

Karakteristik Perbaikan Retak Blok Mesin dengan Las Oksi-Asetilen

Triyono^{1,a *}, Nurul Muhayat^{1,b}, Zuhri Nurisna^{1,c}

¹Jurus Teknik Mesin Universitas Sebelas Maret Surakarta Indonesia
^atriyonomesin@uns.ac.id, ^czuhri_fuera@yahoo.co.id

Abstrak

Blok mesin dalam aplikasinya sering mengalami kerusakan seperti retak akibat benturan, erosi air pendingin dan lain sebagainya. Agar mesin dapat bekerja secara normal, maka retak ini harus diperbaiki dengan cara dilas menggunakan las *Oxy-Acetylene Welding* (OAW). *Welder* dan bengkel yang memperbaiki retak ini tidak mempunyai standar yang baku, namun mereka melakukan pengelasan berdasarkan pengalaman termasuk dalam menentukan *filler* las. Beberapa material yang sering digunakan sebagai *filler* adalah limbah piston bekas bus dan sepatu rem. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh jenis *filler* dari material piston dan sepatu rem terhadap sifat fisik mekanik hasil pengelasan retak pada blok mesin menggunakan las *oxy-acetylene*. Pengelasan dilakukan oleh welder yang berpengalaman. Hasil pengelasan diuji struktur mikro, uji komposisi, uji tarik (menggunakan standar JIS Z 2201) dan uji kekerasan. Sambungan las dengan menggunakan *filler* material sepatu rem mempunyai kekuatan tarik tertinggi dibandingkan dengan sambungan las dengan *filler* material piston, karena *filler* material sepatu rem memiliki komposisi kimia yang hampir sama dengan *base metal*. Patahan uji tarik sambungan las dengan *filler* material piston terdapat pada daerah *weld metal* dikarenakan adanya cacat pada daerah *weld metal* terutama cacat porositas sehingga pembentukan uji tarik terkonsentrasi pada cacat tersebut. Cacat porositas tersebut dipengaruhi oleh prosentase Cu pada paduan *filler* metal, semakin tinggi prosentase Cu maka cacat porositas yang terbentuk semakin besar.

Kata kunci : blok mesin, perbaikan retak, filler

Latar belakang

Penggunaan blok mesin aluminium dimulai pada mesin bensin pada akhir tahun 1970. Pertengahan tahun 1990 pembuatan blok mesin diesel mulai mengalami pergantian material dari besi cor menjadi alumunium, hal tersebut dikarenakan material aluminium yang lebih ringan dan bertujuan untuk mengurangi berat blok mesin diesel. Tahun 2005 penggunaan blok mesin aluminium terus meningkat hingga mencapai 50% dari pangsa pasar. Saat ini blok mesin bensin terbuat dari aluminium dan aluminium paduan. Aplikasi material ini juga sangat berkembang dalam pembuatan blok mesin diesel [1].

Kerusakan yang terjadi pada blok mesin selain dikarenakan abrasi dan kerak, juga bisa dikarenakan cacat desain maupun cacat waktu proses pengecoran, sehingga mengakibatkan patah maupun retakan pada bagian blok mesin. Hal ini dapat diatasi dengan melebur dan mengulang proses pengecoran blok aluminium tersebut. Namun, apabila kerusakan tersebut terjadi setelah pemakaian dalam jangka waktu yang lama, maka salah satu cara untuk memangkas biaya perbaikan adalah dengan melakukan pengelasan pada bagian blok mesin yang mengalami retakan atau patahan tersebut.

Pengelasan untuk perbaikan blok mesin memerlukan proses pengelasan yang dapat melebur dan menghilangkan lapisan Al_2O_3 beserta kerak dari permukaan blok mesin yang akan dilas dengan cara mencairkan aluminium di bawah lapisan Al_2O_3 dan mengangkat lapisan Al_2O_3 tersebut. Proses perbaikan blok mesin ini dalam prakteknya menggunakan las *Oxy-Acetylene Welding* (OAW) karena keluaran panas dari pengelasan dapat dikontrol dengan mudah sehingga sebelum ditambahkan *filler* pada logam induk, lapisan Al_2O_3 dan kerak pada permukaan blok mesin dapat dihilangkan dengan pencairan pada lapisan permukaan blok mesin [2]. Meskipun penggunaan las OAW dalam perbaikan kerusakan blok mesin memiliki kelemahan diantaranya adanya *Heat Affected Zone* (HAZ) akibat panas yang berlebihan saat proses pengelasan tetapi proses pengelasan OAW dianggap lebih efektif dan ekonomis.

