

PENGARUH VARIASI SUDUT DIES TERHADAP PENARIKAN KAWAT ALUMINIUM

Oleh :

Asfarizal¹ dan Adri Jamil²

¹ Dosen Teknik Mesin - Institut Teknologi Padang

² Alumni Teknik Mesin Institut Teknologi Padang

Abstrak

Banyak industri yang melakukan pengerolan logam, pengerolan logam atau baja akan mempengaruhi sifat mekanik yaitu regangan dan kuat tariknya, nilai persentase perubahan sifat keduanya belum banyak diketahui. Wire drawing mampu menunjukkan perubahan sifat tersebut dan parameter yang mempengaruhi adalah sudut dies, temperatur sampel dan jenis logam yang ditarik. Dalam penelitian wire drawing ini digunakan bahan Aluminium dan variasi sudut dies 6°, 10°, 14° dan temperatur lingkungan 32°. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sampel yang ditarik mengalami penurunan regangan dan peningkatan kekuatan tarik yakni : regangan menurun sebesar 27,15 % pada sudut dies 6°, 45,11 % pada sudut dies 10° dan 52,10 %. Pada sudut dies 14°, dan kekuatan tarik meningkat sebesar 9,9 %, pada sudut dies 6°, 4,8 %, pada sudut dies 10° serta 1,6 % pada sudut dies 14° dari nilai tegangan tarik awal yaitu 198,38 MPa sudut dies yang terbaik adalah 10°.

Key words : Regangan, Kuat tarik, Dies

PENDAHULUAN

Penarikan kawat (*wire drawing*) merupakan proses penarikan sebuah batang logam panjang dengan diameter tertentu yang dilewatkan melalui sebuah lubang cetakan (*dies*) sesuai dengan rancangan. Proses penarikan dapat bersifat bertahap atau kontiniu. Pada proses bertahap, suatu gulungan kawat dipasangkan pada mesin dan salah satu ujungnya dimasukkan ke lubang penarik (*dies*). Bila ril penarik berputar, maka kawat akan ditarik melalui lubang dies sambil digulung. Langkah ini dapat diulang beberapa kali, setiap kali penarikan digunakan dies dengan lubang yang lebih kecil, sampai diperoleh ukuran kawat yang dikehendaki. Pada proses penarikan kontiniu, kawat ditarik melalui beberapa dies dan ril penarik yang disusun secara seri. Dengan demikian kawat dapat mengalami deformasi maksimal. Jumlah dies tergantung pada jenis logam atau paduan yang akan ditarik dan dapat bervariasi dari 4 sampai 12. Dies umumnya terbuat dari karbida tungsten, untuk kawat halus dapat juga digunakan dies intan. Penarikan kawat ini akan mengurangi diameter dan memperpanjang batang logam sebagai efek dari deformasi plastis.

Bahan *dies* dibuat dari baja pegas daun pada mobil truck, baja pegas daun termasuk pada golongan baja karbon tinggi dengan kadar

karbon di antara 0,50% - 0,60% (berdasarkan tabel JIS G 4801, baja SUP 9). Diameter awal lubang *dies* adalah 5 mm, variabel pengurangan diameter tetap yaitu sekitar 20% dari diameter awal, hingga hasil diameter kawat akhir menjadi 4 mm, dengan variasi sudut dies 6°, 10°, 14°. Sedangkan bahan logam yang akan ditarik adalah Aluminium paduan berbentuk bulat pejal dengan diameter 5 mm dan panjang 280 mm.

Saat proses penarikan (*drawing*) berlangsung, maka gesekan akan terjadi antara permukaan luar batang logam yang ditarik (kawat) dan permukaan dalam lubang cetakan (*dies*) *wiredrawing*, besarnya luas permukaan yang bersentuhan dipengaruhi oleh kemiringan sudut lubang cetakan (*dies*), Semakin besar gaya gesekan pada permukaan dies dan permukaan kawat maka gaya untuk penarikan akan meningkat, gesekan tersebut akan mempengaruhi sifat fisik maupun sifat mekanik kawat yang telah ditarik. Untuk dapat mengetahui apa pengaruhnya terhadap sifat fisik dan mekanik dari bahan yang mengalami proses penarikan kawat (*wire drawing*) maka perlu dilakukan penelitian tentang pengaruh variasi sudut cetakan (*dies*).

