

PERANCANGAN PENGEMBANGAN DESAIN PENGANGKUT PADA MESIN HAMMER MILL MENGGUNAKAN METODE REVERSE ENGINEERING

DESIGNING THE DEVELOPMENT OF THE TRANSPORTER DESIGN ON THE HAMMER MILL MACHINE USING REVERSE ENGINEERING METHOD

Ferdi Setyono¹, Agus Kusnayat², Dino Caesaron³

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

Sebagai makhluk hidup pangan merupakan suatu kebutuhan yang perlu dipenuhi pada setiap waktunya. Alternatif pakan dari hasil sisa tani tau kebun sangat diperlukan untuk menunjang kebutuhan hewan ternak. Oleh karena itu perlu adanya alat bantu untuk mengolah hasil sisa tani tersebut menjadi pakan yang dapat dikonsumsi hewan. C.V. Kembar Mekar merupakan perusahaan dalam bidang pengolahan pangan, khususnya sebagai perusahaan pengolah hasil sisa tani menjadi pakan ternak. Perusahaan ini menggunakan *Hammer mill* sebagai alat giling bahan pada industri khususnya penggilingan bahan pakan ternak. Namun dalam proses pengolahannya ditemukan masalah terhadap pekerja yang bertugas sebagai memasukan bahan baku menuju lubang input. Hal tersebut dikarenakan desain eksisting yang tidak ergonomis yang menyebabkan pekerja mengalami *musculoskeletal disorder*. Lalu berdasarkan perhitungan RULA dan REBA didapatkan skor sebesar 7 dan 9 yang artinya memiliki resiko yang tinggi dan perubahan harus dilakukan. Oleh karena itu diperlukan suatu pengembangan desain pengangkut menggunakan *bucket elevator* pada mesin *hammer mill*. Pada Penelitian ini digunakan *Reverse engineering* yang merupakan sebuah proses pengembangan untuk memperbaiki atau menyempurnakan produk eksisting menjadi lebih baik. Hasil dari penelitian ini berupa rancangan *bucket elevator* sebagai alat untuk membantu mengangkut bahan baku menuju bagian atas yang bertujuan untuk mengurangi beban kerja pada operator, dan pembuatan *hopper* sebagai mekanisme pengaliran bahan baku menuju *bucket elevator* yang nantinya akan dialirkan menuju *discharge*.

Kata kunci: *Hammer Mill, Bucket Elevator, Hopper, RULA dan REBA, Reverse Engineering*

As a living being, food is a need that needs to be met at any time. Alternative feed from the results of the rest of the farm or garden is very necessary to support the needs of livestock. Therefore, it is necessary to have a tool to process the remaining agricultural products into feed that can be consumed by animals. C.V. Kembar Mekar is a company in the field of food processing, especially as a company processing agricultural waste into animal feed. This company uses a hammer mill as a tool for grinding materials in industry, especially milling animal feed ingredients. However, in the processing process, problems were found for the workers who served as inputting raw materials into the input holes. This is because the existing design is not ergonomic which causes workers to experience musculoskeletal disorders. Then based on the calculation of RULA and REBA, scores of 7 and 9 are obtained, which means they have a high risk and changes must be

made. Therefore, it is necessary to develop a carrier design using a bucket elevator on a hammer mill machine. In this research, reverse engineering is used, which is a development process to improve or improve existing products for the better. The results of this study are in the form of a bucket elevator design as a tool to help transport raw materials to the top which aims to reduce the workload on the operator, and the manufacture of a hopper as a mechanism for flowing raw materials to the bucket elevator which will later flow to discharge.

Keywords: Hammer Mill, Bucket Elevator, Hopper, RULA dan REBA, Reverse Engineering

1. Pendahuluan

Pangan merupakan sesuatu yang dibutuhkan oleh makhluk hidup. Selain manusia, contohnya seperti hewan ternak. Hewan ternak memerlukan asupan pakan disetiap harinya oleh karna itu sumber pangan harus dikendalikan oleh manusia agar hewan ternak dapat memenuhi kebutuhan akan pakan di setiap harinya. Hal ini juga bertujuan agar sumber daya alam dapat digunakan dengan maksimal