Welder dan bengkel yang memperbaiki retak pada blok mesin tidak mempunyai standar yang baku, namun mereka melakukan pengelasan berdasarkan pengalaman termasuk dalam menentukan *filler* las. Beberapa material yang sering digunakan sebagai *filler* adalah limbah piston bekas bus dan sepatu rem. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh

jenis *filler* dari piston dan sepatu rem terhadap sifat fisik mekanik hasil perbaikan retak pada blok mesin menggunakan las *oxy-acetylene*.

Metode Penelitian

Bahan penelitian. Bahan yang digunakan adalah blok mesin mobil Mitsubishi Colt T120 yang terbuat dari paduan aluminium dan limbah piston bus Mitsubishi, Hino, Mercedes Benz, sepatu rem sebagai *fillernya*. Hasil uji komposisi kimia ditunjukkan oleh Tabel 1.

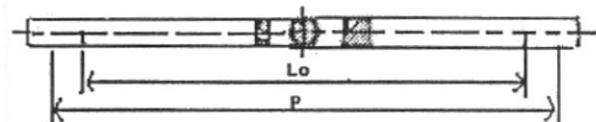
Tabel 1. Hasil uji komposisi material blok mesin dan *filler*.

Material	Al	Si	Fe	Cu	Mn	Ni
Blok Colt T 120	90,8	6,4	0,8	0,9	0,6	0,044
Piston Hino	86,0	10,8	0,8	1,2	0,03	<0,02
Piston Mitsubishi	86,2	10,9	0,8	1,1	0,02	<0,02
Piston Mercedes	86,0	10,6	0,8	1,3	0,02	<0,02
Sepatu Rem	90,1	6,5	1,5	0,6	0,26	0,042

Proses pengelasan. Pengelasan dilakukan oleh operator yang sudah biasa melakukan proses pengelasan blok mesin dengan mengacu kepada standar AWS. Bahan blok mesin yang telah dipotong, kemudian dilas menggunakan las OAW dengan *filler* yang telah divariasikan dari limbah piston bus Mercedes Benz, Mitsubishi, Hino dan sepatu rem. Sebelum pengelasan, material *filler* dilebur dahulu dengan las OAW dan dicetak menjadi berbentuk batangan.

Pengujian hasil pengelasan. Hasil pengelasan dikarakterisasi dengan uji tarik dan pengamatan

struktur mikro. Pengujian tarik hasil lasan menggunakan standar JIS Z 2201 dengan dimensi seperti terlihat pada Gambar 1.