Penelitian yang dilakukan perlu dibatasi agar lebih fokus, maka dari itu dibatasi pada : Bahan yang akan diuji adalah aluminium

paduan berbentuk bulat pejal dengan diameter awal 5 mm dan panjang 280 mm, variabel pengurangan diameter 20% dari 5 mm menjadi 4 mm dengan variasi sudut dies 6°, 10°, 14°, bahan cetakan (*dies*) menggunakan baja pegas daun pada mobil (*berdasarkan tabel JIS G 4801, baja SUP 9*, Proses penarikan kawat menggunakan pelumasan (*SAE 40*) dan Proses penarikan kontiniu pada temperatur suhu kamar ($\pm 32^\circ$ C). Penelitian ini bertujuan untuk menentukan; nilai derajat sudut dies yang terbaik digunakan pada mesin penarik kawat (*Wire Drawing*) Aluminium, menganalisa perubahan sifat fisik yang terjadi pada kawat aluminium setelah proses penarikan dingin dan pengaruh variasi sudut dies terhadap nilai kekuatan tarik. Manfaat dari penelitian ini adalah; sebagai acuan atau panduan terhadap industri yang bergerak dibidang penarikan kawat, terutama pengaruh variasi sudut cetakan dalam memilih sudut yang terbaik untuk bahan aluminium pada temperatur rendah atau kamar.

Teori

1. Penarikan Kawat

Untuk menentukan nilai pertambahan panjang (*elongation*) yang terjadi pada kawat saat proses penarikan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\epsilon = \frac{L_f - L_o}{L_o} \times 100 \% \quad \dots (1)$$

Dimana :

- Lf : Panjang Akhir Sampel (mm)
- Lo : Panjang Awal Sampel (mm)
- ϵ : Regangan sampel (*elongation*) (%)

Proses penarikan kawat ini dilakukan dua kali percobaan dari masing-masing variasi sudut dies dan kemudian diambil nilai rata-rata (*mean*) dari data-data nilai hasil percobaan penarikan tersebut, untuk mencari nilai rata-rata pada hasil pengujian menggunakan persamaan :

$$m = \frac{\sum x}{n} \quad \dots (2)$$

dimana :

- m : nilai rata-rata (mean)
- n : banyaknya pengujian yang dilakukan
- $\sum x$: jumlah nilai masing – masing pengujian

2. Uji tarik

Untuk mengetahui nilai kekuatan tarik (sifat-sifat mekanik) sampel aluminium setelah proses penarikan ini, maka harus dilakukan uji tarik terlebih dahulu, beban diberikan kepada spesimen yang ditarik secara konstan, Beban (P) dan pertambahan pajang (ϵ) adalah hasil langsung dari pengujian, sedangkan tegangannya adalah hasil bagi beban (P) dengan luas penampang sampel secara umum dapat dihitung dengan persamaan berikut :

➤ Luas Penampang Sampel :

$$A_o = \frac{\Pi}{4} D_o^2 \quad \dots (3)$$

dimana :

- Ao : Luas penampang sampel (mm²)
- Do : Diameter awal sampel (mm)

➤ Tegangan Maksimal :

$$\sigma_u = \frac{P_u}{A_o} \quad \dots (4)$$

dimana :

- σ_u : Tegangan Maksimal (Kgf/mm²)
- Pu : Beban Maksimal (Kgf)

➤ Tegangan Saat Putus :

$$\sigma_f = \frac{P_f}{A_o} \quad \dots (5)$$

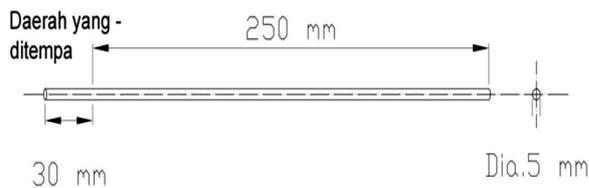
dimana :

- σ_f : Tegangan saat putus (Kgf/mm²)
- Pf : Beban saat putus (Kgf)

METODOLOGI

1. Sampel *wire drawing*

| No | Kegunaan | Dimensi | | Jumlah |
|----|--|---------|--------------|--------|
| | | Ø (mm) | Panjang (mm) | |
| 1 | Uji Tarik (Data Awal) | 5 | 140 | 2 |
| 2 | Untuk Proses Penarikan Kawat Uji Tarik (Setelah Proses penarikan kawat) | 5 | 280 | 6 |
| 3 | Proses penarikan kawat) | 4 | 132 | 9 |

