Jurnal Teknik Mesin Universitas Bandar Lampung, Vol 13 No.2, Oktober 2024

Submitted: 01-09-2024
Revised: 15-09-2024
Accepted:01-10-2024
Published:30-10-2024

Pengaruh Penambahan Mangan terhadap Sifat Mekanik dan Fatigue Aluminium Daur Ulang

Indra Surya, Muhammad Arizon, Riza Muhida, Muhammad Riza, Kunarto, Zein Muhamad, Mulyana, Harjono Saputro, Bambang Prawoto

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Bandar Lampung,
Bandar Lampung, 35143, Indonesia
Email: m.arizon.20321007@student.ubl.ac.id

Abstrak. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi pengaruh penambahan mangan (Mn) terhadap sifat mekanik dan ketahanan fatigue aluminium hasil daur ulang velg sepeda motor. Aluminium dibagi dalam tiga kategori: tanpa penambahan mangan, penambahan mangan 20 gram, dan penambahan mangan 30 gram. Proses pembuatan spesimen meliputi peleburan, penambahan mangan, pengecoran, dan pembubutan sesuai standar ASTM. Pengujian tarik dilakukan untuk mengukur kekuatan tarik dan elongasi, sementara pengujian fatigue dilakukan untuk menilai ketahanan material terhadap beban siklik. Hasil menunjukkan bahwa penambahan mangan meningkatkan kekuatan tarik, namun menurunkan ketahanan fatigue, terutama pada konsentrasi mangan yang lebih tinggi. Penelitian ini merekomendasikan penelitian lebih lanjut untuk menentukan konsentrasi mangan optimal dan analisis mikrostruktur guna memahami perubahan yang terjadi pada material.

Kata Kunci: alumunium, mangan, fatigue, ASTM, velg sepeda motor

1 Pendahuluan

Dengan perkembangan teknologi dan kebutuhan yang semakin kompleks, aluminium menjadi salah satu material yang sering digunakan dalam berbagai aplikasi industri. Material ini terkenal ringan, tahan terhadap korosi, dan memiliki konduktivitas yang baik, menjadikannya sangat berharga dalam industri otomotif dan penerbangan. Dalam banyak aplikasi, sifat mekanik aluminium dapat ditingkatkan dengan menambahkan elemen paduan seperti mangan (Mn). Mangan dapat meningkatkan kekuatan tarik aluminium, tetapi dampaknya terhadap ketahanan fatigue perlu dievaluasi lebih lanjut. Fatigue adalah salah satu mekanisme kegagalan utama dalam aplikasi material yang mengalami beban siklik, seperti velg sepeda motor. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi pengaruh penambahan mangan terhadap sifat mekanik dan fatigue pada aluminium daur ulang dari velg sepeda motor.

2 Material dan Metode Penelitian

2.1. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang dipersiapkan sebagai berikut: Mesin Bubut, Tang Kowi Penjepit, Mesin Uji Fatigue, Tungku Pelebur, Jangka Sorong, Mesin Uji Tarik, Mesin Gerinda.

