

REDESIGN CUTTING MACHINE MELALUI METODE PENDEKATAN DESIGN FOR MANUFACTURING AND ASSEMBLY (DFMA)

Pramudya Budi Kurniawan dan Subekti Subekti

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mercubuana, Jakarta, Indonesia
e-mail: pram.budi29@gmail.com, subekti@mercubuana.ac.id

Abstract: *The muffler has a function to reduce loud and noisy sounds that come out of the exhaust gas manifold of motorized vehicles. One of the main components of the muffler part is the body inner. In producing the body inner, special machine tools are needed to assist the production process, such as cutting machines. The assembly and manufacturing processes have an important role in the development of the cutting machine products made in this research. This study aims to design a special cutting machine that can cut iron plate with the type of material SUS409L measuring 341 x 328.5 x 1, and the machine must be able to synchronize with the running press work. Product development is carried out using the Design for Manufacturing and Assembly (DFMA) concept. The DFMA concept is related to the number of components, and assembly time. This research is expected to produce a cutting machine design that is in accordance with its function and considers aspects of manufacturing and assembly ease. The results of the design of the new cutting machine (HC21) product, the design efficiency value is 6.99% with a total of 23 components. While the Old Cutting Machine design (K56A) is 6.08% with 32 components. The results of this new design can reduce 9 components and increase assembly efficiency by 0.91%.*

Keyword: *DFMA, K56A, material SUS409L, HC21*

PENDAHULUAN

Pada masa sekarang ini dunia industri telah memasuki revolusi industri 4.0. Dimana beberapa sektor industri yang menjadi fokus utama dalam revolusi industri 4.0 ini yaitu industri makanan dan minuman, otomotif, elektronik, tekstil serta, industri kimia [1]. Hampir semua sektor dunia industri mengalami peningkatan yang pesat, tak terkecuali dalam bidang industri otomotif. Produk otomotif yang menjadi bahan dari penelitian ini adalah *muffler* atau knaplot yang digunakan pada kendaraan roda empat atau roda dua. Dalam memproduksi part *muffler* yang berfungsi untuk mengurangi suara keras dan bising yang keluar dari manifold gas buang mesin kendaraan bermotor [2], dibutuhkan peralatan mesin khusus untuk membantu proses produksi. Salah satu komponen utama dari part *muffler* adalah body inner, untuk lebih jelasnya mengenai komponen *Body Inner* HC21 dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. *Body Inner* HC21 (Baru)

Body Inner HC21 adalah komponen *muffler* yang berbentuk oval silindris dan mempunyai banyak lubang pada bagian luarnya, *Body Inner* HC21 terbuat dari material plat SUS409L dengan ukuran bentangan 341 x 329 x 1. Proses pembuatannya melalui rangkaian proses manufaktur dalam satu line. Dimulai dari plat coil yang digerakan mesin uncoiler, kemudian plat tersebut akan diluruskan dengan mesin *straightening*, proses pembuatan lubang *perforating* dengan mesin *press*, pemotongan plat dengan mesin potong, hingga proses pembentukan plat menjadi bentuk silinder. Proses pemotongan plat *perforating* dilakukan secara konstan dan tidak bisa dilakukan dengan mesin potong biasa karena material plat *perforating* ini berupa coil yang diproses langsung dalam

line press stamping, sehingga diperlukan rancangan mesin *cutting* baru dan kusus yang dapat bersinkronisasi dengan pekerjaan press yang berjalan.

Mesin *Cutting* yang serupa pernah dikembangkan guna memotong plat dengan tipe *Body Inner K56A*. Pada tipe *Body Inner K56A* mempunyai ukuran yang berbeda dengan *Body Inner* yang baru, ukuran bentangannya 400 x 298 x 1 dan material SUS308. Untuk lebih jelasnya mengenai komponen *Body Inner K56A* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. *Body Inner K56A* (Lama).

Pengembangan mesin *cutting* lama telah mempertimbangkan aspek penting dalam pengembangan produk, seperti analisis material, analisis geometri, dan juga analisis beban kekuatan rangka. Namun hasil pengembangan mesin *cutting* lama masih terdapat kekurangan yaitu kesalahan dalam perhitungan silinder hidrolik, dan kurang sempurnanya dalam segi desain yang membuat proses manufakturnya dan perakitan yang sulit.

