

## Pengaruh Kecepatan Tembakan Peluru Shot Peening Terhadap Kuat Lelah Baja Pegas Daun Yang Diperkeras

D.Srijono dan I.N. Sadguna

UPT-LUK, BPPT, PUSPIPTEK - SERPONG

D.Srijono dan I.N. Sadguna, Pengaruh Kecepatan Tembakan Peluru Shot Peening Terhadap Kuat Lelah Baja Pegas Daun Yang Diperkeras, Jurnal Ilmu dan Rekayasa Material, Agustus 1999;1(2): 20-26

### Abstrak

Komponen otomotif seperti pegas daun dalam pengoperasiannya mengalami beban dinamis yang besarnya tergantung pada kondisi jalan. Salah satu metoda agar pegas daun tidak mengalami penurunan umur yang terlalu besar, adalah dengan memberikan proses *shot peening* sehingga terbentuk tegangan sisa tekan pada pegas daun tersebut.

Dalam makalah ini diberikan hasil penelitian variasi kecepatan tembakan peluru *shot peening* terhadap benda uji dari baja pegas 16 MnCr<sub>5</sub> yang telah mengalami proses perlakuan panas pengerasan. Jenis pengujian yang dilakukan meliputi : uji kekerasan, kekasaran permukaan dan uji tekuk dinamis. Dari hasil pengujian diketahui bahwa *shot peening* pada umumnya dapat menaikkan kekuatan material menahan beban dinamis. Akan tetapi bila kecepatan tembakan peluru *shot peening* terlalu tinggi, maka dapat menyebabkan kerusakan pada permukaan benda uji, sehingga dapat menurunkan kekuatan material menerima beban dinamis.

### Abstract

Automotive components like leaf spring when in operation is always subjected to dynamic loading. The magnitude of load depends on road condition. One method to extend leaf spring life time is obtained by shot peening process to produce compressive residual stress. This paper presents the results of the speed variation of shot bullets to leaf spring steel 16 MnCr<sub>5</sub> which have been heat treated by hardening process. Several tests were performed including hardness test, surface roughness test and dynamic bending fatigue test. The test results show that shot peening improved fatigue strength, but when the speed of the bullets were too high it could damaged the surface of the specimen, and eventually reduced fatigue strength.

### Pendahuluan

Dalam praktek sehari-hari, terjadinya beban dinamis pada komponen otomotif adalah sulit dihindari karena beban ini dapat ditimbulkan oleh berbagai sumber, misalnya tiupan angin, ketidak rataan permukaan jalan, naik turunnya beban, massa beban yang bergerak, dan lain

sebagainya.

Salah satu komponen otomotif yang dalam operasinya mengalami beban dinamis adalah pegas daun. Karakteristik material pegas daun adalah sama dengan karakteristik material konstruksi lainnya, yaitu memiliki kekuatan menahan beban dinamis yang jauh lebih rendah dari kekuatan menahan beban statis.

Berkurangnya daya tahan terhadap kerusakan akibat beban dinamis ini disebut kelelahan (fatigue). Melihat kenyataan tersebut, maka setiap proses pengembangan dan perencanaan konstruksi atau komponen seperti pegas daun harus senantiasa memperhatikan dan memperhitungkan ketahanan material terhadap kerusakan akibat beban dinamis<sup>1</sup>. Prinsip dari proses perencanaan terdiri dari beberapa usaha penaksiran mula untuk berbagai masalah seperti: geometri, berat, beban dan tegangan yang bekerja, serta perkiraan kekuatan material. Didalam masalah kekuatan material terlihat bahwa kekuatan terhadap kelelahan (fatigue) merupakan faktor yang harus diperhitungkan, terutama dalam pembuatan komponen otomotif seperti pegas daun dan lainnya yang selalu mengalami beban dinamis.

Karena masalah kelelahan ini sangat penting untuk menentukan jenis material yang paling baik dalam perencanaan pegas daun, maka sangat diperlukan sekali usaha pendalaman lebih lanjut melalui pengujian dan penelitian secara terperinci. Hal ini diharapkan agar bisa didapat suatu hasil penentuan material dan proses manufaktur yang baik untuk pembuatan pegas daun, supaya pegas tersebut benar-benar dapat berfungsi dengan baik, aman serta ekonomis.

