

**EVALUATION OF DRY FILM LUBRICANT USING  
DEEP DRAWING TEST**

**MOHD NIZAM B KATIMON  
MOHD NOOR SYAFIQ BIN SOHIMI**

**SHORT TERM GRANT**

**NO. VOT : 0788**

**UNIVERSITI TUN HUSSEIN ONN MALAYSIA**

## ABSTRACT

This thesis studies related to simulation modeling and experimental verification of the cylindrical cup drawing in three cases by using a dry film lubricant, lubricating oil type and without lubrication. Expected results included the withdrawal in the determination of the optimum speed of the punch and the distribution of the metal thickness (blank) will reduce cost and the manufacturing process. Prior to finite element analysis it requires understanding of properties and modeling of sheet metal. In the finite element analysis, the effect of the lubrication and punch velocity on the cylindrical cup wall distribution will be evaluated. Through experimental study, the optimum and the maximum value of speed are 2mm/s and 10mm/s respectively. This value is determined without blank above the tear failure. Comparison between simulation and experimental studies indicate finite element model can be used where it is observed from the result of the thickness between the simulations and experimental that show similarities.

## ISI KANDUNGAN

BAB	BUTIRAN	MUKA SURAT
1.	Pengenalan	
	1.1 Latar belakang kajian	1
	1.2 Penyataan Masalah	3
	1.3 Objektif	4
	1.4 Skop Kajian	4
	1.5 Jangkaan Keputusan	4
	1.6 Signifikasi Kajian	5
2.	KAJIAN LITERATUR	
	2.1 Pengenalan	6
	2.2 Ujian Penarikan dalam	7
	2.2.1 Perubahan bentuk plastik	9
	2.2.2 Parameter penarikan dalam	12
	2.2.3 Anisotropi	13
	2.2.4 Ketinggian cawan silinder	15
	2.3 Keluli kekuatan tinggi maju (AHSS)	15
	2.4 Geseran di dalam penarikan dalam	17
	2.4.1 Kawasan bersentuhan dalam penarikan dalam	17
	2.4.2 Pekali geseran	18
	2.5 Pelincir	18
	2.6 Simulasi unsur terhingga	18
3	METODOLOGI	
	3.1 Pengenalan	20
	3.2 Ujian tegangan	22
	3.2.1 Penyediaan spesimen	22
	3.2.2 Parameter ujian tegangan	23
	3.3 Ujian penarikan dalam	34
	3.3.1 Prosedur	35
	3.3.2 Parameter proses ujian penarikan dalam	35
	3.3.3 Kelajuan penebuk	35
	3.3.4 Ketinggian Cawan	46
	3.4 Simulasi ABAQUS	48
4.	Analisis dan Perbincangan	52
	4.1 Keputusan ujikaji	52
	4.1.1 Menentukan kelajuan optimum	52
	4.1.2 Kesan kelajuan terhadap tebal agihan	53
	4.1.3 Daya penarikan dalam	54
	4.2 Keputusan simulasi	61
	4.3 Perbandingan tebal agihan antara ujikaji dan simulasi	62

5.	Kesimpulan dan cadangan	64
	5.1 Kesimpulan	64
	5.2 Cadangan	65
6.	Rujukan	66

## SENARAI JADUAL

No. Jadual	Tajuk	Muka surat
3.1	Dimensi spesimen ujian téngangan	23
3.2	Sifat-sifat keluli kekuatan tinggi termaju	28
3.3	Purata perbezaan untuk kekuatan alah diantara model bahan dengan ujikaji bagi 0 darjah.	31
3.4	Purata perbezaan untuk kekuatan alah diantara model bahan dengan ujikaji bagi 45 darjah.	32
3.5	Purata perbezaan untuk kekuatan alah diantara model bahan dengan ujikaji bagi 90 darjah.	33
3.6	Parameter proses ujian cawan.	35
3.7	Daya penarikan melawan strok penarikan bagi kelajuan 2mm/s dan 0°.	36
3.8	Daya penarikan melawan strok penarikan bagi kelajuan 2mm/s dan 90°	37
3.9	Daya penarikan melawan strok penarikan bagi kelajuan 4mm/s dan 0°.	38
3.10	Daya penarikan melawan strok penarikan bagi kelajuan 4mm/s dan 90°.	39
3.11	Daya penarikan melawan strok penarikan bagi kelajuan 6mm/s dan 0°.	40
3.12	Daya penarikan melawan strok penarikan bagi kelajuan 6mm/s dan 90°.	41
3.13	Daya penarikan melawan strok penarikan bagi kelajuan 8mm/s dan 0°.	42
3.14	Daya penarikan melawan strok penarikan bagi kelajuan 8mm/s dan 90°.	43
3.15	Daya penarikan melawan strok penarikan bagi kelajuan 10mm/s dan 0°.	44

## SENARAI RAJAH

No. Rajah	Tajuk	Muka surat
1.0	Proses pembentukan regang dan proses penarikan dalam	2
2.1	Proses Pembuatan Keluli	8
2.2	Rajah skematik menunjukkan operasi asas penarikan dalam	9
2.3	Gambarajah anjakan beban	9
2.4	Lengkungan tegasan-terikan kejuruteraan bagi $0^\circ$	11
2.5	Lengkung tegasan-terikan muktamad	13
2.6	Gambarajah skematik penarikan dalam bagi bentuk cawan silinder	15
2.7	Rajah perbandingan keluli AHSS dengan keluli kekuatan rendah dan HSS.	16
3.1	Carta alir	21
3.2	Rajah Spesimen Ujian Tegangan	22
3.3	Gambarajah arah <i>rolling</i>	22
3.4	Gambarajah <i>Universal Testing Machine-Testometric</i>	24
3.5	Graf tegangan-terikan bagi data kejuruteraan.	25
3.6	Graf tegangan-terikan bagi data sebenar	26
3.7	Graf Log sigma melawan log epsilon	28
3.8	Perbandingan graf antara model dengan ujikaji untuk $0^\circ, 45^\circ, 90^\circ$	30
3.9	Perbandingan graf antara model bahan dan ujikaji bagi $0^\circ$ darjah	30
3.10	Graf perbandingan antara model bahan dan ujikaji bagi arah $45^\circ$ darjah	32
3.11	Graf perbandingan antara model bahan dan ujikaji bagi arah $90^\circ$ darjah.	33
3.12	Graf daya penarikan melawan strok penarikan bagi kelajuan 2mm/s dan $0^\circ$ .	36
3.13	Graf daya penarikan melawan strok penarikan bagi kelajuan 2mm/s dan $90^\circ$ .	37
3.14	Graf daya penarikan melawan strok penarikan bagi kelajuan 4mm/s dan $0^\circ$ .	38
3.15	Graf daya penarikan melawan strok penarikan bagi kelajuan 4mm/s dan $90^\circ$ .	39
3.16	Graf daya penarikan melawan strok penarikan bagi kelajuan 6mm/s dan $0^\circ$ .	40
3.17	Graf daya penarikan melawan strok penarikan bagi kelajuan 6mm/s dan $90^\circ$ .	41
3.18	Graf daya penarikan melawan strok penarikan bagi kelajuan 8mm/s dan $0^\circ$	42

