

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

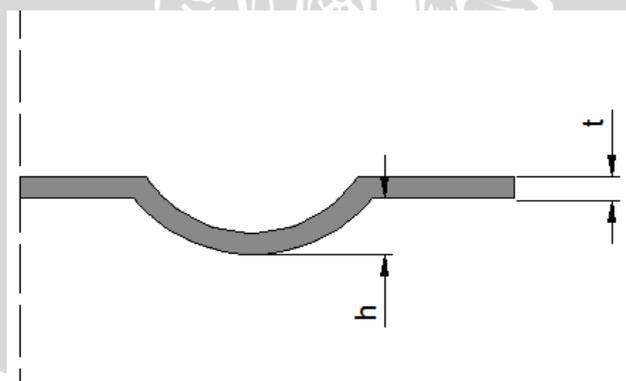
4.1 Data dan Hasil Pengukuran Dimensi Aktual *Metal Gasket Type 20A*

Proses *Die Press forming* sudah dilakukan, kemudian dilakukan pengukuran dimensi aktual tinggi *convex corrugated metal gasket*. Pengukuran dilakukan di 5 titik pada produk *metal gasket* kemudian diambil rata-rata dari data tersebut.



Keterangan : — — — = bagian yang kontak langsung dengan rahang *digital vernier caliper* (5 bagian untuk 5 sampel)

Gambar 4.1 Titik Pengukuran Produk *Metal Gasket*



Gambar 4.2 *Convex Metal Gasket Type 20A*

Pengukuran dilakukan untuk mengetahui tinggi *Convex Metal Gasket Type 20A* yang berupa dimensi aktual “h” (pada Gambar 4.2) dengan menggunakan *digital vernier caliper* atau Jangka sorong digital. Dari pengukuran tersebut didapatkan data sebagai berikut :

Tabel 4.1 Hasil Pengukuran Dimensi Aktual *Metal Gasket* Pada Jumlah Penekanan 1

1	Dimensi					Rata-rata
	40 kN	0,07	0,08	0,06	0,07	0,07
0,08		0,09	0,08	0,07	0,08	0,08
60 kN	0,1	0,08	0,09	0,09	0,09	0,09
	0,08	0,09	0,09	0,09	0,1	0,09
80 kN	0,12	0,11	0,12	0,12	0,13	0,12
	0,12	0,13	0,12	0,11	0,12	0,12

Tabel 4.2 Hasil Pengukuran Dimensi Aktual *Metal Gasket* Pada Jumlah Penekanan 2

2	Dimensi					Rata-rata
	40 kN	0,08	0,09	0,09	0,09	0,1
0,1		0,08	0,09	0,09	0,09	0,09
60 kN	0,1	0,11	0,1	0,1	0,09	0,1
	0,1	0,11	0,11	0,12	0,11	0,11
80 kN	0,15	0,16	0,14	0,15	0,15	0,15
	0,15	0,14	0,13	0,14	0,14	0,14

Tabel 4.3 Hasil Pengukuran Dimensi Aktual *Metal Gasket* Pada Jumlah Penekanan 3

3	Dimensi					Rata-rata
	40 kN	0,1	0,1	0,1	0,09	0,11
0,11		0,11	0,12	0,11	0,1	0,11
60 kN	0,11	0,12	0,13	0,12	0,12	0,12
	0,14	0,14	0,13	0,12	0,12	0,13
80 kN	0,17	0,16	0,17	0,17	0,18	0,17
	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17

Data yang ada digunakan sebagai sumber data selanjutnya, yaitu mencari rata-rata dimensi setelah dilakukan dua kali pengulangan pada tiap jumlah penekanan. Berikut adalah data hasil penelitian :

Tabel 4.4 Rata-rata Dimensi Aktual "h" *Metal Gasket* Setelah 2 Kali Pengulangan Pada Jumlah Penekanan 1 Kali

Jumlah Penekanan	Gaya Pada <i>Punch</i> (kN)		
	40	60	80
1	0,07	0,09	0,12
	0,08	0,09	0,12
Rata-rata	0,075	0,09	0,12

