

**PENGARUH DIAMETER BOLA PADA PROSES SHOT PEENING
TERHADAP DISTRIBUSI TEGANGAN SISA A5052 DENGAN
SIMULASI KOMPUTER PEMODELAN DUA DIMENSI DAN TIGA
DIMENSI**

**JURNAL
TEKNIK MESIN KONSENTRASI KONSTRUKSI**

**Diajukan untuk memenuhi persyaratan
Memperoleh gelar Sarjana Teknik**



**ENDANG TRI AMBIANINGRUM
NIM. 125060201111034**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2016**

PENGARUH DIAMETER BOLA PADA PROSES *SHOT PEENING* TERHADAP DISTRIBUSI TEGANGAN SISA A5052 DENGAN SIMULASI KOMPUTER (PEMODELAN 2D DAN 3D)

Endang Tri, Slamet Wahyudi, Khairul Anam

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya

Jalan MT.Haryono No.167 Malang 65145,Indonesia

E-mail : Endang.tri30@gmail.com

ABSTRAK

Dalam perkembangan dunia industri dibutuhkan pemilihan bahan yang sesuai dengan kebutuhan masyarakat, pemilihan material harus disesuaikan dengan sifat karakteristik material. Setiap proses industri dan pemakaian yang sering terjadi tidak terlepas adanya pembebanan *fatigue*. Salah satu cara untuk meningkatkan umur material akibat pembebanan *fatigue* adalah dengan proses *shot peening*. *Shot peening* adalah penembakan permukaan material dengan menggunakan bola logam dengan kecepatan tertentu. Penelitian ini mengamati bagaimana pengaruh diameter bola pada proses *shot peening* terhadap distribusi tegangan sisa dari aluminium alloy A5052. Metode penelitian yang digunakan ini adalah simulasi dengan menggunakan *software* berbasis elemen hingga. Variasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah diameter bola sebesar 0,3 0,4 0,5 0,6 0,7 1,1 dan 2,1 mm selain itu pemodelan dilakukan dengan pemodelan dua dimensi dan tiga dimensi. Pemodelan material yang digunakan adalah bilinear isotropic hardening. Proses simulasi dengan kecepatan tumbukan sebesar 50 m/s. Dari hasil penelitian diperoleh semakin besar diameter bola maka distribusi tegangan sisa semakin rendah. Dan dengan proses *shot peening* seiring dengan peningkatan diameter bola maka distribusi tegangan sisa meningkat baik pada pemodelan dua dimensi maupun pemodelan tiga dimensi.

Kata Kunci : *shot peening*, diameter bola, distribusi tegangan sisa, *fatigue*

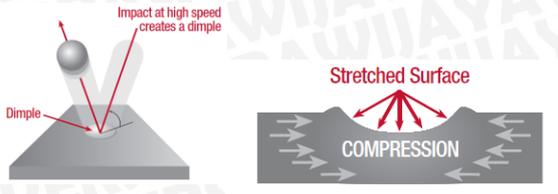
PENDAHULUAN

Dalam perkembangan industri saat ini baik dalam teknologinya maupun dalam hasil produksi teknologi tersebut, memiliki persaingan cukup ketat khususnya dalam dunia industri pengolahan logam karena logam selama ini banyak dibutuhkan oleh masyarakat yang digunakan dalam kehidupan sehari-hari terutama dalam hal konstruksi[1]. Suatu perusahaan yang bergerak di bidang industri manufaktur akan sangat memperhatikan setiap prosesnya, salah satunya pemilihan material harus disesuaikan dengan perancangan yang telah dibuat guna memperhatikan sifat-sifat yang dimiliki yaitu sifat fisik, kimia, termal, fisik-kimia, elektrik dan magnetik. Salah satu sifat terpenting dalam pemilihan bahan adalah

sifat mekanik (kemampuan bahan untuk menahan beban / gaya / energi tanpa menimbulkan kerusakan pada material tersebut).

Akibat berbagai macam proses dan operasi pemakaian yang sering terjadi pada industri manufaktur, terdapat tegangan sisa pada suatu struktur terutama yang mengalami pembebanan *fatigue*. Kelelahan (*fatigue*) merupakan kecenderungan logam sebelum patah ketika menerima pembebanan yang berulang-ulang[2]. Salah satu cara adalah dengan proses *shot peening* yang bertujuan untuk menambahkan tegangan sisa pada permukaan untuk mengurangi *fatigue* material yang terjadi. *Shot peening* adalah penembakan permukaan material dengan menggunakan

bola logam (keras dan kecil). Bola-bola tersebut ditembakkan menggunakan *gun bluster* dengan tekanan dan kecepatan tertentu sehingga material akan membentuk cekungan akibat adanya tekanan yang cukup kuat.