Kelelahan yang terjadi pada material konstruksi seperti pegas daun dipengaruhi oleh faktor-faktor sbb<sup>2</sup> :

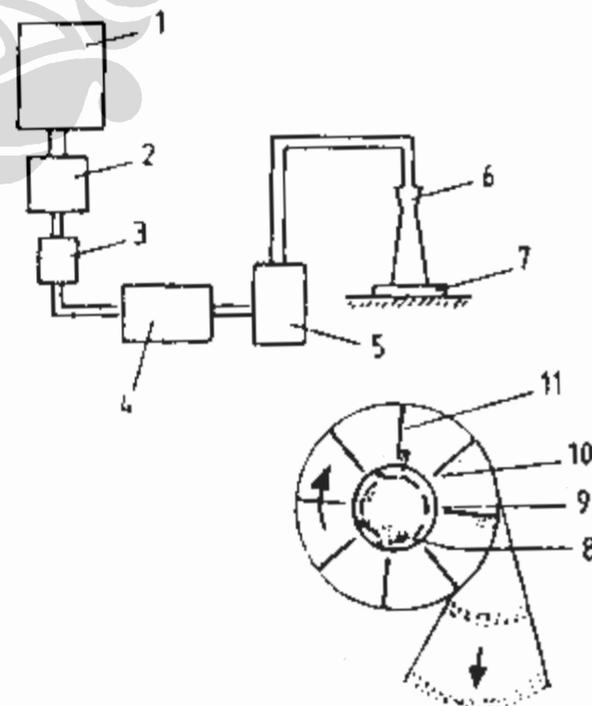
1. Tegangan tengah dan Amplitudo tegangan yang bekerja.
2. Jenis pembebanan : Tarik, Torsi, dll.
3. Bentuk pembebanan : Sinus-soidal, Segitiga, dll.
4. Frekwensi.
5. Temperatur.
6. Kondisi lingkungan.
7. Perlakuan panas.
8. Proses pembuatan material : Pengerolan, pengecoran, dll.
9. Proses fabrikasi : Dibubut, Las, Gerinda, dll.

10. Ketebalan dimensi komponen.
11. Kekasaran permukaan.
12. Bentuk komponen (stress konsentrasi)
13. Besar butir kristal.
14. Tegangan dalam (residual stress )

Faktor-faktor nomor 1 sampai 6 tergantung pada keadaan di lapangan, sedangkan faktor nomor 7 sampai 14 tergantung kepada perencanaan konstruksi tersebut.

Penerapan proses shot peening diharapkan dapat meningkatkan umur kelelahan material. Shot peening adalah salah satu proses pemberian tegangan dalam (*residual stress*) kepada material komponen otomotif terutama pegas agar kekuatan komponen menahan beban dinamis bisa meningkat. Caranya adalah menembakkan atau penyemprotan permukaan logam/komponen dengan peluru-peluru dari keramik, atau baja yang berdiameter antara 0,2 s/d 2 mm dengan kekerasan 45 s/d 55 HRC.

Penembakan peluru-peluru tersebut dilakukan dengan sistim udara tekan atau memakai sudu-sudu pelontar centrifugal seperti yang diperlihatkan pada gambar 1.



Gambar 1. Skema proses shot peening.

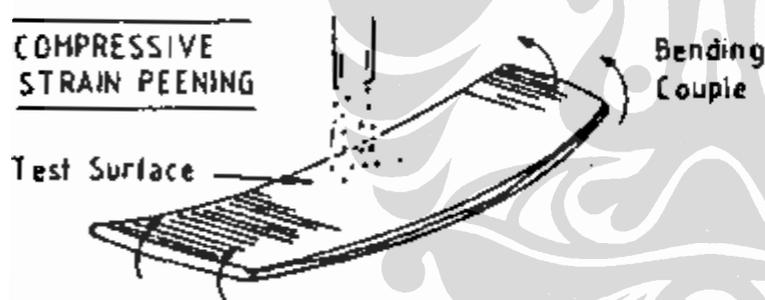
Keterangan gambar :

