

## PEMADUAN DAN KARAKTERISASI PADUAN LOGAM AG3NE

Hadijaya

Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir - BATAN

### ABSTRAK

Telah dilakukan percobaan pembuatan logam paduan AG3NE yang dilanjutkan dengan karakterisasi sifat-sifat fisik dan mekanik. Logam cor yang merupakan perpaduan Aluminium dengan Magnesium, Silika dan Besi tersebut dianalisis/ diuji densitas, struktur mikro (ukuran butir), kekerasan mikro, fasa, komposisi unsur dan ketahanannya terhadap korosi. Paduan AG3NE diramu dengan komposisi Al=290,4 g; Si=0,48 g; Fe=0,78 g; Mg=8,34 g; sehingga jika dijumlahkan berat secara total dari satu paduan AG3NE adalah 300 g, namun setelah produk AG3NE ditimbang ternyata diperoleh masanya yaitu 295.3 g. Kekerasan AG3NE hasil cor tanpa perlakuan homogenisasi dan anil adalah 69,8 HVN lebih rendah dari kekerasan paduan AlMgSi (79,3 HVN). Hasil karakterisasi metalografi menunjukkan bahwa paduan AG3NE memiliki ukuran butir 0,308 mm yang berarti lebih besar dari diameter butir paduan AlMgSi (0,096 mm). Berdasarkan analisa data hasil eksperimen, pengukuran densitas paduan aluminium diperoleh densitas paduan AG3NE 2,7066 g/cm<sup>3</sup> hampir sama dengan AlMgSi (2,6910 g/cm<sup>3</sup>) berarti kerapatan AG3NE relatif baik. Analisis korosi terhadap paduan AG3NE dan AlMgSi telah dilakukan dalam media air demineral pH 6,7 menggunakan metode Tafel. Kegiatan analisis ini ditujukan untuk mengetahui laju korosi AG3NE dengan AlMgSi sebagai pembandingan. Hasil analisis menunjukkan laju korosi AG3NE 0,5033262 mpy lebih tinggi dari pada AlMgSi 0,107579 mpy. Berdasarkan hasil analisis XRD terdapat fasa MgO dan Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> pada tiap pola XRD terdapat pada posisi 2 $\theta$  dimana puncak fasa MgO dengan tingginya jumlah counts serta penyempitan lebar fasa menunjukkan semakin banyaknya Mg yang berikatan dengan oksigen. Berdasarkan hasil analisis komposisi dengan alat AAS, bahwa komposisi paduan adalah : Al= 99,168%; Fe = 0,444%; Mg = 0,045% dan Si = 0,257%.

**Kata kunci :** Paduan AG3NE, komposisi, densitas, mikrostruktur, kekerasan mikro, XRD

### PENDAHULUAN

Paduan AG3NE yang didesain dengan pemaduan unsur Al, Mg, Si, dan Fe akan memiliki sifat mekanik dan ketahanan korosi yang relatif baik. Sifat mekanik seperti kekuatan dan kekerasan merupakan suatu persyaratan bahan kelongsong yang sangat diperlukan. Bahan kelongsong harus memiliki kekuatan yang memadai untuk mengungkung bahan bakar terutama selama keberadaannya di dalam reaktor. Logam paduan AlMgSiFe merupakan satu diantara sejumlah bahan struktur yang memungkinkan untuk digunakan sebagai kelongsong bahan bakar nuklir bagi keperluan reaktor tipe *Materials Testing Reactor* (MTR). Bahan struktur elemen bakar reaktor berbasis aluminium yang berfungsi sebagai pengungkung bahan bakar, selain memiliki kemampuan cor yang baik juga diharapkan mampu memberikan kekuatan mekanik yang baik serta tahan korosi. Logam paduan AlMgSiFe mempunyai komposisi unsur utama yaitu Al dan sejumlah unsur penunjang seperti Fe, Mg dan Si yang mengendalikan sifat

mekanis paduan. Semua material tersebut dilebur dalam *melting furnace* pada suhu 800 °C.

Kekuatan sebagai sifat mekanik suatu logam tergantung pada jenis dan kadar unsur paduan.<sup>[1]</sup> Sifat mekanik dan mikrostruktur paduan AlMgSiFe sangat dipengaruhi oleh kadar Mg, Fe, dan Si.

