

Pengaruh Tebal *Blank* dan Viskositas Pelumas Terhadap Nilai Stretchability dan Kekerasan Dinding Kubah Baja DDQ SPCE-SD

Ali Alhamidi

Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Jurusan Metalurgi,
Jl. Sudirman km.03,Cilegon, Banten 42435, Indonesia

Abdul Aziz

Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Jurusan Metalurgi,
Jl. Sudirman km.03,Cilegon, Banten 42435, Indonesia

Abdul Taufik Akbar†

Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Jurusan Metalurgi,
Jl. Sudirman km.03,Cilegon, Banten 42435, Indonesia
Email: abdultaufikakbar93@gmail.com

Hamilah Fikria

Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Jurusan Metalurgi,
Jl. Sudirman km.03,Cilegon, Banten 42435, Indonesia

Abstract. Pengujian mekanik material dan pengamatan metalografi. memberikan data berupa beban *punch* dan ketinggian *dome* atau disebut *Erichsen Index*. Nilai *Erichsen Index* menjadi faktor seberapa optimal *stretchability* dan *formability* material. Hasil dari eksperimen menunjukkan optimalitas ketebalan *blank* dan efektifitas viskositas pelumas selama proses. Dari hasil perbandingan didapatkan bahwa peregangan terjadi sepanjang proses *erichsen cupping test* dengan analisa *strain hardening* dan ketinggian *dome* hasil eksperimen.

Keywords: Baja karbon rendah, *stretching*, *strain hardening*, viskositas pelumas, *Erichsen index*.

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi manufaktur di Indonesia semakin lama menjadi hal yang potensial untuk dikembangkan. Perkembangan ini dilihat dari tumbuhnya minat investasi dalam industri manufaktur di Indonesia dan target pemerintah dalam peningkatan pertumbuhan industri manufaktur di Indonesia sebesar 7% pada tahun 2015 (Abdillah, 2008). Industri baja di Indonesia merupakan salah satu bagian penting dalam industri manufaktur yang saat ini dikembangkan terutama dari segi kuantitatif dan kualitatif produk baja yang dihasilkan.

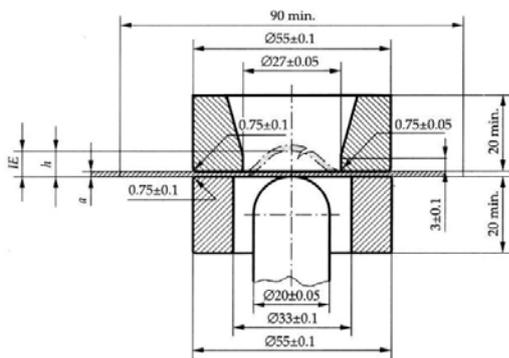
Dalam melakukan peningkatan kualitas baja, penelitian seputar sifat mampu bentuk atau *formability* baja sangat diperlukan khususnya pada baja karbon rendah yang akan diaplikasikan dalam bentuk enamel. Sebagai

aplikasi enamel, material yang digunakan diharapkan memiliki sifat mampu bentuk, kekerasan, dan sifat mekanik yang sesuai dengan aplikasi enamel yang memiliki mampu bentuk dan kekerasan yang tinggi. Salah satu proses yang digunakan untuk mengetahui sifat mampu bentuk material yaitu proses *stretching*. Proses *stretching* adalah salah satu metode metal forming yang digunakan untuk melihat sifat mampu bentuk material melalui proses penekanan dan menghasilkan lengkungan penampang dari sheet.

Dalam proses *stretching* terdapat beberapa variable proses yang menentukan keberhasilan dan kemaksimalan proses *stretching* dapat berlangsung salah satunya yaitu faktor gesekan dan penekanan. Pada proses *stretching* gaya gesek selalu timbul karena adanya kontak antara benda kerja dengan penekan selama berlangsungnya proses tersebut. Gaya gesek ini akan menjadi hambatan saat proses

