

Perancangan Alat Bantu Produksi *Trimming* dan *Piercing* untuk *Inner Liner* Lemari Es Kapasitas 165 Liter

Nur Pirmansah¹, Asnur Sihaloho², Tria Mariz Arief³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012
Jl. Gegerkalong Hilir, Ciwaruga, Kec. Parongpong, Kabupaten Bandung Barat, Jawa Barat 40559
E-mail : nur.pirmansah.tpkml6@polban.ac.id
E-mail: asnursilalahi@gmail.com
E-mail : Tria@polban.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini membahas hasil perancangan terkait alat bantu produksi *trimming* dan *piercing* dalam proses pengerjaan tahap akhir *inner liner* lemari es di salah satu perusahaan pembuat lemari es. Pada mulanya *inner liner* merupakan material lembaran plastik yang di bentuk menggunakan mesin *thermoforming*. Ketika proses pembentukan dilakukan, di bagian tepi setiap sisi *inner liner* merupakan area pengecekan berdasarkan prosedur pengerjaan *thermoforming*. Akibat kegiatan tersebut menyisakan bagian yang seharusnya dibuang (*trimming*). Adapun karena kebutuhan perakitan untuk dipasang ke dalam lemari es mengakibatkan *inner liner* ini harus di lubangi (*piercing*) di bagian tertentu. Perancangan dilakukan berdasarkan permintaan *costumer* untuk meningkatkan efektifitas produksi kerja yang awalnya menggunakan 4 operator menjadi 1 operator. Selain itu hasil akhir perancangan dianggap handal, karena alat yang dirancang harus mampu mengoperasikan 2 pengerjaan *trimming* dan *piercing* secara bergiliran dalam waktu satu kali proses *loading* dan *unloading* selama kurang lebih 20 detik tiap satu *inner liner*. Hasil rancangan alat berukuran 2016 mm x 1875 mm x 1800 mm dengan berat 1,8 ton dan berdaya listrik 8,25 kW untuk mengerjakan *inner liner* dengan ukuran 1076 mm x 502 mm x 309 mm dengan *parallel* dan *double bevel punch* material SKD 11 digunakan karena lebih tajam, keras dan tahan terhadap karat.

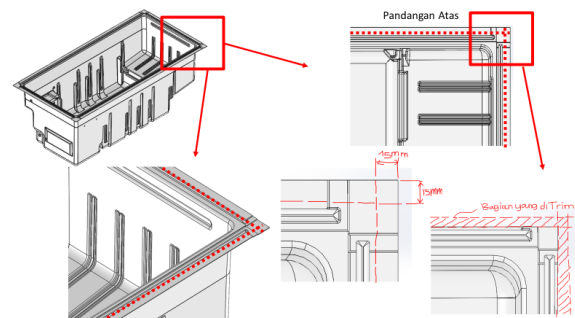
Kata Kunci

Inner liner, trimming, piercing, punch, lemari es

1. PENDAHULUAN

Lemari es merupakan salah satu aspek yang mendukung bagi kebutuhan alat rumah tangga. Umumnya pada lemari es komponen yang melapisi bagian dalam dinamakan *inner liner* lemari es. Komponen ini pada dasarnya berfungsi sebagai rangka dalam menopang beban dari nampian untuk menyimpan berbagai benda, seperti bahan makanan dan minuman sebagai dasar menolong pengawetan.

Proses pembuatan *inner liner* ini dibuat menggunakan mesin cetak *thermoforming*, yaitu mengubah material awal berbentuk lembaran plastik menjadi bentuk yang memiliki volume sesuai dengan bentuk cetaknya. Setelah *inner liner* dicetak, biasanya tidak langsung berupa komponen jadi atau *finish good*, sebab dari proses ini menyisakan bagian *scrap* yang seharusnya dibuang dengan pemotongan (*trimming*). Letak posisi *trimming* ditunjukkan pada Gambar 1.