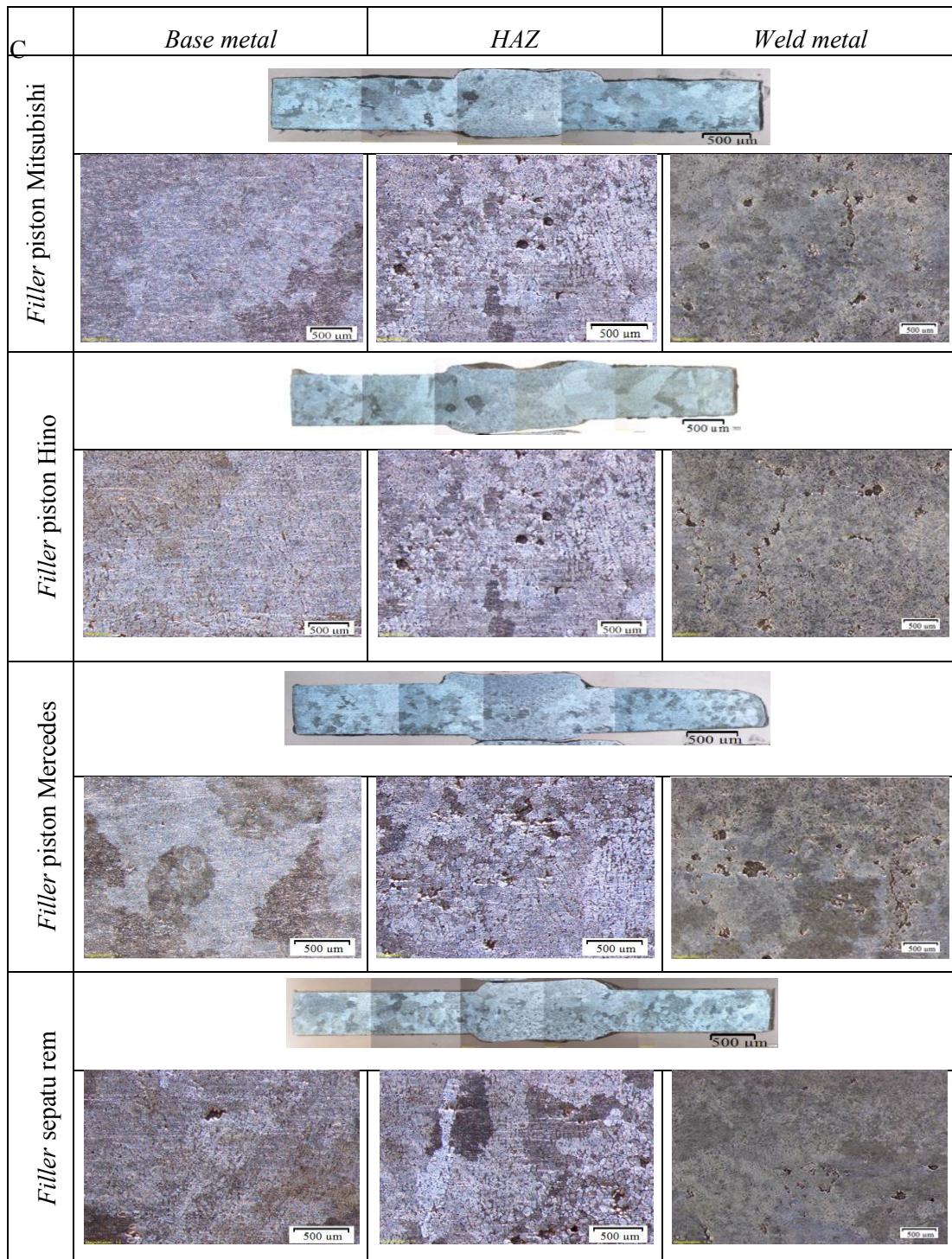
Gambar 1. Dimensi spesimen uji tarik ($L_0=40$ mm, $P=50$ mm, $d=5$ mm).

Hasil Penelitian dan Pembahasan

Struktur makro dan mikro hasil pengelasan. Hasil pengujian makro dan mikrostruktur memperlihatkan terjadinya perbedaan fasa dan ukuran butir struktur mikro yang terbentuk terutama antara *weld metal* dan daerah HAZ (*Heat Affected Zone*).

Foto makro pada Gambar 2 menunjukkan bahwa daerah *weld metal* mempunyai butir bulat besar, sedangkan daerah HAZ mempunyai butir memanjang, hal ini dikarenakan selama proses pengelasan mengalami siklus thermal pemanasan dan pendinginan cepat sehingga akan terjadi kombinasi antara pembentukan butir-butir yang kasar sebagai akibat terekspos pada suhu tinggi dengan timbulnya transformasi fasa, dari fasa padat ke fasa padat lain [3].

Foto makro hasil lasan juga menunjukkan cacat-cacet yang terjadi pada hasil lasan yaitu cacat porositas. Cacat porositas ini terbentuk pada daerah *weld metal*, ini disebabkan oleh terperangkapnya gas hidrogen pada saat pembekuan, hal ini terjadi dikarenakan gas hidrogen memiliki kelarutan tinggi dalam aluminium cair tetapi sangat rendah dalam aluminium padat. Karena batas kelarutan turun pada waktu pendinginan maka gas hidrogen keluar dari larutan dan karena proses pembekuan yang cepat menyebabkan gas ini terperangkap dan membentuk gelembung halus [4].

