

## Pengaruh Pemukulan Berulang Terhadap Karakteristik Getaran Pada Baja Yang Mengalami Proses Penempaan

Teguh Pudji Purwanto, Achmad Syahroni

Jurusan Teknik Mesin FT-UGM

Yogyakarta

email : [teguhpp@ugm.ac.id](mailto:teguhpp@ugm.ac.id)

### Abstrak

*Gamelan merupakan produk teknologi yang telah berusia ratusan tahun. Teknologi pembuatan gamelan sampai sekarang masih tetap seperti yang telah diwariskan secara turun-temurun, yaitu memakai proses penempaan dengan peralatan sederhana dan amplitudo. Permasalahan yang dihadapi para pengrajin gamelan dari dulu sampai sekarang adalah terjadinya perubahan nada setelah proses pemakaian sehingga diperlukan pelarasan ulang. Jika gamelan yang dilemas kepasar sudah dalam kondisi stabil nadanya, maka pelarasan ulang ini tidak diperlukan lagi. Penelitian ini merupakan awal dari rangkaian penelitian yang bertujuan untuk menyelesaikan masalah tersebut, yaitu bertujuan untuk mencari karakteristik getaran akibat proses pemukulan pada amplitudo baja strip dengan variasi dimensi, perlakuan panas dan proses forging.*

*Pada penelitian ini digunakan specimen baja strip yang ada dipasaran dan dibuat 4 jenis specimen, yaitu baja tanpa perlakuan (asli), diforging, annealing dan annealing forging. Spesimen tersebut dipukul seperti pemukulan gamelan dengan frekuensi pemukulan sebanyak 30 kali dalam 1 menit, sehingga satu siklus pemukulan memerlukan waktu sebanyak 2 detik. Tujuan dari perlakuan itu adalah untuk mengetahui karakteristik frekuensi alami akibat dari pemukulan yang berulang-ulang dengan waktu yang tertentu. Frekuensi alami sebelum dilakukan pemukulan diukur, kemudian setelah dilakukan pemukulan dengan lama pemukulan yang berbeda.*

*Hasil pengukuran menunjukkan bahwa baja yang tidak dilakukan perlakuan (asli), pemukulan mengakibatkan penurunan frekuensi alami. Pada baja strip yang mendapatkan proses forging, karakteristik perubahan frekuensi mengalami kenaikan dan kekerasan pada baja tersebut juga meningkat di dua tempat, yaitu pada daerah yang kontak langsung dengan pemukul dan pada daerah diluar pemukulan. Pada baja strip yang tidak mendapatkan perlakuan (asli), kecuali terjadi penurunan frekuensi juga terjadi penurunan kekerasan, terutama pada daerah diluar pemukulan. Pada baja yang mendapatkan proses annealing, tidak ada perubahan frekuensi akibat proses pemukulan terhadap waktu dan kekerasan pada baja tersebut tidak banyak mengalami perubahan. Perubahan frekuensi pada baja- annealing forging lebih cepat daripada baja- asli forging dan setelah proses tuning, tidak terjadi perubahan frekuensi akibat proses pemukulan ini disebabkan baja yang telah di- tuning sudah mulai jenuh.*

*Kata kunci : Gamelan, Perubahan Frekuensi Alami, Annealing- forging, kekerasan.*

### 1. Latar Belakang

Gamelan merupakan produk teknologi yang telah berusia ratusan tahun. Teknologi pembuatan gamelan sampai sekarang masih tetap seperti yang telah diwariskan secara turun-temurun, yaitu dengan peralatan sederhana dan tradisional. Permasalahan yang dihadapi para pengrajin gamelan dari dulu sampai sekarang adalah perubahan nada setelah proses pemakaian sehingga dalam produksinya tidak efisien. Perubahan nada yang paling cepat berubah pada gamelan adalah alat musik saron, dimana cara memainkan alat musik saron adalah dengan cara dipukul dengan pemukul yang terbuat dari kayu.

Oleh karena itu, pada penelitian ini penulis ingin mencari karakteristik perubahan frekuensi pada bahan yang mengalami proses pemukulan. Pada penelitian ini menggunakan bahan dari baja strip proses *rolling*, dimana pada pengujiannya sama seperti memainkan alat musik saron yaitu dengan pukulan secara berulang-ulang.

## 2. Teori Dasar

Proses *forging* adalah suatu proses mengubah bentuk sampai ke daerah plastik dengan menggunakan gaya kejut. Proses ini merupakan salah satu proses pengerjaan logam yang paling tua, mulai digunakan pada tahun 5000 SM. Proses *forging* digunakan untuk menghasilkan berbagai ukuran dan bentuk komponen dari berbagai jenis logam. Pada proses *forging* bisa dilakukan dengan pengerjaan panas maupun pengerjaan dingin. Proses *forging* pada pengerjaan panas dilakukan pada suhu diatas suhu perubahan fasa dari bahan tersebut dan proses *forging* pada pengerjaan dingin dilakukan dibawah suhu tersebut.

Pada penelitian ini, proses *forging* dilakukan dengan proses pengerjaan dingin, yaitu dikerjakan dibawah suhu tidak terbentuknya fasa lain. Proses *forging* pada pengerjaan dingin akan menyebabkan tegangan sisa (*residual stress*) dan *strain hardening*.

Di dalam proses *forging*, material diubah pada daerah plastik dengan dua atau lebih cetakan untuk memberi ukuran dan bentuk yang diinginkan. Walaupun masalah *forging* yang tampak adalah tekanan yang sederhana, tapi ada perbedaan penting antara kelainan bentuk dan tekanan di kasus ini. Didalam kasus *forging*, gesekan cetakan/ *hammer* di permukaan benda kerja membuat kelainan bentuk seperti distribusi tekanan yang tidak merata. Perubahan yang tidak homogen menyebabkan terjadinya tegangan sisa yang merusak. (M.P. Mungi, S.D. Rasane, P.M. Dixit. *Residual stresses in cold axisymmetric forging*. *Journal of Materials Processing Technology* 142 (2003)

Pada metode *Formula 62 Stress Relief Engineering Company* mengungkapkan tentang sebuah metode pembebasan tegangan sisa dengan resonansi getaran pada proses pengelasan dan proses produksi. Metode ini menggunakan prinsip getaran dengan memberikan frekuensi yang rendah pada benda kerja dan amplitude yang besar dengan waktu tertentu berdasarkan pada berat benda kerja. Semakin berat benda kerja maka waktu yang dibutuhkan semakin besar dan semakin kecil berat benda kerja maka waktu yang dibutuhkan semakin kecil. Hasil dari metode ini ditunjukkan dengan perubahan kekakuan bahan dan frekuensi naturalnya dimana dengan pembuktian pengujian x- ray didapat tegangan terdistribusi merata pada setiap *element* benda kerja.

Persamaan getaran transversal untuk konstruksi beam adalah :

$$\frac{\partial^4 y}{\partial x^4} + \left( \frac{\rho A}{EI} \right) \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = 0$$

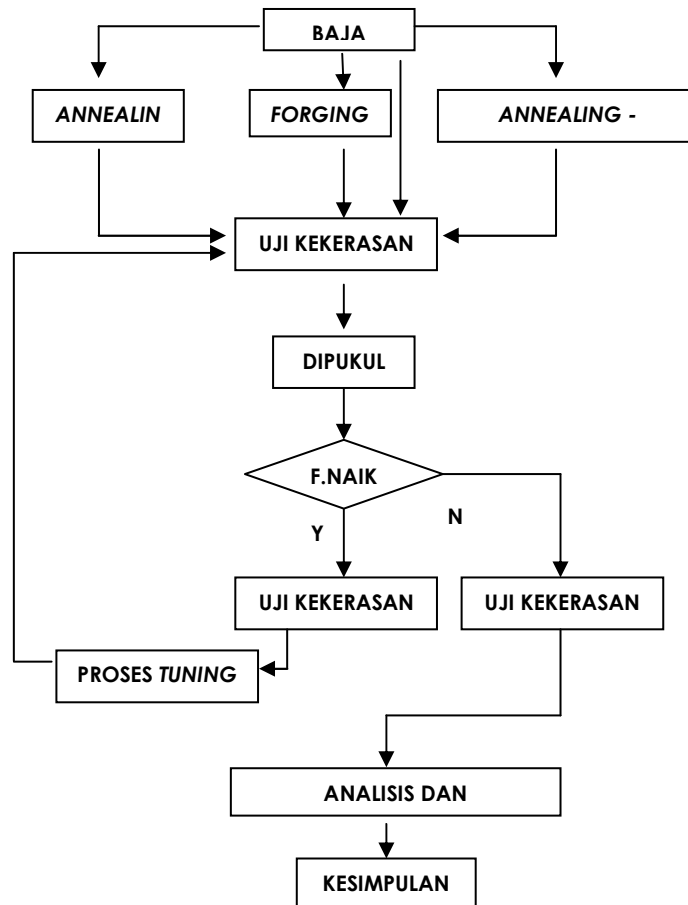
Bentuk *mode* pertama, setengah- gelombang :

$$y = C_2 \sin \pi \left( \frac{x}{l} \right) (B_1 \sin \omega_1 t + B_2 \cos \omega_1 t); \quad \omega_1 = \left( \frac{\pi}{l} \right)^2 \sqrt{\left( \frac{EI}{A\rho} \right)} \quad \text{rad/s}$$



Gambar 1. Pola Getar Pertama

## Diagram Alir Penelitian



### Benda Uji

Bahan benda uji yang digunakan untuk penelitian ini adalah baja strip, proses *rolling* dengan variasi dimensi dan beberapa perlakuan. Adapun perlakuan tersebut adalah *forging*, *annealing* dan *annealing forging*. Tujuan dari perlakuan itu adalah untuk mengetahui karakteristik frekuensi alami akibat dari pemukulan yang berulang-ulang dengan waktu yang tertentu pada bahan yang mengalami proses pengerjaan tersebut. Pada penelitian ini tidak melakukan pengukuran, hanya membandingkan perubahan dari frekuensi suara yang ditimbulkan oleh plat baja tersebut akibat proses pemukulan, sehingga tidak mengetahui dengan pasti penyebab dari perubahan frekuensi suara dan hanya merujuk pada studi pustaka yang ada. Ini diakibatkan dari keterbatasan alat yang tersedia serta kurangnya biaya.