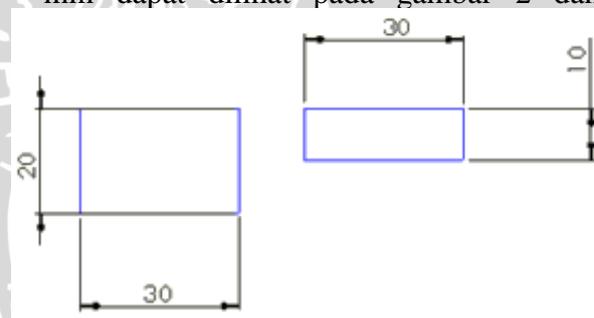
Gambar 1. Mekanisme *Shot Peening*

Penelitian ini akan mengamati bagaimana pengaruh diameter bola pada proses *shot peening* terhadap distribusi tegangan sisa dari aluminium *alloy A5052*. *Aluminium alloy A5052* merupakan paduan aluminium dengan magnesium. Dengan fungsinya sebagai material konstruksi, sifat paduan aluminium harus bisa menahan beban besar. Penggunaan *shot peening* dengan paduan ini sangat sesuai dikarenakan material ini mengalami peningkatan kekuatan pada proses pendinginan (*cold working* / modifikasi sifat material berdasarkan proses deformasi).

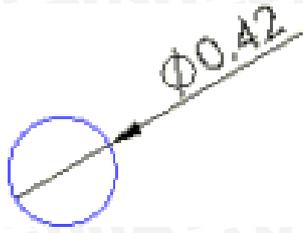
Salah satu metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu metode elemen hingga (*Finite Element Method* / *FEM*). Dimana simulasi komputer sebagai sarana mempermudah untuk mengetahui hasil dari *shot peening*. Kelebihan simulasi komputer adalah murah, hemat waktu, dan hasil yang diperoleh mendekati hasil pengujian (langkah simulasi dan nilai simulasi dilakukan dengan benar).

METODE PENELITIAN

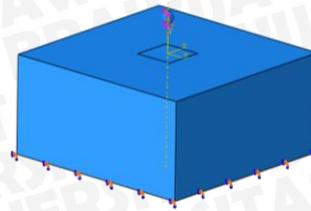
Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan simulasi komputer, yaitu melakukan studi untuk mencari hubungan sebab akibat dalam suatu proses melalui pengumpulan data dari berbagai sumber, kemudian data tersebut diolah dalam simulasi yaitu menggunakan software berbasis elemen hingga. Metode ini bertujuan untuk mendapatkan informasi yang dapat digunakan sebagai acuan maupun perkiraan dalam melaksanakan eksperimen secara nyata. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah variasi ukuran bola sebesar 0,3 0,4 0,5 0,6 0,7 1,1 dan 2,1 mm dengan pemodelan dua dimensi dan tiga dimensi. Variabel terikatnya adalah distribusi tegangan sisa (*residual stress distribution*). Variabel terkontrol adalah material yang digunakan yaitu aluminium *alloy A5052*, dimensi spesimen 30x20x10 mm dapat dilihat pada gambar 2 dan



Gambar 2. Dimensi spesimen *aluminium alloy A5052*



Gambar 3. Dimensi bola tembak *shot peening*



Gambar 4. Kecepatan dan tumpuan pada spesimen (kondisi batas)

1. Pemodelan Material

Material yang akan digunakan untuk memasukkan properties material. Material diasumsikan *bilinear isotropic hardening*. Untuk penelitian ini digunakan material paduan aluminum alloy A5052 dan bola yaitu baja karbon. Spesifikasi material yang digunakan adalah sebagai berikut [3]:

Tabel 1. Material *properties* material

Bahan	Aluminium alloy A5052
Density	2.68 g/cm ³
Yield Strength	89.6 MPa
Ultimate Tensile Strength	195 MPa
Young's Modulus	70 GPa
Poisson's Ratio	0.33

Tabel 2. Material *properties* bola

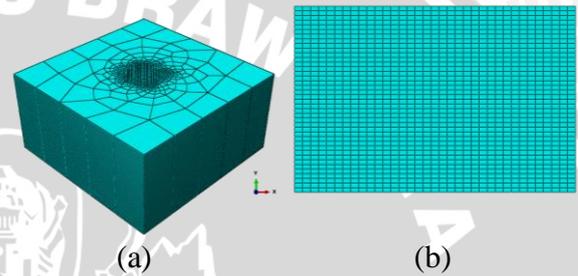
Bahan	Baja karbon
Density	7,85 g/cm ³
Yield Strength	130 MPa
Young's Modulus	207 GPa
Poisson's Ratio	0.27

