



Reverse Engineering Breaker Plate Untuk Menghilangkan Repetitive Failure di Crusher Limestone 212-HC1

Faiz Fachrul Rifa'i^{1*}, Dewin Purnama², Rochsigit Nugroho³

¹Program Studi Konsentrasi Rekayasa Industri, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Kampus UI, Depok, 16425

²Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

³PT Solusi Bangun Indonesia Tbk. Cilacap Plant, Jl. Ir. H. Juanda, Karangtalun, Cilacap, 53234

Abstrak

Reverse engineering/Rekayasa balik merupakan proses menganalisa suatu produk yang sudah ada sebagai dasar untuk membuat ulang produk yang sejenis. PT Solusi Bangun Indonesia pabrik Cilacap melakukan reverse engineering untuk mensubstitusi penggunaan spare part yang semula impor ke spare part lokal. Dengan terlaksananya proses reverse engineering ini dapat mengurangi pengeluaran biaya untuk pembelian breaker plate dan efisiensi waktu. Proses Reverse engineering pada breaker plate juga dapat menghilangkan repetitive failure. Breaker plate terletak di depan hammer bar, fungsi utamanya adalah sebagai landasan benturan material yang dipukul hammer. Breaker plate terdiri dari liner (breaker plate) yang terpasang pada baseplate dan dihubungkan menggunakan koneksi sambungan baut. Namun karena breaker plate harus mampu menerima impact dari material yang terpukul hammer bar terus-menerus, kondisi baseplate mengalami deformasi sehingga menyebabkan baut breaker plate sering patah. Berdasarkan permasalahan tersebut penulis merumuskan masalah bagaimana mengatasi repetitive failure di hammer crusher 212-HC1. Untuk mengatasi permasalahan tersebut penulis akan melakukan reverse engineering breaker plate di hammer crusher 212-HC1. Sehingga proses suplai limestone berjalan lancar.

Kata-kata kunci: reverse engineering raw material, limestone, crusher, breaker plate

Abstract

Reverse engineering is the process of analyzing an existing product as a basis for remaking similar products. PT Solusi Bangun Indonesia, the Cilacap factory, carried out reverse engineering to substitute the use of imported spare parts for local spare parts. With the implementation of this reverse engineering process, it can reduce costs for purchasing breaker plates and time efficiency. The reverse engineering process on the breaker plate can also removing repetitive failure. The breaker plate is located in front of the hammer bar, its main function is as a base for the impact of the material being hit by the hammer. The breaker plate consists of a liner (breaker plate) attached to the baseplate which is connected using bolt connection. However, because the breaker plate must be able to accept the impact of the material being hit by the hammer bar continuously, the baseplate is deformed, then causing the breaker plate bolts to break frequently. Based on these problems, the author formulates the problem of how to overcome repetitive failure in hammer crusher 212-HC1. To overcome these problems the author will reverse engineering the breaker plate in the hammer crusher 212-HC1. So that the limestone supply process able to runs perfectly.

Keywords: reverse engineering, raw material, limestone, crusher, breaker plate

* Corresponding author E-mail address: nome.cognome@mesin.pnj.ac.id

I. PENDAHULUAN

Pada proses pembuatan semen di PT Solusi Bangun Indonesia Tbk Plant Cilacap, terdapat 4 bahan baku utama yang digunakan pada proses pembuatan semen yaitu: *limestone* (batu kapur), *clay* (tanah liat), *silica sand* (pasir silika), dan *iron sand* (pasir besi). Peran *limestone* sebagai bahan baku utama dalam pembuatan semen sangat penting namun proses yang harus ditempuh *limestone* sebelum digiling ke *raw mill* cukup panjang. Sehingga jalur transportasi *limestone* harus berjalan dengan baik untuk menjaga ketersediaan *limestone* di *stockpile* sebelum di suplai ke *raw mill*.