† :Corresponding Author

penekanan berlangsung. Selain itu ketebalan blank juga menjadi faktor yang perlu diperhatikan dalam proses *stretching*. Semakin tebal blank maka dibutuhkan gaya tekan yang semakin tinggi dalam proses penekanan tersebut (Abdillah, 2008). Gaya tekan yang dibutuhkan sebanding dengan tebal blank dikarenakan tinggi atau rendahnya nilai *tensile strength* (R_m) dipengaruhi oleh luas permukaan material (Boedisoesetyo, 2006). Adapun hubungan antara gaya gesek dengan gaya tekan, dimana semakin besar gaya gesek maka gaya tekan yang dibutuhkan pada proses *stretching* semakin besar ((Abdillah, 2008; Bluescope Steel Corp., 2003). Penelitian ini diharapkan dapat ditinjau seberapa optimal pengaruh viskositas pelumas dan ketebalan blank dalam proses *stretching* dan pengaruhnya terhadap sifat mekanik material baja karbon rendah. Tujuan Penelitian adalah untuk Mengetahui pengaruh jenis pelumas terhadap gaya penekanan yang dibutuhkan dalam proses *stretching* dan mengetahui perbandingan ketebalan blank dengan gaya penekanan yang dibutuhkan untuk proses *stretching*, sebagaimana Gambar 1.



Gambar 1: Skema *Erichsen cupping Test*

2. METODE

Bahan yang digunakan pada penelitian ini berupa material pelat baja karbon rendah DDQ SPCE-SD (*Deep Drawing Quality*) dengan tebal 0.5, 0.7, dan 0.8 mm. Preparasi *blank* dilakukan berdasarkan standar proses pengujian Erichsen Cupping Test ASTM E 643. Sebelum proses *stretching*, dilakukan karakterisasi material dengan uji mekanik berupa uji kekerasan, uji tarik, dan uji metalografi. Pengujian kekerasan menggunakan jenis pengujian Rockwell HR30T yang dikonversi secara otomatis menjadi satuan HRB. Uji Tarik dan uji kekerasan dilakukan berdasarkan arah anisotropi material yaitu 0° , 45° , dan 90° . sementara pengujian metalografi digunakan untuk melihat ukuran butir material sebelum proses *stretching* dilakukan.

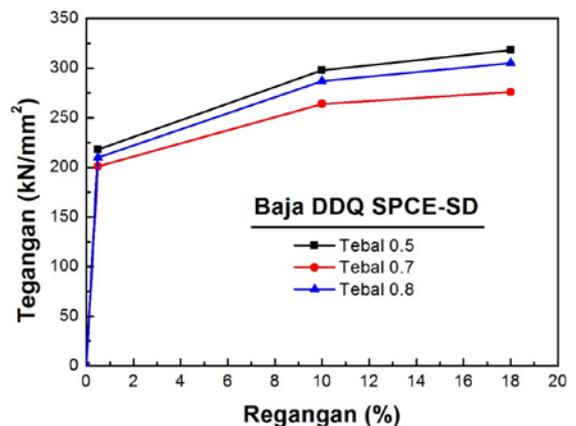
Analisa viskositas pelumas dilakukan pada bahan pelumas berupa *palm oil*, oli SAE 90 dan oli SAE 140. Analisa viskositas menggunakan viscometer kinematics dimana viskositas yang didapatkan menunjukkan kekentalan pelumas sebagai karakteristik lapisan pasif antara *blank* dengan *punch*. Proses *stretching* dilakukan pada material pelat baja karbon rendah DDQ SPCE-SD (*Deep Drawing Quality*) dengan sebelumnya melapisi *blank* dengan pelumas agar menghindari kontak langsung antara *blank* dengan *punch*. *Output* dari proses ini berupa beban *punch* dan *Erichsen Index* (mm) sebagai parameter nilai *stretchability* dan *formability* material. Analisa peregangan yang berlangsung dilakukan dengan metode metalografi pada dinding kubah hasil proses *erichsen cupping test* dan dikuatkan dengan metode simulai FEM (*Finite Element Method*) menggunakan ABAQUS 6.14.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian uji tarik dilakukan untuk mendapatkan nilai R_m agar dapat menunjukkan ketahanan lembaran baja terhadap penipisan.