# BAB 1

## Pengenalan

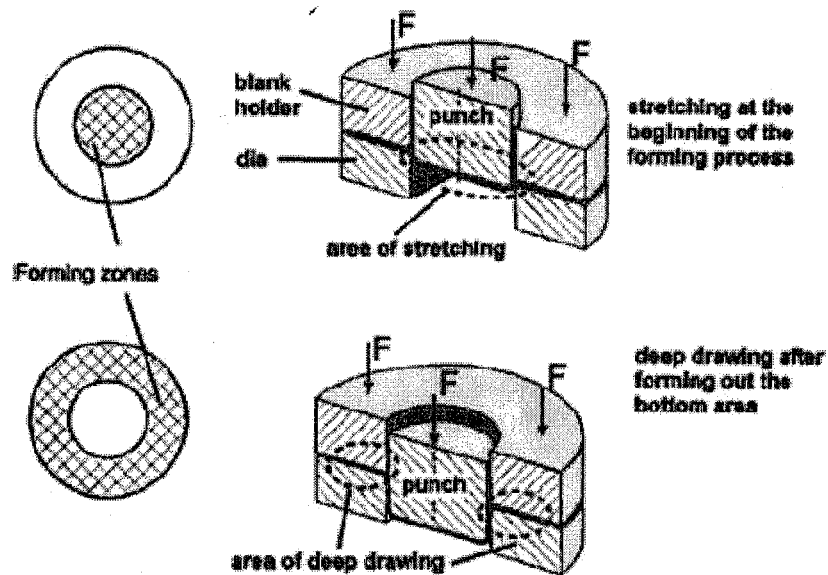
### 1.1. Latar belakang kajian

Penggunaan bahan pelincir di dalam proses kerja tekan adalah penting bagi mengurangkan berlakunya geseran antara dua permukaan yang bersentuhan. Di dalam proses kerja tekan penggunaan bahan pelincir ini dapat mengurangkan kerutan(wrinkling), retakan pramatang(premature cracking) dan penipisan setempat(local thinning). Bagi menghapuskan geseran dan kegagalan koyakan dalam proses penarikan dalam adalah satu yang mustahil dan sebagai jalan penyelesaiannya adalah dengan menggunakan bahan pelincir.

Di dalam proses pembuatan, geseran antara alatan dengan acuan serta bahan kerja adalah perkara biasa. Menurut kajian Serope Kalpakjian [1985], sekiranya dua permukaan bergesel antara satu sama lain tanpa ada sebarang lapisan perlindungan di kedua-dua permukaan yang bersentuh, daya geseran dan kegagalan koyak akan berlaku pada kadar yang tinggi. Untuk mengelakkan atau mengurangkan geseran ini berlaku, kedua-dua permukaan yang bersentuhan ini dipisahkan atau dijarakkan oleh pelincir.

Proses penarikan dalam(deep drawing) merupakan satu proses yang sering menggabungkan satu kombinasi antara pembentukan regang(stretch forming) dan penarikan dalam(deep drawing). Di awal proses membentuk iaitu apabila penebuk bergerak ke arah acuan dan membentuk mengikut acuan berlakunya proses pembentukan regangan umum. Proses ini diikuti dengan proses penarikan dalam dimana

bagian yang sudah dibentuk diunsurkan oleh pemindahan daya penarikan dari penebuk melalui dinding cawan kedalam bebibir(flange). Rajah 1.0 menunjukkan proses keseluruhan penarikan dalam termasuklah proses pembentukan regang dan proses penarikan dalam.



Rajah 1.0 Proses pembentukan regang dan proses penarikan dalam

Penarikan dalam adalah salah satu operasi yang terpenting dalam proses membentuk kepingan dimana proses ini banyak digunakan untuk tujuan fabrikasi dimana ia banyak digunakan dalam bidang automotif. Penarikan dalam ialah salah satu operasi membentuk kepingan dimana ia digunakan untuk membuat produk seperti bentuk cawan, bentuk kotak atau lengkungan yang kompleks, dan bahagian berbentuk lubang.

Dewasa ini, syarikat-syarikat berorientasikan automotif secara aktif mempertingkatkan penggunaan bahan seperti keluli kekuatan tinggi maju (AHSS) disebabkan oleh kecekapan bahan bakar, serta kesedaran mengenai keselamatan dan perlunya menjaga alam sekitar. Keluli kekuatan tinggi maju (AHSS) dengan kekuatan dan kebolehan tahan rempuh jika dibandingkan dengan keluli lembut, boleh ditimbang sebagai pilihan jangka pendek sebagai bahan dan struktur komponen berdasarkan kosnya yang rendah.



Simulasi Unsur Terhingga (FE) adalah satu kaedah yang boleh digunakan untuk menentukan parameter proses yang optimum dalam proses penarikan dalam. Kaedah ini adalah satu teknik simulasi berkomputer yang digunakan untuk menganalisa masalah dalam kejuruteraan. Ia menggunakan teknik berangka yang dikenali sebagai kaedah unsur terhingga. Nilai bagi pekali geseran (COF) akan ditentukan melalui analisis songsangan. Dengan menggunakan Analisis Unsur Terhingga (FEA) iaitu dengan menggunakan perisian ABAQUS, tebal agihan antara keputusan ujikaji pada daya pemegang contoh-kosong(BHF) dapat ditentukan.

## 1.2. **Penyataan masalah**

Ujian penarikan dalam yang bertujuan untuk menilai pelincir saput kering (DFL) telah dikendalikan secara meluas dalam kehidupan seharian. Jika dibandingkan dengan ujian geseran lain yang sering dilakukan seperti ujian mampatan pintal dan manik seri (draw bead), ujian penarikan dalam menyamai keadaan geseran realistik yang terdapat dalam operasi kerja tekan dari segi tekanan dan kelajuan pembentukan. Sejak pelincir saput kering (DFL) mendapat penerimaan kerana aplikasinya yang seragam ke atas permukaan bahan dan kemungkinan penyingkiran operasi *washing* selepas dibentuk, kesan-kesannya akan dianalisa. Oleh itu, penggunaan pelincir saput kering (DFL) akan dikaji didalam projek ini dan dibandingkan dengan kajian ujian penarikan dalam tanpa pelincir dan ujian penarikan dengan pelincir jenis minyak.

### 1.3. Objektif

Terdapat beberapa objektif di dalam kajian ini. Objektif utama dalam kajian ini ialah:

- a) Menentukan keberkesanan pelincir saput kering (DFL) dalam proses penarikan dalam.
- b) Untuk menentukan tebal agihan dan menganalisa keterikan dan tekanan produk.

### 1.4. Skop kajian

Skop bagi projek ini ialah:

- |                            |   |   |
|----------------------------|---|---|
| a) Bahan                   | : | Keluli Kekuatan Tinggi Maju (AHSS)            |
| b) Geometri produk         | : | Bentuk Cawan Silinder                         |
| c) Pelincir                | : | Pelincir Saput Kering (DFL)                   |
| d) Simulasi dan Permodelan | : | Menggunakan perisian Unsur Terhingga (ABAQUS) |

### 1.5. Jangkaan keputusan

Dengan menggunakan pelincir saput kering(DFL) di dalam proses penarikan dalam, parameter yang optimum akan dapat diperolehi dan kualiti produk yang tinggi dapat dihasilkan. Pengaruh pelincir dalam mengurangkan daya geseran dan daya dapat ditentukan melalui analisis. Tebal agihan juga dapat ditentukan melalui analisis yang dilakukan serta keterikan dan tekanan produk boleh dianalisa. Ujikaji akan dilakukan bertujuan supaya keputusan yang diperolehi dapat dibandingkan dengan kaedah unsur terhingga. Akhir sekali, peratus ralat tebal agihan antara simulasi dengan ujikaji serta peratus keputusan dengan penggunaan pelincir saput kering(DFL) dan tanpa pelincir saput kering(DFL) dapat ditentukan.

