



Perilaku Sifat Mekanik Hasil Proses Tempa Dingin Material Aluminium Komposit Abu Dasar Batubara

Rifki Santoso, Harjo Seputro

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya
Jalan Semolowaru No. 45 Surabaya 60118, Tel. 031-5931800, Indonesia
email: centilrifki@gmail.com

ABSTRAK

Mur dan baut merupakan salah satu bagian dari jenis material permesinan yang banyak dipakai sebagai menyambung atau mengikat. Bahan yang dipakai untuk pembuatan komponen mur dan baut adalah komposit matrik logam aluminium paduan dengan campuran abu dasar batubara (*bottom ash*). Material aluminium komposit dilebur menggunakan metode *stirring casting*. Aluminium komposit di tempa dengan kombinasi variasi reduksi ketebalan 5%, 10%, 15% dengan temperature benda kerja 125°C, 135°C, 145°C. Metode penelitian memakai pendekatan penelitian kuantitatif, pengamatan dan analisa data memakai metode statistik untuk menjelaskan spesifik hubungan kombinasi variabel yang digunakan untuk menganalisa data. Dari hasil penelitian dihasilkan pada reduksi ketebalan yang tinggi dan temperatur yang meningkat sangat mempengaruhi nilai luas daerah elastis dan plastis, hal ini pada reduksi ketebalan yang menyebabkan adalah penggadaan dislokasi, sedangkan pada variasi temperatur dikarenakan adanya proses *cold-working* yang menjadikan ukuran butiran tidak memiliki kehomogenan yang cukup. Pada variasi reduksi ketebalan nilai luas daerah elastis yang tertinggi pada reduksi ketebalan 5% temperatur 135°C menunjukkan nilai luas daerah Elastis 1404,25 mm² dan nilai terendah pada reduksi ketebalan 15% temperatur 135°C menunjukkan nilai luas Daerah Elastis 279,66 mm². Nilai luas daerah plastis tertinggi pada reduksi ketebalan 5% temperatur 135°C menunjukkan nilai luas daerah Plastis 2267,68 mm², dan pada reduksi ketebalan 15% temperatur 135°C menunjukkan nilai luas daerah Plastis 1111,2 mm² dengan nilai luas daerah Plastis yang paling terendah. Pada variasi temperatur luas daerah elastis terbesar didapatkan kombinasi variasi temperatur 135°C dan reduksi ketebalan 5% dengan nilai 1404,25 mm², sedangkan luas daerah elastis terkecil didapatkan kombinasi variasi temperatur 135°C dan reduksi ketebalan 15% dengan nilai 279,66 mm², sedangkan pada luas daerah Plastis terbesar didapatkan kombinasi variasi temperatur 135°C dan reduksi ketebalan 5% dengan nilai 2267,68 mm², sedangkan luas daerah elastis terkecil didapatkan kombinasi variasi temperatur 135°C dan reduksi ketebalan 15% dengan nilai 1111,2 mm².

Kata kunci: Aluminium Paduan, Abu-dasar Batubara, Komposit, Luas daerah elastis, Luas daerah Plastis,

PENDAHULUAN

Mur dan baut adalah salah satu bagian dari jenis komponen permesinan yang banyak digunakan sebagai menyambung atau mengikat. Dalam industri transportasi darat baut dan mur sangat banyak dipakai, karena kegunaan dari baut dan mur tersebut sebagai menyatukan sebuah komponen atau pengikat komponen yang satu dengan yang lainnya agar komponen tersebut kuat dan kokoh, teknik menyambung dengan memasang baut dan mur rata-rata lebih aman dikarenakan mempermudah dan cepat dipasang dan dilepas lagi jika ada komponen yang rusak atau perawatan komponen tersebut. Pada umumnya baut dan mur terbuat dari bahan baja karbon atau baja stainless yang mempunyai massa jenis $7.900 \frac{kg}{m^3}$. Dari studi yang sudah dilakukan berat keseluruhan baut dan mur kendaraan motor merek Z sebesar 1,52 kilo gram. Bobot komponen baut dan mur motor Z tersebut sangat besar sekali yang bisa mempengaruhi efisiensi bahan bakar. Untuk mengurangi bobot motor tersebut komponen baut dan mur yang terbuat dari bahan baja atau besi diganti dengan komponen baut dan mur yang terbuat dari bahan aluminium komposit yang mempunyai massa jenis $2.400 \frac{kg}{m^3}$ yang bisa mengurangi bobot kendaraan motor tersebut. Umumnya baut akan mengalami beberapa bentuk pembebanan yang terjadi, seperti beban puntir, beban geser dan beban tarik, tergantung dari beban yang diterimanya, sehingga baut akan rusak. Jika beban yang diberikan tidak melampaui batas elastis maka baut akan kembali ke bentuk semula atau deformasi elastis, tapi jika beban yang diberikan lebih besar dari kekuatan baut maka sambungan baut akan mengalami kegagalan atau deformasi plastis. Deformasi tersebut dapat berupa putus karena tarikan, puntiran dan geser. Dalam penelitian ini bahan yang digunakan untuk pembuatan komponen baut dan mur yaitu komposit matrik logam aluminium paduan dengan diperkuat abu dasar batubara (*bottom ash*). Bahan tersebut hasil dari proses *pressing* dengan memakai

variasi pengurangan ketebalan benda kerja dan suhu.

