

KARAKTERISASI LOGAM PADUAN ALUMINIUM 7075 HASIL PELEBURAN

Hadijaya

Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir-BATAN, Kawasan Puspipetek, 15311

ABSTRAK

KARAKTERISASI LOGAM PADUAN ALUMINIUM 7075 HASIL PELEBURAN. Telah dilakukan percobaan pembuatan logam paduan aluminium 7075 yang dilanjutkan dengan proses perlakuan panas (annealing). Paduan aluminium masing-masing terdiri dari komposisi unsur yang berbeda lalu dilebur dan dicetak sehingga menghasilkan 3 macam ingot Al-alloy. Masing-masing paduan hasil peleburan Aluminium diberikan perlakuan panas dengan suhu yang bervariasi. Al-7075 [A], [B] dan [C] diikuti dengan pendinginan dalam air dan kemudian dipreparasi untuk dianalisis densitasnya, dianalisis struktur mikro (ukuran butir), diuji kekerasan mikro, serta dianalisa komposisi unsur. Berdasarkan hasil penelitian tersebut diketahui bahwa perlakuan annealing pada suhu 550 °C yaitu sebesar 41,26 HVN yaitu logam paduan Al-7075 jenis A ternyata memiliki sifat mekanis yang baik.

Kata kunci : *Casting*, Densitas, *Annealing*, Mikrostruktur, Kekerasan mikro.

PENDAHULUAN

Sifat kekerasan kelongsong dapat ditingkatkan melalui pengembangan bahan struktur guna mengimbangi sifat kekerasan bahan bakar. Bahan kelongsong harus memiliki kekuatan yang memadai untuk mengukung bahan bakar terutama selama keberadaannya di dalam reaktor. Kekuatan sebagai sifat mekanik suatu logam sangat ditentukan oleh jenis dan kadar unsur paduan. Sifat mekanik dan mikrostruktur paduan Al-7075 sangat dipengaruhi oleh penambahan kadar Mg, Zn dan Cu.

Logam aluminium Al-7075 merupakan paduan dari Al-Zn-Mg-Cu dikenal dengan sebutan extra super-duralumin secara khusus digunakan sebagai bahan struktur pada industri pesawat terbang karena ringan dan memiliki kekuatan tertinggi diantara paduan aluminium lain. Tekstur memiliki kekuatan yang tertinggi (*highest strength*). Apabila aluminium sebagai bahan ringan yang menjadi pertimbangan maka dalam

banyak hal bahan ini seunggul baja tegangan tinggi (*high tensile steel*). Kombinasi antara zinc dan magnesium membuat paduan tersebut dapat dikeraskan dengan perlakuan pemanasan (*heat-treatable*). Secara khusus paduan Al-7075 dengan komposisi berat Zn sebanyak 5,0-6,0 %, Mg sebanyak 2,0-3,0 % dan Cu sebanyak 1,0-2,0% memberikan kekuatan tegang (*tensile strength*) sebesar 580 Mpa. Aplikasi paduan Al-7075 antara lain untuk fitting pesawat, komponen sekering, poros dan roda gigi, komponen rudal, komponen pengatur katup, roda gigi cacing, kunci, pesawat, penerbangan dan aplikasi pertahanan, frame sepeda, dan untuk perlengkapan semua kendaraan lapangan.⁽¹⁾

Sebagai kandidat bahan struktur yang memiliki kekuatan mekanik lebih tinggi maka pada percobaan ini dilakukan perlakuan panas guna meningkatkan kekerasan. Penelitian ini dilakukan dengan batasan analisis struktur mikro, kekerasan

mikro, densitas, dan komposisi unsur dari Aluminium-7075 hasil peleburan.

Percobaan dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui serta mempelajari kemungkinan peruntukan paduan Al-7075 sebagai bahan struktur elemen bakar nuklir berdasarkan karakteristiknya.

TEORI

Distribusi presipitat dalam bentuk partikel endapan fasa kedua ini menimbulkan tegangan dalam (*internal stress*). Tegangan yang ditimbulkan semakin besar sehingga mengakibatkan semakin meningkatnya kekuatan atau kekerasan. Pengerasan presipitasi ini terjadi melalui proses perlakuan panas, *quenching* dan *aging*.

Paduan logam dalam bentuk dua fasa atau lebih dipanaskan pada suhu tertentu sehingga senyawa fasa tersebut akan larut-padat dalam satu fasa yang relatif homogen. Fasa yang relatif homogen tersebut kemudian didinginkan secara cepat sehingga membentuk fasa larut-padat super jenuh. Fasa larut-padat super jenuh tersebut kemudian mengalami *aging* sehingga terbentuk presipitat berupa partikel endapan fasa kedua yang halus dan tersebar merata yang mengakibatkan bahan menjadi keras. Pengerasan presipitasi ini akan menurun kekuatannya bila mengalami suhu *overaging*. Penguatan logam tanpa pengaruh suhu *overaging* dapat dilakukan dengan metode dispersi.