Dalam merancang suatu mesin sering kali kita menjumpai hasil rancangan oleh desainer yang kurang sesuai dengan proses manufakturnya sehingga perlu dilakukan perubahan desain dan proses produksi yang berulang, hal ini mengakibatkan biaya membengkak. Dampak yang dihasilkan oleh proses desain dapat mencapai 70% dari biaya total produksi, dimana biaya yang diperlukan untuk proses desain hanya sebesar 5% [3].

Untuk mengatasi permasalahan tersebut dalam merancang suatu produk dapat menggunakan metode *Design for Manufacture and Assembly (DFMA)*. DFMA merupakan salah satu teknik yang mempertimbangkan baik dari kemudahan perakitan dan kemudahan manufaktur komponen sejak tahap awal mendesain produk dengan tujuan meminimalkan biaya [4].

Metode DFMA berfokus mengoptimalkan proses desain produk awal dalam tahap konsep desain dalam rangka untuk memastikan bahwa produk dapat diproduksi dengan mudah. Desain sebisa mungkin disederhanakan dengan pengubahan pada fitur agar sesuai dengan kemampuan fasilitas manufaktur. DFMA dapat dilakukan dengan cara, mengeliminasi dari komponen yang tidak perlu, integrasi dari beberapa komponen, dan memilih assembly komponen dengan mudah. Prosedur ini tidak hanya akan menghasilkan suatu produk yang mudah untuk manufaktur, tetapi juga dapat mereduksi bahan lebih sedikit, dan lebih murah untuk memproduksi.

Tujuan dari penelitian ini adalah membuat rancangan mesin *cutting baru* kusus untuk part *Body Inner HC21*, melakukan evaluasi terhadap desain lama (mesin *cutting body inner K56A*) hasil evaluasi kemudian diterapkan pada rancangan mesin *cutting baru* (mesin *cutting body inner HC21*), dan menganalisis desain baru sesuai dengan metode *design for manufacture and assembly (DFMA)*.

Adapun manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah mendapatkan hasil rancangan mesin potong yang baru mesin *cutting body inner (HC21)*, sesuai dengan fungsinya dan mempertimbangkan aspek kemudahan manufaktur dan perakitan.

Guna pembahasan dari penelitian ini terarah penulis mebatasani pembuatan penelitian ini antara lain sebagai berikut, mesin *cutting* dibuat menggunakan sistem pemotongan miring

lurus, mesin *cutting* ini ditujukan hanya kusus pada satu proses pemotongan plat dengan jenis material SUS409L dan berukuran 341 x 329 x 1, rancangan mesin *cutting* menggunakan sistem hidrolik, rancangan mesin *cutting* sebatas pekerjaan mekanikal, tidak diuraikan tentang penggunaan komponen elektrikalnya, tidak membuat barang jadi.

