

ANALISIS MODEL TAHANAN DEFORMASI EKSPERIMENTAL PADA Pengerolan Dingin Paduan Kuningan Cartridge

Qamaruddin¹⁾

¹⁾Dosen Jurusan Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Islam “45”, Bekasi
¹Qamaruddin.Q@gmail.com

Abstract

A model of resistance to deformation as a result of cold rolling process of Cartridge Brass alloy conducted at laboratory, was obtained. Based on this experimental model, to be able to apply the theoretical models to meet the scale level of laboratory, they were modified. The regression of experiment results and the modified theoretical models are reasonably able to predict the resistance to deformation. The models of resistance to deformation both experimental and modified ones show the average deviation of about 10%

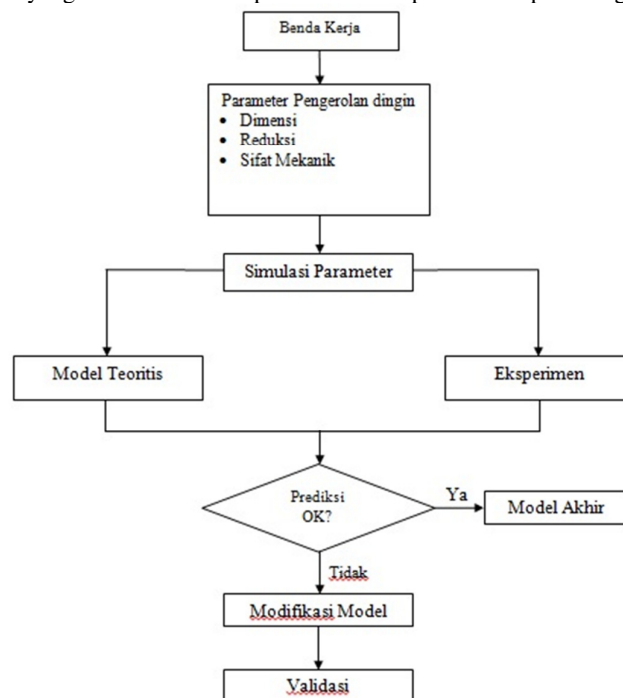
Keywords: Cold Rolling, Resistance to deformation, Brass alloy

1. Pendahuluan

Untuk mampu bersaing secara efektif di era dengan siklus hidup (life cycle) produk yang semakin singkat serta kemajuan teknologi yang demikian cepat, tantangan-tantangan dalam industri manufaktur adalah menurunkan biaya, mengurangi stock (inventory), meningkatkan kualitas dan mereduksi skala-skala waktu mulai dari konsep produk dan perancangan sampai proses produksi dan pemasaran. Teknologi pembentukan logam (metal forming) termasuk industri manufaktur yang tentu saja tidak terlepas dari tantangan-tantangan tersebut. Untuk mengoptimalkan metode manufaktur atau mengembangkannya dapat digunakan simulasi baik fisikal maupun numerikal. Simulasi proses tersebut dalam manufaktur merupakan salah satu kontribusi baik untuk mengurangi waktu siklus (cycle time) maupun meningkatkan kualitas produk dan produktivitas .^[1,2] Proses pengerolan (rolling) adalah salah satu proses manufaktur yang banyak digunakan dan sangat penting di industri. Proses ini sangat rumit dalam hal membuat hubungan-hubungan kuantitatif antara aliran logam, gesekan pada permukaan material dan *tool*-nya, panas yang ditimbulkan selama terjadinya aliran plastis (plastic flow) dan hubungan antara sifat-sifat struktur mikro dan kondisi-kondisi proses. Oleh karena itu perlu dibuat suatu model simulasi yang sesuai:^[3]

2. Metode Penelitian

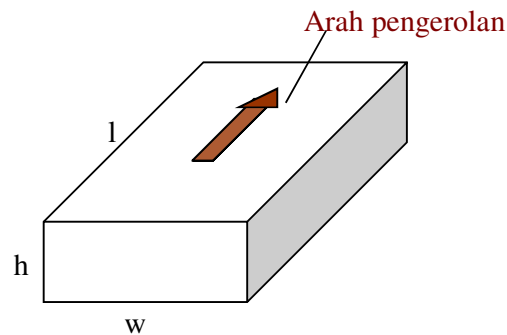
Secara garis besar metode yang dilakukan dalam penelitian ini diperlihatkan pada diagram alir berikut :