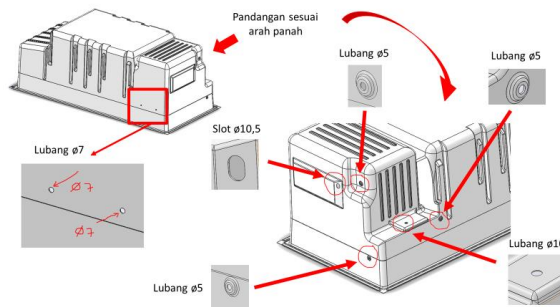


Gambar 1. Letak posisi *inner liner* yang di *trimming*

Kebutuhan perakitan *inner liner* untuk dapat dipasangkan ke dalam ruang lemari es ada saja beberapa bagian tertentu komponen yang sengaja dilubangi (*piercing*). Pada kasus ini dapat dilihat obyek *piercing* ditunjukkan pada Gambar 2.

Ada syarat tertentu yang harus diikuti sebelum *piercing* dikerjakan, yaitu *inner liner* harus dalam keadaan sudah terbentuk. Oleh sebab itu, alat yang dapat melakukan *trimming* dan *piercing* untuk menyelesaikan tahap pengerjaan *inner liner* lemari es diperlukan.

Sebelumnya alat bantu produksi *trimming* dan *piercing* sudah tersedia, namun dalam pengoprasianya memerlukan empat orang operator dan pengerjaannya secara terpisah dalam proses penyelesaian *inner liner* lemari es. Akibatnya, waktu yang digunakan tidak efisien.



Gambar 2. Letak posisi *inner liner* yang di *piercing*

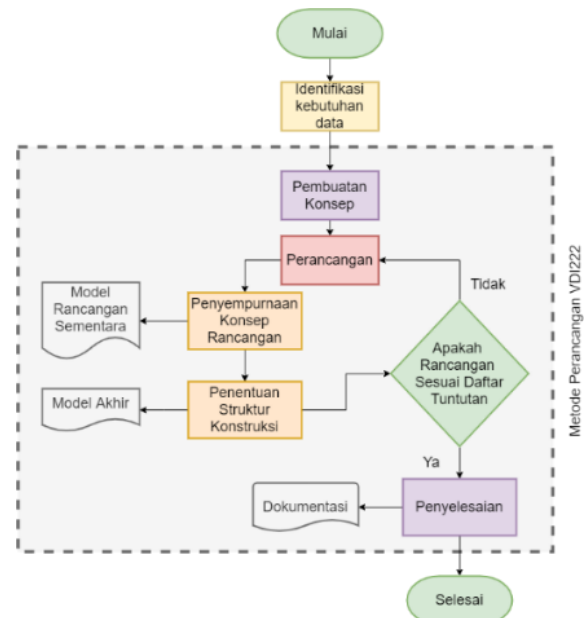
Alat *trimming* dan *piercing* ini sudah banyak yang membuat. Dari video yang diunggah oleh NEKA Kalip Makine [1] terdapat alat yang dapat melakukan proses *trimming* dan *piercing*, akan tetapi pengerjaan tersebut dilakukan secara terpisah, selain itu alat ini terlihat berukuran sangat besar dan proses *load* dan *unload* benda kerja menggunakan sistem otomatis. Sama halnya dengan video lain oleh Merdin Engineering [2], alat ini melakukan *trimming* untuk membelah dua *inner liner* pada satu tempat yang sama, kemudian di susul proses *piercing*.

2. METODE

Penelitian ini bertujuan untuk merancang alat bantu produksi *trimming* dan *piercing* sesuai dengan daftar tuntutan yang ada. Adapun tahapan proses penelitian ini mengacu pada metode perancangan VDI 2222 [3] seperti pada diagram alir yang ditunjukkan pada Gambar 3x .

