

RANCANGAN ARSITEKTUR MESIN PEMECAH KEDELAI KERING UNTUK KEMUDAHAN PERAKITAN MENGGUNAKAN METODE *BOOTHROYD DEWHURST*

DESIGN ARCHITECTURE PRODUCT OF MACHINE SOYBEAN BREAKER FOR EASILY ASSEMBLY USING *BOOTHROYD DEWHURST* METHOD

Nikki Rizky Pradipta¹, Rino Andias Anugraha², Muhammad Iqbal³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Industri, Fakultas Rekayasa Industri, Telkom University

¹nikkirizky@student.telkomuniversity.ac.id, ²rinoandias@telkomuniversity.ac.id,

³muhiqbal@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Obsevasi telah dilakukan pada proses pemecah kedelai kering, presentase terjadinya *defect* dalam 1 siklus pengolahan tempe masih tinggi, yaitu rata-rata 15% kedelai cacat dalam 1 siklus pengolahannya. Penelitian sebelumnya telah menghasilkan konsep optimal yang menjadi dasar pembuatan arsitektur produk. Tujuan selanjutnya yaitu melakukan *re-design* pada mesin eksiting dengan melihat aspek kemudahan dalam perakitan, menggunakan metode *Boothroyd Dewhurst* pendekatan untuk menghasilkan desain yang baru dan optimal, arsitektur produk menentukan elemen fungsional produk akan dipengaruhi oleh perubahan pada komponen tertentu, dan komponen mana yang harus diubah untuk mencapai perubahan yang diinginkan ke elemen fungsional produk (Ulrich Eppinger, 1995 p 419-440).

Kata kunci: Arsitektur Produk, *Design for Manual Assembly*, Mesin Pemecah Kedelai Kering

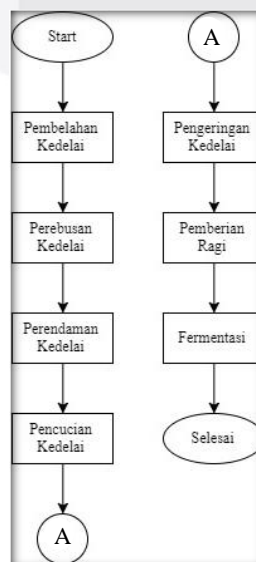
Abstract

Obsevation has been done on dry soybean breaker process, percentage of defect occurrence in 1 cycle of tempe processing is still high, that is average 15% of defect soybeans in 1 processing cycle. Previous research has resulted optimum concept which become base of making of product architecture. The next objective is to re-design the exciting machine by looking at the ease of assembly, using the Boothroyd Dewhurst approach to generate new and optimal designs, the product architecture determines the functional elements of the product to be affected by changes in certain components, and which components should be changed to achieve the desired change to the functional elements of the product (Ulrich Eppinger, 1995 p 419-440).

Keywords: Architecture Product, *Design for Manual Assembly*, Mechine Soybean Breaker

1. Pendahuuan

Berdasarkan hasil pengamatan awal, dibutuhkan air sebanyak 471 liter untuk proses penyaringan kulit ari. Serta diperlukan waktu 90 hingga 120 menit untuk penyaringan kulit ari. Pada proses ini, kulit ari terlepas dari kedelai dalam keadaan kering dan kulit ari harus dipisahkan menggunakan kipas angin secara manual. Setelah itu barulah dilakukan proses perebusan dan perendaman. Sehingga alur proses produksi tempe menjadi yang ditunjukkan oleh Gambar 1.1