Gambar 1. Flowchart Penelitian

2.1. Bahan

Material yang digunakan pada penelitian ini adalah paduan Cu-Zn (Cartridge Brass) dengan arah pengerolan seperti terlihat pada Gambar 3.1 dan dimensi awal seperti disajikan pada Tabel 3.1 berikut:



Gb.2 Skematik Bentuk Awal Spesimen Hasil Cor

Tabel 1 Dimensi dan Kekasaran Awal Spesimen

| | Panjang, l (mm) | Lebar, w (mm) | Tebal, h (mm) | Kekasaran, Ra (μm) |
|--|--------------------|------------------|------------------|------------------------------------|
| | 89.200 | 28.150 | 13.250 | 1.26 – 1.28 |
| | 89.000 | 30.200 | 13.200 | 1.24 – 1.32 |
| | 88.750 | 30.300 | 13.200 | 1.26 – 1.44 |

Tabel 2 Sifat mekanik material hasil uji tarik dan kekerasan

| No | σ_u (kgf/mm ²) | σ_y (kgf/mm ²) | elongasi (%) | Kekerasan awal (BHN) |
|------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|-----------------|-------------------------|
| 1 | 20,94 | 11,69 | 33,10 | 45 |
| 2 | 16,92 | 9,28 | 22,90 | |
| 3 | 16,18 | 8,78 | 22,60 | |
| Rata-rata | 18,01 | 9,91 | 26,20 | 45 |

2.2. Peralatan

Peralatan yang dipakai untuk percobaan:

- Mesin Rol merk ONO Roll model K 60450-29, tipe TF06 formk dengan spesifikasi:
 - Beban maksimum 20 tonf
 - Torsi maksimum 71.8 kg.m
 - Kecepatan rol konstan 8 m/min
 - Celah rol maksimum 15 mm
 - Material rol St 52 dengan dimensi \varnothing 104 x 140 mm
- Load cell pencatat beban yang terdiri atas:
 - Cell beban dengan kapasitas maksimum 20 tonf
 - Amplifier
 - Recorder
- Alat bantu lainnya
 - Jangka sorong

2.3. Tahapan Percobaan

Percobaan dilakukan dengan tiga tahapan utama : pengukuran dimensi awal, pengerolan dan pengukuran dimensi akhir.

1. Pengukuran dimensi awal
Pengukuran dimensi awal yang dilakukan dengan jangka sorong mencakup tebal, lebar dan panjang benda kerja.
2. Pengerolan
Pengerolan dilakukan delapan tahap agar reduksi yang dihasilkan bervariasi. Pada saat pengerolan pena pencatat beban akan bergerak menghasilkan garis yang menunjukkan beban yang terjadi. Nilai satuan skala pada kertas pencatat beban adalah 1 skala = 0.3821 tonf. [14]
3. Pengukuran dimensi akhir
Untuk setiap tahap pengerolan dimensi akhir benda kerja diukur, yakni tebal, lebar dan panjang benda kerja. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan jangka sorong.