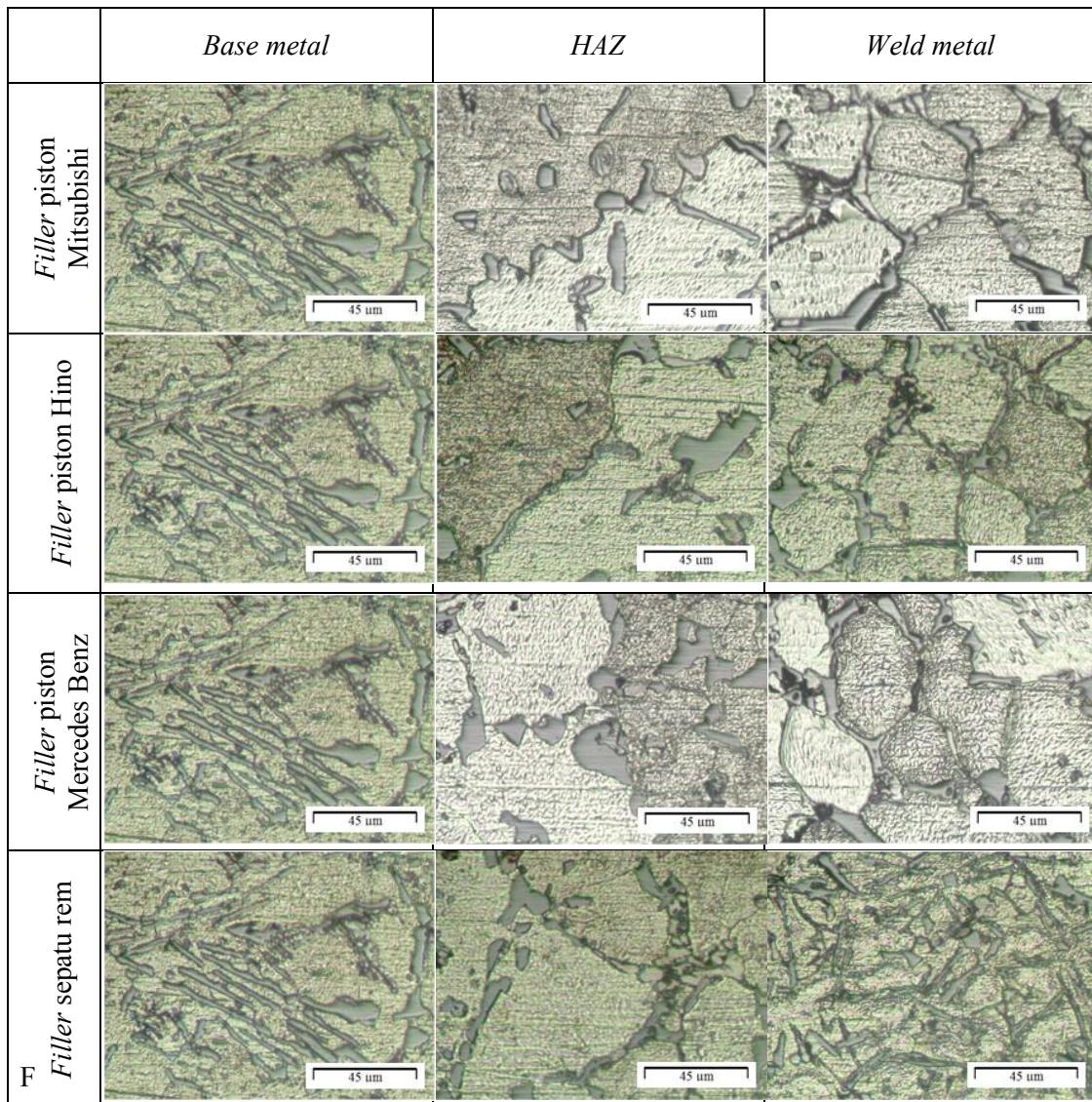


Gambar 2. Struktur makro hasil pengelasan

Cacat porositas ini umumnya bulat, terisolasi dan terdistribusi merata pada daerah *weld metal* dengan ukuran yang bervariasi, rata-rata ukuran lubang halus porositas yang didapati sekitar $140 \mu\text{m}$, yang termasuk dalam *macroporosity* karena berukuran lebih dari $100 \mu\text{m}$ [5]. Porositas merupakan penyebab utama dalam penurunan sifat mekanik, terutama *elongation* dan *fatigue resistance* [6]. Adanya cacat porositas ini dapat menyebabkan turunnya

kekuanan pada daerah *weld metal* bila dibandingkan dengan *base metal* yang tidak terdapat porositas.

Mikrostruktur hasil pengelasan *oxy-acetylene* mempunyai fasa Al yang ditunjukkan bagian yang terang, dan fasa Si yang ditampakkan dengan bagian yang lebih gelap seperti ditunjukkan pada gambar 3. Struktur ini sama dengan struktur piston kendaraan yang menjadi penelitian Abdillah (2010) [7].

