

SIMULASI Pengerasan Regangan Baja 316L Melalui Proses ROLLING

Urip Agus Salim, Suyitno, Jamasri dan Mochammad Noer Ilman

Jurusan Teknik Mesin dan Industri
Universitas Gadjah Mada
Jl. Grafika No. 2 Kampus UGM
Yogyakarta, Indonesia (55281)

Phone: +62-274-521673, FAX: +62-274-521673, E-mail: urip_as@yahoo.com

Abstrak

Baja AISI 316L merupakan baja tahan karat yang sering digunakan sebagai bahan implan medis. Bahan ini mempunyai sifat mekanik yang jauh lebih rendah dari pada bahan-bahan lain sejenis seperti titanium murni (Cp-Ti) maupun paduannya (TiAl6V4). Peningkatan sifat mekanik dapat dilakukan melalui deformasi plastis oleh karena bahan ini tidak dapat diperlakukan panas. Makalah ini membahas tentang simulasi perlakuan deformasi plastis yang dilakukan melalui proses rolling terhadap pelat baja AISI 316L. Simulasi dilakukan menggunakan software elemen hingga. Parameter-parameter yang diteliti adalah prosentase reduksi dan laju umpan rolling. Besaran dan distribusi tegangan sisa yang terjadi dijadikan acuan untuk menentukan pengerasan regangan yang terjadi.

Kata kunci: rolling, elemen hingga, AISI 316L, deformasi plastis, tegangan sisa

1. Pengantar

Pengerolan adalah teknik manufaktur dasar yang digunakan untuk mengubah suatu bentuk tertentu menjadi bentuk yang cocok untuk pengolahan lebih lanjut. Proses pengerolan dapat dibagi ke dalam kategori yang berbeda, tergantung pada kompleksitas aliran logam dan pada geometri produk digulung. Satu metode yang paling sederhana dalam mensimulasikan pembentukan dengan roll adalah metode slab atau rolling datar. Metode ini dilakukan dengan cara memotong kecil pelat dengan ketebalan tertentu tegak lurus terhadap arah aliran pada suatu titik tertentu pada zona deformasi. Keseimbangan gaya-gaya digunakan untuk mendapatkan persamaan-persamaan diferensial, yang dapat diselesaikan baik dengan metode numerik.

Komputasi elemen hingga telah digunakan untuk menganalisis perpanjangan dan penyebaran materi selama rolling (Kobayashi, 1989). Proses pembentukan sering dilakukan pada kecepatan gelinding yang rendah. Proses rolling pertama diselidiki dengan perhitungan regangan bidang. Hasil ini digunakan untuk memilih parameter pemodelan yang terkait dengan analisis komputasi tiga-dimensi. Karena rolling biasanya dilakukan

pada kecepatan relatif rendah, sehingga wajar untuk menganggap bahwa analisis statis adalah pendekatan pemodelan yang tepat. Kecepatan rolling (kecepatan permukaan roller) biasanya 1 m / detik. Pada kecepatan ini efek inersia tidak signifikan, sehingga responnya adalah kuasi-statis (kecuali perilaku pengaruh laju dalam bahan). Geometri rolling umumnya memerlukan pemodelan tiga dimensi, sehingga menghasilkan model yang sangat besar, termasuk perilaku material nonlinier dan pengaruh kontak dan gesekan diskontinyu. Karena masalah ukuran besar dan efek diskontinyu mendominasi solusinya, pendekatan dinamika eksplisit sering lebih murah dalam komputasi dan lebih dapat diandalkan daripada solusi implisit kuasi-statis.

Baja AISI 316L merupakan salah satu jenis baja tahan karat yang paling cocok saat ini digunakan sebagai bahan produksi implan medis seperti *dynamics compression plate (DCP)* dibandingkan jenis yang lain seperti titanium murni (Cp-Ti) maupun paduannya seperti TiAl6V4 (Carrion dkk., 2004; Newson, 2002). Sifat mekanik bahan ini lebih rendah dibandingkan dengan dua jenis terakhir yang disebut diatas.

