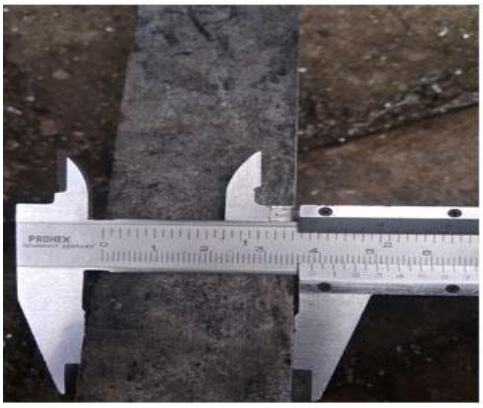
LAMPIRAN

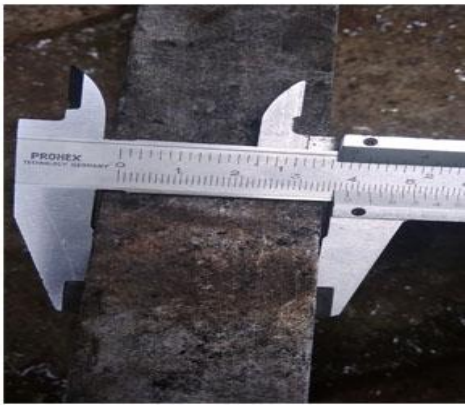
A. Persiapan Bahan

B. Pengecora

C. Homogenizing

D. Proses Tempa





E. Pembuatan Spesimen

a) Spesimen Uji Tarik




b) Pengujian


c) Perhitungan Data Uji Tarik

1.1.1 Perhitungan Uji Tarik Panas T= 350^{o}C dan V= 1 mm/detik

Tabel 4.2 Data Sampel A1

Dimensi Awal (mm)	6,18 mm x 4,86 mm
Luas Penampang Awal/A_o (mm^2)	30 mm^2
Dimensi Akhir (mm)	6 mm x 4 mm
Luas Penampang Akhir/A_f (mm^2)	24 mm^2
Panjang Ukur/Gage Length (mm)	24 mm
Beban Yield (P_y)	450 Kgf
Beban Maksimum (P_{uts})	600 Kgf
Beban Putus (P_f)	144 Kgf
ΔL_y	1,38 mm
ΔL_{uts}	2,16 mm
ΔL_f	2,17 mm
Koefisien Kekuatan/K	690 Mpa=70,36 Kgf/mm^2
Koefisien Pengerasan Regang/n	0,16
Koefisien Kekuatan/C	172,5 Mpa=17,59 Kgf/mm^2
Sensitivitas Laju Regangan/m	0,1

a. Tegangan Teknik dan Regangan Teknik

Tegangan Teknik

$\sigma_y = \frac{P_y}{A_o} = \frac{450}{30} = 15$ Kgf/mm^2

$\sigma_{uts} = \frac{P_{uts}}{A_o} = \frac{600}{30} = 20$ Kgf/mm^2

$\sigma_f = \frac{P_f}{A_o} = \frac{144}{30} = 4{,}8$ Kgf/mm^2

Regangan Teknik

$\varepsilon_y = \frac{\Delta L_y}{Lo} = \frac{1{,}38}{24} = 0{,}0575$

$\varepsilon_{uts} = \frac{\Delta L_{uts}}{Lo} = \frac{2{,}16}{24}$ 0,09

$\varepsilon_f = \frac{\Delta L_f}{Lo} = \frac{2{,}17}{24} = 0{,}0904$

b. Modulus Elastisitas

E= σ_y/ε_y = 15/5,75= 2,61

c. Reduksi Penampang

q = $\frac{Ao-Af}{Ao}$ x 100%= $\frac{30-24}{30}$ x 100% = 20%

d. Tegangan Sejati (σ_T) dan Regangan Sejati (ε_T)

Tegangan Sejati (σ_T) = σ (1+ ε)

$\sigma_{Ty} = \sigma_y (1+ \varepsilon_y)$ = 15 (1+ 0,0575)= 15,86 *Kgf/mm*^{2}

$\sigma_{Tuts} = \sigma_{uts} (1+ \varepsilon_{uts})$ = 20 (1+ 0,09)= 21,8 *Kgf/mm*^{2}

$\sigma_{Tf} = \sigma_f (1+ \varepsilon_f)$ = 4,8 (1+ 0,0904)= 5,23 *Kgf/mm*^{2}

Regangan Sejati (ε_T) = Ln (1+ ε)

ε_{Ty} = Ln (1+ ε_y) = Ln (1+ 0,0575) = 0,0559

ε_{Tuts} = Ln (1+ ε_{uts}) = Ln (1+ 0,09) = 0,0862

ε_{Tf} = Ln (1+ ε_f) = Ln (1+ 0,0904) = 0,0865

e. Tegangan Alir/Flow Stress (σ_F)

$$\sigma_F = K.\varepsilon_T^{\,n}$$

$\sigma_{Fy} = K.\varepsilon_{Ty}^{\,n}$ = 70,36 . $0,0559^{0,16}$ = 46,89

$\sigma_{Futs} = K.\varepsilon_{Tuts}^{\,n}$ = 70,36 . $0,0862^{0,16}$ = 48,45

$\sigma_{Ff} = K.\varepsilon_{Tf}^{\,n}$ = 70,36 . $0,0865^{0,16}$ = 49,39

f. Hubungan Tegangan Alir (σ_F) dengan Laju Penarikan ($\dot{\varepsilon}$)

$\sigma_F = C.\dot{\varepsilon}^m$ = 17,59. $1^{0,1}$ = 17,59

1.1.2 Perhitungan Uji Tarik Panas T= 350^{o}C dan V= 0,1 mm/detik

Tabel 4.3 Data Sampel B1

Dimensi Awal (mm)	6,36 mm x 5 mm
Luas Penampang Awal/A_o (mm^2)	31,8 mm^2
Dimensi Akhir (mm)	6 mm x 4,8 mm
Luas Penampang Akhir/A_f (mm^2)	28,8 mm^2
Panjang Ukur/Gage Length (mm)	24 mm
Beban Yield (P_y)	445,2 Kgf
Beban Maksimum (P_{uts})	540,6 Kgf
Beban Putus (P_f)	120 Kgf
ΔL_y	1,92 mm
ΔL_{uts}	2,45 mm
ΔL_f	2,78 mm
Koefisien Kekuatan/K	690 Mpa=70,36 Kgf/mm^2
Koefisien Pengerasan Regang/n	0,16
Koefisien Kekuatan/C	172,5 Mpa=17,59 Kgf/mm^2
Sensitivitas Laju Regangan/m	0,1

a. Tegangan Teknik dan Regangan Teknik

Tegangan Teknik

$\sigma_y = \frac{P_y}{A_o} = \frac{445,2}{31,8} = 14$ Kgf/mm^2

$\sigma_{uts} = \frac{P_{uts}}{A_o} = \frac{540,6}{31,8} = 17$ Kgf/mm^2

$\sigma_f = \frac{P_f}{A_o} = \frac{120}{31,8} = 3,77$ Kgf/mm^2

Regangan Teknik

$\varepsilon_y = \frac{\Delta L_y}{Lo} = \frac{1,92}{24} = 0,08$

$\varepsilon_{uts} = \frac{\Delta L_{uts}}{Lo} = \frac{2,45}{24} = 0,1020$

$\varepsilon_f = \frac{\Delta L_f}{Lo} = \frac{2,78}{24} = 0,1158$

b. Modulus Elastisitas

E= σ_y/ε_y = 14/8= 1,75

b. Reduksi Penampang

q = $\frac{Ao-Af}{Ao}$ x 100%= $\frac{31,8-28,8}{31,8}$ x 100% = 9,43%

c. Tegangan Sejati (σ_T) dan Regangan Sejati (ε_T)

