

ANALISIS SIMULASI PENGARUH SUDUT CETAKAN TERHADAP GAYA DAN TEGANGAN PADA PROSES PENARIKAN KAWAT TEMBAGA MENGGUNAKAN PROGRAM ANSYS 8.0

I Komang Astana Widi

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang
Kampus 2 Jl. Karanglo Km.2 Malang

aswidi@yahoo.com

ABSTRAKSI

Selama ini proses pembuatan kawat menggunakan proses wire drawing hanya dilakukan oleh perusahaan-perusahaan, sehingga proses pembuatannya dan data perhitungan untuk mendapatkan cetakan yang sesuai, berapa besar gaya penarikan merupakan rahasia perusahaan. Oleh karena itu penulis mencoba untuk menganalisa pembuatan kawat menggunakan sistem wire drawing sehingga dapat digunakan sebagai pertimbangan semisal usaha kecil. Dan dalam analisa ini penulis menggunakan simulasi dengan bantuan software Ansys 8.0 untuk lebih menghemat biaya.

Analisis simulasi pengaruh sudut cetakan terhadap gaya dan tegangan pada proses penarikan kawat tembaga menggunakan program ansys 8.0 telah dilakukan pengamatan. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa Cetakan yang terbaik untuk mendapatkan kawat tembaga dari diameter 2 mm menjadi diameter 1 mm adalah menggunakan cetakan dengan sudut cetakan (θ) sebesar 15° , karena menghasilkan gaya tarikan dan tegangan terkecil yaitu $0,739.10^8$ Pa dengan gaya penarikan sebesar 557 N, sedangkan tegangan maksimal terjadi pada sudut cetakan (θ) sebesar 5° yaitu sebesar $0,116.10^9$ Pa, namun hasil ini masih di bawah tegangan ijin kawat tembaga yaitu sebesar $0,38.10^9$ Pa sehingga kegagalan penarikan kawat dengan sudut tersebut tidak akan terbentuk.

Kata Kunci : wire drawing, tegangan, gaya, sudut cetakan.

PENDAHULUAN

Kawat dalam dunia industri keberadaannya sangatlah penting, karena kawat banyak digunakan diberbagai bidang, seperti : bidang permesinan, konstruksi bangunan, jaringan listrik, telekomunikasi, elektronika dan lain-lain. Karena itu kawat tidak dapat dipisahkan keberadaannya dari dunia industri.

Teknologi yang digunakan dalam proses pembuatan kawat menggunakan Teknologi Metal Forming dengan proses *Wire Drawing*. Proses wire drawing merupakan proses pembentukan logam dimana suatu logam direduksi penampangnya dengan cara menarik logam disalah satu ujungnya dengan menggunakan peralatan tarik.

Dalam proses pembuatan kawat pertama-tama dilakukan pengerolan terhadap batang kawat sehingga ujung batang kawat tersebut bisa masuk kedalam lubang cetakan, dan dalam proses penarikan kawat akan melalui beberapa celah cetakan (die) sehingga batang kawat akan mengalami penurunan dimensi/ukuran sehingga bisa didapatkan ukuran diameter kawat yang diinginkan.

Pada prinsipnya proses *wire drawing* adalah batang kawat ditarik melalui beberapa *dies* guna didapat ukuran yang diinginkan. Pada proses penarikan kontinyu kawat ditarik melalui beberapa *dies*, dengan demikian kawat mengalami deformasi maksimal sebelum memerlukan anil.

Prinsip penarikan batang kawat pada dasarnya sama, walaupun peralatan yang digunakan berbeda untuk ukuran produk yang berlainan. Batang dan tabung yang tidak dapat digulung diproduksi pada mesin tarik. Batang ditusuk dengan penusuk dimasukkan ke cetakan dan dijepit pada kepala tarik. Kepala tarik digerakkan oleh mekanisme hidrolis.

Penarikan kawat dimulai dengan pengerolan panas batang kawat. Mula-mula batang dibersihkan untuk menghilangkan kerak yang dapat mengakibatkan cacat permukaan dan keausan cetakan yang berlebihan. Tahap berikutnya adalah persiapan batang agar pelumasan efektif. Untuk menghasilkan kekuatan kawat yang tinggi, diperlukan persiapan yang lunak dengan kapur atau lapisan tipis tembaga atau timah putih. Selain itu sering pula digunakan lapisan konversi seperti sulfat atau aksalat. Bahan ini dipergunakan disamping pelumas, seperti sabun pada penarikan kering. Pada penarikan basah cetakan dan batang seluruhnya tercelup dalam minyak pelumas.