Tabel 4.5 Rata-rata Dimensi Aktual “h” *Metal Gasket* Setelah 2 Kali Pengulangan Pada Jumlah Penekanan 2 Kali

Jumlah Penekanan	Gaya Pada <i>Punch</i> (kN)		
	40	60	80
2	0,09	0,1	0,15
	0,09	0,11	0,14
Rata-rata	0,09	0,105	0,145

Tabel 4.6 Rata-rata Dimensi Aktual “h” *Metal Gasket* Setelah 2 Kali Pengulangan Pada Jumlah Penekanan 3 Kali

Jumlah Penekanan	Gaya Pada <i>Punch</i> (kN)		
	40	60	80
3	0,1	0,12	0,17
	0,11	0,13	0,17
Rata-rata	0,105	0,125	0,17

Tabel 4.7 Data Hasil Penelitian

Jumlah Penekanan	Gaya Pada <i>Punch</i> (kN)		
	40	60	80
1	0,07	0,09	0,12
	0,08	0,09	0,12
Rata-Rata	0,075	0,09	0,12
2	0,09	0,1	0,15
	0,09	0,11	0,14
Rata-Rata	0,09	0,105	0,145
3	0,1	0,12	0,17
	0,11	0,13	0,17
Rata-Rata	0,105	0,125	0,17

Berdasarkan data hasil pengujian tersebut maka dilakukan perhitungan analisis dua arah untuk melihat pengaruh Gaya pada *punch* dan Jumlah penekanan *punch* terhadap dimensi “h” *metal gasket* dengan waktu penekanan yang konstan. Proses analisis data dengan varian dua arah didapat hasil berikut ini :

1. Menentukan taraf nyata (α) beserta F tabel

Taraf nyata $\alpha = 0,05$, dan F tabel dengan $b=3$; $k=2$; $n=10$:

- a. Untuk baris(Faktor jumlah penekanan):

$$(v_1) = b - 1 = 3 - 1 = 2 \quad ; \quad (v_2) = (kb)(n-1) = 3 \cdot 2 \cdot (10 - 1) = 9 \quad ; \quad F_{0,05(2;9)} = 4,2565$$

- b. Untuk kolom (Faktor Gaya Penekanan *Punch*):

$$(v_1) = k - 1 = 3 - 1 = 2 ; (v_2) = (kb)(n-1) = 3 \cdot 3(2 - 1) = 9 ; F_{0,05(2;9)} = 4,2565$$

- c. Untuk interaksi:

$$(v_1) = (k - 1)(b-1) = (3-1)(3-1) = 4; (v_2) = (kb)(n-1) = 3 \cdot 3(2 - 1) = 9; F_{0,05(4;9)} = 3,6331$$

2. Menentukan kriteria pengujian

- a. Untuk baris (Faktor jumlah penekanan):

$$H_0 \text{ diterima apabila } F_0 \leq F_{0,05(2;9)} \quad H_0 \text{ ditolak apabila } F_0 > F_{0,05(2;9)}$$

- b. Untuk kolom (Faktor Gaya Penekanan *Punch*):

$$H_0 \text{ diterima apabila } F_0 \leq F_{0,05(2;9)} \quad H_0 \text{ ditolak apabila } F_0 > F_{0,05(2;9)}$$

- c. Untuk interaksi (jumlah dan Gaya Penekanan *Punch*):

$$H_0 \text{ diterima apabila } F_0 \leq F_{0,05(4;9)} \quad H_0 \text{ ditolak apabila } F_0 > F_{0,05(4;9)}$$

