

# PERANCANGAN HOPPER DAN SIMULASI ALIRAN BAHAN BAKU PADA PENAMPUNG HAMMER MILL DI PT. XYZ DENGAN METODE REVERSE ENGINEERING

Afi Ihsanul Arief<sup>1</sup>, Agus Kusnaty<sup>2</sup>, Ilma Mufidah<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Universitas Telkom, Bandung

afiarief@student.telkomuniversity.ac.id<sup>1</sup>, guskus@telkomuniversity.ac.id<sup>2</sup>,  
ilmamufidah@telkomuniversity.ac.id<sup>3</sup>

---

## Abstrak

Tumbuhan kopi memiliki banyak kegunaan, dimulai dari untuk diolah menjadi minuman, kecantikan, penghilang bau sampai bisa dijadikan pakan ternak. Cara membuat pakan ternak melalui kulit kopi mentah biasanya dilakukan dengan cara tradisional dan menggunakan alat bantu mesin pengolah seperti *hammer mill*. Pengolahan menggunakan alat bantu mesin *hammer mill* menjadi populer di zaman sekarang karena dapat menghemat tenaga kerja dan waktu. Setiap proses membutuhkan waktu siklus yang mempengaruhi biaya akhir produksi. Salah satu proses pengolahan ini adalah proses pemindahan kulit kopi dari suatu proses ke proses lainnya yang melewati wadah atau *hopper*. Objek penelitian ini adalah mensimulasikan perpindahan kulit kopi dari penampungan ke mesin penumbuk melewati *hopper*, menggunakan desain *hopper* yang optimal agar bahan baku mengalir lancar untuk mengurangi waktu siklus. Perangkat lunak yang digunakan adalah Autodesk Inventor dan Altair Edem. Melakukan *redesign hopper* dengan menggunakan Autodesk Inventor sedangkan untuk analisis simulasi menggunakan Altair Edem. Hasil simulasi dari Altair Edem menunjukkan terjadinya *blocking* didalam *hopper* eksisting dan dilakukan perbandingan dengan rancangan *hopper* terbaru untuk mengeliminasi area stagnan ataupun *blocking*. Analisis dari Altair Edem juga menunjukkan peningkatan 26% lebih banyak partikel yang masuk dan *residence time* partikel yang meningkat sebanyak 150% dibanding dengan *hopper* eksisting. Hasil yang didapat menunjukkan bahwa kemiringan sudut *hopper* sangat mempengaruhi laju aliran bahan baku, dan pada penelitian ini didapatkan sudut yang paling optimal dalam proses distribusi bahan baku melalui *hopper* adalah 50°. Setelah itu, desain *hopper* yang terpilih akan dibuktikan dengan simulasi visual pergerakan aliran bahan baku dan membuat protipe serta pengujian langsung. Dengan desain ini, waktu siklus (*residence time*) menurun dan laju kulit kopi dengan lancar turun ke mesin *hammer mill*.

Kata kunci: *hopper*, *reverse engineering*, *hammer mill*, partikel, *residence time*

---

## Abstract

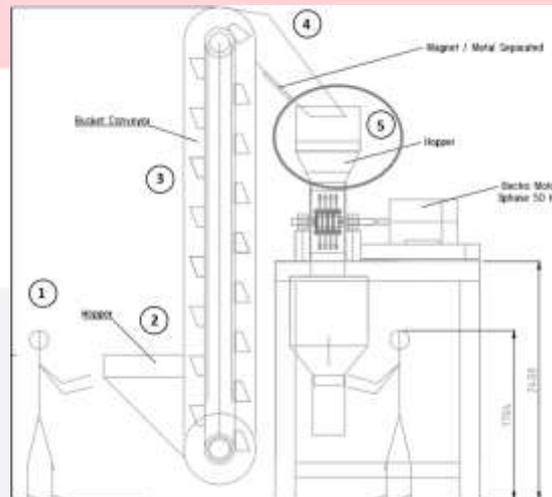
Coffee plants have many uses, starting from being processed into drinks, beauty, deodorizing to being used as animal feed. How to make animal feed through raw coffee husks is usually done in the traditional way and using processing machine tools such as the Hammer Mill. Processing using processing machine tools is becoming popular nowadays because it can save labor and time. Each process requires cycle time which affects the final cost of production. One of these processing processes is the process of transferring coffee skin from one process to another that passes through a container or hopper. The object of this research is to simulate the transfer of coffee husks from the reservoir to the grinder through the hopper, using an optimal hopper design so that raw materials flow smoothly to reduce cycle time. The software used is Autodesk Inventor and Altair Edem. Redesign the hopper using Autodesk Inventor while for simulation analysis using Altair Edem. Simulation results from Altair Edem show that there is blocking in the existing hopper and a comparison is made with the latest hopper design to eliminate stagnant or blocking areas. Analysis from Altair Edem also showed a 26% increase in incoming particles and a 150% increase in particle residence time compared to the existing hopper. The results obtained show that the slope of the hopper angle greatly affects the flow rate of raw materials, and in this study the most optimal angle in the distribution process of raw materials through the hopper is 50°. After that, the selected hopper design will be proven by a visual simulation of the movement of the raw material flow. and prototyping and direct testing. With this design, the cycle time (*residence time*) is decreased and the rate of the coffee rind smoothly descends into the pulverizer.