Pengerasan dispersi merupakan pengerasan melalui proses memasukkan partikel-partikel dispersi dalam bentuk serbuk yang tercampur secara homogen. Partikel dispersi yang digunakan merupakan partikel yang sama sekali tidak larut dalam matriknya. Campuran serbuk logam tersebut dikenai proses kompaksi dan *sintering* dengan suhu pemanasan sampai mendekati titik cair logam matrik sehingga mengakibatkan terjadi ikatan yang kuat. Partikel dispersi tersebut merupakan rintangan bagi gerakan dislokasi dan semakin banyak partikel akan semakin banyak terjadinya dislokasi.

Dislokasi yang semakin banyak mengakibatkan dislokasi semakin rapat dan semakin sulit bergerak sehingga bahan akan semakin keras. Penguatan dengan cara penghalusan butir (*grain refining*) terjadi melalui struktur butir. Butir logam merupakan kumpulan sel-satuan yang berorientasi sama. Polikristal memiliki butir-butir yang orientasinya berbeda satu dengan yang lain. Pada saat deformasi terjadi, dislokasi akan bergerak pada bidang slip dan berusaha mencapai permukaan luar.^[2]

Oleh karena orientasi setiap butir berbeda dengan yang lain, orientasi bidang slip pada butir-butir juga akan berbeda-beda. Sebagai akibatnya pergerakan dislokasi akan terhambat. Gerakan dislokasi yang akan menyeberangi batas butir memerlukan tegangan yang lebih besar sehingga dengan demikian batas butir akan menjadi penghalang dan penghambat gerakan dislokasi. Struktur butir memiliki batas-batas butir yang merupakan rintangan bagi pergerakan dislokasi. Butir yang semakin halus cenderung akan semakin memperbanyak batas butir. Batas butir yang banyak akan mengakibatkan gerakan dislokasi semakin sukar karena semakin banyak rintangan.

Penghalusan butir dapat dilakukan melalui proses pembekuan dan proses rekristalisasi. Penguatan tekstur merupakan peningkatan kekuatan atau kekerasan melalui orientasi kristal. Logam yang ditingkatkan kekuatannya diusahakan kristalnya memiliki orientasi tertentu. Pembentukan kristal logam agar sel-satuan memiliki orientasi yang mendekati arah tertentu dapat dilakukan dengan cara deformasi plastis, seperti dengan proses pengerolan.

TATA KERJA

1. Bahan yang digunakan meliputi :
 - a. Aluminium (Al) *granule*, serbuk Magnesium (Mg), Zink (Zn), dan Tembaga (Cu) dan Si. Dari berbagai serbuk logam yang tersedia, dibuat

paduan Aluminium Al-7075 dengan unsur pengotor yang bervariasi.

b. Bahan kimia untuk preparasi sampel analisis metalografi terdiri dari :

1. Resin, adalah suatu polimer yang agak kental digunakan untuk mengungkuh potongan sampel agar mudah dipegang saat di-*grinding* dan di-*polishing*.
2. Cairan acrylic, adalah bahan peroksida yang berfungsi sebagai pengeras
3. (*hardener*) resin.
4. Pasta dengan merk *AP-D Suspension 1 μ m Alumina, Deagglomerated* yang digunakan untuk melumas permukaan sampel agar mengkilap dengan baik saat di-*polishing*.
5. Larutan etsa, merupakan formula kimia yang terdiri dari 15 ml HNO₃ ; 15 ml HF; 30 ml HCL ; 40 ml aquades. Larutan etsa berfungsi sebagai formula yang dapat mengkorosi permukaan sampel agar batas butir dapat ditampilkan.

2. Alat yang digunakan antara lain :

- 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 Aluminium.
- c. Cetakan logam yaitu wadah untuk membekukan aluminium cair.
- d. *Heat Treatment Furnace Tmax 1200 °C N41/H Naberterm*, adalah alat untuk memanaskan logam.
- e. *Ultrapycnometer 1200-e Quantachrome* adalah alat untuk mengukur densitas logam Al-alloy.
- f. *Accutom* kecepatan putar 600 rpm, adalah alat atau mesin potong logam
- g. *Grinder/ Polisher* jenis *Struers* kecepatan putar 1000 rpm, adalah alat untuk menghaluskan/ memoles permukaan sampel.

h. *Dryer box Tmax 300 °C jenis Struers*, adalah alat pengering untuk sampel.

i. *Micro hardness tester Leitz jenis Vicker's* magnifikasi 50x, adalah alat untuk menguji kekerasan mikro logam.

j. Mikroskop optik jenis *Nikon* magnifikasi 50-400x, adalah alat untuk menganalisa struktur mikro dan mengukur diameter butir Al-7075.

k. *Atomic Absorption Spectroscopy (AAS)* adalah alat untuk menguji komposisi unsur pada Al-7075.

