

## STUDI PERANCANGAN COMBINATION TOOL AIR VENT NON-CYLINDER DENGAN METODE VDI 2222

Riona Ihsan Media, Riky Adhianto, Endjang Patriatna, Uci Primayangputri  
Jurusan Teknik Perancangan Manufaktur, Politeknik Manufaktur Negeri Bandung  
E-mail: rio\_sanmed@polman-bandung.ac.id

**Abstrak**--Air vent non-cylinder adalah salah satu produk yang digunakan sebagai cerobong pembuangan aliran udara dari dalam ke luar pada bangunan pabrik maupun kantor. Produk ini awalnya dibuat dengan menggunakan dua alat bantu proses yaitu untuk pemotongan dan pembentukkan secara terpisah. Banyak parameter yang harus diatur sehingga tidak efektif dan efisien dalam waktu proses. Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan konsep rancangan combination tool yang merupakan alat bantu pembuatan produk menggunakan bahan dasar lembaran pelat dengan menggabungkan fungsi pemotongan dan fungsi pembentukkan pada satu kali proses. Variasi alternatif konsep serta tahapan proses dibuat kemudian dinilai berdasarkan beberapa faktor sehingga didapat konsep terpilih pada proses perancangan berdasarkan metode VDI 2222. Dari proses perancangan tersebut dihasilkan konsep rancangan combination tool dengan dimensi 1012 mm x 826 mm x 516 mm serta total gaya combination tool sebesar 97,5 ton.

**Kata kunci:** combination tool, drawing process, deep drawing, presstool, VDI 2222

**Abstract**--Air vent non-cylinder is one of the products used as a stack exhaust air flow from inside to the outside of factory building and office. This product was originally created using two process tools i.e for cutting and forming separately. Many parameters must be set so that it is ineffective and efficient. This study aims to produce the concept of combination tool design which is a tool for making products using sheet metal by combining cutting and forming a one-time process. Variations of alternative concepts and process stages are made then assessed based on several factors to get the concept selected in the design process based on VDI 2222 method. From the design process is produced the concept of combination tool design with dimensions of 1012 mm x 826 mm x 516 mm and total combination style 97.5 tons.

**Keywords:** combination tool, drawing process, deep drawing, presstool, VDI 2222

### 1. PENDAHULUAN

Perkembangan industri semakin pesat dengan adanya teknologi informasi yang dapat diakses dengan mudah oleh siapa saja dan dimana saja. Mereka dituntut untuk selalu mengikuti kemajuan teknologi pada setiap lini produksinya. Pada umumnya, teknologi yang digunakan adalah otomatisasi dalam menghasilkan produk untuk mencapai produktifitas yang sangat tinggi. Proses menghasilkan suatu produk dari bahan mentah/ setengah jadi menjadi bahan yang sudah siap digunakan dengan adanya nilai tambah melibatkan teknologi didalamnya disebut proses manufaktur (Kalpakjian, 2005:22-36).

Didalam industri manufaktur, istilah *Quality*, *Cost*, and *Delivery* (QCD) merupakan hal yang sangat berhubungan erat dalam setiap aktivitas produksi (Biswajit, 2015:74-82). Kualitas (*quality*) produk yang dihasilkan dituntut untuk sesuai dengan standar yang berlaku dipasar sehingga harga dasar (*cost*) yang ditawarkan ke pasar sangat tinggi karena berkaitan dengan waktu dan proses pengerjaannya (*delivery*). Oleh karena itu, seringkali industri melibatkan institusi pendidikan dalam membantu memenuhi kebutuhan pasar dengan cara optimalisasi produk atau proses.

PT Tamura adalah perusahaan manufaktur

yang bergerak dalam bidang instalasi pengatur temperatur udara. Salah satu produk yang dihasilkan adalah *air vent non-cylinder*. Produk ini berfungsi untuk mengalirkan udara dari dalam ke luar ruangan yang dipasang pada setiap dinding-dinding terluar pada bangunan seperti gedung perkantoran dan pabrik.

Pada awalnya, produk ini dibuat dengan menggunakan alat bantu (*tools*) proses sebanyak tiga buah. Proses pertama adalah pemotongan (*cutting*), kedua adalah pembentukkan (*forming*) dan ketiga adalah pemotongan sisi (*parting*). Ketiga proses diatas tentunya sangat menyita waktu, terutama dalam hal pengaturan parameter dari tiap-tiap *tools*.