- |                     |                    |
|---------------------|--------------------|
| 1. Reservoar peluru | 7. Benda kerja     |
| 2. Saluran penekan  | 8. Peluru          |
| 3. Kompresor        | 9. Pembagi         |
| 4. Alat penakar     | 10. Saluran keluar |
| 5. Ruang pencampur  | 11. Sudu pelempar  |
| 6. Nozzle           |                    |

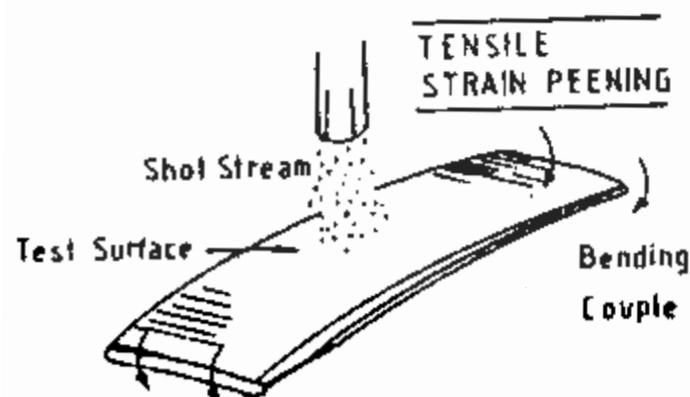
Pada proses shot peening ada 4 masalah yang harus diperhatikan :

1. Besar butir peluru
2. Kecepatan peluru mengenai permukaan komponen
3. Banyaknya / intensitas peluru yang mengenai permukaan komponen untuk no. 1, 2, dan 3 ini biasanya diukur dengan memakai derajat Almen (*Almen peening intensity*)
4. Keadaan komponen ketika disemprot. Masalah no. 4 ini penting untuk diperhatikan karena bila kondisi benda uji waktu diproses shot peening tidak sesuai/tidak benar, maka pemberian shot peening tidak akan memberikan efek yang menguntungkan.

Dalam gambar 2 dan gambar 3 diberikan beberapa contoh perbedaan kondisi, pemberian shot peening pada material pegas daun.



Gambar 2. Shot peening di bagian kompresi.

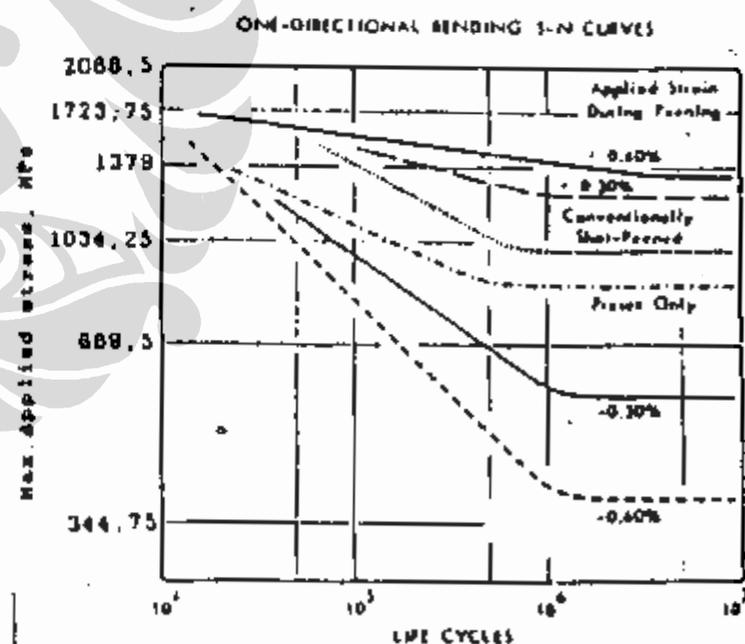


Gambar 3. Shot peening dibagian tarik.

Pada keadaan seperti gambar 2 benda uji tersebut dilengkungkan dengan penyemprotan/shot peening diberikan pada bagian yang mengalami regangan kompresi. Sedangkan pada keadaan seperti dalam gambar 3 benda uji dibengkokkan, dengan penyemprotan diberikan pada bagian yang mengalami tegangan tarik.