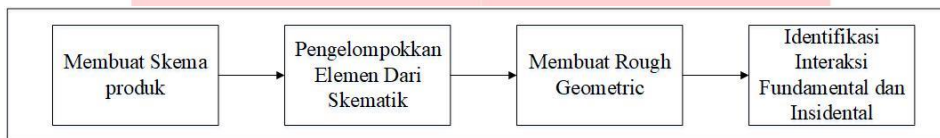
Gambar 1.1 Alur Pembuatan Tempe

Obsevasi telah dilakukan pada proses pemecah kedelai kering Rumah Tempe Zamada presentase terjadinya *defect* dalam 1 siklus pengolahan tempe masih tinggi, yaitu rata-rata 15% kedelai cacat dalam 1 siklus pengolahannya. Penelitian sebelumnya telah menghasilkan konsep yang menjadi dasar pembuatan arsitektur produk. Tujuan selanjutnya yaitu melakukan *re-design* pada mesin eksiting dengan melihat aspek kemudahan dalam perakitan atau pembongkaran, menggunakan metode *Boothroyd Dewhurst* pendekatan untuk menghasilkan desain yang baru, arsitektur produk menentukan elemen fungsional produk akan dipengaruhi oleh perubahan pada komponen tertentu, dan komponen mana yang harus diubah untuk mencapai perubahan yang diinginkan ke elemen fungsional produk [1].

2. Metodologi

2.1 Arsitektur Product

Arsitektur produk didefinisikan sebagai kemajuan pembangunan. Beberapa elemen fisik didasarkan oleh konsep produk, dan yang lainnya didefinisikan selama tahap perancangan konsep produk. Elemen fisik suatu produk biasanya disusun menjadi beberapa bentuk fisik, yang biasa disebut *chunk*. [1]. Berikut adalah tahapan pembuatan arsitektur produk :



Gambar 2.1 Tahap Pembuatan Arsitektur Produk

2.2 Design for Manual Assembly Method

Design For Assembly (DFA) merupakan salah satu metoda perencanaan *assembling* yang akan menganalisa desain komponen maupun produk secara keseluruhan, yang dimulai dari awal proses desain, sehingga kesulitan – kesulitan perakitan dapat diminimalisir sebelum komponen di produksi[4]. Proses *manual assembly* dibagi dalam dua bagian yaitu :

- 1) *Handling (acquiring, orienting and moving the part)*
- 2) *Insertion dan Fastening*

2.3 Tabel Matrik Boothroyd-Dewhurst

Berikut adalah *worksheet* berdasarkan percobaan – percobaan oleh Boothroyd-Dewhurst dari seluruh hambatan dan kesulitan tersebut, didapatkan nilai dari beberapa kombinasi kondisi dan disusun kedalam bentuk tabel matrik *manual handling* dan *manual insertion* [11]

| <i>Items Name</i> | <i>Number of item (RP)</i> | <i>Handling Code</i> | <i>Handling Time (TH)</i> | <i>Insertion Code</i> | <i>Insertion Time (TI)</i> | <i>Total Time (s) (RP)*(TH+TI)</i> | <i>Min. Part</i> |
|-------------------|----------------------------|----------------------|---------------------------|-----------------------|----------------------------|------------------------------------|------------------|
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| Total | | | | | | | |

Gambar 2.2 Tabel Matrik Boothroyd-Dewhurst

Beberapa penjelasan mengenai tabel sebagai berikut :

a. *Number of items (RP)*

Number of items merupakan jumlah dari *part* yang sama.

b. Handling code

Handling code merupakan dua digit angka yang digunakan untuk menentukan waktu *handling* pada tabel estimasi *handling time*. Penentuan *handling code* ini tergantung pada spesifikasi yang dimiliki *part*.

c. Handling time (TH)

Handling time merupakan waktu yang dibutuhkan untuk penanganan (*handling*) dari *part*. Handling time ini didapatkan berdasarkan *handling code*.

d. Insertion code

Insertion code merupakan dua digit angka yang digunakan untuk menentukan waktu *handling* pada tabel estimasi *insertion time* pada Lampiran 2b. Penentuan *insertion code* ini tergantung kepada efek – efek yang mempengaruhi sewaktu *insertion*.

e. Insertion time (TI)

Insertion time merupakan waktu yang dibutuhkan untuk penggabungan suatu *part* ke bagian *part* yang akan dirakit. Insertion time ini didapat berdasarkan *insertion code*.

f. Total time

Total time merupakan *Number of item* (RP) dikalikan dengan penambahan dari *handling time* (TH) dan *insertion time* (TI).

g. Minimum of part

Minimum of part ini ditentukan berdasarkan salah satu ketentuan yang telah disebutkan pada teori dasar.