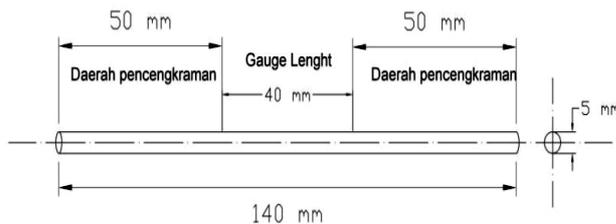


Gambar 1. Dimensi Sampel penarikan kawat

2. Sampel uji tarik

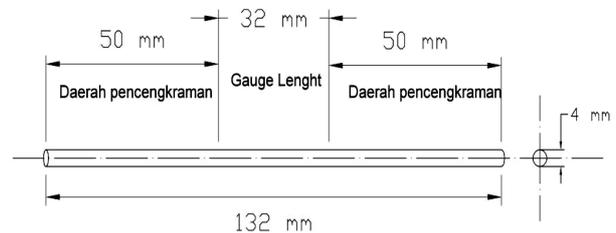
Material yang digunakan untuk penarikan kawat terlebih dahulu dilakukan uji tarik untuk mengetahui nilai kekuatan tarik awal, dan setelah material mengalami proses penarikan dilakukan hal yang sama. Prosedur uji tarik bahan sampel mengacu kepada standar uji U-39 krakatau steel menggunakan Standar Spesimen JIS 2201 No.2 dan Standar pengujian JIS 2241. Standar pengujian material menurut standar JIS 2201 No.2 adalah panjang *gauge length* sebesar delapan kali diameter spesimen yang akan di uji.

1. Dimensi sampel uji tarik untuk data awal, dengan panjang keseluruhan adalah sekitar 140 mm, diameter 5 mm.



Gambar 2. Dimensi Sampel Uji Tarik (untuk data awal).

2. Dimensi untuk uji tarik setelah mengalami proses penarikan adalah seperti gambar berikut dengan panjang keseluruhan sekitar 132 mm dengan diameter 4 mm.



Gambar 3. Dimensi Sampel Uji Tarik (Setelah melalui proses *Wire drawing*).

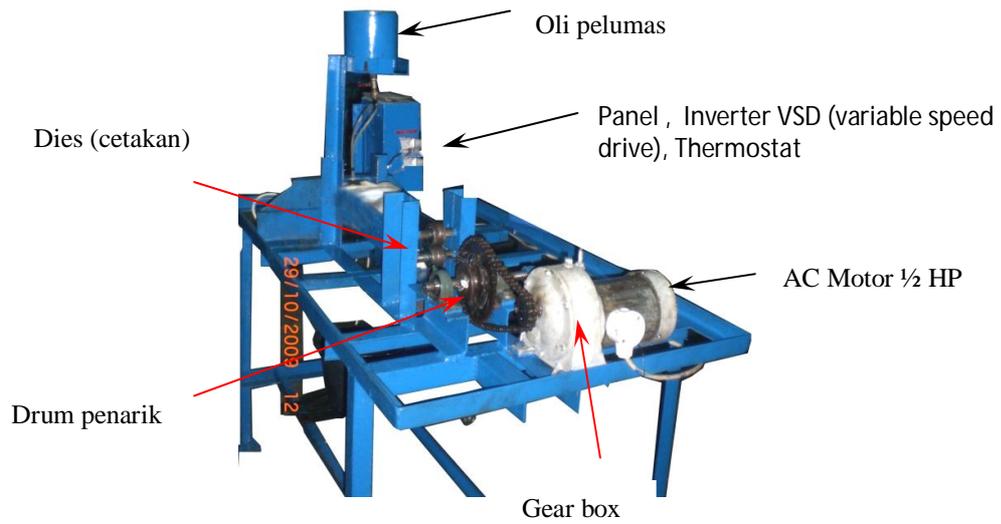
3. Alat Uji

1. *Wire Drawing*

Proses penarikan kawat (*Wire drawing*) dilakukan secara kontiniu dengan menggunakan mesin Penarik Kawat yang telah dibuat sebelumnya dengan data teknis umum sebagai berikut :