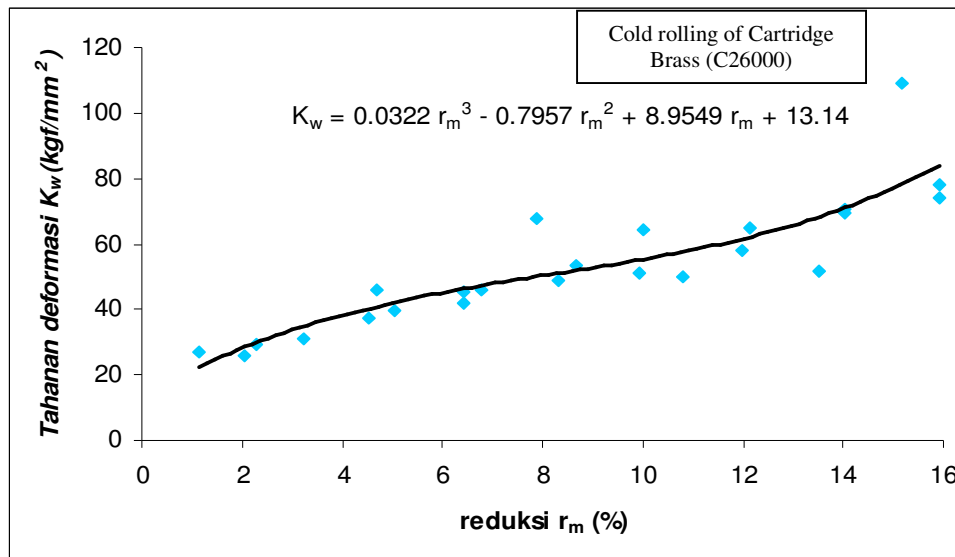
3. Hasil Dan Pembahasan

3.1. Model Eksperimen Tahanan Deformasi

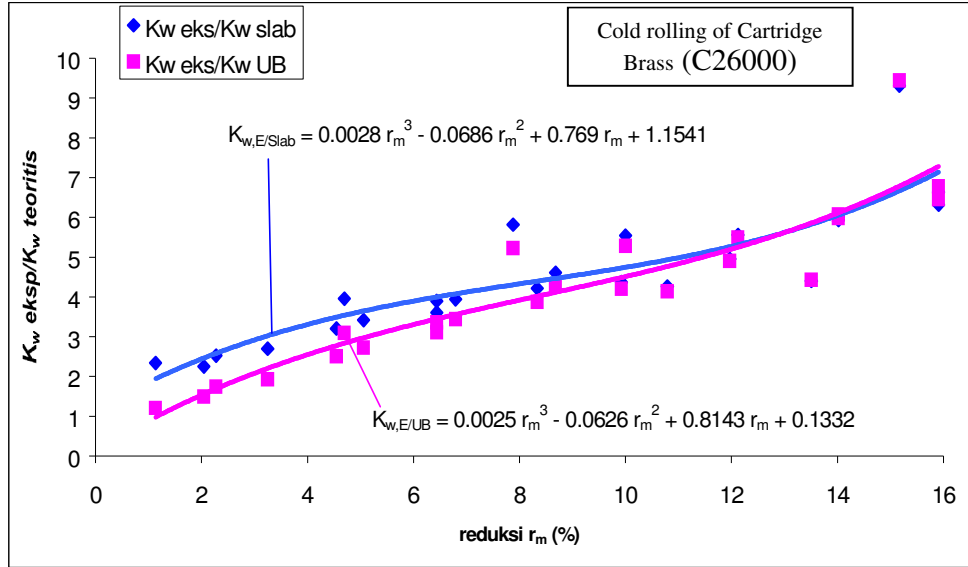
Berdasarkan hasil eksperimental dapat dibuat model tahanan deformasi hasil pengujian di lab. Tahanan deformasi dari ketiga benda kerja dibuat dalam satu grafik seperti ditunjukkan pada grafik 1. Dengan bantuan perangkat lunak *Microsoft Excel* dapat dibuatkan model regresi matematikanya. Hasilnya adalah

$$K_{w, \text{eksp reg}} = 13,14 + 8,9549 r_m - 0,7957 r_m^2 + 0.0322 r_m^3$$

Perbandingan tahanan deformasi hasil eksperimen dengan teoritis dan regresinya terhadap reduksi r_m ditunjukkan pada grafik 2