Tegangan Sejati (σ_T) = σ (1+ ε)

$\sigma_{Ty} = \sigma_y (1+ \varepsilon_y)$ = 14 (1+ 0,08)= 15,08 *Kgf/mm*^{2}

$\sigma_{Tuts} = \sigma_{uts} (1+ \varepsilon_{uts})$ = 17 (1+ 0,1020)= 18,73 *Kgf/mm*^{2}

$\sigma_{Tf} = \sigma_f (1+ \varepsilon_f)$ = 3,77 (1+ 0,1158)= 4,21 *Kgf/mm*^{2}

Regangan Sejati (ε_T) = Ln (1+ ε)

ε_{Ty} = Ln (1+ ε_y) = Ln (1+ 0,08) = 0,0769

ε_{Tuts} = Ln (1+ ε_{uts}) = Ln (1+ 0,1020) = 0,0971

ε_{Tf} = Ln (1+ ε_f) = Ln (1+ 0,1158) = 0,1096

d. Tegangan Alir/Flow Stress (σ_F)

$$\sigma_F = K.\varepsilon_T^{\,n}$$

$\sigma_{Fy} = K.\varepsilon_{Ty}^{\,n}$ = 70,36 . $0,0769^{0,16}$ = 46,67

$\sigma_{Futs} = K.\varepsilon_{Tuts}^{\,n}$ = 70,36 . $0,0971^{0,16}$ = 48,17

$\sigma_{Ff} = K.\varepsilon_{Tf}^{\,n}$ = 70,36 . $0,1096^{0,16}$ = 48,21

e. Hubungan Tegangan Alir (σ_F) dengan Laju Penarikan ($\dot{\varepsilon}$)

$\sigma_F = C.\dot{\varepsilon}^m$ = 17,59. $0,1^{0,1}$ = 13,97

1.1.3 Perhitungan Uji Tarik Panas T= 350^{o}C dan V= 0,01 mm/detik

Tabel 4.4 Data Sampel C1

Dimensi Awal (mm)	6,3 mm x 4,95 mm
Luas Penampang Awal/A_o (mm^2)	31,2 mm^2
Dimensi Akhir (mm)	6,1 mm x 4,85 mm
Luas Penampang Akhir/A_f (mm^2)	29,59 mm^2
Panjang Ukur/Gage Length (mm)	24 mm
Beban Yield (P_y)	405,6 Kgf
Beban Maksimum (P_{uts})	499,2 Kgf
Beban Putus (P_f)	124 Kgf
ΔL_y	1,98 mm
ΔL_{uts}	2,36 mm
ΔL_f	2,37 mm
Koefisien Kekuatan/K	690 Mpa=70,36 Kgf/mm^2
Koefisien Pengerasan Regang/n	0,16
Koefisien Kekuatan/C	172,5 Mpa=17,59 Kgf/mm^2
Sensitivitas Laju Regangan/m	0,1

a. Tegangan Teknik dan Regangan Teknik

Tegangan Teknik

$\sigma_y = \frac{P_y}{A_o} = \frac{405,6}{31,2} = 13$ Kgf/mm^2

$\sigma_{uts} = \frac{P_{uts}}{A_o} = \frac{499,2}{31,2} = 16$ Kgf/mm^2

$\sigma_f = \frac{P_f}{A_o} = \frac{124}{31,2} = 4$ Kgf/mm^2

Regangan Teknik

$\varepsilon_y = \frac{\Delta L_y}{Lo} = \frac{1,98}{24} = 0,0825$

$\varepsilon_{uts} = \frac{\Delta L_{uts}}{Lo} = \frac{2,36}{24} = 0,0983$

$\varepsilon_f = \frac{\Delta L_f}{Lo} = \frac{2,37}{24} = 0,0987$

b. Modulus Elastisitas

E= σ_y/ε_y = 13/8,25= 1,58

c. Reduksi Penampang

q = $\frac{Ao-Af}{Ao}$ x 100%= $\frac{31,2-29,59}{31,2}$ x 100% = 5,45%

d. Tegangan Sejati (σ_T) dan Regangan Sejati (ε_T)

Tegangan Sejati (σ_T) = σ (1+ ε)

$\sigma_{Ty} = \sigma_y (1+ \varepsilon_y)$ = 13 (1+ 0,0825)= 14,07 *Kgf/mm*^{2}

$\sigma_{Tuts} = \sigma_{uts} (1+ \varepsilon_{uts})$ = 16 (1+ 0,0983)= 17,57 *Kgf/mm*^{2}

$\sigma_{Tf} = \sigma_f (1+ \varepsilon_f)$ = 4 (1+ 0,0987)= 4,39 *Kgf/mm*^{2}

Regangan Sejati (ε_T) = Ln (1+ ε)

ε_{Ty} = Ln (1+ ε_y) = Ln (1+ 0,0825) = 0,0792

ε_{Tuts} = Ln (1+ ε_{uts}) = Ln (1+ 0,0983) = 0,0937

ε_{Tf} = Ln (1+ ε_f) = Ln (1+ 0,0987) = 0,0941

e. Tegangan Alir/Flow Stress (σ_F)

$$\sigma_F = K.\varepsilon_T^{\,n}$$

$\sigma_{Fy} = K.\varepsilon_{Ty}^{\,n}$ = 70,36 . $0,0792^{0,16}$ = 44,35

$\sigma_{Futs} = K.\varepsilon_{Tuts}^{\,n}$ = 70,36 . $0,0937^{0,16}$ = 47,53

$\sigma_{Ff} = K.\varepsilon_{Tf}^{\,n}$ = 70,36 . $0,0941^{0,16}$ = 47,56

f. Hubungan Tegangan Alir (σ_F) dengan Laju Penarikan ($\dot{\varepsilon}$)