Tabel 2. Tabel data Teknis Mesin *Wire Drawing*.

| No | Data | Nilai | Satuan |
|----|--------------------------------|-------|--------|
| 1 | Daya Motor | 0,5 | HP |
| 2 | Putaran Motor | 1450 | Rpm |
| 3 | Rasio Putaran Gear Box | 50 | |
| 4 | Inverter (VSD) Altivar | 1 | Kw |
| 5 | Pemanas listrik c/w Thermostat | 200 | Watt |
| 6 | Diameter Shaft Penarik | 30 | mm |

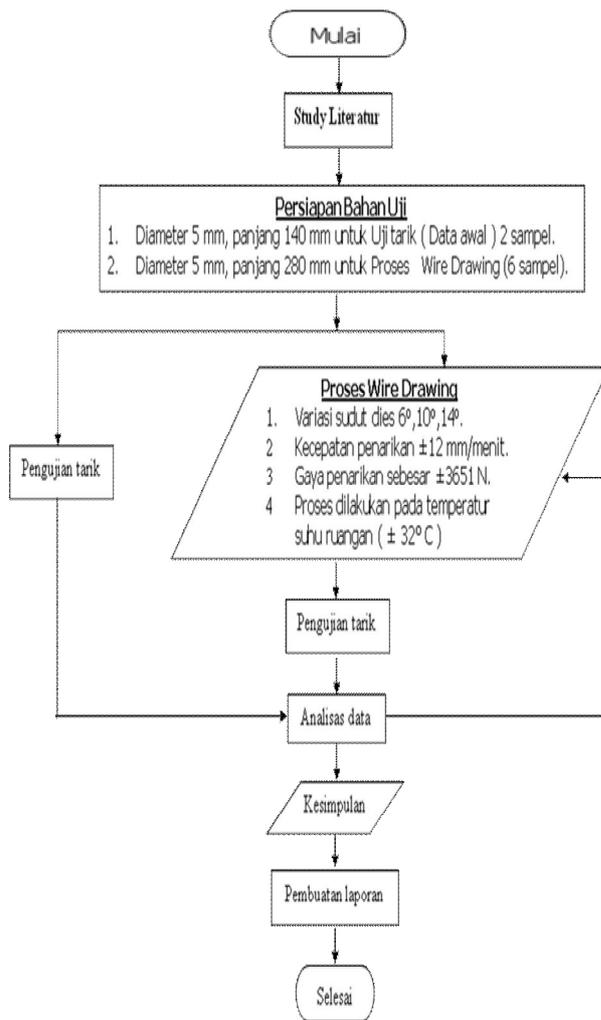


Gambar 4. Alat Wire Drawing



Gambar 5. Alat Uji Tarik

4. Diagram alir penelitian



HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses penarikan kawat



TAMPAK DARI ATAS



TAMPAK DARI DEPAN

Warna Biru (10°)
Warna Abu-abu (6°)
Warna Hitam (14°)



SAMPEL HASIL PENARIKAN

Gambar 7. Kawat hasil penarikan

Tabel 3. Data hasil Wire drawing aluminium

| Percobaan | Sudut Dies | Do (mm) | Df (mm) | Lo (mm) | Lf (mm) | Pertambahan panjang (%) | Waktu (s) | Kecepatan Wire Drawing (mm/s) | Arus Motor (Amp) |
|-----------|------------|---------|---------|---------|---------|-------------------------|-----------|-------------------------------|------------------|
| I | 6° | 5 | 4 | 250 | 390 | 56 | 31.7 | 12.30 | 0.5 |
| II | | 5 | 4 | 250 | 395 | 58 | 32.6 | 12.12 | 0.5 |
| Rata-rata | | | | | | 57 | 32.2 | 12.21 | 0.50 |
| I | 10° | 5 | 4 | 250 | 400 | 60 | 32.0 | 12.50 | 0.45 |
| II | | 5 | 4 | 250 | 397 | 59 | 31.5 | 12.60 | 0.5 |
| Rata-rata | | | | | | 59 | 31.8 | 12.55 | 0.48 |
| I | 14° | 5 | 4 | 250 | 372 | 49 | 29.8 | 12.48 | 0.5 |
| II | | 5 | 4 | 250 | 371 | 48 | 29.6 | 12.53 | 0.5 |
| Rata-rata | | | | | | 49 | 29.7 | 12.51 | 0.50 |