3. Analisis varian

Tabel 4.8 Data *Two Way* ANOVA

Jumlah Penekanan	Gaya pada <i>punch</i>			Jumlah
	40	60	80	
1	0,07	0,09	0,12	0,28
	0,08	0,09	0,12	0,29
jumlah	0,15	0,18	0,24	0,57
2	0,09	0,1	0,15	0,34
	0,09	0,11	0,14	0,34
jumlah	0,18	0,21	0,29	0,68
3	0,1	0,12	0,17	0,39
	0,11	0,13	0,17	0,41
jumlah	0,21	0,25	0,34	0,8
TOTAL	0,54	0,64	0,87	2,05

$$b = 3; k = 3; n = 2$$

$$a. JKT = \sum_{i=1}^b \sum_{j=1}^k \sum_{c=1}^n x_{ijc}^2 - \frac{T^2}{b,k,n} = 0,07^2 + 0,08^2 + \dots + 0,17^2 + 0,17^2 - \frac{2,05^2}{18}$$

$$= 0,2479 - 0,2335 = 0,0144278$$

$$b. JKB = \frac{\sum_{i=1}^b T_i^2}{k,n} - \frac{T^2}{b,k,n} = \frac{0,57^2 + 0,68^2 + 0,8^2}{6} - \frac{2,05^2}{18} = 0,2379 - 0,2335 = 0,0044411111$$

$$c. JKK = \frac{\sum_{j=1}^k T_j^2}{b,n} - \frac{T^2}{b,k,n} = \frac{0,54^2 + 0,64^2 + 0,87^2}{6} - \frac{2,05^2}{18} = 0,24302 - 0,2335 = 0,009544444$$

$$\begin{aligned}
 \text{d. JKI} &= \frac{\sum_{i=1}^b \sum_{j=1}^k T_{ij}^2}{n} - \frac{\sum_{i=1}^b T_i^2}{k,n} - \frac{\sum_{j=1}^k T_j^2}{b,n} + \frac{T^2}{b,k,n} \\
 &= \frac{0,15^2 + 0,18^2 + \dots + 0,25^2 + 0,34^2}{2} - \frac{0,57^2 + 0,68^2 + 0,8^2}{6} - \frac{0,54^2 + 0,64^2 + 0,87^2}{6} + \frac{2,05^2}{18} \\
 &= 0,000222222 \\
 \text{e. JKE} &= \text{JKT} - \text{JKB} - \text{JKK} - \text{JKI} = 0,0144278 - 0,0044411111 - 0,009544444 - \\
 &0,000222222 = 0,00025
 \end{aligned}$$

Tabel 4.9 Two Way Anova

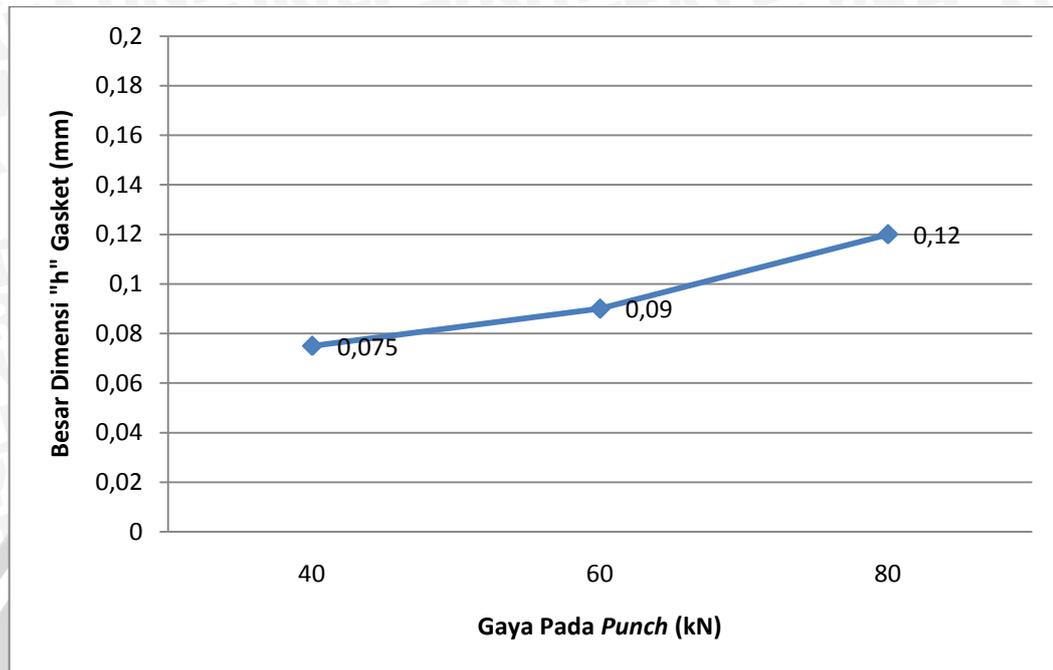
Sumber Variasi	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Rata-rata kuadrat	F hitung (F _o)
Rata-rata baris	2	0,0044411111	$S_1^2 = \frac{JKB}{db} = 0,002056$	$f_1 = \frac{s_1^2}{s_4^2} = 6304,36$
Rata-rata kolom	2	0,009544444	$S_2^2 = \frac{JKK}{db} = 0,004772$	$f_2 = \frac{s_2^2}{s_4^2} = 29515,24$
Interaksi	4	0,000222222	$S_3^2 = \frac{JKI}{db} = 0,0000556$	$f_3 = \frac{s_3^2}{s_4^2} = 4$
Error	9	0,00025	$S_4^2 = \frac{JKE}{db} = 0,000027$	
Total	17	0,014427778		