Dalam uraian diatas, maka perlu penelitian analisa pengaruh variasi suhu dan pengurangan ketebalan pada saat proses *press* terhadap luas daerah elastis dan plastis komposit aluminium paduan abu dasar batu bara

No	Nama Bahan	Jumlah Kebutuhan	Kegunaan
1	Abu dasar batu bara yang sudah di <i>elecroless plating</i> (MgSiO ₂) 	1,2 kg	Sebagai penguat pada komposit dan berbentuk serbuk.
2	Magnesium 	1,2 gr	Sebagai pembasah pada komposit dan berbentuk serbuk.
3	Aluminium paduan 	12,5 kg	Sebagai matrik pada komposit dan berbentuk batangan.

Gambar 1 Bahan aluminium komposit

PROSEDUR EKSPERIMEN

Material Aluminium paduan Dengan komposisi ditunjukkan dengan tabel berikut:

Tabel 1 kandungan unsur kimia aluminium paduan

Al	Si	Fe	Cu	Zn
86.44%	6.11%	1.69%	1.01%	4.13%

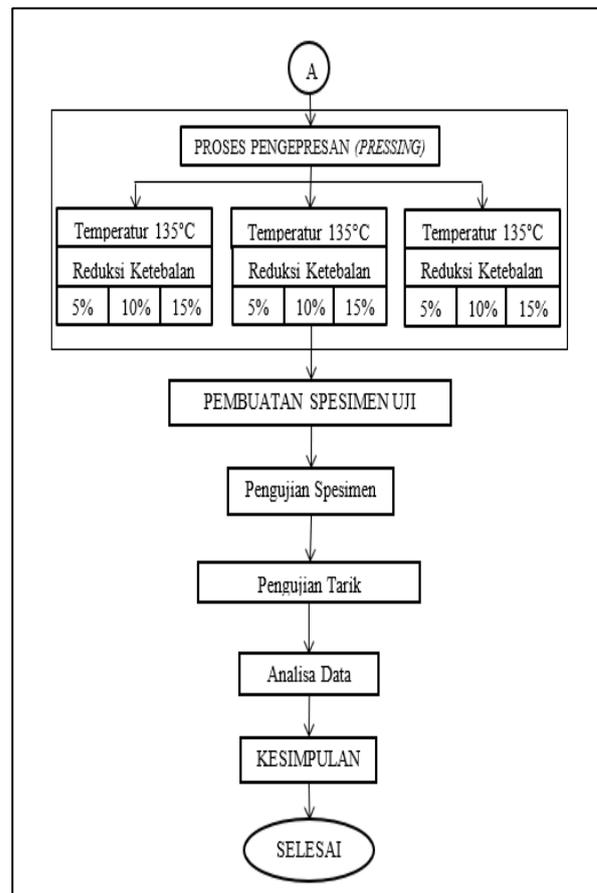
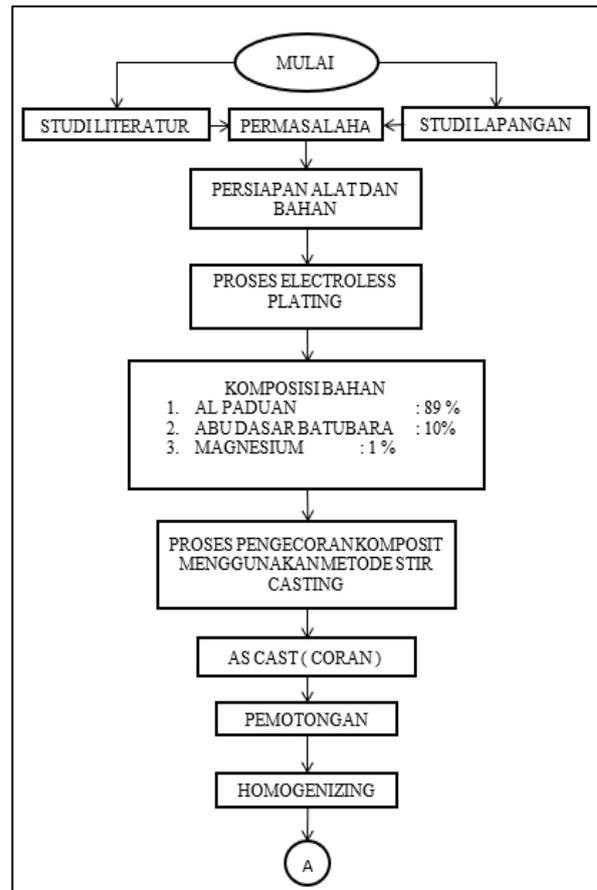
Diagram Alir