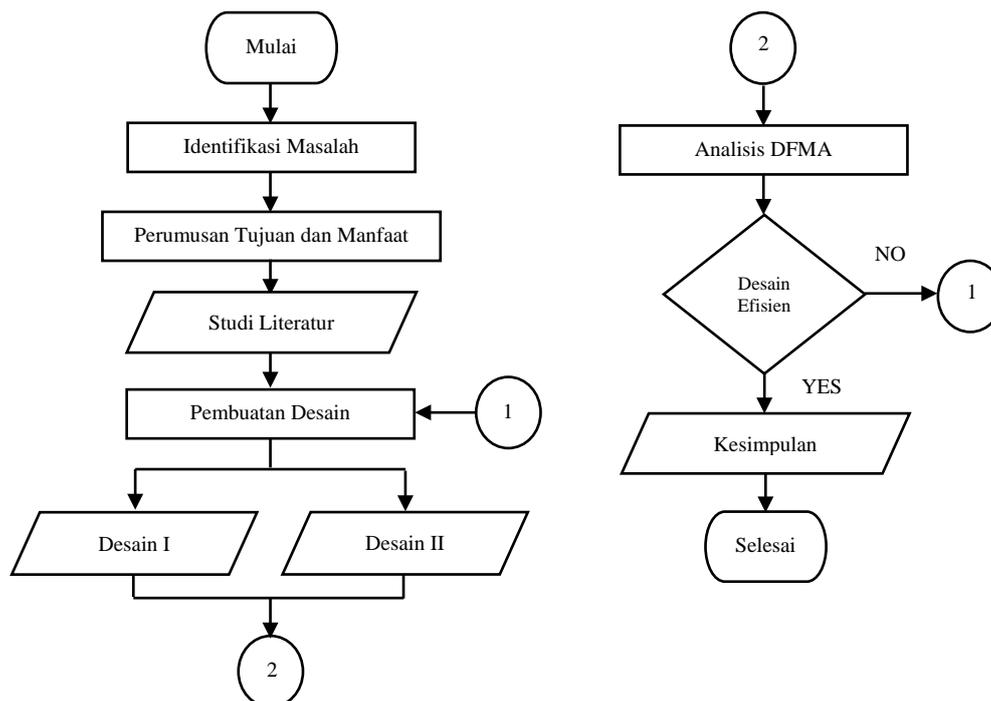
METODE PENELITIAN

Metodologi penelitian ini dimulai dengan identifikasi masalah, dimana dalam proses ini terdiri dari 2 (dua) kegiatan yaitu, mengevaluasi desain lama mesin *cutting* (K56A) dan menentukan rumusan masalah beserta ruang lingkup penelitian. Setelah dilakukan identifikasi masalah maka dapat dirumuskan tujuan dan manfaat dari dilakukannya penelitian ini.

Pada tahap studi literatur terdiri dari mempelajari cara kerja mesin *cutting*, struktur mesin *cutting*, komponen mesin *cutting*, dan elemen-elemen mesin yang akan dipakai dalam pembuatan mesin *cutting*. Selain itu studi literatur juga mempelajari metode yang menjadi landasan penelitian seperti DFMA, DFM, dan DFA.

Berdasarkan dari pengumpulan data hasil evaluasi desain lama dan evaluasi data batasan rancangan yang diizinkan *customer*, kemudian dikembangkan model alternatif desain baru Mesin *Cutting HC2*. Selanjutnya desain tersebut dianalisis berdasarkan jumlah komponen, waktu perakitan, total biaya, berat total produk yang selanjutnya dilakukan perhitungan DFA indeks.

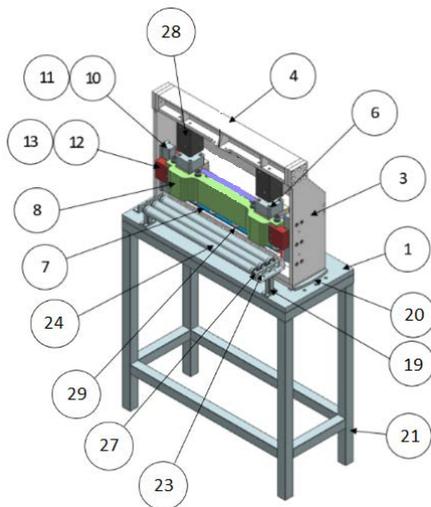
Tahapan pemilihan desain terbaik melakukan komparasi antara semua desain baik desain baru maupun desain lama. Komparasi dilakukan untuk mendapatkan desain yang paling efisien. Untuk lebih jelasnya mengenai penelitian ini dapat dilihat pada diagram alir sebagai berikut:



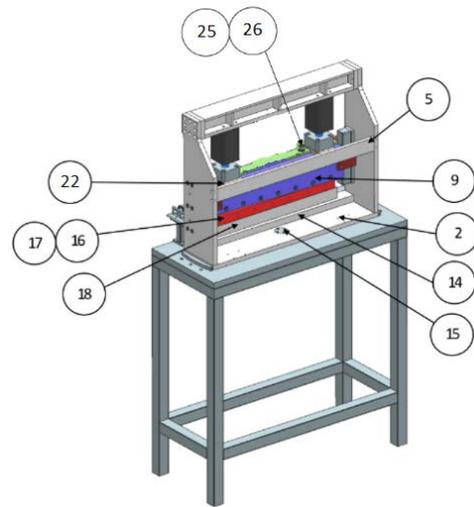
Gambar 2. Diagram alir penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Produk mesin *cutting* lama yang pernah dikembangkan yaitu mesin *cutting* untuk memotong plat *body inner* (K56A), Mesin ini mempunyai dimensi 1000x420x666, Sistem kerjanya memanfaatkan tenaga hidrolik dan pada bagian pisau memanfaatkan gaya geser dengan jenis pemotongan parallel lurus, untuk lebih jelasnya mengenai mesin *cutting lama* (K56A) dapat dilihat pada Gambar 3 dan Gambar 4.