Bila diameter batang cukup kecil sehingga dapat digulung, maka dapat digunakan blok penggulung sehingga ruang yang digunakan tidak terlalu luas. Karena pada umumnya reduksi penampang setiap pas tarik tidak lebih dari 30-40 persen, maka diperlukan reduksi ganda untuk mencapai reduksi keseluruhan. Mesin blok ganda dengan satu cetakan dan satu blok tarik untuk setiap reduksi adalah umum. Karena diameter kawat berkurang setelah melalui pas tertentu, kecepatan dan panjang kawat bertambah. Jadi kecepatan setiap blok tarik harus bertambah besar agar tidak

terjadi slip antara kawat dan blok. Hal ini dapat dicapai bila kecepatan setiap blok tarik dikendalikan oleh motor sendiri. Akan tetapi untuk menghemat energi digunakan satu motor listrik untuk menjalankan kerucut bertingkat. Diameter setiap kerucut dirancang sedemikian rupa sehingga kecepatannya sebanding dengan reduksi penampang tertentu.

Bila kecepatan kawat dan kecepatan blok gulung tidak sesuai, kawat menggeser pada blok sewaktu berputar dan menyebabkan terjadinya gesekan. Kecepatan tarik pada mesin cetakan ganda dapat mencapai 600 m/menit untuk penarikan kawat besi/baja dan 2000 m/menit untuk kawat bukan besi.

Operasi penarikan menurut temperatur kerjanya dapat dibagi menjadi dua macam yaitu : penarikan panas dan penarikan dingin. Pada penarikan panas benda kerja dipanaskan terlebih dahulu sampai mencapai temperatur diatas temperatur rekristalisasi dari logam. Besarnya temperatur rekristalisasi dari masing-masing logam tidak sama dimana besarnya dipengaruhi oleh jenis logam maupun paduannya. Sedangkan penarikan dingin merupakan penarikan yang dilakukan pada temperatur dibawah temperatur rekristalisasi. Karena sifat tembaga murni adalah ulet maka operasi penarikan kawat tembaga dilakukan dengan penarikan dingin.

Proses wire drawing menggunakan dies yang berbentuk kerucut. Selama melalui dies, kawat mengalami deformasi plastis dan terjadi penyusutan diameter. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam proses wire drawing adalah :

1. Gaya luar dan tegangan yang diperlukan untuk mengerjakan drawing.

2. Reduksi maksimum yang mungkin dilakukan bila gaya luar maksimum diterapkan.

3. Kondisi optimal dari proses yaitu sudut dies optimal.

Teknik penarikan kawat dibagi menjadi dua kelompok utama, yaitu :

1. Penarikan logam besi.
2. Penarikan logam bukan besi.

Kelompok kedua dapat dibagi lagi menjadi penarikan logam bukan besi yang berat seperti tembaga dan penarikan logam bukan besi yang ringan seperti aluminium.

Ansys 8.0 adalah perangkat lunak atau juga dapat dikatakan software yang dapat digunakan untuk menyelesaikan berbagai kasus dibidang struktur, termal dan fluida. Perangkat lunak (software) ini berbasis pada metode elemen. Perangkat lunak (software) ini sangat berguna untuk diterapkan pada bidang konstruksi.

Perangkat lunak (*software*) ANSYS 8.0 yang menggunakan dasar prinsip metode elemen hingga, disini akan dijelaskan sedikit mengenai metode elemen hingga tetapi dalam analisis tegangan ini tidak dibahas mengenai metode elemen hingga.

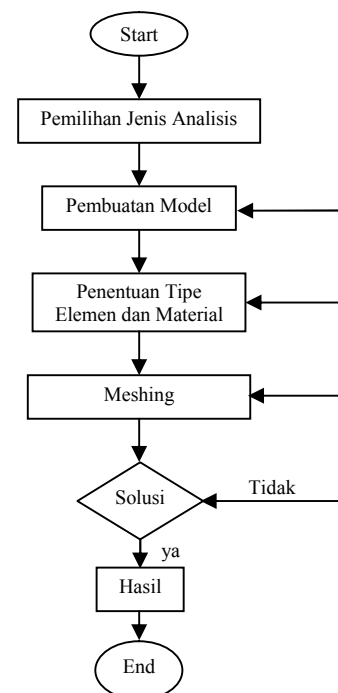
Bila suatu kontinum dibagi-bagi menjadi beberapa bagian yang lebih kecil. Bagian-bagian ini disebut elemen hingga. Proses pembagian suatu kontinum menjadi elemen hingga ini sering dikenal sebagai proses diskritisasi (pembagian). Dinamakan elemen hingga karena ukuran elemen kecil ini berhingga (bukannya kecil tidak berhingga) dan umumnya memiliki bentuk geometri yang lebih sederhana dibandingkan dengan kontinumnya. Dengan menggunakan metode elemen hingga dapat dirubah