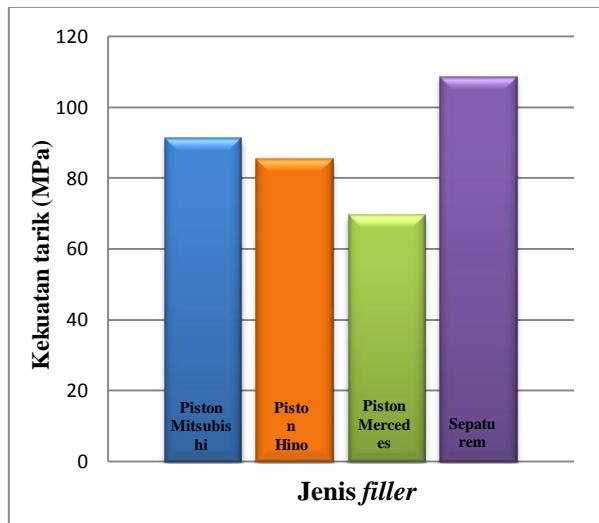


Gambar 3. Foto struktur mikro material hasil lasan.

FFoto mikro pada Gambar 3 tersebut memperlihatkan bahwa sebaran unsur Si pada logam induk merata pada permukaan aluminium dengan bentuk memanjang, hal ini menyebabkan kekerasan dan kekuatan logam induk baik [7]. Pada daerah HAZ, unsur Si tersebar tidak merata serta mengumpal pada beberapa bagian dan ukuran butir Si membesar dikarenakan selama proses pengelasan unsur Si tersebut saling mengikat antara satu dengan yang lainnya. Berkurangnya sebaran Si tersebut menyebabkan turunnya nilai kekerasan pada daerah HAZ tersebut. Daerah logam las *oxy-acetylene* menunjukkan butiran unsur Si yang lebih kecil dan bertebalan pada matrik Al secara merata dengan bentuk butir Al bulat membesar.

Selama proses pengelasan, proses pembekuan dari logam cair baik dari *filler* maupun logam induk akan memunculkan struktur dendritik yang kasar diiringi dengan timbulnya segregasi sebagai akibat adanya laju pendinginan yang relatif cepat. Adanya pengkasaran ukuran butir dan segregasi di daerah *weld metal* akan menurunkan sifat mekanik. Spesimen dengan *filler* sepatu rem memiliki struktur *weld metal* yang berbeda, hal ini dikarenakan kandungan komposisi *filler* sepatu rem jauh berbeda daripada *filler* yang lain, dimana kandungan unsur Si lebih rendah yaitu 6,53% dan unsur Fe 2 kali lebih besar daripada *filler* yang lain. Unsur Fe dalam jumlah banyak inilah yang menyebabkan timbulnya bintik keras pada *weld metal* spesimen hasil lasan dengan *filler* sepatu rem.

