

DESAIN KUALITAS PERANCANGAN PRODUK LIMBAH PLAT ALUMINIUM MENGGUNAKAN METODE EKSPERIMENT

Saufik Luthfianto¹, Zulfah², M. Fajar Nurwildani³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Pancasakti Tegal
Jl. Halmahera Km. 1 Kota Tegal
Email: tipancasakti@gmail.com

Abstrak

Pada penelitian awal di industri logam aluminium menghasilkan nilai uji kekerasan rata-rata sebesar 42,72 kg/mm², nilai uji tarik rata-rata sebesar 14,14 Kgf/mm² dan nilai keausan rata-rata sebesar 1,031 x 10⁻⁶ mm²/kg, hal ini terjadi penurunan kualitas kekerasan sebesar 10%, kekuatan tarik sebesar 15% dan keausan sebesar 10%. Tujuan penelitian ini adalah menjadikan dasar paduan unsur mangan, silikon dan magnesium sebagai peningkatan kualitas aluminium. Hasil penelitian menunjukkan setelah dilakukan eksperimen dengan metode rancangan acak sempurna atau penerapan rancangan acak sempurna terhadap paduan aluminium dengan penambahan mangan, silikon dan magnesium menghasilkan anova pada uji kekerasan sebesar $F_{hitung}=33.463 > F_{tabel}=F_{(0,05; 3; 16)}= 3.238$; anova pada uji kekuatan tarik sebesar $F_{hitung}=13.127 > F_{tabel}=F_{(0,05; 3; 16)} = 3.238$; dan anova pada uji keausan sebesar $F_{hitung} = 68.250 > F_{tabel} = F_{(0,05; 3; 16)} = 3.238$ artinya bahwa ketiga pengujian kualitas paduan aluminium memiliki pengaruh yang signifikan pada taraf kepercayaan 95%. Terdapat perbedaan penerapan rancangan acak sempurna terhadap paduan aluminium dengan penambahan mangan, silikon dan magnesium sehingga mengalami peningkatan kualitas pada kekerasan sebesar 31.75%; kekuatan tarik sebesar 7.99%; dan keausan mengalami penurunan sebesar 1.42%. Produk yang terbaik untuk paduan aluminium adalah untuk kekerasan dan kekuatan tarik dengan paduan 85% PS + (Mn 4%, Si 7%, Mg 4%) sedangkan keausan adalah dengan paduan 85% PS + (Mn 5%, Si 5%, Mg 5%).

Kata Kunci: Kualitas, limbah plat aluminium.

1. PENDAHULUAN

Pada penelitian pendahuluan yang dilakukan oleh Krisna (2015) pada logam aluminium yang diproduksi oleh UD. Dedy Mitra Logam Pesarean mempunyai nilai uji kekerasan rata-rata sebesar 42,72 kg/mm², nilai uji tarik rata-rata sebesar 14,14 Kgf/mm² dan nilai keausan rata-rata sebesar 1,031 x 10⁻⁶ mm²/kg mengalami penurunan kualitas kekerasan 10%, kekuatan tarik sebesar 15% dan keausan sebesar 10% jika dibandingkan dengan standar mekanik aluminium paduan. Oleh karena itu dilakukan pengecoran yang merupakan suatu proses manufaktur dengan menggunakan logam cair dan cetakan untuk menghasilkan *part* dengan bentuk yang mendekati bentuk geometri produk jadi. Keunggulan yang dapat menghasilkan produk dengan bentuk yang sederhana sampai rumit dengan berat bervariasi, mulai dari satuan gram hingga mencapai ton serta proses *finishing*-nya yang minimum sehingga dapat mengurangi biaya dan waktu proses, proses ini banyak digunakan di dunia industri terutama industri otomotif. Aluminium dalam bentuk murni memiliki kekuatan yang rendah dan tidak cukup baik digunakan untuk aplikasi yang membutuhkan ketahanan deformasi dan patahan, maka dari itu perlu ditambahkan unsur lain untuk meningkatkan kekuatannya. Aluminium dalam bentuk paduan yang sering dikenal dengan istilah *aluminium alloy* merupakan jenis aluminium yang digunakan cukup besar saat ini. Sedangkan logam paduan yang biasanya digunakan sebagai unsur paduan dari aluminium adalah: tembaga (Cu), silikon (Si), magnesium (Mg), mangan (Mn), seng (Zn), besi (Fe) dan sebagainya. Salah satu faktor kualitas yang penting dalam memilih aluminium (Al) dan paduannya adalah kekuatan tinggi untuk rasio berat, ketahanan terhadap korosi oleh banyak bahan kimia, konduktivitas termal dan listrik yang tinggi, penampilan, dan kemudahan *formability* (mampu bentuk) dan *machinability* (mampu mesin). Hal ini yang kami coba dalam memadukan aluminium dengan bahan magnesium, silikon dan mangan sebagai dasar peningkatan kualitas, karena produksi yang dihasilkan oleh UD. Dedy Mitra Logam Pesarean banyak digunakan untuk konstruksi bangunan,