2.4 Efisiensi Perakitan

Untuk menghitung nilai efisiensi perakitan dari suatu produk dapat menggunakan persamaan berikut :

$$E_{ma} = \frac{N_{min} \cdot t_a}{t_{ma}}$$

Keterangan :

Nmin = Theoretical minimum number of parts

ta = Basic assembly time for one part (3s)

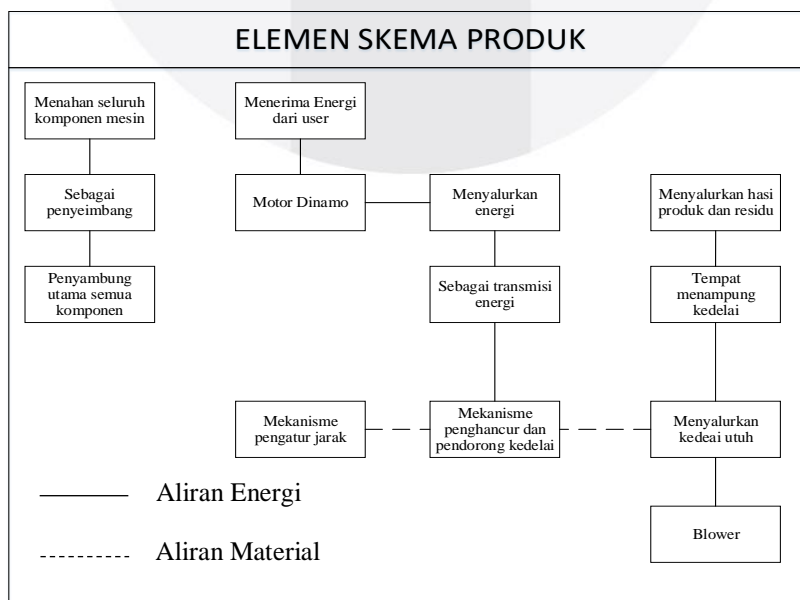
tma = Estimated time to complete

3. Pembuatan Arsitektur Produk dan Perhitungan Efficiency Index

Berikut tahap pembuatan arsitektur produk mesin pemecah kedelai kering usulan beserta perhitungan perakitan

3.1 Skematik Produk

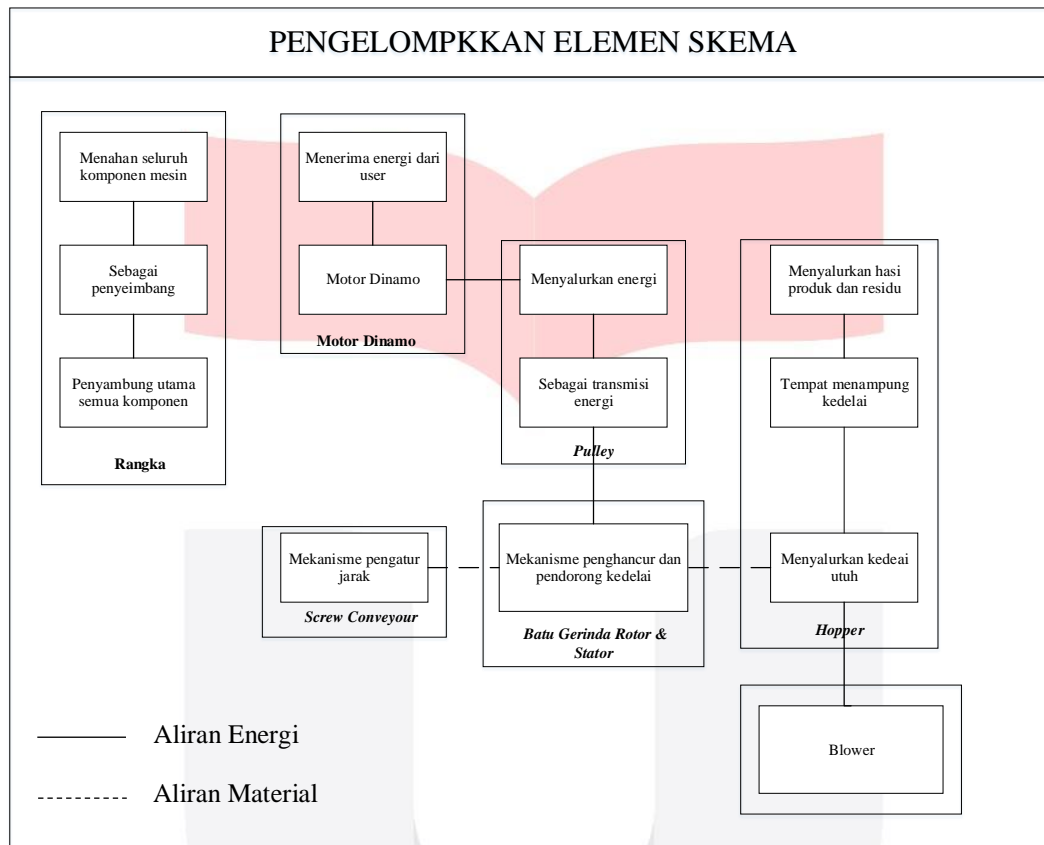
Skema produk menjelaskan aliran proses yang terjadi pada setiap elemen penyusun produk. Skema produk beserta aliran proses dapat ditunjukkan dengan menggunakan tiga jenis garis.