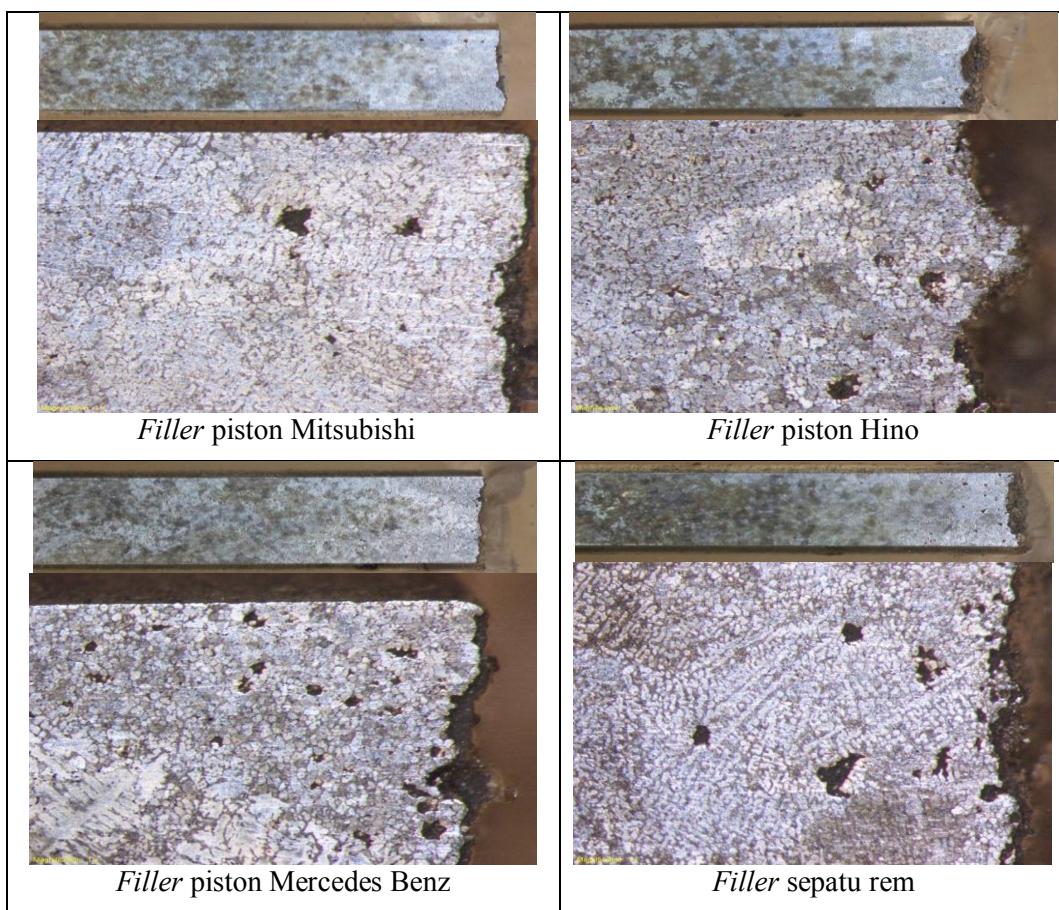
Hasil uji tarik. Hasil pengujian tarik hasil las dengan variasi *filler* memperlihatkan kekuatan tarik rata-rata hasil pengelasan yang disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik hasil uji tarik hasil las

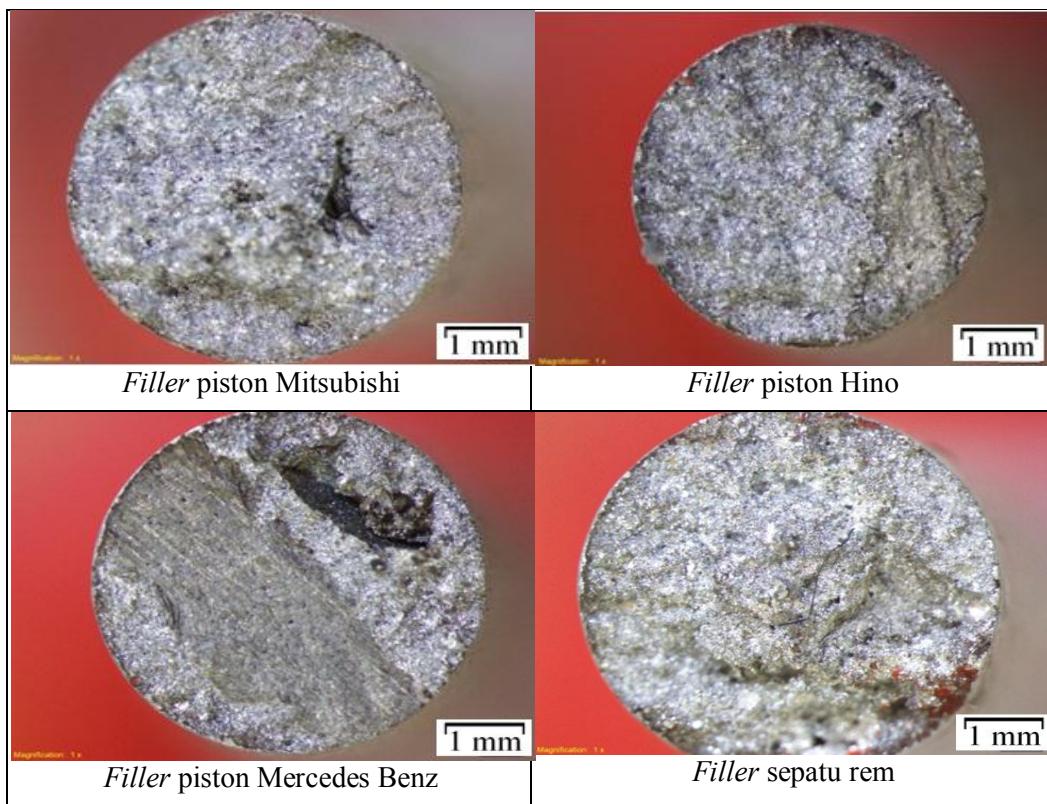
kekuatan tarik terendah sebesar 69,92 Mpa, sedangkan variasi *filler* sepatu rem memiliki rata-rata kekuatan tarik tertinggi sebesar 108,68 Mpa. Semua spesimen uji tarik untuk semua variasi *filler* patah pada daerah *weld metal*, dengan jenis patahan getas yang ditandai dengan tidak adanya *necking point* pada patahan. Hasil patahan ditunjukkan dalam dalam Gambar 5.