## 1.6. Signifikasi kajian

Kajian ini membentangkan mengenai kepentingan aplikasi pelincir saput kering (DFL) di dalam proses penarikan dalam. Dalam operasi kerja tekan, pelincir yang bagus dapat mengurangkan kegagalan seperti pengerutan, retakan pramatang dan penipisan setempat. Tambahan lagi, pelincir juga dapat mengurangkan kehausan alatan terutamanya operasi adalah di dalam pengeluaran dalam jumlah yang besar. Di dalam kajian ini, segala informasi mengenai geseran, daya, keterikan, tekanan dan tebal agihan pada contoh-kosong yang berlaku dalam penarikan dalam disediakan. Kecacatan seperti kedutan(wrinkling), koyakan(tearing) dan *earring* boleh dikurangkan, oleh itu dengan melakukan kajian ini dimana dengan menggunakan pelincir saput kering (DFL) dapat meminimumkan kos dalam proses penarikan dalam. Perbandingan antara simulasi dengan ujikaji dapat memberikan pendedahan dan berguna untuk kajian geseran dalam proses penarikan dalam.

## BAB 2

### KAJIAN LITERATUR

#### 2.1 Pengenalan

Terdapat pelbagai kajian yang telah dijalankan berkaitan dengan proses penarikan dalam di serata dunia. Kajian yang dijalankan rata-ratanya untuk menentukan geseran yang berlaku diantara permukaan contoh-kosong dengan pemegang contoh kosong serta penebuk dan juga untuk menentukan tebal agihan. Penggunaan pelincir yang pelbagai dalam proses penarikan dalam juga telah dikaji. Berdasarkan kajian-kajian yang telah dibuat, projek ini dijalankan untuk melihat keberkesanan pelincir saput kering (DFL) dalam proses penarikan dalam.

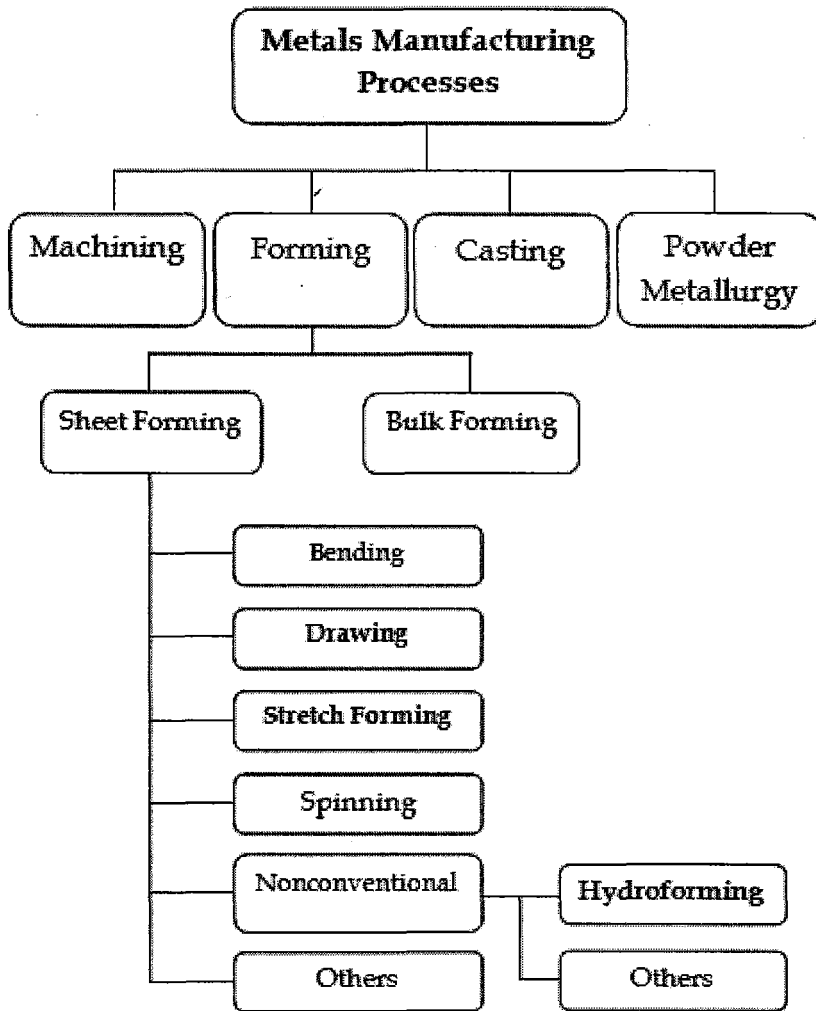
Proses yang paling mencabar dalam proses pembuatan adalah teknologi penarikan dalam kepingan logam. Dalam tujuan mengawal kualiti bahagian-bahagian yang dibentuk, proses penarikan dalam melibatkan banyak parameter dan antara parameter yang paling penting adalah daya pemegang contoh-kosong (BHF).

Keluli kekuatan tinggi termaju (AHSS) adalah satu keluli yang mempunyai kekuatan yang tinggi tanpa berkompromi terhadap kemuluran. Berdasarkan kepada sifat atau karekter ini keluli kekuatan tinggi termaju (AHSS) ini boleh digunakan untuk meningkatkan keselamatan kenderaan atau mengurangkan jisim kenderaan.

## 2.2 Ujian Penarikan Dalam

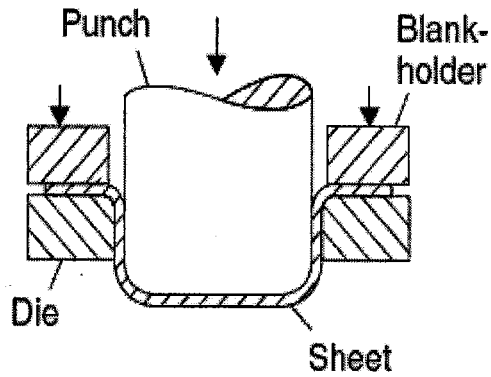
Pembentukan kepingan logam merupakan proses dimana daya dikenakan pada kepingan logam untuk mengubahsuaikan kepada geometri yang dikehendaki. Daya yang dikenakan pada kepingan tersebut seharusnya melebihi kekuatan alah sesuatu bahan atau kepingan yang digunakan untuk mengubah bentuk kepingan tersebut tetapi tidak mengalami kegagalan.

Menurut kajian yang dijalankan oleh Amin E. Al-Nasser, B.E (2009), terdapat empat kaedah yang digunakan dalam proses pembuatan keluli dimana pembentukan merupakan kaedah yang utama yang mana sifat plastik sesuatu bahan berlogam digunakan untuk membentuk logam tersebut kepada bentuk yang berguna. Pembentukan logam diklasifikasikan kepada pembentukan kepingan dan pembentukan pukal. Pembentukan kepingan adalah antara jenis pembentukan logam dimana terdapat pembengkokkan, *shallow* dan bentuk penarikan yang diperbuat daripada kepingan logam. Rajah 2. 1 menunjukkan proses yang terdapat dalam pembuatan keluli menurut kajian Amin E. Al-Nasser, B.E ,2009.