Hammer crusher merupakan equipment utama untuk mensuplai material *limestone* sebelum dimuat ke tongkang. Oleh karena itu ketersediaan *limestone* akan terganggu ketika terjadi masalah pada operasi *crusher* yang berpotensi menyebabkan *raw mill* tidak dapat beroperasi. Proses operasi pada *hammer crusher* yaitu material dibawa oleh *vibrating feeder* kemudian masuk ke *inlet crusher*. Proses *reducing size* diperoleh dari *impact* antara material *limestone* dengan *hammer bar* dari *crusher*. Kemudian material yang terpukul *hammer* akan membentur *breaker plate* sehingga material yang sudah hancur akan jatuh ke *belt conveyor* melewati proses penyaringan material pada *grate bar* untuk memisahkan material yang sudah berukuran kecil. Setelah ukurannya sudah sesuai *limestone* ini ditransport dan dimuat ke tongkang selama 4 jam. Kemudian perjalanan tongkang dari Quarry Nusakambangan ke Jetty Ship Unloader memakan waktu 2 jam. Setelah sampai di Jetty, *limestone* akan di pindahkan dari tongkang menggunakan *vertical screw ship unloader* selama 4 jam sebelum di transportasikan dengan *belt conveyor* menuju ke *stockpile limestone*. Proses tersebut memakan waktu kurang lebih 10 jam untuk mensuplai material *limestone* dari Quarry Nusakambangan ke *stockpile*.

Berdasarkan desain *hammer crusher* yang digunakan, *hammer* tersebut terpasang pada *rotor shaft* yang terhubung dengan drive unit. Putaran *shaft* dilengkapi dengan *flywheel* untuk menjaga kestabilan operasi. *Breaker plate* terletak di depan *hammer bar*, *breaker plate* terdiri dari *linner (breaker bar)* yang terpasang pada *baseplate* yang dihubungkan menggunakan koneksi sambungan baut. Sehingga *breaker plate* harus mampu menerima *impact* dari material yang terpukul *hammer bar* terus-menerus. Namun pada kondisi saat ini terjadi kerusakan pada koneksi sambungan baut dimana baut tersebut patah dan *linner (breaker plate)* terlepas sehingga *crusher* tidak dapat dioperasikan. *Trend rework* baut patah ini semakin sering ditemukan dan proses penggantian baut yang patah memakan waktu selama 3 jam. Hal tersebut menyebabkan keterlambatan pengisian tongkang dengan total durasi selama 7 jam untuk memenuhi tongkang. Akibat yang terjadi dari kondisi tersebut adalah keterlambatan suplai *limestone* ke *stockpile*.

Oleh karena itu, dengan dimodifikasinya koneksi antara *linner (breaker bar)* dan *reinforce baseplate* pada *crusher limestone 212-HC1* ini diharapkan dapat mengatasi permasalahan *repetitive failure* yang terjadi di *crusher limestone* akibat baut patah sehingga mengurangi *loss production* yang disebabkan oleh *breakdown maintenance crusher limestone 212-HC1*.

II. METODE PENELITIAN

Metodologi merupakan tahapan-tahapan yang dilakukan dalam pelaksanaan penelitian untuk mencapai tujuan yang telah ditentukan dan menjawab permasalahan yang telah dirumuskan ke dalam berbagai macam penelitian agar lebih terarah. Berikut merupakan metode-metode yang digunakan untuk menyelesaikan penelitian ini:

1. Identifikasi Masalah

Melakukan identifikasi masalah yang terjadi pada *breaker plate crusher limestone*, dengan melakukan pengecekan secara langsung di lapangan. Masalah yang diidentifikasi adalah seringnya terjadi kerusakan pada baut *breaker plate* dan ditemukan kondisi *baseplate* yang sudah deformasi. Selain itu juga dilakukan diskusi dengan karyawan tentang permasalahan yang terjadi.

2. Studi Literatur

Studi literatur bertujuan untuk memperoleh pedoman dari beberapa sumber dalam perancangan Penelitian. Sumber tersebut bisa berasal dari buku, jurnal penelitian, internet, ataupun literatur tertulis lainnya.

3. Studi Lapangan

Selain studi dokumen dilakukan juga proses pengumpulan untuk menggali informasi yang dibutuhkan dalam pelaksanaan penelitian ini. Sumber Data untuk Penelitian ini adalah dari SAP (*System Application and Processing*) PT. Solusi Bangun Indonesia pabrik Cilacap, dan juga pengumpulan data yang diambil dari interview karyawan., dll.

4. Pengumpulan, Analisis, dan Pengolahan Data

Langkah selanjutnya yaitu menganalisa komposisi dan mechanical properties dari material *breaker plate* yang telah ada. Data yang diperoleh akan digunakan sebagai acuan untuk pemilihan jenis/type material, heat treatment dan juga proses fabrikasi yang akan digunakan untuk *Re-engineering*. Setelah didapatkan data dari tahap studi/pengumpulan data, selanjutnya dilakukan pengolahan & analisis data. Pengolahan data yang dimaksud adalah analisis masalah pada *breaker plate* 212-HC1, analisis gaya yang dihasilkan pada *hammer bar* 212-HC1, analisis kecepatan motor, analisis load dan beban material, analisis deformasi yang terjadi pada *baseplate*, analisis jenis material *baseplate* dan ukuran baut, analisis perhitungan untuk Penentuan support yang akan dipasang untuk memperkuat *baseplate*, analisa biaya pembuatan modifikasi *breaker plate*, dll.

