

# PENINGKATAN KUALITAS PERMUKAAN PADA STAINLESS STEEL 316L DENGAN METODE COLD WORKING

Muslim Mahardika, Yosferi Saputra

Jurusan Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada

Jalan Grafika No. 2 Yogyakarta 55281

muslim\_mahardika@yahoo.com

## ABSTRACT

*In the industrial area, the ability of producing precise manufacturing components is necessary to obtain high quality product. In order to achieve high quality product, researcher around the world are trying to conduct many researches for example in the forming area, especially in cold working. High quality manufacturing product will affect in the high benefit in manufacturing industry.*

*In this research, cold working processes are performed by pressed rolling on the workpiece surface. In order to conduct pressed rolling, the parameter of rolling depth and rolling duration were determined. After rolling processes were conducted, then the surface roughness testing, hardness testing and micro structure testing were performed in order to determine the effect of rolling to the workpiece's surface.*

*The surface roughness test shows that by cold working processes, the surface roughness is decreasing from Ra 1.18 to 0.76  $\mu\text{m}$ . However, the hardness is increasing from 220 to 285 HV. The hardness is increasing due to grain refinement on the surface after cold working by pressed rolling.*

*Keywords: cold working, surface roughness, surface hardness*

## INTISARI

Dalam dunia industri, kemampuan untuk memproduksi sendiri alat-alat industri manufaktur sangat dibutuhkan oleh semua pihak, siapapun yang memiliki industri manufaktur yang lebih lengkap dan baik akan menghasilkan produk-produk manufaktur yang baik pula. Oleh karena itu, maka dalam penelitian ini dilakukan berbagai macam penelitian untuk meningkatkan kualitas produk-produk setelah dilakukan proses permesinan, seperti halnya dengan proses pengerjaan dingin (*cold working*). Hal ini akan mempengaruhi pula pada nilai jual dan persaingan dalam industri.

Dalam penelitian ini, dilakukan proses *cold working* yaitu dengan proses penekanan pada permukaan benda kerja. Untuk melakukan proses penekanan, ada beberapa hal yang harus disediakan dan ditentukan terlebih dahulu, yaitu parameter-parameter yang di inginkan untuk melakukan proses penekanan antara lain kedalaman penekanan dan lama waktu penekanan. Setelah dilakukan proses penekanan maka dilakukan pengujian pada permukaan benda kerja tersebut. Pengujian yang dilakukan antara lain yaitu: uji *surface roughness*, uji *hardness* dan uji struktur mikro.

Dari pengujian *surface roughness*, didapat bahwa nilai kekasaran permukaan benda kerja bisa diturunkan dengan pengerjaan *cold working* pada permukaan benda kerja tersebut. Sebelum dilakukan penekanan, kekasaran permukaan berkisar Ra: 1,18  $\mu\text{m}$  dan setelah dilakukan penekanan nilai kekasarannya menjadi Ra: 0,24  $\mu\text{m}$ . Dari pengujian kekerasan didapat juga bahwa nilai kekerasan permukaan benda kerja bisa dinaikan dengan pengerjaan *cold working*. Sebelum penekanan yaitu 220 HV dan setelah dilakukan penekanan nilai kekerasan permukaannya mencapai 285 HV. Sedangkan dari pengujian struktur mikro dapat juga dilihat bahwa pada butir-butir strukturnya yang berada didekat daerah proses penekanan berukuran lebih kecil dan rapat dibandingkan dengan ukuran butir struktur didaerah yang jauh dari proses penekanan.

Kata Kunci : *cold working, surface roughness, kekerasan permukaan*

## PENDAHULUAN

Pada penelitian ini, benda kerja yang dikenai proses *cold working* adalah DCP (*Dynamic Compression Plate*) yang merupakan alat yang digunakan untuk menyambung tulang pada penderita patah tulang. Proses pembuatan produk untuk

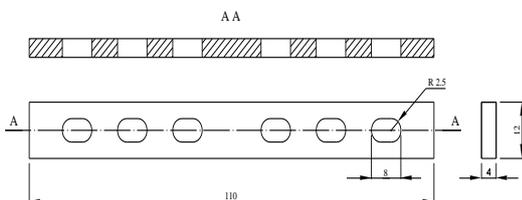
penyambung tulang atau DCP masih dilakukan di negara-negara maju. Pembuatan DCP khusus orang Indonesia ini tentu saja dilakukan berdasarkan dari dimensi tulang masyarakat Indonesia. Apabila menggunakan produk DCP dari luar negeri, ketika digunakan atau dipasang pada

tulang manusia di Indonesia, maka akan mengalami kesulitan karena data dimensi tulang yang digunakan berbeda dengan data tulang pada masyarakat Indonesia. Dengan desain yang matang pada suatu produk maka penyambung tulang akan dapat diproduksi dengan baik, yang memenuhi standar mutu dan fungsi secara maksimal.