Rajah 2.1 : Proses Pembuatan Keluli (Amin E. Al-Nasser, B.E ,2009)

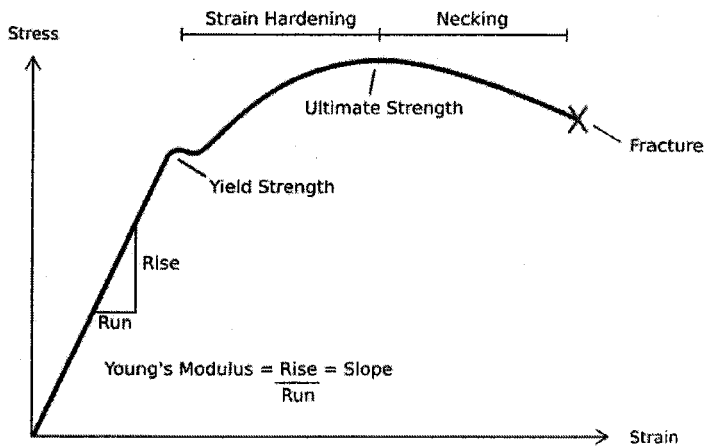
Antara kaedah yang sering digunakan dalam kerja gegas ialah penarikan dalam yang menggunakan prinsip yang sama seperti dalam proses membentuk kepingan logam yang lain dimana proses penarikan dalam melibatkan pembentukan kepingan logam rata menjadi bentuk cawan, bentuk kotak atau bentuk kompleks serta bahagian-bahagian bentuk yang berlubang. Proses penarikan dalam ini merupakan proses dimana kepingan contoh-kosong diletakkan di atas satu acuan dan kepingan contoh-kosong tersebut akan ditekan mengikut bentuk acuan tersebut. Rajah 2.2 menunjukkan rajah skematik operasi asas penarikan dalam seperti yang diterangkan.



Rajah 2.2 : Rajah skematik menunjukkan operasi asas penarikan dalam;  
(Marciniak,2002 )

### 2.2.1 Perubahan Bentuk Plastik

Gambarajah anjakan beban yang ditunjukkan dalam rajah 2.3 menghuraikan mengenai tindakbalas sesuatu bahan dari mula hingga bahan tersebut meretak dalam ujian tegangan.



Rajah 2.3 : Gambarajah anjakan beban

([http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/84/Stress\\_Strain\\_Ductile\\_Material.png](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/84/Stress_Strain_Ductile_Material.png))

Tegasan kejuruteraan didefinisikan sebagai,

$$\sigma_{eng} = \frac{F}{A_0} \quad 2.1$$

Dimana ,

$\sigma_{eng}$  - tegasan kejuruteraan

dan terikan kejuruteraan didefinisikan sebagai,

$$\varepsilon_{eng} = \frac{\Delta L}{L_0} \quad 2.2$$

Dimana,

$\varepsilon_{eng}$  - terikan kejuruteraan

dimana,

F - Daya yang dikenakan pada spesimen

$\Delta L$  - Perubahan panjang

$A_0$  - Luas keratan rentas asal

$L_0$  - Panjang asal

Modulus keanjalan ataupun modulus Young didefinisikan sebagai

$$E = \frac{\sigma}{e} \quad 2.3$$

Dimana,

$\sigma$  - Tegasan

$e$  - Terikan

Hubungan antara persamaan (2.1) dan (2.2) didefinisikan oleh hukum Law sebagai,

$$\sigma = K\varepsilon^n \quad 2.4$$

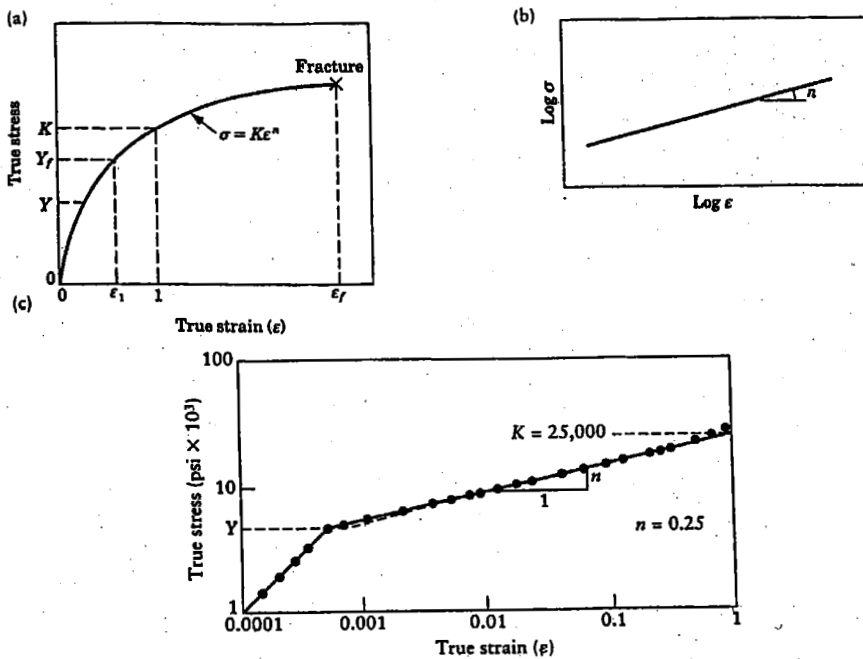
Dimana,

$K$  - Pekali kekuatan

$n$  - Eksponen pengerasan terikan



Tegasan-terikan sebenar adalah lebih penting dalam pembuatan. Tegasan adalah berdasarkan kepada luas keratan rentas asal bahan ujian berbanding nilai semasa. Keterikan kejuruteraan juga tidak memuaskan pengukuran keterikan kerana ia berdasarkan kepada panjang *gauge*. Untuk mengatasi kelemahan ini, kajian proses pembentukan adalah berdasarkan kepada tegasan dan terikan sebenar.



Rajah 2.4: Lengkung tegasan-terikan muktamad (Serope Kalpakjian, 1985)

$$\sigma_{\text{sebenar}} = \frac{F}{A} \quad 2.5$$

Dimana

A - Keratan rentas semasa

$$\sigma_{\text{sebenar}} = \frac{F}{A} \times \frac{A_0}{A_0} \quad 2.6$$

$$\sigma_{\text{sebenar}} = \frac{F}{A_0} \times \frac{A_0}{A} \quad 2.7$$

Daripada isipadu malar;

$$A_0 L_0 = AL$$

$$\frac{A_0}{A} = \frac{L}{L_0}$$

$$\frac{A_0}{A} = \frac{L_0 + \Delta L}{L_0}$$

$$\frac{A_0}{A} = 1 + \frac{\Delta L}{L_0}$$

$$\sigma_{\text{sebenar}} = \frac{F}{A_0} \left(1 + \frac{\Delta L}{L_0}\right) \quad 2.8$$

$$\sigma_{\text{sebenar}} = \sigma_{\text{eng}} (1 + \varepsilon_{\text{eng}}) \quad 2.9$$