Pada penelitian ini telah dibuat logam paduan aluminium cor jenis yaitu AlMgSiFe atau yang dikenal sebagai AG3NE menggunakan *Melting Furnace K2/H Naberterm*. Bahan baku yang terdiri dari Al *granule* serta berbagai powder seperti Fe, Si, Mg, masing-masing ditimbang, kemudian dimasukkan kedalam *Furnace*. Setelah semua bahan mencair, dilakukan homogenisasi dengan cara pengadukan kemudian dituangkan kedalam cetakan. Percobaan pembuatan paduan AlMgSiFe ini dilakukan sebagai upaya dalam menghasilkan logam paduan untuk kelongsong bahan struktur elemen bakar nuklir dengan sifat mekanik yang setara dengan AlMgSi impor yang selama ini telah digunakan untuk kelongsong bahan bakar reaktor riset.

## TEORI

Penguatan logam tanpa pengaruh suhu overaging dapat dilakukan dengan metode dispersi. Pengerasan dispersi merupakan pengerasan melalui proses memasukkan partikel-partikel dispersan dalam bentuk serbuk yang tercampur secara homogen. Partikel dispersi merupakan partikel yang tidak larut dalam matriknya. Campuran serbuk dalam suatu paduan logam ketika dikompaksi dan disinter pada suhu yang mendekati titik cair logam matrik akan mengakibatkan penguatan ikatan. Partikel dispersi menjadi penghalang bagi gerakan dislokasi. Semakin banyak partikel akan semakin banyak terjadinya dislokasi. Dislokasi yang semakin banyak mengakibatkan celah semakin rapat sehingga bahan akan makin keras. Pada saat deformasi terjadi, dislokasi akan bergerak pada bidang slip dan berusaha mencapai permukaan luar.<sup>[2]</sup>

Orientasi setiap butir berbeda dengan yang lain, sehingga orientasi bidang slip pada butir-butir juga akan berbeda-beda. Oleh sebab itu pergerakan dislokasi akan terhambat. Gerakan dislokasi yang akan melintasi batas butir membutuhkan tegangan yang lebih besar sehingga batas butir menjadi penghalang dan menghambat gerakan dislokasi. Struktur butir memiliki batas-batas butir yang merintang pergerakannya. Butir yang halus cenderung memperbanyak batas butir, sehingga gerakan dislokasi semakin sukar. Penguatan tekstur merupakan peningkatan kekuatan atau kekerasan melalui orientasi kristal. Jika logam paduan ingin ditingkatkan kekuatannya maka kristalnya harus memiliki orientasi tertentu.

Selama berlangsung proses pertumbuhan inti-inti menjadi kristal pada saat penuangan paduan aluminium, suhu sedikit meningkat karena panas laten kristalisasi. Selama pertumbuhan kristal, suhu akan naik sekitar 2 °C. Setelah mencapai suhu rendah (dibawah titik cair) logam paduan akan membeku dan menjadi lebih stabil karena atom-atom memiliki tingkat keteraturan yang lebih tinggi dibanding pada saat masih cair. Proses kristalisasi berlangsung melalui 2 (dua) tahap, yaitu terjadinya nukleasi atau pembentukan inti dan terjadinya pertumbuhan inti menjadi kristal. Nukleasi adalah terbentuknya titik-titik atau *embryo* dalam cairan dimana terdapat atom-atom yang dapat diendapkan untuk tumbuh menjadi kristal padat. Kristalisasi mulai berlangsung ketika logam cair masuk cetakan, dinding cetakan menjadi tempat terjadinya nukleasi. [3] Ketika itu terbentuk kristal *equiaxed* yang berlanjut menjadi kolumnar dengan ukuran butir yang besar.

## METODOLOGI

### Lingkup penelitian

- a. Proses peleburan dan penuangan paduan AG3NE.
- b. Pelaksanaan pengujian mutu coran paduan aluminium meliputi *microhardness test* dengan metode *vicker's* dan *microstructure test* dengan metode *jenco*, uji densitas dengan *ultrapycnometer*, uji komposisi unsur dengan alat *spectroskopi*, analisis XRd serta uji ketahanan korosi.