Tabel 4. Data Hasil Uji Tarik Aluminium sebelum Proses Penarikan

| Sampel | Do (mm) | Lo (mm) | Li (mm) | Ao (mm) | Pu (kgf) | Pf (kgf) | σ_u (Mpa) | σ_f (Mpa) | Elongation (%) |
|-----------|---------|---------|---------|---------|----------|----------|------------------|------------------|----------------|
| 1 | 5 | 40 | 44.15 | 19.63 | 387 | 109 | 197.27 | 55.54 | 10.4 |
| 2 | 5 | 40 | 44.20 | 19.63 | 392 | 96 | 199.49 | 48.92 | 10.5 |
| Rata-rata | 5 | 40 | 44.18 | 19.63 | 389.33 | 102.5 | 198.38 | 52.23 | 10.44 |

Tabel 5. Data Hasil Uji Tarik Aluminium Setelah Proses Penarikan

| Sudut Dies | Sampel | Do (mm) | Lo (mm) | Li (mm) | Ao mm ² | Pu (kgf) | Pf (kgf) | σ_u (Mpa) | σ_f (Mpa) | Elongation (%) |
|------------|-----------|---------|---------|---------|--------------------|----------|----------|------------------|------------------|----------------|
| 6° | 1 | 4 | 32 | 34.35 | 12.56 | 271 | 132 | 215.41 | 105.10 | 7.3 |
| | 2 | 4 | 32 | 34.55 | 12.56 | 255 | 92 | 203.19 | 73.25 | 8.0 |
| | 3 | 4 | 32 | 34.4 | 12.56 | 296 | 129 | 235.46 | 102.71 | 7.5 |
| | Rata-rata | 4 | 32 | 34.43 | 12.56 | 273.84 | 117.67 | 218.02 | 93.68 | 7.60 |
| 10° | 1 | 4 | 32 | 33.9 | 12.56 | 261 | 125 | 208.03 | 99.52 | 5.9 |
| | 2 | 4 | 32 | 33.6 | 12.56 | 294 | 154 | 234.43 | 122.61 | 5.0 |
| | 3 | 4 | 32 | 34 | 12.56 | 305 | 153 | 243.06 | 121.82 | 6.3 |
| | Rata-rata | 4 | 32 | 33.83 | 12.56 | 287.00 | 144.00 | 228.51 | 114.65 | 5.73 |
| 14° | 1 | 4 | 32 | 33.6 | 12.56 | 274 | 168 | 217.99 | 133.76 | 5.0 |
| | 2 | 4 | 32 | 33.5 | 12.56 | 286 | 110 | 227.43 | 87.58 | 4.7 |
| | 3 | 4 | 32 | 33.7 | 12.56 | 315 | 156 | 250.89 | 124.20 | 5.3 |
| Rata-rata | | 4 | 32 | 33.60 | 12.56 | 291.52 | 144.67 | 232.10 | 115.18 | 5.00 |

Tabel 6. Kreteria Pemilihan sudut Dies untuk Wire drawing Aluminium.

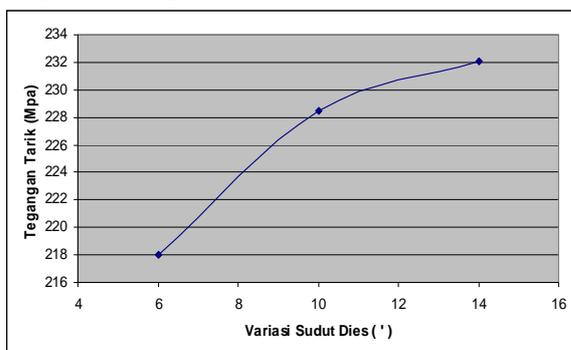
| Sudut Dies | Kecepatan Wire Drawing (mm/s) | Pertambahan panjang (%) | Arus Motor (Ampere) | Pengamatan Visual | Ket |
|------------|-------------------------------|-------------------------|---------------------|-----------------------|-----|
| 6° | 12.21 | 57 | 0.50 | Permukaan halus | x |
| 10° | 12.55 | 59 | 0.45 | Permukaan halus | v |
| 14° | 12.51 | 49 | 0.50 | Permukaan retak halus | x |