Alumunium paduan dilakukan proses peleburan dengan metode *stirring casting*. Dalam proses peleburan alumunium ditambahkan serbuk abu dasar batubara (*bottom ash*) dengan ukuran mesh 180 yang sudah di elektroles plating. Setelah itu diteruskan dengan proses *Homogenizing* yang bertujuan untuk menyamakan struktur butir dan menurangi porositas cor, setelah itu, Proses penempaan (*pressing*) dengan variasi reduksi ketebalan benda kerja 5%, 10%, 15% dan temperature 125°C, 135°C, 145°C.

Selanjutnya pelat komposit dilakukan pengujian tarik untuk mengetahui pengaruh variasi reduksi ketebalan benda kerja saat proses penempaan (*pressing*) terhadap luas daerah elastis dan plastis komposit alumunium paduan abu dasar batubara.

Pengujian Tarik dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Negeri Malang . Dengan Standar Uji ASTM E8.

Setelah pengujian tarik dilakukan Analisis data, dalam penulisan ini menggunakan metode statistik dengan hitungan komparasi yang sebagaimana menggaambarkan secara spesifik hubungan - hubungan antar variabel yang nantinya dapat digunakan untuk menganalisa data, menguji hipotesa dan dapat mengetahui tujuan yang akan dicapai. Seluruh hasil dari pengujian akan di analisa untuk mendapatkan hasil dan jawaban dari suatu permasalahan pada penelitian tersebut.

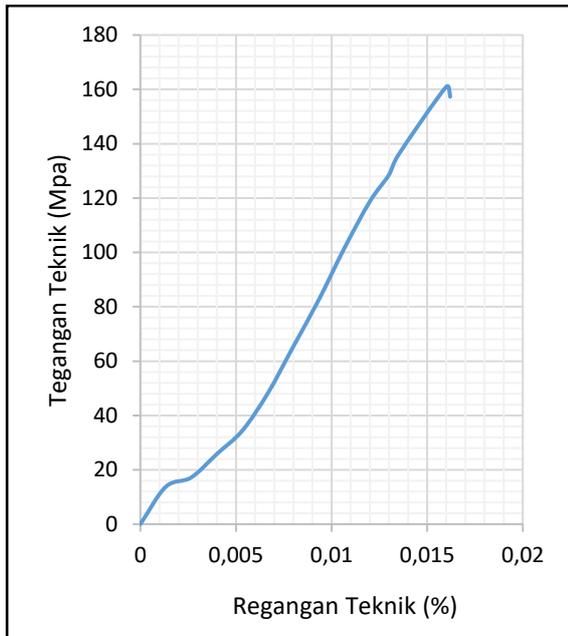


HASIL DAN PEMBAHASAN

Dengan cara yang sama untuk perhitungan luas daerah elastis dan plastis spesimen yang lain.

Tabel 2 Tegangan Regangan Teknik Spesimen IA

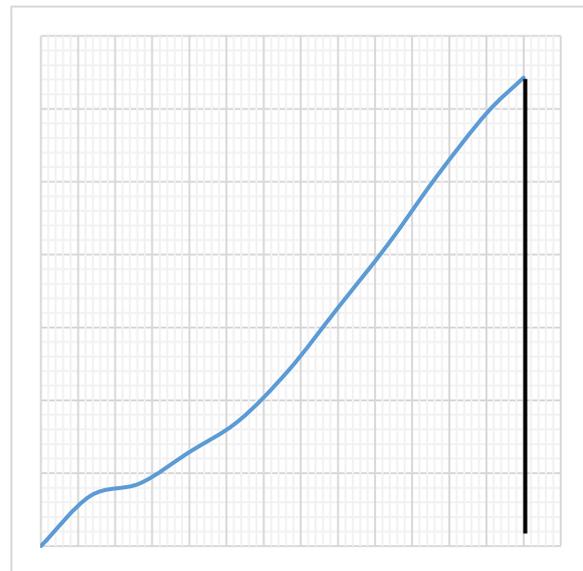
ΔL , mm	F, (N)	ϵ_t , %	σ_t , Mpa
0	0	0	0
0,2	1568	0,001333	13,76646
0,4	1960	0,002667	17,20808
0,6	2940	0,004	25,81212
0,8	3920	0,005333	34,41615
1	5488	0,006667	48,18262
1,2	7448	0,008	65,39069
1,4	9408	0,009333	82,59877
1,6	11564	0,010667	101,5277
1,8	13524	0,012	118,7357
1,95	14640,87	0,013	128,5414
2,025	15484	0,0135	135,9438
2,4	18332,22	0,016	160,9501
2,43	17914,44	0,0162	157,2822