Keywords: *hopper*, *reverse engineering*, *hammer mill*, particles, *residence time*

## 1. PENDAHULUAN

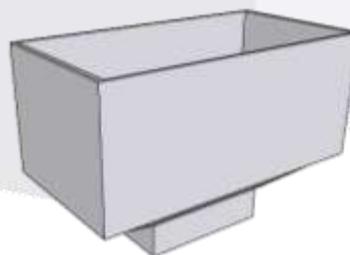
Kulit kopi mempunyai banyak manfaat salah satunya adalah sebagai bahan baku pakan ternak. Proses pembuatannya sekarang menggunakan permesinan Hammer Mill yang lebih cepat prosesnya. Penggunaan alat bantu permesinan membuat proses pengolahan kulit kopi menjadi pakan ternak menjadi lebih cepat dan efektif, serta mendapatkan hasil yang seragam. Ada perbedaan waktu yang signifikan antara pengolahan manual dan menggunakan alat bantu permesinan berdasarkan hasil analisis yang dilakukan terhadap pengguna menggunakan simulasi. Pengurangan pada waktu siklus pada pengolahan yang menggunakan alat bantu permesinan berdampak positif karena dapat membuat produk lebih banyak dengan waktu yang lebih singkat dan meminimasi biaya tenaga kerja.

Dalam proses perpindahan bahan baku kulit kopi ke permesinan, waktu siklus dan efisiensi pergerakan aliran bahan baku merupakan faktor yang paling besar, sehingga dibutuhkan efisiensi aliran pada siklus di proses permesinan ini.



Gambar 1. Alur Produksi dan Permasalahan *Hopper* di *Hammer Mill*

Tujuannya adalah untuk mengurangi *residence time* yang sangat memengaruhi waktu siklus dengan mengembangkan desain *hopper* melalui analisis terhadap simulasi aliran kulit kopi melalui *hopper* ke mesin penumbuk. Sehingga akan berdampak pada siklus waktu. Waktu siklus eksisting adalah 210gr/detik bahan baku yang keluar dari hammer mill atau 6000 kg perhari, dengan waktu kerja mesin selama 8 jam per hari.



Gambar 2. *Hopper* Eksisting

Jika *hopper* tidak maksimal aliran bahan bakunya maka akan terganggu proses produksi pakan ternak dan akan mengakibatkan biaya yang tinggi karena lamanya proses. Oleh karena itu untuk mencegah aliran kulit kopi yang stagnan atau terhambat di dalam *hopper*, maka perlu perancangan ulang yang memiliki sisi kemiringan yang optimal dibandingkan sebelumnya. Maka bentuk dan volume juga akan ditingkatkan serta menambah beberapa fitur baru. *Hopper* yang baik dapat membuat bahan baku kulit kopi mengalir dengan lancar dengan *residence time* terkecil dan tidak menyebabkan *blocking/stagnan*.