Metode perlakuan yang sesuai untuk baja AISI 316L adalah deformasi plastis (*cold working*). Itu karena AISI 316L termasuk jenis baja tahan karat yang tidak mampu diperlakukan panas oleh karena perilaku fasa-fasa



pembentuknya yang stabil. Metode deformasi plastis dapat dibagi menjadi dua kelompok yaitu deformasi menyeluruh dan deformasi permukaan. Keduanya memberikan pengaruh pada mekanisme penghalusan butiran. Deformasi menyeluruh dapat dilakukan melalui ECAP (*equal channel angular process*), ARB (*additive roll bonding*), MAF (*Multi-axes forging*), dan HPT (*high pressure torsion*). Sedangkan deformasi permukaan dilakukan dengan milling mekanis, pengerolan dingin, SMAT (*surface mechanical attrition treatment*), dan shot peening.

Tegangan sisa adalah tegangan yang bertahan dalam materi di bawah temperatur seragam karena tidak adanya beban eksternal yang diterapkan. Tegangan sisa terbentuk ketika suatu bahan dideformasi secara permanen dengan cara yang tidak seragam. Tegangan sisa adalah manifestasi dari deformasi elastis dimana elemen-elemen kecil bahan dipaksa agar tetap kompatibel. Cacat bentuk suatu produk rolling dipercayai akibat adanya deformasi tidak seragam dan tegangan sisa. Selain itu, tegangan sisa memiliki pengaruh yang signifikan terhadap pembentukan pelat lebih lanjut. Dengan demikian, distribusi tegangan sisa pada bagian melintang pelat diroll dingin memainkan peran penting dalam teknologi pengerolan.

Makalah ini merupakan studi awal untuk mempelajari perilaku pengerasan regangan yang terjadi pada baja AISI 316L yang mendapat perlakuan pengerjaan dingin melalui proses rolling. Metode numeris digunakan untuk mensimulasikan perilaku pengerasan regangan melalui investigasi tegangan sisa yang terjadi selama proses rolling. Tegangan-tegangan yang muncul setelah proses pengerolan mempresentasikan adanya tegangan sisa yang terjadi.

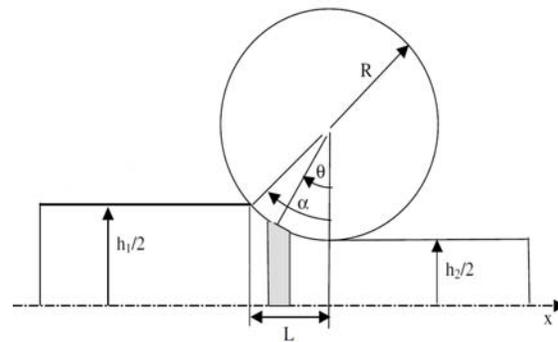
2. Pemodelan proses pengerolan pelat

Dalam makalah ini proses pengerolan diasumsikan pada kondisi tunak, oleh karena itu formula Euler digunakan. Karena benda kerja diasumsikan sangat lebar dibandingkan dengan ketebalan, masalah ini dapat dianggap sebagai regangan bidang (*plane-strain*). Bahan diasumsikan mengalami pengerasan-regangan kaku-plastik, kriteria keluluhan menurut von Mises. Pengaruh temperatur dan regangan (*viscoplasticity*) pada kekuatan luluh material diabaikan, karena kenaikan suhu dan laju regangan dalam operasi pengerolan dingin khas cukup kecil. Roller dianggap kaku sempurna (*rigid body*). Pemodelan dilakukan dengan setengah simetri dan mengabaikan tarikan depan maupun belakang. Gesekan pada permukaan roller-benda kerja dimodelkan menurut hukum Coulomb untuk kondisi bahwa tegangan geser lokal tidak dapat melebihi tegangan luluh. Bentuk pemodelan pengerolan dengan metoda slap ditunjukkan pada gambar 1. h_1 dan h_2 masing masing adalah pelat masuk dan pelat keluar, dan R

adalah jari-jari roller.

