ini akan dikembangkan sebagai rancangan usulan bak penampung bahan baku pakan ternak.

3.5 Model Rancangan

Berikut adalah pembahasan mengenai model rancangan untuk setiap kelompok komponennya:

1. Kelompok Komponen Pengangkut Bahan Baku

Pada kelompok pengangkut bahan baku terdapat 3 komponen utama yaitu *gantry crane*, *manual chain hoist*/katrol sistem takal, dan kotak penampung. Model Rancangan dari kelompok pengangkut bahan baku dapat dilihat pada Tabel 8:

Tabel 8 Kelompok komponen pengangkut bahan baku

No.	Daftar Komponen	Spesifikasi	Gambar
1	<i>Gantry Crane</i>	<ul style="list-style-type: none"> Dimensi (m): 5,3 x 1,11 x 2,81 	
2	Katrol Sistem Takal	<ul style="list-style-type: none"> Maksimal uluran katrol (m): 4,4 Jumlah roda katrol: 4 Gaya yang dibutuhkan: $F = \frac{1}{4}$ Beban 	
3	Kotak Penampung	<ul style="list-style-type: none"> Dimensi (m): 0,52 x 0,52 x 0,45 Volume maksimal (m³): 0,12 Kapasitas maksimal (kg): $m = \pm 200$ 	

2. Kelompok Komponen Mekanisme Pengaliran Bahan Baku

Kelompok komponen mekanisme pengaliran bahan baku menggunakan produk *hopper* dengan jenis *Siperm fluidizing cone hopper*. Produk ini dapat dibeli dari brand 'Siperm' atau dirancang dari awal dengan melakukan penelitian baru dengan spesifikasi kecepatan fluks massa adalah 0,42 kg/s atau sama dengan 25 kg/menit sesuai

dengan target dan juga dimensi diameter 1 m. Model rancangan dari kelompok mekanisme pengaliran bahan baku dapat dilihat pada Tabel 9:

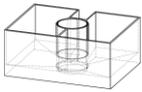
Tabel 9 Kelompok komponen mekanisme pengaliran bahan baku

No.	Daftar Komponen	Spesifikasi	Gambar
1	<i>Siperm fluidizing cone hopper</i>	<ul style="list-style-type: none"> Diameter (m): 1 Fluks Massa (kg/s): 0,42 	

3. Kelompok Komponen Mekanisme Penampung Tanpa Karung

Kelompok komponen mekanisme penampung tanpa karung terdiri dari 3 komponen utama yaitu, penampung utama, penutup lubang pengaliran, dan katrol penarik penutup lubang pengaliran. Model rancangan dari kelompok ini dapat dilihat pada Tabel 10:

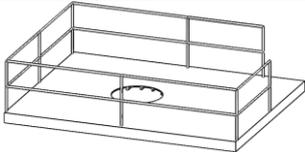
Tabel 10 Kelompok komponen mekanisme penampung tanpa karung

No.	Daftar Komponen	Spesifikasi	Gambar
1	Penampung Utama	<ul style="list-style-type: none"> Dimensi (m): 3,5 x 2,6 x 1,5 Volume maksimal (m³): 8,625 Kapasitas maksimal (kg): $m = \pm 15000$ 	
2	Penutup Lubang Pengaliran	<ul style="list-style-type: none"> Dimensi (m): 1 x 0,5 x 1,53 	
3	Katrol Penarik	<ul style="list-style-type: none"> Gaya yang dibutuhkan: $F = \text{Beban Penutup (W)}$ 	

4. Kelompok Komponen Struktur Rangka Atas

Kelompok komponen struktur rangka atas terdiri dari susunan plat besi yang di las. Model rancangan dari kelompok ini dapat dilihat pada Tabel 11:

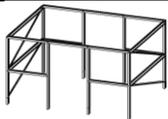
Tabel 11 Kelompok komponen struktur rangka atas

No.	Daftar Komponen	Spesifikasi	Gambar
1	Struktur Rangka Atas	<ul style="list-style-type: none"> Dimensi (m): 4,56 x 3,44 x 1,2 	

5. Kelompok Komponen Struktur Rangka Bawah

Kelompok komponen struktur rangka bawah terdiri dari susunan baja beam. Susunan baja beam ini perlu diteliti lebih lanjut untuk efisiensi bentuk strukturnya dengan spesifikasi dapat menampung beban 15 ton atau 150000 N pada penelitian selanjutnya. Model rancangan dari kelompok ini dapat dilihat pada Tabel 12:

Tabel 12 Kelompok komponen struktur rangka bawah

No.	Daftar Komponen	Spesifikasi	Gambar
1	Struktur Rangka Bawah	<ul style="list-style-type: none"> Dimensi (m): 4,56 x 3,6 x 2,52 Daya tahan gaya (N): 150.000 	

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengolahan data dan analisis rancangan usulan bak penampung bahan baku pakan ternak dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

Tujuan dari penelitian ini adalah memberikan usulan dengan melakukan perancangan bak penampung bahan baku untuk mengurangi risiko kecelakaan kerja yang telah diuraikan pada latar belakang permasalahan. Tujuan ini telah dicapai dengan membuat bak penampung usulan yang di dalamnya terdapat perubahan-perubahan desain yang dapat mengurangi potensi bahaya berdasarkan *risk analysis* yang telah dilakukan sebelumnya. Pada *risk analysis* dibahas empat poin yang dijadikan permasalahan yang selanjutnya dilakukan analisis hasil rancangan usulan pada empat poin tersebut.