Dari terikan sebenar sebagai,

$$\varepsilon_{\text{sebenar}} = \int \frac{dL}{L} \quad 2.10$$

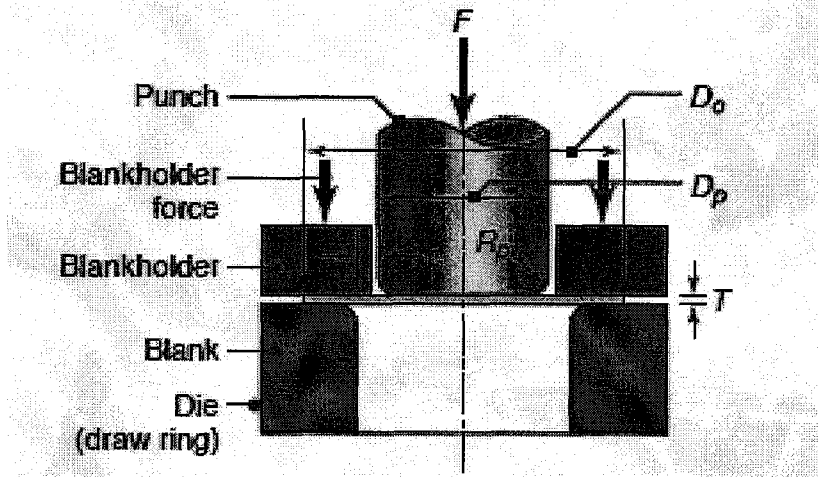
$$\varepsilon_{\text{sebenar}} = \ln \frac{L}{L_0} \quad 2.11$$

$$\varepsilon_{\text{sebenar}} = \ln \left( \frac{L_0 + \Delta L}{L_0} \right) \quad 2.12$$

$$\varepsilon_{\text{sebenar}} = \ln(1 + \varepsilon_{\text{eng}}) \quad 2.13$$

### 2.2.2 Parameter Penarikan Dalam

Parameter asas yang terlibat dalam proses penarikan dalam adalah seperti daya pemegang contoh-kosong(BHF), dan kelajuan penebuk dengan geometri yang bersentuhan seperti dalam rajah 2.5. Parameter yang dinyatakan adalah parameter yang penting dalam mengawal kualiti produk yang dihasilkan. Tujuan asas pemegang contoh-kosong adalah untuk memegang contoh-kosong antara acuan dengan alat pengikat. Fungsi pemegang contoh-kosong adalah mengelakkan berlakunya kerutan pada contoh-kosong . Daya yang diperlukan oleh pemegang contoh-kosong yang bergantung kepada kecenderungan bentuk cawan untuk berkerut adalah sukar untuk ditentukan, oleh itu ia diperolehi dengan kaedah cuba-cuba. Secara amnya, had maksimum daya yang diperlukan oleh pemegang contoh-kosong adalah satu pertiga dari daya penarikan.



Rajah 2.5 : Gambarajah skematik penarikan dalam bagi bentuk cawan silinder  
(Kalpakjian., Schmid.,2008)

Kajian Hassan,M.A., Takakura, N. Dan Yamaguchi,K (2003) yang dijalankan telah mencadangkan untuk menggunakan pemegang contoh-kosong yang dibahagikan kepada empat bahagian berbanding penggunaan cincin getah yang digunakan dalam proses Maslennikov. Kebarangkalian penggunaan pemegang contoh-kosong seperti yang dicadangkan oleh Hassan,M.A., Takakura, N. Dan Yamaguchi,K (2003) didalam proses penarikan dalam telah disahkan, walaubagaimanapun, terdapat perkara yang menghadkan aplikasinya. Perkara tersebut adalah berlakunya kerutan oleh kerana aliran bebibir bahan kedalam celahan diantara segmen-segmen pemegang contoh-kosong.

### 2.2.3 Anisotropi

Anisotropi diperolehi ketika proses termomekanikal pada kepingan. Terdapat dua jenis anisotropi iaitu anisotropi *crystallographic* dan *mechanical fibering*. Anisotropi bukan saja hadir pada permukaan kepingan, tetapi juga dalam arah ketebalannya.

Definisi anisotropi bersatah tegak  $r$ , dimana nisbah keterikan muktamad pada lebar ( $\psi_b$ ), keterikan muktamad pada ketebalan ( $\psi_s$ ), di dalam ujian tegangan.

$$r = \frac{\ln(b/b_0)}{\ln(s/s_0)} = \frac{\Psi_b}{\Psi_s} \quad 2.14$$

Dimana

- $b_0$  – kelebaran spesimen tegangan.
- $s_0$  – ketebalan spesimen tegangan
- $b$  – kelebaran selepas pemanjangan
- $s$  – ketebalan selepas pemanjangan
- $\psi_b$  – perubahan logaritma pada kelebaran
- $\psi_s$  – perubahan logaritma pada ketebalan

Kebolehan bahan untuk mengalir dalam satah kepingan meningkat dengan tinggi dalam anisotropi menegak. Oleh itu, nilai  $r$  dianggarkan  $r = 1$  bererti bahan mengalir dalam satah kepingan seperti juga ketebalan. Semakin tinggi nilai  $r$  semakin baik kebolehbentukan penarikan dalam.

Anisotropi tegak  $r$  berbeza-beza dengan arah sudut *rolling* (RD). Ciri-ciri nilai ialah anisotropi menyatah, dimana dikira secara berlainan nilai bagi  $r$  yang diperolehi dari spesimen di sudut yang berbeza untuk arah *rolling* ( $0^\circ$ ,  $45^\circ$ , dan  $90^\circ$ ). Persamaan berikut mentakrifkan anisotropi menyatah  $\Delta r$ :

$$\Delta r = \frac{r_0 + r_{90} - 2r_{45}}{2} \quad 2.15$$

Pada cawan penarikan dalam, anisotropi bahan akan menyebabkan *earings* pada kawasan bebibir. Anisotropi menyatah  $\Delta r$  menggambarkan kecenderungan bahan untuk *earring*. Berbeza dengan anisotropik bahan dimana ia tidak mempunyai kesan ini dan anisotropi dianggarkan  $\Delta r = 0$ . Lebih lanjut, purata anisotropi menegak ditakrifkan sebagai median aritmetik bagi nilai anisotropi secara relatif dengan perbezaan arah *rolling*:

$$r_m = \frac{r_0 + r_{90} + 2r_{45}}{4} \quad 2.16$$

## 2.2.4 Ketinggian Cawan Silinder

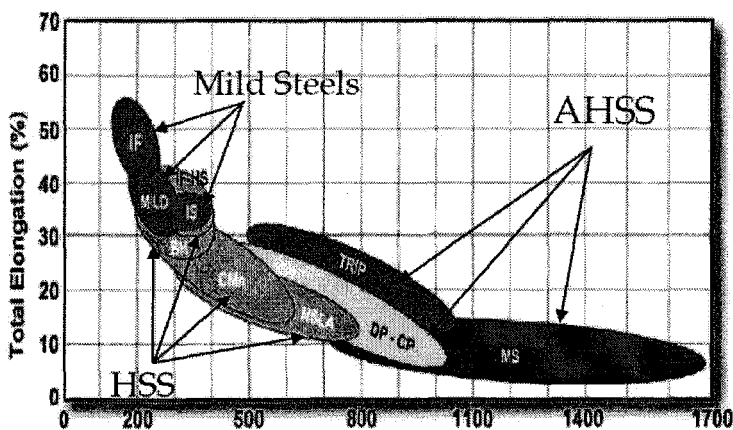
Ketinggian cawan silinder boleh dianggarkan berdasarkan kepada persamaan,

$$h_c = \frac{\left(1 + \frac{d_o}{d_i}\right)(d_o - d_i)}{4} \quad 2.14$$

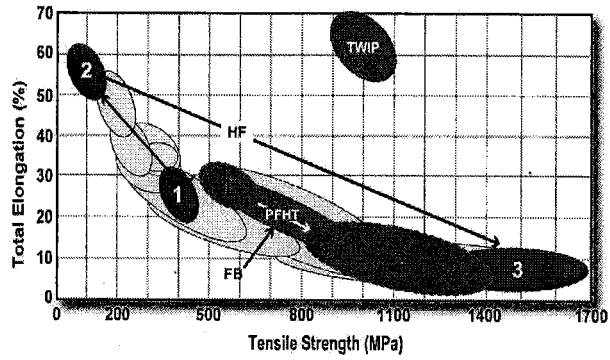
Menurut kajian K. Lange (1985), anggaran yang dibuat dari persamaan ini adalah ketebalan bahan tetap kekal semasa perubahan bentuk.