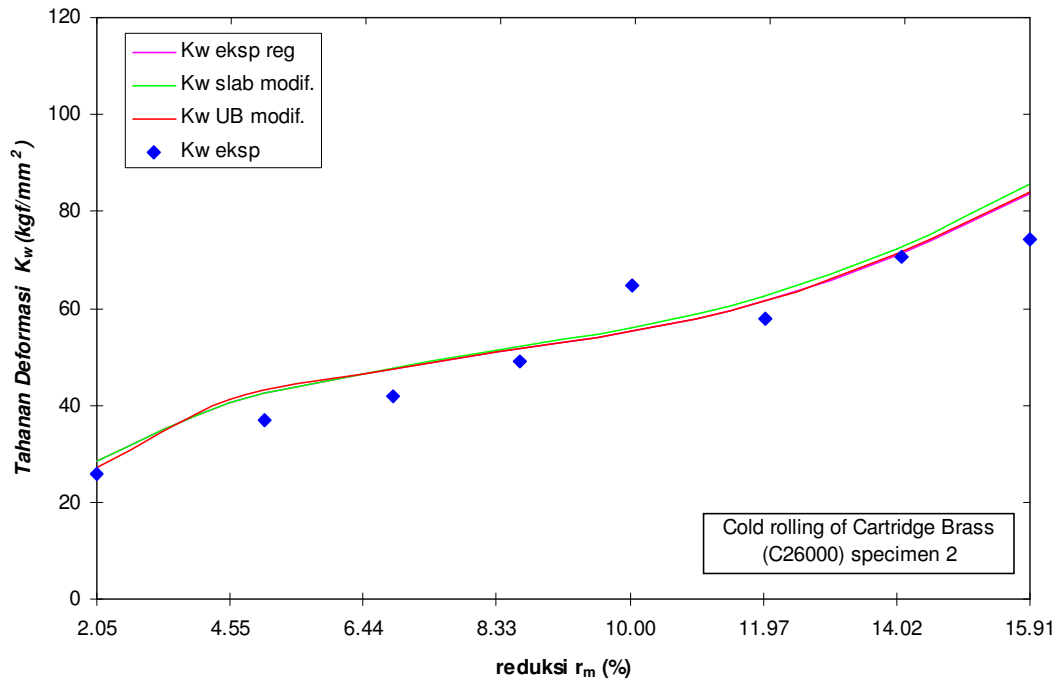
Grafik 1 Tahanan deformasi regresi hasil eksperimen terhadap reduksi r_m



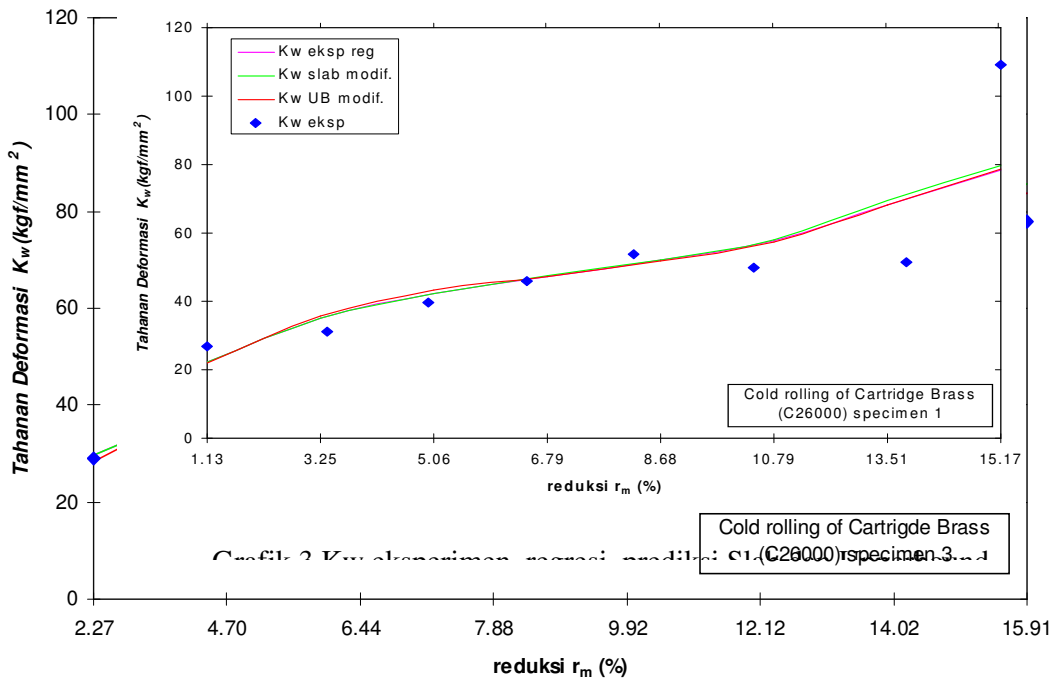
Grafik 2 Perbandingan K_w eksperimen dengan K_w teoritis dan regresinya terhadap reduksi r_m

3.2. Validasi Model

Hasil prediksi tahanan deformasi regresi, metode Slab dan Upperbound dengan hasil eksperimen sebenarnya ditunjukkan pada pada grafik 3, 4 dan 5.