### Bahan yang digunakan

- a. Pada penelitian ini digunakan Al *granule*, serbuk Mg, serbuk Fe, dan serbuk Si. Berbagai serbuk logam yang tersedia, dibuat paduan aluminium AG3NE dengan komposisi. Al=290,4 g; Si=0,48 g; Fe=0,78 g; Mg=8,34 g; berat total dari satu paduan AG3NE adalah 300 g.
- b. Bahan kimia untuk preparasi sampel uji metalografi terdiri dari :
  1. Resin, adalah suatu polimer yang agak kental digunakan untuk mengungkung potongan sampel agar mudah dipegang saat di-*grinding* dan di-*polishing*.
  2. Cairan acrylic, adalah bahan peroksida yang berfungsi sebagai pengeras (*hardener*) resin.
  3. Pasta dengan merk *AP-D Suspension 1µm Alumina, Deagglomerated* yang digunakan untuk melumas permukaan sampel agar mengkilap dengan baik saat di-*polishing*.

4. Larutan etsa, merupakan formula kimia yang terdiri dari 15 ml  $\text{HNO}_3$  ; 15 ml HF ; 30 ml HCL ; 40 ml aquades. Larutan etsa berfungsi sebagai formula yang dapat mengikis permukaan sampel agar batas butir dapat ditampilkan.
- c. Bahan kimia untuk menguji ketahanan AG3NE terhadap serangan korosi. Dalam hal ini digunakan larutan garam (NaCl) konsentrasi 15%, merupakan bahan kimia yang digunakan untuk mengikis permukaan sampel agar dapat diketahui ketahanannya.

### Alat yang digunakan

- a. Neraca Analitis jenis *Mettler Toledo Al 204*, adalah alat untuk menimbang bahan baku serbuk logam.
- b. *Melting Furnace Tmax 1200 °C* jenis *K2/H Naberterm*, adalah alat untuk melebur logam paduan Al.
- c. Cetakan logam yaitu wadah untuk membekukan aluminium cair.
- d. *Ultrapycnometer 1200-e Quantachrome* adalah alat untuk mengukur densitas AG3NE.
- e. *Accutom* kecepatan putar 600 rpm, adalah alat atau mesin potong logam
- f. *Grinder/ Polisher* jenis *Struers* kecepatan putar 1000 Rpm, adalah alat untuk menghaluskan/ memoles permukaan sampel.
- g. *Dryer box Tmax 300 °C* jenis *Struers*, adalah alat pengering sampel.
- h. *Micro hardness tester Leitz* jenis *Vicker's* magnifikasi 50x, adalah alat untuk menguji kekerasan mikro logam.
- i. Mikroskop optik jenis *Nikon* magnifikasi 50-400x, adalah alat untuk menganalisis strukturmikro dan mengukur diameter butir AG3NE.
- j. *Atomic Absorption Spectroscopy (AAS)* adalah alat untuk menguji komposisi unsur pada AG3NE.

### Cara kerja

Paduan aluminium yang akan dibuat masing-masing terdiri dari logam Al *granule*, serbuk Fe, serbuk Si, serbuk Mg lalu dilebur sehingga menghasilkan AG3NE. Logam paduan AG3NE hasil peleburan dianalisis/ diuji densitas, struktur mikro (ukuran butir), kekerasan mikro, komposisi unsur, fasa serta ketahanannya terhadap korosi.

Spesimen paduan AG3NE yang akan diuji kekerasannya terlebih dahulu dipotong-potong (*cutting*), digerinda (*grinding*) dan dipoles (*polishing*) sampai diperoleh permukaan yang rata, halus dan mengkilap. Selanjutnya spesimen di-indentasi menggunakan alat *Microhardness tester*. Besar diagonal hasil indentasi tersebut diukur lalu diproyeksikan

pada Tabel Nilai kekerasan mikro dalam satuan HVN (*Hardness Vicker's Number*). Makin kecil diagonal indentasi menunjukkan bahwa material memiliki kekerasan yang baik.<sup>[4]</sup>

Spesimen paduan AG3NE yang akan diuji keadaan struktur mikronya, terlebih dahulu dipreparasi sampai mengkilap lalu di-etsa (*etching*) menggunakan larutan etsa (bahan kimia yang merupakan campuran beberapa senyawa asam kuat). Setelah dibilas dengan air dan dikeringkan kemudian dilakukan analisis struktur mikro dan pemotretan menggunakan alat mikroskop optik. Besar butir setiap spesimen diukur dan dicatat sebagai ukuran diameter butir paduan aluminium (dalam satuan mm). Makin halus diameter butir menunjukkan bahwa mutu material lebih kuat.