Pada proses pengumpulan data dilakukan wawancara untuk mengetahui permintaan pengguna. Kemudian dilakukan pembuatan konsep bertujuan sebagai pertimbangan dalam membuat dan memilih konsep alat yang akan dirancang berdasarkan permintaan pengguna yang dituangkan ke dalam gambar sketsa untuk tahap berikutnya dilakukan penilaian antara aspek teknis dan ekonomis menggunakan metode VDI 2225 [3]. Perancangan detail dilakukan terhadap konsep terpilih untuk merealisasikan bentuk sketsa ke dalam bentuk nyata berbasis 3D model CAD menggunakan *software solidworks*, berdasarkan hasil perhitungan yang dilakukan untuk menentukan dimensi dan pemilihan komponen standar maupun tidak standar. Selanjutnya dilakukan pembuatan

gambar kerja, menghitung keuangan berdasarkan komponen yang dibeli dan dikerjakan.



Gambar 3 Diagram alir penelitian

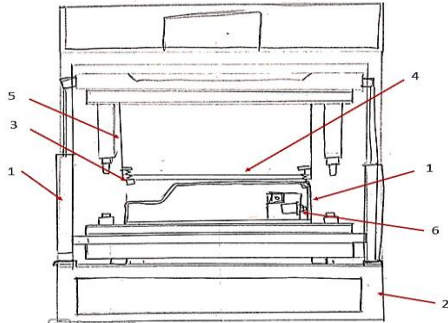
2.1 Pengumpulan Data

Berdasarkan data yang telah dikumpulkan, maka didapatkan hasil akhir dari tahap ini berupa daftar tuntutan diantaranya:

1. Ukuran maksimum alat mengacu ke ukuran kontainer truk 24 CBM.
2. Alat berprinsip seperti mesin *stamping*.
3. Alat mampu memotong (*trimming*) dan melubangi (*piercing*) *inner liner*.
4. Energi penggerak menggunakan silinder hidrolis atau pneumatik.
5. Alat menggunakan kontrol otomatis dan manual.
6. Alat dioperasikan oleh 1 orang operator.
7. Harga jual maksimum Rp. 500 Juta.

2.2 Pembuatan Konsep

Dari variasi konsep yang ada, konsep terpilih dari hasil penilaian yang mendekati ideal yaitu ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Konsep terpilih

2.3 Perancangan

Perhitungan yang dilakukan pada proses perancangan ini adalah mengetahui gaya potong yang dibutuhkan pada proses *trimming* dan *piercing* untuk benda kerja material plastik jenis *High Impact Polystyrene* (HIPS) dengan nilai *Ultimate Tensile Strength* (UTS) adalah 30 MPa [4]. Pada perhitungan gaya *trimming* dan *piercing* digunakan Persamaan 1 [5] Dikarenakan jenis *punch piercing* menggunakan *double bevel punch* maka Persamaan 1 [5] harus ditambah koefisien jenis *punch* (k) yang dikalikan dengan gaya potong (F) yang diperoleh. Untuk menghitundari kekeliruan produksi, maka daya mesin mesti ditambah sekitar 30 % dari gaya potong (F) pada Persamaan 1 [5].

$$F = 0,7 \cdot L \cdot T \cdot UTS \quad (1)$$

F = Gaya potong (N)

L = Panjang bagian yang akan dipotong (mm)

T = Tebal benda kerja (mm)

K = Koefisien jenis *punch piercing*

Hasil perhitungan gaya potong dapat dijadikan acuan untuk menghitung diameter silinder aktuator. Pada proses *trimming* digunakan hidrolik, sedangkan pada *piercing* menggunakan silinder pneumatik sebagai media alat bantu, sehingga diameter silinder hidrolik dan pneumatik yang dibutuhkan dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot F}{\pi \cdot P}} \quad (2)$$

d = Diameter minimum silinder hidrolik atau pneumatik (mm)

F = Gaya potong *trimming* atau *piercing* (N)

P = Tekanan operasi *powerpack* hidrolik atau kompresor (MPa)