Pada simulasi ini bahan yang digunakan adalah baja AISI 316L dengan modulus elastisitas = 190 GPa, angka poisson = 0,3; kekuatan luluh = 325 MPa, kekuatan maksimum = 611 MPa dan konstanta pengerasan regangan = 0,26. Dimensi-dimensi lain yang digunakan dalam simulasi adalah jari-jari roller, $R = 170$ mm, ketebalan pelat, $h_1 = 40$ mm. Koefisien gesekan = 0,3. Simulasi menggunakan software elemen hingga dengan elemen model CPE4R. Model eksplisit digunakan untuk mensimulasikan ini.

Simulasi untuk kecepatan roller = 0,5 put/dt, 1 put/dt dan 2 put/dt dilakukan pada reduksi 42%. Simulasi variasi reduksi 30%, 35%, 40%, 45% dan 50% dilakukan pada kecepatan roller 1 put/dt. Kecepatan umpan arah-x didefinisikan berdasarkan kecepatan putar roller pada sumbu global.

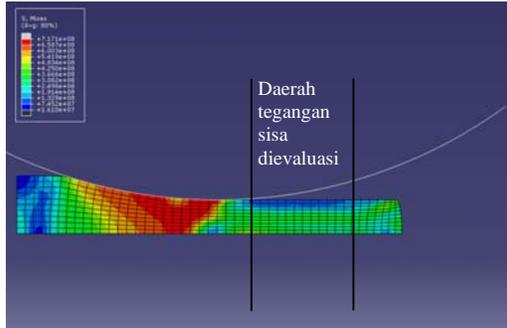


Gambar1. Prinsip dasar pengerolan metoda slap regangan bidang

3. Hasil dan diskusi

Distribusi tegangan selama proses pengerolan pelat ditunjukkan pada gambar 1. Pada daerah yang sedang mengalami kontak dengan roller menunjukkan tegangan yang sangat tinggi, begitu roller meninggalkan lokasi penurunan tegangan terjadi. Munculnya tegangan setelah pengerolan menunjukkan adanya tegangan sisa. Dari sebaran tegangan sisa pada arah ketebalan menunjukkan bahwa pada permukaan kontak tegangan sisa lebih rendah dari pada bagian tengah pelat. Hal ini dijelaskan bahwa pada bagian permukaan terdapat ruang bebas untuk melepaskan tegangan (sifat elastis bahan), sedangkan pada sisi dalam pelepasan tegangan tertahan oleh struktur-struktur di atasnya. Besar tegangan arah longitudinal pada masing-masing permukaan, lapisan ke-2 (setengah antara permukaan dan lapisan tengah) dan lapisan tengah ditunjukkan pada gambar 3.

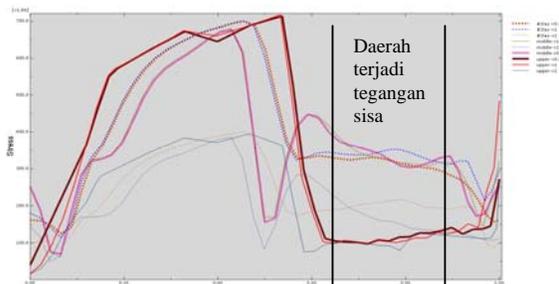




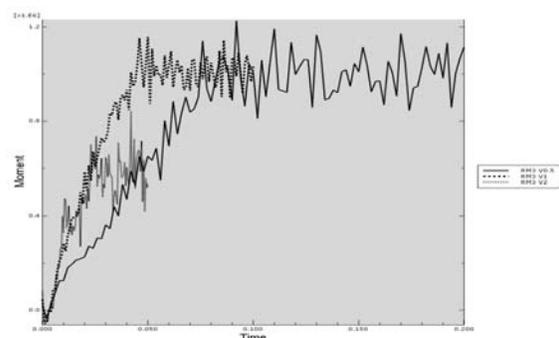
Gambar 2. Visualisasi distribusi tegangan von Mises pada pengerolan

Kecepatan pengerolan memberikan pengaruh pada tegangan sisa yang terjadi (gambar 3). Pada kecepatan pengerolan rendah tegangan sisa lebih besar dari pada kecepatan tinggi. Ini memperkuat hasil analisis Dixit (1997). Perbedaan kecepatan juga memberikan pengaruh pada momen tahanan pada roller (gambar 4). Demikian halnya energi yang diperlukan untuk proses pengerolan dengan kecepatan rendah lebih besar dari pada kecepatan tinggi.