masalah yang memiliki jumlah derajat kebebasan tidak berhingga menjadi suatu masalah dengan derajat lebih sederhana. Derajat kebebasan dapat didefinisikan sebagai suatu perpindahan bebas (tidak diketahui) yang dapat terjadi di suatu titik. Perpotongan antar elemen dinamakan simpul atau titik simpul dan permukaan antar elemen-elemen disebut garis simpul dan bidang simpul.

METODOLOGI PENELITIAN

Diagram Alir

Software Ansys 8.0 mempunyai cara-cara sistematis dalam menganalisis suatu persoalan. Adapun diagram alurnya sebagai berikut :



Gambar 3.1. Alur Program Ansys 8.0

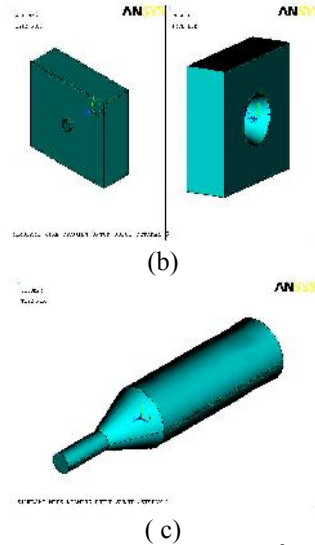
Data Material

Pada proses pembuatan kawat dengan *wire drawing*, menggunakan dua jenis bahan yaitu untuk cetakan dan kawat dengan spesifikasi sebagai berikut :
Cetakan

- Bahan = Baja ST 37
- Massa jenis = 7850 kg/m^3
- Angka poisson = 0,3
- Modulus elastisitas = $1,99 \times 10^{11} \text{ Pa}$
- Tegangan ijin = $9,99.10^8 \text{ Pa}$

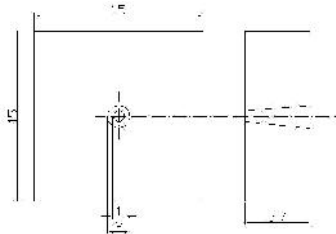
Kawat

- Diameter awal = 2 mm
 - Diameter akhir = 1 mm
 - Bahan = Tembaga (C22000)
 - Massa jenis = 8880 kg/m^3
 - Angka poisson = 0,285
 - Modulus elastisitas = $1,31 \times 10^{11} \text{ Pa}$
 - Tegangan ijin = $9,65.10^8 \text{ Pa}$
 - Koefisien gesek = 0,22
- (Sumber; Oberg, Erik, 2000, Machinery's Handbook, New York, Industrial Press Inc)



Gambar 3.5. sudut cetakan (θ) 5^0 a) Model Simulasi wire drawing b). Model cetakan c). Model kawat