### Pembuatan spesimen uji

Proses pembuatan benda uji dilaksanakan dalam beberapa tahap,

### Proses pemotongan benda kerja

Pada pengujian ini menggunakan tiga baja strip proses *rolling* dengan ketebalan serta lebar masing-masing dari plat adalah 4,3 mm, 5 mm dan 5,3 mm dimana pemotongan benda kerja menggunakan gergaji besi dengan panjang benda uji  $\pm 23$  cm dan lebarnya  $\pm 52$  cm. Untuk penempatan benda kerja pada saat proses pemukulan, maka diberi lubang 2 buah untuk masing-masing benda uji, dengan diameter lubang 5 mm. Jarak lubang ke ujung benda kerja  $\pm 50$  mm.

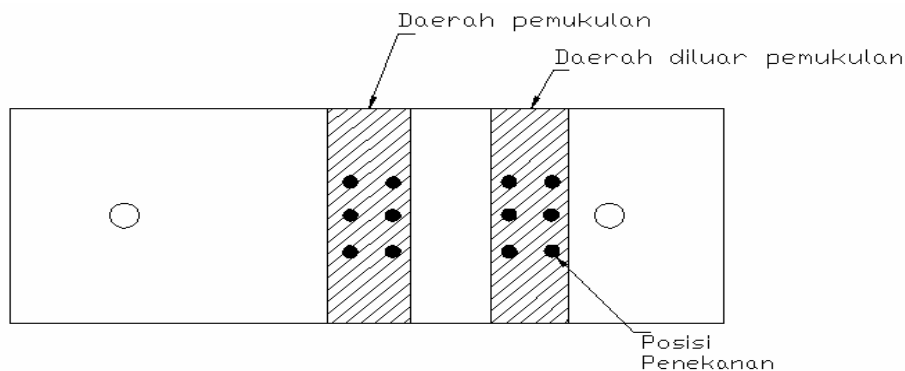
### Proses Forging

Pada pengujian ini, yang menggunakan proses forging ada 2 benda kerja, yaitu baja tanpa perlakuan (asli)- *forging* dan *annealing-forging*. Pada proses *forging*, Baja dipanaskan antara 550°C – 650°C (secara pembentukan logam bisa dikatakan sebagai pengerjaan dingin) pada tungku tradisional dengan bahan bakar kayu atau arang dengan alas penempatan terbuat dari besi dan ada juga yang terbuat dari batu kali. Setelah baja berwarna merah menyala kemudian dikeluarkan dari tungku dan dilakukan proses pemukulan benda kerja sampai ketebalan berkurang. Perubahan dimensi setelah proses forging yaitu ketebalan benda uji berkurang  $\pm 1,5$  mm dan pertambahan panjang  $\pm 3$  mm. Tujuan proses *forging* pada penelitian ini adalah, untuk mendapatkan tegangan sisa pada benda kerja.

### Proses Perlakuan Panas

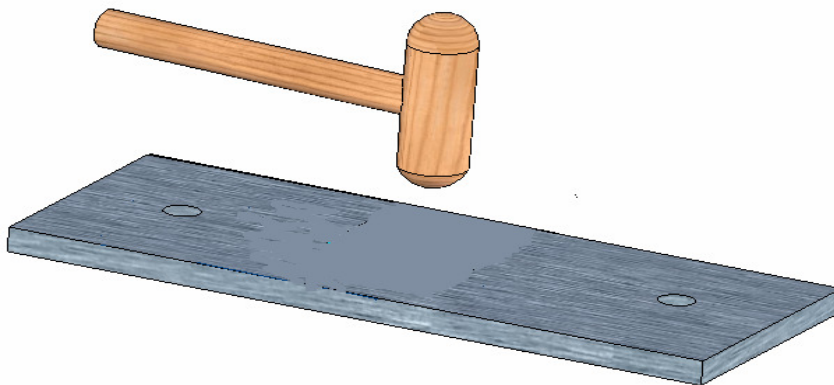
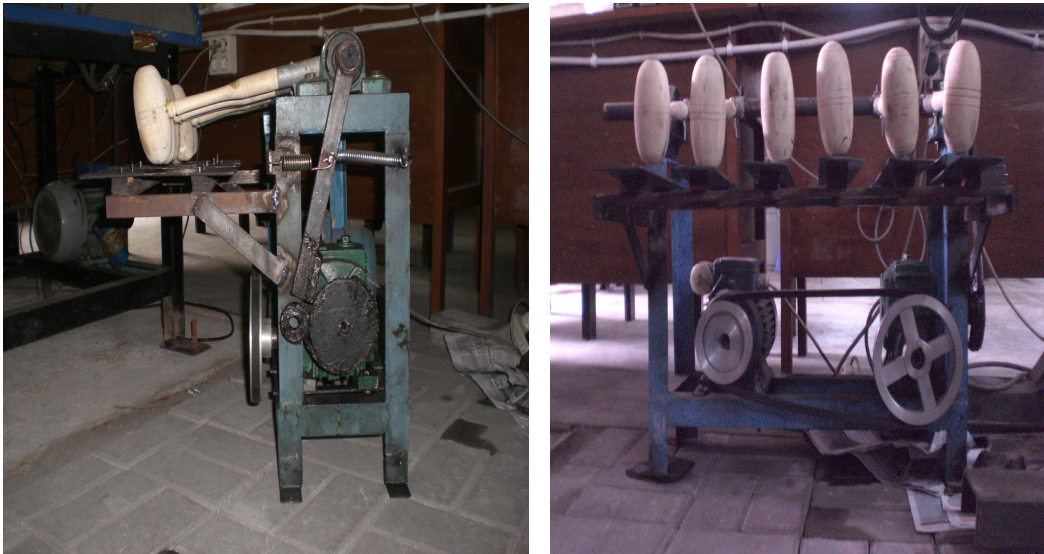
Perlakuan panas untuk spesimen dilakukan di Laboratorium Bahan Teknik Mesin UGM. Perlakuan panas yang dilaksanakan adalah proses *annealing*. Tujuan *annealing* pada penelitian ini adalah untuk mencari karekteristik baja- *annealing* pada saat proses pemukulan serta membandingkan karekteristik pada baja yang diberi proses *forging* dan baja tanpa perlakuan. Pada proses *annealing* baja disusun secara sejajar didalam dapur (*furnace*) kemudian dilakukan dengan cara baja dipanaskan hingga mencapai suhu 550°C, kemudian ditahan selama 120 menit, lalu didinginkan perlahan-lahan di dalam dapur (*furnace*), setelah itu spesimen dikeluarkan dari dapur dan pendinginan dilakukan dengan udara sampai mencapai suhu kamar. Tujuan baja di-*annealing* pada suhu tersebut adalah, untuk menghilangkan tegangan sisa tanpa merubah *fasa* dari baja tersebut.

### Daerah Pengujian kekerasan *vickers*



Gambar 2. Posisi pengukuran titik kekerasan

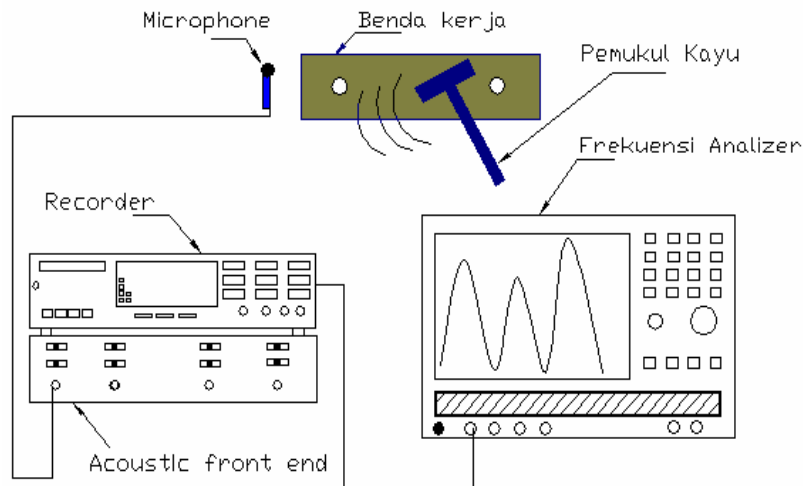
## Mesin Pemukul Sebagai Penggetar Pada Baja



Gambar 3. Mesin pemukul sederhana sebagai penggetar pada baja.