DCP dibuat dengan material dari *stainless steel* 316L yang mana merupakan material *biocompatible* dengan kandungan karbon yang sangat rendah. Gambar DCP tercantum pada gambar 1 berikut ini. Oleh karena itu material tipe ini tidak bisa dikeraskan dengan hot working. Salah satu cara untuk mengeraskannya adalah dengan metode cold working.

Beberapa peneliti telah melakukan penguatan suatu material dengan proses metode blasting (Arifvianto, B., *et al.* (2012); Elias, C.N., *et al.* (2008); Gottfredsen K., *et al.* (1995)). Dengan adanya proses *blasting* menggunakan *slag ball* ini di dapat bahwa kualitas hasil benda kerja yang lebih baik (Arifvianto, B., *et al.* (2012)). Metode *cold working sand blasting* dengan menggunakan benda kerja titanium menghasilkan kekasaran permukaan menjadi lebih kecil (Elias, C.N., *et al.* (2008)). Penelitian dengan blasting juga berpengaruh pada ikatan tulang (*osseointegration*) (Piattelli A., *et al.* 2003), serta *cold working* pada bentuk kompleks (*screw*) berpengaruh juga pada *surface topography* (Wennerberg A., *et al.* (1996)).

Pada penelitian ini *cold working* dilakukan pada DCP, karena pada pemasangan DCP, apabila ada beban berlebih maka DCP akan patah pada lubangnya. Penelitian ini bertujuan untuk memperkuat lubang dengan proses *cold working (rolling)*. Proses *rolling* pada lubang dilakukan dengan *special tools* yang didesain khusus untuk lubang DCP.



Gambar 1. *Dynamics Compression Plate*

Material yang digunakan dalam bidang medis khususnya untuk plat penyambung tulang haruslah memiliki daya tahan terhadap korosi. Material yang digunakan adalah *stainless steel*. *Stainless*

*steel* sebenarnya adalah baja paduan dengan kadar paduan tinggi (*high alloy steel*) dimana terdapat penambahan unsur kromium pada sistem paduan besi dan karbon. Untuk membatasi paduan ini masuk ke dalam paduan besi dan baja atau paduan ini masuk ke dalam golongan *stainless steel*, *The American Iron and steel institute (AISI)* memberikan batasan kandungan 4 % kromium. Bila kandungan kromium pada paduan melebihi 4 %, maka paduan tersebut sudah memenuhi syarat masuk ke dalam golongan *stainless steel*. Sifat tahan korosi tidak akan tampak pada *stainless steel* dengan kadar kromium yang rendah. Efek ini mulai nyata nampak pada *stainless steel* dengan kandungan kromium di atas 11 %.

*Stainless steel* adalah logam dengan bahan dasar besi yang mempunyai kandungan nilai kromium sedikitnya 11 % dengan atau tanpa paduan logam lain. Komposisi dasar dari *stainless steel* adalah besi (Fe) dan kromium (Cr) ini merupakan bentuk yang paling sederhana dari bahan *stainless steel*.

Proses *cold working* dilakukan dengan cara penekanan pada permukaan benda kerja setelah dilakukan proses permesinan. Mesin perkakas yang digunakan adalah mesin *milling CNC TU-3A*. Tools untuk penekanan pada lubang DCP terlihat pada gambar 2 di bawah ini.



*Rolling tools* yang bisa berputar dan digunakan untuk me-roll lubang DCP

Gambar 2. *Tools* penekan

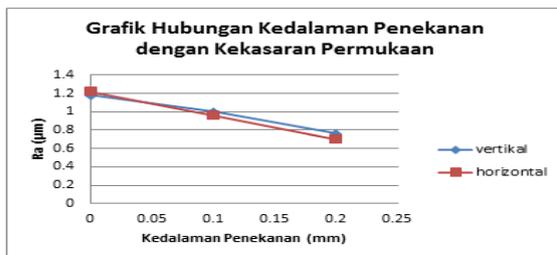
Setelah melakukan proses penekanan kemudian benda kerja yang telah di-roll diuji dengan uji *surface roughness*, uji *hardness* dan struktur mikro.