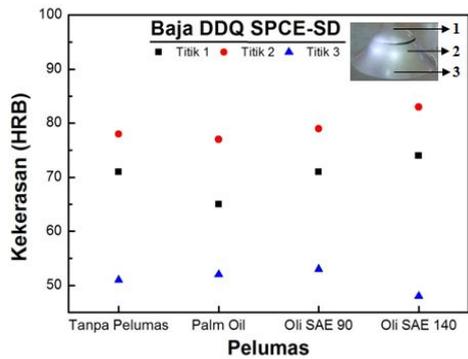
Tabel 1: Nilai koefisien regang (*n Value*) dan nilai R_m

Tebal	n-Value	R-Cross	R_m
0.5	0.25	1.18	1.13
	0.25	1.17	
	0.25	1.18	
0.7	0.21	1.74	1.62
	0.21	1.74	
	0.21	1.73	
0.8	0.24	1.77	1.4
	0.24	1.17	
	0.24	1.18	

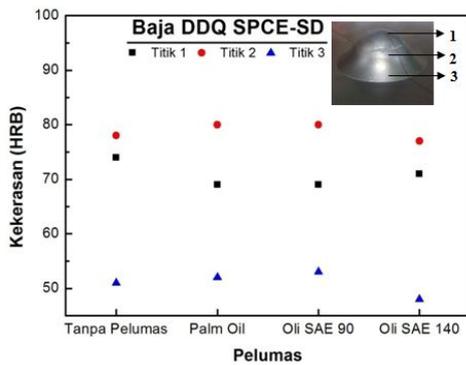


Gambar 2: Kurva tegangan-regangan sampel baja karbon rendah DDQ SPCE-SD

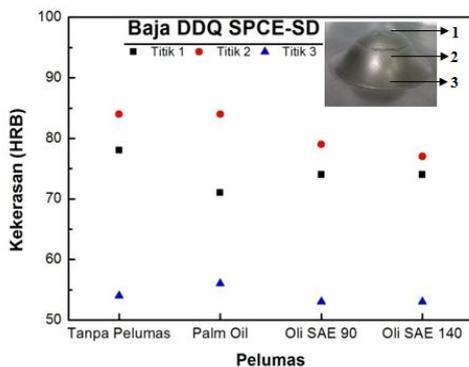
Pada Tabel 1 dan Gambar 2 adalah data hasil uji tarik dengan 18% *elongasi* dari baja karbon rendah sehingga didapatkan nilai tegangan luluh, tegangan maksimum dan nilai R_m . Pengujian tarik pelat dilakukan untuk menentukan nilai kekuatan material baja DDQ SPCE-SD pada tebal 0.5, 0.7 dan 0.8 mm dengan pemberian gaya uniaksial hingga putus. Selain itu pengujian tarik ini bertujuan menentukan nilai koefisien anisotropi material baja canai dingin pada arah canai 0° , 45° , dan 90° .



(a)



(b)



(c)

Gambar 3: Nilai kekerasan baja karbon rendah DDQ SPCE-SD tebal a). 0.5 mm, b). 0.7 mm dan c). 0.8 mm

Pada Gambar 3(a), (b) dan (c) menunjukkan hasil pengujian kekerasan setelah proses *stretching* pada pelat tebal 0.5, 0.7 dan 0.8 mm. Pengujian kekerasan setelah proses dilakukan sesuai gambar 3.5 dimana 3 titik uji dilakukan pada setiap sampel. Selama proses *stretching* dengan *erichsen cupping test*, peristiwa *strain hardening* diindikasikan terjadi selama proses berlangsung. Berdasarkan hasil pengujian didapatkan bahwa titik 2 memiliki nilai kekerasan tertinggi diikuti titik 1 dan titik 3 dalam satuan HRB. Titik 2 memiliki nilai kekerasan tertinggi karena *strain hardening* terjadi secara optimal disebabkan pada area titik uji 2 mengalami *crack* yang menunjukkan pada titik tersebut tegangan terpusat dan slip menumpuk sehingga terjadi penjarangan retak.

