

# Re-desain Komponen *Intermediate Reclaimer* 32A-RE1 Dengan Pendekatan DFA (*Design for Assembly*)

Aprila Lintang Suwanto<sup>1\*</sup>, Muslimin<sup>1</sup>, dan Aditya Maulana Usman<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Mesin, Konsentrasi Rekayasa Industri, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. Dr. G.A Siwabessy, Kampus Baru UI Depok 16425

<sup>2</sup>PT Solusi Bangun Indonesia Tbk, Jl. Raya Narogong km7, Cileungsi, Bogor, 16820

\*Corresponding author *E-mail address*: aprila.lintangsuwanto.tm20@mhs.w.pnj.ac.id

---

## Abstrak

*Reclaimer merupakan salah satu unit yang digunakan pada industri manufaktur semen. Reclaimer berfungsi sebagai alat penggaruk dan penyeragaman awal bahan baku material sebelum kepada proses penggilingan. Pada PT SBI reclaimer yang digunakan untuk material pasir besi, silika, shale yaitu tipe side scraper. Scraper atau penggaruk diputar oleh motor yang sistem penerus daya sprocket dan rantai. Reclaimer memiliki tiga sprocket yang berada di kedua ujung dan tengah (intermediate). Bearing merupakan salah satu bagian penting pada komponen sprocket intermediate. Kerusakan bearing menyebabkan reclaimer tidak dapat beroperasi dan perlu dilakukan penggantian part. Penggantian part bearing dengan waktu yang lama menyebabkan mesin lain menjadi downtime sehingga kerugian biaya semakin tinggi. Oleh karena itu penelitian skripsi ini bertujuan untuk melakukan re-desain komponen intermediate untuk menurunkan waktu penggantian bearing dengan pendekatan design for assembly. Metode yang digunakan pada penelitian skripsi ini yaitu melakukan analisis masalah, observasi, wawancara, analisis desain for assembly, perancangan, realisasi, Uji coba, dan evaluasi. Kesimpulan dari penelitian yaitu terdapat peningkatan efisiensi desain menjadi 26,7% dan operasi penggantian sebesar 11,9%. Biaya pembuatan komponen berkurang menjadi Rp3.314.222. Total potensi benefit dari hasil implementasi re-desain baru adalah Rp Rp47.156.379.*

*Kata-kata kunci: Reclaimer, Intermediate, Re-desain, Design for Assembly*

## Abstract

*Reclaimer is one of the units used in the cement manufacturing industry. The reclaimer functions as a tool for scratching and ensuring the initial uniformity of raw materials before the grinding process. At PT SBI, the reclaimer used for iron sand, silica, and shale material is the side scraper type. The scraper, or rake, is rotated by a motor with a sprocket and chain power forwarding system. The reclaimer has three sprockets that are at both ends and intermediate. Bearings are an important part of the intermediate sprocket component. Bearing damage causes the reclaimer to be unable to operate and requires part replacement. The replacement of bearing parts takes a long time and causes other machines to be downtime so the cost loss is getting higher. Therefore, this thesis research aims to redesign intermediate components to reduce bearing replacement time with a design for assembly approach. The methods used in this thesis research are problem analysis, observation, interviews, design for assembly analysis, design, realization, trials, and evaluation. The conclusion of the research is that there is an increase in design efficiency of 26.7% and in replacement operations of 11.9%. Component manufacturing costs were reduced to Rp3,314,222. The potential benefit total from the implementation of the new redesign is Rp47,156,379.*

*Keywords: Reclaimer, Intermediate, Re-design, Design for Assembly*

## 1. PENDAHULUAN

PT SBI (Solusi Bangun Indonesia) selalu menjaga kegiatan produksi pada performa yang baik. Performa baik equipment dapat dicapai melalui kegiatan perawatan dan pemeliharaan dengan siklus yang teratur. Kegiatan perawatan dan pemeliharaan merupakan tanggung jawab *maintenance departement* baik mekanik maupun elektrik [1]. Pada PT SBI terdapat dua jenis *reclaimer* yang digunakan yaitu tipe *side scraper* (material pasir besi, silika, *shale*) dan tipe *bridge scraper reclaimer* (material *limestone*).