Gambar 3.1 Elemen Skema

3.2 Geometris Produk

Tahap ini mengelompokkan setiap elemen dalam skema menjadi sebuah chunk. Pengelompokkan ini bertujuan agar yang awalnya hanya berupa elemen fungsional, sekarang telah dikelompokkan dalam beberapa chunk yang nantinya akan dibuat menjadi elemen fisik. Elemen fungsi telah dikelompokkan menjadi beberapa chunk yaitu rangka, motor dynamo, pulley, batu gerinda stator dan rotor, *screw conveyour*, hopper, blower, saluran produk dan saluran residu. Semua chunk tersebut nanti akan menjadi elemen fisik penyusun produk.



Gambar 3.2 Pengelompokkan Elemen Skema

3.3 Pengelompokkan Chunk Akhir

Setelah membuat elemen fungsi dan elemen fisiknya maka akan dikelompokkan menjadi beberapa chunk penyusun komponen produk yang kita buat dengan beberapa faktor yang telah terpilih yaitu :

1. Rangka

Geometric Integration and Precision, Function Sharing, semua ukuran lubang yang terdapat pada rangka harus sesuai dengan ukuran baut semua komponen lain yang terhubung ke rangka.

2. Motor Dinamo

A Trusted Vendor, kualitas dinamo dan kecepatan dinamo harus dipertimbangkan karena akan mempengaruhi kinerja keseluruhan mesin

3. Pulley

Function Sharing, digunakan untuk menyalurkan energi atau transmisi daya dari motor dinamo untuk menggerakkan batu gerinda

4. Screw Conveyour

Geometric Integration and Precision, Function Sharing, ukuran screw conveyour harus sesuai dengan ukuran ubang agar posisinya bisa diatur sesuai dengan kebutuhan

5. Hopper

Geometric Integration and Precision, Function Sharing dan alokasi perubahan, sudut hopper harus dibuat dengan sudut yang telah ditentukan agar kedelai bisa terakomodasi dengan baik dan agar hasilnya sempurna dan dapat menyalurkan kedelai