bus, mobil, gerbong kereta api, dan kapal laut, dan penciptaan mesin yang digunakan dalam manufaktur.

2. METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan rancangan eksperimental murni. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui eksperimen acak lengkap dengan menambahkan unsur Mn, Si dan Mg pada material limbah aluminium dengan ukuran kualitas kekerasan, kekuatan tarik, keausan paduan aluminium yang tidak terpakai atau limbah aluminium. Tempat peleburan untuk pembuatan benda uji dilakukan di UD. Dedy Mitra Logam Pesarean, Tegal. Uji kekerasan, kekuatan tarik di UPTD Laboratorium Perindustrian Komplek LIK Takaru, Tegal. Uji keausan di Laboratorium Fakultas Teknik UGM, Yogyakarta. Uji kekerasan menentukan kekerasan suatu material dalam bentuk daya tahan material terhadap benda uji (dapat berupa bola baja atau kerucut diamon) yang ditekan terhadap permukaan material uji. Alat uji kekerasan yang digunakan adalah *Hardness brinell Tester*. Bola baja keras dengan diameter D mm, ditekan ke permukaan bagian yang diukur dengan beban P kg. Kekerasan Brinell adalah beban P dibagi luas bidang (mm^2) penekanan yang merupakan deformasi tetap sebagai akibat penekanan. Standar pengujian yang digunakan adalah JIS Z2243:1998. Pengujian kekuatan tarik untuk mengetahui kekuatan bahan terhadap gaya tarik. Sebelum dilakukan proses pengujian, sampel dibubut dan dibentuk sesuai dengan standar JIZ 2201 No.10. Dari pengujian ini akan didapat nilai kekuatan tarik dan *elongation*, sementara nilai ketangguhan didapat dengan cara menghitung luas area dibawah kurva hasil pengujian tarik. Uji keausan untuk mengetahui seberapa besar tingkat keausan benda (permukaan benda) terhadap gesekan atau goresan. Pengujian keausan dilakukan pada mesin ogoshi, dimana benda uji memperoleh beban gesek dari cincin yang berputar (*revolving disc*) sesuai dengan parameter tertentu seperti kecepatan, jarak luncur dan pembebanan. Pembebanan ini akan menghasilkan kontak antar permukaan yang berulang-ulang yang pada akhirnya akan mengambil sebagian material pada permukaan benda uji.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Eksperimen

Tabel 1. Deskriptif statistik

Kelompok	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1	5	42.97600	.928133	.415073	41.82357	44.12843	41.370	43.660
2	5	56.80000	2.057960	.920348	54.24470	59.35530	53.880	58.880
3	5	62.97400	6.073070	2.715959	55.43329	70.51471	52.780	67.400
4	5	56.61400	.797484	.356645	55.62379	57.60421	55.600	57.680
Total	20	54.84100	8.078512	1.806410	51.06014	58.62186	41.370	67.400

Sumber: olah data SPSS, 2017

Keterangan:

Kelompok I : 100% PS + (Mn 0%, Si 0%, Mg 0%)

Kelompok II : 85% PS + (Mn 5%, Si 5%, Mg 5%)

Kelompok III: 85% PS + (Mn 4%, Si 7%, Mg 4%)

Kelompok IV: 85% PS + (Mn 3%, Si 9%, Mg 3%)

Berdasarkan tabel 1 bahwa kelompok I mempunyai kekerasan rata-rata 42.97600 (kg/mm^2), standar deviasi 0.928133 (kg/mm^2), rata-rata standar error 0.415073 (kg/mm^2), dengan kekerasan minimal 41.370 (kg/mm^2), dan maksimalnya 43.660 (kg/mm^2), kelompok II mempunyai kekerasan rata-rata 56.80000 (kg/mm^2), standar deviasi 2.057960 (kg/mm^2), rata-rata standar error .920348 (kg/mm^2), dengan kekerasan minimal 53.880 (kg/mm^2), dan maksimalnya 58.880 (kg/mm^2),

kelompok III mempunyai kekerasan rata-rata 62.97400 (kg/mm²), standar deviasi 6.073070 (kg/mm²), rata-rata standar error 2.715959 (kg/mm²), dengan kekerasan minimal 52.780 (kg/mm²), dan maksimalnya 67.400 (kg/mm²), dan kelompok IV mempunyai kekerasan rata-rata 56.61400 (kg/mm²), standar deviasi 0.797484 (kg/mm²), rata-rata standar error 0.356645 (kg/mm²), dengan kekerasan minimal 55.600 (kg/mm²), dan maksimalnya 57.680 (kg/mm²). Dari interpretasi tersebut, maka dapat dilihat kecenderungan rata-rata pada uji kekerasan terbesar adalah pada kelompok III yaitu sebesar 62.97400 (kg/mm²), tapi perlu dilakukan uji lanjut untuk mengetahui apakah perbedaan tersebut signifikan pada taraf kepercayaan 95%.

Tabel 2. Descriptif Statistik

N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	UJI TARIK		Minimum	Maximum	
				95% Confidence Interval for Mean				
				Lower Bound	Upper bound			
1	5	14.06200	.385188	.172261	13.58373	14.54027	13.470	14.410
2	5	14.15800	.404932	.181091	13.65521	14.66079	13.460	14.450
3	5	15.28400	.279339	.124924	14.93716	15.63084	15.080	15.720
4	5	14.48800	.280482	.125435	14.13974	14.83626	14.270	14.960
Total	20	14.49800	.584633	.130728	14.22438	14.77162	13.460	15.720

Sumber: olah data SPSS, 2017

Keterangan:

Kelompok I : 100% PS + (Mn 0%, Si 0%, Mg 0%)

Kelompok II : 85% PS + (Mn 5%, Si 5%, Mg 5%)

Kelompok III: 85% PS + (Mn 4%, Si 7%, Mg 4%)

Kelompok IV: 85% PS + (Mn 3%, Si 9%, Mg 3%)

Berdasarkan tabel 2 bahwa kelompok I mempunyai kekuatan tarik rata-rata 14.06200 (Kgf/mm²), standar deviasi 0.385188 (kgf/mm²), rata-rata standar error 0.172261 (kgf/mm²), dengan kekuatan tarik minimal 13.470 (kgf/mm²), dan maksimalnya 14.410 (kgf/mm²), kelompok II mempunyai kekuatan tarik rata-rata 14.15800 (kgf/mm²), standar deviasi 0.404932 (kgf/mm²), rata-rata standar error 0.181091 (kgf/mm²), dengan kekuatan tarik minimal 13.460 (kgf/mm²), dan maksimalnya 14.450 (kgf/mm²), kelompok III mempunyai kekuatan tarik rata-rata 15.28400 (kgf/mm²), standar deviasi 0.279339 (kgf/mm²), rata-rata standar error 0.124924 (kgf/mm²), dengan kekuatan tarik minimal 15.080 (kgf/mm²), dan maksimalnya 15.720 (kgf/mm²), dan kelompok IV mempunyai kekuatan tarik rata-rata 14.48800 (kgf/mm²), standar deviasi 0.280482 (kgf/mm²), rata-rata standar error 0.125435 (kgf/mm²), dengan kekuatan tarik minimal 14.270 (kgf/mm²), dan maksimalnya 14.960 (kgf/mm²). Dari interpretasi tersebut, maka dapat dilihat kecenderungan rata-rata pada uji kekuatan tarik terbesar adalah pada kelompok III yaitu sebesar 15.28400 (kgf/mm²), tapi perlu dilakukan uji lanjut untuk mengetahui apakah perbedaan tersebut signifikan pada taraf kepercayaan 95%.