2. Kondisi batas

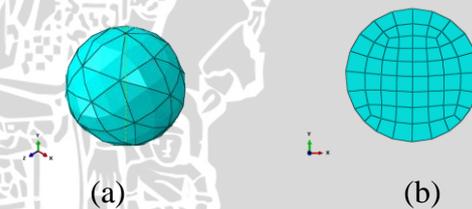
Posisi bola dalam simulasi ini terpisah dengan jarak 0,5 mm. Bola dianggap *rigid body* sedangkan spesimen sebagai *elastic body*. Tumpuan terdapat pada bawah spesimen. Kecepatan bola sebesar 50 m/s ke arah aksial. Dapat dilihat pada gambar berikut.

3. Meshing

Pada penelitian, ukuran *meshing* (elemen) yang digunakan adalah sebesar 0,5 mm untuk spesimen dan *automeshing* untuk bola.



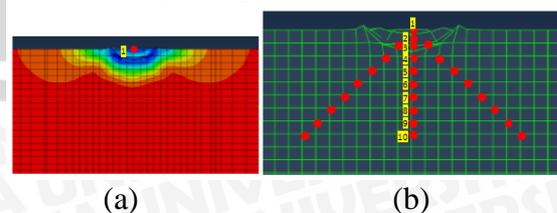
Gambar 5. Meshing spesimen (a) 3D (b) 2D



Gambar 6. Meshing bola (a) 3D (b) 2D

4. Pengambilan data

Besarnya nilai distribusi tegangan sisa diambil pada tempat seperti gambar 7. Bentuk tampilan hasil diubah menjadi *principal stress*. Pengambilan data diambil setiap titik yang membentuk garis lurus ke arah sumbu y (tengah).

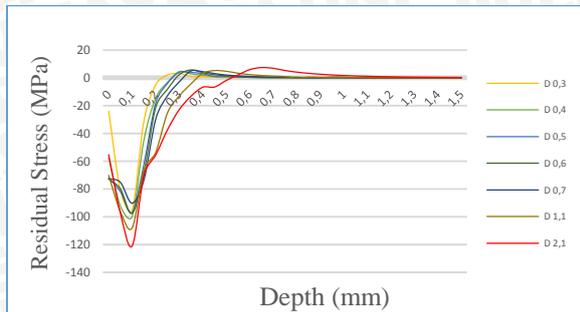


Gambar 7. (a) *principal stress* (b) penentuan titik kiri, tengah dan kanan



HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hubungan Kedalaman *Shot Peening* Terhadap Distribusi Tegangan Sisa Pemodelan 3D



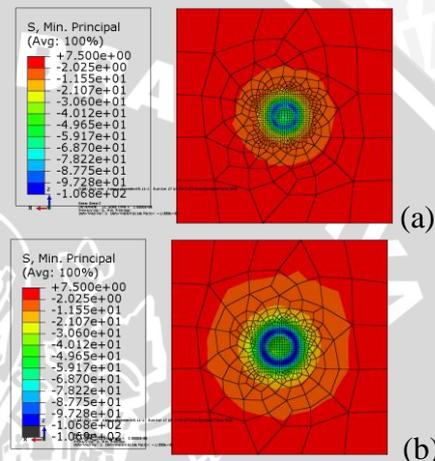
Gambar 8 hubungan jarak kedalaman *shot peening* terhadap distribusi tegangan sisa pemodelan tiga dimensi

Dari gambar 8 terdapat grafik dengan sumbu x yaitu kedalaman dan sumbu y yaitu distribusi tegangan sisa, diketahui variasi diameter bola yaitu diameter 0,3 mm, 0,4 mm, 0,5 mm, 0,6 mm, 0,7 mm, 1,1 mm, dan 2,1 mm. Sudut yang digunakan pada pengambilan data *shot peening* adalah 0° . Dengan kecepatan *shot peening* adalah 50 m/s. Didapatkan hasil tegangan sisa tekan dan tegangan sisa tarik pada semua variasi bola *shot peening*.

Pada awal kedalaman terjadi tegangan sisa tekan kemudian terbentuk tegangan sisa tarik dimana nilainya tidak begitu besar yang artinya nilai tegangan sisa tekan terus berkurang seiring dengan bertambahnya jarak kedalaman bola dengan permukaan material. Pertambahan tegangan sisa tekan mulai konstan pada kedalaman 0,8 mm.