6. Batu Gerinda Stator dan Rotor

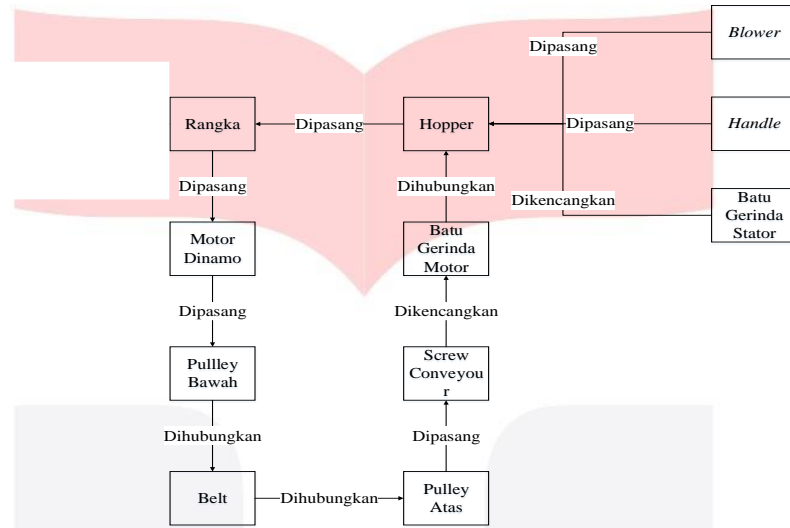
Function Sharing, batu gerinda mempunyai peran untuk menghancurkan atau memisahkan kedelai dengan kulit arinya, hal tersebut bisa terjadi karena batu gerinda stator dan batu gerinda rotor bergesekan sehingga menyebabkan kedelai terbelah sempurna

7. Blower

A *Trusted Vendor*, kualitas blower harus dipertimbangkan karena akan mempengaruhi tekanan udara yang dibutuhkan untuk memisahkan kedelai dengan kulit arinya.

3.4 *Interaksi Fundamental*

Identifikasi interaksi antar *chunk* dilakukan untuk mengetahui hubungan interaksi yang direncanakan dan tidak direncanakan. Untuk mengetahui interaksi *fundamental* atau hubungan yang terjadi antar komponen mesin pemecah kedelai kering untuk dapat berfungsi dengan benar.



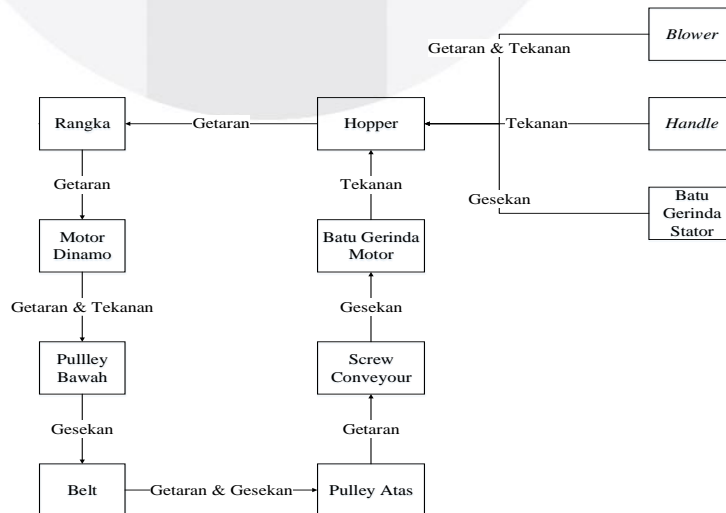
Gambar 3.3 Interaksi Fundamental

3.5 *Rough Geometric*

Susunan geometris mesin pemecah kedelai kering ini dibuat dengan model gambar dua dan tiga dimensi menggunakan pemodelan computer SolidWorks 2015. Pembuatan susunan geometris bertujuan untuk mempertimbangkan kemungkinan dilakukannya *interface* geometris dengan mengusahakan hubungan dimensional diantara banyaknya *chunk*.

3.6 *Interaksi Insidental*

Dengan implementasi fisik dari elemen fungsional akan memunculkan interaksi insidental pada mesin pemecah kedelai kering. Berikut interaksi insidental yang terjadi pada mesin pemecah kedelai kering.



Gambar 3.4 Interaksi Insidental

3.7 Perhitungan Estimasi Waktu Perakitan Arsitektur Mesin Eksisting

Tabel hasil perhitungan estimasi waktu perakitan prototipe mesin pemecah kedelai kering eksisting secara teori