Tabel 3: Uji Stretching pada baja karbon rendah DDQ SPCE-SD dengan variasi viskositas peluma

Pelumas	Beban Punch (kN) dan Erichsen Index (mm)					
	0.5 (mm)		0.7 (mm)		0.8 (mm)	
Tanpa Pelumas	7.73	10.3	10.93	10.57	12.67	11.23
Palm Oil	7.67	10.3	10.8	10.7	12.67	11.07
Oli SAE 90	7.7	10.1	10.8	10.57	12.73	11
Oli SAE 140	7.87	10.6	11.53	11.17	12.8	11.13

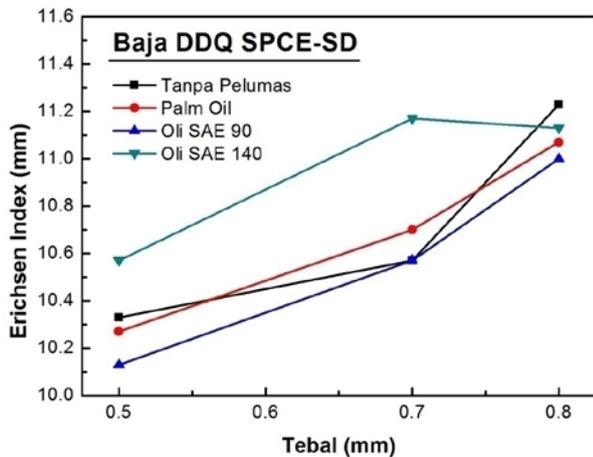
Proses *stretching* dilakukan hingga blank membentuk kubah dan mengalami *crack*. *Crack* yang terjadi disebabkan konsentrasi tegangan yang terpusat pada daerah kontak antara pelat dengan *punch* atau istilah umum *localized necking*. Selama proses peregangan terjadi pemipihan putir yang menyebabkan dislokasi butir sehingga meningkatkan *cross slip* atau penggelinciran arah melintang. Laju peningkatan tegangan alir semakin besar dengan bertambahnya regangan dimana kerapatan dislokasi meningkat (Hendra, 2000).

Ketebalan material secara dominan mempengaruhi proses peregangan, dimana semakin tebal material maka dibutuhkan gaya penekan yang lebih besar (Abdillah, 2008). Selain itu ketebalan material juga mempengaruhi nilai anisotropy material (R) dimana nilai R menunjukkan ketahanan baja terhadap penipisan. Semakin besar R maka *drawability* atau sifat mampu bentuk material lebih baik (Marumo, 2007; Hendrawan, 2009; Wahyudi, 2005; Simões *et al.* 2012). Berikut akan digambarkan pengaruh ketebalan terhadap sifat mampu bentuk pelat melalui nilai *Erichsen Index (EI)* dan Beban Punch yang mampu diterima blank.

Berdasarkan nilai regresi *EI* yang didapatkan menunjukkan perbandingan bahwa semakin tinggi ketebalan pelat maka semakin tinggi kubah yang dihasilkan. Dari

hasil memperlihatkan bahwa pelat 0.8 memiliki tinggi kubah rata-rata tertinggi diikuti pelat 0.7 dan 0.5 mm. Namun hasil yang signifikan diperlihatkan pada pelat 0.7 mm yang mampu melewati tinggi kubah pelat 0.8 mm dengan pelumas oli SAE 140.

Dari pengamatan hasil *dome* yang dihasilkan setelah metode *cupping*, didapatkan kubah dengan *crack* yang terbentuk pada arah canai 45°. *Crack distribution* terjadi sepanjang arah canai 45° dikarenakan pada arah tersebut batas butir saling terhubung sehingga patah intergranular lebih cepat terjadi. *Crack* yang terjadi sepanjang kubah mengindikasikan patah ulet, hal ini dikarenakan sepanjang deformasi plastis terjadi *ironing* atau *necking* sepanjang titik 2 (tengah kubah) yang dapat dilihat berdasarkan pengaruh penipisan dan instabilitas plastis material sehingga regangan maksimum terjadi dan berakibat pada tegangan yang terpusat.