Gambar 3. mesin cutting lama (K56A) tampak depan

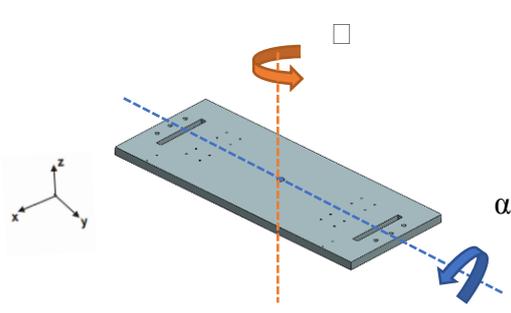


Gambar 4. Mesin cutting lama (K56A) tampak belakang

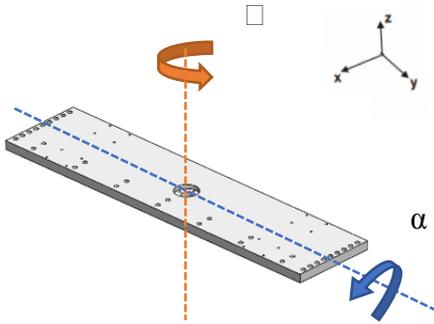
Analisis *Design for Assembly* (DFA) dalam proses perancangan mesin *cutting* desain lama perlu dilakukan untuk mengetahui nilai indeks efisiensi desain. Secara garis besar ada dua faktor utama yang mempengaruhi proses manual assembly, yaitu orientasi dan perpindahan komponen (*handling*) dan penggabungan satu komponen ke komponen lainnya atau ke grup dari komponen lainnya (*insertion and fastening*). Kedua faktor di atas akan menentukan kebutuhan waktu untuk proses assembling suatu produk.

Berdasarkan percobaan-percobaan yang dilakukan oleh (Boothroyd, Dewhurst, & Knight, 2011), didapatkan nilai dari beberapa kombinasi kondisi di atas dan disusun ke dalam bentuk tabel matrik. Setelah menentukan nilai dari semua komponen mesin *cutting* desain lama dengan menggunakan matrik *manual handling* dan *manual insertion*, dapat dihitung total waktu yang dibutuhkan untuk mengassembling produk mesin *cutting* tersebut, dan dapat dihitung juga nilai indeks efisiensi desainnya. mesin *cutting* lama (K56A), terdiri dari 31 komponen, setiap komponen dihitung waktu *handling* dan waktu *insertion*. Pada Tabel 1 di bawah menunjukkan analisis penanganan tiap komponen dari segi waktu *handling* dan waktu *insertionnya*.

Tabel 1. Analisis penanganan tiap komponen

| Part | Handling | Insertion |
|---|---|--|
| 1. <i>Base Plate</i>  | Diperlukan dua tangan, dua orang atau bantuan mekanis yang diperlukan untuk memegang dan mengangkat bagian. Dua orang atau bantuan mekanis yang diperlukan untuk manipulasi bagian. Part Berukuran 1000 x 420 x 28 Part Jumlah = 1 $\alpha = 360^\circ$ $\infty = 360^\circ$ | Part dan alat terkait (termasuk tangan) dapat dengan mudah mencapai lokasi yang diinginkan. Setelah perakitan tidak perlu memegang untuk mempertahankan orientasi dan lokasi Mudah disejajarkan dan diposisikan selama perakitan |

Lanjutan Tabel 1. Analisis penanganan tiap komponen

| <i>Part</i> | <i>Handling</i> | <i>Insertion</i> |
|---|---|--|
| 2. <i>Sub Base</i> | Diperlukan dua tangan, dua orang atau bantuan mekanis yang diperlukan untuk memegang dan mengangkat bagian. | Part dan alat terkait (termasuk tangan) dapat dengan mudah mencapai lokasi yang diinginkan dan alat dapat dioperasikan dengan mudah. |
|  | Dua orang atau bantuan mekanis yang diperlukan untuk manipulasi bagian. | Pengencangan sekrup segera setelah penyisipan Mudah disejajarkan dan diposisikan tanpa hambatan untuk dimasukkan. |
| | Part Berukuran 852 x 200 x 20 | |
| | Part Jumlah = 1 | |
| | $\alpha = 360^\circ$ $\infty = 360$ | |

Dengan cara yang sama untuk komponen yang lain maka dapat dianalisis proses handling maupun insertionnya. Analisis tersebut diterapkan kedalam tabel matrik berupa DFA *worksheet*, dari tabel matrik dapat dilihat waktu assembling yang dibutuhkan dan efisiensi DFA. Pada Tabel 2. menunjukkan hasil analisis penanganan manual tiap komponen dari segi waktu *handling* dan waktu *insertion* mesin *cutting lama* (K56A).