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji serta membuat rancangan *combination tools* yang dapat menggabungkan ketiga proses pembuatan menjadi satu kali proses sehingga diharapkan mampu bersaing dengan industri sejenisnya. *Metode VDI 2222* merupakan perumusan desain secara sistematis dan pengembangan berbagai macam metode desain sebagai akibat kegiatan penelitian (Pahl, 2010). Sehingga, metode ini digunakan dalam proses perancangan dengan menambahkan beberapa penyesuaian parameter didalamnya.

**2. TINJAUAN PUSTAKA**

**2.1 Presstool**

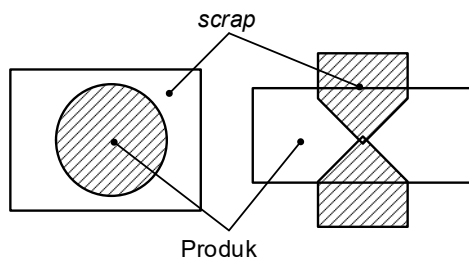
*Press tool* adalah peralatan produksi atau cetakan yang berfungsi untuk memotong (*cutting*) dan membentuk (*forming*) material pelat baja (*sheet metal*) yang hasil akhirnya menjadi suatu produk yang disebut *sheet metal product*. Proses memotong dan membentuk tersebut dilakukan dengan menggunakan mesin *press* sehingga dihasilkan produk *sheet metal* dengan jumlah yang banyak (*mass production*) dan kualitas yang konsisten (Theryo, 2009:63).

**2.2 Combination Tool**

*Combination tool* adalah *tool* yang menggabungkan dua atau lebih *tool* proses pemotongan dan proses pembentukan secara bertahap pada *station* yang sama dalam satu kali operasi (*stroke*). Tujuan pembuatan *combination tool* adalah mengurangi biaya pembuatan *tool* dengan mereduksi jumlah *tool* untuk membuat sebuah produk, memperpendek *cycle time*, dan penghematan pemakaian mesin.

**2.3 Proses pemotongan**

Dalam proses pemotongan (Gambar 2.1.) untuk produk *air vent* non-cylinder terdapat dua jenis proses pemotongan yaitu pemotongan keseluruhan seperti pada Gambar 2.1(a) (*blanking*) dan pemotongan sebagian seperti pada Gambar 2.1(b) (*parting*).



(a) *blanking* (b) *parting*

Gambar 2.1 Jenis proses pemotongan

Pemotongan keseluruhan adalah proses pemotongan pada seluruh sisi dari bentuk produk yang menghasilkan produk secara utuh. Sedangkan pemotongan sebagian merupakan pemotongan untuk menghasilkan produk dengan pemotong pembagi dan bagian yang terpotong menjadi *scrap* atau tidak terpakai.

Pada tahapan pemotongan, parameter penetrasi dari alat dan jarak kebebasan (*clearance*) menjadi pertimbangan selanjutnya. Besarnya penetrasi normal dapat menggunakan faktor pengali 0.3 s.d. 0.5 dari tebal pelat (Ivana, 2006). Sedangkan untuk *clearance* didapatkan dengan melihat tabel konstanta dengan memasukkannya kedalam pers. (1).

$$CL_{side} = ct\sqrt{S_s} \tag{1}$$

dimana,

CL = besarnya clearance per-sisi (mm);

c = konstanta material; dan

S = tegangan geser material (N/mm<sup>2</sup>).

Selain mempertimbangkan parameter diatas, diperlukan juga perhitungan jumlah energi yang dibutuhkan untuk memotong *sheet metal* (pers. (2)) dengan mengalikan konstanta 0.8 terhadap besarnya tegangan maksimum material 0.8 serta dikalikan dengan hasil perhitungan keliling potong dari produk dan tebal pelat (Hilbert, 1970).

$$P_s = 0,8 \cdot \sigma_B \cdot K \cdot s \tag{2}$$

dimana,

Ps = besarnya gaya yang dibutuhkan (N);

$\sigma_B$  = tegangan maksimum (N/mm<sup>2</sup>);

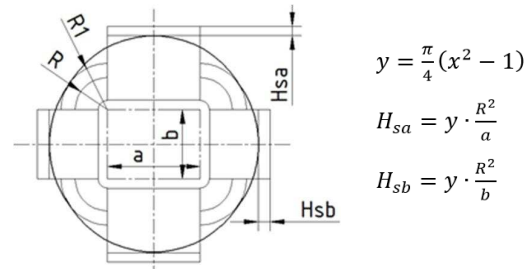
K = keliling potong (mm); dan

s = tebal pelat (mm).