$\sigma_F = C.\dot{\varepsilon}^m$ = 17,59. $0,01^{0,1}$ = 11,09

1.1.4 Perhitungan Uji Tarik Panas T= 400^{o}C dan V= 1 mm/detik

Tabel 4.5 Data Sampel A2

Dimensi Awal (mm)	6,66 mm x 5,22 mm
Luas Penampang Awal/A_o (mm^2)	34,8 mm^2
Dimensi Akhir (mm)	6,2 mm x 5,1 mm
Luas Penampang Akhir/A_f (mm^2)	31,62 mm^2
Panjang Ukur/Gage Length (mm)	24 mm
Beban Yield (P_y)	487,2 Kgf
Beban Maksimum (P_{uts})	556,8 Kgf
Beban Putus (P_f)	121 Kgf
ΔL_y	1,85 mm
ΔL_{uts}	2,02 mm
ΔL_f	2,36 mm
Koefisien Kekuatan/K	690 Mpa=70,36 Kgf/mm^2
Koefisien Pengerasan Regang/n	0,16
Koefisien Kekuatan/C	126,7 Mpa=12,92 Kgf/mm^2
Sensitivitas Laju Regangan/m	0,13

a. Tegangan Teknik dan Regangan Teknik

Tegangan Teknik

$\sigma_y = \frac{P_y}{A_o} = \frac{487,2}{34,8} = 14$ Kgf/mm^2

$\sigma_{uts} = \frac{P_{uts}}{A_o} = \frac{556,8}{34,8} = 16$ Kgf/mm^2

$\sigma_f = \frac{P_f}{A_o} = \frac{121}{34,8} = 3,48$ Kgf/mm^2

Regangan Teknik

$\varepsilon_y = \frac{\Delta L_y}{Lo} = \frac{1,85}{24} = 0,0771$

$\varepsilon_{uts} = \frac{\Delta L_{uts}}{Lo} = \frac{2,02}{24} = 0,0842$

$\varepsilon_f = \frac{\Delta L_f}{Lo} = \frac{2,36}{24} = 0,0983$

b. Modulus Elastisitas

E= σ_y/ε_y = 14/7,71= 1,82

c. Reduksi Penampang

q = $\frac{Ao-Af}{Ao}$ x 100%= $\frac{34,8-31,62}{34,8}$ x 100% = 9,13%

d. Tegangan Sejati (σ_T) dan Regangan Sejati (ε_T)

Tegangan Sejati (σ_T) = σ (1+ ε)

$\sigma_{Ty} = \sigma_y (1+ \varepsilon_y)$ = 14 (1+ 0,0771)= 15,07 *Kgf/mm*^{2}

$\sigma_{Tuts} = \sigma_{uts} (1+ \varepsilon_{uts})$ = 16 (1+ 0,0842)= 17,34 *Kgf/mm*^{2}

$\sigma_{Tf} = \sigma_f (1+ \varepsilon_f)$ = 3,48 (1+ 0,0983)= 3,82 *Kgf/mm*^{2}

Regangan Sejati (ε_T) = Ln (1+ ε)

ε_{Ty} = Ln (1+ ε_y) = Ln (1+ 0,0771) = 0,0743

ε_{Tuts} = Ln (1+ ε_{uts}) = Ln (1+ 0,0842) = 0,0808

ε_{Tf} = Ln (1+ ε_f) = Ln (1+ 0,0983) = 0,0938

e. Tegangan Alir/Flow Stress (σ_F)

$$\sigma_F = K.\varepsilon_T^{\,n}$$

$\sigma_{Fy} = K.\varepsilon_{Ty}^{\,n}$ = 70,36 . $0,0743^{0,16}$ = 48,11

$\sigma_{Futs} = K.\varepsilon_{Tuts}^{\,n}$ = 70,36 . $0,0808^{0,16}$ = 48,3

$\sigma_{Ff} = K.\varepsilon_{Tf}^{\,n}$ = 70,36 . $0,0938^{0,16}$ = 48,75

f. Hubungan Tegangan Alir (σ_F) dengan Laju Penarikan ($\dot{\varepsilon}$)

$\sigma_F = C.\dot{\varepsilon}^m$ = 12,92. $1^{0,13}$ = 12,92

1.1.5 Perhitungan Uji Tarik Panas T= 400^{o}C dan V= 0,1 mm/detik

Tabel 4.6 Data Sampel B2

Dimensi Awal (mm)	6,24 mm x 4,9 mm
Luas Penampang Awal/A_o (mm^2)	30,6 mm^2
Dimensi Akhir (mm)	6 mm x 4,5 mm
Luas Penampang Akhir/A_f (mm^2)	27 mm^2
Panjang Ukur/Gage Length (mm)	24 mm
Beban Yield (P_y)	428,4 Kgf
Beban Maksimum (P_{uts})	459 Kgf
Beban Putus (P_f)	116 Kgf
ΔL_y	1,67 mm
ΔL_{uts}	1,86 mm
ΔL_f	1,97 mm
Koefisien Kekuatan/K	690 Mpa=70,36 Kgf/mm^2
Koefisien Pengerasan Regang/n	0,16
Koefisien Kekuatan/C	126,7 Mpa=12,92 Kgf/mm^2
Sensitivitas Laju Regangan/m	0,13

a. Tegangan Teknik dan Regangan Teknik

Tegangan Teknik

$\sigma_y = \frac{P_y}{A_o} = \frac{428,4}{30,6} = 14$ Kgf/mm^2

$\sigma_{uts} = \frac{P_{uts}}{A_o} = \frac{459}{30,6} = 15$ Kgf/mm^2

$\sigma_f = \frac{P_f}{A_o} = \frac{116}{30,6} = 3,79$ Kgf/mm^2

Regangan Teknik

$\varepsilon_y = \frac{\Delta L_y}{Lo} = \frac{1,67}{24} = 0,0695$

$\varepsilon_{uts} = \frac{\Delta L_{uts}}{Lo} = \frac{1,86}{24} = 0,0775$

$\varepsilon_f = \frac{\Delta L_f}{Lo} = \frac{1,97}{24} = 0,0820$

b. Modulus Elastisitas

E= σ_y/ε_y = 14/6,95= 2,01

c. Reduksi Penampang

q = $\frac{Ao-Af}{Ao}$ x 100%= $\frac{30,6-27}{30,6}$ x 100% = 11,76%

d. Tegangan Sejati (σ_T) dan Regangan Sejati (ε_T)

Tegangan Sejati (σ_T) = σ (1+ ε)

$\sigma_{Ty} = \sigma_y (1+ \varepsilon_y)$ = 14 (1+ 0,0695)= 14,97 *Kgf/mm*^{2}

$\sigma_{Tuts} = \sigma_{uts} (1+ \varepsilon_{uts})$ = 15 (1+ 0,0775)= 16,16 *Kgf/mm*^{2}