5. Perancangan dan Pengambilan Keputusan untuk Perbaikan

Pada tahapan ini, mulai melakukan perhitungan desain pada *breaker plate*. Setelah dilakukan perhitungan, maka dilanjut dengan pembuatan desain yang sesuai dengan perhitungan yang telah dilakukan. Kemudian mempertimbangkan aspek-aspek lain, seperti kemudahan dalam fabrikasi, keefektifan desain, dan lain-lain. Setelah itu, dilakukan simulasi pada *software* (*AutoCAD* atau *Inventor*) yang bertujuan untuk mensimulasikan apakah desain *breaker plate* sudah sesuai atau belum.

6. Evaluasi

Analisa data meliputi perhitungan keuntungan setelah di lakukan proses *re-engineering* dan juga perbandingan antara *breaker plate* yang di fabrikasi lokal dengan *breaker plate OEM* (*Original Equipment Manufacture*) yang akan di jadikan sebagai improvement kedepannya.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Identifikasi Masalah pada *Breaker plate Crusher Limestone 212-HC1*

Berdasarkan hasil wawancara dan analisis data di lapangan, hal-hal yang menjadi permasalahan pada *breaker plate crusher limestone 212-HC1*. Berikut data yang ditemukan di lapangan :

- Lokasi *breaker plate* berada di tempat yang sempit dan terbatas.
- Material batu kapur yang diumpukan memiliki ukuran yang beragam dan yang menjadi masalah adalah batu boulder (batu gajah).
- *Crusher* beroperasi dengan durasi rata-rata 4 jam dalam sekali pengisian tongkang.
- Kapasitas operasi *crusher* rata-rata adalah 1500-1800 ton per jam.
- Baut *breaker plate* ditemukan patah hampir setiap minggu berdasarkan laporan patroller.
- Kondisi lokasi yang sempit menyebabkan pemasangan baut tidak maksimal karena proses torsi baut tidak dilakukan akibat kunci torsi tidak bisa masuk ke dalam.
- Kondisi support bagian belakang *baseplate* sudah banyak yang *crack*.
- Posisi support bagian belakang *baseplate* menutupi lubang baut dan akses untuk kunci torsi.
- Pada saat penggantian baut *breaker plate* tim mekanik kesulitan karena banyak material halus yang masuk ke lubang baut dan menjadi coating sehingga pelepasan baut harus di *gauging* supaya cepat.
- Proses *gauging* mengakibatkan lubang baut pada *baseplate* dan *linner breaker plate* menjadi oval. Lubang baut yang sudah oval mengakibatkan baut terjungkit sehingga baut mengalami gaya geser yang besar.

2. Analisis Kebutuhan

Metode pemecahan masalah terkait dengan penggunaan *breaker plate* impor dan *breaker plate prototype* yang sudah ada pada saat ini, diawali dengan membuat desain dan menganalisa *breaker plate OEM* dan *breaker plate prototype*. Selanjutnya menganalisa kebutuhan pelanggan terkait masalah yang menjadi fokus utama dalam penelitian ini.

- Mampu memproduksi *breaker plate* dalam waktu yang singkat/efektif.
- Mampu menghasilkan *breaker plate* dengan harga yang lebih murah daripada *OEM* (*Original Equipment Manufacture*) tanpa menimbulkan masalah lain.
- Mampu menyempurnakan desain *breaker plate prototype* sehingga tidak menimbulkan *repetitive failure*.
- Mampu menghasilkan *breaker plate* dengan proses manufaktur, installasi dan perawatan yang mudah.
- Mampu mengurangi *breakdown maintenance* pada jalur *supply limestone*.

3. Perhitungan

- a. Penentuan beban yang diterima *breaker plate*.

Perhitungan beban material *limestone*.

Data diketahui:

Ukuran material : 1500 [mm] x 1300 [mm] x 1100 [mm].

Massa jenis material : $1.735 \text{ [kg/m}^3\text{]}$

Percepatan gravitasi : $9,8 \text{ [m/s}^2\text{]}$.