### Pengujian Pengukuran Frekuensi Alami

Set-up pengujian untuk mencari frekuensi alami bisa dilihat dari Gambar.4. dimana posisi dari benda kerja dianggap bergetar bebas. Pada saat pemukulan harus sepelan mungkin dan mendekati *microphone*. Tujuan-nya untuk hasil suara yang didapat benar- benar dari benda kerja tersebut dan sinyal suara dapat ditangkap dengan jelas.



Gambar.4. Pengujian perubahan frekuensi alami pada baja

### Proses Tuning

Proses *tuning* pada penelitian ini adalah pengembalian nada atau frekuensi alami setelah proses pemukulan. Proses *tuning* hanya dilakukan pada baja yang mengalami kenaikan frekuensi alami akibat dari proses pemukulan terhadap waktu. Untuk frekuensi alami tetap atau turun, proses *tuning* tidak dapat dilaksanakan. Cara pengerjaan-nya adalah mengurangi benda kerja secara perlahan dibagian permukaan baja yang kontak langsung dengan pemukul dengan menggunakan kikir dan gerinda. Pengurangan dilakukan sampai frekuensi alami pada baja kembali seperti semula.

### 3. Analisa Data

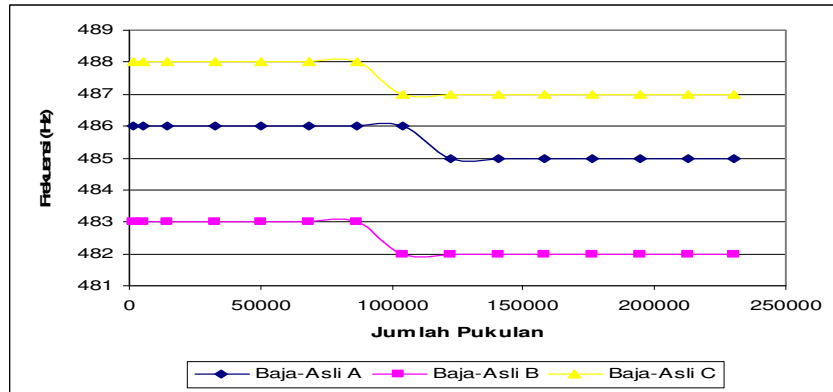
#### Analisa Data Pengujian Pertama

Pada pengujian pertama ini menggunakan tiga baja yang tidak mendapatkan perlakuan (asli) dan baja dengan proses *forging*. Pada Tabel 1, bisa dilihat *spesifikasi* bahan dan perlakuan serta perubahan frekuensi alami pada baja untuk pengujian pertama.

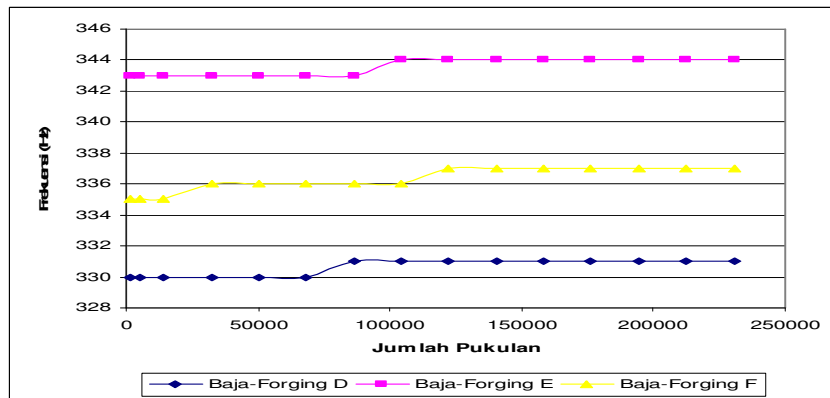
Tabel 1. *Spesifikasi* baja pada pengujian pertama

Baja	Dimensi (P x l x t)	Berat	Perlakuan	Frekuensi Awal	Frekuensi Akhir
	(mm)	(gram)		(Hz)	(Hz)
A	231 x 52 x 5,3	470	Tanpa perlakuan	486	485
B	232 x 52 x 5,3	480	Tanpa perlakuan	483	482
C	230 x 52 x 5,3	465	Tanpa perlakuan	488	487
D	262 x 57 x 4	430	Proses- <i>forging</i>	330	331
E	250 x 57,3 x 4,2	435	Proses- <i>forging</i>	343	344
F	251 x 57,4 x 4,23	445	Proses- <i>forging</i>	335	337

Ket : P = Panjang, l = Lebar, t = Tinggi

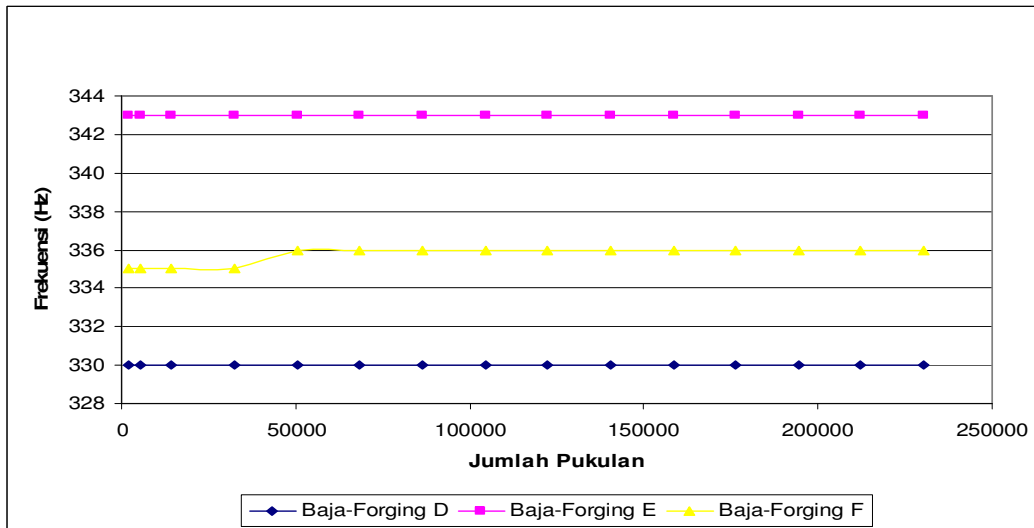


Gambar 5. Pengaruh Jumlah Pukulan Terhadap Frekuensi pada Baja Asli



Gambar 6. Pengaruh Jumlah Pukulan Terhadap Frekuensi pada Baja Forging

### Pengujian Baja Forging D, E dan F Setelah di-Tuning



Gambar 7. Pengaruh Jumlah Pukulan Terhadap Frekuensi pada Baja Forging setelah dilaras ulang

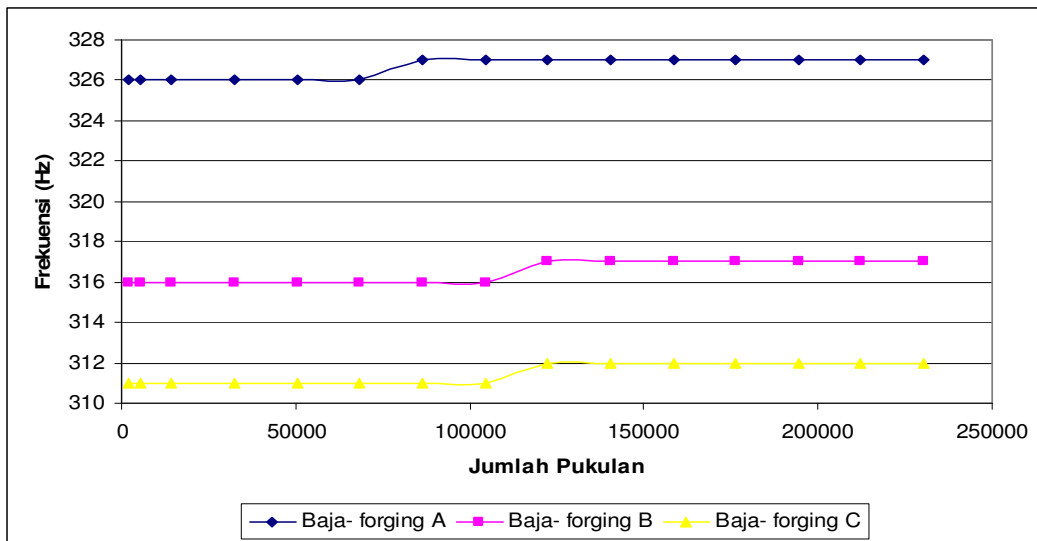
### Analisa Data Pengujian Kedua

Sama pada pengujian pertama, pengujian yang kedua ini menggunakan tiga baja yang tidak mendapatkan perlakuan (asli) dan baja dengan proses *forging* tetapi berbeda pada dimensi. Untuk pengujian ini menggunakan baja strip yang lebih tipis daripada pengujian pertama. Datanya dapat dilihat sebagai berikut :