$\sigma_{Tf} = \sigma_f (1+ \varepsilon_f)$ = 3,79 (1+ 0,0820)= 4,1 *Kgf/mm*^{2}

Regangan Sejati (ε_T) = Ln (1+ ε)

ε_{Ty} = Ln (1+ ε_y) = Ln (1+ 0,0695) = 0,0672

ε_{Tuts} = Ln (1+ ε_{uts}) = Ln (1+ 0,0775) = 0,0746

ε_{Tf} = Ln (1+ ε_f) = Ln (1+ 0,0820) = 0,0788

e. Tegangan Alir/Flow Stress (σ_F)

$$\sigma_F = K.\varepsilon_T^{\,n}$$

$\sigma_{Fy} = K.\varepsilon_{Ty}^{\,n}$ = 70,36 . 0,0672^{0,16} = 46,41

$\sigma_{Futs} = K.\varepsilon_{Tuts}^{\,n}$ = 70,36 . 0,0746^{0,16} = 47,04

$\sigma_{Ff} = K.\varepsilon_{Tf}^{\,n}$ = 70,36 . 0,0788^{0,16} = 48,18

f. Hubungan Tegangan Alir (σ_F) dengan Laju Penarikan ($\dot{\varepsilon}$)

$\sigma_F = C.\dot{\varepsilon}^m$ = 12,92. 0,1^{0,13} = 9,6

1.1.6 Perhitungan Uji Tarik Panas T= 400^{o}C dan V= 0,01 mm/detik

Tabel 4.6 Data Sampel C2

Dimensi Awal (mm)	6,48 mm x 5,09 mm
Luas Penampang Awal/A_o (mm^2)	33 mm^2
Dimensi Akhir (mm)	6,2 mm x 4,95 mm
Luas Penampang Akhir/A_f (mm^2)	30,69 mm^2
Panjang Ukur/Gage Length (mm)	24 mm
Beban Yield (P_y)	330 Kgf
Beban Maksimum (P_{uts})	330 Kgf
Beban Putus (P_f)	85,4 Kgf
ΔL_y	2,34 mm
ΔL_{uts}	2,4 mm
ΔL_f	2,55 mm
Koefisien Kekuatan/K	690 Mpa=70,36 Kgf/mm^2
Koefisien Pengerasan Regang/n	0,16
Koefisien Kekuatan/C	126,7 Mpa=12,92 Kgf/mm^2
Sensitivitas Laju Regangan/m	0,13

a. Tegangan Teknik dan Regangan Teknik

Tegangan Teknik

$\sigma_y = \frac{P_y}{A_o} = \frac{330}{33} = 10$ Kgf/mm^2

$\sigma_{uts} = \frac{P_{uts}}{A_o} = \frac{330}{33} = 10$ Kgf/mm^2

$\sigma_f = \frac{P_f}{A_o} = \frac{85,4}{33} = 2,59$ Kgf/mm^2

Regangan Teknik

$\varepsilon_y = \frac{\Delta L_y}{Lo} = \frac{2,34}{24} = 0,0975$

$\varepsilon_{uts} = \frac{\Delta L_{uts}}{Lo} = \frac{2,4}{24} = 0,1$

$\varepsilon_f = \frac{\Delta L_f}{Lo} = \frac{2,55}{24} = 0,1063$

b. Modulus Elastisitas

E= σ_y/ε_y = 10/9,75= 1,03

c. Reduksi Penampang

q = $\frac{Ao-Af}{Ao}$ x 100%= $\frac{33-30,69}{33}$ x 100% = 7%

d. Tegangan Sejati (σ_T) dan Regangan Sejati (ε_T)

Tegangan Sejati (σ_T) = σ (1+ ε)

$\sigma_{Ty} = \sigma_y (1+ \varepsilon_y)$ = 10 (1+ 0,0975)= 10,98 *Kgf/mm*^{2}

$\sigma_{Tuts} = \sigma_{uts} (1+ \varepsilon_{uts})$ = 10 (1+ 0,1)= 11 *Kgf/mm*^{2}

$\sigma_{Tf} = \sigma_f (1+ \varepsilon_f)$ = 2,59 (1+ 0,1063)= 2,87 *Kgf/mm*^{2}

Regangan Sejati (ε_T) = Ln (1+ ε)

ε_{Ty} = Ln (1+ ε_y) = Ln (1+ 0,0975) = 0,0930

ε_{Tuts} = Ln (1+ ε_{uts}) = Ln (1+ 0,1) = 0,0953

ε_{Tf} = Ln (1+ ε_f) = Ln (1+ 0,1063) = 0,1010

e. Tegangan Alir/Flow Stress (σ_F)

$$\sigma_F = K.\varepsilon_T^{\,n}$$

$\sigma_{Fy} = K.\varepsilon_{Ty}^{\,n}$ = 70,36 . $0,0930^{0,16}$ = 45,68

$\sigma_{Futs} = K.\varepsilon_{Tuts}^{\,n}$ = 70,36 . $0,0953^{0,16}$ = 46,45

$\sigma_{Ff} = K.\varepsilon_{Tf}^{\,n}$ = 70,36 . $0,1010^{0,16}$ = 46,85

f. Hubungan Tegangan Alir (σ_F) dengan Laju Penarikan ($\dot{\varepsilon}$)

$\sigma_F = C.\dot{\varepsilon}^m$ = 12,92. $0,01^{0,13}$ = 7,1

1.1.7 Perhitungan Uji Tarik Panas T= 450^{o}C dan V= 1 mm/detik

Tabel 4.6 Data Sampel A3

Dimensi Awal (mm)	6,36 mm x 5 mm
Luas Penampang Awal/A_o (mm^2)	31,8 mm^2
Dimensi Akhir (mm)	6,12 mm x 4,95 mm
Luas Penampang Akhir/A_f (mm^2)	30,29 mm^2
Panjang Ukur/Gage Length (mm)	24 mm
Beban Yield (P_y)	286,2 Kgf
Beban Maksimum (P_{uts})	318 Kgf
Beban Putus (P_f)	79 Kgf
ΔL_y	1,10 mm
ΔL_{uts}	1,21 mm
ΔL_f	1,31 mm
Koefisien Kekuatan/K	690 Mpa=70,36 Kgf/mm^2
Koefisien Pengerasan Regang/n	0,16
Koefisien Kekuatan/C	80,83 Mpa=8,24 Kgf/mm^2
Sensitivitas Laju Regangan/m	0,17

a. Tegangan Teknik dan Regangan Teknik

Tegangan Teknik

$\sigma_y = \frac{P_y}{A_o} = \frac{286,2}{31,8} = 9$ Kgf/mm^2

$\sigma_{uts} = \frac{P_{uts}}{A_o} = \frac{318}{31,8} = 10$ Kgf/mm^2

$\sigma_f = \frac{P_f}{A_o} = \frac{79}{31,8} = 2,48$ Kgf/mm^2

Regangan Teknik

$\varepsilon_y = \frac{\Delta L_y}{Lo} = \frac{1,10}{24} = 0,0458$

$\varepsilon_{uts} = \frac{\Delta L_{uts}}{Lo} = \frac{1,21}{24} = 0,0504$

$\varepsilon_f = \frac{\Delta L_f}{Lo} = \frac{1,31}{24} = 0,0545$

b. Modulus Elastisitas

E= σ_y/ε_y = 9/4,58= 1,96

c. Reduksi Penampang

q = $\frac{Ao-Af}{Ao}$ x 100%= $\frac{31,8-30,29}{31,8}$ x 100% = 4,75%

d. Tegangan Sejati (σ_T) dan Regangan Sejati (ε_T)