Patah pada daerah *weld metal* ini dapat disebabkan oleh faktor struktur mikro pada *weld metal* ataupun karena faktor proses pengelasan. Faktor struktur mikro yang mempengaruhi yaitu adanya porositas pada daerah *weld metal*, sehingga mengakibatkan konsentrasi pembebaran pada uji tarik terpusat pada daerah *weld metal*. Porositas dipengaruhi oleh kadar tembaga (Cu) yang terkandung dalam paduan aluminium, dimana meningkatnya kadar tembaga akan menaikkan besarnya porositas yang dihasilkan selama pengelasan [8].



Gambar 5. Foto makro penampang melintang patahan uji tarik

Hasil uji tarik memperlihatkan variasi *filler* Mitsubishi memiliki rata-rata kekuatan tarik sebesar 91,36 Mpa. Variasi *filler* Hino memiliki rata-rata kekuatan tarik sebesar 85,58 Mpa. Variasi *filler* Mercedes Benz memiliki rata-rata



Gambar 6. Foto makro penampang patahan uji tarik

Kenaikan porositas ini disebabkan oleh dua hal. Pertama, unsur tembaga menyebabkan reaksi eutektik terner pada suhu 525°C. Tingginya kandungan tembaga pada titik cair eutektik meningkatkan penyusutan volume titik selama pembekuan dan timbulnya porositas. Kedua, koefisien aktivitas hidrogen menurun dengan meningkatnya kadar tembaga dan terjadi penurunan kelarutan hidrogen. Oleh karena itu, porositas terbentuk dengan cepat selama pembekuan pada paduan yang mengandung tembaga [8]. Komposisi kimia *filler* Mercedes memiliki prosentase Cu 1,26% yang merupakan prosentase tertinggi dari variasi *filler* yang lainnya, sehingga pada hasil lasan terdapat banyak porositas yang menyebabkan kekuatannya paling rendah. Kekuatan tarik terbesar terdapat pada hasil lasan dengan *filler* sepatu rem, karena *filler* sepatu rem memiliki prosentase Cu yang paling rendah yaitu 0,564%, sehingga hasil lasannya juga minim porositas.

Struktur mikro pada daerah *weld metal* hasil lasan *filler* Hino, Mitsubishi dan Mercedes Bens mempunyai struktur butir yang besar dan banyak terdapat porositas pada daerah tersebut, hal inilah yang menyebabkan turunnya kekuatan tarik pada daerah tersebut. Hasil uji tarik hasil lasan *filler* sepatu rem memiliki kekuatan tarik lebih

besar dikarenakan struktur mikro *weld metal* hasil lasan *filler* sepatu rem memiliki bentuk sebaran Si yang merata seperti pada *base metal*, ditambah dengan adanya unsur Fe yang lebih banyak pada *filler* tersebut menyebabkan timbulnya bintik keras pada *weld metal*, yang membuat kekuatan tariknya meningkat.

Foto makro penampang patahan uji tarik (Gambar 6) menunjukkan adanya *slag inclusion* hampir pada tiap spesimen uji. *Slag inclusion* disebabkan oleh adanya inklusi yang berasal dari lapisan Al_2O_3 maupun pengotor lain dari luar yang bercampur pada saat pencairan *base metal*. Al_2O_3 pada lapisan aluminium menginklusikan pada *weld metal* dikarenakan karena Al_2O_3 memiliki densitas 3.95–4.1 g/cm³ yang mana lebih tinggi daripada densitas aluminium yaitu 2.70 g/cm³ [9]. Keadaan ini memudahkan terkandungnya zat-zat yang tidak dikehendaki ke dalamnya, sehingga ketika proses pengelasan, Al_2O_3 tersebut larut ke dalam *weld metal*. Inklusi dari Al_2O_3 dapat menyebabkan turunnya kekuatan pada daerah *weld metal* karena ikatan antar unsur Al dan Si menjadi terhalang oleh adanya Al_2O_3 tersebut.