Perhitungan gaya berat material :

Massa *limestone* :

$$M = \text{volume sampel} \times \text{massa jenis}$$

$$M = 1,5 \times 1,3 \times 1,1 \times 1735$$

$$M = 3.721,575 \text{ [kg]}$$

Gaya Berat (W) :

$$F = m \cdot g$$

$$F = 3.721,575 \text{ [kg]} \cdot 9,8 \text{ [m/s}^2\text{]}$$

$$F = 36.471,435 \text{ [N]}.$$

Perhitungan gaya *impact*

Beban utama yang akan diterima *breaker plate* adalah beban *impact* dari pukulan *hammer bar* ke batu kapur. Prinsip kerja dari *hammer crusher limestone* adalah memanfaatkan gerakan ayunan *hammer bar* akibat putaran rotor maka gaya yang di timbulkan adalah gaya sentrifugal.

Data diketahui :

Putaran motor : $496 \approx 500 \text{ [Rpm]}$

Massa *hammer bar* : 375 [kg]

Jari-jari lintasan (r) : 1.188 [mm]

Kecepatan sudut (ω) : $52,4 \text{ [rad/s]}$

Kecepatan linear (v) : $62,3 \text{ [m/s]}$

Perhitungan gaya sentrifugal (*Impact*)

$$F_s = \frac{m \times v^2}{r}$$

$$F_s = \frac{375 \times 62,3^2}{1,188}$$

$$F_s = 1.225.155 \text{ [N]}$$

Perhitungan beban dari *linner breaker plate*

Selanjutnya beban lain yang akan diterima *baseplate* adalah beban berat dari massa *breaker plate*. *Baseplate* akan dibebani 20 buah *linner breaker plate* yang terpasang.

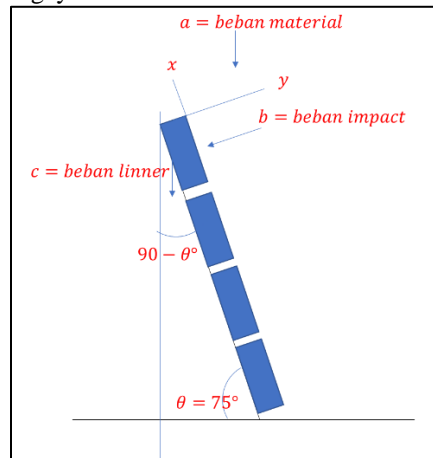
$$W = m \times g \times \mu \times \text{jumlah linner}$$

$$W = 225,2 \times 9,8 \times 0,74 \times 20$$

$$W = 32.663 \text{ [N]}$$

b. Penentuan resultan gaya yang diterima *breaker plate*

Beban total yang akan diterima *breaker plate* berasal dari total gaya yang berasal dari beban material, beban *impact*, beban *linner breaker plate*. Diketahui besar dan arah gaya yang berbeda maka harus dihitung resultan gaya terlebih dahulu.



Gambar 1. Analisa resultan gaya

Perhitungan resultan pada sumbu “Y”

$$\begin{aligned}\sum Ry &= \text{Penjumlahan gaya terhadap sumbu Y} \\ \sum Ry &= a \times \cos\theta + c \times \cos\theta + b \\ \sum Ry &= 36.471,435 \text{ N} \times \cos_{75} + 32.663 \text{ N} \times \cos_{75} + 1.225.155 \text{ N} \\ \sum Ry &= 1.243.048,31 \text{ [N]}\end{aligned}$$

Perhitungan resultan pada sumbu “X”

$$\begin{aligned}\sum Rx &= \text{Penjumlahan gaya terhadap sumbu X} \\ \sum Rx &= a \times \sin\theta + c \times \sin\theta \\ \sum Rx &= 36.471,435 \text{ N} \times \sin_{75} + 32.663 \text{ N} \times \sin_{75} \\ \sum Rx &= 66.778,74 \text{ [N]}\end{aligned}$$

Perhitungan resultan total

$$\begin{aligned}R &= \sqrt{Rx^2 + Ry^2} \\ R &= \sqrt{66.778,74^2 + 1.243.048,31^2} \\ R &= 1.244.840,75 \text{ [N]}\end{aligned}$$

