

## Kekasaran Permukaan dan Toleransi Geometri Hasil Proses Ironing untuk Material Kuningan CuZn30

Albertus Rianto, Arif Krisbudiman, Hermitamaya

Balai Mesin Perkakas, Teknik Produksi dan Otomasi – MEPP  
Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi – BPPT  
Gedung Teknologi 2, PUSPIPTEK, Cisauk, Tangerang Selatan, Banten – 15314  
Email : albertus.rianto@bppt.go.id

### Abstrak

Didalam industri manufaktur, kwalitas hasil produk dan waktu produksi merupakan faktor dominan untuk memenangi persaingan industri. Dengan pemilihan alur proses produksi yang tepat diharapkan akan mengurangi jumlah variasi proses yang berdampak pada pengurangan waktu dan biaya produksi. Balai MEPP – BPPT mencoba untuk melakukan pengembangan effisiensi dan peningkatan produktifitas produk industri lokal dengan mencoba menggunakan teknologi *ironing* didalam melakukan pembentukan material berbentuk silinder tanpa sambungan yang kokoh dan tahan terhadap beban kejut. Proses *Ironing* merupakan bagian dari proses pembentukan material dingin (*Plastic Cold Deformation*) yang digunakan untuk melakukan proses pengerutan dan pemanjangan material berbentuk silinder. Dengan membuat bentuk material seperti mangkok silinder, maka untuk pembuatan silinder panjang tanpa sambungan akan dapat menjadi mudah untuk dilakukan. Hasil kekasaran permukaan luar silinder yang bagus diharapkan mampu untuk menghilangkan proses *finishing* yang biasa dilakukan oleh mesin bubut atau mesin gerindra. Pada umumnya proses *ironing* dilakukan dengan beberapa tahap penekanan dengan kombinasi rasio penyusutan yang nilainya disesuaikan dengan material *properties* benda uji. Indikator keberhasilan dari penelitian difokuskan pada hasil produk proses *ironing* yang mampu menyesuaikan sesuai dengan bentuk dies (*dimensional accuracy*) dengan nilai kekasaran permukaan yang baik (*surface quality*). Material yang digunakan untuk proses *ironing* adalah jenis kuningan CuZn30 berbentuk mangkok silinder. Dies *ironing* didesain berbentuk seperti cincin dengan tinggi dan sudut kemiringan *cutter* yang sesuai dengan mempertimbangkan nilai *radius fillet* pada *cutter* yang sesuai dengan beban dan kecepatan mesin press. Hasil pengujian *dimensional accuracy* material CuZn30 pada proses ironing berkisar antara 0.03 mm sampai dengan 0.05 mm terhadap diameter dies dengan nilai kekasaran permukaan sebesar 0.8 umRa sampai dengan 1 umRa. Hasil kesimpulan sementara bahwa kesalahan toleransi banyak disebabkan karena panjang material sedangkan kekasaran permukaan lebih disebabkan karena sudut pengerutan dan nilai radius *fillet* pada dies *ironing*.

**Keywords:** Proses ironing, kuningan CuZn30, *plastic cold deformation*, *dimensional accuracy*, kekasaran permukaan

### Pendahuluan

*Ironing* merupakan bagian dari proses pembentukan material dingin (*Plastic Cold Deformation*) yang digunakan untuk melakukan proses pengerutan sekaligus pemanjangan material berbentuk silinder. Dengan proses *ironing*, pembuatan silinder panjang tanpa sambungan akan dapat menjadi mudah untuk dilakukan. Proses aliran material, tegangan yang terjadi, dan gaya antara material dengan punch/dies merupakan faktor dominan yang mempengaruhi hasil proses *ironing*.

Dies untuk proses *ironing* didesain berbentuk berbentuk menyerupai cincin yang mempunyai mempunyai sudut tertentu (*orifice-shaped die*) sehingga proses tersebut mengakibatkan tiga gaya secara bersamaan. Tiga gaya tersebut adalah satu gaya tarik (axial) dan dua gaya tekan (radial dan tangensial).