*Reclaimer side scraper* terdiri dari tiga bagian komponen *sprocket* yang meliputi *sprocket head*, *tail*, dan *intermediate* [2]. *Bearing* merupakan salah satu bagian kritical yang terletak pada komponen *sprocket intermediate*. Kerusakan *bearing* dapat terjadi disebabkan oleh *lifetime* yang sudah habis dan kegagalan pada proses operasi. Berdasarkan analisis masalah, maka beberapa tindakan perlu dilakukan untuk meminimalisir dampak yang ditimbulkan. Salah satunya dengan mendesain ulang komponen *intermediate* sehingga penggantian *bearing* dapat dilakukan jauh lebih cepat dari sebelumnya.

Metodologi *design for assembly* (DFA) merupakan suatu alat bagi perancang untuk mencapai tujuan ini, yang mencoba meningkatkan kemampuan perakitan produk. Metodologi DFA ditujukan untuk mendukung desainer mengurangi waktu perakitan produk dengan menyederhanakan desain [3]. *Design for Assembly* digunakan dalam pembuatan konseptual desain dengan berorientasi pada pengurangan jumlah part, proses perakitan, dan operasi penggantian *part* [4]. Pendekatan *Design for Assembly* diambil setelah proses *review* dari berbagai penerapan metode *Design for Assembly* penelitian yang telah ada. Penurunan waktu perbaikan atau penggantian dapat mengurangi kerugian biaya akibat hilang produksi dan biaya pembuatan komponen [5].

### Latar Belakang

*Part bearing* pada komponen *sprocket intermediate* yang mengalami kerusakan membutuhkan waktu yang lama dalam proses pengantiannya. Perbaikan dan penggantian yang lebih dari tiga jam menyebabkan peralatan yang berkaitan juga tidak dapat beroperasi karena tidak adanya proses penyaluran bahan baku material. Akibatnya dari sisi produksi menjadi berhenti beroperasi hingga menunggu perbaikan penggantian selesai. Semakin lama waktu perbaikan atau penggantian kerugian biaya yang timbul akibat hilang produksi dan biaya pembuatan komponen akan semakin besar.

### Tujuan

Penelitian ini memiliki tujuan adalah sebagai berikut:

- a. Langkah-langkah yang digunakan dalam proses re-desain dengan menggunakan pendekatan *Design for Assembly* dapat diketahui.
- b. Nilai tolak ukur keberhasilan penerapan hasil re-desain dengan pendekatan *Design for Assembly* yang dihasilkan dapat diketahui.

## 2. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan untuk penelitian adalah sebagai berikut:

- a. Analisis Masalah, yaitu menjabarkan terkait dengan permasalahan yang terjadi. Masalah yang ada bersumber dari keluhan dan kebutuhan potensial user kemudian dicari akar penyebab,-
- b. Observasi dan Wawancara, yaitu melakukan pengambilan data dan informasi langsung dari lapangan, yaitu ruang lingkup dan personil unit kerja mekanik *crusher*,-
- c. Kajian Literatur, yaitu mengumpulkan dan mencari referensi yang berkaitan dengan penelitian dari buku, katalog, dan akses internet. Referensi seperti jurnal-jurnal penelitian terdahulu dan produk serupa yang sudah memiliki paten [6,7], serta konsep untuk menghitung pembebanan dan perancangan elemen mesin [8],-
- d. Analisis *Design for Assembly*, melakukan analisis desain asli dan pembuatan re-desain baru dengan menggunakan pendekatan DFA. Desain awal merupakan desain original pabrikan sedangkan desain baru yaitu desain yang dibuat sesuai dengan hasil analisis desain asli, kondisi aktual lapangan, dan kebutuhan *user*,-
- e. Perancangan, yaitu mengaplikasikan dasar teori-teori yang telah ada untuk digunakan dalam proses perancangan hasil re-desain baru,-
- f. Realisasi, yaitu melakukan proses realisasi pembuatan re-desain baru berdasarkan hasil perancangan,-