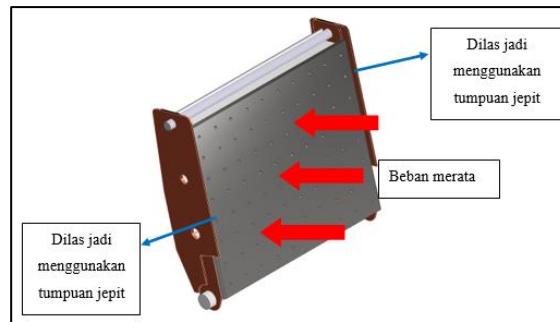
Perhitungan arah resultan

$$\begin{aligned}\tan\beta &= \frac{Ry}{Rx} \\ \tan\beta &= \frac{1.243.048,31 \text{ [N]}}{66.778,74 \text{ [N]}} \\ \tan\beta &= 18,61443 \\ \beta &= 86,925^\circ\end{aligned}$$

Perhitungan besar gaya resultan terhadap sumbu “Y”

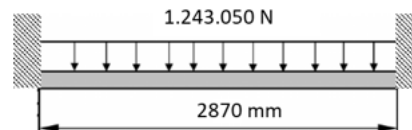
$$\begin{aligned}y &= R \times \sin_{86,925} \\ y &= 1.244.840,75 \text{ [N]} \times \sin_{86,925} \\ y &= 1.243.048,392 \text{ [N]} \approx 1.243.050 \text{ [N]}\end{aligned}$$

- c. Penentuan tebal minimal *baseplate*
Perhitungan beban yang diterima *baseplate*



Gambar 2. Ilustrasi beban yang di terima *baseplate*

Baseplate ini memiliki bentuk area potongan persegi panjang. *Baseplate* ini dilas ke *frame breaker plate OEM* sehingga bisa di klasifikasikan ke dalam tumpuan jepit. Karena arah beban dari material yang sulit di prediksi maka *baseplate* di definisikan mengalami beban terdistribusi merata. Berikut ini merupakan perhitungan dari *baseplate*.



Gambar 3. 1 FBD dari Pembebanan pada *Baseplate*

Data diketahui :

$$F = \frac{1.243.050 [N]}{2870 [mm]} \times 2870 [mm] = 1.243.050 [N]$$

$$L = 2870 [mm]$$

Perhitungan momen bengkok

$$Mb = \frac{F \times L}{12}$$

$$Mb = \frac{1.243.050 \times 2870}{12}$$

$$Mb = 297.296.125 [Nmm]$$

Perhitungan tebal minimal *baseplate*

$$\sigma_{bending\ allow} = \frac{Mb}{W}$$

$$\sigma_{bending\ allow} = \frac{Mb}{\frac{h \times w^2}{6}}$$

$$w^2 = \frac{Mb \times 6}{\sigma_{bending\ allow} \times h}$$

$$w = \sqrt{\frac{Mb \times 6}{\sigma_{bending\ allow} \times h}}$$

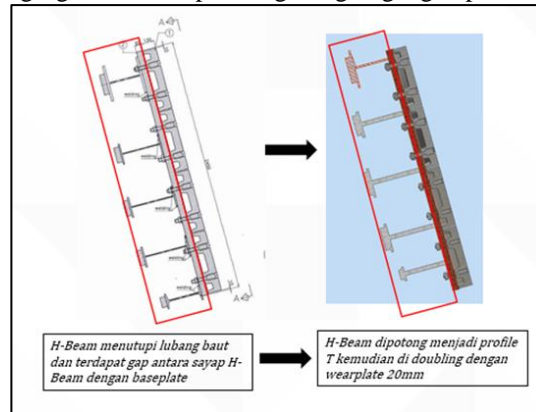
$$w = \sqrt{\frac{297.296.125 [Nmm] \times 6}{100 \left[\frac{N}{mm^2}\right] \times 2450 [mm]}}$$

$$w = 85,33 [mm]$$

Jadi tebal minimal *baseplate* yang di butuhkan untuk menahan momen bengkok yang terjadi adalah sebesar 85,33 [mm]. Namun karena biaya yang dibutuhkan untuk pembelian material *baseplate* dengan ketebalan 85,33 [mm] dirasa terlalu mahal, maka dipilihlah *baseplate* dengan ketebalan 70 [mm] dengan penambahan *support/stiffener* dibagian belakang untuk menambahkan momen inersia sehingga dapat mengurangi tegangan bengkok yang terjadi pada *baseplate*.

d. Penentuan desain *support* untuk *baseplate*

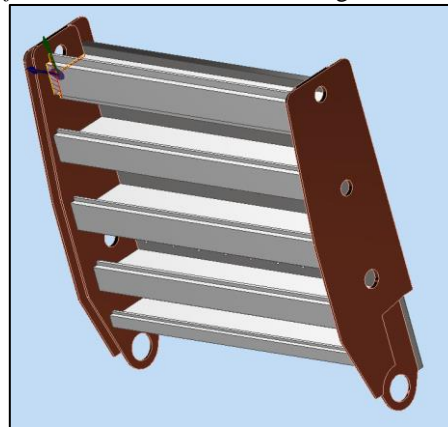
Desain *support* memanfaatkan frame desain existing yang kemudian disesuaikan dimensinya supaya menjadi frame yang rigid dan mampu mengurangi tegangan pada *baseplate*.