Pada keadaan lainnya adalah benda uji dalam keadaan preset, yaitu benda uji disemprot dalam keadaan sudah dibentuk dengan kondisi yang tertentu. Sedangkan kondisi yang lainnya lagi adalah disemprot dalam keadaan datar/biasa (*conventionally shot peened*).

Dari perbedaan kondisi seperti yang tersebut diatas, akan memberikan sifat yang berbeda dan hal ini dapat dilihat pada gambar 4<sup>1</sup>.



Gambar 4. Kekuatan lelah benda uji Setelah diproses shot peening pada berbagai kondisi.

Dari gambar 4 dapat diketahui bahwa urutan kekuatan lelah dari yang paling besar hingga yang paling kecil adalah sbb:

1. Benda uji yang mengalami pembengkokkan dengan regangan tarik 60% ketika proses shot peening dilakukan.

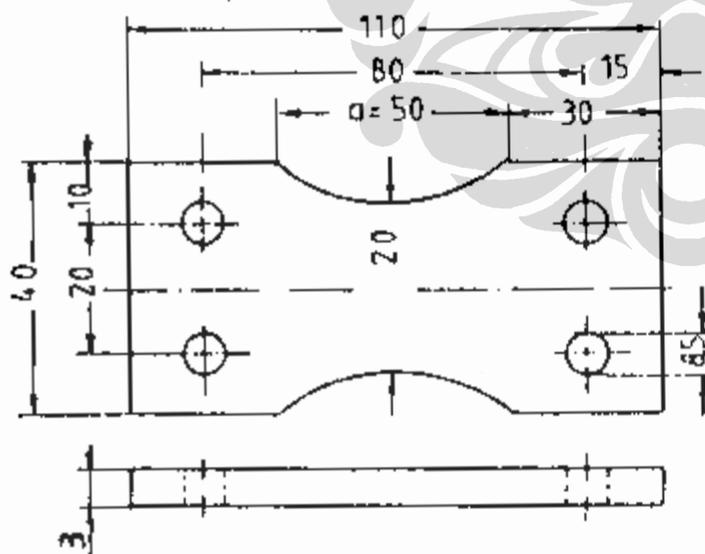
2. Benda uji mengalami pembengkokan dengan regangan tarik 30 % ketika proses shot peening dilakukan
3. Benda uji dalam keadaan datar / biasa (*conventionally shot peened*) ketika proses *shot peening* dilakukan
4. Benda uji yang dalam keadaan preset ketika sedang di shot peening
5. Benda uji mengalami pembengkokan dengan regangan kompresi 30% ketika shot peening dilakukan.
6. Benda uji yang mengalami pembengkokan dengan regangan kompresi 60 % ketika shot peening dilakukan.

### Bahan dan Cara Kerja

Bahan benda uji yang digunakan dalam penelitian adalah pegas 16Mn Cr5 dengan komposisi kimia sbb.:

C = 0,16 % , Si = 0,35 % , Mn = 1,22 % ,  
P = 0,010 % , S = 0,020 % , Cr = 1,07 %

Sedangkan bentuk dan dimensi benda uji ditunjukkan dalam gambar 5.



Gambar 5. Bentuk dan dimensi benda uji.

Kemudian benda uji mengalami perlakuan panas berupa pengerasan, yaitu dipanaskan didalam dapur sampai 860° C, ditahan selama 10 menit dan dicelup kedalam oli yang bertemperatur 25°C. Setelah dingin benda uji dibersihkan dan digosok dengan ampelas sampai permukaannya bersih. Selanjutnya benda

uji diberi tanda dan dijadikan menjadi 4 tipe, yaitu :

- Tipe TSp Benda uji tidak di shot peening
- Tipe V26. Benda uji di shot peening dengan kecepatan 26m/detik
- Tipe V39. Benda uji di shot peening dengan kecepatan 39 m/detik
- Tipe V78. Benda uji di shot peening Dengan kecepatan 78 m/detik