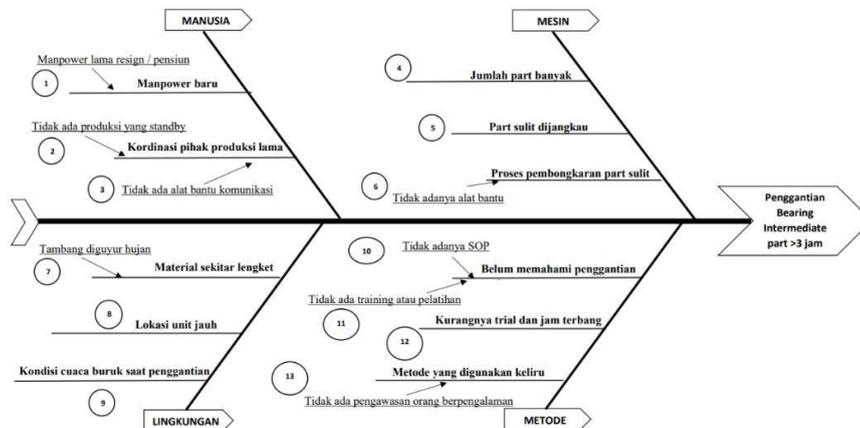
- g. Uji Coba dan Pengamatan, yaitu melakukan uji coba dari hasil desain baru yang telah selesai direalisasikan langsung ke lokasi objek penelitian. Pengamatan dilakukan untuk mengukur dan mencatat hasil pengujiannya. Data nilai waktu proses penggantian dijadikan tolak ukuran tingkat keberhasilan proses realisasi desain baru.,-
- h. Kesimpulan dan Saran, yaitu mengemukakan kesimpulan berdasarkan hasil uji coba hasil re-desain baru. Penulis juga memaparkan saran yang dapat dilaksanakan untuk memperbaiki dan membangun penelitian skripsi agar mencapai kualitas yang lebih lebih baik.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Analisis Masalah

Proses penggantian bearing lebih dari tiga jam menyebabkan unit equipment lain yang berkaitan berhenti produksi. Oleh karena itu perlu dilakukan analisis masalah untuk mendapatkan solusi yang terbaik. Prose analisis masalah adalah sebagai berikut:

- a. Analisis penyebab hikawa diagram atau diagram tulang ikan digunakan mengetahui akar penyebab dari suatu permasalahan. Hasil analisa penyebab membantu untuk mendapatkan ide-ide solusi untuk pemecahan suatu masalah.



Gambar 1. Analisis Penyebab Diagram Tulang Ikan

- b. Uji penyebab dominan melalui kegiatan pengamatan langsung di lokasi objek penelitian ataupun pendataan saat periode ini dilakukan dinyatakan dalam skala prioritas.
- c. Penentuan alternatif solusi untuk masing-masing penyebab dominan mengacu kepada hasil *brainstorming*. *Braistorming* dilakukan untuk mengumpulkan gagasan dan ide-ide solusi user yaitu karyawan di unit kerja mechanical crusher dan pekerja kontraktor PT SBI.

Tabel 1. Alternatif Solusi

Penyebab Dominan	Alternatif solusi
Jumlah part banyak	Melakukan proses re-desain dengan tujuan mempercepat proses penggantian <i>parts</i> . Melakukan analisis untuk mengurangi jumlah <i>parts</i> .
Tidak adanya alat bantu	Membuat alat bantu yang digunakan untuk tujuan mempercepat proses penggantian <i>parts</i> .
Part sulit dijangkau	Membuat analisis terkait proses penggantian part desain lama. Membuat desain alternatif untuk mempercepat proses penggantian <i>parts</i> .
Tidak adanya SOP	Membuat SOP untuk standarisasi langkah-langkah penggantian bagian <i>intermediate</i> .