Tabel 3. Descriptif Statistik

N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	UJI KEAUSAN		Minimum	Maximum	
				95% Confidence Interval for Mean Lower Bound	95% Confidence Interval for Mean Upper Bound			
1	5	1.26400	.023022	.010296	1.23541	1.29259	1.230	1.290
2	5	1.24600	.029665	.013266	1.20917	1.28283	1.200	1.280
3	5	1.32360	.016891	.007554	1.30263	1.34457	1.310	1.353
4	5	1.52540	.055819	.024963	1.45609	1.59471	1.450	1.595
Total	20	1.33975	.118213	.026433	1.28442	1.39508	1.200	1.595

Sumber: olah data SPSS, 2017

Keterangan:

Kelompok I : 100% PS + (Mn 0%, Si 0%, Mg 0%)

Kelompok II : 85% PS + (Mn 5%, Si 5%, Mg 5%)

Kelompok III: 85% PS + (Mn 4%, Si 7%, Mg 4%)

Kelompok IV: 85% PS + (Mn 3%, Si 9%, Mg 3%)

Berdasarkan tabel 3 bahwa kelompok I mempunyai keausan rata-rata 1.26400×10^{-6} (mm²/kg), standar deviasi 0.023022×10^{-6} (mm²/kg), rata-rata standar error 0.010296×10^{-6} (mm²/kg), dengan keausan minimal 1.230×10^{-6} (mm²/kg), dan maksimalnya 1.290×10^{-6} (mm²/kg), kelompok II mempunyai keausan rata-rata 1.24600×10^{-6} (mm²/kg), standar deviasi $.029665 \times 10^{-6}$ (mm²/kg), rata-rata standar error $.013266 \times 10^{-6}$ (mm²/kg), dengan keausan minimal 1.200×10^{-6} (mm²/kg), dan maksimalnya 1.280×10^{-6} (mm²/kg), kelompok III mempunyai keausan rata-rata 1.32360×10^{-6} (mm²/kg), standar deviasi $.016891 \times 10^{-6}$ (mm²/kg), rata-rata standar error $.007554 \times 10^{-6}$ (mm²/kg), dengan keausan minimal 1.310×10^{-6} (mm²/kg), dan maksimalnya 1.353×10^{-6} (mm²/kg), dan kelompok IV mempunyai keausan rata-rata 1.52540×10^{-6} (mm²/kg), standar deviasi $.055819 \times 10^{-6}$ (mm²/kg), rata-rata standar error $.024963 \times 10^{-6}$ (mm²/kg), dengan keausan minimal 1.450×10^{-6} (mm²/kg), dan maksimalnya 1.595×10^{-6} (mm²/kg). Dari interpretasi tersebut, maka dapat dilihat kecenderungan rata-rata pada uji keausan terbesar adalah pada kelompok II yaitu sebesar 1.24600×10^{-6} (mm²/kg), tapi perlu dilakukan uji lanjut untuk mengetahui apakah perbedaan tersebut signifikan pada taraf kepercayaan 95%.