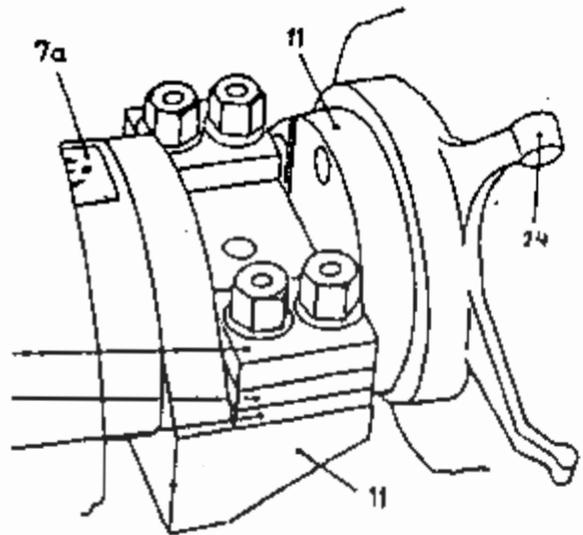
Proses Shot peening dilakukan dengan mesin penyemprot tipe sudu pelembar centrifugal, dengan diameter roda sudu pelembar peluru sekitar 500 mm, jarak antara sumbu roda pelembar sampai ke obyek yang di shot peening/benda uji sekitar 570 mm, dan daerah luasan yang bisa di semprot adalah 450 X 80 mm<sup>2</sup>.

Proses penyemprotan dilakukan kesalah satu permukaan benda uji, dan material penyemprotannya adalah dari baja " *Steel shot* " yang berdiameter 0,6 mm, dan kekerasannya sekitar 46 s/d 51 HRC.

Untuk memberikan variasi kecepatan dilakukan dengan jalan mengubah kecepatan putar roda sudu pelembar peluru, dan rata-rata jumlah peluru yang dipakai menembak tiap tipe adalah 100 kg/menit.

Giuna menunjang penelitian ini dilaksanakan beberapa jenis pengujian sbb. :

1. Uji kekasaran permukaan  
Tiap tipe benda uji diambil 3 buah dan salah satu permukaannya yang dishot peening diukur dengan alat uji kekasaran Ra.
2. Uji kekerasan  
Tiap tipe benda uji diambil dua buah dan dipotong menjadi 3 bagian dan permukaan potongannya diukur kekerasannya dengan Vickers mikro hardness.
3. Uji kelelahan tekuk.  
Tiap tipe benda uji diuji dengan mesin uji tekuk dinamis buatan Carl Schenck dan setting benda uji seperti yang ditunjukkan pada gambar 6.

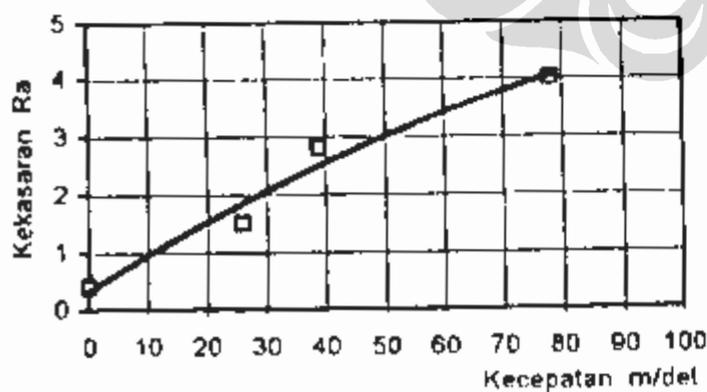


Gambar 6. Setting benda uji di mesin

Berhubung adanya keterbatasan benda uji maka pengujian dilaksanakan dengan metoda Arc Sin dan untuk daerah siklus pendek ada 2 daerah tingkat tegangan serta dibutuhkan 3 buah benda uji ditiap tingkat tegangan, sedangkan untuk daerah siklus panjang dibutuhkan 6 buah benda uji.