Untuk menggerakkan silinder hidrolik dan pneumatik dibutuhkan *powerpack* hidrolik dan kompresor. Agar mendapatkan *power pack* yang sesuai, maka harus diketahui daya (P), debit (Q), dan volume (V) yang dibutuhkan. Pemilihan kompresor berdasarkan hasil

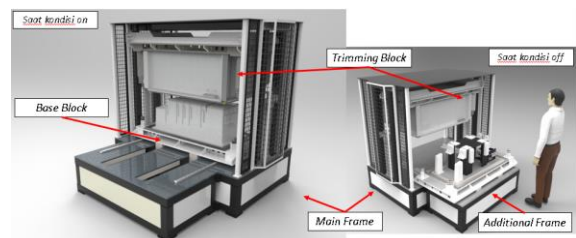
perhitungan dari kapasitas udara yang masuk liter per menit kedalam jumlah total silinder pneumatik yang digunakan. Sehingga berdasarkan perhitungan keduanya akan didapat spesifikasi yang dibutuhkan kemudian bisa disesuaikan dengan katalog yang ada.

Berdasarkan ke empat hasil perhitungan utama, maka didapatkan dimensi-dimensi utama sebagai acuan pertimbangan perancangan komponen-komponen lainnya. Dimensi- dimensi komponen perancangan alat bantu lainnya dibuat 3D dengan menggunakan *software solidworks* kemudian dituangkan dalam bentuk gambar kerja 2D, pembuatan *exploded view* untuk keperluan *maintenance* dan perakitan.

Dari hasil perancangan melalui perhitungan dan pemilihan komponen standar. Gaya *trimming* yang dibutuhkan adalah 58,75 kN sedangkan untuk gaya *piercing* yang dibutuhkan dari ke-5 parameter $\varnothing 5,0$ mm, $\varnothing 7,0$ mm, $\varnothing 10$ mm dan slot 10,5 mm x 6 mm adalah 214,41 N, 300,18 N, 428,83 N, dan 614,07 N secara berurutan. Dengan mempertimbangkan gaya *trimming* dan *piercing* yang ada, maka diameter silinder hidrolik yang dibutuhkan adalah $\varnothing 80$ mm x 450 mm sedangkan ukuran $\varnothing 25$ mm x 25 mm dan $\varnothing 32$ mm x 25 mm digunakan silinder pneumatik untuk proses *piercing*. Agar proses *trimming* dan *piercing* bisa dijalankan, maka dibutuhkan daya untuk menggerakkan *powerpack* hidrolik sebesar 7,5 kW sedangkan 750 Watt untuk kompresor.

3. HASIL

Berdasarkan hasil perhitungan teoritis dan pemilihan komponen. Perancangan alat dapat dilakukan dengan mempertimbangkan bentuk konsep terpilih yang telah dibuat, sehingga hasil rancangan yang dibantu dengan menggunakan perangkat *software solidworks* dapat direalisasikan menjadi bentuk 3D model seperti Gambar 5.



Gambar 5. Hasil perancangan alat bantu produksi dalam bentuk 3D model

Setelah dilakukan rancangan detail berikut adalah komponen utama dari alat bantu produksi *trimming* dan *piercing* terdiri dari:

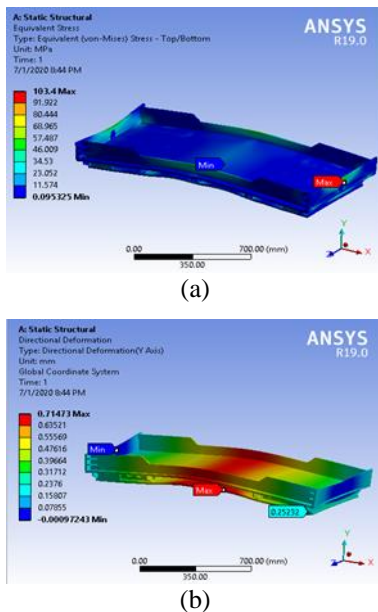
1. *Main frame* merupakan komponen utama untuk menopang semua komponen, seperti: *trimming block*, *base block* dan *additional frame*.
2. *Additional frame* merupakan komponen yang digunakan sebagai ekstensi untuk berpindahnya *base block* dengan membawa benda kerja.
3. *Trimming block* merupakan assy komponen untuk fungsi *trimming* dan tempat menyimpan *dies piercing*.
4. *Base block* merupakan assy komponen yang difungsikan sebagai *dies trimming* dan tempat menyimpan *punch piercing* serta komponen silinder pneumatik.