Gambar 2 Grafik Tegangan Regangan Spesimen IA

Tabel 3 Hasil Pengukuran Setiap Pias Daerah Elastis

Nomer Batas pias	X_n (mm)	$F(X_n)$ (mm)
0	$X_0 = 0$	$F(X_0) = 0$
1	$X_1 = 6,5$	$F(X_1) = 3$
2	$X_2 = 13$	$F(X_2) = 6$
3	$X_3 = 19,5$	$F(X_3) = 9$
4	$X_4 = 26$	$F(X_4) = 12$
5	$X_5 = 32,5$	$F(X_5) = 16,5$
6	$X_6 = 39$	$F(X_6) = 19$
7	$X_7 = 45,5$	$F(X_7) = 22$
8	$X_8 = 52$	$F(X_8) = 26$
9	$X_9 = 58,5$	$F(X_9) = 28$
10	$X_{10} = 65$	$F(X_{10}) = 32$

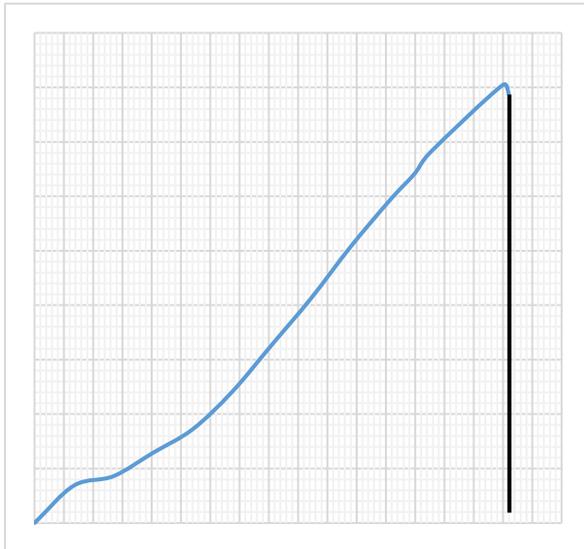


Gambar 3 Luas daerah elastis

Perhitungan Luas daerah elastis

$$\begin{aligned}
 - h &= \frac{b-a}{10} = \frac{65-0}{10} = 6,5 \text{ mm} \\
 - L \text{ elastis} &= \frac{h}{2} \times \{f(x_0) + 2f(x_1) + 2f(x_2) + 2f(x_3) + 2f(x_4) + 2f(x_5) + 2f(x_6) + 2f(x_7) + 2f(x_8) + 2f(x_9) + f(10)\}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{6,5}{2} \times \{0 + 2 \times 3 + 2 \times 6 + \\
 &2 \times 9 + 2 \times 12 + 2 \times 16,5 + \\
 &2 \times 19 + 2 \times 22 + 2 \times 26 + \\
 &2 \times 28 + 32 \\
 &= 1023,75 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$



Gambar 4 Luas daerah plastis

Tabel 4 Hasil pengukuran setiap pias daerah plastis

Nomer batas pias	Xn (mm)	F(Xn) (mm)
0	X0 = 0	F(X0) = 0
1	X1 = 8,1	F(X1) = 4
2	X2 = 16,2	F(X2) = 8
3	X3 = 24,3	F(X3) = 12
4	X4 = 32,4	F(X4) = 16
5	X5 = 40,5	F(X5) = 20
6	X6 = 48,6	F(X6) = 24
7	X7 = 56,7	F(X7) = 27
8	X8 = 64,8	F(X8) = 31,5
9	X9 = 72,9	F(X9) = 36
10	X10 = 81	F(X10) = 39