#### Observasi dan Wawancara

Ide pembuatan desain baru tidak hanya ditunjang oleh kajian literature desain serupa. Aspek kondisi lapangan dan kebutuhan user menjadi faktor yang penting sebagai pertimbangan. Data dan informasi dari hasil kegiatan observasi yang diperoleh antara lain:

- a. Rancangan intermediate pabrikan (spesifikasi dan detail gambar)

- b. Dimensi ruang penempatan yang akan digunakan sebagai acuan proses re-desain.
- c. Urutan dan waktu dalam operasi penggantian bearing dan poros.

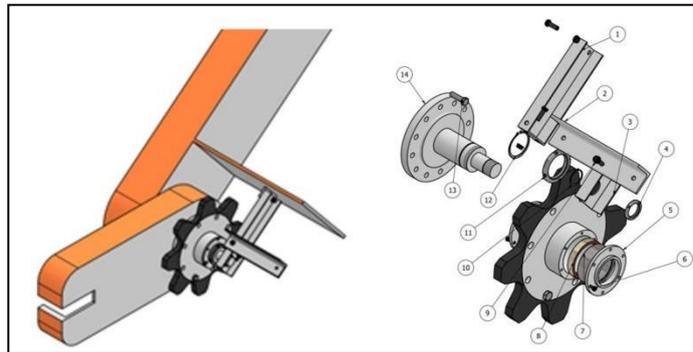
Wawancara fleksibel yang telah dilakukan menghasilkan beberapa pernyataan kebutuhan user terkait dengan konsep desain. Kriteria spesifikasi desain yang telah disusun sebagai berikut:

- a. Rancangan intermediate pabrikan (spesifikasi dan detail gambar)
- b. Dimensi ruang penempatan yang akan digunakan sebagai acuan proses re-desain.
- c. Urutan dan waktu dalam operasi penggantian bearing dan poros.

### Analisis Design for Assembly

Pendekatan DFA yang diterapkan merupakan gabungan dari beberapa metode *design for assembly* umum terdahulu. Hal tersebut dilakukan untuk mencari relevansi terhadap kebutuhan penelitian ini. Tahapan penerepan pendekatan *design for assembly* pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Spesifikasi Desain Asli (gambar *assembly* dan *exploded view*)