5. Kesimpulan

- Dari analisis varians dapat dilihat bahwa $f_1 > f_{\text{tabel}}$ ($6304,36 > 4,2565$) maka H_0 ditolak, Maka dapat disimpulkan bahwa Semakin besar jumlah penekanan maka memberikan pengaruh terhadap besar dimensi “h” gasket.
- Dari analisis varians dapat dilihat bahwa $f_2 > f_{\text{tabel}}$ ($29515,24 > 4,2565$) maka H_0 ditolak, Maka dapat disimpulkan bahwa Semakin besar gaya penekanan *punch* maka memberikan pengaruh terhadap besar dimensi “h” gasket.
- Dari analisis varians dapat dilihat bahwa $f_3 > f_{\text{tabel}}$ ($4 > 3,633$) maka H_0 ditolak, Maka dapat simpulkan bahwa Semakin besar jumlah dan gaya penekanan *punch* maka tidak memberikan pengaruh terhadap besar dimensi “h” gasket.

4.2 Pembahasan

A. Hubungan Gaya Penekanan *Punch* dengan Dimensi “h” Aktual *Metal Gasket*



Gambar 4.3 Grafik Hubungan Gaya Pada *Punch* dengan besar dimensi "h" *Metal Gasket* pada Jumlah Penekanan 1 kali

Gambar 4.3 adalah grafik yang menjelaskan hubungan antara Gaya yang diberikan *punch* dengan besar dimensi "h" pada metal gasket pada proses *die press forming* dengan jumlah penekanan 1 kali. Grafik diatas didapat dari data setelah melakukan pengukuran pada hasil produk *metal gasket*. Pada Grafik 1.1 diketahui bahwa nilai dimensi "h" pada *metal gasket* setelah plat diberi gaya dari *punch* sebesar 40 kN adalah 0,075 mm; pada gaya 60 kN besar dimensi "h" metal gasket adalah 0,09 mm; dan pada gaya 80 kN besar dimensi "h" metal gasket adalah 0,12 mm.