Tabel 2. Spesifikasi baja pada pengujian kedua

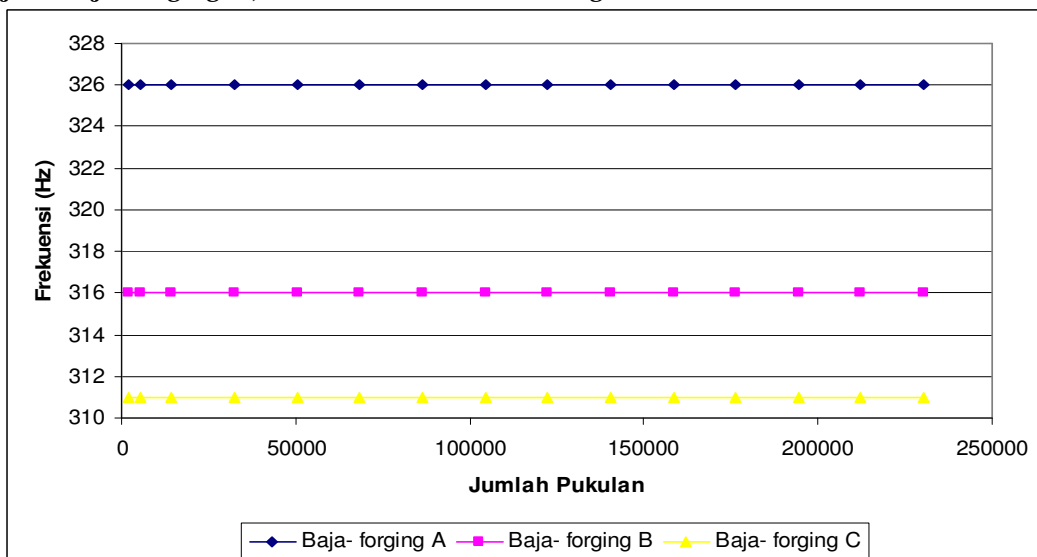
Baja	Dimensi (P x l x t)	Berat (gram)	Perlakuan	Frekuensi Awal	Frekuensi Akhir
	(mm)			(Hz)	(Hz)
A	253 x 54 x 3	380	Proses- <i>forging</i>	326	327
B	256 x 55 x 3	390	Proses- <i>forging</i>	316	317
C	256 x 54 x 3,3	400	Proses- <i>forging</i>	311	312
D	233 x 49,3 x 4,3	412	Tanpa perlakuan	431	430
E	233 x 49,3 x 4,3	410	Tanpa perlakuan	432	431
F	334 x 49,3 x 4,3	415	Tanpa perlakuan	429	428

Ket : P = Panjang, l = Lebar, t = Tinggi



Gambar 8. Pengaruh Jumlah Pukulan Terhadap Frekuensi pada Baja Forging

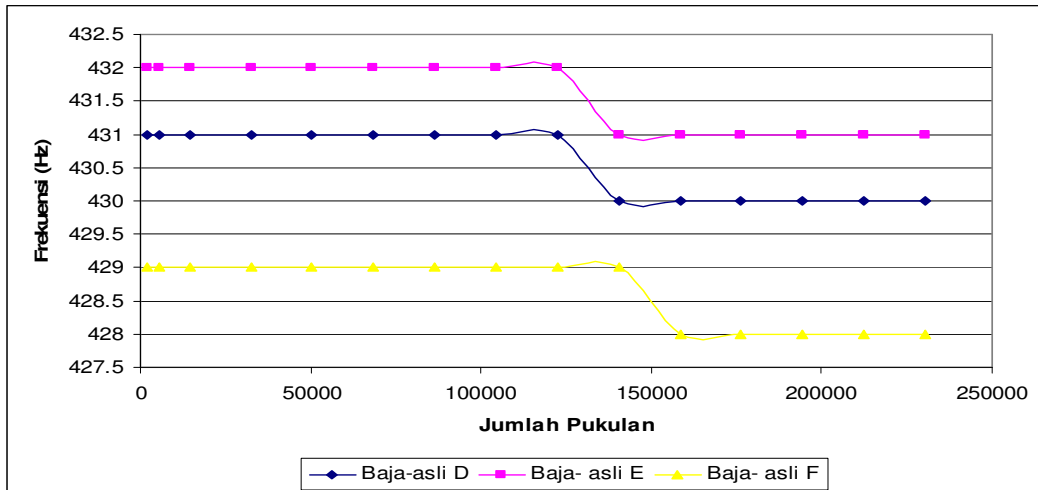
### Pengujian Baja *Forging* A, B dan C Setelah di- *Tuning*



Gambar 9. Pengaruh Jumlah Pukulan Terhadap Frekuensi pada Baja Forging Setelah dilaras ulang

### Pengujian Baja D, E dan F Tanpa Perlakuan (asli)





Gambar 10. Pengaruh Jumlah Pukulan Terhadap Frekuensi pada Baja Asli

### Analisa Data Pengujian ketiga

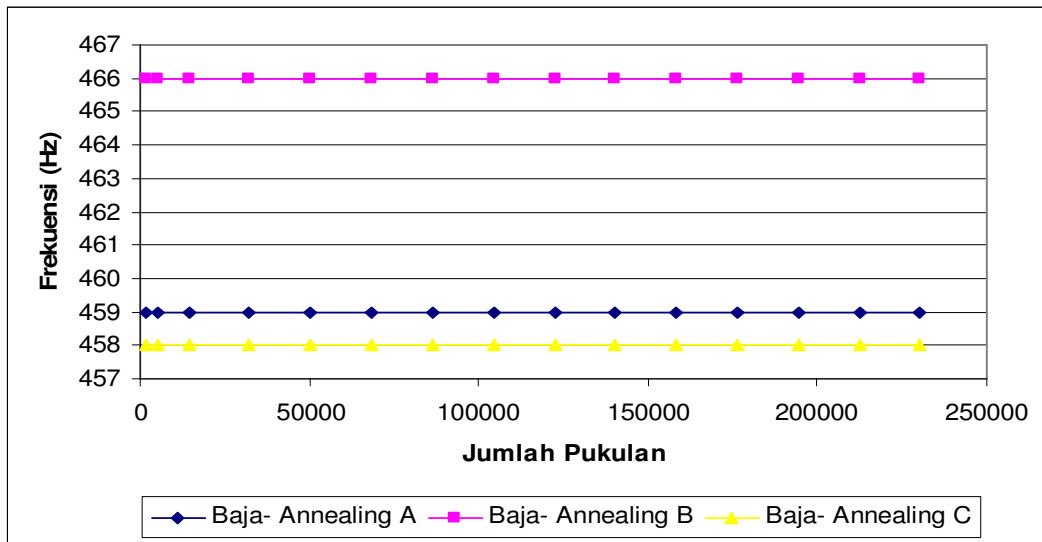
Pada pengujian ketiga ini, menggunakan tiga benda yang tidak mendapatkan perlakuan (asli), tiga benda uji dengan proses *annealing*, tiga benda uji yang dengan proses asli-*forging* dan tiga benda uji dengan proses *annealing-forging*. Sebelum proses pemukulan dilakukan, maka diuji kekerasan pada dua tempat, yaitu daerah pemukulan dan daerah diluar pemukulan. Setelah proses pemukulan dilakukan dan terjadi perubahan frekuensi terhadap waktu maka dilakukan lagi uji kekerasan. Seperti pada pengujian pertama dan kedua, apabila ada kenaikan frekuensi maka dilakukan proses *tuning* pada baja tersebut.

Tabel 3. Spesifikasi baja- *annealing* dan asli pada pengujian ketiga

Baja	Dimensi (P x l x t)	Berat (gram)	Perlakuan	Frekuensi Awal	Frekuensi Akhir
	(mm)			(Hz)	(Hz)
A	233 x 51,6 x 5	440	Baja- <i>Annealing</i>	459	459
B	232 x 51,6 x 5	430	Baja- <i>Annealing</i>	466	466
C	234 x 51,6 x 5	442	Baja- <i>Annealing</i>	458	458
D	232 x 51,6 x 5	435	Tanpa perlakuan	467	465
E	234 x 51,6 x 5	450	Tanpa perlakuan	456	454
F	233x 51,6 x 5	448	Tanpa perlakuan	458	457