3.1 Analisis FEM

Tujuan dari analisis FEM adalah untuk mengecek hasil perhitungan yang sudah dilakukan. Berikut adalah hasil analisis FEM yang telah dilakukan pada setiap bagian yang diduga kritis:

1. Assy Plat Atas

Hasil analisis FEM pada assy plat atas (Gambar 6) menunjukkan bahwa tegangan equivalen maksimum yang terjadi adalah 103,4 MPa sedangkan deformasi total yang dialami adalah 0,70 mm. Dari hasil analisis ini didapat faktor keamanan sebesar 2,4, dan tegangan ijin material St 40 sekitar 133 MPa maka dapat disimpulkan assy plat atas aman.

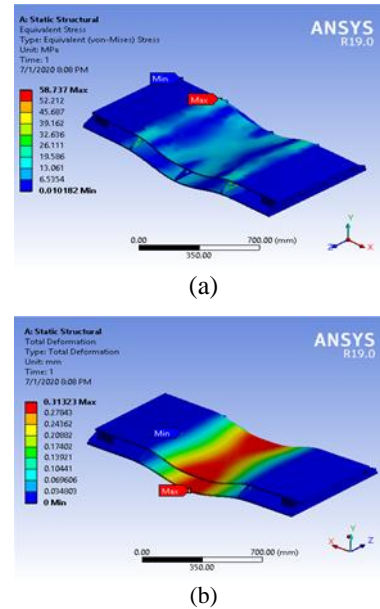


Gambar 6. Hasil analisis FEM assy plat atas (a) tegangan equivalen (b) deformasi total

2. Assy Plat Bawah

Hasil analisis FEM pada assy plat bawah (Gambar 7) tegangan equivalen maksimum adalah 56,73 MPa lalu deformasi total adalah 0,31 mm. Dari hasil analisis faktor keamanan didapat sebesar 2,4 dengan tegangan

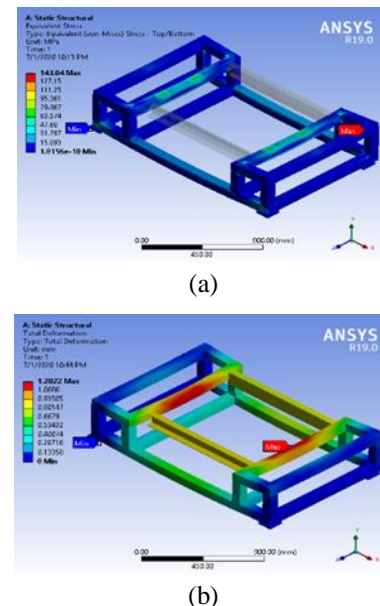
ijin material St 37 sekitar 70 MPa, maka disimpulkan assy plat bawah aman.



Gambar 7. Hasil analisis FEM assy plat bawah (a) tegangan equivalen (b) deformasi total

3. Rangka Primer

Hasil analisis FEM pada rangka primer (Gambar 8) menunjukkan bahwa tegangan equivalen maksimum yang terjadi adalah 143 MPa sedangkan deformasi total yang dialami adalah 1.2 mm. Dari hasil analisis ini didapat faktor keamanan sebesar 3,2, dengan tegangan ijin material AISI 1045 sekitar 176 MPa maka dapat disimpulkan rangka primer aman.