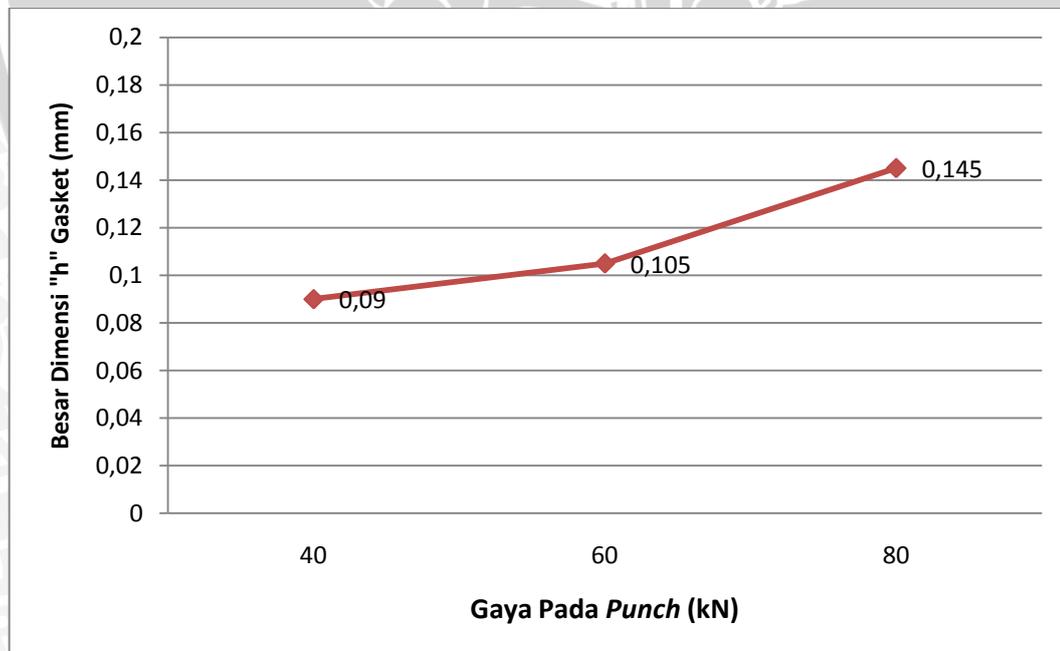
Gambar 4.3 menunjukkan kecenderungan bahwa semakin tinggi gaya penekanan yang diberikan *punch* melalui mesin press maka semakin besar juga dimensi "h" metal gasket, dimana dimensi "h" metal gasket yang diharapkan sesuai dengan penelitian sebelumnya adalah 0,2 mm yang bertujuan untuk memaksimalkan bidang kontak yang bisa menimbulkan efek pegas pada gasket sehingga mencegah kebocoran saat digunakan. Kecenderungan semakin tinggi dimensi "h" metal gasket terhadap semakin tingginya gaya yang diberikan *punch* melalui mesin press disebabkan karena pada proses *die press forming*, sesuai dasar teori, pada persamaan (2-8) :

$$F = kr.A$$

Pada persamaan (2-8) diketahui bahwa gaya (F) dipengaruhi dan berbanding lurus dengan *deformation resistance* (kr) dan luas area penekanan (A). Karena luas area penekanan (A) konstan, maka yang berubah ketika gaya (F) berubah adalah *deformation resistance* (kr). Pada proses *die press forming* juga dapat diketahui *Forming efficiency factor* yang didapat dari persamaan (2-9) berikut:

$$\text{Forming efficiency factor} = \frac{\sigma}{kr}$$

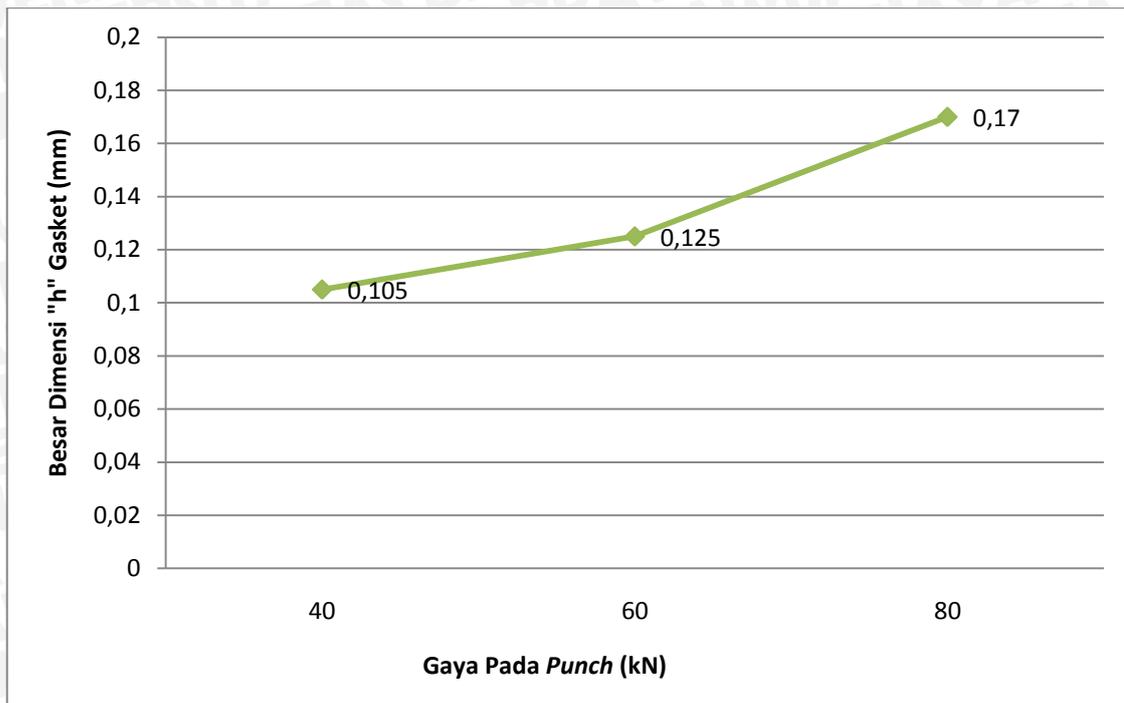
Dari persamaan (2-9) diketahui bahwa Tegangan alir (σ) dan *deformation resistance* (kr) berbanding lurus. Dari uraian tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi gaya pada *punch* maka semakin tinggi pula tegangan alir. Pada dasar teori dijelaskan bahwa pada proses *die press forming* semakin tinggi tegangan alir maka material akan semakin terbentuk sesuai dengan *die* yang menyebabkan dimensi "h" pada hasil produk yang dibuat akan semakin mendekati nilai 0,2 mm ketika diberi gaya penekanan pada *punch* yang semakin besar.



Gambar 4.4 Grafik Hubungan Gaya Pada *Punch* dengan besar dimensi "h" *Metal Gasket* pada Jumlah Penekanan 2 kali.

Gambar 4.4 adalah grafik yang menjelaskan hubungan antara Gaya yang diberikan *punch* dengan besar dimensi "h" pada metal gasket pada proses *die press forming* dengan jumlah penekanan 2 kali. Grafik diatas didapat dari data setelah melakukan pengukuran pada hasil produk *metal gasket*. Pada Grafik 1.2 diketahui bahwa nilai dimensi "h" pada *metal gasket* setelah plat diberi gaya dari *punch* sebesar 40 kN adalah 0,09 mm; pada gaya 60 kN besar dimensi "h" metal gasket adalah 0,105 mm; dan pada gaya 80 kN besar dimensi "h" metal gasket adalah 0,145 mm.

Gambar 4.4 juga menunjukkan kecenderungan bahwa semakin tinggi gaya penekanan yang diberikan *punch* melalui mesin press maka semakin besar juga dimensi "h" metal gasket, dimana dimensi "h" metal gasket yang diharapkan sesuai dengan penelitian sebelumnya adalah 0,2 mm yang bertujuan untuk memaksimalkan bidang kontak yang bisa menimbulkan efek pegas pada gasket sehingga mencegah kebocoran saat digunakan. Kecenderungan semakin tinggi dimensi "h" metal gasket terhadap semakin tingginya gaya yang diberikan *punch* melalui mesin press disebabkan karena pada proses *die press forming*, gaya dipengaruhi dan berbanding lurus dengan *deformation resistance*. Pada proses *die press forming* juga dapat diketahui *Forming efficiency factor* yang merupakan hasil dari perbandingan Tegangan alir dan *deformation resistance*, dimana Tegangan alir dan *deformation resistance* berbanding lurus. Dari uraian tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi gaya pada *punch* maka semakin tinggi pula tegangan alir yang pada dasar teori dijelaskan bahwa pada proses *die press forming* semakin tinggi tegangan alir maka material akan semakin terbentuk sesuai dengan *die* yang menyebabkan dimensi "h" pada hasil produk yang dibuat akan semakin mendekati nilai 0,2 mm ketika diberi gaya penekanan pada *punch* yang semakin besar.