## 2.3 Keluli Kekuatan Tinggi Maju (AHSS)

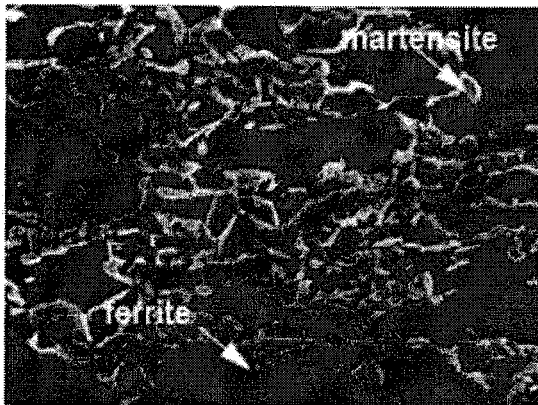
Penggunaan keluli kekuatan tinggi termaju (AHSS) bagi menggantikan keluli konvensional dalam industri perkilangan khususnya dalam bidang automotif semakin aktif kerana mengambil kira dari segi ekonomi bahan bakar dan melibatkan persekitaran serta kebolehpemuaan. Menurut Powers (2000), di dalam kajian beliau melaporkan dengan menggantikan keluli kekuatan tinggi (HSS) dengan keluli kekuatan tinggi maju (AHSS) dapat mengurangkan sebanyak 10% hingga 25% jisim. Dengan ini kenderaan yang lebih ringan dan selamat dapat dihasilkan.



Rajah 2.6: Rajah keluli AHSS(ditunjukkan dalam warna) dibandingkan dengan keluli kekuatan rendah(kelabu gelap) dan HSS tradisional.(Amin E. Al-Nasser, B.E, 2009)

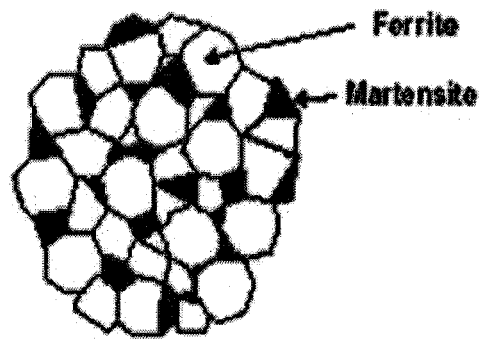


Rajah 2.7: Rajah keluli kekuatan lebih tinggi baru menggunakan bahan kimia yang unik, pemrosesan, dan mikrostruktur bagi mendapatkan lebih ciri-ciri khusus dan membentuk ciri (International Iron and Steel Institute,2006)



x5000

a) Imej SEM Keluli Fasa Dual Mikrostruktur



b) Gambarajah Berjadual Keluli Fasa Dual

Rajah 2.09: Mikrostruktur keluli Fasa Dual

## 2.4 Geseran di Dalam Penarikan Dalam

Geseran berlaku apabila dua permukaan bersentuhan antara satu sama lain. Geseran juga boleh didefinisikan sebagai daya yang menentang gerakan sisi permukaan-permukaan padu, atau unsur-unsur bahan yang bersentuhan. Merujuk kepada kajian Ruina, A. dan Pratap, R.(2002), geseran sering dibahagikan kepada pelbagai jenis. Antaranya ialah geseran kering, geseran pelinciran dan geseran bendalir. Sementara itu, menurut kajian yang dilakukan oleh Lanzon, J.M., Cardew-Hall, M.J., dan Hodgson, P.D.(1998) menyatakan semakin kurang geseran dalam operasi pembentukan logam semakin dapat mengurangkan tegasan pada *tooling* dan beban pembentukan.

### 2.4.1 Kawasan Bersentuhan Dalam Penarikan Dalam

Di dalam proses penarikan dalam, menurut kajian Westeneng, A.(2001) terdapat enam permukaan yang bersentuhan yang menyebabkan geseran dalam proses penarikan dalam. Kawasan pertama dan kedua yang diterangkan dalam kajian tersebut adalah antara pemegang contoh-kosong dengan kepingan contoh-kosong dan diantara acuan dengan kepingan contoh-kosong. Kedua-kedua kawasan dipanggil rantau bibir. Dalam keadaan ini dimana penarikan jejari antara acuan dengan pemegang contoh-kosong berlaku dan nilai keterikan pada kepingan adalah kecil. Bagi kawasan yang ketiga pula adalah persentuhan antara acuan dengan kepingan contoh-kosong. Tekanan nominal yang tinggi berlaku pada kawasan ini. Daya tegangan adalah tinggi dan regangan memainkan peranan yang penting. Kawasan yang keempat adalah permukaan yang bersentuhan diantara sisi penebuk dengan kepingan contoh-kosong. Di dalam kawasan yang kelima, geseran yang berlaku adalah disebabkan persentuhan antara jejari penebuk dengan kepingan contoh-kosong. Kawasan yang terakhir adalah kawasan keenam dimana kawasan yang bersentuhan adalah diantara bahagian bawah penebuk dengan kepingan contoh-kosong dimana kepingan akan meregang.

## 2.4.2 Pekali Geseran

Pekali geseran (COF) yang disimbolkan dengan huruf Greek  $\mu$ , adalah nilai skalar tidak bermatra dimana menghuraikan nisbah geseran antara dua permukaan dan daya dikenakan pada permukaan tersebut. Berdasarkan kepada persamaan geseran pekali geseran didefinisikan oleh Kim,H., Altan,T. dan Tan,Q.,(2009) sebagai;

$$\tau = \frac{\mu}{F_b} \quad 2.15$$

Dimana,

- $\mu$  - Pekali geseran
- $\tau$  - Tegasan ricih geseran
- $F_b$  - Tekanan pemegang contoh-kosong

## 2.5 Pelincir

Pelincir memainkan peranan yang penting dalam kerja tekan di mana dengan menggunakan pelincir ia akan mengurangkan geseran antara alat dengan benda kerja yang akan menyebabkan kegagalan dan sekaligus dapat menghasilkan satu produk yang baik. Dalam memilih pelincir yang sesuai, ia bergantung kepada jenis bahan yang digunakan, jenis bahan yang digunakan untuk alat serta permukaan alat tersebut.

Pelincir yang digunakan di dalam penarikan dalam boleh diklasifikasikan kepada beberapa kategori. Pelincir yang seringkali digunakan adalah seperti minyak, emulsi, penyelesaian sintetik, gris, *soaps* dan *waxes*, dan pelincir pejal.

## 2.6 Simulasi Unsur Terhingga

Merujuk kepada kajian yang dibuat oleh Hyunok Kim, Ji Hyun Sung, Rajesh Sivakumar, Taylan Altan(2007), tujuan menggunakan simulasi unsur terhingga adalah



untuk menganalisa ujian penarikan dalam dan untuk menganggarkan nilai pekali geseran untuk pelincir yang diuji. Suku daripada model disediakan bagi mengurangkan masa pengiraan dan semua objek dimasukkan dengan unsur-unsur petala. Kepingan dipertimbangkan sebagai satu objek yang anjal-plastik dan acuan, penebuk serta pemegang contoh-kosong dianggap sebagai tegar.

Berdasarkan kajian ini, simulasi unsur terhingga dapat membantu dalam menganalisa permasalahan berkaitan dengan kajian yang dibuat yakni dengan dapat menganalisa ujian penarikan dalam serta untuk menganggarkan nilai pekali geseran. Pemahaman mengenai sifat mekanikal pada kepingan logam memainkan peranan yang penting dalam menganalisa penarik dalam. Di dalam simulasi, model bahan akan menyerupai sifat bahan semasa proses penarikan dalam. Terdapat beberapa parameter di dalam model bahan diambil dari analisis ujian tegangan.