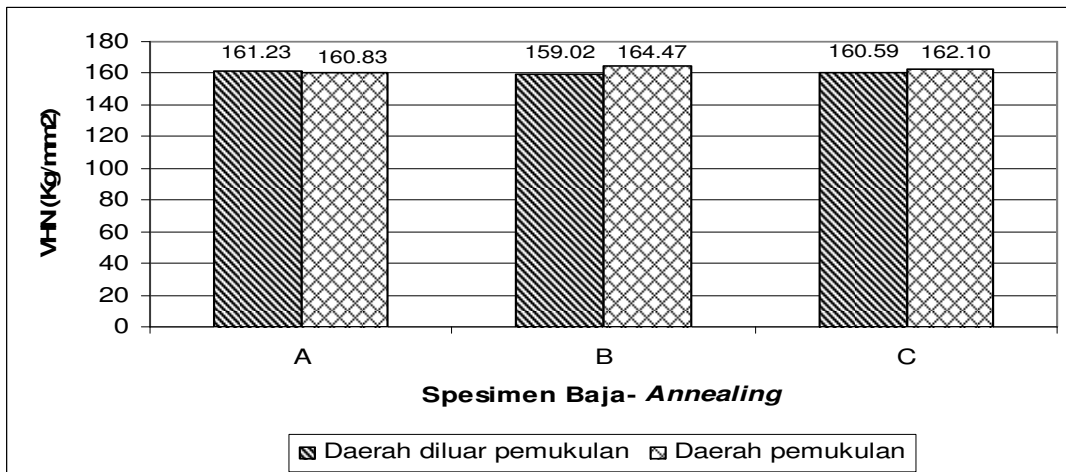
Ket : P = Panjang, l = Lebar, t = Tinggi

### Pengujian Baja- annealing A, B dan C

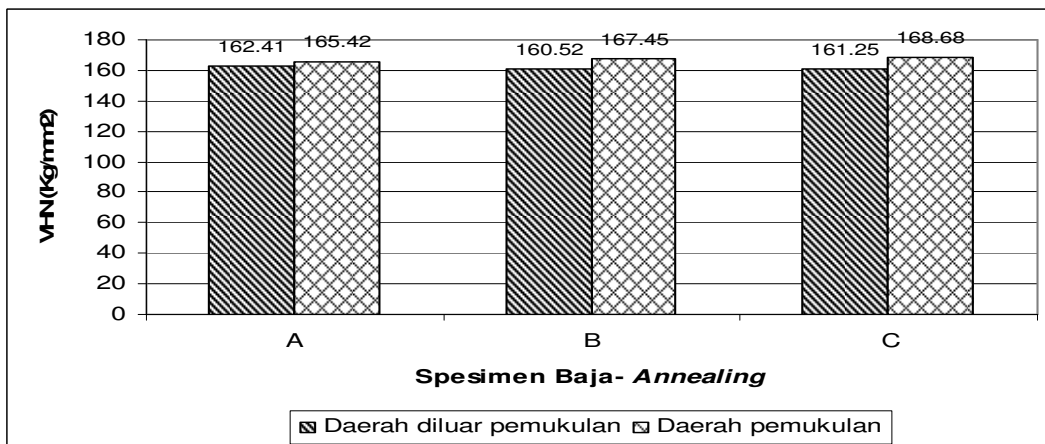


Gambar 11. Pengaruh Jumlah Pukulan Terhadap Frekuensi pada Baja diAnnealing

### Pengujian Kekerasan Baja- annealing A, B dan C

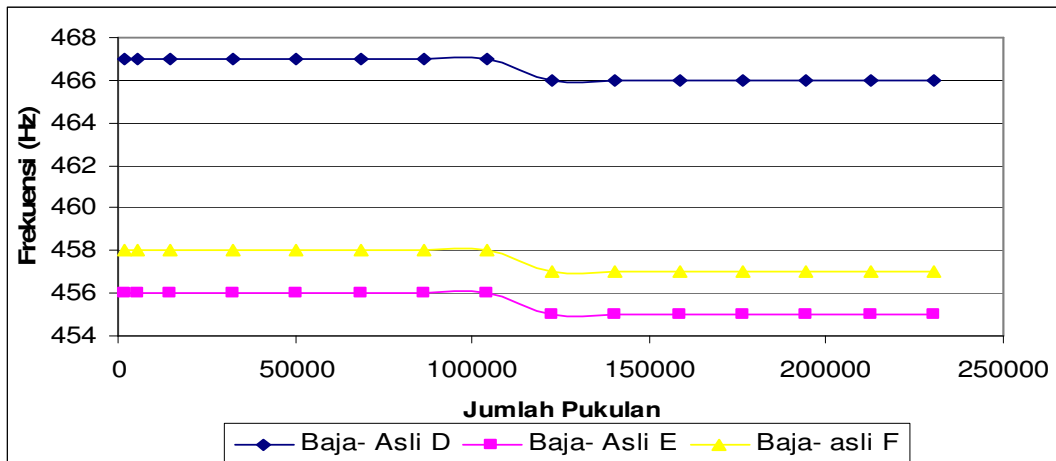


Gambar 12. Kekerasan Baja di Annealing



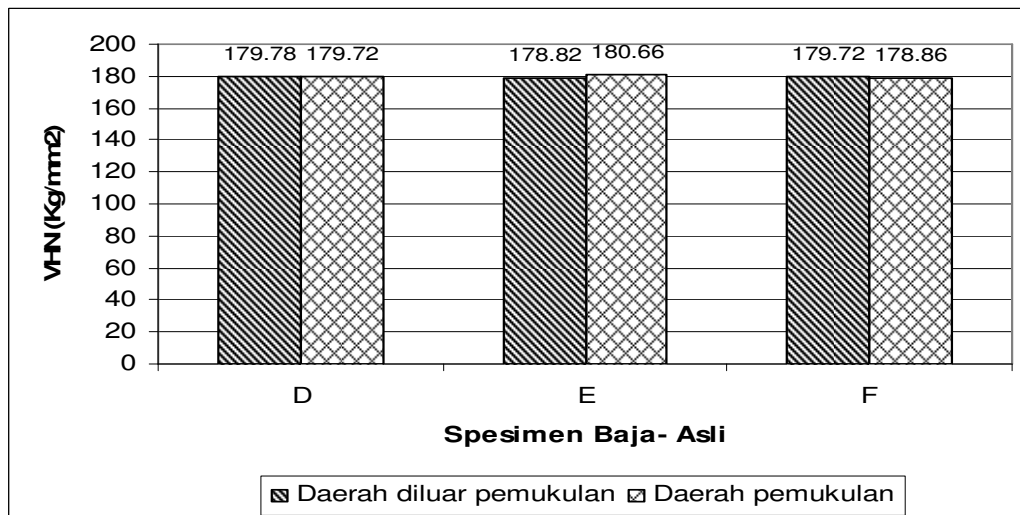
Gambar 13. Kekerasan Baja di Annealing

### Pengujian Baja D, E dan F Tanpa Perlakuan (asli)

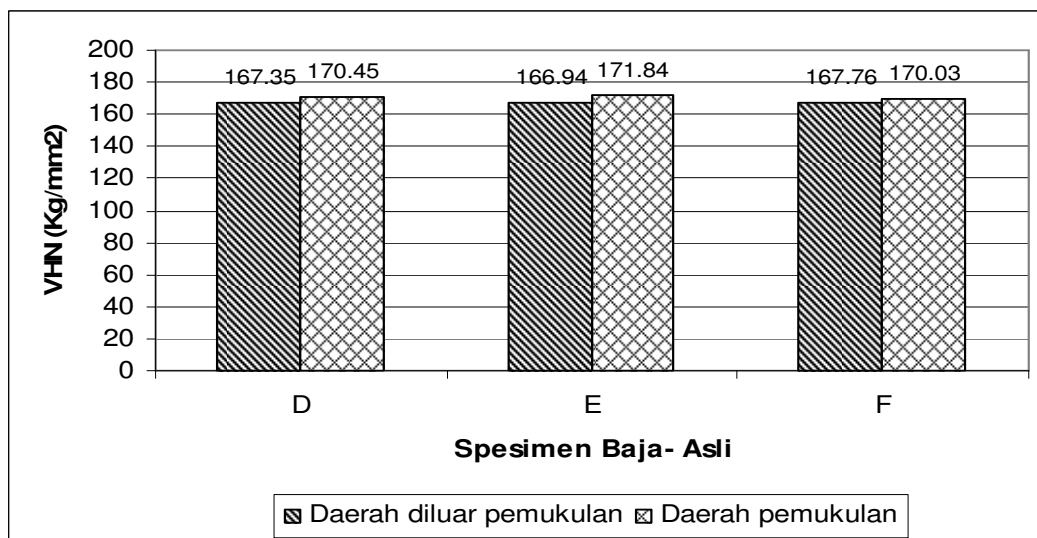


Gambar 14. Pengaruh Jumlah Pukulan Terhadap Frekuensi pada Baja diAnnealing

### Pengujian Kekerasan Baja- Asli D, E dan F



Gambar.15. Grafik nilai kekerasan pada baja- asli D, E dan F sebelum proses pemukulan.