Tabel 2. Analisis penanganan manual mesin *cutting lama* (K56A)

| a | b | c | d | e | f | g | h | i | |
|----------------|--|------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------|-----------------------------|
| <i>Part Id</i> | <i>of consecutive identical operations</i> | <i>2-digit handling code</i> | <i>Manual handling time/part</i> | <i>2-digit insertion code</i> | <i>Manual insertion time/part</i> | <i>Operation time b*(d+f)</i> | <i>Operation cost(g.1,04)</i> | <i>Essential part</i> | <i>Name of assembly</i> |
| 1 | 1 | 99 | 9 | 0 | 1,5 | 10,5 | 10,9 | 0 | <i>Base Plate</i> |
| 2 | 1 | 99 | 9 | 38 | 6 | 15,0 | 15,6 | 0 | <i>Sub Plate</i> |
| 3 | 2 | 99 | 9 | 38 | 6 | 30,0 | 31,2 | 0 | <i>Frame Plate</i> |
| 4 | 1 | 99 | 9 | 38 | 6 | 15,0 | 15,6 | 0 | <i>Top Plate</i> |
| 5 | 1 | 80 | 4,1 | 38 | 6 | 10,1 | 10,5 | 0 | <i>Rib</i> |
| 6 | 3 | 10 | 1,5 | 38 | 6 | 22,5 | 23,4 | 0 | <i>Rood Clavis</i> |
| 7 | 1 | 80 | 4,1 | 38 | 6 | 10,1 | 10,5 | 1 | <i>Stripper Plate</i> |
| 8 | 1 | 99 | 9 | 59 | 12 | 21,0 | 21,8 | 0 | <i>Spring Holder</i> |
| 9 | 1 | 99 | 9 | 59 | 12 | 21,0 | 21,8 | 1 | <i>Punch Holder</i> |
| 10 | 2 | 30 | 1,95 | 38 | 6 | 15,9 | 16,5 | 0 | <i>Bracket Linier Plate</i> |
| 11 | 2 | 30 | 1,95 | 38 | 6 | 15,9 | 16,5 | 1 | <i>Linier Plate</i> |
| 12 | 4 | 30 | 1,95 | 38 | 6 | 31,8 | 33,0 | 0 | <i>Bracket Slider</i> |
| 13 | 6 | 20 | 1,8 | 38 | 6 | 46,8 | 48,6 | 1 | <i>Slider Plate</i> |
| 14 | 1 | 88 | 6,35 | 38 | 6 | 12,3 | 12,8 | 0 | <i>Bracket Die Holder</i> |
| 15 | 1 | 10 | 1,5 | 38 | 6 | 7,5 | 7,8 | 0 | <i>Keyway</i> |
| 16 | 3 | 30 | 1,95 | 38 | 6 | 23,8 | 24,8 | 1 | <i>Die</i> |
| 17 | 3 | 30 | 1,95 | 38 | 6 | 23,8 | 24,8 | 1 | <i>Punch</i> |
| 18 | 1 | 99 | 9 | 59 | 12 | 21,0 | 21,8 | 1 | <i>Die Holder</i> |
| 19 | 2 | 30 | 1,95 | 38 | 6 | 15,9 | 16,5 | 0 | <i>Bracket Roller</i> |
| 20 | 2 | 85 | 5 | 38 | 6 | 22,0 | 22,8 | 0 | <i>Clamp</i> |
| 21 | 1 | 99 | 9 | 0 | 1,5 | 10,5 | 10,9 | 0 | <i>Frame</i> |

Lanjutan Tabel 2. Analisis penanganan manual mesin *cutting* lama (K56A)

| a | b | c | d | e | f | g | h | i | |
|-------------------------|--|------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------|-------------------------|
| <i>Part Id</i> | <i>Of consecutive identical operations</i> | <i>2-digit handling code</i> | <i>Manual handling time/part</i> | <i>2-digit insertion code</i> | <i>Manual insertion time/part</i> | <i>Operation time b*(d+f)</i> | <i>Operation cost(g.1,04)</i> | <i>Essential part</i> | <i>Name of assembly</i> |
| 22 | 2 | 88 | 6,35 | 59 | 12 | 36,7 | 38,1 | 0 | <i>Connector</i> |
| 23 | 3 | 99 | 9 | 17 | 9 | 54,0 | 56,1 | 1 | <i>As Roller</i> |
| 24 | 3 | 95 | 4 | 6 | 5,5 | 28,5 | 29,6 | 0 | <i>Roller</i> |
| 25 | 6 | 10 | 1,5 | 38 | 6 | 45,0 | 46,8 | 1 | <i>Stripper Bolt</i> |
| 26 | 6 | 10 | 1,5 | 1 | 2,5 | 24,0 | 24,9 | 0 | <i>Ring</i> |
| 27 | 6 | 85 | 5 | 6 | 5,5 | 63,0 | 65,5 | 0 | <i>Bearing</i> |
| 28 | 3 | 88 | 6,35 | 48 | 8,5 | 44,5 | 46,3 | 1 | <i>Hidrolic</i> |
| 29 | 6 | 10 | 1,5 | 0 | 1,5 | 18,0 | 18,7 | 1 | <i>Spring</i> |
| 30 | 93 | 10 | 1,13 | 38 | 6 | 663,0 | 689,6 | 0 | <i>Horizontal Bolt</i> |
| 31 | 84 | 10 | 1,13 | 39 | 9 | 850,9 | 884,9 | 0 | <i>Vertical Bolt</i> |
| <i>Totals go here →</i> | | | | | | 2230,3 | 2319,5 | 11,0 | |