Tegangan Sejati (σ_T) = σ (1+ ε)

$\sigma_{Ty} = \sigma_y (1+ \varepsilon_y)$ = 9 (1+ 0,0458)= 9,41 *Kgf/mm*^{2}

$\sigma_{Tuts} = \sigma_{uts} (1+ \varepsilon_{uts})$ = 10 (1+ 0,0504)= 10,5 *Kgf/mm*^{2}

$\sigma_{Tf} = \sigma_f (1+ \varepsilon_f)$ = 2,48 (1+ 0,0545)= 2,62 *Kgf/mm*^{2}

Regangan Sejati (ε_T) = Ln (1+ ε)

ε_{Ty} = Ln (1+ ε_y) = Ln (1+ 0,0458) = 0,0448

ε_{Tuts} = Ln (1+ ε_{uts}) = Ln (1+ 0,0504) = 0,0492

ε_{Tf} = Ln (1+ ε_f) = Ln (1+ 0,0545) = 0,0531

e. Tegangan Alir/Flow Stress (σ_F)

$$\sigma_F = K.\varepsilon_T^{\,n}$$

$\sigma_{Fy} = K.\varepsilon_{Ty}^{\,n}$ = 70,36 . 0,0448^{0,16} = 44,93

$\sigma_{Futs} = K.\varepsilon_{Tuts}^{\,n}$ = 70,36 . 0,0492^{0,16} = 45,72

$\sigma_{Ff} = K.\varepsilon_{Tf}^{\,n}$ = 70,36 . 0,0531^{0,16} = 45,76

f. Hubungan Tegangan Alir (σ_F) dengan Laju Penarikan ($\dot{\varepsilon}$)

$\sigma_F = C.\dot{\varepsilon}^m$ = 8,24. 1^{0,17} = 8,24

1.1.8 Perhitungan Uji Tarik Panas T= 450^{o}C dan V= 0,1 mm/detik

Tabel 4.6 Data Sampel B3

Dimensi Awal (mm)	6,41 mm x 5,04 mm
Luas Penampang Awal/A_o (mm^2)	32,33 mm^2
Dimensi Akhir (mm)	6,1 mm x 4,98 mm
Luas Penampang Akhir/A_f (mm^2)	30,38 mm^2
Panjang Ukur/Gage Length (mm)	24 mm
Beban Yield (P_y)	258,64 Kgf
Beban Maksimum (P_{uts})	290,97 Kgf
Beban Putus (P_f)	75 Kgf
ΔL_y	1,5 mm
ΔL_{uts}	1,68 mm
ΔL_f	1,69 mm
Koefisien Kekuatan/K	690 Mpa=70,36 Kgf/mm^2
Koefisien Pengerasan Regang/n	0,16
Koefisien Kekuatan/C	80,83 Mpa=8,24 Kgf/mm^2
Sensitivitas Laju Regangan/m	0,17

a. Tegangan Teknik dan Regangan Teknik

Tegangan Teknik

$\sigma_y = \frac{P_y}{A_o} = \frac{258,64}{32,33} = 8$ Kgf/mm^2

$\sigma_{uts} = \frac{P_{uts}}{A_o} = \frac{290,97}{32,33} = 9$ Kgf/mm^2

$\sigma_f = \frac{P_f}{A_o} = \frac{75}{32,33} = 2,32$ Kgf/mm^2

Regangan Teknik

$\varepsilon_y = \frac{\Delta L_y}{Lo} = \frac{1,5}{24} = 0,0625$

$\varepsilon_{uts} = \frac{\Delta L_{uts}}{Lo} = \frac{1,68}{24} = 0,07$

$\varepsilon_f = \frac{\Delta L_f}{Lo} = \frac{1,69}{24} = 0,0704$

b. Modulus Elastisitas

E= σ_y/ε_y = 8/6,25= 1,28

c. Reduksi Penampang

q = $\frac{Ao-Af}{Ao}$ x 100%= $\frac{32,33-30,38}{32,33}$ x 100% = 6,03%

d. Tegangan Sejati (σ_T) dan Regangan Sejati (ε_T)

Tegangan Sejati (σ_T) = σ (1+ ε)

$\sigma_{Ty} = \sigma_y (1+ \varepsilon_y)$ = 8 (1+ 0,0625)= 8,5 *Kgf/mm*^{2}

$\sigma_{Tuts} = \sigma_{uts} (1+ \varepsilon_{uts})$ = 9 (1+ 0,07)= 9,63 *Kgf/mm*^{2}

$\sigma_{Tf} = \sigma_f (1+ \varepsilon_f)$ = 2,32 (1+ 0,0704)= 2,48 *Kgf/mm*^{2}

Regangan Sejati (ε_T) = Ln (1+ ε)

ε_{Ty} = Ln (1+ ε_y) = Ln (1+ 0,0625) = 0,0606

ε_{Tuts} = Ln (1+ ε_{uts}) = Ln (1+ 0,07) = 0,0676

ε_{Tf} = Ln (1+ ε_f) = Ln (1+ 0,0704) = 0,0680

e. Tegangan Alir/Flow Stress (σ_F)

$$\sigma_F = K.\varepsilon_T^{\,n}$$

$\sigma_{Fy} = K.\varepsilon_{Ty}^{\,n}$ = 70,36 . $0,0606^{0,16}$ = 44,04

$\sigma_{Futs} = K.\varepsilon_{Tuts}^{\,n}$ = 70,36 . $0,0676^{0,16}$ = 44,40

$\sigma_{Ff} = K.\varepsilon_{Tf}^{\,n}$ = 70,36 . $0,0680^{0,16}$ = 44,93

f. Hubungan Tegangan Alir (σ_F) dengan Laju Penarikan ($\dot{\varepsilon}$)