Grafik 4 K_w eksperimen, regresi, prediksi Slab dan Upperbound terhadap r_m spesimen 2



Grafik 5 Kw eksperimen,regresi, prediksi Slab dan Upperbound terhadap r_m spesimen 3

1. Model regresi tahanan deformasi hasil eksperimen yang ditunjukkan pada Grafik 1 merupakan fungsi reduksi total rata-rata r_m . Grafik ini memiliki pola yang sama dengan hasil eksperimen referensi [10] dan referensi [14].
2. Grafik tahanan deformasi hasil regresi dari eksperimen, metode slab dan upperbound yang dimodifikasi terhadap reduksi disajikan pada grafik 3, 4 dan 5. Ketiga grafik tersebut menunjukkan pola kecenderungan yang naik dengan naiknya reduksi. Dari grafik-garik tersebut juga dapat dilihat bahwa tahanan deformasi regresi, slab dan upperbound hampir berhimpit. Grafik-grafik yang hampir berhimpit tersebut dikarenakan fungsi A dan B sebagai faktor pengali dalam persamaan (4) dan (5) memiliki derajat yang sama dengan tahanan deformasi hasil regresi eksperimen.
3. Hasil penyimpangan model tahanan deformasi hasil regresi, slab dan upperbound terhadap hasil eksperimen. Untuk spesimen 1, penyimpangan tahanan deformasi rata-rata yakni, regresi: 14,91%, slab:15,13% dan upperbound:15,64%. Untuk spesimen 2, penyimpangan tersebut berturut-turut adalah, regresi: 8,54%, slab: 9,25%, dan upperbound: 8,14%. Untuk spesimen 3 penyimpangannya adalah, regresi: 7,29%, slab: 8,39%, dan upperbound: 7,67%. Secara total, penyimpangannya adalah, regresi: 10,46%, slab: 10,93%, dan upperbound: 10,48%. Penyimpangan yang berbeda tersebut disebabkan antara lain oleh ketidak seragaman sifat material benda kerja selama proses pengerolan, yakni ketiga spesimen memiliki karakteristik mekanik yang berbeda selama mengalami proses deformasi. Variasi sifat mekanik inipun diindikasikan dalam uji tarik seperti tertera dalam tabel 2.

4. Kesimpulan

Berdasarkan analisis pada bab-bab sebelumnya dapat ditarik beberapa kesimpulan berikut :

1. Dari hasil eksperimen diperoleh model tahanan deformasi K_w hasil regresi sebagai fungsi reduksi total rata-rata r_m sebagai berikut:
 - $K_{w,eksp\ reg} = 13,14 + 8,9549 r_m - 0,7957 r_m^2 + 0,0322 r_m^3$
dan dengan memodifikasi model metode slab dan upperbound yang sudah ada diperoleh model-model tahanan deformasi untuk:
 - Slab: $K_{wslab} = (1.1541 + 0.769 r_m - 0.0686 r_m^2 + 0.0028 r_m^3) S.PMF_{slab}$
 - Upper Bound: $K_{wUB} = (0.1332 + 0.8143 r_m - 0.0626 r_m^2 + 0.0025 r_m^3) S.PMF_{UB}$
2. Model tahanan deformasi hasil eksperimen yang diregresi dan modifikasi bila diterapkan pada mesin Rol ONO memberikan deviasi rata-rata berkisar 10%.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih penulis sampaikan setinggi tingginya kepada Bapak Prof.Dr.ir Eddy S.Siradj yang telah membimbing penulis dalam penelitian ini. Terima kasih juga penulis haturkan kepada seluruh teknisi laboratorium metalurgi UI.