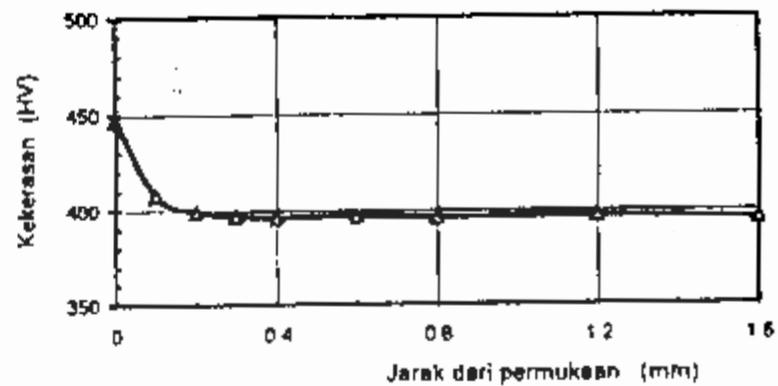
**Hasil dan Pembahasan**

Hasil uji kekasaran bisa dilihat pada gambar 7 yang menunjukkan bahwa harga kekasaran Ra meningkat dengan semakin tingginya kecepatan tembakan peluru.



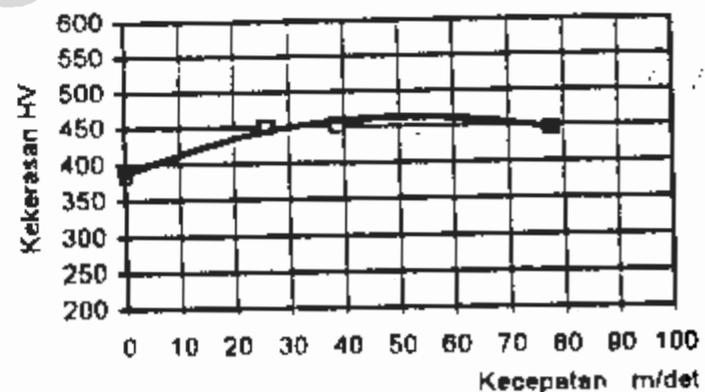
Gambar 7. Grafik Kekerasan Ra Vs Kecepatan

Dari gambar 8 pada lampiran dapat diketahui hasil uji kekerasan, yang menunjukkan bahwa kekerasan didaerah permukaan dan dipinggir dekat permukaan benda uji yang kena tembakan peluru, adalah lebih tinggi bila dibandingkan dengan daerah yang agak jauh dari permukaan.



Gambar 8. Hasil Uji Kekerasan V=26m/det

Hal ini menunjukkan bahwa permukaan benda uji telah mengalami proses pengerjaan dingin. Material dipermukaan telah mengalami deformasi plastis, sedangkan bagian material yang agak jauh dari permukaan masih dalam kondisi elastis. Akibatnya pada daerah dipermukaan benda uji tersebut timbul residual stress kompresi, dan residual stress ini dapat menghambat pertumbuhan retak mikro. Hal ini disebabkan karena residual stress kompresi dapat mengurangi besarnya tegangan tarik yang bekerja pada material. Pengaruh residual stress pada kekuatan lelah tergantung



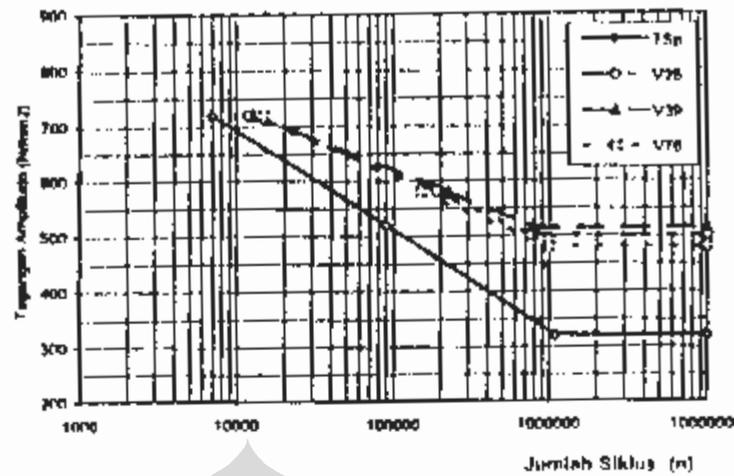
Gambar 9. Kekerasan Vs Kecepatan

kepada besar, distribusi dan lebar daerah yang mengandung residual stress. di Hal ini tergantung kepada kedalaman penetrasi pengerjaan dingin yang dilakukan. Gambar 9 memperlihatkan bahwa kekerasan benda uji yang tidak dishot peening adalah yang paling rendah, dan kekerasannya semakin meningkat sesuai

dengan bertambahnya kecepatan tembakan peluru, tetapi sesudah mencapai  $V = 26$  m/detik, meskipun kecepatan peluru

kuat lelehnya semakin meningkat ketika ditembak dengan kecepatan 26 m/detik, dan meningkat lagi ketika ditembak dengan kecepatan 39 m/detik, selanjutnya