Proses *ironing* sendiri dalam melakukan proses pembentukan material membutuhkan gaya deforma (*tensile force*) pada daerah *plastis*. Jika tegangan yang terjadi pada material lebih besar dari tegangan maksimum yang diijinkan (*ultimate strength*) maka

pada bagian tersebut akan terjadi *fracture* yang menyebabkan kerusakan material.

Menurut Edwards (1990), untuk melakukan proses *ironing* yang tereduksi sebesar 55% perlu dilakukan secara bertahap pada daerah plastis material. Hal ini perlu dilakukan secara berulang-ulang dengan proses recrystallisasi. Menurut W. Ozgowicz (2010) bahwa untuk perlakuan proses recrystallisasi CuZn30 dengan suhu antara 400 – 650 C akan meningkatkan keliatan suatu material dengan menaikkan mampu mulur (*elongation*) sebesar 70%.

Dalam penelitian Pawelsky (1962) disebutkan bahwa daerah aliran yang mengalami deformasi material terjadi tidak teratur atau *asimetris* dimana tegangan tekan, tegangan geser dan tegangan tarik pada material tidak mampu didefinisikan berdasarkan lapisan material. Material akan mengalami tegangan tekan pada arah axial yang letaknya didaerah yang berdekatan dengan dies awal reduksi hingga kemudian akan terjadi tegangan balik atau perubahan dari tegangan tekan menjadi tegangan tarik di fase akhir proses reduksi yang menjadi penyebab dominan kegagalan proses *ironing*. Sedangkan Shi dan Gerdeen (1989) mencoba meneliti tentang batas ratio optimal reduksi dengan menganalisa terhadap daerah tegangan asimetris, dan melakukan karakterisasi gaya tekan terhadap kesesuaian bentuk. Bernd-Arno Behrens, et al (2007) mencoba meneliti tentang usaha peningkatan *surface quality* dengan menggunakan metode sistematis pada hasil analisa numerik untuk meminimalkan tegangan tarik pada awal proses. Metode ini diyakini dapat memungkinkan untuk mereduksi kapasitas tekan pada proses *ironing*.

## Tinjauan Pustaka

Kepresisan dimensional adalah suatu nilai yang sifatnya berbanding lurus terhadap harga produksi yang nilainya eksponensial terhadap kebutuhan akurasi yang dibutuhkan. Faktor utama yang menyebabkan proses mengalami deviasi akurasi adalah material, tooling, dan mesin perkakas. Sedangkan nilai akurasi dapat didefinisikan menjadi derajad yang diijinkan untuk memperoleh sesuai dengan yang dibutuhkan. Lange Kurt (1985) dalam bukunya memberikan gambaran umum tentang nilai akurasi adalah bahwa untuk mengukur nilai akurasi suatu proses tertentu selalu dilakukan dengan tidak akurat.

Kesalahan (*error*) yang disebabkan karena proses permesinan, keausan, dan penyusutan material saat proses pengecoran merupakan kesalahan yang nilainya mampu untuk diprediksi kesalahan tersebut dikenal dengan kesalahan sistematis, sedangkan kesalahan karena faktor yang tidak dapat diprediksi langsung penyebabnya seperti perubahan suhu ruang, tidak *homogenus* suatu kandungan material coran,

dan perubahan bentuk pahat karena suhu panas adalah merupakan kesalahan acak (*Random Error*). Untuk menghitung suatu akurasi geometri dapat dilakukan dengan membandingkan hasil diameter luar material setelah proses *ironing* dengan diameter dalam terkecil pada sebuah dies. Kesalahan geometri yang akan diteliti adalah kesalahan diameter dan kebulatan lingkaran (silindrical).