Dinamika perubahan tegangan terjadi pada permukaan lebih tinggi dari pada daerah lebih dalam. Hal ini dikarenakan pada permukaan terjadi kontak langsung dengan roller dan pelepasan energi lebih mudah terjadi.



Gambar 3. Distribusi tegangan arah longitudinal pada permukaan kontak, lapisan ke-2 dan garis tengah

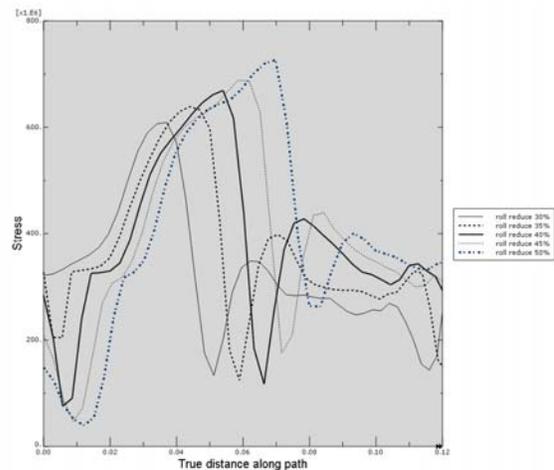


Gambar 4. Momen pada roller selama waktu simulasi pada kecepatan roller berbeda

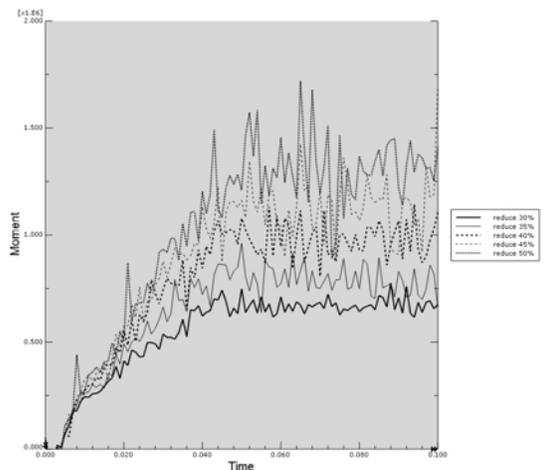
Besarnya reduksi tidak berarti menunjukkan peningkatan besarnya tegangan sisa yang terjadi, namun pada sekitar reduksi 40-45% (untuk kasus ini) memberikan besaran tegangan sisa yang terbesar (gambar 5). Meskipun energi yang diperlukan untuk proses pengerolan naik seiring dengan besar reduksi yang diperoleh (gambar 6).

4. Kesimpulan dan saran

Tegangan sisa pada daerah kedalaman lebih besar dari pada daerah permukaan. Tegangan sisa terbesar diperoleh pada tingkat reduksi sekitar 40-45%. Hasil simulasi ini setidaknya memberikan gambaran tentang perilaku kecepatan dan reduksi proses forming terhadap pengerasan regangan untuk bahan AISI 316L.



Gambar 5. Distribusi tegangan arah longitudinal pada garis tengah untuk reduksi pelat berbeda



Gambar 6. Momen pada roller selama waktu simulasi untuk reduksi pelat berbeda



Referensi

- [1]. Kobayashi, S., S. I. Oh, and T. Altan, *Metal Forming and the Finite Element Method*, Oxford University Press, 1989.
- [2]. Carrion, J., Colon, J., Gonzalez, M., Rivera, J., Rodríguez, G., 2004, *Biomechanics of Orthopaedic Fixations, Application in Engineering Mechanics and Medicine*, GED, University of Puerto Rico, Mayagüez.
- [3]. Newson, T., 2002, *Stainless Steel A Family of Medical Devices, Business Briefing: Medical Device Manufacturing & Technology 2002*, World Markets Research Centre, London.
- [4]. Dixit, P.M. , A study on residual stresses in rolling, *Int. J. Mech. Tools Manufacturing* Vol. 37, No. 6, pp. 837-853. 1997