Hammer mill digunakan sebagai alat giling bahan pada industri pertanian, perumahan, dan peternakan khususnya penggilingan bahan pakan ternak. Penggilingan terjadi karena adanya tumbukan antara bahan yang dimasukkan dengan *hammer* yang berputar didalam *hammer mill*[1]. *Hammer mill* ini ditujukan sebagai alat pengolahan pakan dari hasil limbah sisa tani yang diolah dengan cara digiling sampai menjadi halus sehingga dapat menjadi pakan bagi hewan ternak. Tingkat kehalusan hasil gilingan dipengaruhi oleh ukuran, jumlah, *desain*, dan susunan *hammer* guna menentukan ukuran partikel yang diinginkan. Penempatan dan *desain hammer* ditentukan berdasarkan parameter operasi seperti kecepatan putaran rotor, tenaga mesin, serta area terbuka di saringan[2].

C.V. Kembar Mekar merupakan perusahaan penghasil pakan ternak berbahan baku hasil sisa tani. Hasil sisa tani ini digiling menggunakan *hammer mill* yang bertujuan untuk memperkecil ukuran dari bahan baku tersebut sehingga dapat dikonsumsi oleh hewan ternak. Dalam proses produksinya perusahaan

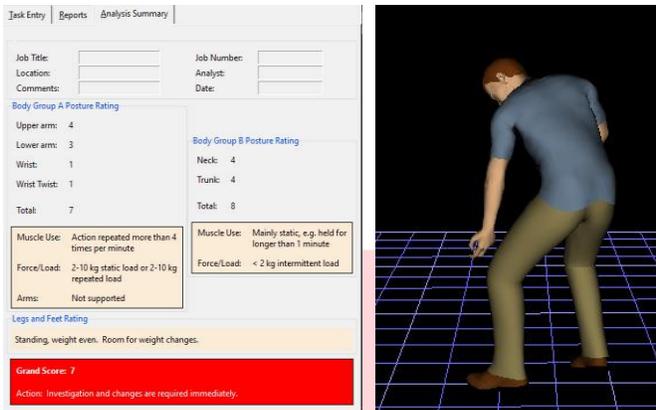
ini menggunakan panggung sebagai media penampungan bahan baku yang kemudian akan dialirkan ke mesin *hammer* yang berada dibawahnya. Panggung tersebut menggunakan material berupa kayu. Dalam pengoperasiannya panggung tersebut berisikan seorang operator yang bertugas untuk memasukan bahan baku menuju lubang input menggunakan sekop sebagai alat bantu.



Gambar 1 Postur Operator pada Panggung C.V. Kembar Mekar[3]

Berdasarkan hasil perhitungan REBA dan RULA pada operator yang bertugas untuk memasukan bahan baku, diperoleh skor REBA sebesar 9 dan RULA sebesar 7 yang menandakan bahwa operator tersebut memiliki resiko kerja yang tinggi dan perlu dilakukan perbaikan segera. Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, operator beresiko mengalami kelainan postur tubuh yang tidak ideal, kelainan otot pada saat mengangkat bahan baku menuju panggung, resiko kecelakaan kerja akibat tidak menggunakan alat pelindung diri (APD) saat bekerja, dan posisi

panggung yang berada diatas *hammer mill* membuat operator beresiko terjatuh atau terperosok ke dalam *hammer*.



Gambar 2. Analisis RULA Postur Tubuh Pekerja menggunakan *Software Jack*

Menurut Susanto[4] Kecelakaan kerja adalah suatu kejadian yang jelas tidak dikehendaki dan sering kali tidak terduga semula yang dapat menimbulkan kerugian baik waktu, harta benda atau properti maupun korban jiwa yang terjadi di dalam suatu proses kerja industri atau yang berkaitan dengannya.

Menurut Hartono[5], pekerja melakukan gerakan tangan berulang untuk jangka waktu yang lama dan sering kali disertai beban yang berat. Berdasarkan penelitian diatas didapatkan gejala *Upper Extremity Work-Related Musculoskeletal Disorders* (UEWMSDs). Kelainan UEWMSDs yang terbanyak adalah kumpulan gejala nyeri bahu yang timbul akibat adanya jepitan atau penekanan pada tendon. Faktor yang berhubungan dengan UEWMSDs adalah sikap dan posisi anggota tubuh pada waktu bekerja dengan skor RULA[6].