Tiap sampel hasil penarikan diperiksa, hasilnya menunjukkan terjadi pertambahan panjang dan pengecilan penampang, mengacu pada beberapa variabel tetap yaitu : sudut dies, kecepatan penarikan dengan settingan Inverter yang sama yaitu sebesar 8 HZ, dan daya motor. Jika dibandingkan ketiga hasil penarikan dengan variasi sudut dies, maka akan didapat perbedaan nilai hasil penarikan. Dimana pada penarikan dengan sudut dies 6° rata-rata pertambahan panjang sebesar 57%, waktu penarikan selama 32,2 detik, kecepatan penarikan sebesar 12,21 mm/s dan arus motor sebesar 0,5 amp, pada sudut dies 10° pertambahan panjang 59%, waktu penarikan selama 31,8 detik, kecepatan penarikan sebesar 12,55 mm/s dan arus pada motor 0,45 amp, dan pada sudut dies 14° pertambahan panjang 49%, waktu penarikan selama 29,7 detik, kecepatan penarikan sebesar 12,51 mm/s dan arus pada motor sebesar 0,5 amp. Pada tabel 6 adalah Kriteria Pemilihan Terhadap sudut Dies *Wire drawing* Aluminium.

Jadi setelah dianalisa apabila di ambil dari 3 (tiga) nilai parameter yaitu regangan, Kecepatan penarikan serta arus yang terpakai pada motor maka penulis dapat menyimpulkan bahwa penarikan kawat ini dengan variasi sudut 10° adalah yang terbaik yaitu nilai rata-rata regangan sebesar 59%, rata-rata kecepatan penarikan sebesar 12,55 mm/s dan nilai rata-rata arus yang terpakai pada motor sebesar 0,45 amp.

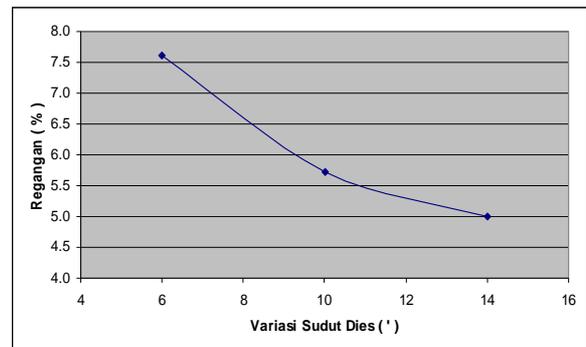
Pengujian Tarik

Data hasil uji tarik terhadap material aluminium setelah proses *Wire drawing* dengan variasi sudut dies diperoleh perbedaan tegangan tarik dan regangan sebagaimana yang dapat dilihat pada gambar 8 dan 9.



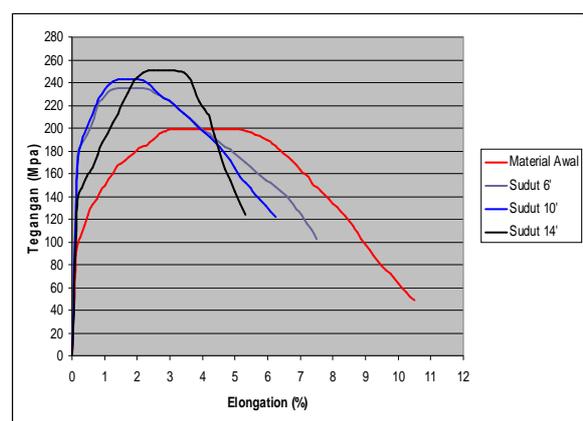
Gambar 8. Hubungan antara Variasi Sudut Dies dengan Tegangan Tarik

Jika dibandingkan dengan tegangan tarik material awal sebesar 198,38 Mpa, tegangan tarik setelah proses *wiredrawing* dengan sudut dies 6° meningkat menjadi 218,02 Mpa atau 9,9%, sudut dies 10° meningkat menjadi 228,51 Mpa atau 4,8% dan pada sudut dies 14° meningkat menjadi 232,10 Mpa atau sebesar 1,6 %.



Gambar 9. Hubungan antara Variasi Sudut Dies dengan Regangan

- Keadaannya berbanding terbalik terhadap nilai regangan dimana pada regangan material awal sebesar 0,104 mm atau sebesar 10,44% regangan pada sudut dies 6° mengalami penurunan menjadi 0,08 mm atau sebesar 7,2%, dan pada sudut dies 10° menjadi 0,06 mm atau sebesar 6,1% serta pada sudut dies 14° menjadi 0,05 mm atau sebesar 5,2 %.