## 2. DASAR TEORI

### 2.1 Reverse Engineering

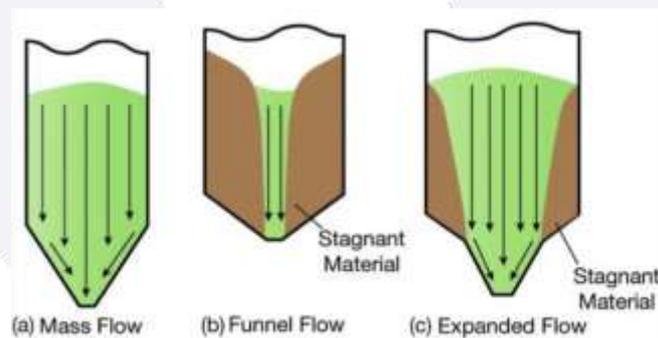
Metode *reverse engineering* adalah salah satu metode untuk mengembangkan produk dengan cara merancang ulang sebuah produk dengan mempertimbangkan *user needs* [1]. Konsep dasarnya *reverse engineering* adalah menganalisis produk eksisting untuk merancang produk baru beserta perubahan yang lebih baik atau menambahkan fitur-fitur yang sebelumnya tidak ada di produk eksisting. Tujuan dari *reverse engineering* juga untuk memperbaiki dari produk eksisting dan juga meningkatkan keunggulan produk.

Metodologi *reverse engineering* dan *redesign* yang pertama kali ditemukan oleh Wood, Jensen, & Otto [2] memiliki tiga fase yaitu *reverse engineering*, *modelling and analysis* dan *redesign*. Pada penelitian ini tahap pertama adalah melakukan identifikasi masalah berdasarkan *user needs* terhadap *hopper* yang ada. Selanjutnya tahap *modelling and analysis* dimana dalam tahapan ini menentukan perancangan model dan konsep sesuai dengan spesifikasi dari teknis dan fungsi. Tahap selanjutnya adalah *redesign* yaitu tahapan untuk mendesain ulang rancangan *hopper*. Tahap akhir yaitu melakukan *prototyping and testing* untuk melakukan simulasi menggunakan *software* dan membuktikan bahwa hasil rancangan ulang pada produk dapat menjadi solusi untuk permasalahan pada produk eksisting.

### 2.2 Hopper Design Principles

Ketika *hopper* dirancang tanpa mempertimbangkan bagaimana proses aliran atau *flow* bahan baku yang ditangani, masalah pasti muncul seperti pada produk *Hopper*. Pada produk eksisting, desain *Hopper* eksisting menyebabkan bahan baku menjadi *stagnant* atau tertahan akibat aliran yang tidak optimal [3]. Pengembangan teori mengenai aliran padat massal dimulai pada awal tahun 1950 oleh Andrew Janike ketika menerapkan konsep *solids-mechanics-continuum* untuk mengembangkan pendekatan teoritis yang logis untuk memahami dan mengelola aliran material. Andrew Janike mengembangkan metode pengujian, peralatan dan teknik desain dan melakukan eksperimen untuk mengkonfirmasi dan menyempurnakan analisis terobosannya [3].