Spesimen paduan AG3NE yang akan dianalisa komposisi unsurnya, terlebih dahulu dilarutkan dalam Asam Fluorida (HF) pekat, dipanaskan diatas *autoclave* sampai semua partikel logam larut, kemudian 10 kali dengan menambahkan aquadest. Dilakukan pembakaran larutan logam tersebut pada alat AAS kemudian nyala apinya dipantulkan pada lampu-lampu yang tersedia sehingga dapat menampilkan bilangan unsur berdasarkan perbedaan intensitas cahaya yang terserap dan prosentase unsur dapat diketahui.<sup>[5]</sup>

Spesimen paduan AG3NE yang akan dianalisis/ diuji densitas atau kerapatannya, terlebih dahulu ditimbang berat awal kemudian dimasukkan dalam chamber sampel pada alat *Ultrapycnometer*. Alat tersebut akan mencacah densitas AG3NE secara komputeris dan menampilkan bilangan densitasnya. Pengujian dilakukan juga terhadap logam paduan AlMgSi (pembanding).

Spesimen paduan AG3NE dianalisis/diuji ketahanan terhadap korosi menggunakan alat Potensiostat. Spesimen dipotong dengan ukuran 1 cm x 1 cm kemudian dikungkung/ dimounting dengan resin. Sisi bagian dalam dihubungkan dengan elektroda menggunakan kawat tembaga sedangkan sisi luar yang berhubungan dengan larutan NaCl digrinding menggunakan kertas amplas grid 1000. Alat Potensiostat yang deprogram secara komputeris menunjukkan hasil pengukuran OCP yang merupakan nilai potensial korosi (E<sub>corr</sub>) dan hasil pengukuran tahanan korosi yang menunjukkan laju korosi AG3NE.

Spesimen paduan AG3NE yang akan diidentifikasi dengan XRD (Difraksi sinar-X) dipotong dengan ukuran sisi 1 cm x 1 cm lalu digrinding agar permukaannya halus dengan kertas grinda grid 500. Spesimen AG3NE ditempatkan dalam *holding* pada instrumen. Pola-pola difraksi hasil pengujian difraksi sinar-x dianalisis dengan menggunakan *software X'Pert Graphics & Identify*.<sup>[6]</sup>

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Komposisi kimia

Sebagaimana direncanakan sebelumnya bahwa paduan AG3NE diramu dengan komposisi sebagai berikut : Al=290,4 g; Si=0,48 g; Fe=0,78 g; Mg=8,34 g; sehingga jika dijumlahkan berat secara total dari satu paduan AG3NE adalah 300 g. Namun setelah produk coran ditimbang ternyata diperoleh masanya yaitu 295.3 g maka berarti terdapat selisih 9,3 g (terdiri dari 3,2 g terak dan 6,1 g tumpahan). Perbedaan massa yang direncanakan dan produk paduan AG3NE yang dihasilkan tentu saja mempengaruhi komposisi unsur paduan secara keseluruhan.

Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) adalah suatu metode yang dapat digunakan untuk menganalisis logam-logam dalam suatu bahan berdasarkan penyerapan energi oleh atom-atom normal. Metoda analisis ini banyak dipakai untuk menentukan kadar unsur logam dalam suatu bahan. Hasil analisis SSA paduan AG3NE ditunjukkan pada Table 1.

Tabel 1. Perbandingan komposisi produk AG3NE dengan yang direncanakan sebelumnya

No	UNSUR	Komposisi Unsur AG3NE; %		
		Rencana	Hasil akhir	Selisih
1	Al	96,8	99,168	+2,368
2	Fe	0,26	0,447	+0,187
3	Mg	2,78	0,045	-2,735
4	Si	0,16	0,257	+0,097
5	Pengotor	-	0,083	+0,083