Pengujian kekasaran dilakukan dengan mikro *surface roughness*. Pertama-tama benda kerja dipotong menjadi dua dengan posisi pemotongan ditengah-tengah lubang, agar lubang terbelah menjadi dua dan proses pengujian kekasaran dapat dilakukan pada bidang lubang yang terkena proses permesinan. Proses pengujian dilakukan sebanyak 6 kali pada setiap data lubang dengan perincian 3 kali kearah horisontal

dan 3 kali ke arah vertikal. Dengan tujuan agar data yang didapat lebih bervariasi. Pengujian Kekerasan adalah satu dari sekian banyak pengujian yang dipakai, karena dapat dilaksanakan pada benda uji yang kecil tanpa kesulitan dalam spesifikasinya. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kekerasan dari benda uji pada logam. Pengambilan foto struktur mikro dilakukan dengan menggunakan mikroskop. Pada pengujian struktur mikro, daerah yang diamati adalah daerah disekitar proses permesinan dan *cold working*. Dengan tujuan untuk membandingkan struktur mikro pada benda yang telah mengalami proses permesinan dan proses *cold working*.

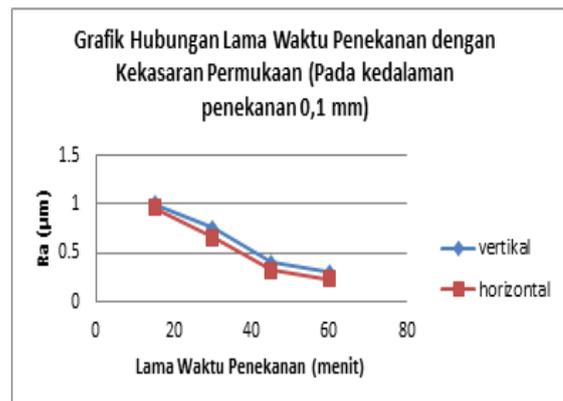
### HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar 3 menunjukkan hasil kekasaran permukaan bisa diturunkan dengan pengerjaan *cold working* pada permukaan benda kerja *stainless steel* 316L tersebut. Pada pengerjaan *cold working* ini dilakukan dengan penekanan pada permukaan lubang DCP. Dari gambar 3 dapat dilihat bahwa dengan penambahan kedalaman penekanan maka nilai kekasarannya menurun. Dari pengujian yang dilakukan, kekasaran pada permukaan setelah permesinan (sebelum di *cold working*) yaitu sebesar  $1,18 \mu\text{m}$  pada arah vertikal sedangkan pada kedalaman penekanan  $0,1 \text{ mm}$ , kekasaran permukaan turun menjadi  $1,00 \mu\text{m}$  sedang pada kedalaman penekanan  $0,2 \text{ mm}$  nilai kekasaran permukaannya menjadi  $0,76 \mu\text{m}$ . Dari sini dapat kita simpulkan dengan memberi penekanan pada permukaan benda kerja maka nilai kekasarannya akan menurun atau bertambah halus dan dengan menambah kedalaman penekanan pada benda kerja tersebut maka akan bertambah turun pula nilai kekasarannya. Karena dengan penekanan tersebut puncak-puncak kekasaran permukaannya akan berkurang.



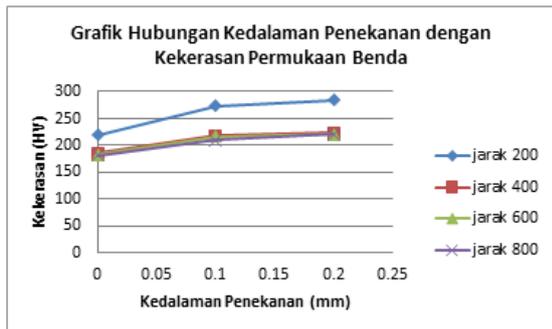
Gambar 3. Hubungan kedalaman penekanan dengan kekasaran permukaan.