Gambar.16. Grafik nilai kekerasan pada baja- asli D, E dan F sesudah proses pemukulan

### Pengujian Baja-Asli *Forging* dan Baja- *Annealing Forging*

Data untuk baja- asli *forging* dan baja- *annealing forging* dapat dilihat sebagai berikut:

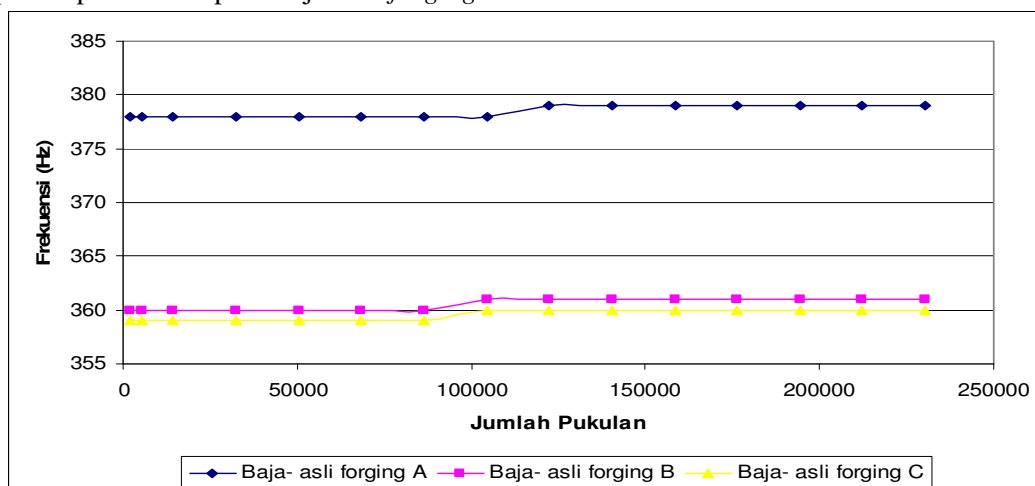
Tabel.4. Spesifikasi baja- *annealing forging* & asli *forging* pada pengujian ketiga

Baja	Dimensi (P x l x t) (mm)	Berat (gram)	Perlakuan	Frekuensi Awal (Hz)	Frekuensi Akhir (Hz)
A	242 x 55,7 x 3,7	440	Baja- asli <i>forging</i>	378	379
B	245 x 56,4 x 3,9	450	Baja- asli <i>forging</i>	360	361
C	244 x 57 x 4	453	Baja- asli <i>forging</i>	359	360
D	242 x 59,5 x 3,6	440	Baja- <i>annealing forging</i>	353	354
E	242 x 57,4 x 3,5	435	Baja- <i>annealing forging</i>	358	359
F	245 x 58 x 3,6	450	Baja- <i>annealing forging</i>	346	347

Ket : P = Panjang, l = Lebar, t = Tinggi

### Pengujian Baja *Forging* A, B dan C Tanpa Perlakuan (asli)

Karakteristik pengaruh proses pemukulan pada baja- asli *forging* A, B dan C untuk pengujian ketiga dapat dilihat pada Gambar 4.15. Dimana terdapat kenaikan frekuensi terhadap waktu akibat dari proses pemukulan pada baja- asli *forging*.

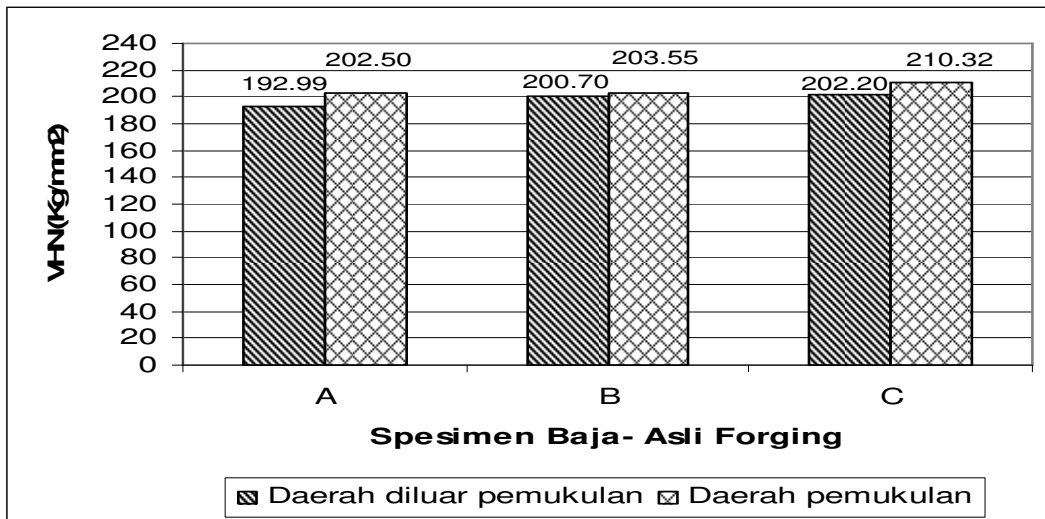


Gambar 17.

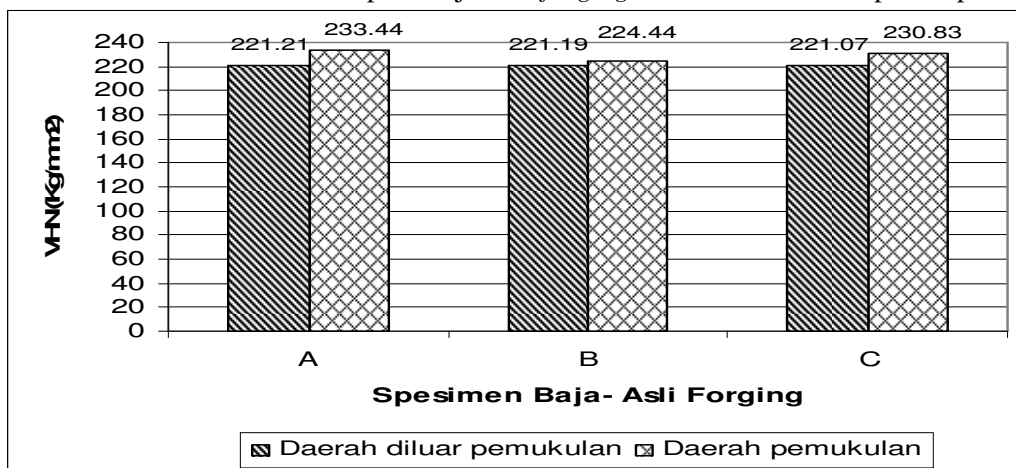
Grafik perubahan frekuensi pada baja- asli *forging* akibat proses pemukulan terhadap waktu

### Pengujian Kekerasan Baja- Asli *Forging* A, B dan C

Untuk pengujian kekerasan pada pengujian ketiga, pada baja- *forging* A, B dan C sebelum dan sesudah proses pemukulan adalah sebagai berikut :

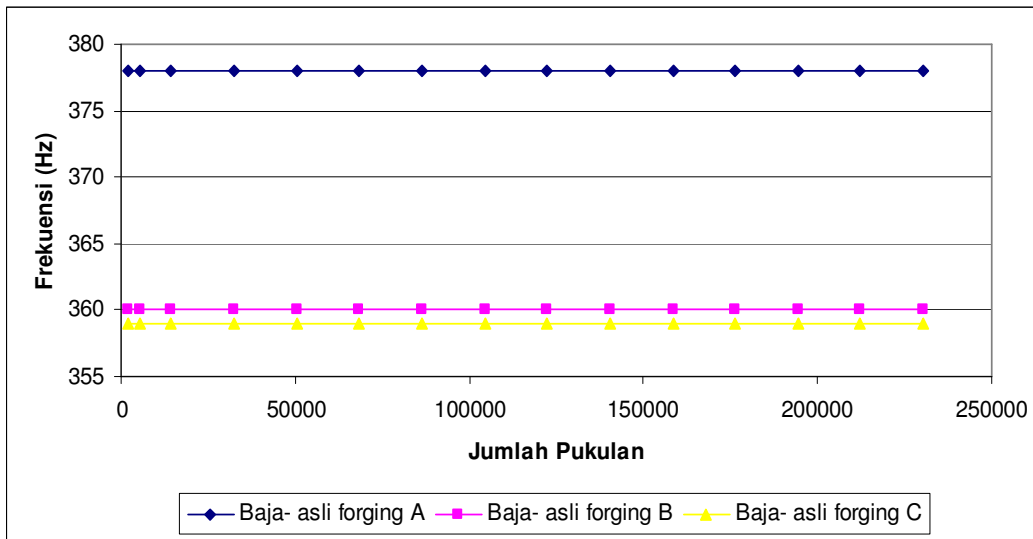


Gambar.18. Grafik nilai kekerasan pada baja- asli *forging* A, B dan C sebelum proses pemukulan



Gambar.19. Grafik nilai kekerasan pada baja- asli *forging* A, B dan C sesudah proses pemukulan

**Pengujian Baja- Asli *Forging* A, B dan C Setelah di- *Tuning***

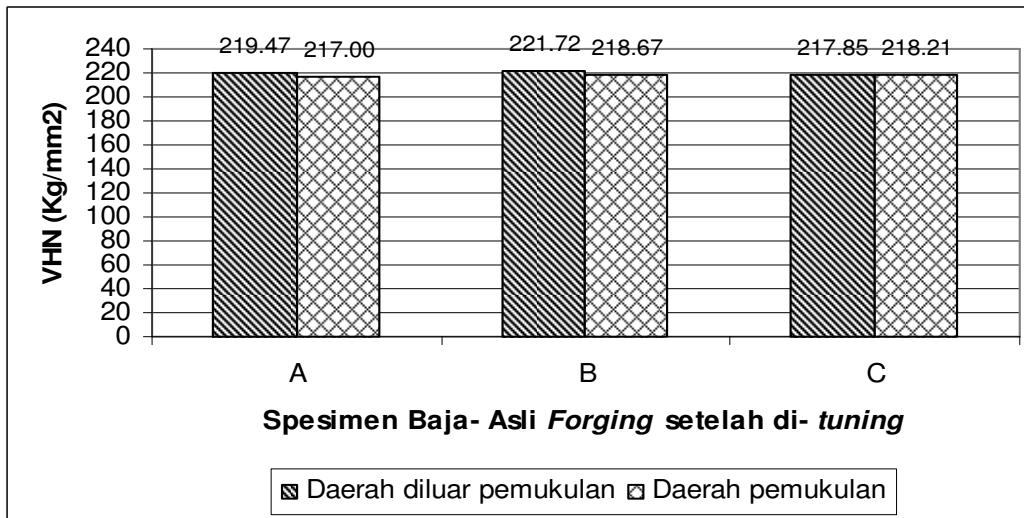


Gambar 20.