Berdasarkan data yang ditunjukkan pada Tabel 1 terdapat perbedaan komposisi unsur Mg pada produk AG3NE yang cukup signifikan terhadap komposisi yang direncanakan sebelumnya. Unsur Mg yang semula direncanakan jumlahnya 2,78% namun hasil yang didapat hanya 0,045%, terdapat selisih yang cukup besar yaitu 2,735%. Kehilangan unsur Mg tersebut terjadi akibat teroksidasi, mengingat bahwa sifat Mg yang mudah terbakar pada suhu 465 °C, sehingga hanya sedikit saja yang dapat berikatan dengan Al. Sementara unsur Fe dan Si mengalami peningkatan. Unsur Fe meningkat 0,187% melebihi yang direncanakan kemungkinan disebabkan adanya kontaminasi dari alat aduk yang digunakan untuk melakukan pencampuran. Sedangkan unsur Si 0,097% melebihi yang direncanakan karena kontaminasi debu ruang pembakaran dimana dinding ruang peleburan pada *furnace* terbuat dari batu tahan api jenis Brick C yang banyak mengandung silica (Si).

### Kekerasan mikro

Pengujian kekerasan mikro dengan cara menekankan sebuah indentor intan dengan geometri yang khas pada permukaan bahan uji adalah menggunakan beban (gaya) tertentu. Hasil uji kekerasan paduan AG3NE seperti pada Table 2 berikut ini :

Tabel 2. Hasil uji kekerasan AlMgSi dan AG3NE

No	Jenis Paduan	Kekerasan mikro; HVN			HVN	HVN Rerata
		d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	d <sub>rerata</sub>		
1	AG3NE	90	89	89,5	69,5	69,8
		88	87	87,5	72,7	
		92	90	91	67,2	
2	AlMgSi	86	87	86,5	74,4	79,3
		80	82	81	84,8	
		84	84	84	78,8	

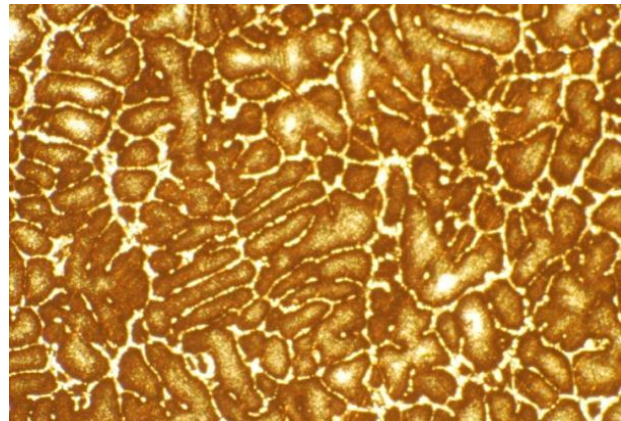
Kekerasan AG3NE hasil cor tanpa perlakuan homogenisasi dan anil adalah 69,8 HVN lebih rendah dari kekerasan paduan AlMgSi (79,3 HVN). Perbedaan tersebut masih dianggap wajar mengingat bahwa logam AG3NE belum mengalami perlakuan termal mekanik (perolan), sedangkan paduan AlMgSi sebagai pembanding adalah pelat yang telah mengalami perolan sehingga kekerasannya tinggi. Perbandingan ini dilakukan hanya untuk mengetahui berapa HVN kekerasan AG3NE sebelum mengalami perlakuan. Menurut rencana kedepan akan dilakukan pula upaya meningkatkan kekerasan AG3NE melalui perlakuan panas (*annealing*) dan perlakuan termal mekanik (roll panas).

### Ukuran butir dan Struktur mikro

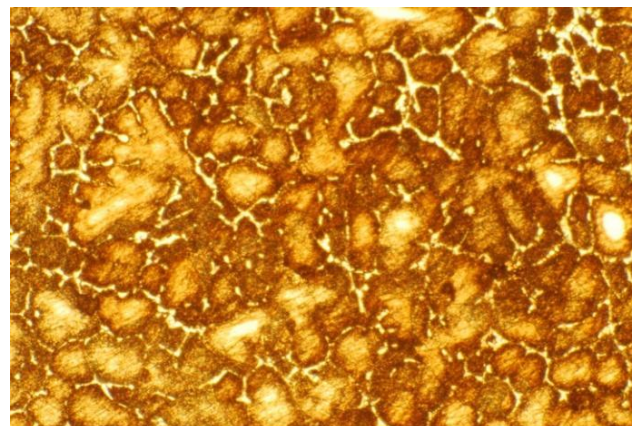
Guna mengetahui ukuran butir dan topografi struktur mikro paduan AG3NE, maka dilakukan preparasi sample antara lain : AG3NE dipotong (*cutting*) dalam ukuran 1x1 cm dilanjutkan dengan *mounting*, *grinding*, *polishing* dan *etching* untuk dianalisis *green size*. Material pembandingnya adalah AlMgSi yang sudah kita kenal sebagai bahan struktur reaktor riset. Sampel AG3NE diletakkan dibawah microscope optic dan dilakukan pengamatan dan penghitungan diameter butir, diperoleh data seperti ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Perbedaan diameter butir AlMgSi dan AG3NE