### 2.3 Flow Patterns

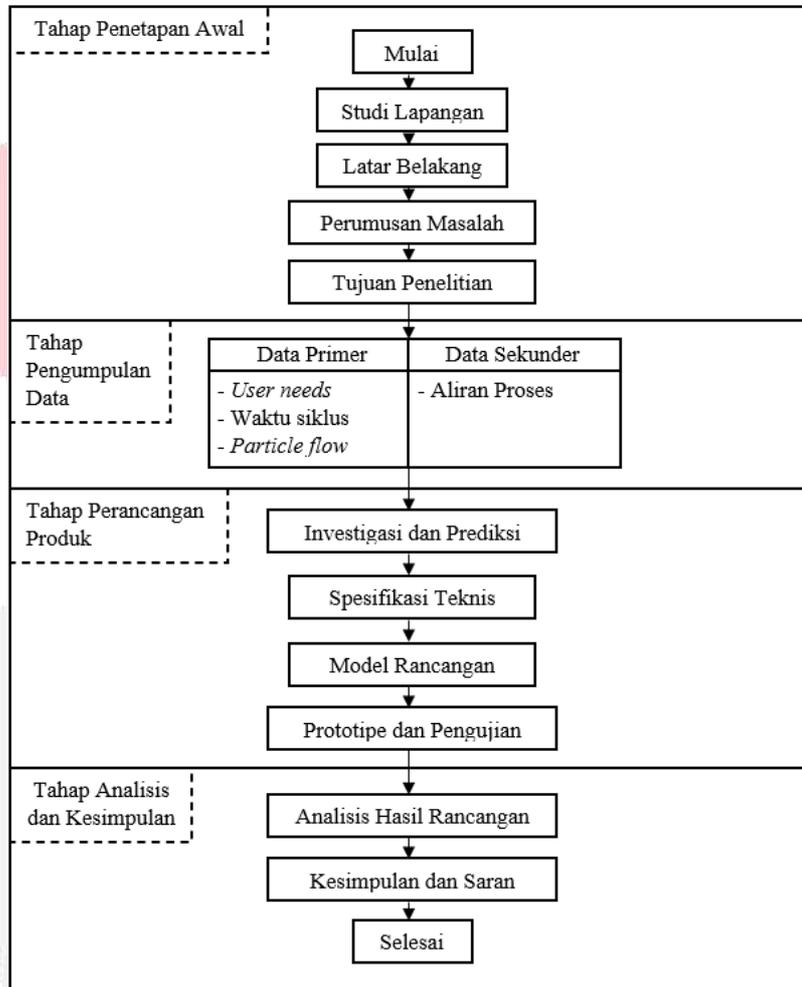


Gambar 3. Teori Perpindahan Bahan Baku Melewati Hopper

Pada aliran massa atau *Mass Flow*. Seluruh bahan baku dapat bergerak melewati *Hopper*. Hal ini dapat mengeliminasi bahan baku mengalami daerah *stagnant* didalam *Hopper* atau tertahan seperti yang terjadi pada *Hopper* eksisting. *Stagnant Material* adalah penumpukan bahan baku yang tidak bisa mengalir dan biasanya mengalami pembusukan karena menumpuk pada ruang tertutup dalam jangka waktu yang lama. Pada *Mass Flow* ini, memberikan konsep “*first in, first out*”, yang memberikan aliran optimal ketika bahan baku melewati *Hopper* [4]. Tujuan dari penelitian ini agar *hopper* beroperasi secara maksimal dan memastikan gerakan aliran di *hopper* usulan beroperasi dengan aliran massa.

## 2.4 Sistematika Permasalahan

Sistematika pemecahan masalah berisi langkah-langkah dan tahapan pada penelitian ini yang akan dilakukan untuk pemecahan suatu masalah. Dalam penelitian perancangan *hopper* pada permesinan pengolahan pakan ternak ini terbagi dalam beberapa tahap penelitian; tahap penelitian awal, tahap pengumpulan data, tahap perancangan produk dan tahap analisis beserta kesimpulan.