Perhitungan efisiensi waktu assembly produk mesin *cutting* lama (K56A) secara teori adalah sebagai berikut [3]:

$$Em = \frac{Nm \times ta \times 100}{Tm} \quad (1)$$

dimana:

Em = indeks efisiensi desain

Nm = jumlah minimum komponen teoritis

ta = waktu tercepat untuk merakit satu komponen (ideal = 3 detik)

Maka didapat hasil perhitungan nilai efisiensi desain mesin *cutting* lama (K56A) sebagai berikut:

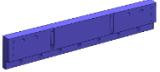
$$Em = \frac{11 \times 3 \times 100}{2230,31}$$

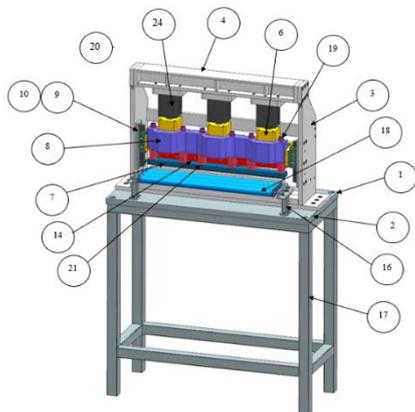
$$Em = 1,48\%$$

Dari data Tabel 2. dapat ditentukan perbaikan desain dari mesin *cutting* lama (K56A) dengan metode DFMA, agar dapat meningkatkan efisiensi waktu manufaktur dan perakitan mesin pada desain baru yang akan dibuat. Adapun perbaikan-perbaikan komponen tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.

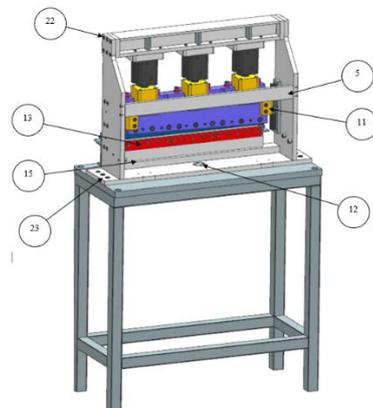
Dari data analisis desain mesin *cutting* lama (K56A) dapat dikembangkan desain mesin *cutting* baru. Mesin baru digunakan untuk memotong plat *Body Inner* HC21 yang terbuat dari material plat SUS409L dengan ukuran bentangan 341 x 329 x 1. Adapun hasil dari desain mesin *cutting* baru (HC21) dapat dilihat pada Gambar 5 dan Gambar 6, dan pada Tabel 4 adalah hasil analisis penanganan manual tiap komponen dari segi waktu *handling* dan waktu *insertion* mesin *cutting* baru (HC21).

Tabel 3. Perbaikan komponen mesin *cutting* lama (K56A)