**2.4 Proses pembentukan**

Pada proses pembentukannya, produk *air vent non-cylinder* dibentuk dengan menggunakan metode *deep drawing tools*. Metode ini digunakan untuk membentuk *sheet metal* menjadi bentuk mangkuk atau wadah dengan bentuk konturnya mengikuti *punch* dan *dies* tanpa mengurangi ketebalan serta *volume* secara signifikan (Schuler, 2002:156).

Berdasarkan bentukannya, *deep drawing tools* memiliki beberapa komponen diantaranya, *punch*, *dies*, dan *blank holder* (Colgan M, 2003). Di dalam proses *deep drawing*, ada beberapa parameter yang perlu diperhatikan seperti, perhitungan bentangan, jumlah tahapan proses, dan *clearance* antara *punch* dan *dies*. Untuk mendapatkan bentangan awal (*fix blank*) dilakukan dengan cara menghitung luas area atau menghitung keliling bentukan seperti Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Perhitungan bentangan awal

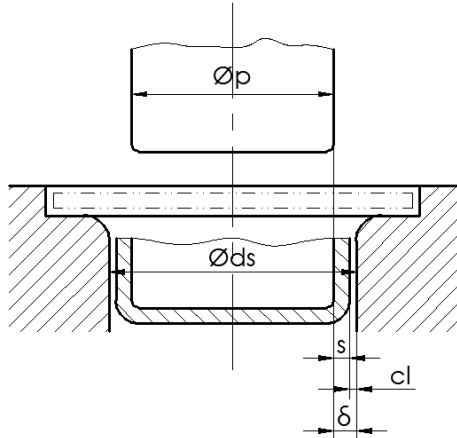
Parameter selanjutnya adalah perhitungan jumlah tahapan proses dengan membandingkan antara ukuran *fix blank* dari produk terhadap kedalaman pembentuk produk (Hilbert, 1970:212). Kondisi tersebut merupakan batasan yang digunakan untuk menentukan urutan proses pada *deep drawing* atau *draw ratio*.

$$n = \frac{0.97 \cdot h}{d} \quad (3)$$

dimana,

- n = jumlah tahapan proses;  
h = tinggi produk (mm); dan  
d = diameter produk (mm).

Sedangkan untuk parameter *clearance* antara *punch* dan *dies* didapat dengan menghitung besarnya *radius/diameter punch* dan *dies* terhadap tebal material (Hilbert, 1970:251) seperti pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 *Clearance* antara *punch* dan *dies*

Untuk mendapatkan nilai *clearance* dapat dilihat pada Pers. (4) dengan menghitung radius pada *punch* (Pers.(5)) serta *radius* pada *dies* (Pers.(6)) terlebih dahulu.

$$\delta = (d_R - d_{st})/2 \quad (4)$$

$$r_{st} = (3 \sim 5)s \quad (5)$$

$$r_R = 0,05[50 + (d_s - p)] \cdot \sqrt{s} \quad (6)$$

dimana:

- $\delta$  = *clearance* (mm);  
 $d_R$  = *diameter dies* (mm);  
 $d_{st}$  = *diameter punch* (mm);  
 $r_{st}$  = *radius punch* (mm);  
 $r_R$  = *radius dies*;  
 $d_s$  = *diameter dies* (mm); dan  
 $p$  = *diameter punch* (mm).

### 2.5 Gaya Pembentukan

Proses pembentukan membutuhkan gaya yang besarnya berbanding lurus dengan besarnya keliling produk serta tebal material (Hilbert, 1970:298) seperti pada Pers. (7).

$$P_Z = U \cdot s \cdot \sigma_B \cdot \alpha \quad (7)$$

dimana:

- $P_Z$  = gaya pembentukan (N);  
 $U$  = keliling produk (mm);  
 $s$  = tebal material (mm);  
 $\sigma_B$  = tegangan tarik material (N/mm<sup>2</sup>); dan  
 $\alpha$  = faktor koreksi.