Hasil dari penelitian ini adalah berkurangnya nilai RAC atau tingkat ancaman bahaya pada masing-masing poin sehingga potensi bahaya dapat berkurang. Rekapitulasi perbandingan nilai RAC eksisting dengan usulan dapat dilihat pada Tabel 13:

Tabel 13 Rekapitulasi perbandingan nilai RAC

Potensi Resiko Bahaya	RAC Eksisting	RAC Usulan	Kategori Bahaya Usulan
Terjatuh, kemudian terkena pisau Hammer Mill (Data CV. Kembar Mekar)	2	3	Sedang
Bak Penampung Ambruk (Desain Eksisting menggunakan material kayu dan menyimpan sampai dengan 15000 kg)	2	3	Sedang
Terpeleset karena licin kemiringan tangga dan berdebu 40o	3	4	Kecil
Nyeri dibagian tubuh tertentu	2	3	Sedang

Daftar Pustaka

- [1] Celik, H. K. et al., 2013. Product Re-design using Advanced Engineering Applications and Function Analysis: A Case Study for Greenhouse Clips. *J Braz. Soc. Mech. Sci. Eng.* (2013) 35:305–318.
- [2] Cross, N., 2000. *Engineering Design Methods - Strategies for Product Design (3rd ed.)*. New York: John Wiley & Sons, Ltd.
- [3] Elfeituri, F. E. & Taboun, S. M., 2002. An Evaluation of the NIOSH Lifting Equation: A Psychophysical and Biomechanical Investigation. *Occupational Safety and Ergonomics (JOSE)*, Volume VOL. 8, NO. 2, 243–258.
- [4] Kraft, C., 2012. Identifying User Needs.
- [5] Naval Safety Center, 2015. *Naval Safety Center*. [Online] Available at: http://www.public.navy.mil/NAVSAFECEN/Pages/ORM-EXW/business_cards.aspx
- [6] Nordin, V. J., 2002. The voice of the customer. *Forestry Chronicle*, 78(3), pp. 343-345.
- [7] Otto, K. N. & Wood, K. L., 1996. A Reverse Engineering and Redesign Methodology for Product Evolution. *The 1996 ASME Design Engineering Technical Conferences and Design Theory and Methodology Conference*.
- [8] Otto, K. N. & Wood, K. L., 1998. Engineering Design Product Evolution : A Reverse Engineering and Redesign Methodology. *Research in Engineering Design (1998)10:226–243 - 1998 Springer-Verlag London Limited*, pp. 226-243.
- [9] Perhimpunan Ergonomi Indonesia; Laboratorium Ergonomi dan Perancangan Sistem Kerja ITS, 2013. *Rekap Data Antropometri Indonesia*. [Online] Available at: http://antropometriindonesia.org/index.php/detail/artikel/4/10/data_antropometri
- [10] Popov, G., Lyon, B. K. & Hollcroft, B., 2016. *Risk Assessment: A Practical Guide to Assessing Operational Risks*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc..
- [11] Rahayu, M. e. a., 2014. *Modul Praktikum Perancangan Kerja dan Ergonomi*. Bandung: Telkom University.
- [12] Ratnaningsih, A., Badriani, R. E. & Arifin, S., 2013. Campuran Beton Ringan Material Wall/Flooring dengan Pemanfaatan Limbah Kulit Kopi, Jerami, dan Fly Ash. *Simposium Nasional RAPI XII - 2013 FT UMS - ISSN 1412*, p. 1.
- [13] Situs Mesin, 2001. *Hammer Mill*. [Online] Available at: <http://www.situsmesin.com/mesin-agroindustri/hammer-mill>
- [14] Satalaksana, I., Anggawisastra, R. & Tjakraatmadja, J., 2006. *Teknik Perancangan Sistem Kerja*. Bandung: Insitut Teknologi Bandung.
- [15] Tang, D., Zhu, R. & Xu, R., 2010. Functional Reverse Design: Method and Application. *2010 14th International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design*.
- [16] Ulrich, K. T. & Eppinger, S. D., 2012. *Product Design and Development (5th ed.)*. New York: McGraw.