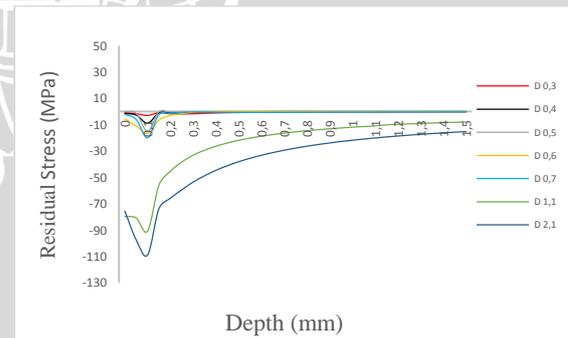
Pada grafik diatas didapatkan bahwa semakin besar diameter bola maka tegangan sisa tekan akan semakin meningkat yaitu sebesar -95 MPa, -99,86 MPa, -97,45 MPa, -90,23 MPa, -170,92 MPa, dan -120,93 MPa. Hal ini terjadi akibat tegangan tekan dari bola yang menumbuk mengerahkan seluruh gaya ke arah radial yang menyebabkan terjadinya tegangan sisa tekan yang lebih luas. Peningkatan ini dikarenakan deformasi plastis yang terjadi pada permukaan material setelah proses *shot peening* mengalami kerapatan dislokasi, dimana

semakin besar deformasi plastis yang diberikan maka akan menyebabkan bertambahnya dislokasi yang akan membentuk interaksi antar dislokasi yang satu dengan lainnya. Interaksi ini menyebabkan kerapatan dislokasi yang tinggi terutama pada batas butirnya dan akan saling menghambat sehingga menimbulkan efek pengerasan regangan. Dapat dilihat pada gambar hasil simulasi distribusi tegangan sisa pemodelan tiga dimensi pada diameter 1,1 mm dan 2,1 mm.



Gambar 9. (a) hasil simulasi diameter 1,1mm (b) hasil simulasi diameter 2,1mm.

2. Hubungan Kedalaman *Shot Peening* Terhadap Distribusi Tegangan Sisa pada Pemodelan 2D



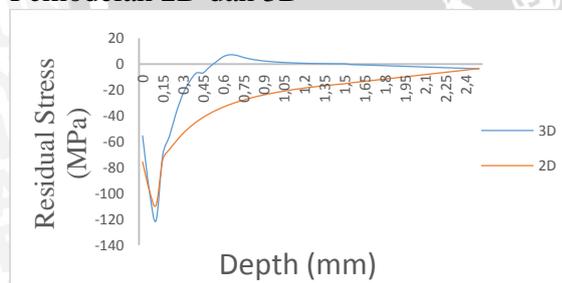
Gambar 10. hubungan pengaruh ukuran bola *shot peening* terhadap distribusi tegangan sisa pemodelan dua dimensi

Pada grafik diatas diketahui variasi ukuran bola yaitu diameter 0,3 mm, 0,4 mm, 0,5 mm, 0,6 mm, 0,7 mm, 1,1 mm, dan 2,1 mm. Sudut yang digunakan adalah 0° . Dengan kecepatan *shot peening* adalah 50

m/s. Didapatkan hanya hasil tegangan sisa tekan. Nilai tegangan sisa tekan terus berkurang seiring dengan bertambahnya jarak kedalaman bola dengan permukaan material. Pertambahan tegangan sisa tekan mulai konstan pada kedalaman 0,3mm untuk variasi 0,3 mm, 0,4 mm, 0,5 mm, 0,6mm, 0,7mm dan mulai konstan pada kedalaman 1,5mm untuk variasi 1,1 mm, 2,1mm.

Cekungan dangkal pada material terjadi karena material tidak saling mengidentasi (bertumbukan) sehingga terjadi konsentrasi tegangan di sekitar permukaan material yang cenderung kecil. Efek dari adanya tumbukan *shot peening* ini mengalami deformasi plastis pada permukaan material yang ditunjukkan pada perbedaan warna pada gambar 9. Dimana cekungan akibat tumbukan merupakan deformasi plastis dari permukaan material dan bagian dalam dari material tetap elastis.