Disamping itu, perhitungan besarnya gaya penekanan *blank holder* saat proses pembentukan didapatkan dengan menghitung diameter *fix blank* serta diameter produk jadi (Pers. (8)).

$$P_B = (D^2 - d^2) \cdot 0,785 \cdot p \quad (8)$$

dimana:

- $P_B$  = gaya *blankholder* (mm);  
 $D$  = *diameter blank*;  
 $d$  = *diameter produk*;  
 $p$  = tekanan spesifik (didapat dari Pers. (9));  
 $\beta$  = koefisien pambanding.

$$p = \frac{0,25}{1,00} \left[ (\beta - 1)^2 + \frac{0,5d}{1,00s} \right] \sigma_B \quad (9)$$

### 2.6 Metode Perancangan VDI 2222

Proses perancangan *combination tool* menggunakan metode yang dipadukan dengan metode perancangan VDI 2222 (metode yang dihasilkan dari persatuan para insinyur Jerman). Metode ini diawali dengan proses merencana untuk menghasilkan spesifikasi produk beserta tuntutan teknisnya sampai dengan proses penyelesaian untuk menghasilkan gambar konsep beserta gambar detailnya (Wiendahl, 1981) seperti pada Gambar 2.4.

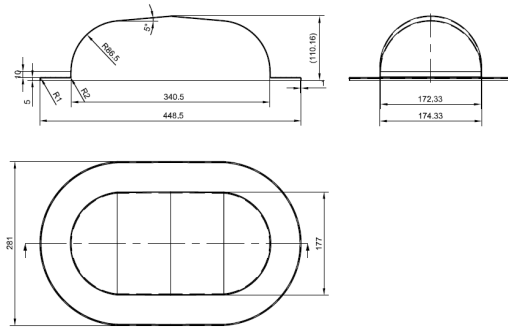


Gambar 2.4 Metode perancangan VDI2222

## 3. METODE PENELITIAN

### 3.1 Merencana

Proses merencana, bentangan awal produk (*fix blank*) dihitung berdasarkan spesifikasi dan tuntutan produk seperti pada Gambar 3.1. Material produk terbuat dari aluminium tipe *Al6111* yang memiliki kekuatan tarik maksimum sebesar 280 N/mm<sup>2</sup>, sedangkan ketebalannya sebesar 1 mm dengan batasan penyebaran penipisan produk sebesar 20% dari tebal produk.

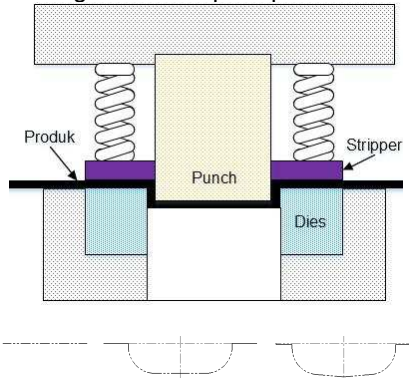


Gambar 3.1 Gambar produk

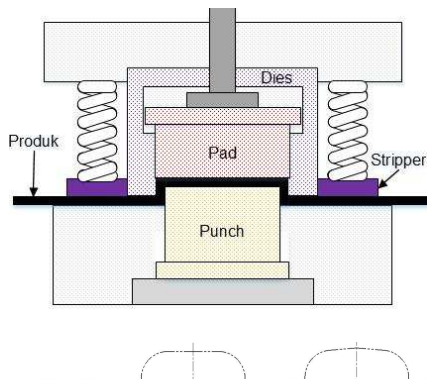
**3.2 Mengonsep**

Pada proses ini, pembuatan konsep rancangan dibuat beberapa alternatif yang kemudian dinilai serta dipilih alternatif yang paling memungkinkan untuk dibuatkan *combination tool* secara utuh. Beberapa parameter seperti konstruksi, keterbutaan, serta perawatan digunakan sebagai pertimbangan dalam pembuatan konsep.

Alternatif satu dengan tahapan proses dibuat dengan konsep rancangan *push through tool* yaitu terdiri dari *punch* yang terletak diatas, sedangkan *dies* diletakkan dibagian bawah seperti pada Gambar 3.2. Namun, untuk konstruksi *inverted tool* terdiri dari *punch* yang terletak pada bagian bawah, sedangkan *dies* terletak dibagian atas seperti pada Gambar 3.3.