Dimensi awal cetakan

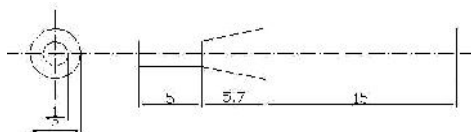


Gambar 3.2 Dimensi awal cetakan

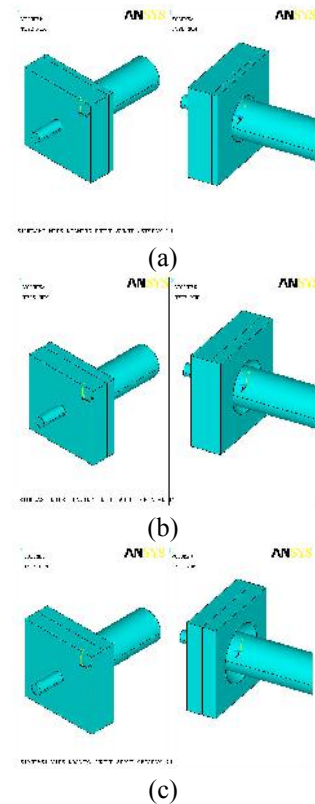


Gambar 3.3 Sudut cetakan

Dimensi Awal kawat

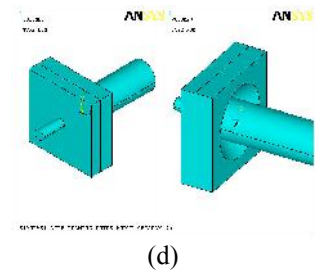
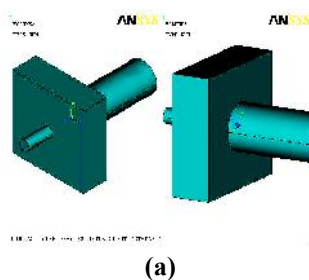


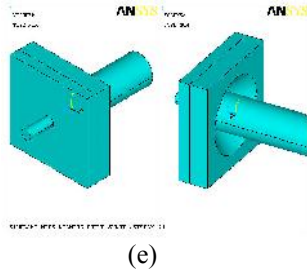
Gambar 3.4 Dimensi awal kawat



HASIL DAN DISKUSI

Pemodelan Simulasi



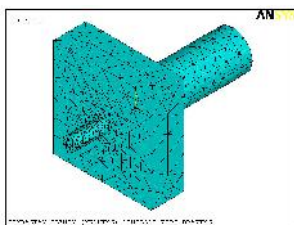


Gambar 3.6. Model Simulasi *wire drawing* dengan sudut cetakan a). 10^0 b). 15^0 c). 20^0 d). 25^0 e). 30^0

Penentuan Tipe Elemen dan Spesifikasi Bahan
 ANSYS 8.0 menyediakan 133 jenis elemen yang bisa digunakan untuk berbagai macam jenis analisis. Untuk penentuan dari tipe elemen dari suatu benda yang dianalisis tergantung dari bentuk benda, model analisis yang akan di lakukan dan bentuk elemen yang akan digunakan. Untuk analisis *wire drawing*, elemen yang digunakan adalah Solid 92. Dimana Solid 92 adalah berbentuk elemen segi tiga yang mempunyai sepuluh node dan setiap node mempunyai enam DOF.

Deskritisasi atau Pembagian Elemen

Deskritisasi atau pembagian elemen dilakukan dengan proses yang dinamakan *meshing*. Dengan menggunakan dasar metode elemen hingga, bentuk elemen adalah elemen segi tiga (*10-node tetrahedral structural solid*) didapatkan :



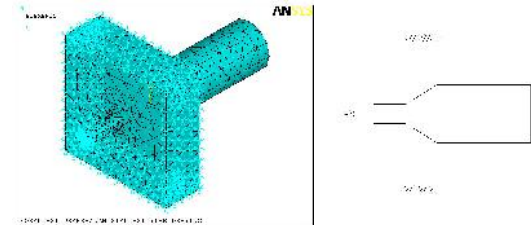
Gambar 4.1. Pembagian Elemen (*meshing*)

Penyelesaian atau solusi

Langkah solusi meliputi pemberian tumpuan (*displacement*). Untuk pemberian tumpuan di berikan tumpuan

untuk semua arah (*All Dof*) pada cetakan karena pada waktu melakukan kerja, cetakannya tidak bergerak.

Sedangkan untuk kawat diberikan tumpuan arah sumbu Z karena kawat ditarik ke arah sumbu Z sebesar 0,005 m