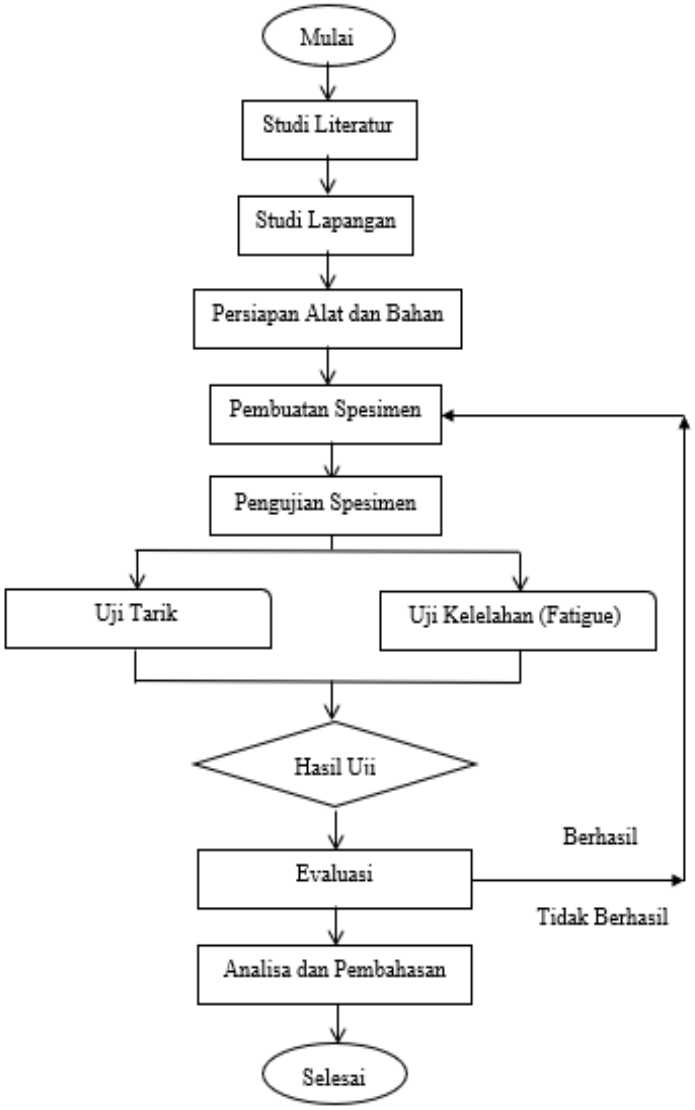
Bahan yang digunakan sebagai berikut: Alumunium Velg Bekas Motor, Mangan (Mn).



Gambar 1. Velg Bekas dan Bahan Mangan (Mn) yang digunakan sebagai bahan utama dalam penelitian ini. Velg dilebur untuk diolah menjadi spesimen aluminium, sementara mangan ditambahkan dalam berbagai konsentrasi untuk menilai pengaruhnya terhadap sifat mekanik dan ketahanan fatigue material

2.2. Metode

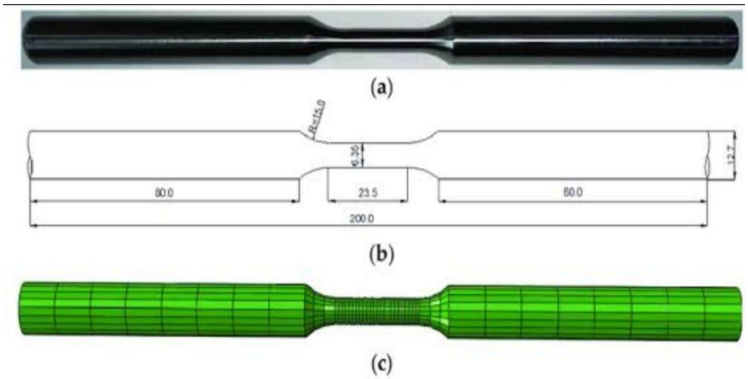
Penelitian ini menggunakan metode eksperimental untuk mengetahui pengaruh penambahan mangan pada sifat mekanik dan fatigue aluminium daur ulang. Spesimen aluminium dibagi menjadi tiga kategori: tanpa penambahan mangan, dengan penambahan mangan 20 gram, dan penambahan mangan 30 gram. Setiap spesimen mengalami proses peleburan, pengecoran, dan pembubutan sesuai standar ASTM E8 untuk uji tarik dan ASTM E606 untuk uji fatigue. Pengujian tarik dilakukan untuk mengukur kekuatan tarik maksimum dan elongasi, sementara pengujian fatigue dilakukan dengan memberikan beban siklik hingga material mengalami patah.