$\sigma_F = C.\dot{\varepsilon}^m$ = 8,24. $0,1^{0,17}$ = 5,6

1.1.9 Perhitungan Uji Tarik Panas T= 450^{o}C dan V= 0,01 mm/detik

Tabel 4.6 Data Sampel C3

Dimensi Awal (mm)	6,48 mm x 5,09 mm
Luas Penampang Awal/A_o (mm^2)	33 mm^2
Dimensi Akhir (mm)	6,13 mm x 4,9 mm
Luas Penampang Akhir/A_f (mm^2)	30,04 mm^2
Panjang Ukur/Gage Length (mm)	24 mm
Beban Yield (P_y)	264 Kgf
Beban Maksimum (P_{uts})	297 Kgf
Beban Putus (P_f)	72 Kgf
ΔL_y	1,32 mm
ΔL_{uts}	1,39 mm
ΔL_f	1,5 mm
Koefisien Kekuatan/K	690 Mpa=70,36 Kgf/mm^2
Koefisien Pengerasan Regang/n	0,16
Koefisien Kekuatan/C	80,83 Mpa=8,24 Kgf/mm^2
Sensitivitas Laju Regangan/m	0,17

a. Tegangan Teknik dan Regangan Teknik

Tegangan Teknik

$\sigma_y = \frac{P_y}{A_o} = \frac{263}{33} = 8$ Kgf/mm^2

$\sigma_{uts} = \frac{P_{uts}}{A_o} = \frac{297}{33} = 9$ Kgf/mm^2

$\sigma_f = \frac{P_f}{A_o} = \frac{72}{33} = 2{,}18$ Kgf/mm^2

Regangan Teknik

$\varepsilon_y = \frac{\Delta L_y}{Lo} = \frac{1{,}32}{24} = 0{,}0550$

$\varepsilon_{uts} = \frac{\Delta L_{uts}}{Lo} = \frac{1{,}39}{24} = 0{,}0579$

$\varepsilon_f = \frac{\Delta L_f}{Lo} = \frac{1{,}5}{24} = 0{,}0625$

b. Modulus Elastisitas

E= σ_y/ε_y = 8/5,5= 1,45

c. Reduksi Penampang

q = $\frac{Ao-Af}{Ao}$ x 100%= $\frac{33-30,04}{33}$ x 100% = 8,96%

d. Tegangan Sejati (σ_T) dan Regangan Sejati (ε_T)

Tegangan Sejati (σ_T) = σ (1+ ε)

$\sigma_{Ty} = \sigma_y (1+ \varepsilon_y)$ = 8 (1+ 0,0550)= 8,44 *Kgf/mm*^{2}

$\sigma_{Tuts} = \sigma_{uts} (1+ \varepsilon_{uts})$ = 9 (1+ 0,0579)= 9,52 *Kgf/mm*^{2}

$\sigma_{Tf} = \sigma_f (1+ \varepsilon_f)$ = 2,18 (1+ 0,0625)= 2,32 *Kgf/mm*^{2}

Regangan Sejati (ε_T) = Ln (1+ ε)

ε_{Ty} = Ln (1+ ε_y) = Ln (1+ 0,0550) = 0,0535

ε_{Tuts} = Ln (1+ ε_{uts}) = Ln (1+ 0,0579) = 0,0563

ε_{Tf} = Ln (1+ ε_f) = Ln (1+ 0,0625) = 0,0606

e. Tegangan Alir/Flow Stress (σ_F)

$$\sigma_F = K.\varepsilon_T^{\,n}$$

$\sigma_{Fy} = K.\varepsilon_{Ty}^{\,n}$ = 70,36 . $0,0535^{0,16}$ = 42,81

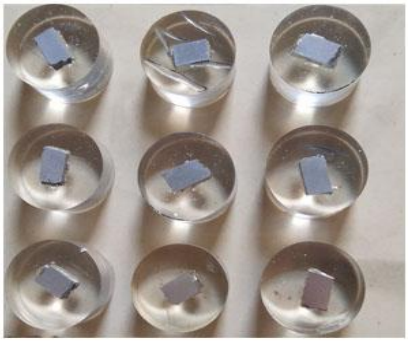
$\sigma_{Futs} = K.\varepsilon_{Tuts}^{\,n}$ = 70,36 . $0,0563^{0,16}$ = 43,45

$\sigma_{Ff} = K.\varepsilon_{Tf}^{\,n}$ = 70,36 . $0,0606^{0,16}$ = 43,98

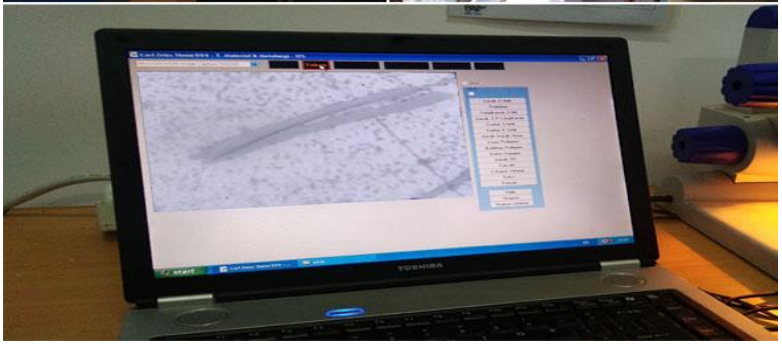
f. Hubungan Tegangan Alir (σ_F) dengan Laju Penarikan ($\dot{\varepsilon}$)

$\sigma_F = C.\dot{\varepsilon}^m$ = 8,24. $0,01^{0,17}$ = 3,77

d) Spesimen Uji Metalografi



e) Pengujian



f) Perhitungan Data Uji Metalografi

Gambar 2 : A1 (Temperatur 350 ^{o}c laju penarikan 1 mm/detik)

Diketahui : $n1 = 104$, $n2 = 13$, $f = 2$

- $(Na) = f\,(n1 + n2 / 2)$
  $= 2\,(104 + 13 / 2)$
  $= 221$
- $G = [\ 3{,}322 \log(Na)\ ] - 2{,}95$
  $= [\ 3{,}322 \log(221)\ ] - 2{,}95$
  $= [\ 3{,}322\ (2{,}34)\ ] - 2{,}95$
  $= 4{,}8$

Perhitungan interpolasinya adalah sebagai berikut :

Nilai X_1, Y_1, X_2, Y_2 didapatkan dari tabel ASTM E-112

Diketahui : $X_1 = 4{,}5$ $Y_1 = 75{,}5$
$X_2 = 5{,}0$ $Y_2 = 63{,}5$
$X = 4{,}8$ $Y = ?$

Maka nilai Y adalah :

- $Y = Y_1 + \frac{(X - X1)}{(X2 - X1)}\,(Y_2 - Y_1)$

  $Y = 75{,}5 + \frac{(4{,}8 - 4{,}5)}{(5{,}0 - 4{,}5)}\,(63{,}5 - 75{,}5)$

  $Y = 75{,}5 + \frac{(0{,}3)}{(0{,}5)}\,(-12)$

  $Y = 75{,}5 - 7{,}2 = \underline{68{,}3}$

Dari Tabel ASTM E-112 nilai G = 4,8 , diperoleh diameter rata-rata butiran sebesar 68,3 μm