2. Dasar Teori/Metodologi/Perancangan

Reverse Engineering adalah sebuah proses pengembangan untuk memperbaiki atau menyempurnakan produk eksisting. *Reverse Engineering* merupakan proses analisa produk yang sudah ada sebagai acuan untuk merancang produk yang sudah ada dan sebagai acuan untuk merancang produk yang sejenis dengan memperkecil dan meningkatkan keunggulan

produk[7]. *Reverse engineering* dapat dilakukan di seluruh tahap proses dan bagian dari sebuah produk atau pada siklus apa pun. Ini mencakup rentang yang luas mulai dari implementasi yang ada, menciptakan desain, memecahkan persyaratan yang benar diterapkan oleh sistem subjek[8]. Metodologi *reverse engineering* dan *redesign* yang pertama kali ditemukan oleh Otto & Wood memiliki tiga fase yaitu *reverse engineering*, *modelling and analysis* dan *redesign*[9]. 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 kebutuhan pengguna yang ergonomis. Tahap selanjutnya adalah *redesign* yaitu tahapan untuk mendesain kembali rancangan *hopper* dengan konsep yang telah ditentukan sebelumnya. Tahap akhir yaitu melakukan *prototyping and testing* untuk melakukan simulasi menggunakan *software* dan membuktikan bahwa hasil rancangan kembali pada produk dapat menjadi solusi untuk permasalahan pada produk eksisting.

2.1. Reverse Engineering (Investigation, Prediction, Hypothesis)

Investigasi, prediksi, dan hipotesis adalah tahapan awal dalam metode *reverse engineering* yang bertujuan untuk memperjelas wilayah sistem pengembangan rancangan mesin dan dilanjutkan dengan mengidentifikasi kebutuhan kebutuhan serta memprediksi fungsi produk dan input outputnya. Hal ini untuk memahami rencana penggunaan produk selama berbagai kondisi operasi, sementara mempertahankan secara kiasan dan harfiah sangat sedikit pengetahuan tentang komponen internal produk.

Ada beberapa teknik yang telah dikembangkan dan diterapkan untuk mengumpulkan daftar kebutuhan pelanggan ialah penggunaan langsung produk, menyebarkan kuesioner, dan memegang diskusi kelompok terfokus, dan melakukan wawancara[10].

2.2. Modeling & Analysis

Tahapan ini merupakan desain dan analisis dari spesifikasi komponen eksisting yang akan dilakukan perbaikan. Desain dirancang dalam bentuk yang telah ditentukan pada tahap sebelumnya berdasarkan hasil investigasi, prediksi, dan hipotesa yang telah diperoleh. Kemudian desain tersebut diuji serta dilakukan analisis untuk mengetahui tingkat kekuatan, pola alur, dsb.

2.3.Redesign

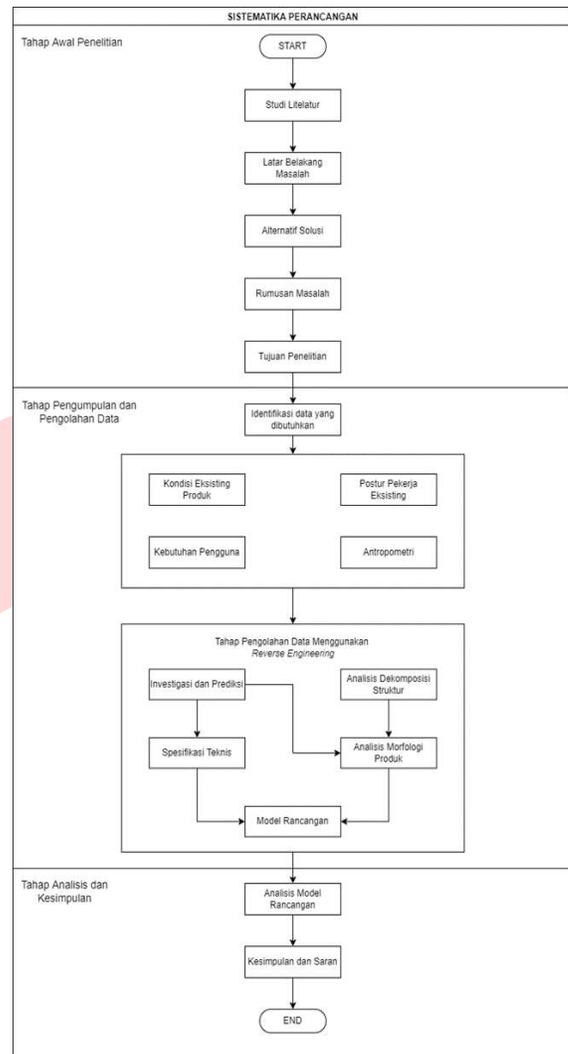
Tahapan ini memiliki tiga fase yaitu *parametric*, *adaptive*, dan *original*. Pada fase *original design* melakukan pembentukan desain awal produk, lalu melakukan fase *adaptive design* dengan melakukan analisis pada fase *original design*, dan melakukan fase *parametric design* dengan melakukan verifikasi dan kalibrasi sesuai hasil pada fase *adaptive design*