Pada gambar 4, dapat dilihat bahwa lama waktu penekanan juga dapat menentukan besar kecilnya efek kekasaran permukaan benda kerja, dapat dilihat dari grafik tersebut bahwa dengan penambahan lama waktu penekanan maka nilai kekasaran benda kerja tersebut akan semakin kecil. Dari gambar 4 dapat dilihat nilai kekasaran pada lama waktu penekanan 15 menit yaitu sebesar  $1,00 \mu\text{m}$  pada arah vertikal dan apabila di tambah lama waktu penekannya menjadi 30 menit maka nilai kekasarannya akan menurun menjadi  $0,76 \mu\text{m}$  dan dengan penambahan lama waktu penekanan menjadi 45 menit maka nilai kekasarannya akan turun menjadi  $0,40 \mu\text{m}$ . Terakhir, untuk lama waktu penekanan 60 menit nilai kekasarannya yaitu sebesar  $0,30 \mu\text{m}$ . Dari sini dapat dijelaskan bahwa penambahan lama waktu penekanan pada permukaan benda kerja akan membuat nilai kekasarannya akan semakin turun juga. Karena dengan semakin lamanya penekanan tersebut puncak - puncak kekasaran permukaannya akan berkurang. Dalam gambar 4 juga terlihat bahwa setelah 40 menit, lama waktu penekanan tidak lagi secara signifikan menurunkan kekasaran permukaan.



Gambar 4. Hubungan lama waktu penekanan dengan kekasaran permukaan pada kedalaman penekanan  $0,1 \text{ mm}$

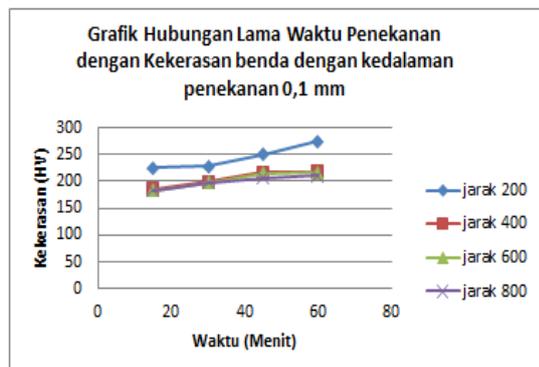
Pada pengujian kekerasan permukaan, di dapat bahwa kekerasan paling tinggi pada jarak  $200 \mu\text{m}$  dari permukaan penekanan. Sedangkan pada jarak  $400 \mu\text{m}$  ke atas, rata-rata nilai kekerasannya hampir sama, seperti terlihat pada gambar 5 dibawah ini.



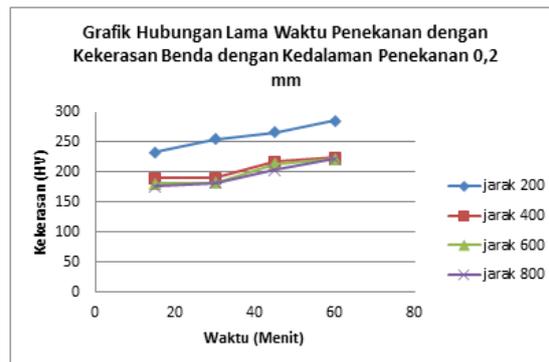
Gambar 5. Hubungan hubungan kedalaman penekanan dengan kekerasan benda.

Pada gambar 5 juga dapat dilihat bahwa hasil kekerasan akan semakin naik dengan penambahan kedalaman penekanan. Sebelum penekanan, nilai kekerasannya sebesar 220 HV, kemudian pada kedalaman penekanan 0,1 mm nilai kekerasannya naik menjadi 274 HV dan pada kedalaman penekanan 0,2 mm maka nilai kekerasannya akan semakin tinggi menjadi 285 HV.

Gambar 6 menunjukkan hubungan lama waktu penekanan dengan kekerasan benda kerja, dapat dilihat bahwa dengan penambahan lama waktu penekanan maka nilai kekerasannya akan semakin naik. Gambar 6 menunjukkan bahwa pada jarak 200  $\mu\text{m}$  dan pada lama waktu penekanan 15 menit nilai kekerasannya yaitu 224,5 HV, dan terakhir, pada lama waktu penekanan 60 menit, nilai kekerasannya naik menjadi 274 HV



Gambar 6. Hubungan lama waktu penekanan dengan kekerasan benda pada kedalaman penekanan 0,1 mm.



Gambar 7. Hubungan lama waktu penekanan dengan kekerasan benda pada kedalaman penekanan 0,2 mm.

Pada gambar 7 dapat dilihat juga hubungan lama waktu penekanan dengan kekerasan benda kerja dengan kedalaman penekanan 0,2 mm. Pada penekanan dengan kedalaman 0,2 mm ini juga terlihat bahwa lama penekanan juga sangat berpengaruh terhadap kekerasan permukaan.