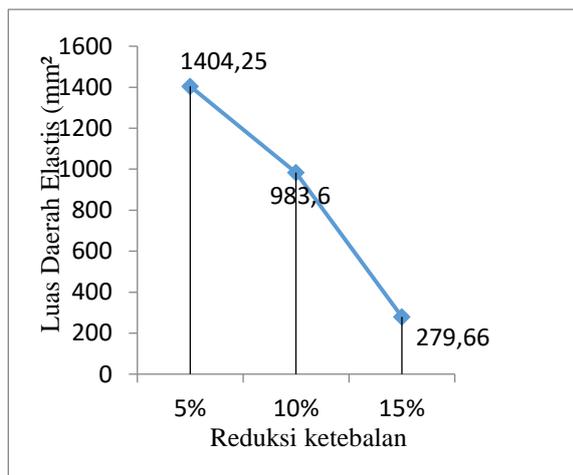
Perhitungan Luas Daerah Plastis

$$\begin{aligned}
 - \quad h &= \frac{b-a}{10} = \frac{81-0}{10} = 8,1 \text{ mm} \\
 - \quad L \text{ Plastis} &= \frac{h}{2} \times \{f(x_0) + 2f(x_1) + \\
 &2f(x_2) + 2f(x_3) + \\
 &2f(x_4) + 2f(x_5) + \\
 &2f(x_6) + 2f(x_7) + \\
 &2f(x_8) + 2f(x_9) + f(10)\}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{6,5}{2} \times \{0 + 2 \times 4 + 2 \times 8 + \\
 &2 \times 12 + 2 \times 16 + 2 \times 20 + \\
 &2 \times 24 + 2 \times 27 + 2 \times \\
 &31,5 + 2 \times 36 + 39 \\
 &= 1603,8 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Tabel 5 Variasi Reduksi Ketebalan terhadap luas daerah elastis

No	reduksi Ketebalan	Luas Daerah elastis (mm ²)
1	5%	1404,25
2	10%	983,6
3	15%	279,66



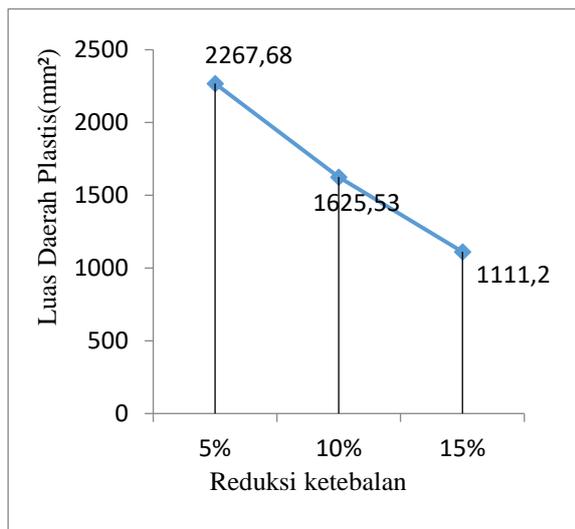
Gambar 5 Grafik pengaruh variasi reduksi ketebalan terhadap luas daerah elastis

Dari Gambar 5 di atas menunjukkan pengaruh variasi reduksi ketebalan benda kerja terhadap luas daerah elastis, dimana gambar tersebut bahwa pada reduksi ketebalan 5% temperatur 135°C menunjukkan nilai luas daerah Elastis 1404,25 mm², pada reduksi ketebalan 10% temperatur 135°C menunjukkan nilai luas daerah Elastis 983,6 mm², pada reduksi ketebalan 15% temperatur 135°C menunjukkan nilai luas daerah Elastis 279,66 mm². menunjukkan bahwa reduksi ketebalan yang tinggi sangat mempengaruhi nilai luas daerah elastis, hal ini yang menyebabkan penurunan garis *Trendline* tersebut adalah penggadaan dislokasi, luas daerah elastis terbesar didapatkan kombinasi variasi reduksi ketebalan 5% dan temperatur 135°C dengan nilai 1404,25 mm², sedangkan luas daerah elastis yang terkecil didapatkan

kombinasi variasi reduksi ketebalan 15% dan temperatur 135°C dengan nilai 279,66 mm², semakin meningkat % reduksi maka nilai kekuatan luluh menurun tetapi kekerasan meningkat, sama halnya penelitian yang dilakukan oleh (**Eka Febriyanti dkk, 2016**) pada variasi pengurangan ketebalan 38% terjadi perubahan UTS , menurun dari 490 MPa menjadi 478 MPa dan kekuatan luluh naik dari 402 MPa menjadi 434 MPa. Namun, nilai perpanjangan meningkat dari 6% ke 9%. Dikarenakan ukuran butir yang semakin halus sehingga membuat kekuatan luluh meningkat dan kekuatan tarik menurun. Berdasarkan dengan penelitian (**Hanamantraygouda M B dkk, 2015**) dalam proses penempaan dapat meningkatkan sifat mekanik seperti kekuatan tarik, kekuatan luluh, kompresi dan kekerasan MMC AL/SiC tanpa mengurangi keuletan karena deformasi plastis selama penempaan.