Gambar 3 : B1 (Temperatur 350 ^{o}c laju penarikan 0,1 mm/detik)

Diketahui : $n1 = 97$, $n2 = 12$, $f = 2$

- $(Na) = f\,(\,n1 + n2 / 2\,)$
  $= 2\,(\,97 + 13 / 2\,)$
  $= 207$
- $G = [\,3{,}322 \log(Na)\,] - 2{,}95$
  $= [\,3{,}322 \log(207)\,] - 2{,}95$
  $= [\,3{,}322\,(2{,}32\,] - 2{,}95$
  $= 4{,}76$

Perhitungan interpolasinya adalah sebagai berikut :
Nilai X_1, Y_1, X_2, Y_2 didapatkan dari tabel ASTM E-112
Diketahui : $X_1 = 4{,}5$ $Y_1 = 75{,}5$
$X_2 = 5{,}0$ $Y_2 = 63{,}5$
$X = 4{,}76$ $Y = ?$
Maka nilai Y adalah :

- $Y = Y_1 + \frac{(X - X1)}{(X2 - X1)}\,(\,Y_2 - Y_1\,)$

  $Y = 75{,}5 + \frac{(4{,}76 - 4{,}5)}{(5{,}0 - 4{,}5)}\,(\,63{,}5 - 75{,}5)$

  $Y = 75{,}5 + \frac{(0{,}26)}{(0{,}5)}\,(\,-12\,)$

Y = 75,5 – 6,24 = 69,3

Dari Tabel ASTM E-112 nilai G = 4,76 , diperoleh diameter rata-rata butiran sebesar 69,3 μm

Gambar 4 : C1 (Temperatur 350 ^{o}c laju penarikan 0,01 mm/detik)

Diketahui : $n1 = 93$, $n2 = 11$, $f = 2$

- $(Na) = f (n1 + n2 / 2)$
  $= 2 (93 + 11 / 2)$
  $= 197$
- $G = [3{,}322 \log(Na)] – 2{,}95$
  $= [3{,}322 \log(197)] – 2{,}95$
  $= [3{,}322 (2{,}3] – 2{,}95$
  $= 4{,}7$

Perhitungan interpolasinya adalah sebagai berikut :

Nilai X_1, Y_1, X_2, Y_2 didapatkan dari tabel ASTM E-112

Diketahui : $X_1 = 4{,}5$ $Y_1 = 75{,}5$
$X_2 = 5{,}0$ $Y_2 = 63{,}5$
$X = 4{,}7$ $Y = ?$

Maka nilai Y adalah :

- $Y = Y_1 + \frac{(X-X1)}{(X2-X1)} (Y_2 – Y_1)$

  $Y = 75{,}5 + \frac{(4{,}7-4{,}5)}{(5{,}0-4{,}5)} (63{,}5 – 75{,}5)$

Y = 75,5 + $\frac{(0,2)}{(0,5)}$ (–12)

Y = 75,5 – 4,8 = <u>70,7</u>

Dari Tabel ASTM E-112 nilai G = 4,7 , diperoleh diameter rata-rata butiran sebesar 70,7 μm

Gambar 5 : A2 (Temperatur 400 ^{o}c laju penarikan 1 mm/detik)

Diketahui : $n1 = 82$, $n2 = 10$, $f = 2$

- (Na) = f ($n1 + n2 / 2$)
  = 2 (82 + 7 / 2)
  = 174
- G = [3,322 log(Na)] – 2,95
  = [3,322 log(174)] – 2,95
  = [3,322 (2,24)] – 2,95
  = 4,5

Dari Tabel ASTM E-112 nilai G = 4,5 , diperoleh diameter rata-rata butiran sebesar 75,5 μm

Gambar 6 : B2 (Temperatur 400 ^{o}c laju penarikan 0,1 mm/detik)

Diketahui : $n1 = 79$, $n2 = 12$, $f = 2$

- $(Na) = f\,(\,n1 + n2 / 2\,)$
  $= 2\,(\,79 + 12 / 2\,)$
  $= 170$
- G $= [\,3{,}322 \log(Na)\,] - 2{,}95$
  $= [\,3{,}322 \log(170)\,] - 2{,}95$
  $= [\,3{,}322\,(2{,}23)\,] - 2{,}95$
  $= 4{,}46$

Perhitungan interpolasinya adalah sebagai berikut :

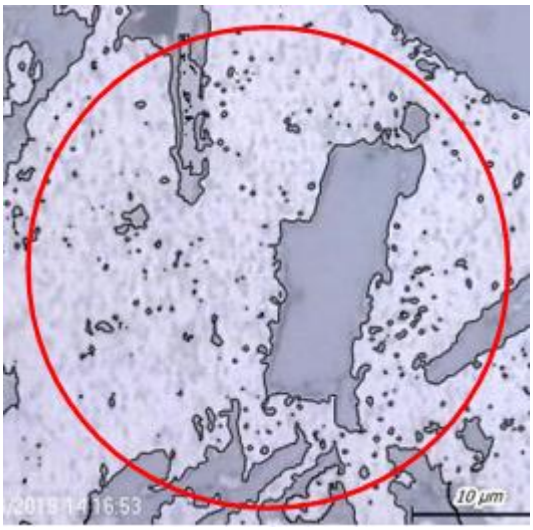
Nilai X_1, Y_1, X_2, Y_2 didapatkan dari tabel ASTM E-112

Diketahui : $X_1 = 4{,}0$ $Y_1 = 89{,}8$
$X_2 = 4{,}5$ $Y_2 = 75{,}5$
$X = 4{,}46$ $Y = ?$

Maka nilai Y adalah :

- $Y = Y_1 + \frac{(X - X1)}{(X2 - X1)}\,(\,Y_2 - Y_1\,)$
  $Y = 89{,}8 + \frac{(4{,}46 - 4{,}0)}{(4{,}5 - 4{,}0)}\,(\,75{,}5 - 89{,}8\,)$
  $Y = 89{,}8 + \frac{(0{,}46)}{(0{,}5)}\,(\,-14{,}3\,)$
  $Y = 89{,}8 - 13{,}16 = \underline{76{,}64}$

Dari Tabel ASTM E-112 nilai G = 4,47 , diperoleh diameter rata-rata butiran sebesar 76,64 μm



Gambar 7 : C2 (Temperatur 400 ^{o}c laju penarikan 0,01 mm/detik)