Gambar 3.2 Alternatif 1 *push through tool*

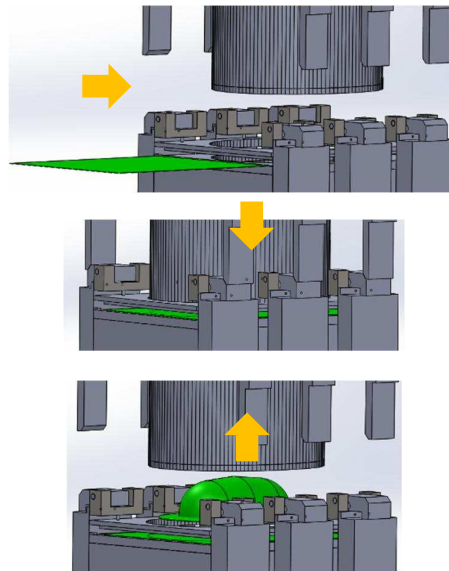


Gambar 3.3 Alternatif 2 *inverted tool*

Pada alternatif konsep 1 memiliki kelebihan *tool* lebih sederhana dalam hal konstruksi, namun gaya yang bekerja pada *blankholder* tidak stabil tidak seperti pada alternatif konsep 2. Hal ini disebabkan karena pada alternatif konsep 2 menggunakan sistem *pad* yang berfungsi sebagai pembantu pendistribusian gaya pada saat proses pembentukkan.

Pertimbangan lain adalah pada alternatif konsep 1 dibutuhkan area *stripper* yang besar, sedangkan pada alternatif konsep 2 area kerja relatif kecil sehingga berpengaruh terhadap pegas *stripper* yang dibutuhkan lebih kecil. Faktor kestabilan aliran material juga menjadi pertimbangan, sehingga pada alternatif konsep 1 relatif tidak stabil tidak seperti pada alternatif konsep 2. Hasilnya, alternatif konsep 2 terpilih dengan mempertimbangkan kestabilan material serta konstruksi walaupun dalam pembuatannya, konstruksi *inverted tool* tergolong relatif rumit karena terdapat beberapa komponen tambahan.

Selanjutnya, konsep *loading-unloading* material juga dipertimbangkan dengan berdasarkan pada *layout strip* material. Gambar 3.4 menunjukkan konsep arah material *sheet metal* yang akan dimasukkan kedalam *tool*. Proses tersebut dimulai dengan memasukkan *fix blank*, kemudian proses pembentukkan serta pemotongan.



Gambar 3.4 Tahapan proses *loading-unloading*

Setelah proses pembuatan konsep tersebut diatas, untuk memastikan bahwa produk dapat dibentuk dan dibuat dalam satu kali proses, maka memerlukan perhitungan diantaranya, tahapan proses, perhitungan gaya pembentukkan, serta perhitungan gaya secara keseluruhan.

$$F_{tot} = P_z + P_s + F_{pad} + P_B + F_{strip}$$

$$F_{tot} = 337457,79 + 325080 + 16872,88 + 116642,8 + 16254 = 812260 \text{ N}$$

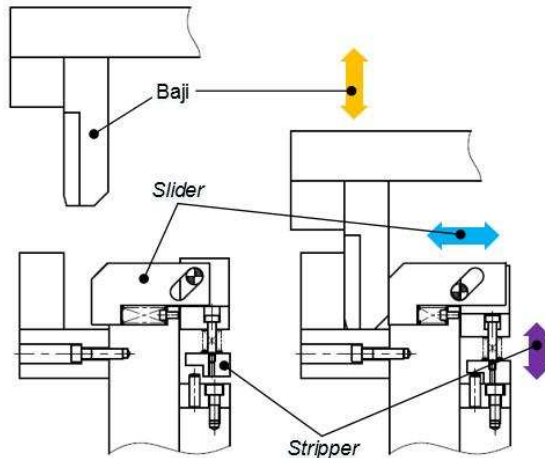
$$F_{tot} = 812260 \text{ N} = 812,26 \text{ kN}$$

$$P_m = F_{tot} \cdot 1,2 = 812,26 \text{ kN} \cdot 1,2 = 974,7 \text{ kN} = 97,47 \text{ ton}$$

Dari analisis perhitungan diatas didapatkan gaya seluruh proses pemotongan dan pembentukan pada *combination tool* dalam satu kali proses adalah sebesar 97,5 ton.