Tabel 6 Variasi Reduksi Ketebalan Terhadap Luas Daerah Plastis

No	Variasi Reduksi ketebalan	Luas Daerah Plastis (mm ²)
1	5%	2267,68
2	10%	1625,53
3	15%	1111,2

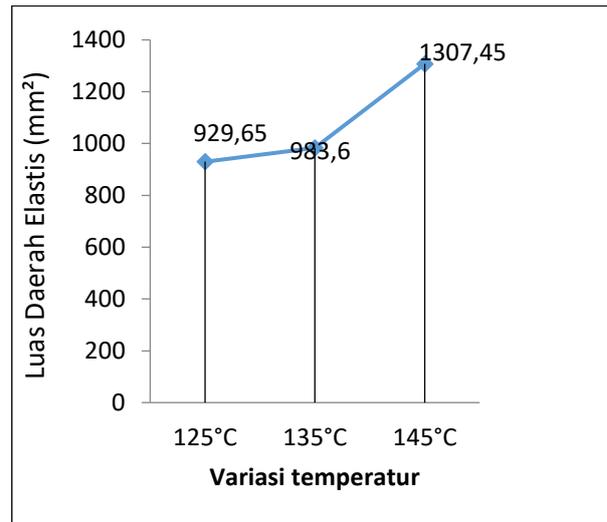


Gambar 6 Grafik pengaruh variasi reduksi ketebalan terhadap luas daerah plastis

Dari gambar 6 di atas menunjukkan pengaruh variasi reduksi ketebalan benda kerja terhadap luas Daerah Plastis dengan reduksi ketebalan 5% temperatur 135°C menunjukkan nilai luas daerah Plastis 2267,68 mm², pada reduksi ketebalan 10% temperatur 135°C menunjukkan nilai luas daerah Plastis 1625,53 mm², pada reduksi ketebalan 15% temperatur 135°C menunjukkan nilai luas daerah Plastis 1111,2 mm² dengan nilai luas daerah Plastis yang paling kecil. Hal ini disebabkan karena ukuran butir semakin kecil, semakin meningkat reduksi ketebalan nilai luas daerah Plastis semakin menurun, sama halnya dengan penelitian (Ahmad Azhari, 2012) dengan reduksi deformasi 20% saat proses pengerolan nilai kekerasan semakin meningkat tetapi nilai ketangguhan dan struktur butir mengalami penurunan artinya dimana bahan semakin keras maka nilai ketangguhan akan semakin menurun dan ukuran butir semakin halus.

Tabel 7 variasi temperatur terhadap luas daerah elastis

No	variasi temperatur	nilai elastis
1	125°C	929,65
2	135°C	983,6
3	145°C	1307,45

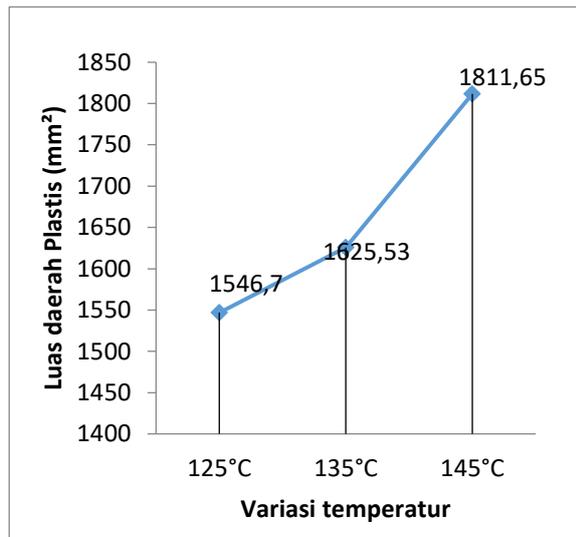


Gambar 7 Grafik pengaruh variasi temperatur terhadap luas daerah plastis

dari gambar 7 grafik tersebut bahwa temperatur 125°C reduksi ketebalan 10% menunjukkan nilai luas daerah Elastis 929,65 mm², pada temperatur 135°C reduksi ketebalan 10% menunjukkan nilai luas daerah Elastis 983,6 mm², pada temperature 145°C reduksi ketebalan 10% menunjukkan nilai luas daerah Elastis 1307,45 mm². hal ini dikarenakan *cold working* yang menjadikan ukuran butir semakin halus dikarenakan adanya mekanisme rekristalisasi dinamis dan perubahan-perubahan dalam struktur, dari *cold working process* ini menghasilkan peningkatan sifat mekanik. luas daerah elastis terbesar didapatkan kombinasi variasi temperatur 135°C dan reduksi ketebalan 5% dengan nilai 1404,25 mm², sedangkan luas daerah elastis terkecil didapatkan kombinasi variasi temperatur 135°C dan reduksi ketebalan 15% dengan nilai 279,66 mm².