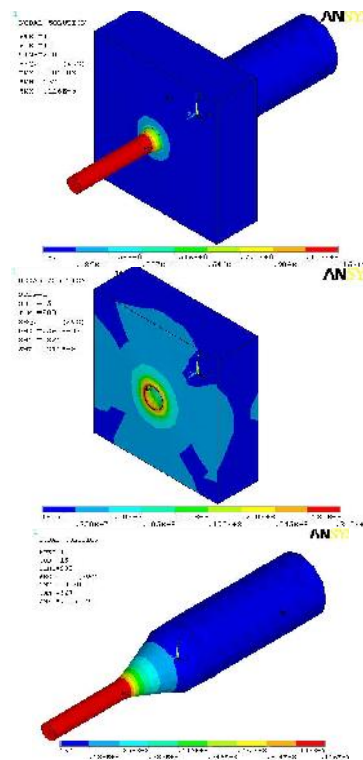


Gambar 4.2. Free body diagram pembebanan pada *wire drawing*

Hasil Simulasi Ansys 8.0

Hasil analisa tegangan

Untuk pemodelan simulasi dengan sudut cetakan (θ) 5^0



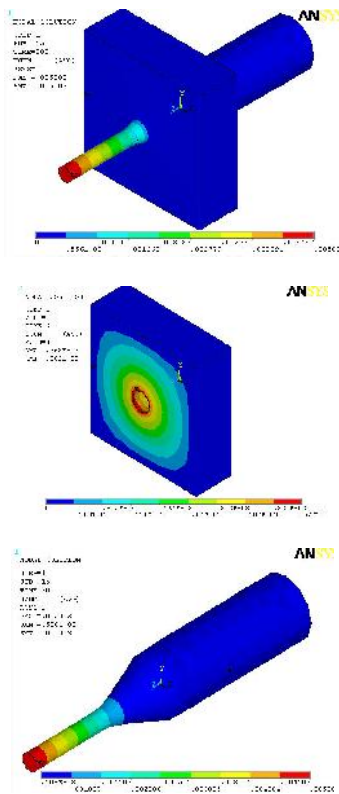
Gambar 4.3. Kontur tegangan yang terjadi pada simulasi *wire drawing*

Dari hasil analisis yang dikerjakan pada simulasi *wire drawing* menggunakan program Ansys 8.0

didapatkan hasil tegangan yang berupa kontur seperti terlihat pada gambar 4.11 di atas. Dimana tegangan maksimum terdapat pada daerah yang ditunjukkan dengan warna merah yaitu di sekitar ujung kawat yang ditarik yaitu sebesar $0,116.10^9$ Pa, sedangkan daerah yang ditunjukkan dengan warna biru merupakan daerah yang mengalami tegangan minimum sebesar 567 Pa, akan tetapi pada kenyataannya daerah tersebut memiliki nilai yang berbeda.

Hasil analisa defleksi

Untuk pemodelan simulasi dengan sudut cetakan (θ) 5^0



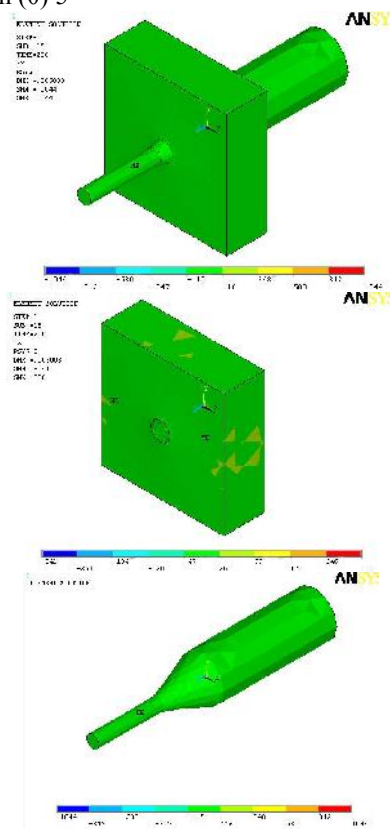
Gambar 4.4. Kontur defleksi yang terjadi pada simulasi *wire drawing*

Dari hasil analisis yang dikerjakan pada simulasi *wire drawing* menggunakan program Ansys 8.0 didapatkan hasil defleksi yang berupa kontur seperti terlihat pada gambar 4.12 di atas. Dimana defleksi maksimum

terdapat pada daerah yang di tunjukkan dengan warna merah yaitu di ujung kawat yaitu sebesar $0,005003$ m, sedangkan daerah yang di tunjukkan dengan warna biru merupakan daerah yang mengalami defleksi minimum sebesar $0,508.10^{-3}$ m, akan tetapi pada kenyataannya daerah tersebut memiliki nilai yang berbeda.

Hasil analisa gaya

Untuk pemodelan simulasi dengan sudut cetakan (θ) 5^0



Gambar 4.5. Kontur gaya yang terjadi simulasi *wire drawing*

Dari hasil analisis yang dikerjakan pada simulasi *wire drawing* menggunakan program Ansys 8.0 didapatkan hasil gaya yang berupa kontur seperti terlihat pada gambar 4.13 di atas. Dimana gaya maksimum terdapat pada daerah yang di tunjukkan dengan warna merah, yang pada penggambaran ini tidak

tampak atau tidak memenuhi syarat warna merah, dimana gaya maksimal yang terjadi sebesar 669 N.