3.2 Pembahasan

a. Uji Kekerasan

1. Uji Normalitas

Hasil uji *kolmogorov smirnov* kekerasan menunjukkan bahwa besarnya nilai simpangan baku adalah 8.079 dan signifikan pada 0,065. Angka signifikan tersebut lebih tinggi dibandingkan dengan taraf signifikansi (0,05). Hal tersebut memberikan gambaran bahwa $H_0 > H_1$ maka varian 1 berdistribusi normal, $0,065 > 0,05$ maka variasi 1 berdistribusi normal yang berarti bahwa sebaran data telah memenuhi asumsi normalitas

2. Uji Homogenitas data

Angka signifikan yang ada adalah untuk *probabilitas Based on mean* = 0,015. Oleh karena probabilitas > 0,05 maka H_0 diterima artinya bahwa data hasil pengujian kekerasan varian paduan plat aluminium siku memiliki varian yang homogen atau data berasal dari populasi-populasi dengan varian yang sama.

3. Anova Uji Kekerasan

Dihasilkan $F_{hitung} = 33.463$ dan F_{tabel} dapat dicari dengan tabel distribusi F pada taraf kepercayaan 95 % ($\alpha = 5$ %) dan derajat bebas (df) 1 dan 2 adalah $df1 = \text{jumlah spesimen pengujian}-1 = 20-1= 19$, dan $df2 = \text{jumlah kasus}-\text{jumlah spesimen pengujian}-1 = 20-3-1= 16$, sehingga $F_{tabel} = F_{(0,05; 3; 16)} = 3.238$. Oleh karena $F_{hitung} > F_{tabel}$; maka H_0 ditolak, artinya pada proses pengecoran limbah plat aluminium siku dengan penambahan varian Mn, Si dan Mg memiliki perbedaan signifikan terhadap pengujian kekerasan pada taraf kepercayaan 95%.

4. Uji beda

Dihasilkan $t_{hitung} = -6,766$ dan $t_{tabel} (0,025;1) = 12,706$ karena $t_{hitung} < - t_{tabel}$ maka H_0 ditolak, artinya bahwa kelompok 1 (0% Mg, 0%Si dan 0%Mn) mempunyai pengaruh signifikan terhadap kelompok 3 (4% Mg, 7%Si dan 4%Mn), dengan mengalami kenaikan kekerasan sebesar 31.75%.

b. Uji Kekuatan Tarik

1. Uji Normalitas data

Hasil uji *kolmogorov smirnov* kekuatan tarik menunjukkan bahwa besarnya nilai simpangan baku adalah 0.5846 dan signifikan pada 0,150. Angka signifikan tersebut lebih tinggi dibandingkan dengan taraf signifikansi (0,05). Hal tersebut memberikan gambaran bahwa $H_0 > H_1$ maka varian 1 berdistribusi normal, $0,150 > 0,05$ maka variasi 1 berdistribusi normal yang berarti bahwa sebaran data telah memenuhi asumsi normalitas.

2. Uji Homogenitas Data

Angka signifikan yang ada adalah untuk *probabilitas Based on mean* = 0,838. Oleh karena probabilitas $> 0,05$ maka H_0 diterima artinya bahwa data hasil pengujian kekuatan tarik varian paduan plat aluminium siku memiliki varian yang homogen atau data berasal dari populasi-populasi dengan varian yang sama.

3. Anova Uji Kekuatan Tarik

Dihasilkan $F_{hitung} = 13.127$ dan F_{tabel} dapat dicari dengan tabel distribusi F pada taraf kepercayaan 95 % ($\alpha = 5$ %) dan derajat bebas (df) 1 dan 2 adalah $df1 = \text{jumlah spesimen pengujian-1} = 20-1= 19$, dan $df2 = \text{jumlah kasus-jumlah spesimen pengujian-1} = 20-3-1= 16$, sehingga $F_{tabel} = F_{(0,05; 3; 16)} = 3.238$. Oleh karena $F_{hitung} > F_{tabel}$; maka H_0 ditolak, artinya pada proses pengecoran limbah plat aluminium siku dengan penambahan varian Mn, Si dan Mg memiliki perbedaan signifikan kekuatan tarik.