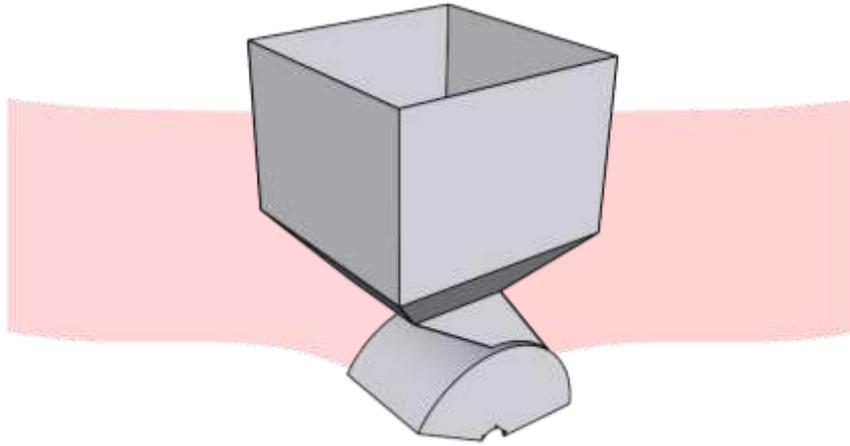
Gambar 4. Model Konseptual

- A. Tahap Penetapan Awal  
Pada tahap ini akan dilakukan empat tahapan yang pada akhirnya akan dijadikan kesimpulan pada penelitian pengembangan *hopper*. Langkah penetapan awal ini akan menentukan tujuan dari penelitian yang akan dilakukan. Tahap penetapan awal terdiri dari studi lapangan, latar belakang permasalahan, perumusan masalah dan tujuan penelitian.
- B. Tahap Pengumpulan Data  
Terdapat dua jenis data dalam tahapan pengumpulan data ini. Pertama adalah data primer yang terdiri dari *user needs*, waktu siklus dan aliran partikel. Kedua adalah data sekunder yang berupa data aliran proses. Dua jenis data ini didapatkan melalui wawancara langsung di lokasi fabrikasi.
- C. Tahap Perancangan Produk  
Tahapan perancangan produk ini dilakukan untuk mencapai tujuan dari penelitian ini. Tahapan perancangan produk dilakukan setelah semua data-data terkumpul, lalu dilakukan menggunakan pendekatan *reverse engineering* dan dibuktikan dengan hasil simulasi. Hasil akhir dari tahapan ini adalah memperoleh rancangan *hopper* terbaru yang memenuhi kebutuhan *user needs* pengguna.
- D. Tahap Analisis dan Kesimpulan  
Pada tahap terakhir ini, rancangan dilakukan perbandingan antara waktu siklus dan *residence time* partikel melewati *hopper* permesinan pengolahan pakan ternak eksisting dan *residence*

time produk *hopper* permesinan pengolahan pakan ternak usulan. Lalu disimpulkan hasil akhir beserta saran-saran untuk penelitian yang dilakukan di masa yang akan datang.

### 3. PEMBAHASAN

#### 3.1 Konsep



Gambar 5. Konsep *Hopper*

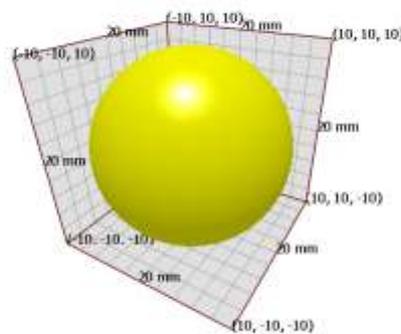
#### 3.2 Discrete Element Method (DEM)

Setelah konsep dengan desain *hopper* paling optimal terpilih. Selanjutnya dilanjutkan dengan uji aliran bahan baku kulit kopi menggunakan perangkat lunak Altair EDEM. Simulasi ini dilakukan sebagai pembuktian kalau bahan baku kulit kopi akan mengalir dengan optimal tanpa ada *blocking/stagnan*. Beberapa sifat partikel dan material *hopper* dapat dilihat dibawah.

##### 3.2.1 Nilai Sifat Material

| No        | Sifat Material                | Carbon Steel |
|-----------|-------------------------------|--------------|
| 1         | Density (kg/mm <sup>3</sup> ) | 7850         |
| 2         | Young's Modulus (Gpa)         | 210          |
| Referensi |                               | [5]          |