PEMBAHASAN

Perhitungan Manual

Pada perhitungan manual untuk mendapatkan kawat tembaga dengan diameter 2 mm menjadi 1 mm, didapatkan perhitungan sebagai berikut :
Reduksi (r)

$$r = \frac{A_b - A_a}{A_b} \dots(\text{Dieter, 1996 ; 250})$$

dimana :

- A_a = Diameter akhir kawat = 1 mm
- A_b = Diameter awal kawat = 2 mm

Maka :

$$r = \frac{2-1}{2} = 0,5$$

Regangan bidang (ε)

$$\begin{aligned} \epsilon &= \ln \frac{1}{1-r} \\ &= \ln \frac{1}{1-0,5} \\ &= 0,69 \end{aligned}$$

Tegangan alir (σ)

$$\sigma = \frac{K \cdot \epsilon^n}{n+1} \dots(\text{Dieter, 1996 ; 250})$$

Dimana

- K = Koefisien kekuatan pada bahan tembaga (319,92 MPa)
 - n = eksponen pengerasan regangan pada bahan tembaga (0,54)
- maka :

$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{319,92 \times 0,69^{0,54}}{0,54+1} \\ &= 170,02 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Tegangan tarik (σ_a)

$$\begin{aligned} \sigma_a &= \sigma \left(\frac{1+B}{B} \right) \left[1 - \left(\frac{A_a}{A_b} \right)^B \right] \\ &(\text{Dieter, 1996 ; 250}) \end{aligned}$$

Dimana :

$$B = \mu \cotg \alpha = \frac{\mu}{\tan \alpha}$$

Dengan μ = koefisien gesek = 0,22 dan α = sudut cetakan

Dan gaya tarik (F)

$$F = \sigma_a \cdot A$$

Maka :

Untuk sudut cetakan (α) 5°

$$\begin{aligned} B &= \frac{0,22}{\tan 5} \\ &= 2,51 \\ \sigma_a &= 170,02 \left(\frac{1+2,51}{2,51} \right) \left[1 - \left(\frac{1}{2} \right)^{2,51} \right] \\ &= 196,02 \text{ MPa} \\ F &= 196,02 \times 3,14 \cdot 0,001^2 \\ &= 615,5 \text{ N} \end{aligned}$$

Pembahasan diambil dari hasil simulasi menggunakan Ansys 8.0 dan perhitungan manual, dan dapat ditabelkan sebagai berikut :

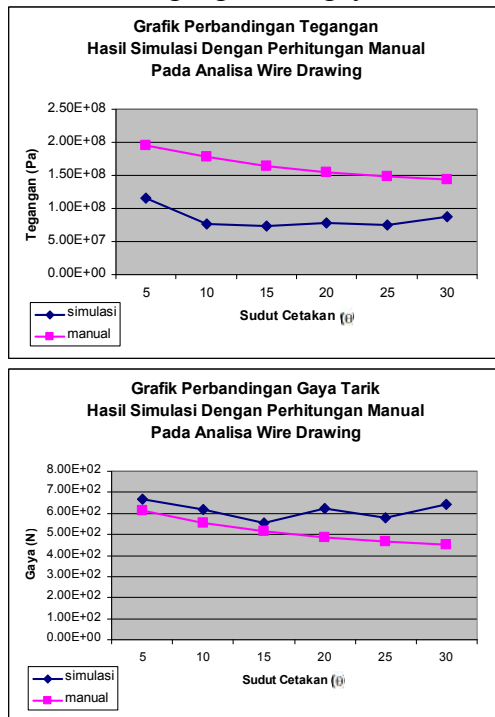
Tabel hasil tegangan

No.	Sudut Cetakan (θ)	Tegangan Hasil Simulasi (Pa)	Tegangan Hasil Perhitungan (Pa)
1.	5	0,116.10 ⁹	0, 19602.10 ⁹
2.	10	0,767.10 ⁸	0, 177364.10 ⁹
3.	15	0,739.10 ⁸	0, 163608.10 ⁹
4.	20	0,774.10 ⁸	0, 154263.10 ⁹
5.	25	0,755.10 ⁸	0, 147849.10 ⁹
6.	30	0,881.10 ⁸	0, 143144.10 ⁹

Tabel hasil gaya

No.	Sudut Cetakan (θ)	Gaya Hasil Simulasi (N)	Gaya Hasil Perhitungan (N)
1.	5	669	615,5
2.	10	620	556,92
3.	15	557	513,73
4.	20	625	484,86
5.	25	579	464,24
6.	30	641	449,47

Grafik hasil tegangan dan gaya



Sebagai pembandingan hasil simulasi dilakukan perhitungan manual, dari diameter awal 2 mm dan diameter akhir 1 mm, reduksi sebesar 0,5 dan regangan bidang sebesar 0,69 didapatkan masing-masing nilai untuk tegangan yang terjadi dan gaya yang dibutuhkan untuk tiap masing-masing sudut cetakan.