### 3.3 Merancang

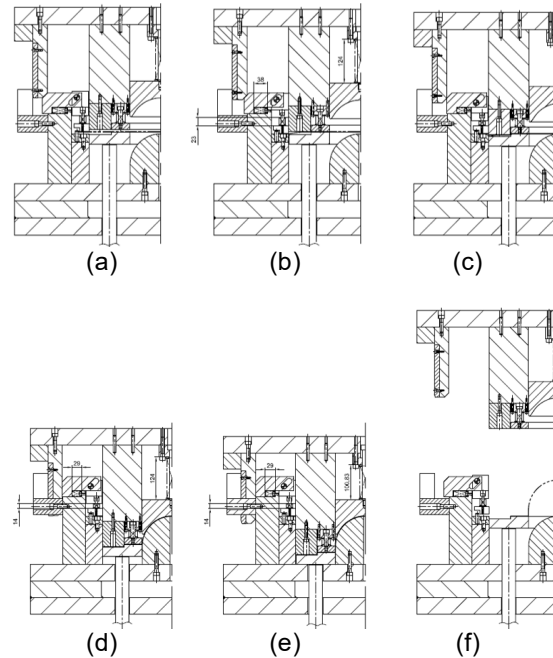
Pada tahapan merancang, *combination tool* dibuat dalam bentuk *draft* rancangan yang meliputi mekanisme stripper dengan tipe inverted tool secara keseluruhan seperti pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5 Konstruksi baji, slider, dan stripper

Konstruksi seperti gambar diatas memungkinkan *tool* untuk bergerak secara horizontal dengan adanya bantuan baji yang bergerak secara vertikal kemudian di konversi oleh komponen *slider* untuk arah horizontalnya. Metode ini digunakan untuk proses pembentukan produk pada arah samping untuk proses *cutting* maupun *forming* pada *combination tool* tipe *inverted tool*.

Secara keseluruhan, konstruksi *combination tool* tipe *inverted* dibagi menjadi enam tahapan mekanisme seperti pada Gambar 3.6. Seluruh komponen *tool* sebelum bekerja (Gambar 3.6(a)). Pada saat *sheet metal* yang berupa bentangan produk, maka *tool* bergerak turun sebesar 6 mm sampai posisi *stripper* menyentuh *fix blank* (Gambar 3.6(b)). Tahapan berikutnya adalah *tool* turun sebesar 9 mm yaitu *punch* memotong strip material atau disebut *blanking* (Gambar 3.6(c)).