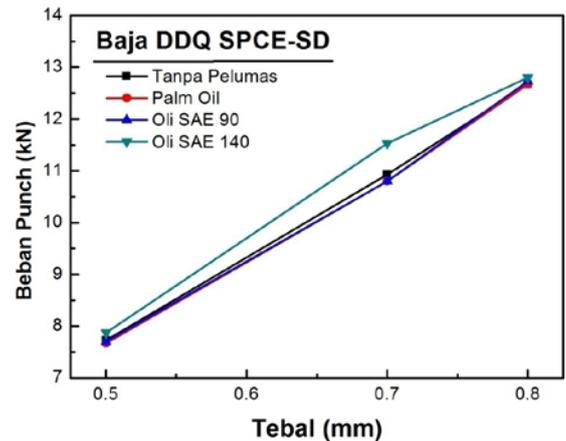
Gambar 4: Kurva hubungan antara tebal *blank* dan tinggi kubah pada baja DDQ SPCE-SD

Gambar 5 menunjukkan plot beban punch dari tiga sampel dengan tebal yang berbeda. Selain itu pada penelitian ini digunakan variasi viskositas pelumas sebagai salah satu dari variabel proses. Fungsi pelumas pada proses *stretching* dan *deep drawing* adalah untuk mengontrol gaya gesek dengan cara menciptakan *sliding contact* antara pelat dengan punch. Dengan adanya pelumas dapat menjadi lapisan pasif untuk mencegah atau menghambat terjadinya kegagalan akibat kontak langsung antara punch dengan pelat (Sharma, 2001).

Berdasarkan Gambar 5 tersebut memperlihatkan bahwa beban *punch* yang dibutuhkan semakin tinggi dengan meningkatkan ketebalan *blank*. Pengaruh pelumas pada grafik menunjukkan bahwa dengan adanya pelumas, kemampuan *blank* untuk menerima beban maksimum meningkat seiring dengan meningkatnya viskositas pelumas yang digunakan. Hasil yang signifikan

diperlihatkan pengaruh oli SAE 140 dengan viskositas 292.7 Cst, diikuti oleh oli SAE 90 dengan viskositas sebesar 186.1 Cst dan *palm oil* sebesar 40.1 Cst.

Pengamatan metalografi pada tahap ini bertujuan untuk mengetahui struktur mikro, bentuk dan ukuran butir baja karbon rendah DDQ SPCE-SD yang digunakan baik sebelum proses maupun setelah proses peregangan (*stretching*) berlangsung. Dan selanjutnya dihitung ukuran butir sebagaimana Tabel 4.



Gambar 5: Kurva hubungan antara gaya *punch* dan tebal pada baja DDQ SPCE-SD

Gambar 6 menunjukkan struktur mikro, bentuk dan ukuran butir baja karbon rendah DDQ SPCE-SD sebelum proses berlangsung dan Gambar 7 menunjukkan hasil pengamatan metalografi yang dilakukan pada dinding kubah baja karbon rendah DDQ SPCE-SD setelah proses *cupping*.

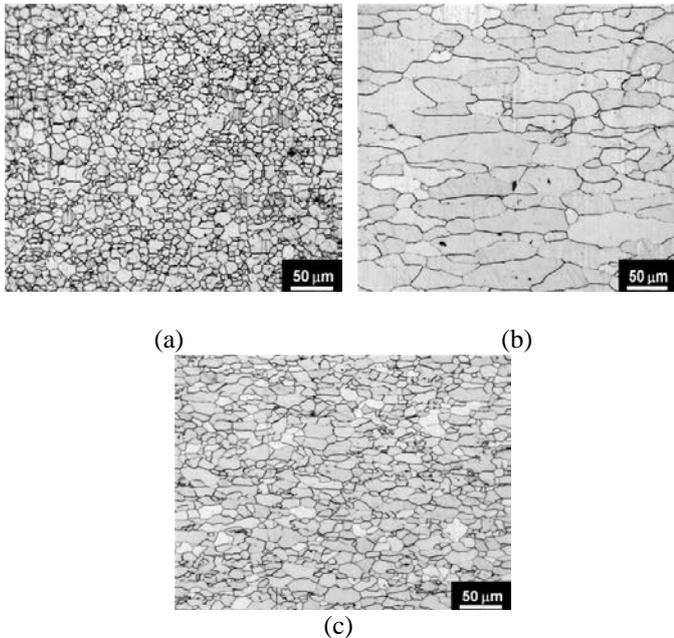
Tabel 4: Perhitungan ukuran butir berdasarkan standar ASTM

Tebal (mm)	Grain Size	Grain Diameter (µm)
0.5	8.13	21.56
0.7	4.98	64.52
0.8	7.26	29.5