Gambar 2. Flowchart Proses Pengujian Fatigue pada Aluminium. Diagram ini menjelaskan tahapan eksperimen mulai dari peleburan aluminium velg bekas, penambahan mangan, pengecoran, pembentukan spesimen, hingga pengujian tarik dan fatigue untuk mengevaluasi sifat mekanik material.

2.3. Rencana Desain dan Eksperimen

Adapun rencana desain dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 3. Benda Uji Aluminium, yang telah melalui proses peleburan dan pembubutan sesuai dengan standar ASTM. Spesimen ini digunakan dalam pengujian tarik dan fatigue untuk mengevaluasi pengaruh penambahan mangan terhadap sifat mekanik material.

Desain penelitian ini dilakukan untuk membandingkan tiga kelompok spesimen, yaitu:
Aluminium tanpa penambahan mangan (kontrol),
Aluminium dengan penambahan mangan 20 gram,
Aluminium dengan penambahan mangan 30 gram.
Setiap kelompok diuji sebanyak dua kali untuk memastikan hasil yang konsisten. Data yang diperoleh dari pengujian tarik dan fatigue akan dianalisis untuk mengevaluasi perubahan sifat mekanik aluminium akibat penambahan mangan.

2.4. Proses Peleburan

Aluminium dari velg sepeda motor bekas dipotong menjadi bagian-bagian kecil dan kemudian dilebur di dalam tungku pelebur pada suhu antara 650°C hingga 700°C. Proses peleburan dilakukan hingga seluruh aluminium mencair secara merata. Setelah mencapai titik cair, kotoran yang mengapung di permukaan cairan aluminium diangkat untuk memastikan kualitas material.

2.5. Proses Penambahan bahan mangan Mn

Setelah aluminium mencapai kondisi cair, mangan dalam bentuk serbuk ditambahkan ke dalam tungku sesuai dengan jumlah yang telah ditentukan, yaitu 20 gram dan 30 gram. Mangan dicampur dengan aluminium cair untuk memastikan distribusi yang merata sebelum proses pengecoran dilakukan.

2.6. Proses Pengecoran

Aluminium cair yang telah dicampur dengan mangan kemudian dituangkan ke dalam cetakan sesuai dengan standar spesimen uji mekanik ASTM. Proses pengecoran harus

dilakukan dengan cepat dan tepat untuk memastikan hasil cetakan yang optimal tanpa cacat.

2.7. Proses Pembubutan

Setelah spesimen dicetak dan didinginkan, spesimen tersebut dibubut menggunakan mesin bubut untuk mendapatkan dimensi yang sesuai dengan standar ASTM. Pembubutan dilakukan untuk memastikan spesimen memiliki ukuran dan bentuk yang sesuai untuk pengujian tarik dan fatigue.



Gambar 4. Hasil proses Pembubutan Spesimen Aluminium. Spesimen ini dibentuk sesuai dengan standar ASTM untuk persiapan pengujian tarik dan fatigue, guna mengevaluasi pengaruh penambahan mangan terhadap sifat mekanik material.

2.8. Pengujian Tarik dan Fantigue

Pengujian tarik dilakukan untuk mengukur kekuatan tarik maksimum dan elongasi dari setiap spesimen. Pengujian ini menggunakan mesin uji tarik, dan hasil yang diperoleh akan dibandingkan antara spesimen aluminium tanpa penambahan mangan, dengan penambahan mangan 20 gram, dan dengan penambahan mangan 30 gram.
Pengujian fatigue dilakukan dengan memberikan beban siklik pada spesimen hingga material mengalami patah. Pengujian ini bertujuan untuk menilai ketahanan spesimen terhadap beban berulang dan membandingkan pengaruh penambahan mangan terhadap ketahanan fatigue. Hasil siklus patah dari setiap spesimen dianalisis dan disajikan dalam bentuk grafik serta tabel.