2.4.Hammer Mill

Hammer mill adalah mesin untuk menghancurkan bahan keras dan tepung. Dengan memodifikasi bentuk *hammer* dan memvariasikan kecepatan putaran motor diharapkan dapat menghancurkan cangkang menjadi bubuk dengan dimensi produk yang berbeda. Pengembangan kebutuhan untuk produksi pakan ternak dan unggas memerlukan usaha lebih dalam menambah dan menjaga *feeding crop*. *Hammer mill* digunakan pada banyak aktivitas pengurangan ukuran partikel karena cara kerja yang sederhana, mudah dioperasikan, dan biaya perawatan yang rendah[11].

2.5.Model Konseptual

Sistematika perancangan ini dibuat sebagai alur pedoman untuk menyelesaikan penelitian ini.



Gambar 3. Sistematika Perancangan

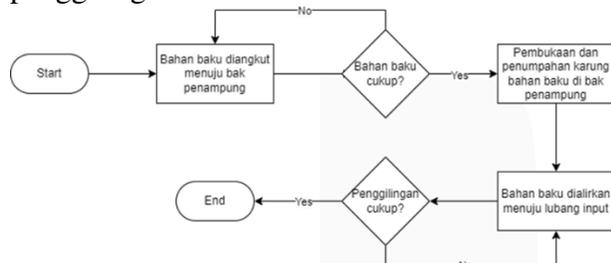
Hal ini berfungsi sebagai batasan dan ruang lingkup penelitian dari awal hingga akhir. Sistematika perancangan pada penelitian ini melalui beberapa tahapan seperti tahap awal penelitian yang bertujuan untuk menjelaskan latar belakang permasalahan dalam menentukan *gap* permasalahan tersebut, kemudian tahap pengumpulan dan pengolahan data yang bertujuan untuk mengumpulkan data data yang dibutuhkan serta mengolah data tersebut menjadi data yang dapat menerjemahkan hasil, selanjutnya tahap analisis dan kesimpulan, tahap ini bertujuan untuk memberikan verifikasi pada hasil pengolahan data serta merangkum keseluruhan hasil dari penelitian ini. Berikut

merupakan penjelasan dalam setiap urutan sistematika perancangan

3. Petunjuk Umum Penulisan Naskah Manuskrip

3.1. Investigasi dan Prediksi

Hammer mill adalah mesin untuk menghancurkan bahan keras menjadi tepung. *Hammer mill* merupakan alat yang berfungsi untuk memperkecil ukuran bahan baku produksi hingga menjadi partikel-partikel tepung yang lebih halus. Berdasarkan aliran kerja mesin *hammer mill* eksisting. Seperti yang telah dijelaskan dalam deskripsi data pada kondisi eksisting mesin, mesin tersebut memiliki panggung untuk menampung bahan baku yang akan diolah. Dengan memperkerjakan seorang operator untuk memasukkan bahan baku tersebut menuju lubang penggilingan.



Gambar 4. Aliran Kerja Eksisting

Hasil identifikasi kebutuhan pengguna berdasarkan hasil wawancara dalam penulisan penelitian terdahulu pada CV. Kembar Mekar. Lalu hasil wawancara tersebut diolah dan menghasilkan prediksi fungsional yang kemudian digunakan sebagai acuan dalam proses pemilihan konsep terpilih.