Penekanan akan memperbesar kekerasan permukaan, karena dengan penekanan tersebut maka struktur mikronya akan mengecil dan rapat pada daerah yang ditekan.

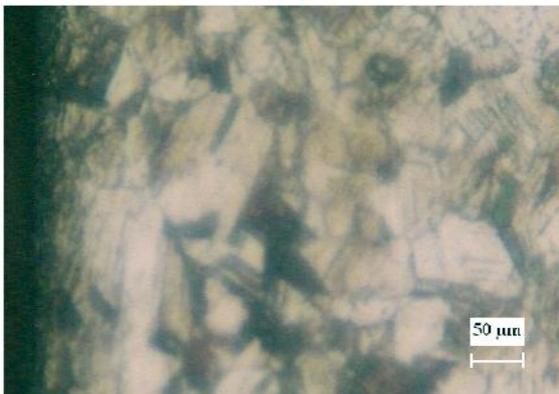
Pada gambar 8 terlihat gambar struktur mikro sebelum dilakukan proses *cold working*. Sedangkan gambar 9 dan 10 menunjukkan gambar struktur mikro setelah dilakukan *cold working* dengan kedalaman 0,1 dan 0,2 mm. Terlihat bahwa dengan penekanan, struktur mikronya menjadi lebih halus dan mengakibatkan naiknya kekerasan permukaan.



Gambar 8. Gambar struktur mikro sebelum penekanan atau setelah permesinan.



Gambar 9. Gambar struktur mikro dengan kedalaman penekanan 0,1 mm dan lama waktu penekanan 60 menit.



Gambar 10. Gambar struktur mikro dengan kedalaman penekanan 0,2 mm dan lama waktu penekanan 60 menit.

## KESIMPULAN

Dari hasil-hasil pembahasan penelitian ini pada bab sebelumnya, dapat ditarik kesimpulan :

1. Hubungan antara kekasaran permukaan dengan kedalaman penekanan dan lama waktu penekanan adalah bahwa semakin dalam penekanan pada permukaan dan semakin tinggi lama waktu penekanan pada benda kerja maka nilai kekasaran permukaan benda kerja tersebut akan semakin kecil (halus). Karena dengan penekanan tersebut puncak - puncak kekasaran permukaannya akan berkurang atau mengecil.
2. Hubungan antara kekerasan permukaan dengan kedalaman penekanan dan lama waktu penekanan adalah bahwa semakin dalam penekanan pada permukaan dan semakin di tambah lama waktu

penekanan benda kerja maka nilai kekerasannya akan semakin naik atau semakin keras. Karena dengan penekanan tersebut struktur mikronya akan mengecil dan rapat pada daerah yang ditekan.

3. Pada daerah yang dekat pada proses penekanan mempunyai nilai kekerasan yang jauh lebih tinggi dibandingkan pada daerah yang jauh dari proses penekanan. Hal ini dapat dibuktikan dari struktur mikro benda uji, dimana didaerah yang berdekatan dengan daerah yang terkena proses penekanan memiliki struktur butir yang lebih rapat.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arifianto, B., Suyitno, Wibisono, K.A., Mahardika, M., 2012, Influence of grit blasting treatment using steel slag balls on the subsurface microhardness, surface characteristics and chemical composition of medical grade 316L stainless steel, *Surface & Coatings Technology* 210, 176–182
- Elias, C.N., Oshida, Y., Lima J.H.C., Muller C.A., 2008, Relationship between surface properties (roughness, wettability and morphology) of titanium and dental implant removal torque, *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials* 1, 234.
- Gotfredsen K., Wennerberg A., Johansson C., Skovgaard L.T., Hjorting-Hansen E., 1995, Anchorage of TiO<sub>2</sub>-blasted, HA-coated, and machined implants: An experimental study with rabbits, *Journal of Biomedical Materials Research Part A*, 29, 1223.
- Piattelli A., Degidi M., Paolantonio M., Mangano C., Scarano A., 2003, Residual aluminum oxide on the surface of titanium implants has no effect on osseointegration, *Biomaterials* 24, 4081.
- Wennerberg A., Albrektsson T., Johansson C., Andersson B., 1996, Experimental study of turned and grit-blasted screw-shaped implants with special emphasis on effects of blasting material and surface topography, *Biomaterials* 17, 15.