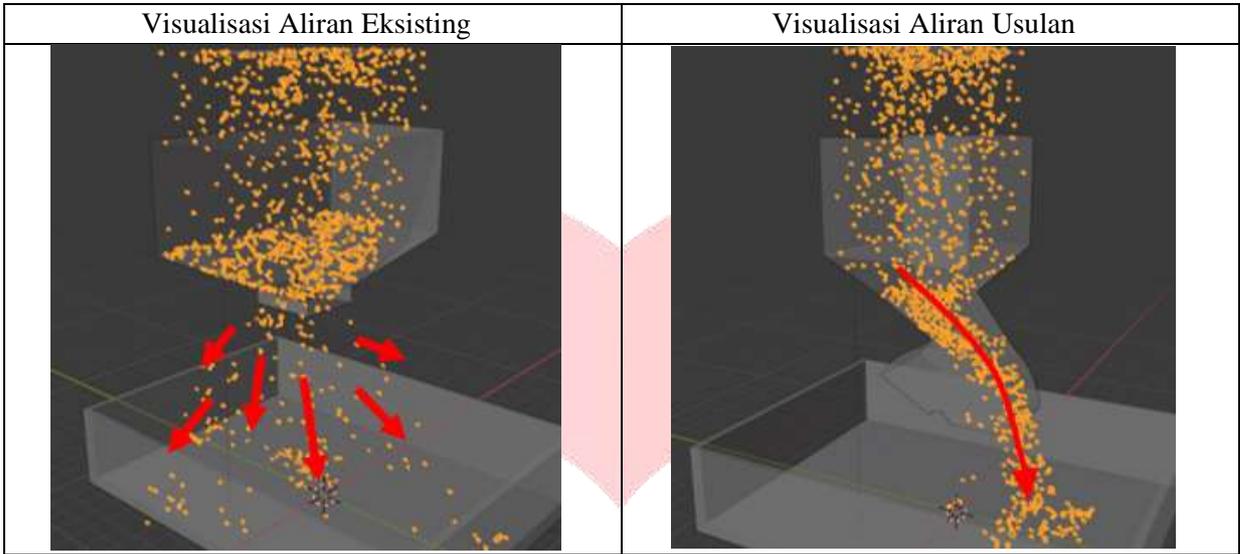
##### 3.2.2 Bentuk dan Sifat Partikel Kulit Kelapa



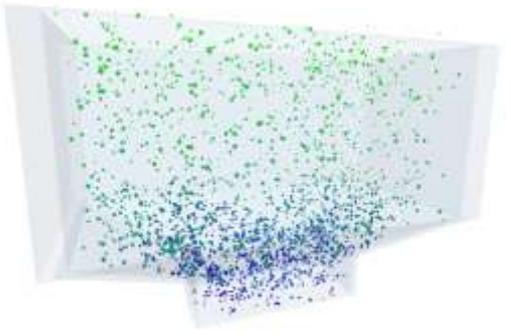
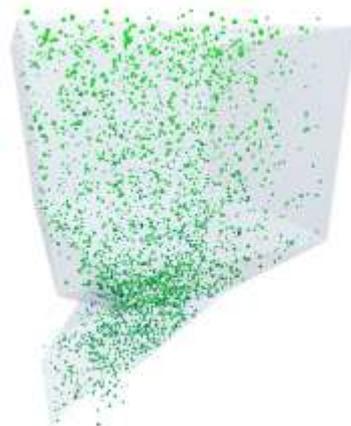
| No | Sifat Partikel                | Kulit Kopi |
|----|-------------------------------|------------|
| 1  | Density (kg/mm <sup>3</sup> ) | 260        |
| 2  | Young's Modulus (Gpa)         | 0,01       |

|           |     |
|-----------|-----|
| Referensi | [6] |
|-----------|-----|

3.2.3 Hasil Simulasi Aliran Bahan Baku

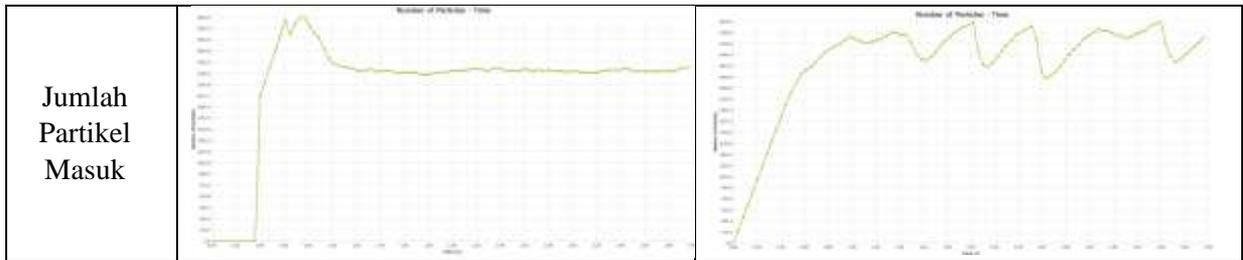


Pergerakan bahan baku mengalir dengan merata mengikuti bentuk *hopper* karena kemiringan  $50^{\circ}$ - $60^{\circ}$  yang merupakan kemiringan yang optimal untuk mencapai pergerakan ‘mass flow’ dan mengeliminasi bahan baku yang mengalami stagnan ketika mengalir didalam *hopper*. Semakin kemiringan meningkat dan menuju sisi vertikal, maka pergerakan bahan baku/partikel akan mengalir dengan pola *mass flow* [7]. Aliran ‘mass flow’ ini yang menjadi tujuan penelitian ini, untuk meningkatkan efektifitas aliran bahan bak.