ABAQUS merupakan program simulasi kejuruteraan yang berasaskan kepada kaedah unsur terhingga yang dapat mengatasi masalah dari analisis permasalahan linear yang muda sehinggalah kepada simulasi permasalahan nonlinear yang kompleks. ABAQUS memiliki dua produk analisis iaitu ABAQUS/Standard dan ABAQUS/Explicit. ABAQUS/Standard menyelesaikan persamaan secara implisit pada setiap kenaikan penyelesain. Sebaliknya, ABAQUS/Explicit melakukan penyelesaian secara berperingkat tanpa menyelesaikan sistem persamaan yang digabungkan pada setiap kenaikan ( atau membentuk matriks kekakuan global).

## BAB 3

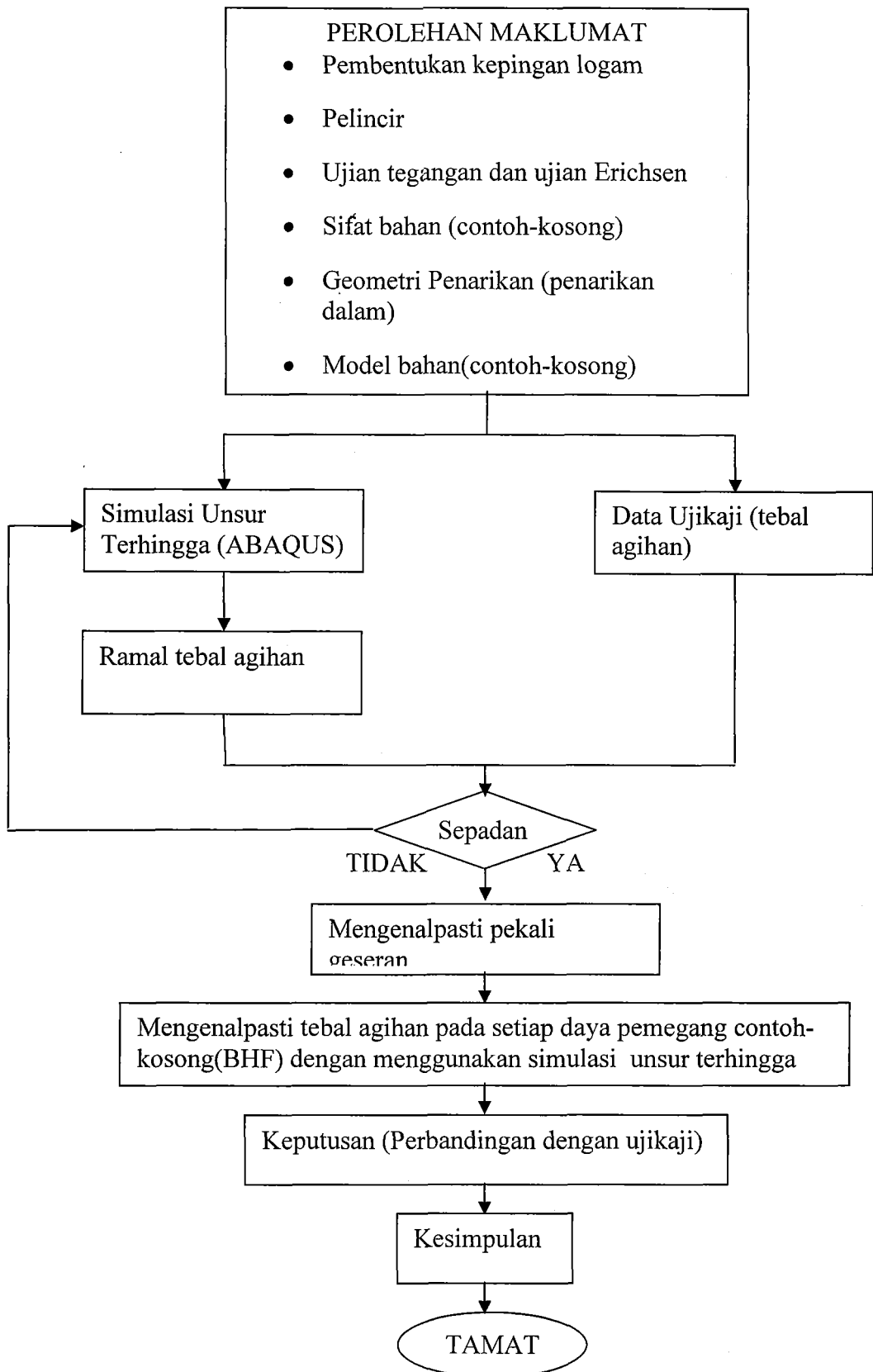
### METODOLOGI

#### 3.1 Pengenalan

Dalam menjayakan kajian ini, terdapat beberapa langkah atau ujian yang dijalankan bagi memastikan kajian yang dilakukan adalah sah dan boleh diaplikasikan pada masa hadapan. Antara langkah atau ujian yang dijalankan adalah seperti ujian tegangan, penggunaan perisian ABAQUS dan ujikaji menggunakan mesin Erichsen. Gambarajah 3.1 menunjukkan carta alir kajian ini, dimana tujuan kajian ini adalah dapat menentukan pelincir saput kering dapat mengurangkan geseran dan daya serta dapat menentukan tebal agihan disamping untuk menganalisa tegasan dan terikan pada produk.

Dalam kajian ini terdapat dua kaedah iaitu secara ujikaji dan simulasi. Di dalam kaedah ujikaji terdapat dua ujian yang dijalankan iaitu ujian tegangan dan ujian cawan sementara didalam kaedah simulasi menggunakan perisian ABAQUS.

Tebal agihan dan pekali geseran akan ditentukan dengan menggunakan perisian ABAQUS disamping dapat menganalisa tegasan serta keterikan pada keluli kekuatan tinggi maju (AHSS). Ujikaji terhadap tebal agihan dan pekali geseran akan dijalankan dengan menggunakan mesin Erichsen dimana keputusan ujikaji ini akan dibandingkan dengan keputusan simulasi dengan menggunakan perisian.