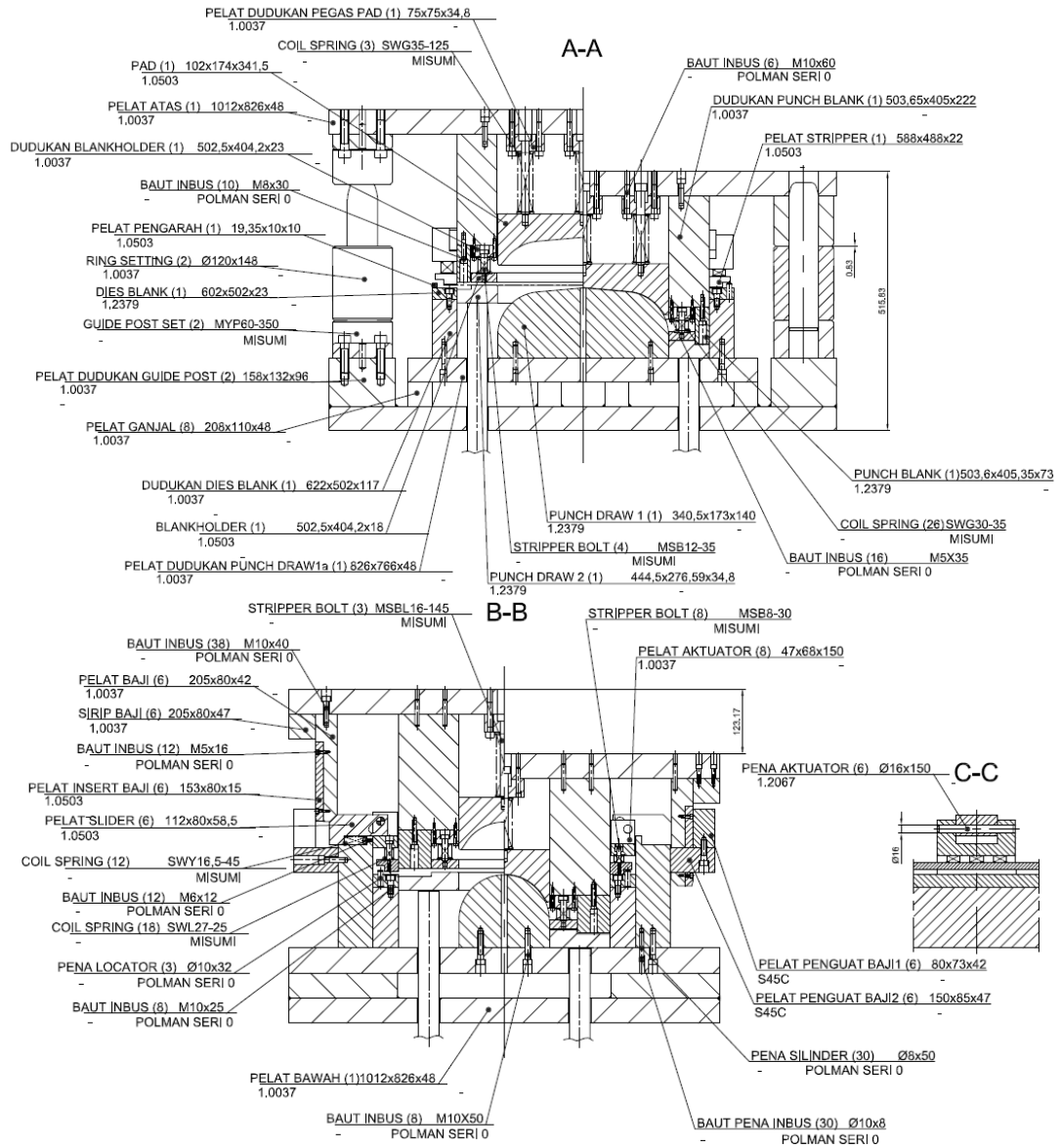
Gambar 3.6 Tahapan mekanisme *tool*

Tahapan mekanisme selanjutnya adalah proses *drawing* 1 dengan *tool* bergerak sebesar 85 mm sehingga *dies* menekan *strip material* dan *punch drawing* 1 mulai membentuk (Gambar 3.6(d)). Proses selanjutnya adalah *drawing* 2 dengan melibatkan *tool* turun sebesar 23,17 mm sehingga *dies* menekan *strip material* dan *punch* mulai membentuk *flange side* (Gambar 3.6(e)). Proses terakhir adalah pengeluaran produk dengan menggerakkan *tool* pada posisi teratas seperti pada tahapan Gambar 3.6(a).