Sedangkan untuk menghitung diameter ring dies dapat digunakan rumus sebagai berikut (5) :

$$D_1 = \sqrt{\frac{D_0^2 - d_0^2}{e^{\varphi p}} + d_0^2} \quad (\text{Pers. 1})$$

$D_1$	= diam luar setelah proses ironing	[mm]
$D_0$	= diam luar sebelum proses ironing	[mm]
$d_0$	= diam dalam sebelum proses ironing	[mm]
$e$	= bilangan $e = 2,718$	
$\varphi p$	= principal strain	

Sedangkan untuk menghitung sudut die yang optimal digunakan persamaan sebagai berikut (...)

$$\cos 2\alpha = -3\mu\varphi_{\max} \pm \sqrt{9\mu^2\mu_{\max}^2 + 1} \quad (\text{Pers. 2})$$

Perhitungan kekasaran permukaan digunakan persamaan (3) untuk memaparkan hasil deviasi propagasi. Persamaan nilai rata-rata (*mean deviation*,  $Ra$ ), persamaan kwadrat rata-rata (*mean root-square deviation*,  $Rq$ ), dan persamaan tinggi maksimum (*maximum height*,  $Ry$ ) yang sudah umum digunakan sebagai standar pengujian ANSI.

$$Ra = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |Y_i|$$

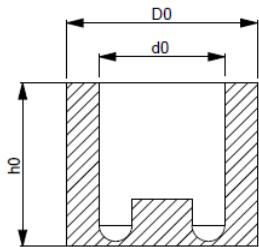
$$Rq = \left( \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N Y_i^2 \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$Ry = Y_p + Y_v \quad (\text{Pers. 3})$$

$Ra$	= Deviasi rata-rata	( $\mu\text{m}$ )
$Rq$	= Deviasi nilai kwadrat rata-rata	( $\mu\text{m}$ )
$Ry$	= Maximum height	( $\mu\text{m}$ )
$N$	= Jumlah data	
$Y_i$	= Nilai simpangan	( $\mu\text{m}$ )
$Y_p$	= Nilai tertinggi	( $\mu\text{m}$ )
$Y_v$	= Nilai terendah	( $\mu\text{m}$ )

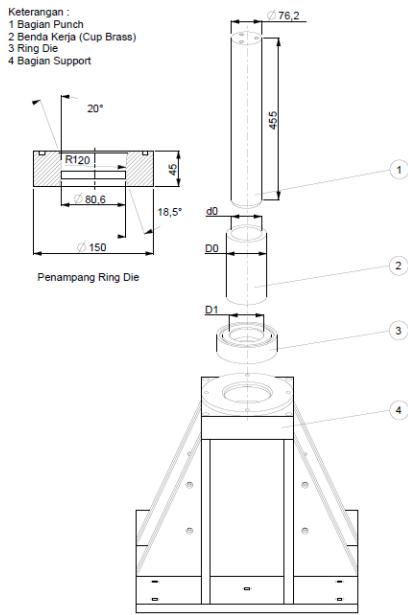
## Metoda Eksperimen & Fasilitas Yang Digunakan

Material yang digunakan didalam percobaan *ironing* adalah jenis kuningan dengan komposisi Cu70% dan Zn30% atau sering disebut CuZn30. Komposisi ini didapat langsung dari hasil pengecoran. Material yang didapat dibentuk seperti cup dengan berdiameter dalam 78 mm, diameter luar 84 mm dengan ketinggian 118 mm seperti terlihat pada gambar 1. Setelah material CuZn30 diuji tarik didapatkan bahwa nilai elongation adalah 58%.



**Gambar 1.** Material uji kuningan (CuZn30)

Sedangkan skema pengujian proses *ironing* dapat dilihat pada gambar 2. Didalam gambar dapat dilihat bahwa *punch* pada dies dipasang pada mesin press hidrolik. Pada gambar dapat juga dilihat bahwa material uji CuZn30 diletakan diantara *punch* dan *dies*. *dies* cincin (*orifice-shaped die*) dengan ukuran dan bentuk seperti dapat dilihat pada offset pada gambar 2.