3 Hasil dan Pembahasan

3.1. Spesifikasi Benda Uji

Spesifikasi ukuran spesimen aluminium yang digunakan dalam pengujian tarik dan fatigue. Tabel ini mencakup data diameter dan panjang grip spesimen dari aluminium tanpa penambahan mangan serta aluminium dengan penambahan mangan 20 gram dan 30 gram.

Tabel 1. Spesifikasi Ukuran pada Spesimen

No	Benda Uji	Diameter (Ø)	Panjang grip (cm)
1	Alumunium non mangan (Mn) 1	6.49	15.92
2	Alumunium non mangan (Mn) 2	6.58	18.97
3	Alumunium + mangan (Mn) 20gr 1	6.60	17.64
4	Alumunium + mangan (Mn) 20gr 2	6.44	16.47
5	Alumunium + mangan (Mn) 30gr 1	6.95	17.42
6	Alumunium + mangan (Mn) 30gr 2	6.93	16.98

Dilihat dari hasil pengujian alumunium velg bekas yang belum ditambah mangan dan yang sudah ditambah mangan 20gr dan 30gr hasil dari peleburan menggunakan velg sepeda motor bekas diatas bahwa pengujian dilakukan dua kali percobaan pada tiap benda uji, alumunium non mangan 2 kali percobaan, alumunium yang ditambah mangan 20gr 2 kali percobaan, dan alumunium yang ditambah mangan 30gr 2 kali percobaan. Dengan keterangan patah semua, menggunakan beban yang sama yaitu 4,281 Mpa.

3.2. Hasil Uji Fatigue

Pengujian fatigue dilakukan dengan memberikan beban siklik pada spesimen hingga material mengalami patah. Berdasarkan hasil pengujian, aluminium tanpa penambahan mangan menunjukkan siklus fatigue yang lebih tinggi dibandingkan dengan spesimen yang ditambahkan mangan. Aluminium tanpa mangan memiliki siklus fatigue rata-rata sebesar 133.273 N/mm², sedangkan aluminium dengan penambahan mangan 20 gram dan 30 gram masing-masing memiliki siklus fatigue rata-rata sebesar 52.370 N/mm² dan 12.549,5 N/mm².

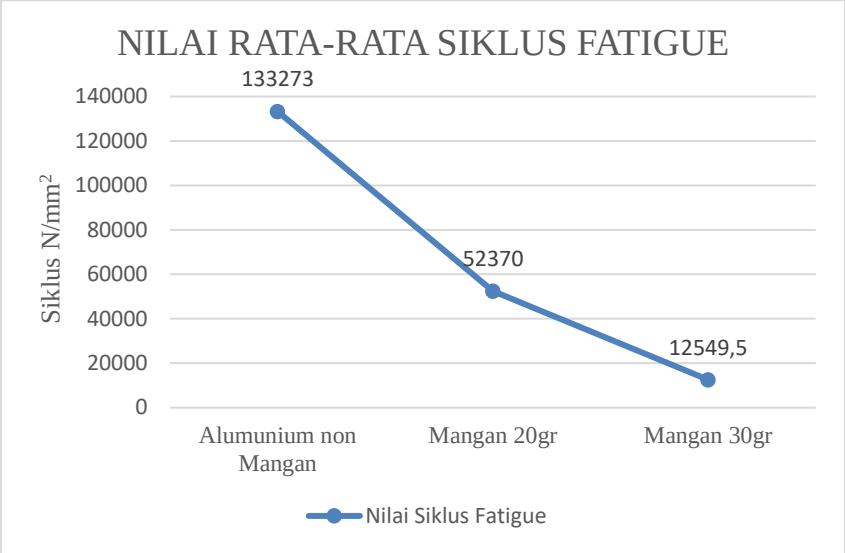
Hasil ini menunjukkan bahwa penambahan mangan, meskipun meningkatkan kekuatan tarik, cenderung menurunkan ketahanan terhadap beban siklik. Penurunan ketahanan fatigue yang lebih besar pada spesimen dengan penambahan mangan 30 gram

mengindikasikan bahwa konsentrasi mangan yang terlalu tinggi dapat menyebabkan penurunan siklus fatigue secara signifikan. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh peningkatan kekakuan material, yang mengurangi kemampuan material untuk menyerap energi selama siklus pembebanan berulang, sehingga material lebih rentan terhadap retak awal.