Gambar 2. Desain Asli

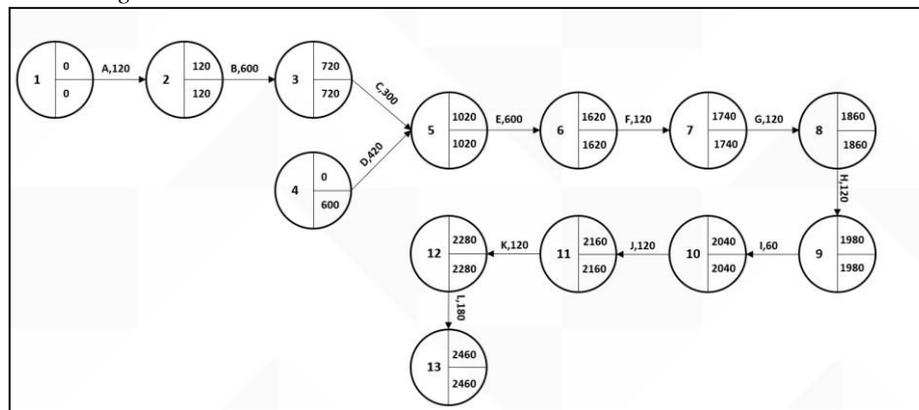
- b. Pembuatan daftar parts

Tabel 2. Daftar Parts Desain Asli

No	Part	Deskripsi	Harga Volume (IDR)	Qty (ea)
1	Main holder	CHANNEL;UNP;150X50X20X 3.2X6000MML;STEEL	Rp 29.215	1
2	Support holder	ANGLE;;100 X 100 X 10 X 6000MML;;STEEL	Rp 47.500	1
3	Main holder joint	CHANNEL;UNP;150X50X20X 3.2X6000MML;STEEL	Rp 10.028	1
4	Lock Nut 1	ADAPTER;SLEEVE;H 313	Rp 130.873	1
5	Flange	PLATE;STEEL;1200MM W;2400MM LG;30MM T	Rp 109.804	2
6	Baut M10x30	BOLT HEX. HD ;M10;L=30MM;;	Rp 7.692	12
7	Bearing 23022	BEARING;23022-E1A-XL-M FAG	Rp 4.604.000	2
8	Ring	PLATE;STEEL;1200MM W;2400MM LG;30MM T	Rp 19.549	1
9	Baut M16x50	BOLT HEX. HD ;M16;L=50MM;SS 304	Rp 54.345	5
10	Snapring 1	RING;BEARING SNAP;OUTER ;75MM OD;;;	Rp 16.000	1

11	Lock Nut 2	LOCK NUT;KM22;W/LOCK WASHER MB22	Rp 426.938	1
12	Snapring 2	RING;BEARING SNAP;OUTER ;110MM OD;;	Rp 110.000	1
13	M20X70	BOLT;HEXAGONAL;M20X70MML;G.1 0.9	Rp 180.000	12
14	Poros	BAR;ROUND;5INDIA X 6000MML;;AISI 4340	Rp 750.203	1
15	Flange Poros	STEEL PLATE;;1200MM W;2400MM LG;50MM T	Rp 941.641	0
Total			Rp 7.437.787	42

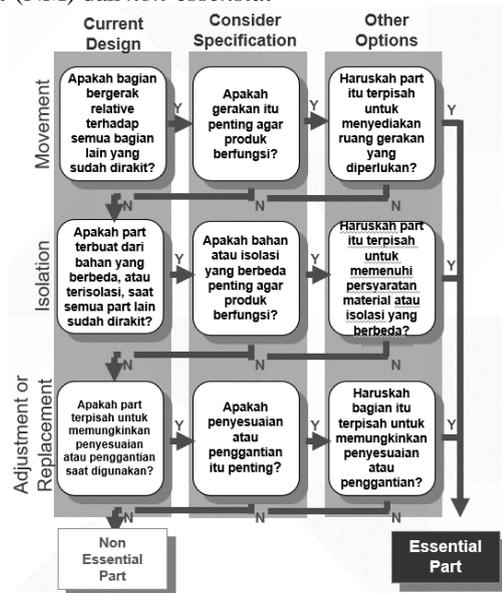
c. *Precedence diagram*



Gambar 3. *Precedence Diagram* Rakitan Desain Asli

d. Identifikasi Identifikasi operasi utama (MO) dan operasi sekunder (SO).

e. Identifikasi *part essential* (NM) dan *non-essential*



Gambar 4. Flowchart Identifikasi *Parts Essential* dan *Non-essential*

f. Efisiensi desain operasi dihitung dengan metode ezipleta sebagai berikut:

Aprila Lintang Suwanto, et al/Prosiding A Semnas Mesin PNJ (2023)

$$O_E = 100 \times (MO_T) \div (MO_T + SO_T) \quad (1)$$

$$O_E = 100 \times (2) \div (2 + 33) = 6\%$$

g. Efisiensi perakitan dihitung dengan metode lucas sebagai berikut:

$$D_E = 100 \times \frac{\Sigma A}{\Sigma A + \Sigma B} \quad (2)$$

$$D_E = \frac{100 \times 5}{5 + 37} = 11,9\%$$

Selanjutnya efisiensi desain asli dapat dihitung menggunakan metode Boothroyd&Dewhurst dengan Persamaan (3):