Tabel 3.1 Perhitungan Waktu Perakitan Arsitektur Mesin Eksisting

| No | Part | Usage | Alpha | Beta | A+B | Handling Code | Hadling Time | Insertation Code | Insertation Time | Total Time |
|-------|-----------------------|-----------------------------|-------|------|-----|---------------|--------------|------------------|------------------|------------|
| 1 | Motor Dinamo | Sumber energi | 180 | 180 | 360 | 9 3 | 3 | 0 0 | 1,5 | 4,5 |
| 2 | Rangka | Penahan Mesin | 180 | 180 | 360 | 9 3 | 3 | - | 1 | 4 |
| 3 | <i>Pulley Atas</i> | Transmisi daya | 0 | 180 | 180 | 0 2 | 1,43 | 3 8 | 6 | 7,43 |
| 4 | <i>Pulley Bawah</i> | Transmisi daya | 0 | 180 | 180 | 0 2 | 1,43 | 3 8 | 6 | 7,43 |
| 5 | <i>Screw Conveyor</i> | Pendorong kedelai | 360 | 360 | 720 | 3 5 | 2,73 | 4 8 | 8,5 | 11,23 |
| 6 | <i>Hopper</i> | Penampung Kedelai | 90 | 180 | 270 | 9 6 | 4 | 9 5 | 8 | 12 |
| 7 | Batu Gerinda Stator | Mekanisme Penghancur Kedeai | 0 | 180 | 180 | 8 0 | 4,1 | 1 9 | 10 | 14,1 |
| 8 | Batu Gerinda Rotor | Mekanisme Penghancur Kedeai | 0 | 180 | 180 | 8 0 | 4,1 | 1 9 | 10 | 14,1 |
| 9 | <i>Tutup Hopper</i> | Penutup Hopper | 180 | 180 | 360 | 8 1 | 4,5 | 5 8 | 10 | 14,5 |
| 10 | <i>Holder</i> | Penahan screw conveyour | 180 | 90 | 270 | 6 2 | 4,55 | 3 8 | 6 | 10,55 |
| 11 | Handle | Pengatur Panjang | 360 | 360 | 720 | 7 2 | 5,85 | 2 6 | 9,5 | 15,35 |
| 12 | Mur | <i>Fastener</i> | 360 | 0 | 360 | 0 1 | 1,8 | 3 8 | 6 | 7,8 |
| 13 | Baut | <i>Fastener</i> | 360 | 0 | 360 | 1 0 | 1,5 | 0 6 | 5,5 | 7 |
| Total | | | | | | | | | | 130 |

3.8 Perhitungan Estimasi Waktu Perakitan Mesin Usulan

Tabel hasil perhitungan estimasi waktu perakitan prototipe mesin pemecah kedelai kering usulan secara teori

Tabel 3.2 Perhitungan Estimasi Waktu Perakitan Mesin Usulan

| No | Part | Usage | Alpha | Beta | A+B | Handling Code | Hadling Time | Insertation Code | Insertation Time | Total Time |
|-------|-----------------------|-----------------------------|-------|------|-----|---------------|--------------|------------------|------------------|------------|
| 1 | Motor Dinamo | Sumber energi | 180 | 180 | 360 | 9 3 | 3,0 | 0 0 | 1,5 | 4,5 |
| 2 | Rangka | Penahan Mesin | 180 | 180 | 360 | 9 3 | 3,0 | - | 1 | 4 |
| 3 | <i>Pulley Atas</i> | Transmisi daya | 0 | 180 | 180 | 0 2 | 1,4 | 3 8 | 6 | 7,43 |
| 4 | <i>Pulley Bawah</i> | Transmisi daya | 0 | 180 | 180 | 0 2 | 1,4 | 3 8 | 6 | 7,43 |
| 5 | <i>Screw Conveyor</i> | Pendorong kedelai | 360 | 360 | 720 | 3 5 | 2,7 | 4 8 | 8,5 | 11,23 |
| 6 | <i>Hopper</i> | Penampung Kedelai | 360 | 360 | 720 | 9 7 | 5,0 | 9 5 | 8 | 13 |
| 7 | Batu Gerinda Stator | Mekanisme Penghancur Kedeai | 0 | 180 | 180 | 8 0 | 4,1 | 1 9 | 10 | 14,1 |
| 8 | Batu Gerinda Rotor | Mekanisme Penghancur Kedeai | 0 | 180 | 180 | 8 0 | 4,1 | 1 9 | 10 | 14,1 |
| 9 | <i>Blower</i> | Mekanisme Pemisah | 360 | 360 | 720 | 8 3 | 5,6 | 0 7 | 7 | 12,6 |
| 10 | Mur | <i>Fastener</i> | 360 | 0 | 360 | 0 1 | 1,8 | 3 8 | 6 | 7,8 |
| 11 | Baut | <i>Fastener</i> | 360 | 0 | 360 | 1 0 | 1,5 | 0 6 | 5,5 | 7 |
| Total | | | | | | | | | | 103,19 |