|               | <i>Hopper</i> Eksisting   | <i>Hopper</i> Usulan  |
|---------------|---|---|
| Simulasi EDEM |  |  |

Hasil simulasi gambar diatas menunjukkan bahwa pergerakan partikel masih sangat cepat karena warna hijau yang mengindikasikan *residence time* yang sangat kecil, dibanding dengan *hopper* eksisting yang mengalami aliran partikel warna biru tua yang lama.

|                         |                      |
|-------------------------|----------------------|
| <i>Hopper</i> Eksisting | <i>Hopper</i> Usulan |
|-------------------------|----------------------|



Jumlah partikel yang masuk dalam kurun waktu 4 detik di simulasi juga mengalami peningkatan yang signifikan dibanding dengan *hopper* eksisting. Di rancangan *hopper* rancangan, bahan baku tertinggi yang masuk berada di angka 3600 partikel, dengan rata-rata partikel yang masuk berada di 3000+ partikel. Perubahan yang signifikan ini karena tidak ada bahan baku yang tertahan dan stagnan didalam *hopper* sehingga menghambat keseluruhan dari bahan baku untuk mengalir ke *outlet hopper*. Pergerakan ini didapat karena *hopper* rancangan memiliki sudut kemiringan yang optimal di  $50^{\circ}$ , sehingga bahan baku lancar ketika dijatuhkan dari proses sebelumnya.



Pada desain *hopper* usulan, *residence time* bahan baku pada aliran simulasi menunjukkan reduksi yang signifikan. *Residence time* tertinggi tercatat hanya di 0,4 detik dan menunjukkan tren yang stabil. Waktu aliran bahan baku terdapat peningkatan 150% dibanding dengan *hopper* eksisting. *Residence time* di *hopper* desain rancangan juga tidak memiliki waktu tinggal yang naik turun seperti di *hopper* eksisting, mengindikasikan bahwa aliran bahan baku mengalami penurunan yang sangat stabil dan membuat waktu siklus menjadi lebih efisien.

### 3.3 Volume dan Kapasitas *Hopper*

Kapasitas *Hopper* usulan memiliki perubahan dibanding dengan produk penampung sebelumnya, kapasitas *Hopper* usulan memiliki volume  $200.000\text{cm}^3$ . Ukuran dimensi *Hopper* dengan ukuran lebar 65 cm, panjang 65 cm dan tinggi 47.5 cm. Oleh karena itu *Hopper* rancangan memiliki volume yang sangat besar untuk menampung keseluruhan kulit kopi dan juga membuat aliran pada kulit kopi tidak tertahan akibat volume corong yang kecil dan menyebabkan penumpukan. *Hopper* ini dapat menampung kapasitas beban sampai dengan 100 kg dalam waktu bersamaan.

### 3.4. Tahan Korosi



Gambar 6 Cat Warna *Hopper*

Kandungan kromium dan cat anti karat pada carbon steel membuat hopper lebih tahan terhadap korosi atau karat. Hal ini mempengaruhi penggunaan jangka Panjang dari hopper karena CV. XYZ tidak perlu

melakukan maintenance dalam periode singkat, meningkatkan kualitas kulit kopi dan juga meningkatkan kinerja pisau pada hammer mill karena tidak ada korosi yang terbawa oleh kulit kopi melalui hopper.