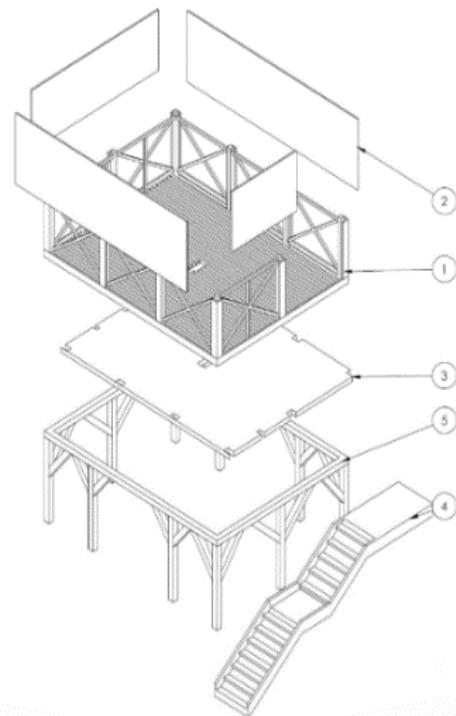
Tabel 1. Prediksi Fungsional

Atribut Produk	Prediksi Fungsional
Rancangan mesin dapat mencegah kaki terperosok	Mekanisme rancangan yang membuat pekerja tidak beresiko terperosok
Rancangan mesin dapat menampung beban sesuai harapan	Kapasitas penampung bahan baku yang kuat

Atribut Produk	Prediksi Fungsional
Rancangan mesin memfasilitasi pengangkutan bahan baku keatas bak	Mekanisme pengangkutan bahan baku otomatis
Rancangan mesin mendukung postur tubuh yang ideal	Mekanisme pengaturan aliran bahan baku
	Nilai REBA kurang dari sama dengan 7

3.2. Analisis Dekomposisi Produk

Tahap ini merupakan tahap pelepasan atau pemisahan setiap komponen (*part*) dari produk eksisting yang menjelaskan peranan komponen yang ada. Pada tahap ini juga dapat diketahui fungsi fungsi utama yang nantinya dapat menjadi acuan untuk perbaikan pada tahap selanjutnya. Berikut merupakan analisis dekomposisi perancangan produk eksisting.



Gambar 5 Komposisi Produk Eksisting

Berdasarkan gambar diatas dapat diketahui bahwa produk eksisting tersebut disusun berdasarkan 5 komponen utama. Dari

gambar *explode view* diatas diperoleh *bill of material* seperti pada tabel berikut ini;

Tabel 2. *Bill Of Material*

NO ITEM	PART NUMBER	QTY	MATERIAL
1	Frame	1	Wood
2	Cover bak	4	Wood
3	Alas bak	1	Wood
4	Tangga	1	Wood
5	Penopang bawah	8	Wood

3.3. Spesifikasi Teknis

Spesifikasi teknis ini dirujuk pada kebutuhan pengguna yang sebelumnya sudah dijelaskan pada tahap deskripsi data. Berikut ini merupakan standar perancangan berdasarkan standar yang telah ditentukan dan kebutuhan pemangku kepentingan.

Tabel 3. Spesifikasi Teknis

No.	Kriteria	Keterangan
1.	Kapasitas	Kapasitas penampungan > 15 ton
2.	Fasilitas/fitur	Fitur untuk mengangkut bahan baku otomatis
3.	Ketentuan	Mencegah kaki terperosok Mendukung postur tubuh yang ideal

3.4. Analisis Morfologi Produk

Pemetaan morfologi dilakukan dengan cara memberikan beberapa alternatif yang memungkinkan untuk membandingkan atau mengganti morfologi bentuk rancangan. Proses pemilihan analisis morfologi ini diperoleh berdasarkan kebutuhan pengguna (*user needs*), prediksi fungsional, serta perbandingan rancangan penelitian dengan kondisi rancangan yang telah ada (*benchmark*).