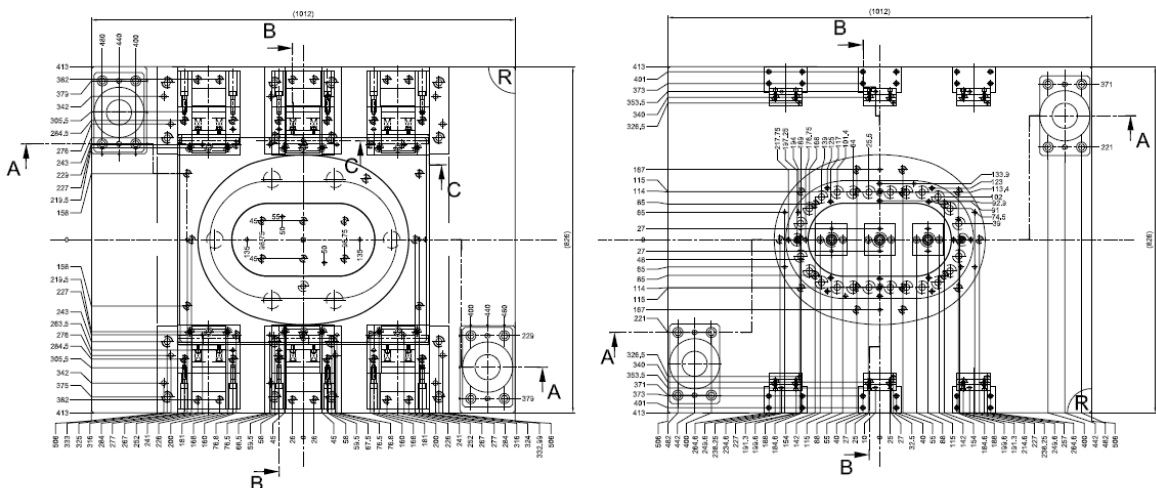
### 4.3 HASIL DAN DISKUSI

Perhitungan bentangan awal produk dengan jenis material *Al6111* untuk proses *deep drawing* adalah sebesar 164.444 mm<sup>2</sup>. Sedangkan banyaknya proses yang diperbolehkan untuk karakteristik material tersebut adalah satu kali proses. Besarnya bentangan tersebut didapat dari perhitungan secara manual dengan mempertimbangkan parameter-parameter pada produk dan proses yang akan dilakukan.

Berdasarkan hasil dari studi perancangan *combination tool* dengan menggunakan metode *VDI 2222*, maka didapatkan sebuah *draft* rancangan dengan menggunakan jenis *inverted tool*. Adapun *tool set* dalam komponen *presstool* secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 3.7. Beberapa *draft* rancangan disajikan dalam beberapa pandangan yang terdiri dari pandangan utama dan pandangan potongan serta bukaan *presstool*. Penyetelan pada mesin press dipermudah dengan adanya *marking* pada setiap bukaan gambar *draft* untuk memudahkan operator dalam proses uji coba seperti pada Gambar 3.8.



Gambar 3.7 Draft rancangan combination tool



Gambar 3.8 Peletakkan marking serta pandangan bukaan pada presstool



## 5. KESIMPULAN

Berdasarkan dari studi penelitian yang dilakukan, terdapat tiga kesimpulan yang diantaranya:

1. Penggabungan *tool* proses dapat dilakukan dengan kajian berdasarkan metode perancangan VDI 2222 dalam upaya peningkatan optimalisasi QCD (*Quality, Time, and Delivery*).
2. Hasil dari kajian penelitian yang berupa gambar *draft combination tool* dengan tipe *inverted* dapat dijadikan sebagai alternatif solusi proses untuk menghasilkan produk *sheet metal*.
3. Dimensi total dari *draft* rancangan *combination tool* sebesar 1012 mm x 826 mm x 516 mm dengan gaya *presstool* sebesar 97,5 Ton yang memungkinkan penggunaannya pada mesin *press* dengan kapasitas maksimum sebesar 120 ton.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Biswajit Sarkar, Kripasindhu Chaudhuri, Ilkyeong Moon. (2015). *Manufacturing setup cost reduction and quality improvement for the distribution free continuous-review inventory model with a service level constraint*. Journal of Manufacturing Systems, Volume 34, Pages 74-82.
- [2]. Colgan M, Monaghan J. (2003). *Deep drawing process: analysis and experiment*. J. Mater. Process. Technology. Page 132(1-3):35-41.
- [3]. Hilbert, Heinrich L. (1970). *Stanzertechnik Band II*. Munchen. Carl Hanser Verlag.
- [4]. Kalpakjian, Serope; Steven Schmid (2005). *Manufacturing, Engineering & Technology*. Prentice Hall. pp. 22-36.
- [5]. Pahl, G., Beitz, W. (2010). *VDI Guideline 2222, Systematic approach to the development and design of technical system and products*. Verein Deutscher Ingenieure. Berlin: Beuth Verlag.
- [6]. Schuler GmbH. (2002). *Metal Forming Handbook*. New York: Springer.
- [7]. Suchy, Ivana. (2006). *Handbook of Die Design 2nd edition*. New York: Mc Graw-Hill Book Company.
- [8]. Theryo, Rony Sudarmawan. (2009). *Teknologi Press Dies*. Yogyakarta: Kanisius.
- [9]. Wiendahl, H-P. (1981). *Five years experience with VDI 2222 guideline in a large capital equipment enterprise*. Design Studies 2. Pages 165-170.