Grafik perubahan frekuensi pada baja- asli *forging* akibat proses pemukulan terhadap waktu setelah di *tuning*.

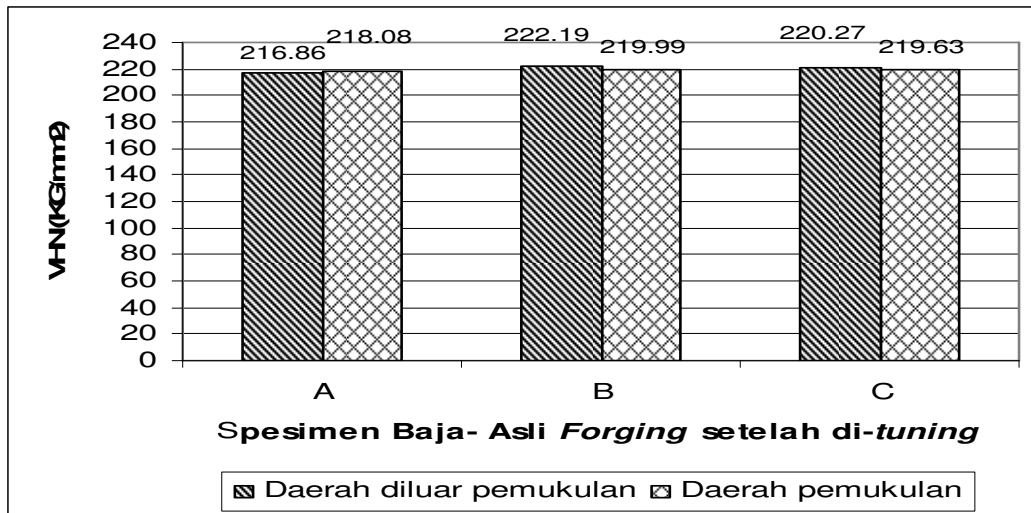
**Pengujian Kekerasan Baja- Asli *Forging* A, B dan C setelah di- *Tuning***

Untuk pengujian kekerasan pada pengujian ketiga, pada baja- asli *forging* A, B dan C setelah proses *tuning*, sebelum dan sesudah proses pemukulan adalah sebagai berikut :



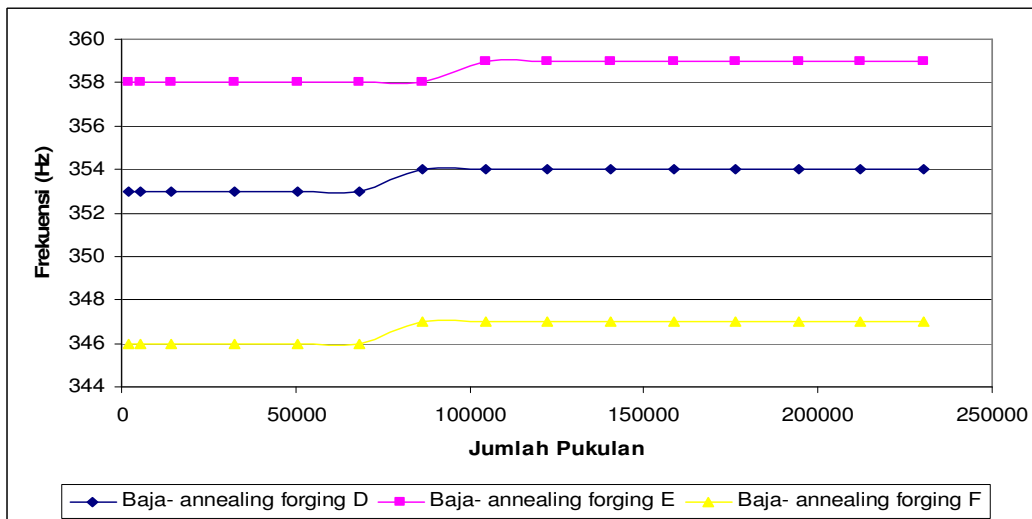
Gambar.21.

Grafik nilai kekerasan pada baja- asli *forging* A, B dan C setelah proses *tuning*, sebelum proses pemukulan.



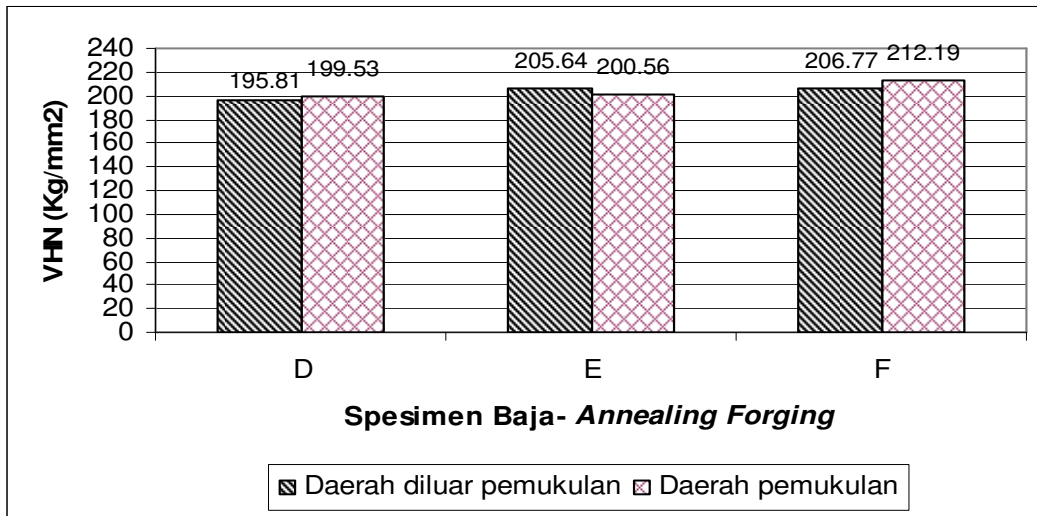
Gambar.22. Grafik nilai kekerasan pada baja- asli *forging* A, B dan C setelah proses *tuning*, sesudah proses pemukulan.

### Pengujian Baja- *Annealing Forging* D, E dan F

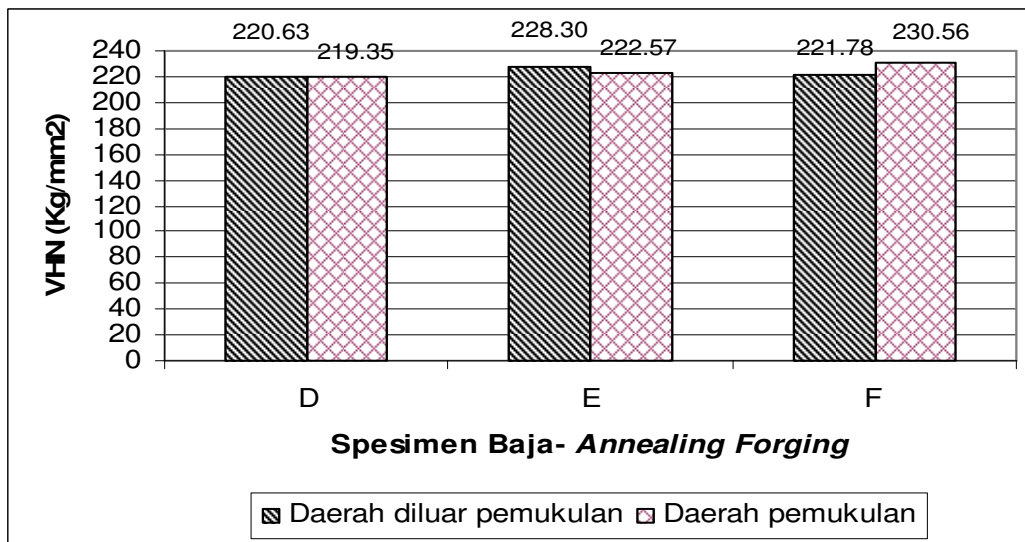


Gambar 23. Grafik Perubahan frekuensi pada baja- *annealing forging* akibat proses pemukulan terhadap waktu.