Pengamatan metalografi dilakukan pada hasil *cupping* yang dilakukan pada 3 titik pengamatan dinding kubah baja DDQ SPCE-SD. Setelah dilakukan proses *stretching*, dilakukan pengamatan pada dinding kubah hasil proses dengan proses pengambilan titik pengamatan sesuai gambar dimana titik 1 berada pada ujung atas kubah, titik 2 berada pada bagian sisi samping kubah dan titik 3 berada pada

bagian kaki kubah. Bentuk dan ukuran butir setelah proses *stretching* ditunjukkan pada Gambar 7 sebagaimana diperlihatkan bentuk butir mengalami peregangan hingga terlihat menjadi lebih pipih jika dibandingkan mikrostruktur sebelum proses berlangsung.

Butir yang memipih ini disebabkan adanya peregangan akibat tegangan biaksial selama proses *stretching* berlangsung sehingga terjadi reduksi ketinggian relatif butir.



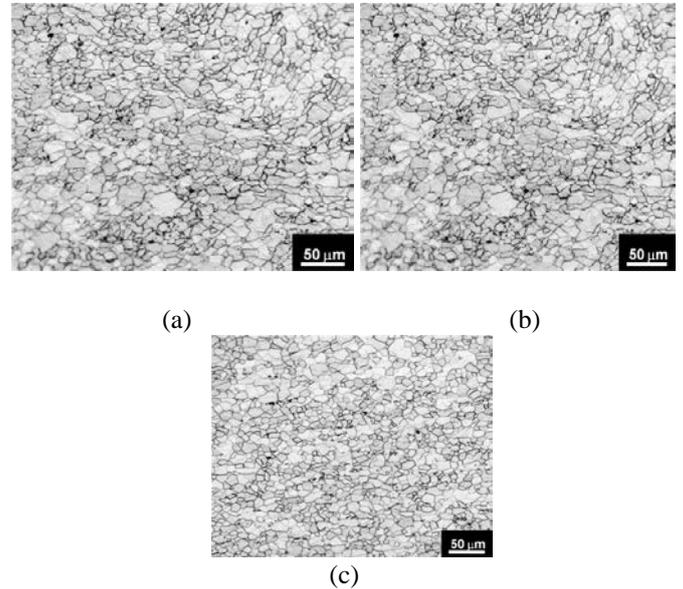
Gambar 6: Struktur mikro baja karbon rendah DDQ SPCE-SD sebelum proses cupping untuk tebal (a) 0.5 mm, (b) 0.7 mm dan (c) 0.8 mm

Proses penipisan dan pemipihan butir pada material tersebut akan berdampak pada peristiwa *strain hardening*. *Strain Hardening* berlangsung setelah terjadi dislokasi dan peningkatan jumlah dislokasi pada area yang meregang. Selama berlangsungnya dislokasi, slip-slip antar butir semakin banyak terbentuk sehingga terjadi peningkatan kekerasan dan kekuatan pada area dimana slip dan dislokasi berlangsung. Semakin halus butir dislokasi maka akan semakin besar nilai kekerasan dan kekuatan yang dihasilkan (Lange, 1985).

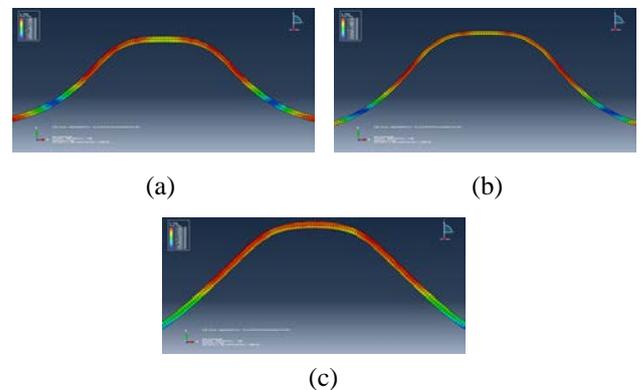
Tabel 5: Perhitungan ukuran butir setelah proses *stretching*

Tebal (mm)	Grain Size			Grain Diameter (μm)		
	1	2	3	1	2	3
0.5	7.3	6.9	7.2	29	32.9	29.7
0.7	4.9	4.6	4.3	67.1	73.6	81.7
0.8	7.1	7.3	6.9	31.3	29.6	32.3

Metode permodelan digunakan untuk mensimulasikan proses yang akan dilakukan dengan parameter-parameter sesungguhnya melalui perangkat atau *software* numerik dan visual. Adapun simulasi dalam penelitian ini menggunakan *software* ABAQUS.