Inklusi Al_2O_3 sebenarnya dapat dicegah dengan cara menghilangkan lapisan Al_2O_3 ketika lapisan Al_2O_3 mengambang di atas *weld metal* saat mencair. Al_2O_3 memiliki titik cair 2.072 °C, jauh lebih tinggi daripada aluminium yang hanya berkisar 660 °C, sehingga ketika pemanasan sudah mencairkan *base metal* aluminium akan

menyisakan lapisan Al_2O_3 yang mengambang di atas lasan [10], ketika itu pula lapisan Al_2O_3 dapat ditarik dari logam lasan. Penghilangan Al_2O_3 pada pengelasan penelitian ini tidak efektif dikarenakan dimensi spesimen yang kecil, sehingga menyulitkan pengontrolan Al_2O_3 tersebut karena titik cair dan viskositas aluminium yang rendah menyebabkan daerah yang kena pemanasan mudah mencair dan jatuh menetes (Wiryosumarto, 2000).

Kekuatan tarik terendah tercatat pada hasil lasan dengan *filler* Mercedes Benz yaitu 69,62 MPa. Berdasarkan Gambar 6, patahan hasil lasan dengan *filler* Mercedes Benz terdapat inklusi Al_2O_3 hampir terdapat pada separuh penampang patahan dan terdapat pula inklusi pengotor zat lain yang berwarna hitam. Kekuatan tarik tertinggi tercatat pada hasil lasan dengan *filler* sepatu rem yaitu 108,68 Mpa. Berdasarkan pengamatan penampang patahan uji tarik pada Gambar 6, hasil las ini bebas dari adanya inklusi baik berupa Al_2O_3 maupun zat pengotor lain, sehingga ikatan antar unsur di dalamnya menjadi kuat dan kekuatan tariknya meningkat. Kekuatan tarik hasil lasan menggunakan *filler* Mitsubishi dengan *filler* Hino menunjukkan kekuatan tarik hasil lasan menggunakan *filler* Mitsubishi lebih baik karena hasil lasannya lebih baik.

Kesimpulan

Kekuatan tarik tertinggi diperoleh oleh sambungan las dengan *filler* sepatu rem, karena sepatu rem memiliki komposisi kimia yang hampir sama dengan blok mesin. Patah uji tarik terjadi di daerah *weld metal* dikarenakan adanya cacat porositas sehingga pembebanan uji tarik terkonsentasi pada cacat tersebut. Cacat porositas yang terbentuk dipengaruhi oleh prosentase Cu pada material *filler* dimana semakin tinggi prosentase Cu maka cacat porositas yang terbentuk semakin banyak.

Referensi

- [1] European Aluminium Association, Version 2011.
- [2] Turan, E., Koçal, T., & Ünlügençoglu, K., 2011. *Welding Technologies In Shipbuilding Industry*. The Online Journal of Science and Technology, Volume 1, Issue 4.
- [3] Suratman, R. 2011. *Beberapa Kasus Pada Pengelasan Baja*. API-IWS.
- [4] Wiryosumarto, H., & Okumura, T. 2000. *Teknologi Pengelasan Logam*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- [5] Akhtar, Sh. 2010. *Hydrogen Porosity in Al-Si Foundry Alloys*. Trondheim : Department of Materials Science and Engineering,

Norwegian University of Science and Technology. s.n., PhD Thesis. 978-82-471-1946-4.

- [6] Bangyikhan, K. 2005. *Effects of Oxide film, Fe-rich phase, Porosity and their Interactions on Tensile Properties of Cast Al-Si-Mg Alloys*. Birmingham : School of Metallurgy and Materials, The University of Birmingham.
- [7] Abdillah, F. 2010. *Perlakuan Panas Paduan Al-Si Pada Prototipe Piston Berbasis Material Piston Bekas*. Semarang: Program Studi Magister Teknik Mesin, Universitas Diponegoro Semarang.
- [8] Edwards, G.A., Sigworth, G.K., Cacers, C.H., John, D.H.St., & Barresi, J. 1997. *Microporosity formation in Al-Si-Cu-Mg casting alloys*, AFS Trans.
- [9] Hartono, J., & Anton. 1992. *Mengenal Lapisan Logam*. Yogyakarta : Andi Offset.
- [10] Gene, M. 2002. *The Welding of Aluminium and Its Alloys*. North America by CRC Press LLC.