Tabel 2. Hasil Nilai Rata-rata Siklus Fatigue

No	**Spesimen**	**Beban (MPa)**	**Tegangan (MPa) MAX / MIN**		**Jumlah Siklus (N/mm^2)**	**Keterangan**
1.	Alumunium non mangan 1	4,281	3,432	-1,711	128546	Patah
2.	Alumunium non mangan 2	4,281	4,252	-2,127	138000	Patah
Rata-rata			**3,842**	**-1,919**	**133.273**	-
3.	Alumunium + mangan 20gr 1	4,281	4,258	-2,122	51522	Patah
4.	Alumunium + mangan 20gr 2	4,281	4,282	-2,127	53218	Patah
Rata-rata			**4,27**	**-2,1245**	**52.370**	-
5.	Alumunium + mangan 30gr 1	4,281	4,238	-2,127	12344	Patah
6	Alumunium + mangan 30gr 2	4,281	3,105	-1,554	12755	Patah
Rata-rata			**3,6715**	**-1,8405**	**12.549,5**	**-**

Hasil nilai rata-rata siklus fatigue spesimen aluminium tanpa penambahan mangan, dengan penambahan mangan 20 gram, dan 30 gram. Tabel ini menunjukkan perbandingan beban, tegangan, dan jumlah siklus hingga terjadi patah, yang digunakan untuk mengevaluasi pengaruh penambahan mangan terhadap ketahanan fatigue material.



Gambar 5. Hasil Nilai Rata-rata Siklus Fatigue

Berdasarkan grafik dan tabel diatas perbandingan antara spesimen yang belum ditambah unsur mangan dan yang sudah ditambah unsur mangan 20gr dan 30gr memiliki tegangan dan siklus / nilai lelah yang berbeda beda dengan menggunakan beban yang sama yaitu 4,281 MPa.

Maka dapat disimpulkan bahwa masing-masing specimen tersendiri memiliki tegangan dan siklus/ nilai lelah yang berbeda-beda pada pengujian fatigue, dalam hal ini pada sepsimen pengujian ke 1 yang belum ditambah mangan memilliki siklus/ nilai lelah yang tinggi yaitu 128546 N/mm^2 dan pada pengujian ke 2 mengalami peningkatan siklus/ nilai lelah yaitu 138000 N/mm^2. Sedangkan alumunium yang ditambah mangan 20gr pengujian ke 1 mengalami penurunan siklus / nilai lelah yaitu 51522 N/mm^2, dan pada pengujian ke 2 mengalami sedikit peningkatan jumlah siklus/ nilai lelahnya yaitu 53218 N/mm^2. Sedangkan alumunium yang ditambah mangan 30gr pada pengujian ke 1 mengalami penurunan siklus / nilai lelah dari alumunium belum ditambah mangan dan yang sudah ditambah mangan 20gr yaitu 12344 N/mm^2, dan pada pengujian ke 2 mengalami sedkit peningkatan juamlah siklus / nilai lelahnya dari sempel ke 1 yaitu 12755 N/mm^2.

4 Kesimpulan

Penelitian ini telah menunjukkan bahwa penambahan mangan pada aluminium daur ulang dari velg sepeda motor memberikan pengaruh yang signifikan terhadap sifat mekanik material, terutama dalam hal kekuatan tarik dan ketahanan terhadap kelelahan (fatigue). Dari hasil pengujian, diketahui bahwa penambahan mangan mampu meningkatkan kekuatan tarik aluminium secara signifikan. Aluminium dengan penambahan

mangan, baik pada konsentrasi 20 gram maupun 30 gram, memiliki nilai kekuatan tarik yang lebih tinggi dibandingkan dengan aluminium tanpa penambahan mangan. Hal ini menunjukkan bahwa mangan berfungsi sebagai elemen penguat yang dapat meningkatkan kemampuan aluminium dalam menahan beban tarik, sehingga cocok untuk aplikasi yang membutuhkan material dengan kekuatan tarik yang lebih tinggi.