Gambar 7: Struktur mikro baja DDQ SPCE-SD setelah cupping pada 3 titik uji dinding dome.



Gambar 8: Simulasi proses *stretching* baja DDQ SPCE-SD dengan *finite element method* pada tebal (a) 0.5 mm, (b) 0.7 mm dan (c) 0.8 mm

Pada Gambar 8 memperlihatkan hasil simulasi *finite element method* dalam proses *erichsen cupping test* pada tebal blank 0.5, 0.7, dan 0.8 mm. Perbedaan warna pada kubah menunjukkan perbedaan tegangan yang diterima oleh material sehingga selama peregangan berlangsung, tegangan terdistribusi pada material dan pada titik-titik tertentu terjadi konsentrasi tegangan yang berlebih terlihat

pada bagian yang berwarna kemerahan dan yang menerima tegangan rendah pada bagian biru kehijauan.

Peristiwa peregangan butir yang terjadi mengindikasikan terjadinya *strain hardening* pada material. Hal ini terjadi karena adanya daerah yang mengalami kontak langsung dengan *punch* yang mengakibatkan terjadinya konsentrasi tegangan dan peregangan yang besar. Logam yang mengalami peregangan yang besar akan mengalami deformasi plastis yang besar sehingga akan terjadi penghalusan pada batas butir dengan dihasilkannya bentuk butir yang memipih. Penghalusan batas butir mengakibatkan peningkatan nilai kekuatan dan kekerasan suatu logam (Van Der Heide, 2002).

REFERENCES

- Abdillah, F. (2008) Mengatasi Gejala *Earing* pada proses *deep drawing*, *TRAKSI*, **8**, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah, Semarang.
- Bluescope Steel Corp. (2003) Lubricant of Steel Sheet and Strip for Forming, *TECHNICAL BULLETIN TB-F1*, Sydney - Australia.
- Boedisoesetyo, E. (2006) Nilai Koefisien Pengerasan Regangan dan Anisotropi Normal Tembaga, *ROTASI*, **8**, Teknik Mesin POLINES.
- Hendra, N. (2000) Studi Pengaruh Nilai Koefisien Anisotropy Plastis Normal Terhadap Batas Aman *Blank Holder Force* Dan Sifat Mampu Bentuk *Deep Drawing*, *Tugas Akhir Teknik Metalurgi*, Untirta, Cilegon.
- Marumo, Y. (2007) Effect of Sheet Thickness on Deep Drawing of Metal Foils, *JAMME*, **20**, Japan.
- Hendrawan, M.A. (2009) *Analisis Kerusakan Pada Proses Manufaktur Produk Otomotif Tutup Shock Absorber Dengan Menggunakan Simulasi Abaqus 65-3 Se*, Universitas Muhammadiyah, Surakarta
- Springer-Verlag (1998) SCHULER HANDBOOK “*Metal Forming Handbook*”. Berlin - Germany.
- Wahyudi, D. (2005) pengaruh Ketinggian Kubah dan Waktu Tahan pada Temperatur *Paint Baking* Dalam Proses Stretching terhadap Nilai Kekerasan Baja Karbon Rendah dengan Spesifikasi CQ2, CQ3, dan DQ, *Tugas Akhir Teknik Metalurgi*, Untirta, Cilegon.
- Simões, et al. (2012) “*Analysis of the influence of process parameters in the deep drawing of a cylindrical cup*”, Universitas De Coimbra, Coimbra.
- Sharma, P.C. (2001) *A Text book of Production Engineering*, S. Chand & Company Ltd, New Delhi.
- Lange, K. (1985) *Handbook of Metal Forming. Society of Manufacturing Engineers*, Michigan, USA.
- Van Der Heide, E. (2002) *Lubricant Failure in Sheet Metal Forming Processes*, Universiteit Twente, Netherland.