3.9 Perhitungan Efficiency Index Mesin Eksisting dan Usulan

Perhitungan ini dilakukan untuk mengetahui nilai *efficiency index* dari masing – masing arsitektur produk, hasil dari perhitungan dibandingkan dan hasil terbesar mengindikasikan bahwa arsitektur produk tersebut adalah yang terbaik.

- Perhitungan nilai *efficiency index* arsitektur produk mesin eksisting

$$E_{ma} = \frac{3 \times 12}{130} = 0,276$$

- Perhitungan nilai *efficiency index* arsitektur produk mesin usulan

$$E_{ma} = \frac{3 \times 12}{111,19} = 0,320$$

Hasil perhitungan nilai efisiensi perakitan membuktikan nilai perhitungan mesin usulan lebih baik daripada mesin eksisting yaitu sebesar 0,320. Dapat dikatakan bahwa desain mesin usulan lebih baik daripada mesin eksisting.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengolahan data, analisis data dan hasil dari setiap tahapan, diperoleh simpulan yang mengacu pada tujuan untuk menyelesaikan masalah yang diangkat dalam kajian ini. Simpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Perubahan desain mesin pemecah kedelai kering dengan ada tambahan beberapa part sebagai hasil perubahan arsitektur produknya. Penambahan *blower* pada mesin usulan memudahkan pemisahan kedelai hasil produksi dengan kulit ari hasil produksi. Pemindahan beberapa posisi part dilakukan agar desain tersebut lebih mudah dibongkar atau dirakit.
2. Nilai perhitungan waktu perakitan menunjukkan bahwa desain usulan lebih baik daripada mesin eksisting, hal itu dibuktikan dari nilai *efficiency index* mesin usulan lebih besar daripada hasil perhitungan mesin eksisting.

5. Daftar Pustaka

- [1] K. Ulrich and S. Eppinger, *Product Design and Development*, New York: The McGraw-Hill, 2012.
- [2] Y. Haik and T. Shahin, *Engineering Design Process*, USA: Global Engineering, 2010.
- [3] "Wikipedia," 2018. [Online]. Available: <https://id.wikipedia.org/wiki/Tempe>.
- [4] R. Ilyandi, D. Arief and T. I. Abidin, "ANALISIS DESIGN FOR ASSEMBLY (DFA) PADA PROTOTYPE MESIN PEMISAH SAMPAH MAERIAL FERROMAGNETIK DAN NON FERROMAGNETIK," *Jurusan Teknk Mesin*, p. 10, 2015.
- [5] A. Zuheri, "STRUCTURAL AND OPERATION COMPLEXITY OF MANUAL ASSEMBLY SYSTEMS," *School of Engineering*, p. 8, 2013.
- [6] I. Pura, R. Anugraha and Y. Yekti, "PENGUJIAN DAN PERBAIKAN DESAIN MATERIAL HANDLING EQUIPMENT," *Teknik Industri*, p. 9, 2015.
- [7] M. Iqbal, "Arsitektur Produk Rancangan Produk 'Multiple Cutters'," *Rekayasa Industri*, p. 6, 2015.
- [8] A. Alzuheri, L. Luong and K. Xing, "Ergonomic Design Measures in Manual Assembly Work," *Manufacturing and Mechanical Engineering*, p. 6, 2015.
- [9] A. Zuheri, "Structural and Aperational Complexity of Manual Assembly System," *Journal of Computer Science*, p. 8, 2013.
- [10] P. Marco, C. Eubanks and Ishii, *Compatibility Analysis of Product Design for Recyclabiity and Reuse*, Columbus: Department of Mechanical Engineering, 2013.
- [11] G. Boothroyd, P. Dewhurst and W. Knight, *Product Design for Manufacture and Assembly*, USA: Taylor and Francis Group, 2011.