3. Hubungan Kedalaman *Shot Peening* dengan Distribusi Tegangan Sisa Pemodelan 2D dan 3D



Gambar 11 hubungan jarak kedalaman terhadap distribusi tegangan sisa pemodelan dua dimensi dan tiga dimensi

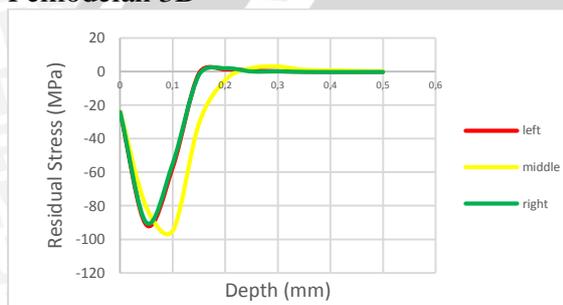
Distribusi tegangan sisa merupakan tegangan yang masih ada pada material setelah bola tembak dihilangkan. Deformasi plastis yang terbentuk akibat perubahan bentuk pada permukaan material setelah gaya dihilangkan. Perbedaan antara dua dimensi dan tiga dimensi terletak pada jumlah sumbu, dimana tiga dimensi memiliki sumbu x y z sedangkan dua dimensi memiliki sumbu x y. Ketika proses *shot peening* terjadi pada dua dimensi menunjukkan bahwa tumbukan bola terjadi searah sumbu x.

Dari grafik diatas didapatkan tingkat distribusi tegangan sisa yang berbeda antara pemodelan dua dimensi dan tiga dimensi. Distribusi tegangan sisa pemodelan dua dimensi lebih rendah daripada distribusi pemodelan tiga dimensi yaitu sebesar -120,94 MPa. Nilai maksimum pada kedua pemodelan ditinjau dari kedalaman sama yaitu kedalaman 0,1 mm. Berikut gambar hasil simulasi distribusi tegangan sisa pemodelan tiga dimensi dan pemodelan dua dimensi pada diameter sama yaitu 1,1 mm dan 2,1mm.

Tabel 3. Hasil simulasi distribusi tegangan sisa

Øbola	3 Dimensi	2 Dimensi
2,1 mm		
1,1 mm		

4. Hubungan Sudut Kedalaman *Shoot Peening* dengan Distribusi Tegangan Sisa Pemodelan 3D



Gambar 12 hubungan sudut kedalaman *shoot peening* dengan distribusi tegangan sisa pemodelan 3D

Gambar 12 diatas merupakan grafik pengaruh pengambilan titik terhadap distribusi tegangan sisa yang terjadi pada spesimen. Dari grafik dapat dilihat bahwa pengambilan titik mempengaruhi distribusi tegangan sisa pada spesimen dengan pengambilan titik dari kiri, tengah dan kanan (ilustrasi dijelaskan diawal) diameter 0,3mm dengan kecepatan 50 m/s. Didapatkan hasil tegangan sisa tekan dan tarik pada semua variasi. Tegangan sisa tekan berada dipermukaan sampai pada kedalaman tertentu dengan memiliki titik maksimal. Sedangkan tegangan sisa tarik terbentuk setelah tegangan sisa tekan habis, nilainya tidak begitu besar karena akan kembali pada keadaan konstan dimana tidak ada tegangan sama sekali (0).

Tegangan sisa tekan dari tertinggi hingga terendah terlihat pada *middle* (sudut 0°) sebesar -95 MPa , *left* (sudut -45°) sebesar -91,51 MPa, dan *right* (sudut 45°) sebesar -90,16 MPa. Pengambilan titik dibagian tengah mendapatkan nilai terbesar karena merupakan nilai resultan dari hasil pengambilan titik kiri dan kanan (gambar 4.10). Pengambilan titik kiri dan kanan berada pada 45° dari tengah sehingga antara kiri (a), tengah (c) dan kanan (b) membentuk sudut 90°.

KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Peningkatan nilai distribusi tegangan sisa pada Aluminium alloy A5052 menghasilkan deformasi plastis pada permukaannya. Semakin besar diameter bola *shot peening*, maka distribusi tegangan sisa yang dihasilkan semakin meningkat.
2. Dengan proses *shot peening*, seiring dengan peningkatan diameter bola maka distribusi tegangan sisa meningkat baik secara signifikan pada pemodelan dua dimensi maupun pemodelan tiga dimensi dengan diameter 1,1mm dan 2,1 mm. Sedangkan diameter kurang dari 1,1 mm tidak baik digunakan pada pemodelan dua dimensi dan pemodelan

tiga dimensi dapat digunakan dengan baik untuk semua diameter bola.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Wahyutama Septian.2015.Efek Sudut Shot Peening Terhadap Kekerasan Permukaan dan Kekerasan AISI 316L Stainless Steel. *Skripsi*. Tidak dipublikasikan. Malang : Universitas Brawijaya
- [2] Van Vlack.1973.A Textbook of Materials Technology.PrenticeHall,Inc.
- [3] Robert L.Mott, 2009. *Machine Elements And Mechanical Design*, Edisi Pertama, Unisersity Of Dayton