Gambar 3. Ilustrasi desain *support* *baseplate*

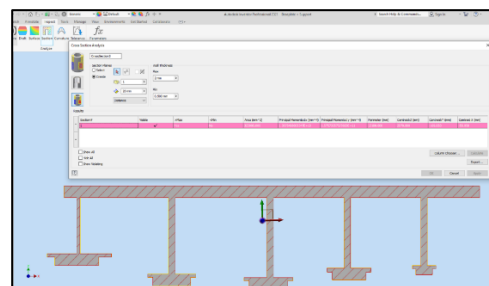
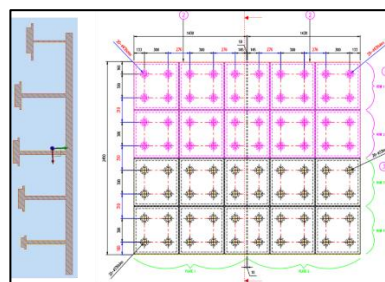
e. Perhitungan kekuatan *baseplate* yang sudah diberi *support*

Perhitungan ini bertujuan untuk mengetahui tegangan bengkok pada keseluruhan bagian *baseplate* dengan bantuan *software inventor* untuk Perhitungan momen inersia.



Gambar 4. *Baseplate* dengan *support* baru

Perhitungan momen inersia dengan *inventor 2021*



Data diperoleh :

Momen inersia

$$: I_x = 13.875.498.005,35 \text{ [mm}^4\text{]}$$

Jarak dari sumbu (COG) ke sisi terluar penampang

$$: Y = 204,853 \text{ [mm]}$$

Perhitungan momen tahanan bengkok

$$Wb = \frac{I_x}{Y}$$

$$Wb = \frac{13.875.498.005,35 \text{ [mm}^4\text{]}}{204,853 \text{ [mm]}}$$

$$Wb = 67.733.926,30 \text{ [mm}^3\text{]}$$

Perhitungan tegangan bengkok pada *baseplate*

$$\sigma_b = \frac{M_b}{W_b}$$

$$\sigma_b = \frac{297.296.125 \text{ [Nmm]}}{67.733.926,30 \text{ [mm}^3\text{]}}$$

$$\sigma_b = 4,39 \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

Perhitungan tegangan ijin *baseplate*

Pada tegangan tarik ijin nilainya adalah tegangan tarik dibagi dengan safety faktor. Karena beban dinamis safety faktor yang digunakan adalah 4. Tegangan bengkok ijin memiliki nilai yang sama dengan tegangan tarik ijin sehingga bisa ditentukan nilai tegangan bengkok ijin yaitu

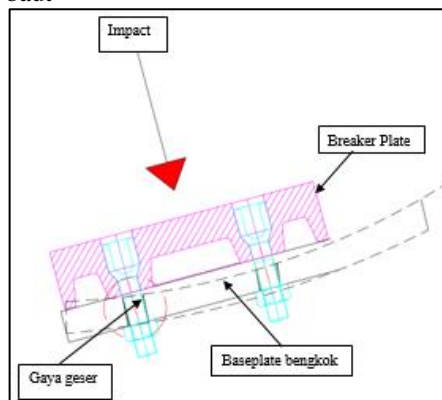
$$\sigma_{t \text{ ijin}} = \frac{\sigma_t}{\nu}$$

$$\sigma_{t \text{ ijin}} = \frac{400 \text{ [N/mm}^2\text{]}}{4}$$

$$\sigma_{t \text{ ijin}} = 100 \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

Berdasarkan hasil perhitungan tegangan bengkok dengan bantuan *software inventor*, dapat diambil kesimpulan bahwa penambahan support baru ke *baseplate* mengurangi tegangan bengkok pada *baseplate* secara keseluruhan. Dapat dilihat tegangan bengkok yang terjadi pada *baseplate* baru yaitu tegangan bengkok pada *baseplate* lebih kecil dari pada tegangan bengkok ijin *baseplate* $\sigma_b < \sigma_b \text{ ijin}$ jadi *baseplate* aman digunakan.