| No Komponen | Nama Komponen | Gambar | Rencana Perbaikan |
|-------------|---------------------------|---|--|
| 8 | <i>Spring Holder</i> |  | Digabungkan dengan part No. 9 <i>Punch Holder</i> |
| 9 | <i>Punch Holder</i> |  | Digabungkan dengan part No. 8 <i>Spring Holder</i> |
| 11 | <i>Linear Plate</i> |  | Diganti dengan part standart. |
| 12 | <i>Bracket Slide</i> |  | Jumlah dikurangi |
| 13 | <i>Slider Plate</i> |  | Dihilangkan |
| 14 | <i>Bracket Die Holder</i> |  | Digabungkan dengan part no. 18 <i>Die Holder</i> . |
| 18 | <i>Die Holder</i> |  | Digabungkan dengan part no. 14 <i>Bracket Die Holder</i> . |
| 21 | <i>Clamp</i> |  | Dihilangkan |
| 23 | <i>Connector</i> |  | Dihilangkan |
| 24 | <i>As Roller</i> |  | Digabungkan dengan part no. 25 <i>Roller</i> |
| 25 | <i>Roller</i> |  | Digabungkan dengan part no. 24 <i>Roller</i> |
| 26 | <i>Stripper Bolt</i> |  | Digabungkan dengan part no. 27 <i>Ring</i> |
| 27 | <i>Ring</i> |  | Digabungkan dengan part no. 26 <i>Stripper Bolt</i> |
| 28 | <i>Bearing</i> |  | Dihilangkan |



Gambar 5. Desain mesin *cutting* baru (HC21)
Tampak depan



Gambar 6. Desain mesin *cutting* baru (HC21)
Tampak belakang

Tabel 4. Analisis penanganan manual desain mesin *cutting* baru (HC21)

| a | b | c | d | e | f | g | h | i | |
|-------------------------|--|------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------|-------------------------|
| <i>Part Id</i> | <i>Of consecutive identical operations</i> | <i>2-digit handling code</i> | <i>Manual handling time/part</i> | <i>2-digit insertion code</i> | <i>Manual insertion time/part</i> | <i>Operation time b*(d+f)</i> | <i>Operation cost(g.1,04)</i> | <i>Essential part</i> | <i>Name of assembly</i> |
| 1 | 1 | 99 | 9 | 0 | 1,5 | 10,50 | 10,92 | 0 | Base Plate |
| 2 | 1 | 99 | 9 | 38 | 6 | 15,00 | 15,60 | 0 | Sub Plate |
| 3 | 2 | 99 | 9 | 38 | 6 | 30,00 | 31,20 | 0 | Frame Plate |
| 4 | 1 | 99 | 9 | 38 | 6 | 15,00 | 15,60 | 0 | Top Plate |
| 5 | 1 | 80 | 4,1 | 38 | 6 | 10,10 | 10,50 | 0 | Rib |
| 6 | 3 | 10 | 1,5 | 38 | 6 | 22,50 | 23,40 | 0 | Rood Clavis |
| 7 | 1 | 80 | 4,1 | 38 | 6 | 10,10 | 10,50 | 1 | Stripper Plate |
| 8 | 1 | 80 | 4,1 | 38 | 6 | 10,10 | 10,50 | 1 | Spring Holder |
| 9 | 2 | 30 | 1,95 | 38 | 6 | 15,90 | 16,54 | 0 | Bracket Linier Plate |
| 10 | 2 | 30 | 1,95 | 38 | 6 | 15,90 | 16,54 | 1 | Linear Guide |
| 11 | 2 | 30 | 1,95 | 38 | 6 | 15,90 | 16,54 | 0 | Bracket Slider |
| 12 | 1 | 10 | 1,5 | 38 | 6 | 7,50 | 7,80 | 0 | Keyway |
| 13 | 3 | 30 | 1,95 | 38 | 6 | 23,85 | 24,80 | 1 | Die |
| 14 | 3 | 30 | 1,95 | 38 | 6 | 23,85 | 24,80 | 1 | Punch |
| 15 | 1 | 99 | 9 | 59 | 12 | 21,00 | 21,84 | 1 | Die Holder |
| 16 | 2 | 30 | 1,95 | 38 | 6 | 15,90 | 16,54 | 0 | Bracket Roller |
| 17 | 1 | 99 | 9 | 0 | 1,5 | 10,50 | 10,92 | 0 | Frame |
| 18 | 3 | 95 | 4 | 6 | 5,5 | 28,50 | 29,64 | 1 | Roller |
| 19 | 6 | 10 | 1,5 | 38 | 6 | 45,00 | 46,80 | 1 | Stripper Bolt |
| 20 | 3 | 10 | 1,5 | 38 | 6 | 22,50 | 23,40 | 0 | Bracket Hydraulic |
| 21 | 6 | 10 | 1,5 | 0 | 1,5 | 18,00 | 18,72 | 1 | Spring |
| 22 | 68 | 10 | 1,13 | 38 | 6 | 484,84 | 504,23 | 0 | Horizontal Bolt |
| 23 | 70 | 10 | 1,13 | 39 | 9 | 709,10 | 737,46 | 0 | Vertical Bolt |
| 24 | 3 | 88 | 6,35 | 48 | 8,5 | 44,55 | 46,33 | 1 | Hydraulic |
| <i>Totals go here →</i> | | | | | | 1626,1 | 1691,1 | 10 | |