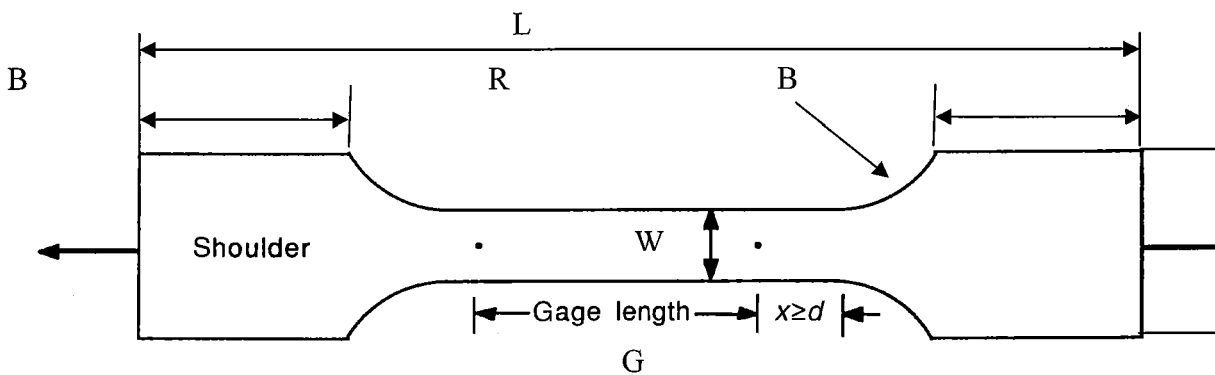


Rajah 3.1 Carta alir

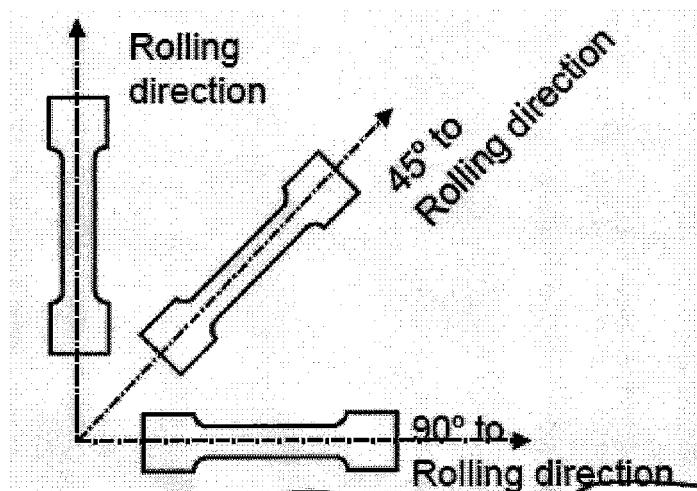
### 3.2 Ujian Tegangan

Ujian tegangan merupakan satu prosedur standard dalam kejuruteraan dalam menentukan ciri-ciri kekuatan dan perubahan bentuk sesuatu bahan serta mencirikan sifat-sifat elastik dan pembolehubah plastik yang berkaitan dengan tingkah laku mekanikal contoh-kosong. Ujian tegangan dijalankan menggunakan piawaian ASTM E-8 untuk pemeriksaan bahan-bahan kepingan.

#### 3.2.1 Penyediaan Spesimen



Rajah 3.2 : Rajah Spesimen Ujian Tegangan



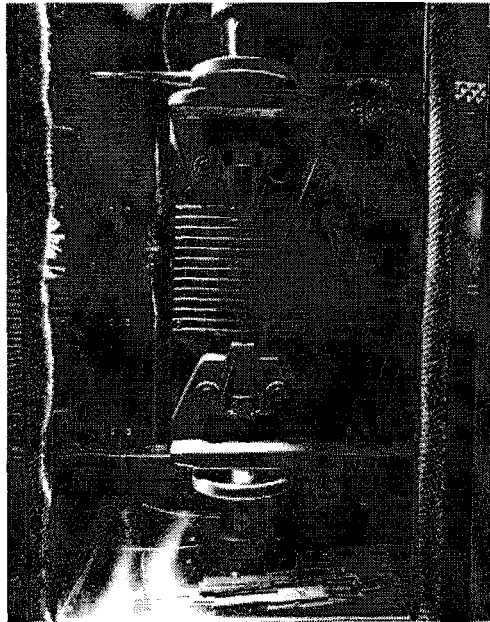
Rajah 3.3 : Gambarajah arah *rolling*

Jadual 3.1 : Dimensi spesimen ujian tegangan

Bahan	Keluli Kekuatan Tinggi Maju (AHSS)
Panjang <i>Gage</i> ,G	32mm
Lebar,W	8mm
Ketebalan,T	0.72mm
Jejari filet	2mm
Panjang Keseluruhan,L	108mm
Panjang seksyen cengkaman,B	36mm
Lebar seksyen cengkaman,C	20mm

### 3.2.2 Parameter Ujian Tegangan

Ujian tegangan adalah sangat sensitif pada kelajuan ujian untuk kebanyakan bahan dimana akan mempengaruhi keputusan ujian. Tiga perbezaan arah *rolling* akan memberi perbezaan kepada lengkungan daya-sesaran. Terdapat tiga jenis graf dimana dijana dari graf daya-sesaran. Graf yang pertama ialah data tegangan-terikan kejuruteraan dan yang kedua tegangan-terikan muktamad serta yang terakhir graf tegangan-terikan pada kawasan plastik dalam gambarajah logaritma.



Rajah 3.4 : Gambarajah *Universal Testing Machine-Testometric*

### **3.2.4 Keputusan Ujian Tegangan**

Keputusan mentah yang diterima berdasarkan dari titik ke titik daya lawan pemanjangan. Hal ini merangkumi dari fasa elastik untuk fasa plastik sampai spesimen putus. Kemudian data akan diproses untuk menghasilkan tegangan sebenar melawan terikan sebenar.

## RUJUKAN

1. Serope Kalpakjian (1985), *Manufacturing Processes For Engineering Materials*. Addison-Wesley Publishing Company. 389-459.
2. Groover, M.P.(2007). *Fundamentals of Modern Manufacturing*. 3rd edition. John Wiley & Sons (Asia) Pte Ltd. 378-440.
3. U. J Moller, U Boor English translation edited by A. R. Lansdown(1996), *Lubricants In Operation*. Mechanical Engineering Publication Limited (London). 263-264.
4. William F. Hosford(2005), *Mechanical Behavior Of Materials*, Cambridge University Press. 401-412.
5. Jean Lemaitre(2001), *Handbook Of Materials Behavior Models 1*. Academic Press A Harcourt Science and Technology Company. 1-673.
6. Jean Lemaitre(2001), *Handbook Of Materials Behavior Models 2*. Academic Press A Harcourt Science and technology Company. 675-787.
7. Lanzon, J.M, Cardew-Hall, M.J and Hodgson, P.D. (1998). Characterising frictional behaviour in a sheet metal forming. *Journal of Material Processing Technology*, 80-81,251-256.
8. George Krauss(2005), *Steels Processing, Structure, and Performance*. ASM International. 55-145.
9. Oberg, Erik; Jones, Franklin D.; Horton, Holbrook L.; Ryffel, Henry H. (2008), *Machinery's Handbook (28th Edition) & Guide To Machinery's Handbook*. Industrial Press Inc. 1289-1290.
10. Buschow, K.H. Jürgen; Cahn, Robert W.; Flemings, Merton C.; Ilshner, Bernhard; Kramer, Edward J.; Mahajan, Subhash (2001). *Encyclopedia Of Material – Science And Technology*, Volume 1-11. 5518- 5520.
11. *Istilah Kejuruteraan Bahasa Inggeris-Bahasa Malaysia*(2006), Dewan Pustaka dan Bahasa, Dawama Sdn Bhd.
12. *Kamus Teknikal Dan Kejuruteraan Dengan Istilah Kejuruteraan* (2000), Golden Book Centre Sdn Bhd.

13. N. Bay, D.D Olson, J. L. Andersen, Lubricant Test Methods For Sheet Metal Forming(2008), Journal
14. Hassan, M.A , Takakura, N. And Yamaguchi, K (2003). A novel technique of friction aided deep drawing using a blank-holder divided into four segments. Journal of Material Processing Technology, 139, 408-413
15. Huang, Y.M and Cheng J.W.(1997) Influence of lubricant and limitation of formability of cylindrical cup-drawing. Journal of Material Processing Technology, 63,77-82.
16. Kobayashi, S. (1989). Metal forming and the finite element method. Oxford University Press, 3-4,90-92 & 93-94.
17. Kim, H., Altan, T. and Yan. Q.(2009). Evaluation of stamping lubricants in forming advanced high strength steel (AHSS) using deep drawing and ironing tests. Journal of Material Processing Technology, 209, 4122-4133.
18. Westeneng, A. (2001). Modelling of contact and friction in deep drawing processes. Journal of Material Processing Technology.