- f. Penentuan Diameter Baut
Penentuan beban yang diterima baut



Gambar 5. Ilustrasi beban yang diterima oleh baut *breaker plate*

Pada *breaker plate* digunakan sambungan baut dengan jumlah 4 baut sebagai sambungan.

$$F = 1.243.050 \text{ [N]}$$

Beban yang di terima baut

$$F = \frac{\text{Beban}}{\text{Jumlah baut}}$$

$$F = \frac{1.243.050 \text{ [N]}}{4}$$

$$F = 310.762,5 \text{ [N]}$$

Tegangan geser ijin

$$\tau_a = \sigma_{\text{material}} \times 0,5$$

$$\tau_a = 980 \text{ [N/mm}^2\text{]} \times 0,5$$

$$\tau_a = 490 \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

Perhitungan diameter minimal baut

$$d \geq \sqrt{\frac{2W}{\tau_{allowed}}}$$

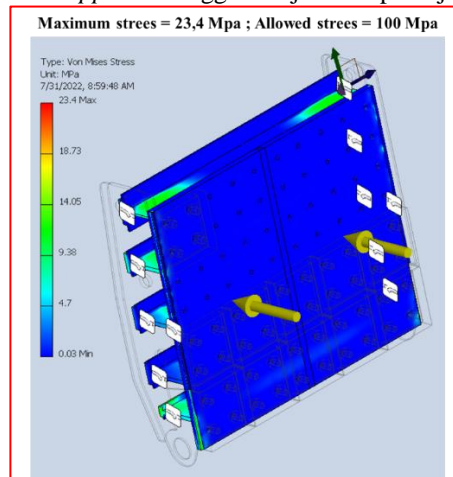
$$d \geq \sqrt{\frac{2 \times 310.762,5 \text{ [N]}}{490}}$$

$$d \geq 35,614 \text{ [mm]}$$

Berdasarkan perhitungan menurut buku Sularso diameter minimal pada baut adalah 35,614 mm. Namun ukuran tersebut tidak standard sehingga diambil baut M42.

g. Simulasi *Strees Analysis Baseplate*

Simulasi ini menggunakan beban sebesar 1.243.050 N dan *fixed component* di letakan pada ujung kanan dan kiri *baseplate* dan *support* sehingga menjadi tumpuan jepit-jepit.



Gambar 6. Hasil nilai tegangan maksimal adalah sebesar 23,4 Mpa.

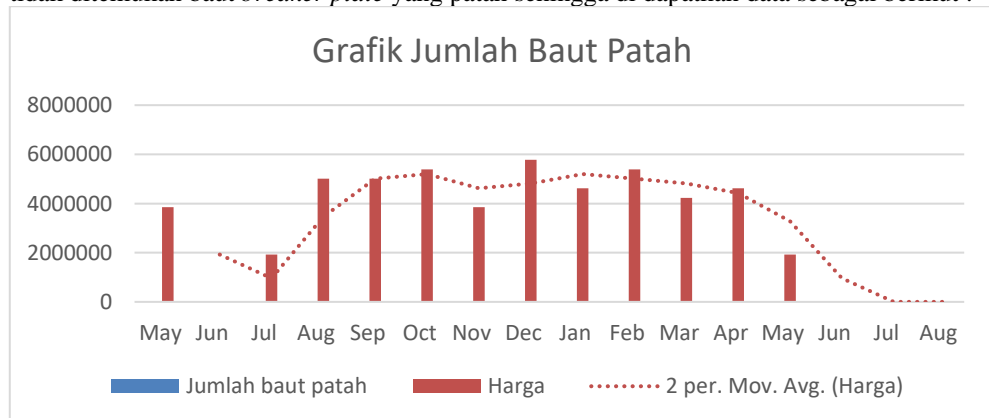
Jadi tegangan yang terjadi pada *baseplate* setelah diberi support tambahan nilainya berkurang dengan signifikan dari tegangan maksimal sebelumnya 345 Mpa menjadi 23,4 Mpa. Warna biru pada *baseplate* menunjukkan nilai tegangan berada di rentang 0,008 – 4,7 Mpa. Oleh karena itu bisa disimpulkan bahwa *baseplate* aman dalam menerima beban *impact* di dalam *hammer crusher 212-HCI*.

h. Hasil

Hasil yang diperoleh dari *reverse engineering breaker plate* ini adalah sebagai berikut:

1. *Saving cost* karena tidak perlu impor *sparepart breaker plate OEM*
 Harga 1 set *breaker plate OEM* - Harga 1 set *breaker plate RE*
 Rp. 4.132.232.000,00 - Rp. 300.750.000,00 = Rp.3.841.482.000.00
2. Menghilangkan *repetitive failure*

Project reverse engineering selesai dilaksanakan pada tanggal 24 Mei 2022 dan pasca OH22 tidak ditemukan baut *breaker plate* yang patah sehingga di dapatkan data sebagai berikut :



IV. PENUTUP

1. Kesimpulan

- *Reverse engineering breaker plate hammer crusher 212-HC1* ini berhasil karena semua bagian mesin bekerja dengan baik tanpa adanya kegagalan/ repetitive failure.
- Hasil identifikasi tegangan bengkok pada *baseplate breaker plate prototype* setelah dilakukan *reverse engineering* menurun hingga $\sigma_b = 4,39 \text{ N/mm}^2$ atau 4,39 Mpa.
- Hasil identifikasi defleksi yang terjadi pada *baseplate breaker plate prototype* setelah dilakukan *reverse engineering* menurun hingga 0.000048041 mm dan berdasarkan simulasi dengan software inventor nilai defleksi maksimal pada *baseplate* sebesar 0,1692 mm.
- Hasil identifikasi tegangan geser pada baut *breaker plate* setelah di *reverse engineering* menurun hingga 350,5 Mpa sehingga berada di bawah tegangan geser ijin baut yaitu 490 Mpa.
- Keuntungan yang akan diperoleh dengan melakukan *reverse engineering breaker plate hammer crusher 212-HC1* yaitu dapat mengoptimalkan biaya maintenance sebesar Rp.3.841.482.000.00 untuk pembelian 1 set *breaker plate OEM* serta berhasil menekan durasi stop dari *crusher* akibat *bolts breaker plate* patah.

2. Saran

- Melakukan pengecekan kondisi kekencangan baut koneksi *breaker plate* secara berkala untuk menghindari baut kendur tanpa terdeteksi.
- Melakukan pengecekan kondisi *baseplate breaker plate* secara berkala untuk mengetahui deformasi yang terjadi.
- Membuat jadwal *periodical maintenance* untuk menjaga performa *breaker plate* agar tetap dalam kondisi optimal dan mencegah kerusakan yang lebih besar.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada PT Solusi Bangun Indonesia dan EVE Program atas fasilitas yang telah disediakan untuk mendukung proses pengerjaan penelitian ini.

REFERENSI

1. W. WANG, *Engineering Reverse of Reinvention Technology*. 2010. [Online]. Available: <https://www.routledge.com/Reverse-Engineering-Technology-of-Reinvention/Wang/p/book/9781439806302>
2. G. F. Wibowo, "Perancangan Ulang Produk Pti 1 Menggunakan Metode *Reverse engineering*," *Acta Mater.*, vol. 33, no. 10, pp. 348–352, 2012.
3. Sularso; Kiyokatsu Suga, *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*, 11th ed. Pradnya Paramita, 2004.
4. ABB, "Technical Information System." <http://bc-cc-tis-srv/km/>. (accessed May 10, 2022).
5. Sutrisno, "*LIMESTONE CRUSHER Mechanical Maintenance PT.SEMEN NUSANTARA*." p. 74, 1996.
6. I. Svedala Industries, "96108 Non Clog Hammermill L.H. Drive.pdf." 1990.
7. P. D. Rusdi Nur, S.ST., M.T., "PERANCANGAN MESIN-MESIN INDUSTRI".
8. Ulrich Fischer & Reutlingen, *Mechanical and Metal Trades Handbook*, vol. 53, no. 9. 2010.
9. I. K. Material, "KEKUATAN MATERIAL dasar Strength of Material (Basic) 1. PENDAHULUAN," pp. 0–4.
10. P. Negeri, J. S. Bangun, J. Teknik, M. Program, S. Teknik, and K. R. Industri, "Rancang Bangun Flange Coupling 212-HC1," 2019.
11. D. T. Regangan, K. Pembebanan, and D. T. Regangan, "3. diagram tegangan regangan, kasus pembebanan dan tegangan izin 3.1."
12. M. Inersia and I. Momen, "7. MOMEN INERSIA I dan MOMEN TAHANAN W".
13. P. S. B. Indonesia, "SAP (Material Management)."
14. R. S. KHURMI, *A TEXTBOOK OF MACHINE DESIGN*. EURASIA, 2005.