Dari data Tabel 4, maka didapat hasil perhitungan nilai efisiensi desain baru yang dikembangkan sebagai berikut:

$$Em = \frac{10 \times 3 \times 100}{1626,1}$$

$$Em = 1,84\%$$

Analisis untuk gaya geser yang bekerja pada desain mesin *cutting* baru (HC21) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut [5].

$$F = n.k.\tau.\epsilon_{ot} \frac{T^2}{tg\emptyset} \tag{2}$$

dimana:

n = 0,75 sampai dengan 0,85

k = 0,7 sampai dengan 0,8

ϵ_{ot} = Jumlah relatif penetrasi bilah atas ke dalam material

\emptyset = Sudut kemiringan pemotong atas.

Maka dengan menggunakan persamaan di atas dapat diperoleh gaya geser yang bekerja pada mesin *cutting baru* (HC21) Sebagai berikut.

$$F = 0,85 \times 0,8 \times 520 \times 0,6 \times \frac{1^2}{1,5}$$

$$F = 153,22 \text{ KN}$$

Setelah gaya geser diketahui selanjutnya menentukan besar kapasitas silinder hidrolik yang akan digunakan pada mesin *cutting baru* (HC21), dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut [6].

$$P = \frac{F}{A} \quad (3)$$

dimana:

P = Tekanan (N/m²)

F = Gaya (N)

A = Luas penampang (m²)

Maka didapat hasil perhitungan nilai silinder hidrolik yang akan digunakan pada mesin *cutting baru* (HC21).

$$14 = \frac{F}{803,8}$$

$$F = 3115 \times 14$$

$$F = 11253,7 \text{ N}$$

$$F = 1,1 \text{ Ton}$$

Silinder hidrolik yang dipakai berjumlah 3 Unit \times 1,1 Ton = 3,3 Ton.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil dari pengolahan data yang telah dilakukan, maka penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Berdasarkan pengembangan mesin *cutting* dengan metode pendekatan DFMA di atas didapatkan hasil rancangan mesin *cutting baru* (HC21) dengan jumlah komponen 24, besar gaya geser yang dibutuhkan untuk memotong plat 341 x 329 x 1 adalah 153,22 KN menggunakan tipe pemotongan parallel miring lurus, dan silinder hidrolik yang dipakai berjumlah 3 Unit \times 1,1 Ton = 3,3 Ton.
2. Hasil evaluasi terhadap desain mesin *cutting* lama (K56A) terdapat beberapa komponen yang diperbaiki, dikombinasi dan dieliminasi, tetapi tidak merubah fungsi dan kegunaan komponen tersebut.
3. Setelah dilakukan analisis DFMA pada desain *baru* mesin *cutting* (HC21) diperoleh nilai efisiensi desain sebesar 1,84% dengan jumlah komponen 24 komponen. Sedangkan pada desain mesin *cutting* lama (K56A) sebesar 1,48% dengan jumlah komponen 31 komponen. Hasil desain baru ini dapat mereduksi 7 komponen dan meningkatkan efisiensi perakitan sebesar 0,36%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Widyaningsih. (2018). Pengaruh Revolusi Industri 4.0 Terhadap Ekonomi Indonesia. Retrieved from UIN Walisongo, Jurusan Hukum ekonomi Syariah. Web site: <http://hes.walisongo.ac.id/index.php/2019/03/12/118/>.
- [2] Syawaluddin, Diniardi, Ery., Ilmar Ramadhan, Anwar., Basri, Hasan., Dermawan, Erwin. (2016). Pengujian Desain Muffler Untuk Mengurangi Emisi Suara Pada Mesin Diesel, Seminar Nasional Sains dan Teknologi.
- [3] Lukas Pranastya, Arventa. (2017). *Redesign Sepeda Pascastroke Dengan Pendekatan Design For Manufacturing And Assembly (Dfma)*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [4] Boothroyd, Geoffrey., Dewhurst, Peter., & Knight, Winston. (2011). *Product Design For Manufacture And Assembly*. USA: CRS Press Taylor & Francis Group.
- [5] Boljanovic, Vukota. (2004). *Sheet Metal Forming Processes And Die Design*. New York. Industrial Press Inc.
- [6] Walter Grollius, Horst. (2017). *Principles of Hydraulics*. Cologne. Books on Demand.