**Gambar 2.** Skema proses *ironing* yang digunakan

Sedangkan alat pengujian kekasaran permukaan digunakan alat ukur jenis surface test mitutoyo SJ301 dengan kondisi pengujian sebagai berikut :

Panjang Stroke (1) = 4 mm

Jumlah data N	= 5	data
$\lambda_c$	= 0.8	$\mu\text{m}$
$\lambda_s$	= 2.5	$\mu\text{m}$
Kecepatan	= 0.5	mm/s



**Gambar 3.** Pengujian kekasaran permukaan

Sementara untuk pengujian dies *ironing* digunakan dial indikator yang sering digunakan untuk menseting tooling permesinan. Alat tersebut digunakan untuk menentukan kepresisan diameter lingkaran dalam (do), diameter lingkaran luar (D0), *roundness*, dan kesilindrisan antar diameter dalam dan luar.



**Gambar 4.** Pengujian Akurasi Geometri

Konsep pengujinya adalah material CuZn30 dibubut pada bagian luar pada kondisi dimana tebal dinding dikondisikan menjadi 3 mm. Proses pembubutannya dilakukan dengan feedrate 0.037 mm/putaran kemudian material CuZn30 diuji kualitas permukaan. Setelah proses *ironing* dilakukan, uji kekasaran kembali dilakukan untuk dibandingkan.

Hal ini juga dilakukan pada pengujian kekasaran permukaan diameter dalam dies. Seperti pada pengujian kekasaran CuZn30, kekasaran permukaan diameter dalam dies dilakukan sebelum dan sesudah proses *ironing* dijalankan.

Untuk melakukan pengujian proses *ironing* dilakukan dengan mesin press hidrolik berkapasitas 40 Ton dengan diameter poros 90 mm dan panjang maksimal

stroke 900 mm yang digunakan pada kecepatan *press* 1m/min.



**Gambar 5.** Mesin Press dengan Dies *ironing*

Dari hasil percobaan tersebut kemudian dilakukan pengamatan hasil keakurasan bentuk dimensi dan nilai kualitas permukaan.

## Hasil dan Pembahasan

Pada Tabel 1 dapat dilihat hasil pengujian kekasaran permukaan benda uji (CuZn30). Dari data yang didapat dapat diambil kesimpulan bahwa terjadi kenaikan kualitas permukaan setelah proses *ironing* dilakukan. Benda yang dihasilkan lebih mengkilat jika diamati seperti terlihat pada gambar 6.



**Gambar 6.** Hasil kwalitas permukaan material uji

Sementara kesetabilan bentuk dies dari pengujian akurasi yang didapat dapat setelah proses *ironing* mengalami perubahan. Material SKD11 mengalami deformasi bentuk dari lingkaran menuju oval karena adanya tiga arah gaya. Pada tabel 2 dapat dilihat bahwa secara keseluruhan, akurasi kesilindrisan tiap ketinggian mengalami deviasi ketidak akurasian bentuk. Selain gaya tekan yang menekan ke arah radial, juga adanya gaya gesek antara material uji dengan dies.

Sedangkan pada pengujian material benda uji CuZn30 dapat dilihat bahwa nilai yang didapat mempunyai deviasi tidak lebih dari 20  $\mu\text{m}$  pada jarak pengujian 100 mm. Jika diamati dari gambar 5 terlihat jelas bahwa proses awal penetrasi terlihat adanya *buckling* pada akhir reduksi. Jika mesin press yang digunakan lebih besar gaya tekannya atau material benda uji lebih kecil reduksinya, maka nilai *buckling* ini akan mampu diatasi.