No.	Kode Sampel	5x Pengulangan Pengukuran [mm]					drerata [mm]
		d1	d2	d3	d4	d5	
1	AG3NE	0,34	0,34	0,35	0,25	0,26	0,308
2	AlMgSi	0,08	0,11	0,08	0,09	0,12	0,096



Gambar 1. Mikrostruktur paduan AlMgSi



Gambar 2. Mikrostruktur paduan AG3NE

Hasil karakterisasi metalografi pada Tabel 3 dan morfologi strukturmikro pada Gambar 1 dan 2 menunjukkan bahwa paduan AG3NE memiliki ukuran butir 0,308 mm yang berarti lebih besar dari diameter butir paduan AlMgSi (0,096 mm) yang nota bene merupakan produk impor dan telah dikenai pengerolan sehingga diameter butirnya lebih halus. Diameter butir paduan AG3NE dapat diperhalus dan sebanding dengan diameter butir AlMgSi melalui proses termal mekanik atau roll panas.

**Densitas**

Bahan bakar yang memiliki densitas uranium tinggi mempunyai kekerasan tinggi sehingga dalam proses fabrikasinya harus menggunakan kelongsong yang kompatibel



dengan bahan bakar yang dikungkung. Oleh karena itu sebagai alternatif bahan kelongsong yang sesuai adalah paduan AG3NE. Paduan tersebut diharapkan baik untuk menjadi kelongsong bahan bakar densitas uranium tinggi misalnya dengan bahan bakar  $U_3Si_2/Al$ . Guna mengetahui densitas paduan AG3NE hasil cor maka dilakukan analisis densitas. Berdasarkan hasil pengukuran densitas diperoleh data seperti ditunjukkan pada Tabel 4.

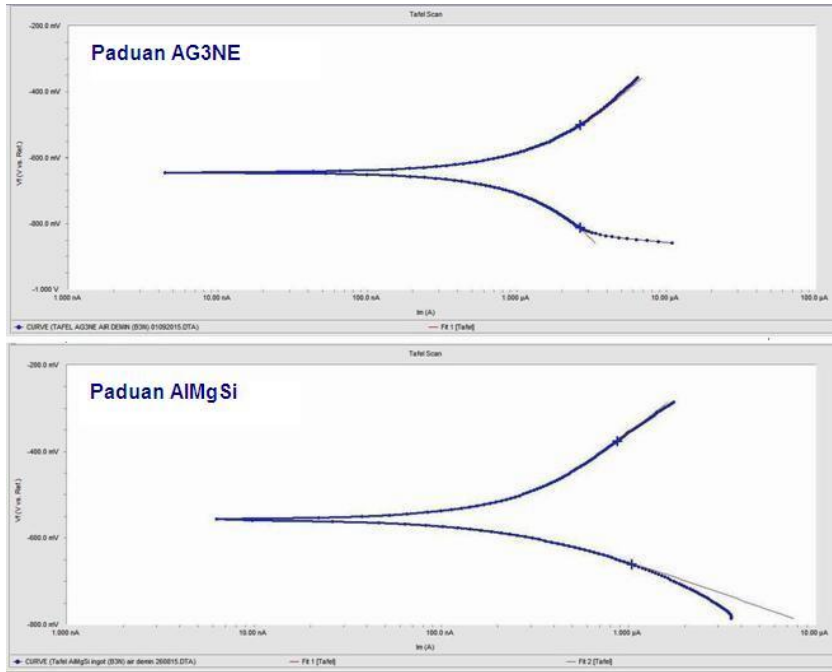
Tabel 4. Data pengukuran densitas paduan AG3NE dan AlMgSi