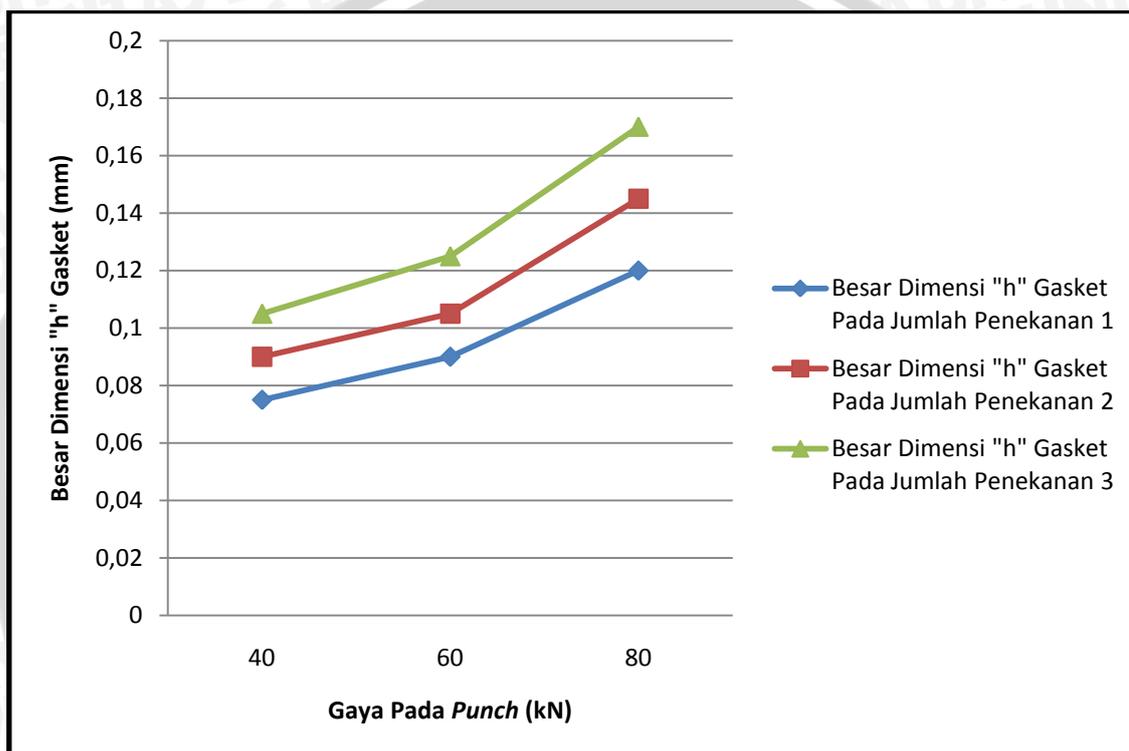
Gambar 4.5 Grafik Hubungan Gaya Pada *Punch* dengan besar dimensi "h" *Metal Gasket* pada Jumlah Penekanan 3 kali.

Gambar 4.5 adalah grafik yang menjelaskan hubungan antara Gaya yang diberikan *punch* dengan besar dimensi "h" pada metal gasket pada proses *die press forming* dengan jumlah penekanan 3 kali. Grafik diatas didapat dari data setelah melakukan pengukuran pada hasil produk *metal gasket*. Pada Grafik 1.3 diketahui bahwa nilai dimensi "h" pada *metal gasket* setelah plat diberi gaya dari *punch* sebesar 40 kN adalah 0,105 mm; pada gaya 60 kN besar dimensi "h" metal gasket adalah 0,125 mm; dan pada gaya 80 kN besar dimensi "h" metal gasket adalah 0,17 mm.