CuZn30							
Hasil proses bubut							
N	1	2	3	4	5	6	7
Ra	0.31	0.34	0.34	0.31	0.31	0.35	0.31
Rz	2.24	2.25	2.2	2.11	2.19	2.24	2.24
Rq	0.38	0.41	0.41	0.38	0.43	0.41	0.42
Hasil proses Ironing							
Ra	0.14	0.16	0.15	0.14	0.11	0.16	0.13
Rz	0.52	1.37	0.94	0.68	0.54	1.16	1.16
Rq	0.16	0.21	0.22	0.17	0.14	0.23	0.17

**Tabel 1.** Hasil Pengujian Kekasaran Permukaan Benda Uji

Ring Dies (SKD11)				
Sebelum dilakukan Ironing				Sesudah dilakukan proses Ironing
No	Diameter	Jarak axial thdp diam. terkecil	Deviasi <i>Roundness</i>	Deviasi <i>Roundness</i>
	mm	mm	µm	µm
1	81.5	0	10	30
2	81.5	1	10	30
3	81.5	2	10	30
4	81.5	3	10	30
5	81.5	4	10	15
6	81.5	5	10	20
7	81.5	6	15	20
8	81.5	7	10	20
9	81.5	8	10	15
10	81.5	9	10	15
11	81.5	10	10	10
12	81.6	12	10	20
13	81.7	14	15	30
14	81.8	16	10	40
15	81.9	18	10	40
16	82	20	10	40
17	84.5	30	0	40

**Tabel 2.** Hasil Pengujian Akurasi Geometri pada bentuk Dies

Material Uji (CuZn30)					
Sebelum dilakukan Ironing				Sesudah Proses Ironing	
No	Diameter Luar	Ketinggian	Deviasi Roundness diam luar	Diameter Luar	Deviasi <i>Roundness</i>
	mm	mm	µm	mm	µm
1	81	0	10	81.5	10
2	84	10	10	81.5	15
3	84	20	10	81.5	15
4	84	30	10	81.5	15
5	84	40	10	81.5	20
6	84	50	10	81.5	20
7	84	60	10	81.5	15
8	84	70	10	81.5	15
9	84	80	10	81.5	15
10	84	90	10	81.5	15
11	84	100	10	81.5	20

**Tabel 3.** Hasil Pengujian Akurasi Geometri pada bentuk Material Uji ( CuZn30)

## Kesimpulan

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa penggunaan proses ironing pada material CuZn30 tidak membutuhkan proses pembubutan untuk memperhalus permukaan benda kerja sehingga langsung dapat digunakan. Untuk pembuatan ring dies perlu dilakukan pengerasan material mengingat deviasi yang diperoleh setelah proses ironing cukut tinggi. Meski demikian, proses ini juga mempunyai akurasi yang cukup bagus untuk panjang stroke 100 mm. Deviasi antara diameter dies dengan material benda uji lebih dikarenakan adanya proses manufaktur yang masih belum bisa diukur nilai kesalahannya per tahap penggerjaan secara keseluruhan. Hal ini akan dilakukan pada penelitian lanjutan.

## Referensi

W. Ozgowicz, E. Kalinowska-Ozgowicz, B. Grzegorczyk, The microstructure and mechanical properties of the alloy CuZn30 after recrystallization annealing, Journal of achievement in material and manufacturing engineering, Vol 40 ISSUE 1 (2010)

Pawelsky O dan Lueg, W, The Stress Condition in drawing and noising of round bar.. Untersuchungberichte des Landes Nordrhein-Westfalen no. 1056 Verlag (1962)

M.F. Shi and J.C. Gerdeen, A Theoretical study of the ironing process in sheet metal forming. Journal of material shaping technology, Vol 7, No. 4 hal 203-211(1989)

Bernd-Arno et al, Optimization of Ironing Processes by Means of DOE and FEA. Production Engineering, Vol. 1, No.1(2007)

Suchy, Ivana, Handbook of Die Design, McGraw-Hill, 2006.

Lange, Kurt, Handbook of Metal Forming, ISBN 0-07-036285-8 Verlag, McGrawHill (1985).

Edwards, L. and Endean, M., Manufacturing with Materials 1990, Butterworth Heinemann, ISBN 0-7506-2754-9