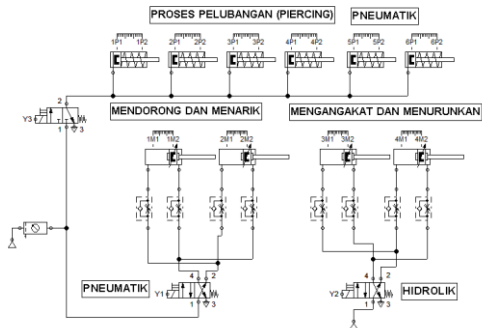


Gambar 8. Hasil analisis FEM rangka primer (a) tegangan equivalen (b) deformasi total

3.2 Sistem Kontrol

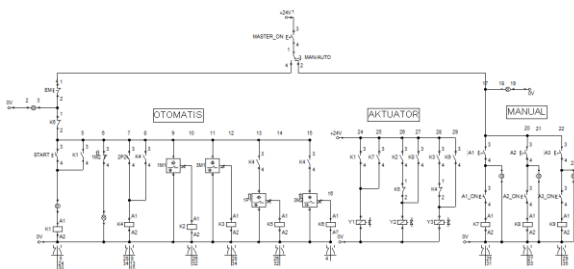
Sistem kontrol pada alat ini terdiri dari 2 bagian: sistem kontrol silinder hidrolik dan pneumatik beserta diagram kelistrikkannya.

1. Sistem hidrolik dan pneumatik
Sistem hidrolik dan pneumatik (Gambar 9) berfungsi untuk menggerakkan *punch trimming* yaitu bagian *trimming block* dan *punch piercing*.



Gambar 9. Diagram sistem hidrolik dan pneumatik

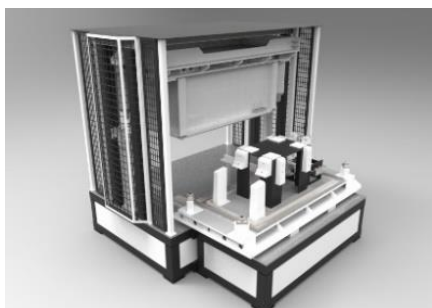
2. Diagram kelistrikan hidrolik dan pneumatik
Diagram kelistrikan hidrolik dan pneumatik ini (Gambar 10) berfungsi untuk mengaktifkan aktuator-aktuator yang menggerakkan mekanisme silinder hidrolik dan pneumatik.



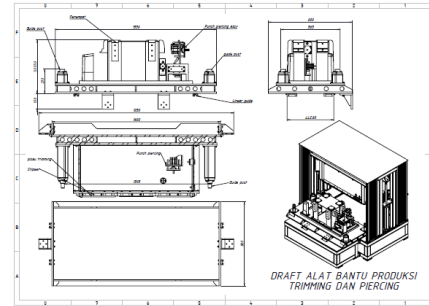
Gambar 10. Diagram kelistrikan hidrolik dan pneumatik

3.3 Hasil Rancangan

Hasil rancangan akhir alat ini (Gambar 11) didokumentasikan menjadi bentuk gambar teknik, gambar susunan, gambar sub susunan dan gambar tiap komponen atau gambar terurai.



(a)



(b)

Gambar 11 Hasil Rancangan Akhir (a) 3D model (b) draft

3. PEMBAHASAN

Alat ini menggunakan *parallel* dan *double bevel punch* untuk memotong (*trimming*) dan melubangi (*piercing*) *inner liner* lemari es dengan SKD 11 sebagai material *punch* yang dipilih karena sesuai syarat untuk pemotongan plastik HIPS [6]. Dalam proses *trimming* dan *piercing* alat ini dianggap ringkas dibanding alat lain, karena dapat melakukan pengerjaan *trimming* dan *piercing* dalam waktu satu kali gerakan seperti prinsip mesin *stamping* pada umumnya.