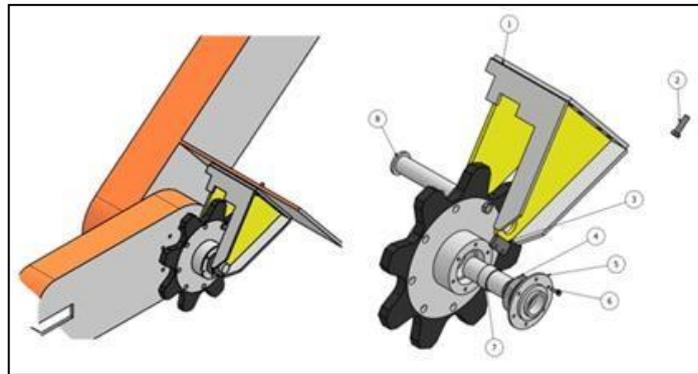
$$E_M = \frac{100 \times NM \times TA}{TM} \quad (3)$$

$$E_M = \frac{100 \times 5 \times 180}{2880} = 31,3\%$$

h. Optimalisasi *Secondary Operation* (SO)

Konsep desain baru dibuat berdasarkan kriteria kebutuhan user dan referensi desain paten terdahulu. Pendekatan design for assembly bertujuan untuk membandingkan hasil dari usulan desain baru terhadap desain asli. Perbandingan tersebut digunakan sebagai pertimbangan untuk pemilihan konsep desain. Proses analisis desain baru dengan langkah-langkah pendekatan design for assembly adalah sebagai berikut:

a. Spesifikasi Desain Asli (gambar *assembly* dan *exploded view*)



Gambar 5. Desain Baru

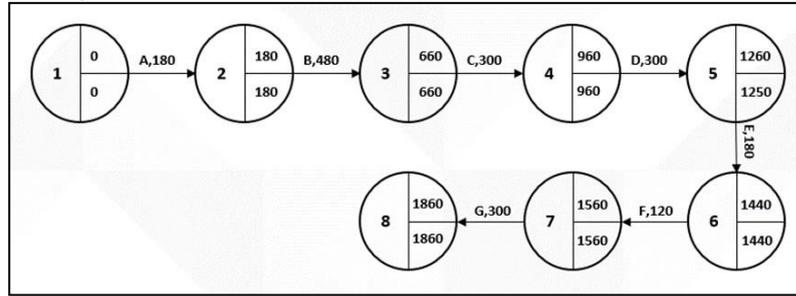
b. Pembuatan daftar parts

Tabel 3. Daftar *Parts* Desain Baru

No	Part	Deskripsi	Harga Volume (IDR)	Qty (ea)
1	Braket	PLATE; STEEL;1200MM W;2400MM LG;16MM T	Rp 1.172.941	1
2	Flange	STEEL PLATE;1200MM W;2400MM LG;38MM T	Rp 108.378	2
3	Bush	BAR; ROUND;90MMDIA X 6000MML; AISI 4340	Rp 309.185	1
4	Poros	BAR; ROUND;90MMDIA X 6000MML; AISI 4340	Rp 460.844	1
5	Stopper	PLATE; STEEL;1200MM W;2400MM LG;12MM T	Rp 8.556	1
6	Baut M10x30	BOLT HEX. HD; M10; L=30MM;	Rp 8.974	14
7	Baut M20x70	BOLT; HEXAGONAL; M20X70MML; G.10.9	Rp 120.000	8
8	Bearing 22216 E	BEARING;22216 E	Rp 1.125.344	2

Total	Rp 3.314.222	30
-------	--------------	----

c. *Precedence Diagram*



Gambar 6. *Precedence Diagram* Rakitan Desain Asli

d. Perhitungan efisiensi desain operasi dengan Persamaan (1):

$$O_E = 100 \times (MO_T) \div (MO_T + SO_T)$$

$$O_E = 100 \times (2) \div (2 + 19) = 9,5\%$$

e. Perhitungan efisiensi perakitan dengan Persamaan (2):

$$D_E = 100 \times \frac{\sum A}{\sum A + \sum B}$$

$$D_E = \frac{100 \times 7}{8 + 22} = 26,7\%$$

Selanjutnya efisiensi desain asli dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (3):

$$E_M = \frac{100 \times NM \times TA}{TM}$$

$$E_M = \frac{100 \times 8 \times 180}{1860} = 77,4\%$$

Desain dipilih melalui hasil perhitungan efisiensi desain dan operasi penggantian antara desain baru dengan re-desain baru sebagai berikut:

Tabel 4. Perbandingan Efisiensi Perakitan dan Operasi Penggantian

No.	Parameter Perbandingan	Desain Asli	Re-desain Baru	Selisih
1	Effisiensi operasi penggantian Ezpelta (%)	5,7	9,5	3,8
2	Effisien desain Lucas (%)	11,9	26,7	14,8
3	Effisien desain B&D (%)	31,3	77,4	46,1

Berdasarkan analisis dengan menggunakan pendekatan *design for assembly* diketahui bahwa desain baru memenuhi kriteria kospetual desain. Desain baru dapat diteruskan ke tahap berikutnya yaitu menghitung rancanganya.

**Perancangan**

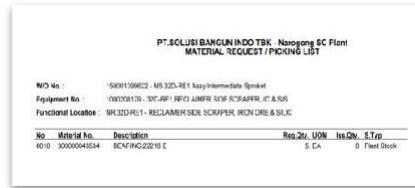
Dasar perancangan dibatasi oleh material suku cadang yang ada di Warehouse PT SBI khususnya workshop mekanik crusher. Teori-teori digunakan dalam proses perhitungan rancangan hasil re-desain baru. Proses perancangan berpedoman pada desain baru yang telah disetujui berdasarkan analisis desain untuk perakitan. Kegiatan perancangan dilakukan dengan beberapa tahapan yaitu:

- a. Rancangan *sprocket-hub*.
- b. Rancangan *bracket*.
- c. Rancangan *shaft-bush*.
- d. Rancangan *bearing*.
- e. Rancangan alat bantu gantung.

**Realisasi**

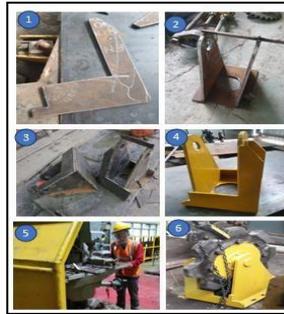
Proses realisasi yang akan dilakukan dengan berbagai tahap, diantaranya:

- a. Persiapan meliputi persiapan peralatan, material, dan tenaga kerja. Persiapan dilakukan dengan membuat daftar kebutuhan lalu merealisasikan ke dalam *work order*.



Gambar 7. Dokumen Work Order

- b. Pembuatan meliputi pemotongan, penyetelan, pengelasan, pemesinan, dan penyelesaian.



Gambar 8. *Fabricating, Machining, dan Assembling*

- c. Installasi yaitu melakukan pemasangan komponen intermediate langsung ke lapangan ketika terdapat jadwal mesin sedang *idle time*.



Gambar 9. *Fabricating, Machining, dan Assembling*

**Uji Coba dan Pengamatan**

Proses uji coba dilakukan untuk mendapatkan data terkait dengan implementasi desain baru. Dalam hal ini penulis melakukan uji coba dengan mengukur waktu operasi penggantian intermediate part menggunakan stopwatch Ketika terdapat jadwal penggantian bearing. Tahapan dalam proses uji coba adalah sebagai berikut:

- a. Perakitan part.
- b. Pemasangan komponen.
- c. Nilai waktu.
- d. Evaluasi hasil.

Tabel 5. Perbandingan Desain Asli dan Re-desain Baru

No.	Parameter Perbandingan	Desain Asli	Re-desain Baru	Selisih
1	Effisiensi operasi penggantian Ezipelta (%)	5,7	9,5	3,8
2	Effisien desain Lucas (%)	11,9	26,7	14,8
3	Biaya Parts (IDR)	Rp 7.437.787	Rp 3.314.222	Rp4.123.565