Tabel 8 Variasi temperatur terhadap luas daerah plastis

No	variasi temperatur	nilai plastis
1	125°C	1546,7
2	135°C	1625,53
3	145°C	1811,65



Gambar 8 Grafik pengaruh variasi temperatur terhadap luas daerah plastis

dari gambar 8 grafik tersebut bahwa temperatur 125°C reduksi ketebalan 10% menunjukkan nilai luas daerah Plastis 1546,7 mm², pada temperatur 135°C reduksi ketebalan 10% menunjukkan nilai luas daerah Plastis 1625,53 mm², pada temperature 145°C reduksi ketebalan 10% menunjukkan nilai luas daerah Plastis 1811,65 mm², hal ini di karenakan adanya proses *cold-working* yang menjadikan ukuran butiran tidak memiliki kehomogenan yang cukup, luas daerah Plastis terbesar didapatkan kombinasi variasi temperatur 135°C dan reduksi ketebalan 5% dengan nialai 2267,68 mm², sedangkan luas daerah elastis terkecil didapatkan kombinasi variasi temperatur 135°C dan reduksi ketebalan 15% dengan nialai 1111,2 mm². sama halnya dengan penelitian (Parikin, Adkk, 2010) pada plat hasil rol dingin pada temperatur 650°C memberikan kekuatan tarik sebesar 940 MPa dan tidak memberikan

perpanjangan (0%), bahan langsung putus. Sedang plat hasil rol pada temperatur 850°C dan dilapisi dengan tembaga besarnya kekuatan tarik 650 MPa dan mengalami peregangan 5,5%. Dikarenakan ukuran butir tidak memiliki kesamaan yang baik dibanding sama bahan yang dikasih proses rolling pada temperatur 850°C.

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari pembahasan dan penelitian diatas didapatkan hasil tentang pengaruh variasi reduksi ketebalan dan variasi temperatur benda kerja pada saat proses *Press* terhadap luas daerah elastis dan plastis komposit aluminium paduan abu dasar batu bara sebagai berikut:

- Dari hasil pengujian tarik didapat nilai luas daerah Elastis pada variasi reduksi ketebalan menunjukkan semakin tinggi reduksi ketebalan maka semakin turun nilai luas daerah Elastis, pada reduksi ketebalan 5% temperatur 135°C menunjukkan nilai luas daerah Elastis 1404,25 mm², pada reduksi ketebalan 10% temperatur 135°C menunjukkan nilai luas daerah Elastis 983,6 mm², pada reduksi ketebalan 15% temperatur 135°C menunjukkan nilai luas daerah Elastis 279,66 mm², hal ini yang menyebabkan penurunan garis *Trendline* tersebut adalah penggadaan dislokasi, luas daerah elastis terbesar didapatkan kombinasi variasi reduksi ketebalan 5% dan temperatur 135°C dengan nilai 1404,25 mm², sedangkan luas daerah elastis yang terkecil didapatkan kombinasi variasi reduksi ketebalan 15% dan temperatur 135°C dengan niali 279,66 mm², semakin meningkat % reduksi maka nilai kekuatan luluh menurun tetapi kekerasan meningkat.