No	Kode bahan	Berat; g	Volume; cm <sup>3</sup>	Density; g/cm <sup>3</sup>
1	AG3NE	6,6258	2,4480	2,7066
2	AlMgSi	4,8238	1,7926	2,6910

Perbedaan densitas AG3NE dan paduan AlMgSi sebagai material uji banding memberikan indikasi besar-kecilnya porositas pada produk cor. Makin tinggi densitas menunjukkan bahwa kualitas material makin baik. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa densitas paduan AG3NE 2,7077 g/cm<sup>3</sup> hampir sama dengan nilai standard AlMgSi 2,6910 g/cm<sup>3</sup>, hal tersebut berarti densitas AG3NE cukup baik.

### Laju korosi

Untuk membuktikan kualitas kelongsong AG3NE maka paduan AG3NE perlu dikenakan uji korosi kemudian kedua hasil uji tersebut dibandingkan. Proses korosi suatu bahan logam dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya adalah komposisi kimia dan kondisi media pelarut. Uji korosi terhadap paduan AG3NE dan AlMgSi dilakukan dalam media air demineral pH 6,7 menggunakan metode Tafel. Preparasi sampel uji mengikuti prosedur ASTM G3 yaitu grinding, pembersihan dan pengeringan. Metode elektrokimia yang dilakukan pada penelitian ini mencakup pengukuran *Open Circuit Potensial* (OCP), tahanan polarisasi dan potensiodinamik dalam media air bebas mineral pada pH 6,7 pada suhu 25 °C.



Gambar 3. Perbandingan grafik laju korosi pada paduan AG3NE dan AlMgSi

Hasil pengukuran OCP diperoleh nilai potensial korosi (*E<sub>corr</sub>*) paduan AG3NE dan AlMgSi masing - masing sebesar -0,644V dan -0,557 V pada pH 6,7. Laju korosi dapat diketahui berdasarkan parameter luas sampel dan densitasnya seperti ditunjukkan pada Table 5.

Tabel 5. Data laju korosi paduan AG3NE dan paduan AlMgSi

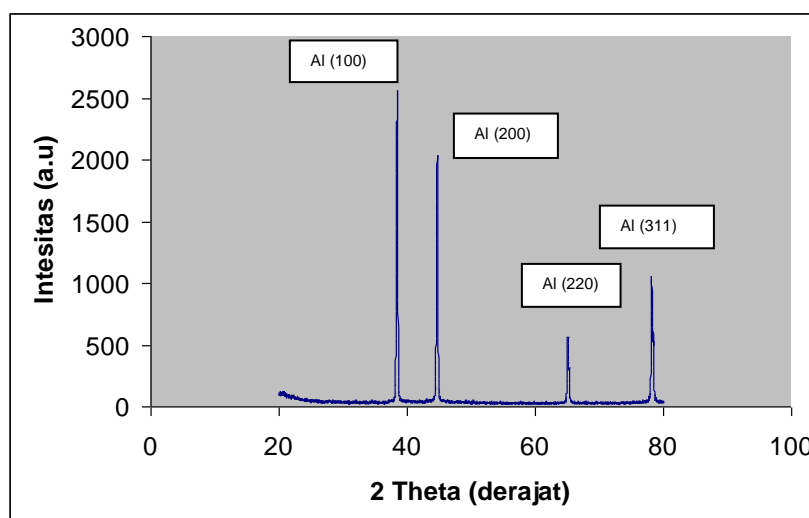
No	Kode bahan	Luas permukaan; cm <sup>2</sup>	Density; g/cm <sup>3</sup>	Laju Korosi; mpy
1	AG3NE	1,56	2,7066	0,5033262
2	AlMgSi	3,24	2,6910	0,107579

Hasil pengukuran tahanan korosi menunjukkan laju korosi AG3NE 0,5033262 mpy lebih tinggi dari pada AlMgSi 0,107579 mpy.