RUMUS-RUMUS

- Metode slab atau metode Stone $K_{wslab} = S.PMF$ (1)

dengan PMF (Pressure Multiplication Factor) dan $S = 1.15 \sigma_0$ $PMF_{slab} = \frac{h_a}{\mu L} (e^{\frac{\mu L}{h_a}} - 1)$ (1a)

- Metode Upperbound yang dikembangkan Green, Wallace dan Piispanen $K_{wUB} = S.PMF_{UB}$ (2)

dengan $PMF_{UB} = \frac{1}{2} \left(\frac{L}{h_a} + \frac{h_a}{L} \right)$ (2a)

Persamaan (2) dimodifikasi menjadi $K_{wslab} = A.S.PMF_{slab}$ (3)

dan persamaan (3) dimodifikasi menjadi: $K_{wUB} = B.S.PMF_{UB}$ (4)

dengan A dan B merupakan faktor pengali yang diperoleh dari perbandingan antara K_w hasil eksperimen dengan K_w metode slab dan Upperbound berturut-turut, yakni:

$$\frac{K_{w,Eksp}}{K_{w,slab}} = A \quad \text{dan} \quad \frac{K_{w,Eksp}}{K_{w,UB}} = B$$

Hasil regresi dengan *Excel*, diperoleh fungsi A dan B berturut-turut sebagai berikut:

$$A = 1.1541 + 0.769 r_m - 0.0686 r_m^2 + 0.0028 r_m^3$$

$$B = 0.1332 + 0.8143 r_m - 0.0626 r_m^2 + 0.0025 r_m^3$$

sehingga persamaan (4) menjadi:

$$K_{wslab} = (1.1541 + 0.769 r_m - 0.0686 r_m^2 + 0.0028 r_m^3) S.PMF_{slab} \quad (5)$$

dan persamaan (5) menjadi:

$$K_{wUB} = (0.1332 + 0.8143 r_m - 0.0626 r_m^2 + 0.0025 r_m^3) S.PMF_{UB} \quad (6)$$

DAFTAR PUSTAKA

- Jain, S.C., *Process Modeling Today: from Lab to Shop and from Art to Part*, JOM, Oktober 1995, p.55
1. Kopp, R., *Some Current Development Trends in Metal-Forming Technology*, Journal of Materials Processing Technology no. 60, 1996, p.1-9
 2. Baltov, A.I., Nedev, A.G., *An Approach to the Modelling of Contact Friction During Rolling*, Journal of Materials Processing Technology no. 53, 1995, p.695-711
 3. The Columbia Encyclopedia, 6th ed. 2001, www.bartleby.com/65/br/brass.html
 4. Marrow J., www2.umist.ac.uk/material/research/intmic/mterials/cuzn/cuzn02.htm
 5. www.msm.cam.ac.uk/doitpoms/miclib/phase_diagram.php?system=Cu-Zn
 6. www.uticorporation.com/global/uniftube/utpages/faballoy/Copper.html
 7. Avitzur, B., www.metalfforming-inc.com/Publications/Papers/ref133/ref133.htm
 8. Avitzur, B., *Handbook of Metal Forming Processes: Chapter 13 Rolling*, www.metalfforming-inc.com/Publication/Books/Handbook/Handbook.shtml
 9. Ginzburg, V.B., *Steel-Rolling Technology- Theory and Practice*, Marcel Dekker, Inc., 1989
 10. Dieter, George E., *Mechanical Metallurgy*, 3rd ed. McGraw-Hill, 1986
 11. Avitzur, B., *Metal Forming: Processes and Analysis*, 3rd ed. McGraw-Hill, 1977
 12. Siswosuwarno, M., *Teknik Pembentukan Logam*, ITB, 1985
 13. Ludema, K.C., Caddell, R.M., Atkins, A.D., *Manufacturing Engineering, Economics and Processes*. Prentice Hall, Inc. 1987, www.engr.ku.edu/~rhale/ae510/elasticity.pdf
 14. Suryadi, *Modifikasi Koefisien Model Fisis untuk Memprediksi Tahanan Deformasi Bahan dan Beban Pengerolan pada Proses Canai Panas Baja Karbon Rendah Menggunakan Mesin Rol ONO Tipe TF06 FORMK*, Tesis S2, Mesin UI, Agustus 2000
 15. Siswosuwarno, M., *Korelasi Antara Sifat Mekanik Dengan Transformasi Fasa*, Lab Termoninamika PAU ITB, Februari 1988
 16. Callister, W.D.Jr., *Materials Science and Engineering, An Introduction*. John Wiley & Sons, Inc. 1985