Function	Current	Alternatif		
		Opsi 1	Opsi 2	Opsi 3
Sistem Pengangkut				
Mekanisme Pengaliran				
Mekanisme Pengangkut				

Gambar 6. Analisis Morfologi Produk[12], [13]

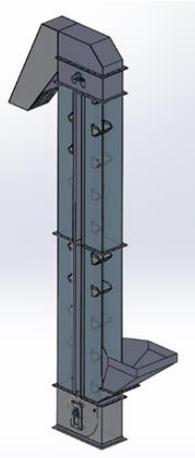
Berdasarkan tabel kombinasi diatas terdapat 27 kombinasi berdasarkan tiga opsi dari masing masing fungsi. Dapat diketahui juga ditemukan ketidaksesuaian antar opsi, kombinasi menggunakan mekanisme pengaliran menggunakan *hopper (transition)* karena dianggap tidak sesuai dengan fungsi sistem pengangkutan. Hal tersebut dikarenakan ketidaksesuaian bentuk *hopper* dengan sistem pengangkut. Oleh karena itu kombinasi tersebut dieleminasi pada tahap ini, kemudian terdapat 18 kombinasi dilanjutkan menuju tahap selanjutnya.

3.5. Model Rancangan

3.5.1. Hasil Rancangan

Hasil rancangan merupakan tahap hasil dari konsep terpilih berdasarkan tahapan tahapan seleksi menggunakan *concept screening* dan *concept scoring*. Hasil rancangan terpilih tersebut diadaptasi dengan menyesuaikan kombinasi bentuk terpilih dengan komponen

lainnya, sehingga mendapatkan hasil rancangan yang diinginkan.



Gambar 8. Desain Hasil Rancangan (*Bucket Elevator*)

REBA Employee Assessment Worksheet

A. Neck, Trunk and Leg Analysis

Step 1: Locate Neck Position. Neck Score: +1

Step 2: Locate Trunk Position. Trunk Score: +1

Step 3: Legs. Leg Score: +1

Step 4: Look-up Posture Score in Table A. Score: 3

Step 5: Add Foreload Score. Score: 4

Step 6: Score A, Find Row in Table C. Score: 6

B. Arms and Wrist Analysis

Step 7: Locate Upper Arm Position. Score: +4

Step 8: Locate Lower Arm Position. Score: +2

Step 9: Locate Wrist Position. Score: +1

Step 10: Look-up Posture Score in Table B. Score: 5

Step 11: Add Coupling Score. Score: 1

Step 12: Score B, Find Column in Table C. Score: 6

Final REBA Score: 7

Gambar 9. Perhitungan REBA *Worksheet*

Berdasarkan hasil gambar diatas dilakukan perhitungan REBA secara manual. Kemudian didapatkan nilai perhitungan REBA sebesar 7 yang artinya postur tubuh memiliki kecenderungan lebih baik dibandingkan dengan kondisi postur tubuh operator pada mesin eksisting yang memiliki nilai REBA 9.



Gambar 7. Postur Pekerja Usulan

Jack Software Interface

Job Title: _____ Location: _____ Date: _____

Body Group A Posture Rating: Upper arms: 4, Lower arms: 2, Wrist: 1, Neck: 1, Trunk: 1, Total: 8

Body Group B Posture Rating: Neck: 1, Trunk: 1, Total: 2

Muscle Use: Mainly static, e.g. held for longer than 1 minute. Force/Load: More than 10 kg static, Shock forces. Arms: Not supported.

Legs and Feet Rating: Standing, weight even. Room for weight changes.

Grand Score: 5

Gambar 10. Perhitungan RULA usulan menggunakan *Software Jack*

Kemudian berdasarkan hasil perhitungan RULA menggunakan *software jack* didapatkan nilai sebesar 5 dengan kondisi beban yang diangkut > 10 kg secara statis, dengan kondisi gaya kejut. Diperoleh hasil yang lebih baik dibandingkan dengan kondisi eksisting yang semua sebesar 7.

3.5.2. Analisis Hasil Rancangan

Selanjutnya analisis postur tubuh antara perbandingan sebelum dan sesudah implementasi kemudian rancangan dikaitkan dengan rumusan masalah penelitian.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil proses perancangan dan analisis menggunakan metoda *reverse engineering* diatas dapat disimpulkan bahwa

hasil pengembangan rancangan lebih baik dan dapat menjadi solusi dibandingkan produk eksisting. Hal tersebut dapat diketahui berdasarkan hasil perhitungan perbandingan RULA dan REBA yang sebelumnya RULA sebesar 7 dan REBA sebesar 9 menjadi RULA sebesar 5 dan sebesar 7 dengan beban yang diangkat sebesar 2 kg secara berulang pada rancangan eksisting dan 25 kg pada rancangan usulan.