- Dari hasil pengujian tarik didapat nilai luas daerah Plastis pada variasi reduksi ketebalan 5% temperatur 135°C menunjukkan nilai luas daerah Plastis 2267,68 mm², pada reduksi ketebalan 10% temperatur 135°C menunjukkan nilai luas daerah Plastis 1625,53 mm², pada reduksi ketebalan 15% temperatur 135°C menunjukkan nilai luas daerah Plastis 1111,2 mm² dengan nilai luas daerah Plastis yang paling kecil. Hal ini disebabkan karena ukuran butir semakin kecil, luas daerah plastis terbesar didapatkan kombinasi variasi reduksi ketebalan 5% dan temperatur 135°C dengan nilai 2267,68 mm², sedangkan luas daerah plastis yang terkecil didapatkan kombinasi variasi reduksi ketebalan 15% dan temperatur 135°C dengan nilai 1111,2 mm², semakin meningkat reduksi ketebalan nilai luas daerah Plastis semakin menurun.
- Temperatur 125°C reduksi ketebalan 10% menunjukkan nilai luas daerah Elastis 929,65 mm², pada temperatur 135°C reduksi ketebalan 10% menunjukkan nilai luas daerah Elastis 983,6 mm², pada temperature 145°C reduksi ketebalan 10% menunjukkan nilai luas daerah Elastis 1307,45 mm². Pada variasi temperatur nilai luas daerah Elastis menunjukkan bahwa semakin tinggi temperatur maka semakin tinggi nilai luas daerah Elastis, hal ini dikarenakan *cold working* yang menyebabkan ukuran butir semakin halus dan kecil dikarenakan adanya rekristalisasi dinamis dan perubahan-perubahan dalam struktur dari *cold working process* ini. luas daerah elastis terbesar didapatkan kombinasi variasi temperatur 135°C dan reduksi ketebalan 5% dengan nilai 2267,68 mm², sedangkan luas daerah elastis terkecil didapatkan kombinasi variasi temperatur 135°C dan reduksi ketebalan 15% dengan nilai 1111,2 mm².
- Temperatur 125°C reduksi ketebalan 10% menunjukkan nilai luas daerah Plastis 1546,7 mm², pada temperatur 135°C reduksi ketebalan 10% menunjukkan nilai luas daerah Plastis 1625,53 mm², pada temperature 145°C reduksi ketebalan 10% menunjukkan nilai luas daerah Plastis 1811,65 mm², Pada variasi temperatur nilai luas daerah Plastis menunjukkan bahwa semakin tinggi temperatur benda kerja maka semakin tinggi pula nilai luas daerah Plastis, dikarenakan butiran rongga kasar dari coran dipecah dan dimurnikan menjadi butiran rekristalisasi yang sama kecil. Perubahan-perubahan dalam struktur dari kerja dingin ini menghasilkan peningkatan daktilitas dan ketangguhan. Luas daerah Plastis terbesar didapatkan kombinasi variasi temperatur 135°C dan reduksi ketebalan 5% dengan nilai 2267,68 mm², sedangkan luas daerah elastis terkecil didapatkan kombinasi variasi temperatur 135°C dan reduksi ketebalan 15% dengan nilai 1111,2 mm².

Dari penelitian tersebut diatas yang telah diperoleh dan dapat dijadikan saran pada penelitian ini adalah :

- Dalam melakukan proses *elektroles plating* diharapkan memakai alat dengan benar supaya proses saat pengadukan abudasar tidak tumpah.
- Untuk penelitian selanjutnya diharapkan pada saat proses pengecoran bahan semua harus teraduk rata dan melebur rata pada saat proses *stir casting*.
- Untuk penelitian selanjutnya disarankan untuk proses penempaan temperaturnya harus akurat dan seragam
- Ketika ambil data penelitian harus diperhatikan dengan seksama dan baik supaya dapat mengurangi kesalahan saat pengolahan data Analisa.
- Untuk Penelitian selanjutnya diharapkan waktu pembuatan spesimen pengujian dimensinya harus akurat atau tidak boleh melebihi toleransi

PENGHARGAAN

Terima kasih kepada Bapak Harjo Seputro selaku dosen pembimbing kami dan rekan rekan semua yang telah membantu dalam melaksanakan penelitian ini yang berjudul Perilaku Sifat Mekanik Hasil Proses Tempa Dingin Material Alumunium Komposit Abu Dasar

Batubara dimaksud agar menjadi tolak ukur dalam penelitian selanjutnya.

REFERENSI

- Ahmad Azhari. 2012. Pengaruh proses *Tempering* dan proses pengerolan di bawah dan di atas Temperatur Rekristalisasi pada Baja Karbon sedang terhadap ketangguhan serta Struktur mikro untuk mata pisau panen sawit. Jurnal e-Dinamis, Volume II, No.2, ISSN 2338-1035.
- Askeland., D. R. (1985). "The Science and Engineering of Material". Alternate Edition, PWS Engineering, Boston, USA.
- ASTM E8/E8M – 13a, Standart Test Methods for Tension Testing of Metallic Material, American Association State Highway and Transportation Official Standart.
- Eka Febriyanti, Amin Suhadi, Priadi dan Rini Riastuti, 2016. Pengaruh peningkatan % reduksi terhadap strukturmikro dan sifat mekanik paduan kuningan Cu-Zn 70/30 setelah proses *warm rolling* pada suhu 400°C. M.P.I Vol. No 3, Desember 2016, (163-172). E-ISSN 2541-1233. P-ISSN 1410-3680.
- Hanamantraygouda. M. B, Dr. B. P. Shivakumar, 2015. *Effect of Forging condition on Mechanical Properties os Al/SiC Metal Matrix Composites*. IJERT, ISSN : 2278-0181 , Vol. 4 Issue 05, May-2015.

Parikin, A. H. Ismoyo dan B. Bandriyana,
2010. Pengaruh proses rol pada
kekuatan tarik plat paduan
ZrNbMoGe. Prosiding PPI – PDIPTN
2010, ISSN 0216 – 3128.