Gambar 4.5 juga menunjukkan kecenderungan bahwa semakin tinggi gaya penekanan yang diberikan *punch* melalui mesin press maka semakin besar juga dimensi "h" metal gasket, dimana dimensi "h" metal gasket yang diharapkan sesuai dengan penelitian sebelumnya adalah 0,2 mm yang bertujuan untuk memaksimalkan bidang kontak yang bisa menimbulkan efek pegas pada gasket sehingga mencegah kebocoran saat digunakan. Kecenderungan semakin tinggi dimensi "h" metal gasket terhadap semakin tingginya gaya yang diberikan *punch* melalui mesin press disebabkan karena pada proses *die press forming*, gaya dipengaruhi dan berbanding lurus dengan *deformation resistance*. Pada proses *die press forming* juga dapat diketahui *Forming efficiency factor* yang merupakan hasil dari perbandingan Tegangan alir dan *deformation resistance*, dimana Tegangan alir dan *deformation resistance* berbanding lurus. Dari uraian tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi gaya pada *punch*

maka semakin tinggi pula tegangan alir yang pada dasar teori dijelaskan bahwa pada proses *die press forming* semakin tinggi tegangan alir maka material akan semakin terbentuk sesuai dengan *die* yang menyebabkan dimensi "h" pada hasil produk yang dibuat akan semakin mendekati nilai 0,2 mm ketika diberi gaya penekanan pada *punch* yang semakin besar.

B. Hubungan Jumlah Penekanan *Punch* dengan Dimensi "h" Aktual *Metal Gasket*



Gambar 4.6 Grafik Perbandingan Besar Dimensi "h" *Metal Gasket* Pada Gaya dan Jumlah Penekanan *Punch* Berbeda

Gambar 4.6 menunjukkan bahwa jumlah penekanan yang lebih banyak menimbulkan hasil produk *metal gasket* dengan dimensi "h" yang semakin mendekati ukuran yang diharapkan, yaitu 0,2 mm. Hal ini disebabkan karena pada saat penekanan satu kali, benda kerja masih berbentuk plat datar tanpa kontur sama sekali, sehingga hasil produk *metal gasket* pada penekanan pertama memiliki dimensi "h" yang paling kecil dibandingkan dengan jumlah penekanan yang lebih banyak. Pada jumlah penekanan 2 kali, benda kerja mengalami pembebanan selama 2 kali. Pembebanan pertama benda kerja awal masih berbentuk plat dan menjadi hasil produk *metal gasket* yang belum maksimal. Pada pembebanan kedua, benda kerja awal tidak berbentuk plat datar lagi, tetapi berbentuk *metal gasket* yang sudah berkontur, hal ini menyebabkan

pada pembebanan kedua, benda kerja awal tersebut lebih mudah untuk mengalami pembentukan dalam *die* karena sudah memiliki kontur yang hampir serupa dengan *die*. Pada jumlah penekanan 3 kali, benda kerja mengalami pembebanan selama 3 kali. Sama seperti jumlah penekanan 2 kali, pada jumlah penekanan 3 kali pembebanan pertama benda kerja awal masih berbentuk plat dan menjadi hasil produk *metal gasket* yang belum maksimal. Pada pembebanan kedua, benda kerja awal tidak berbentuk plat datar lagi, tetapi berbentuk *metal gasket* yang sudah berkontur, hal ini menyebabkan pada pembebanan kedua, benda kerja awal tersebut lebih mudah untuk mengalami pembentukan dalam *die* karena sudah memiliki kontur yang hampir serupa dengan *die*. Begitu juga pada pembebanan yang ketiga.

Proses pengulangan pembebanan atau penambahan jumlah penekanan ini bisa dikatakan sebagai pengganti proses *preform* pada proses *die press forming*. Proses *preform* dilakukan dengan melakukan pembentukan sebelum proses utama dilakukan dengan *tool* yang berbeda dengan proses utama, tujuannya adalah agar hasil produk sesuai dengan yang diharapkan. Pada penelitian ini, karena *tool* yang digunakan untuk *preform* dan proses utama sama, maka dilakukan proses pengulangan pembebanan atau penambahan jumlah penekanan *punch* yang menghasilkan kesimpulan bahwa semakin besar jumlah penekanan maka dimensi aktual "h" *metal gasket* akan semakin sesuai dengan ukuran *dies*, yaitu 0,2 mm.