**Karakterisasi XRD**

Pengukuran XRD (difraksi sinar-X) bertujuan untuk memperoleh informasi fasa yang terdapat pada sampel paduan secara kualitatif dan kuantitatif. Hasil pengujian dengan XRD ditunjukkan pada Gambar 4. Dengan menggunakan perhitungan yang didasarkan hukum Braag yaitu :  $\lambda = 2 d \sin \theta$ , dimana  $\lambda$  untuk logam Cu = 1,54 Å , d yang muncul pada Al untuk empat puncak masing-masing adalah : d1= 2,338 Å; d2= 2,024 Å; d3 = 1,421 Å; dan d4 = 1,221 (Tabel JCPDS) maka dapat dihitung sudut 2θ dari

pola difraksi. Pada Gambar 4 terlihat puncak-puncak yang dimiliki oleh Al dan ditunjukkan dengan indeks Miller (hkl) pada sudut  $2\theta$  masing-masing adalah  $38,45^\circ$ ;  $44,72^\circ$ ;  $65,62^\circ$ ; dan  $78,2^\circ$  dengan indeks Miller (hkl) masing-masing adalah (100), (200), (220) dan (311). Intensitas sinar yang ada ditunjukkan dengan perbandingan ( $I/I_1$ ) pada masing-masing puncak adalah 100, 47, 22, dan 24. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa penambahan unsur Mg, Fe dan Si tidak menyebabkan terbentuknya fasa baru. Jadi tidak ada senyawa yang terbentuk karena puncak-puncaknya sudah dimiliki oleh Al.



Gambar 4. Grafik analisis XRD dari paduan AG3NE

## KESIMPULAN

Sifat mekanik dan mikrostruktur paduan AG3NE sangat dipengaruhi oleh kadar Mg, Si, dan Fe. Ikatan *intermetallic* setiap unsur dalam *base-alloy* berpengaruh terhadap tampilan mikrostruktur dan kekerasannya. Hasil analisis komposisi dengan alat AAS, diperoleh Al= 99,168%; Fe = 0,444%; Mg = 0,045% dan Si = 0,257%. Setelah produk AG3NE ditimbang diperoleh masanya yaitu 295.3 g, terdapat 3,2 g terak dan 6,1 g tumpahan. Kekerasan AG3NE hasil cor tanpa perlakuan homogenisasi dan anil adalah 69,8 HVN lebih rendah dari kekerasan paduan AlMgSi (79,3 HVN). Hasil karakterisasi metalografi menunjukkan bahwa paduan AG3NE memiliki ukuran butir 0,308 mm yang berarti lebih besar dari diameter butir paduan AlMgSi (0,096 mm). Berdasarkan analisis hasil eksperimen diperoleh densitas paduan AG3NE  $2,7066 \text{ g/cm}^3$  hampir sama dengan AlMgSi ( $2,6910 \text{ g/cm}^3$ ). Laju korosi AG3NE 0,5033262 mpy lebih tinggi dari pada AlMgSi 0,107579 mpy. Hasil analisis XRD menunjukkan bahwa paduan AG3NE didominasi oleh

senyawa Al, sedangkan kemungkinan terdapat senyawa lain tidak terdeteksi dalam pengujian ini.

### **SARAN**

Komposisi produk paduan AG3NE supaya sesuai yang direncanakan maka perlu dilakukan tehnik peleburan menggunakan *Arc Furnace* dalam media inert.

### **UCAPAN TERIMAKASIH**

Ucapan terimakasih kami sampaikan kepada semua suvervisor dan operator alat uji dilingkungan IEBE sehingga penelitian ini dapat terselesaikan tepat waktu.

### **DAFTAR PUSTAKA**

1. Djafrie, S; Ilmu dan Teknologi Bahan, Penerbit Erlangga, Jakarta, 1991
2. Marc Andre Meyer, Mechanical Metallurgy Principles and Application, Prentice-Hall, 1984
3. De Ross, Alan B; Aluminium Casting Technology, American-Foundrymen's Society Inc, Des Plaines, Illinois, 1987.
4. Smallman,R.E, Bishop,R.J., Metalurgi Fisik Modern dan Rekayasa Material, Jakarta:Erlangga, 2000.
5. Van Loon, J.C., Analytical Atomic Absorption Spetroscopy, Selected Method, Toronto, 1980.
6. Dinda P. Hafizah, dan Heny Faisal, Pengaruh Variasi Suhu *Sintering* Pada Komposit AlMgSi Terhadap Kekuatan Dengan Teknik Metalurgi Serbuk, Fisika, Fak. MIPA, ITS, Surabaya, 2005.