Gambar 10. Grafik σ dan ϵ Uji Tarik aluminium dengan variasi Sudut Dies.

Jika dilihat pada tabel 4 dan 5, dibandingkan ketiga hasil penarikan variasi sudut dies dengan diameter keluaran yang sama ini maka

akan didapat perbedaan nilai pertambahan panjang, nilai kecepatan penarikan, waktu penarikan serta arus yang digunakan pada motor pada saat proses penarikan. Dimana pada penarikan Variasi sudut 6° rata-rata pertambahan panjang (elongation) sebesar 57 % waktu penarikan selama 32,2 detik, kecepatan penarikan sebesar 12,21 mm/s dan arus motor sebesar 0,5 ampere. Pada penarikan dengan variasi sudut 10° rata-rata pertambahan panjang sebesar 59 %, waktu penarikan selama 31,8 detik, kecepatan penarikan sebesar 12,55 mm/s dan arus pada motor 0,45 ampere. Sedangkan pada penarikan dengan sudut dies 14° rata-rata pertambahan panjang sebesar 49 % waktu penarikan selama 29,7 detik, kecepatan penarikan sebesar 12,51 mm/s dan arus pada motor sebesar 0,5 ampere. Maka diambil kesimpulan bahwa dies dengan diameter 4 mm dan sudut 10° adalah dies yang akan dipakai pada proses penelitian berikutnya.

Dari hasil pengujian tarik material setelah proses *Wire drawing*, diketahui bahwa keuletan material semakin menurun, hal ini dapat kita lihat pada gambar 10. dimana masing-masing nilai regangan saat putus setelah melalui proses *Wire drawing* terjadi regangan (*elongation*) yang lebih rendah dari nilai regangan material awal.

Jadi dari proses *Wire drawing* Aluminium dengan variasi sudut ini didapatkan bahwa dies dengan sudut 10° memiliki pertambahan panjang yang lebih besar dan daya motor sebagai penarik lebih kecil. Begitu juga terhadap hasil pengujian tarik, dimana nilai regangan dan tegangan berubah setelah proses *Wire drawing* dan sudut dies 10° menghasilkan pertambahan panjang terbesar (59%) dibandingkan sudut dies 6° dan 14° .

KESIMPULAN

1. Pada proses *Wire drawing* dengan sudut dies 10° mempunyai pertambahan panjang yang lebih besar dari variasi sudut dies lainnya. Hal ini dapat kita lihat dari pertambahan panjang material hasil proses *Wire drawing* dengan sudut 10° sebesar 59 % dan sudut 6° sebesar 57 % serta sudut 14° sebesar 49 % terhadap panjang awal,

ini menunjukkan sudut dies yang baik adalah sudut 10° .

2. Uji tarik terhadap material hasil *Wire drawing* ditemukan keuletan material mengalami penurunan dan berbanding terbalik dengan tegangan tarik material yang mengalami kenaikan. Penarikan dengan sudut dies 6° , kenaikan tegangan tarik sebesar 9,9%, sudut dies 10° mengalami kenaikan sebesar 4,8 %, serta sudut dies 14° kenaikan sebesar 1,6 % dari nilai tegangan tarik material awal yaitu 198,38 Mpa, regangan mengalami penurunan dari regangan awal, regangan dengan dies sudut 6° sebesar 7,2 %, dan pada sudut dies 10° sebesar 6,1%, serta pada sudut dies 14° sebesar 5,2 %.

DAFTAR PUSTAKA

- ASM International, 1998. *Metals Handbook Desk Edition*, Second Edition, USA
- ASM International, 1988. *ASM Handbook, Forming and Forging Volume 14*, USA.
- B.J.M. Beumer Ing, Ilmu Bahan Logam, Jilid I (Terjemahan B.S. Anwir), Jakarta : Biro Penerbit Bhratara.
- George E. Dieter, Mechanical Metallurgy, McGraw-Hill Book Company, Singapore, 1988
- Husaini Ardy, 1995. Proses Pengerjaan Logam, Institut Teknologi Bandung,
- Michael Ashby, 2007. *Materials Engineering, Science Processing and Design*, University of Cambridge, UK