Silinder hidrolik dan pneumatik menjadi sistem kendali utama pada alat ini untuk menggerakkan *punch trimming* dan *piercing* dalam menjalankan fungsinya, dimana komponen tersebut dapat dengan mudah ditemukan secara *offline* atau *online* dan proses perawatan yang tidak terlalu rumit. Berdasarkan hasil rancangan alat ini berukuran 2016 mm x 1875 mm x 1800 mm, ukuran tersebut cukup luas untuk memuat alat ini ke dalam kontainer truk 24 CBM. Dengan kondisi ukuran alat ini operator yang dibutuhkan cukup dengan 1 orang pengguna yang menjalankan alat karena dalam penggunaannya operator cukup *load* dan *unload* benda kerja, sehingga hal tersebut dapat meningkatkan efektifitas produksi kerja perusahaan. Selain itu, estimasi biaya alat ini terbilang cukup terjangkau, melihat dari keunggulan alat, biaya yang dibutuhkan untuk merealisasikan alat ini mencapai setengah dari harga yang diminta *costumer*.

Konsumsi daya listrik yang digunakan alat ini yaitu 8,25 kW untuk menghidupkan *power pack* hidrolik dan kompresor sebagai tenaga penggerak keseluruhan silinder aktuator. Berdasarkan asumsi perhitungan kapasitas produksi alat ini dianggap mampu bekerja hanya dengan waktu ± 20 detik untuk satu pengerjaan *inner liner*, jika waktu operasi selama 16 jam per hari, maka dengan asumsi tersebut alat ini dapat menghasilkan *inner liner* lemari es dalam keadaan *finish good* sebanyak 960 buah.

4. KESIMPULAN

Perancangan alat ini dilakukan atas dasar permintaan dari *costumer* PT X dan semua data sesuai dengan hasil rancangan, sehingga alat ini bisa menurunkan angka pengguna operator untuk meningkatkan efektifitas produksi kerja, selain itu keunggulan alat yang dirancang ini bisa menggabungkan proses *trimming* dan *piercing* dalam satu kali operasi pengerjaan menggunakan sistem kontrol dari silinder hidrolis dan pneumatik yang dapat menggerakkan alat secara otomatis atau manual. Berdasarkan perhitungan manual dan analisis FEM, semua bagian komponen yang diduga kritis dalam batas aman jika diberi beban yang sesuai dengan kapasitasnya, sehingga alat ini untuk digunakan,

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan Terima kasih kepada Bapak Gary, Bapak Redi, Bapak Indra, dan Bapak Yahdian yang telah memberikan dukungan berupa data-data selama proses penelitian berlangsung.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Turkey, Manisa. " Buzdolabı Gövde İç Plastik Trim Hattı 2 - Refrigerator Body Inner Plastic Trimming Line 2, YouTube, diunggah oleh NEKA Kalip Makine, 2 Juli 2013, <https://www.youtube.com/watch?v=UKYeUvBypw0&t=20s>
- [2] Turkey, Manisa. " Innerliner Trimming Manipulator, YouTube, diunggah oleh Merdin Engineering, 28 Juni 2012, https://youtu.be/j_RpcVTL67A
- [3] G. Pahl, J. Feldhusen and K. Grote, Engineering Design: A Systematic Approach, 3 ed., Springer-Verlag London, 2007.
- [4] Metweb.com (14 oktober 2012). Styrolution PS 416N HIPS. Diakses pada 23 Juli 2020 dari <http://www.matweb.com/search/DataSheet.aspx?MatGUID=99a3b1b6fcd94870aa98b0469680e9da>
- [5] V. Boljanovic, Sheet Metal Forming Process and Die Design, Norwalk: Industrial Press, 2015.
- [6] Intranusamandiri.id (25 januari 2015). SKD-11atauSKS-3. Diakses pada 23 Juli 2020 dari <http://www.intranusamandiri.id/2015/10/plastic-crusher-knife.html>