### Pengujian Kekerasan Baja- *Annealing Forging* D, E dan F



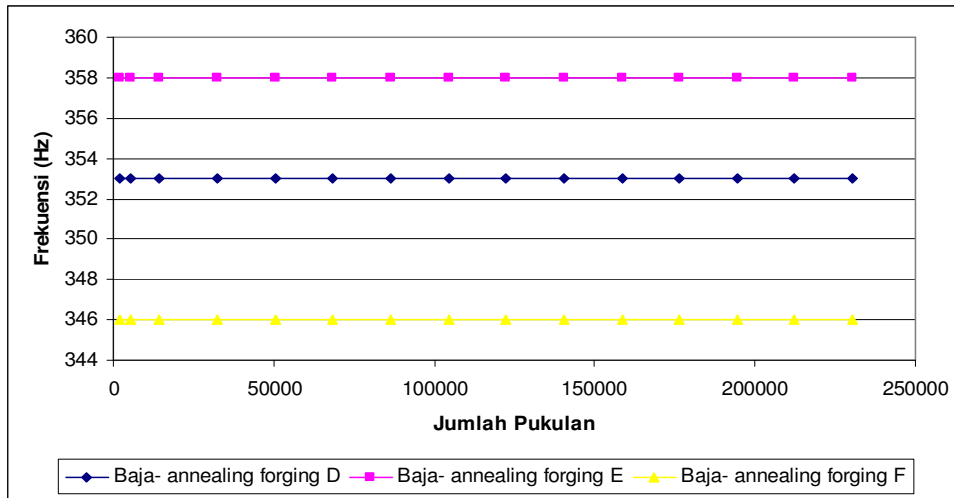
Gambar 24. Grafik nilai kekerasan pada baja- *annealing forging* D, E dan F, sebelum proses pemukulan



Gambar 25. Grafik nilai kekerasan pada baja- *annealing forging* D, E dan F, sesudah proses pemukulan.



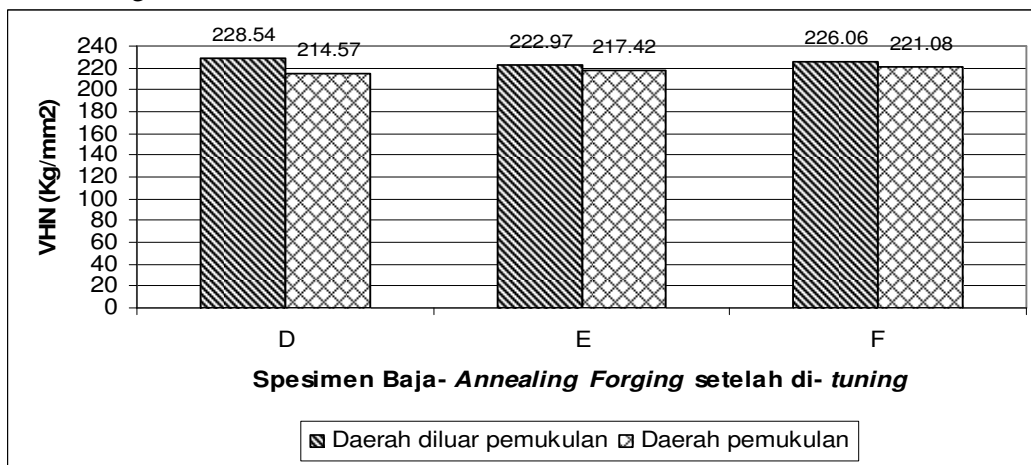
### Pengujian Baja *Annealing Forging* D, E dan F Setelah di *Tuning*



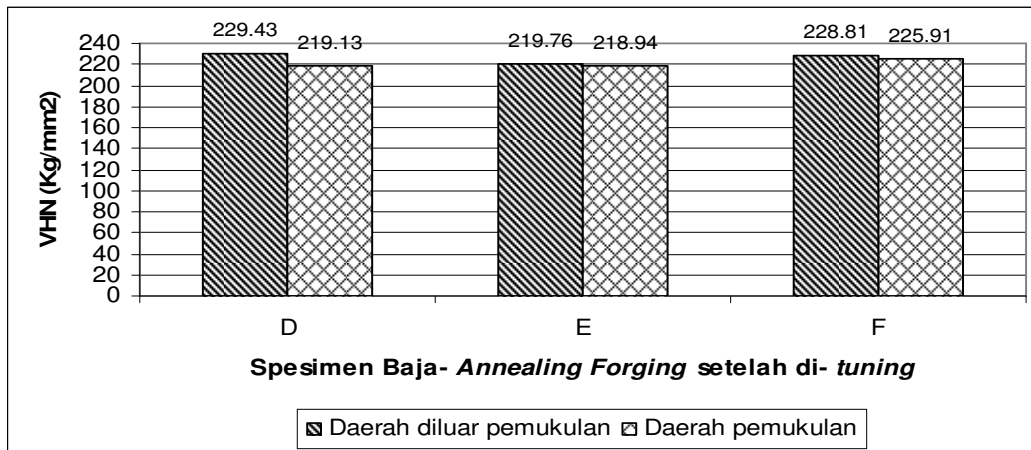
Gambar 26. Grafik perubahan frekuensi pada baja- *annealing forging* akibat proses pemukulan terhadap waktu setelah di *tuning*

### Pengujian Kekerasan Baja *Annealing Forging* D, E dan F Setelah di *Tuning*

Untuk pengujian kekerasan sebelum dan sesudah proses pemukulan pada baja-*annealing forging* D, E dan F adalah sebagai berikut:



Gambar.27. Grafik Nilai kekerasan pada baja- *annealing forging* D, E dan F setelah proses *tuning*, sebelum proses pemukulan.



Gambar 28. Nilai kekerasan pada baja- *annealing forging* D, E dan F setelah proses *tuning*, sesudah proses pemukulan.

#### 4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan analisa data – data yang diperoleh, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Dimensi pada baja sangat berpengaruh pada perubahan frekuensi akibat proses pemukulan, semakin kecil dimensi maka perubahan frekuensi akan semakin cepat.
2. Pada baja strip yang mendapatkan proses *forging*, karakteristik perubahan frekuensi akibat proses pemukulan terhadap waktu akan mengalami kenaikan dan kekerasan pada baja tersebut akan meningkat di dua tempat, yaitu pada daerah yang kontak langsung dengan pemukul dan pada daerah diluar pemukulan.
3. Pada baja strip yang tidak mendapatkan perlakuan (asli), karakteristik perubahan frekuensi akibat proses pemukulan terhadap waktu akan mengalami penurunan dan kekerasan pada baja strip tersebut akan mengalami penurunan juga, terutama pada daerah diluar pemukulan.
4. Pada baja yang mendapatkan proses *annealing*, tidak ada perubahan frekuensi akibat proses pemukulan terhadap waktu dan kekerasan pada baja tersebut tidak banyak mengalami perubahan. Kenaikan kekerasan hanya terjadi pada daerah yang kontak langsung dengan pemukul.
5. Perubahan frekuensi akibat proses pemukulan terhadap waktu pada baja- *annealing forging* lebih cepat daripada baja- asli *forging* dan setelah proses *tuning*, tidak terjadi perubahan frekuensi akibat proses pemukulan ini disebabkan baja yang telah di-*tuning* sudah mulai jenuh.

#### Daftar Pustaka

- ASM Handbook Volume 14, 1993, “*Forming and Forging*”, Edition Metals Handbook.
- Beards, C.F., 1996 “*Structural Vibration: Analysis and Damping*” University of London.
- Damien Courance, Florens dan Luciani “*Effect of Stiffnes on Tapping Performance*” IEEE, 2006.
- Mungi, M.P., S.D. Rasane, P.M. Dixit “*Residual stresses in cold axisymmetric forging*” *Journal of Meterials Processing Technology* 142 (2003)
- Medraj, M “*Strengthening Mechanisms in Metals*” Concordia University
- Perin, R., \*, T. Charnley and Marshall “*Annealling and Mounting of Bells On the Debossing*” *Journal of Sound and Vibration*. 1999
- Sebayang, Darwin, 1992, “*Getaran Mekanis*”, Erlangga, Jl. Kramat IV No.11, Jakarta
- Stress Relief Engineering of Formula 62, Residual Stress Release. Stress Relief Enginneering Company, SRE, California.*
- Surdia, T., dan Chijiwa, K., 1995, “*Pengetahuan Bahan Teknik*”, Pradnya Paramita, Jakarta.
- Thomson. W. T, 1986, “*Teori Getaran Dengan Penerapan*” “Edisi Kedua, Erlangga, Caracas, Jakarta.
- Timoshenko, S, Young, D.H, dan JR Weaver, W, 1974, “*Vibration Problem in engineering*” *four-edition*, Jonh Wiley & Sons, Inc, United Stated of America.

Udomphol tapany, *Forging*, Suraneree University of Technology, 2007.

Ye, X.Y., Z.Y. Zhaou and Y. Yang, J.H. Zhang, J. Yao “*Determination of the Mechanical Properties of Microstructure*” *sensor dan actuators A*. 54 (1996)