Namun, meskipun kekuatan tarik meningkat, penelitian ini juga menemukan bahwa penambahan mangan berdampak negatif terhadap ketahanan fatigue aluminium. Aluminium tanpa penambahan mangan memiliki siklus fatigue yang lebih tinggi dibandingkan dengan aluminium yang ditambahkan mangan. Semakin tinggi konsentrasi mangan yang ditambahkan, semakin rendah ketahanan aluminium terhadap beban siklik. Penurunan paling signifikan terjadi pada spesimen dengan penambahan mangan 30 gram, yang menunjukkan siklus fatigue terendah. Hal ini mengindikasikan bahwa mangan, meskipun meningkatkan kekuatan tarik, dapat menyebabkan material menjadi lebih rapuh terhadap beban berulang, terutama pada konsentrasi mangan yang lebih tinggi.

Berdasarkan temuan ini, penambahan mangan pada aluminium harus dilakukan dengan hati-hati, terutama dalam aplikasi yang memerlukan ketahanan terhadap kelelahan atau beban siklik. Konsentrasi mangan yang terlalu tinggi dapat mempercepat kegagalan material akibat beban berulang. Oleh karena itu, diperlukan penelitian lebih lanjut untuk menentukan konsentrasi mangan yang optimal yang dapat meningkatkan kekuatan tarik tanpa mengorbankan ketahanan fatigue. Selain itu, analisis mikrostruktur material juga diperlukan untuk memahami lebih dalam perubahan yang terjadi pada material akibat penambahan mangan, serta pengujian jangka panjang dalam kondisi nyata untuk mengevaluasi kinerja material dalam aplikasi praktis.

References

1. "Aluminium: Technology, Applications, and Environment" oleh Gunter R. Müller, diterbitkan oleh Wiley-VCH, 2007. Penerbit: Wiley-VCH.
2. Aluminium and Aluminium Alloys" oleh J. Gilbert Kaufman dan Elwin L. Rooy, terbit tahun 2003 oleh ASM International.
3. Ashby, M. F., & Jones, D. R. H. (2012). *Engineering materials 1: An introduction to properties, applications, and design* (4th ed.). Elsevier.
4. Beer, F. P., Johnston, E. R., DeWolf, J. T., & Mazurek, D. F. (2013). *Mechanics of Materials*. Penerbit: McGraw-Hill Education.
5. *Engineering.com* tentang "The Benefits of Aluminium in Modern Engineering," diterbitkan pada 2022. Penerbit: Engineering.com.
6. "Fatigue of Structural Materials" di *Materials Science and Engineering*, 2017. Penerbit: Elsevier.
7. Gere, J. M., & Timoshenko, S. P. (1997). *Mechanics of Materials*. Penerbit: PWS Publishing Company.
8. Hibbeler, R. C. (2017). *Mechanics of Materials*. Penerbit: Pearson Education.
9. NASMI HERLINA SARI. (2012). MATERIAL TEKNIK. Sleman Yogyakarta. Deepublish (CV BUDI UTAMA).
10. Prof. Ir. Tata Surdia MS. Met. E. & Prof. Dr. Shinroku Saito. (2013). *PENGETAHUAN BAHAN TEKNIK*. Jakarta Timur: PT Balai Pustaka .
11. Syaharuddin Rasyid. (2012). TEKNOLOGI PENGOLAHAN LOGAM. Sleman Yogyakarta. Deepublish (CV BUDI UTAMA).
12. "The Role of Aluminium in Modern Technology," *Journal of Material Science*, 2020. Penerbit: Springer.