Sudut cetakan ditentukan dari sudut terkecil sebesar 5^0 sampai dengan sudut terbesar sebesar 30^0 dengan lebar cetakan yang tetap. Variabel sudut yang bervariasi dipilih karena dengan berubahnya sudut cetakan maka lebar cetakan untuk bidang persinggungan antara kawat dan cetakan juga berubah.

Dengan sudut cetakan yang bervariasi didapatkan tegangan tarik dan gaya tarik minimal yang dibutuhkan untuk dapat membentuk kawat dari diameter 2 mm menjadi diameter 1 mm.

Dari perbandingan tegangan hasil simulasi dan perhitungan manual dapat dilihat semakin besar sudut cetakan maka

tegangan yang terjadi cenderung menurun. Pada perhitungan manual penurunan tegangan pada variasi sudut cetakan diakibatkan semakin turunnya ketebalan kawat yang diakibatkan kenaikan sudut cetakan. Sedangkan dalam perhitungan secara simulasi tegangan yang terjadi dan dihasilkan cenderung bervariasi tetapi tetap cenderung turun. Hal ini disebabkan karena didalam simulasi terjadi ketidaksemaan bidang kontak antara kawat tembaga dengan cetakan yang diakibatkan ukuran pembagian elemen (meshing) yang berbeda, begitu juga yang terjadi pada hasil gaya (F) yang dibutuhkan untuk membentuk kawat dari diameter 2mm menjadi 1mm.

Sedangkan selisih nilai yang terjadi antara perhitungan manual dan simulasi, karena tegangan yang terjadi pada perhitungan manual berdasarkan dari gaya tarik minimal yang dibutuhkan untuk membentuk kawat. Sedangkan didalam simulasi tegangan yang terjadi merupakan tegangan konstan setelah terjadi penarikan oleh gaya pada pergeseran selang jarak tertentu.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil analisa *wire drawing* pada pembuatan kawat menggunakan simulasi dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Cetakan yang terbaik untuk mendapatkan kawat tembaga dari diameter 2 mm menjadi diameter 1 mm adalah menggunakan cetakan dengan sudut cetakan (θ) sebesar 15^0 ,

karena menghasilkan gaya tarikan dan tegangan terkecil.

2. Tegangan terkecil pada simulasi sebesar $0,739 \cdot 10^8$ Pa yang terjadi pada sudut cetakan (θ) sebesar 15° , dimana merupakan tegangan terkecil yang terjadi untuk mendapatkan kawat tembaga dari diameter 2 mm menjadi 1 mm.
3. Gaya penarikan kawat tembaga pada sudut cetakan (θ) sebesar 15° adalah sebesar 557 N, dimana merupakan gaya tarikan terkecil untuk mendapatkan kawat tembaga dari diameter 2 mm menjadi 1 mm.
4. Tegangan maksimal yang terjadi pada pembuatan kawat pada sudut cetakan (θ) sebesar 5° adalah sebesar $0,116 \cdot 10^9$ Pa, masih di bawah tegangan ijin kawat tembaga sebesar

$0,38 \cdot 10^9$ Pa sehingga tidak terjadi patah pada saat penarikan.

Saran

Dari hasil simulasi *wire drawing* untuk pembuatan kawat tembaga diharapkan dapat dijadikan acuan untuk pembuatan kawat tembaga dengan cara *wire drawing* yang sebenarnya, serta dapat dilakukan simulasi selanjutnya dengan memasukkan komponen-komponen lainnya seperti pelumasan, perlakuan panas dan lain-lain.

DAFTAR PUSTAKA

1. Sriati Djaprie, Metalurgi mekanik, penerbit Erlangga, Jakarta 1988, hal.274.
2. Gere dan Timoshenko, Mekanika Bahan, Penerbit Erlangga, hal. 10