4. Uji beda

Dihasilkan $t_{hitung} = -5,579$ dan $t_{tabel} (0,025;1) = 12,706$ karena $t_{hitung} < - t_{tabel}$ maka H_0 ditolak, artinya bahwa kelompok 1 (0% Mg, 0%Si dan 0%Mn) mempunyai pengaruh signifikan terhadap kelompok 3 (4% Mg, 7%Si dan 4%Mn), dengan mengalami kenaikan kekuatan tarik sebesar 7.99%

c. Uji Keausan

1. Uji Normalitas data

Hasil uji *kolmogorov smirnov* keausan menunjukkan bahwa besarnya nilai simpangan baku adalah 0.1879 dan signifikan pada 0.093. Angka signifikan tersebut lebih tinggi dibandingkan dengan taraf signifikansi (0,05). Hal tersebut memberikan gambaran bahwa $H_0 > H_1$ maka varian 1 berdistribusi normal, $0,093 > 0,05$ maka variasi 1 berdistribusi normal yang berarti bahwa sebaran data telah memenuhi asumsi normalitas.

2. Uji Homogenitas Data

Angka signifikan yang ada adalah untuk *probabilitas Based on mean* = 0,070. Oleh karena probabilitas $> 0,05$ maka H_0 diterima artinya bahwa data hasil pengujian keausan varian paduan plat aluminium siku memiliki varian yang homogen atau data berasal dari populasi-populasi dengan varian yang sama.

3. Anova Uji Keausan

Dihasilkan $F_{hitung} = 68.250$ dan F_{tabel} dapat dicari dengan tabel distribusi F pada taraf kepercayaan 95 % ($\alpha = 5$ %) dan derajat bebas (df) 1 dan 2 adalah $df1 = \text{jumlah spesimen pengujian-1} = 20-1= 19$, dan $df2 = \text{jumlah kasus-jumlah spesimen pengujian-1} = 20-3-1= 16$, sehingga $F_{tabel} = F_{(0,05; 3; 16)} = 3.238$. Oleh karena $F_{hitung} < F_{tabel}$; maka H_0 ditolak, artinya pada proses pengecoran limbah plat aluminium siku dengan penambahan varian Mn, Si dan Mg memiliki perbedaan signifikan keausan.

4. Uji beda

$t_{hitung} = 4.811$ dan $t_{tabel} (0,025;1) = 12,706$ karena $t_{hitung} < - t_{tabel}$ maka H_0 ditolak, artinya bahwa kelompok 1 (0% Mg, 0%Si dan 0%Mn) mempunyai pengaruh signifikan terhadap kelompok 2 (4% Mg, 7%Si dan 4%Mn), dengan mengalami penurunan keausan sebesar 1.42%.

4. KESIMPULAN.

1. Produk yang terbaik untuk paduan aluminium adalah untuk kekerasan dan kekuatan tarik kelompok III: 85% PS + (Mn 4%, Si 7%, Mg 4%) sedangkan keausan kelompok II : 85% PS + (Mn 5%, Si 5%, Mg 5%).

2. Terdapat perbedaan penerapan rancangan acak sempurna terhadap paduan aluminium dengan penambahan mangan, silikon dan magnesium sehingga mengalami peningkatan kualitas pada kekerasan sebesar 31.75%; kekuatan tarik sebesar 7.99%; dan keausan mengalami penurunan sebesar 1.42%.

DAFTAR PUSTAKA

- Hasan, I.M. 2013, *Analisis Data Penelitian Dengan Statistik Edisi Ke – 2*, PT. Bumi Aksara, Jakarta
- Rianto Agus Krisna. 2015. *Analisa Sifat Mekanik Proses Pengecoran Plat Aluminium Siku Dengan Penambahan Unsur Mangan, Silikon, dan Magnesium*. Skripsi. Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pancasakti, Tegal, 2013
- Surdia, T dan Chijiwa K. 2013, *Teknik Pengecoran Logam*, PT. Balai Pustaka, Jakarta
- Sudjana, 1994, *Desain dan Analisis eksperimen – Edisi III*, Tarsito, Bandung.