Gambar 10. Hasil Uji Fatigue



dinaikkan ternyata pertambahan kekerasannya hanya sedikit sekali, dan dapat dikatakan praktis konstan/ tidak ada pertambahan.

Dalam pelaksanaan untuk pengukuran kekerasan didaerah pinggir dekat permukaan yang dilaukan *shot peening* ada kesulitan karena permukaan benda uji agak rusak.

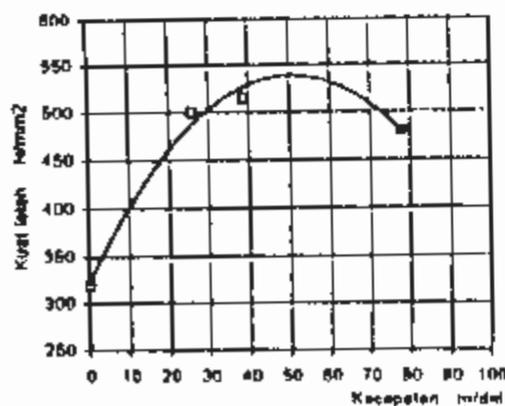
Hasil pengujian dinamis tekuk bisa dilihat pada gambar 10, dari gambar tersebut dapat diketahui bahwa kekuatan menahan beban dinamis yang paling tinggi adalah untuk benda uji tipe V39, kemudian tipe V26, selanjutnya adalah tipe V78 dan yang paling rendah adalah tipe Tsp.

kekuatan leleh benda uji menurun ketika ditembak dengan kecepatan 78 m/detik. Penurunan kekuatan leleh benda uji tipe V78 adalah disebabkan oleh rusaknya permukaan benda uji, hal ini ditunjukkan oleh kekasaran permukaan  $R_a$  nya yang tinggi. Permukaan yang kasar adalah seperti cacat-cacat (takikan-takikan kecil) tempat terbentuknya konsentrasi tegangan yang tinggi dan akhirnya menjadi tempat timbulnya awal retakan yang segera akan merambat menjadi rusak *fatigue*.

### Kesimpulan.

Dari penelitian ini dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Proses *shot peening* menaikkan kekasaran permukaan benda uji, semakin besar kecepatan tembakan peluru maka semakin kasar permukaannya.
2. *Shot peening* dapat menaikkan kekuatan leleh.
3. Pengaruh dari variasi kecepatan tembakan peluru menaikkan kuat leleh sampai mencapai kecepatan tertentu, dan setelah itu dengan peningkatan kecepatan peluru justru dapat menurunkan umur kelelahan akibat terbentuknya permukaan yang cacat.



Gambar 11. Kuat Lelah Vs Kecepatan

Selanjutnya pada gambar 11 disajikan hubungan antara kekuatan leleh dan kecepatan tembakan. Benda uji yang tidak ditembak (*shot peening*) mempunyai kuat leleh yang paling rendah, dan

### Daftar Pustaka

1. R. L. Mattson & J.G. Roberts. "The Effect of Residual Stresses Induced

- By Strain Peening upon Fatigue Strength", Research Laboratories, General Motors Corporation Warren, Michigan, USA.
2. D. N. Adnyana, Dakso Srijono, "Pengaruh Proses Pembuatan Lubang Sambungan Terhadap Umur Komponen" *Proceeding konferensi ke 8 IATO, 3 - 4 - 1989*, Hotel Sahid, Jakarta
  3. Edi, "Analisa Pengaruh Temperatur Temper Pada Sifat Mekanis dan Struktur Mikro Baja SUP 9", TA Jurusan Mesin Institut Teknologi Indonesia
  4. Almen, JO, "Improving Fatigue Strength of Machine Parts", *Iron Age*, 10.6.43, 28/31.65/69, 125.