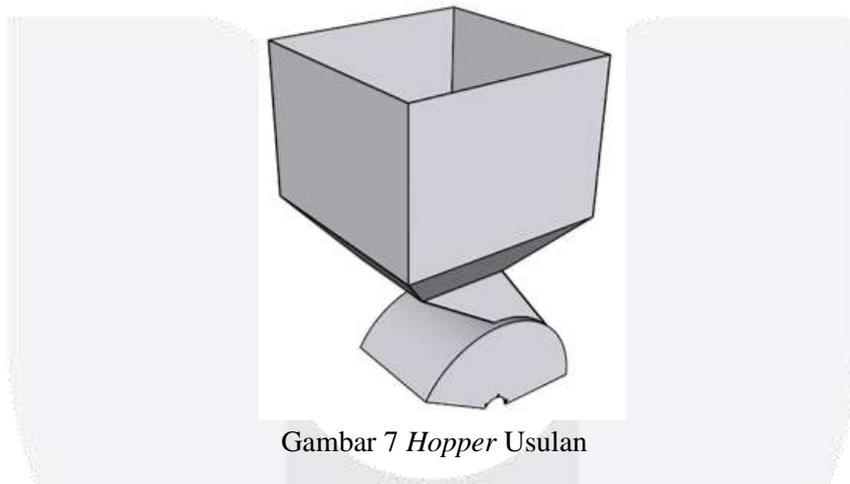
### 3.5 Penutup Cover

Cover ini bertujuan untuk meminimalisir material yang beterbangan pada saat material keluar dari *outlet hopper* menuju *hammer mill* dan menyebabkan *loss goods/materials* sehingga berdampak pada volume akhir produk. Debu yang beterbangan juga mempengaruhi kesehatan pekerja lapangan karena berpotensi untuk menghirup debu di lokasi penumbukan material. Oleh karena itu, *cover* pada *hopper* usulan sangat membantu untuk mencegah *loss goods* dan juga kerusakan pernafasan pada pekerja di lokasi penumbukan.



Gambar 5 Cover Outlet Hopper

### 3.6 Konsep Hopper Terpilih



Gambar 7 Hopper Usulan

## 4 . KESIMPULAN

Pemilihan konsep desain *hopper* terbaru terbukti menjadi solusi untuk meningkatkan efektivitas pengolahan proses produksi dengan meminimasi waktu tinggal (*residence time*) bahan baku kulit kopi dan meningkatkan jumlah partikel. Perbandingan *residence time* dan jumlah partikel yang masuk di *hopper* eksisting dan *hopper* usulan dapat dilihat dibawah. Terdapat 150% peningkatan efisiensi di waktu *residence time* dan 700 partikel lebih banyak masuk ke dalam *hopper*, karena *blocking* sudah di eliminasi dengan bentuk *hopper* rancangan.

| Konsep                        | Eksisting | Usulan    |
|-------------------------------|-----------|-----------|
| Partikel Masuk (rata-rata)    | 2300      | 3000      |
| <i>Residence Time</i> (detik) | 1,5 detik | 0,4 detik |

## REFERENSI

- [1] Al-Hadid, N., Kusnayat, A., & Rahayu, M. (2017). Perancangan Ulang Bak Penampung Bahan Baku Pakan Ternak Menggunakan an Metode Reverse Engineering Untuk Mengurangi Risiko Kecelakaan Kerja Redesign. *E-Proceeding of Engineering*, 4(23), 2720–2730.
- [2] Otto, K. N., & Wood, K. L. (1998). Product Evolution: A Reverse Engineering and 54 Redesign Methodology. *Research in Engineering Design*, 10, 226–243.
- [3] Greg Mehos; Dave Morgan; Jenike; Johanson. (2016). *Hopper Design Principles - Chemical Engineering*. Chemical Engineering: Essential For The CPI Professional.
- [4] Mehos, G., Eggleston, M., Grenier, S., Malanga, C., Shrestha, G., & Trautman, T. (2018). Designing hoppers, bins, and silos for reliable flow. *Chemical Engineering Progress*.
- [5] Ashby, M.F, L.J Gibson, U Wegst, and R Olive. 1995. “The Mechanical Properties of Natural Materials. I. Material Property Charts.” *Proceedings of the Royal Society of London. Series A: Mathematical and Physical Sciences* 450(1938): 123–40.
- [6] S. Kurniawan and A. Kusnayat, “Perancangan Hammer Pada Mesin Hammer Mill Menggunakan Metoda Discrete Element Modeling untuk Meningkatkan Kehalusan Peenggilingan Kulit Kopi,” *J. Rekayasa Sist. Ind.*, vol. 3, pp. 21–24, 2016.
- [7] Brennen, C. E. (2015). *Funnel Flow in Hoppers*. October 2015.