Daftar Pustaka

- [1] S. Kurniawan and A. Kusnayat, "Perancangan Hammer Pada Mesin Hammer Mill Menggunakan Metoda Discrete Element Modelling Untuk Meningkatkan Kehalusan Penggilingan Kulit Kopi," *J. Rekayasa Sist. Ind.*, vol. 3, no. 04, p. 21, 2017, doi: 10.25124/jrsi.v3i04.223.
- [2] M. Hoque, S. Sokhansanj, L. Naimi, B. Xiaotao, L. Jim, and A. R. Womac, "Review and analysis of performance and productivity of size reduction equipment for fibrous materials," *2007 ASABE Annu. Int. Meet. Tech. Pap.*, vol. 12 BOOK, no. 07, 2007, doi: 10.13031/2013.23342.
- [3] N. Mamduh, "7 Serangan Malware Paling Merusak dan Mematikan," *Telset*, 2021. <https://telset.id/ngehits/serangan-malware-paling-merusak-dan-mematikan/>.
- [4] J. Suwanto, "Hammer Mill, Bucket Elevator, Hopper, RULA dan REBA, Reverse Engineering," no. June, 2016.
- [5] V. Tiogana and N. Hartono, "Analisis Postur Kerja dengan Menggunakan REBA dan RULA di PT X," *J. Integr. Syst.*, vol. 3, no. 1, pp. 9–25, 2020, doi: 10.28932/jis.v3i1.2463.
- [6] T. I. Oesman, E. Irawan, and P. Wisnubroto, "Analisis Postur Kerja dengan RULA Guna Penilaian Tingkat Risiko Upper Extremiti Work-Related Musculoskeletal Disorders. Studi Kasus PT. Mandiri Jogja Internasional," *J. Ergon. Indones. (The Indones. J. Ergon.)*, vol. 5, no. 1, p. 39, 2019, doi: 10.24843/jei.2019.v05.i01.p06.
- [7] B. D. Wibowo, "Memahami Reverse Engineering Melalui Pembongkaran Produk Di Program S-1 Teknik Mesin," *Tek. mesin, UNDIP*, vol. 4, no. 1, pp. 20–31, 2006.
- [8] E. ul Haq *et al.*, "Do Dentists Have Awareness of COVID-19 and Are They Ready for Safe Practice?," *Asia-Pacific J. Public Heal.*, vol. 33, no. 4, pp. 465–466, 2021, doi: 10.1177/10105395211001703.
- [9] K. N. Otto and K. L. Wood, "A reverse engineering and redesign methodology for product evolution," *Proc. ASME Des. Eng. Tech. Conf.*, vol. 4, no. August, 1996, doi: 10.1115/96-DETC/DTM-1523.
- [10] S. D. Eppinger, C. H. Fine, and K. T. Ulrich, "Interdisciplinary Product Design Education," *IEEE Trans. Eng. Manag.*, vol. 37, no. 4, pp. 301–305, 1990, doi: 10.1109/17.62330.
- [11] K. Gabrianto, R. Perdana, A. Kusnayat, Y. Nugroho, and D. Yekti, "SIMULASI PENGARUH INSTALASI SECONDARY BLADE TERHADAP ALIRAN UDARA MESIN HAMMERMILL SIMULATION THE EFFECT OF SECONDARY BLADE TO HAMMERMILL MACHINE ' S AIR FLOW," pp. 1–4.
- [12] P. Tu and V. Vimonsatit, "Concrete silos: Failures, design issues and repair/strengthening methods," *Appl. Sci.*, vol. 11, no. 12, 2021, doi: 10.3390/app11125675.
- [13] A. SPIVAKOVSKY and V. DYACHKOV, "Conveyors and related equipment," *Conveyors and Related Equipment*, vol. 248, no. 3. p. 268, 1949, doi: 10.1016/0016-0032(49)90233-1.