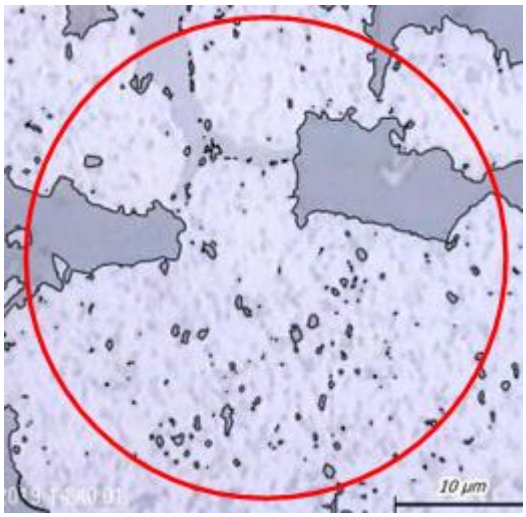
Diketahui : $n1 = 67$, $n2 = 13$, $f = 2$

- $(Na) = f\,(n1 + n2 / 2)$
  $= 2\,(67 + 13 / 2)$
  $= 147$
- $G = [\,3{,}322 \log(Na)\,] - 2{,}95$
  $= [\,3{,}322 \log(147)\,] - 2{,}95$
  $= [\,3{,}322\,(2{,}17)\,] - 2{,}95$
  $= 4{,}26$

Perhitungan interpolasinya adalah sebagai berikut :
Nilai X_1, Y_1, X_2, Y_2 didapatkan dari tabel ASTM E-112
Diketahui : $X_1 = 4{,}0$ $Y_1 = 89{,}8$
$X_2 = 4{,}5$ $Y_2 = 75{,}5$
$X = 4{,}26$ $Y = ?$
Maka nilai Y adalah :

- $Y = Y_1 + \frac{(X - X1)}{(X2 - X1)}\,(Y_2 - Y_1)$
  $Y = 89{,}8 + \frac{(4{,}26 - 4{,}0)}{(4{,}5 - 4{,}0)}\,(75{,}5 - 89{,}8)$
  $Y = 89{,}8 + \frac{(0{,}26)}{(0{,}5)}\,(-14{,}3)$
  $Y = 89{,}8 - 7{,}44 = \underline{82{,}36}$

Dari Tabel ASTM E-112 nilai G = 4,26 , diperoleh diameter rata-rata butiran sebesar 82,36 μm



Gambar 8 : A3 (Temperatur 450 ^{o}c laju penarikan 1 mm/detik)

Diketahui : $n1 = 59$, $n2 = 8$, $f = 2$

- $(Na) = f (n1 + n2 / 2)$
  $= 2 (59 + 8 / 2)$
  $= 126$
- $G = [3{,}322 \log(Na)] – 2{,}95$
  $= [3{,}322 \log(126)] – 2{,}95$
  $= [3{,}322 (2{,}17] – 2{,}95$
  $= 4{,}03$

Perhitungan interpolasinya adalah sebagai berikut :
Nilai X_1, Y_1, X_2, Y_2 didapatkan dari tabel ASTM E-112
Diketahui : $X_1 = 4{,}0$ $Y_1 = 89{,}8$
$X_2 = 4{,}5$ $Y_2 = 75{,}5$
$X = 4{,}03$ $Y = ?$
Maka nilai Y adalah :

- $Y = Y_1 + \frac{(X-X1)}{(X2-X1)} (Y_2 – Y_1)$
  $Y = 89{,}8 + \frac{(4{,}03-4{,}0)}{(4{,}5-4{,}0)} (75{,}5 – 89{,}8)$
  $Y = 89{,}8 + \frac{(0{,}03)}{(0{,}5)} (–14{,}3)$
  $Y = 89{,}8 – 0{,}86 = \underline{88{,}94}$

Dari Tabel ASTM E-112 nilai G = 4,03 , diperoleh diameter rata-rata butiran sebesar 88,94 μm

Gambar 9 : B3 (Temperatur 450 ^{o}c laju penarikan 0,1 mm/detik)

Diketahui : $n1 = 52$, $n2 = 7$, $f = 2$

- $(Na) = f\,(n1 + n2 / 2)$
  $= 2\,(52 + 7 / 2)$
  $= 111$
- $G = [\,3{,}322 \log(Na)\,] - 2{,}95$
  $= [\,3{,}322 \log(111)\,] - 2{,}95$
  $= [\,3{,}322\,(2{,}05\,] - 2{,}95$
  $= 3{,}9$

Perhitungan interpolasinya adalah sebagai berikut :
Nilai X_1, Y_1, X_2, Y_2 didapatkan dari tabel ASTM E-112
Diketahui : $X_1 = 3{,}5$ $Y_1 = 106{,}8$
$X_2 = 4{,}0$ $Y_2 = 89{,}8$
$X = 3{,}9$ $Y = ?$
Maka nilai Y adalah :

- $Y = Y_1 + \frac{(X - X1)}{(X2 - X1)}\,(Y_2 - Y_1)$
  $Y = 106{,}8 + \frac{(3{,}9 - 3{,}5)}{(4{,}0 - 3{,}5)}\,(89{,}8 - 106{,}8)$
  $Y = 106{,}8 + \frac{(0{,}4)}{(0{,}5)}\,(-17)$
  $Y = 106{,}8 - 13{,}6 = \underline{93{,}2}$

Dari Tabel ASTM E-112 nilai G = 3,9 , diperoleh diameter rata-rata butiran sebesar 93,2 μm

Gambar 10 : C3 (Temperatur 450 ^{o}c laju penarikan 0,01 mm/detik)

Diketahui : $n1 = 37$, $n2 = 9$, $f = 2$

- $(Na) = f\,(\,n1 + n2 / 2\,)$
  $= 2\,(\,37 + 9 / 2\,)$
  $= 83$
- $G = [\,3{,}322 \log(Na)\,] - 2{,}95$
  $= [\,3{,}322 \log(83)\,] - 2{,}95$
  $= [\,3{,}322\,(1.92)\,] - 2{,}95$
  $= 3{,}43$

Perhitungan interpolasinya adalah sebagai berikut :
Nilai X_1, Y_1, X_2, Y_2 didapatkan dari tabel ASTM E-112
Diketahui : $X_1 = 3{,}0$ $Y_1 = 127{,}0$
$X_2 = 3{,}5$ $Y_2 = 106{,}8$
$X = 3{,}43$ $Y = ?$
Maka nilai Y adalah :

- $Y = Y_1 + \frac{(X - X1)}{(X2 - X1)}\,(\,Y_2 - Y_1\,)$
  $Y = 127{,}0 + \frac{(3{,}43 - 3{,}0)}{(3{,}5 - 3{,}0)}\,(\,106{,}8 - 127{,}0)$
  $Y = 127{,}0 + \frac{(0{,}43)}{(0{,}5)}\,(\,-20{,}2\,)$
  $Y = 127{,}0 - 17{,}37 = \underline{109{,}63}$

Dari Tabel ASTM E-112 nilai G = 3,43 , diperoleh diameter rata-rata butiran sebesar 109,63 μm


DEPARTEMEN TEKNIK
METALURGI DAN MATERIAL


DEPARTEMEN TEKNIK
METALURGI DAN MATERIAL