4	Waktu Perakitan (s)	2880	1860	1020
5	Operasi penggantian (s)	10800	6060	4740
6	Effisien desain B&D (%)	31,3	77,4	46,2

Potensi biaya yang dapat dihemat dari proses re-desain yang telah dilakukan adalah sebagai berikut:

$$B_0 = \text{Loss production of raw mill (8 jam)} = \text{Rp}261.465.200$$

$$B_0 = \text{Loss production of raw mill (1 detik)} = \text{Rp}9.079$$

$$B_0 = \text{Loss production of raw mill (4740 detik)} + \text{Biaya part (2ea)}$$

$$B_0 = \text{Rp}43.032.814 + \text{Rp}4.123.565 = \text{Rp}47.156.379$$

#### 4. KESIMPULAN

- Proses re-desain menggunakan pendekatan DFA memiliki langkah-langkah sebagai berikut:
  - a. Data desain asli (spesifikasi dan dimensi)
  - b. Pembuatan gambar desain utuh dan *exploded view*
  - c. Pembuatan daftar parts (deskripsi material dan biaya).
  - d. Pembuatan precedence diagram sesuai dengan urutan proses perakitan.
  - e. Pembuatan tabel sesuai urutan proses operasi penggantian
  - f. Identifikasi spesifikasi desain asli (waktu perkaitan dan operasi penggantian).
  - g. Identifikasi operasi utama (MO) dan operasi sekunder (SO).
  - h. Identifikasi *part essential* (NM) dan *non-essential*
  - i. Perhitungan efisiensi operasi metode ezpeleta
  - j. Perhitungan efisiensi perakitan dengan metode lucas dan Boothroyd&Dewhurst.
  - k. Optimalisasi operasi sekunder
  - l. Data kebutuhan user dan desain serupa terdahulu
  - m. Pembuatan desain baru
  - n. Analisis pendekatan DFA
- Proses re-desain menghasilkan desain baru yang memiliki nilai sebagai tolak ukur keberhasilan sebagai berikut:
  - a. Desain baru memiliki efisiensi operasi penggantian sebesar 9,5%, selisih 3,8% dari desain asli yang memiliki nilai 5,7%.
  - b. Desain baru memiliki efisiensi rakitan sebesar 11,9%, selisih 14,8% dari desain asli yang memiliki nilai 26,7% (metode Lucas)
  - c. Desain baru memiliki efisiensi rakitan sebesar 31,3% dengan selisih 46,2% dari desain asli yang memiliki nilai 77,4%. (metode Boothroyd & Dewhurst)
  - d. Total biaya pembuatan desain baru bernilai Rp3.314.222, selisih Rp4.123.565 lebih murah dibandingka desain asli yang bernilai Rp7.437.787.
  - e. Peluang benefit yang dapat dihemat dari hasil realisasi re-desain baru adalah Rp Rp47.156.379.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT SBI yang telah menyediakan fasilitas selama pelaksanaan. Penulis juga berterima kasih kepada seluruh karyawan dan kontraktor di unit kerja mekanik crusher atas dukungan moril dan material.

#### REFERENSI

1. A. L. Suwanto, Rancang Bangun Rotary Screening Limbah Beton Segar di Batching Plant Daan Mogot City. Politeknik Negeri Jakarta, Depok, Indonesia. (2019)
2. K. P. Shah. *Construction, Working and Maintenance of Stackers and Reclaimers for Bulk Materials*. Marketing Peralatan sipil Indonesia. (2019)

3. G. Boothroyd, Product design for manufacture and assembly. Computer-Aided Design, vol. 26, no. 7, 505-520. (1994)
4. Ezpeletaa, D. Justela, U. Bereaua, dan J. Zubelzua, DFA-SPDP, a new DFA method to improve the assembly during all the product development phases. Procedia CIRP 84, 673–679. (2019)
5. Ezpeletaa, U. Pujanaa, I. Isasab, J. Ayerbeb, dan D. Justel. New design for assembly (DfA) methodology for large and heavy parts assembled on site. Procedia CIRP 100, 145–150. (2021)
6. Zengrui, Zhu., et al. Sprocket bracket. No Patent CN201410791164A. (2016)
7. Chen, D., et al. Sprocket shaft assembly test bench. No Patent CN102539149A. (2016)
8. J. G. R.S.A Khurmi, Textbook of Machine Design (S.I. Units). Ram Nagar, New Delhi-110 055: Eurasia Publishing House (PVT.) LTD. (2005)