3. Langkah kerja

Paduan aluminium yang akan dibuat masing-masing terdiri dari 5 unsur lalu dilebur sehingga menghasilkan 3 macam *ingot* Al-7075. Masing-masing paduan setelah dilebur lalu dicetak. Hasil peleburan Aluminium dihomogenisasi pada suhu 500 °C dilanjutkan dengan *annealing* pada suhu yang bervariasi. Al-7075 A, B dan C dilanjutkan dengan pencelupan dalam air. Hasil eksperimen dianalisis densitasnya dengan *Ultrapycnometer*, dianalisis struktur mikro (ukuran butir) atau *microstructure test* menggunakan mikroskop optik dengan metode *Jenco*, diuji kekerasan mikro dengan metode *Vicker's*, serta dianalisis komposisi unsur dengan alat *Spektroskop*. Adapun penandaan sampel dilakukan sebagai berikut :

1. Kode sampel A, B, C = tanpa perlakuan (kontrol).
2. Kode sampel A100, B100, C100 = pemanasan 100 °C, 2 jam diikuti pencelupan dalam air
3. Kode sampel A250, B250, C250 = pemanasan 250 °C, 2 jam diikuti pencelupan dalam air.
4. Kode sampel A400, B400, C400 = pemanasan 400 °C, 2 jam diikuti pencelupan dalam air.

5. Kode sampel A550, B550, C550 = pemanasan 550 °C, 2 jam diikuti pencelupan dalam air.

Spesimen paduan aluminium Al-7075 dari hasil perlakuan panas yang akan diuji kekerasannya terlebih dahulu dicutting (pemotongan), *digrinding* (digerinda) dan *dipolishing* (dipoles) 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 kekerasannya mikro dalam satuan HVN (*Hardness Vicker's Number*). Makin kecil diagonal indentasi menunjukkan bahwa material memiliki kekerasannya yang baik. Spesimen paduan aluminium Al-7075 dari hasil perlakuan panas yang akan diuji keadaan struktur mikronya, setelah *digrinding* dan *dipolishing* sampai mengkilap selanjutnya di-*etching* (di-etsa) menggunakan larutan etsa (bahan kimia yang merupakan campuran beberapa senyawa asam kuat), setelah dikeringkan kemudian dilakukan analisis keadaan struktur mikronya 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 baik.^[3]

Spesimen paduan aluminium Al-7075 dari hasil perlakuan panas yang akan dianalisa komposisi unsurnya, terlebih dahulu dilarutkan dalam asam fluorida (HF) pekat, dipanaskan di atas *autoclave* sampai semua partikel logam larut semua. Dilakukan 10 kali pengenceran 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.^[4]

Spesimen paduan aluminium Al-7075 dari hasil peleburan dan setelah diberi perlakuan panas yang akan dianalisis/ diuji densitas atau kerapatannya, terlebih dahulu ditimbang berat awal kemudian dimasukkan dalam chamber sampel pada alat *Ultrapycnometer*.^[5] Alat tersebut akan mencacah densitas paduan secara komputerais dan menampilkan bilangan densitasnya. Penganalisaan dilakukan sekali lagi setelah Al-7075 diberi perlakuan panas. Perbedaan densitas pada masing-masing material uji memberikan indikasi besar-kecilnya porositas pada material. Makin tinggi densitas menunjukkan bahwa kualitas material makin baik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini, analisis yang dilakukan adalah untuk mengetahui keadaan struktur mikro, kekerasannya mikro, densitas dan komposisi unsur dari 3 jenis Al-7075 (A, B dan C) hasil peleburan lalu membandingkan mutu paduan yang satu terhadap yang lain. Dari proses pembuatan produk logam Al-7075 ini diperoleh data seperti pada tabel 1, 2 dan 3 memperlihatkan perbedaan parameter proses peleburan Al-7075.

Komposisi unsur paduan untuk masing-masing Al-7075 sebelum proses peleburan merupakan variabel bebas sedangkan komposisi logam utama (Aluminium) untuk setiap Al-7075 sama yaitu 550 gram atau 91,66 %. Jika komposisi semua unsur tersebut dikonversikan dalam satuan persen (%) maka perbedaan yang terdapat pada masing Al-7075 adalah seperti pada tabel 4 berikut ini

Tabel 1 Parameter Proses Produksi Logam Al-7075 (produk kode A)

No	Jenis data	Angka	Satuan
1	Berat material Aluminium <i>granule</i>	550	gram
2	Material Serbuk Mg	15	gram
3	Material Zn <i>granule</i>	15	gram
4	Material Serbuk Cu	10	gram
5	Material Serbuk Si	10	gram
6	<i>Melting Point</i>	660	°C
7	Waktu lebur	43	menit
8	Pemanasan cetakan	300	°C
9	<i>Pouring temperature</i> (saat penuangan)	750	°C
10	Waktu penuangan ke <i>dies</i>	5	detik
11	Jarak penuangan ke <i>dies</i>	5	cm
12	Waktu pembekuan	47	detik
13	Jenis pendinginan, solidifikasi (air)	22	°C
14	Berat Aluminium produk	587	gram
15	Jumlah terak	13	gram

Tabel 2 Parameter Proses Produksi Logam Al-7075 (produk kode B)

No	Jenis data	Angka	Satuan
1	Berat material Aluminium <i>granule</i>	550	gram
2	Material Serbuk Mg	15	gram
3	Material Zn <i>granule</i>	15	gram
4	Material Serbuk Cu	15	gram
5	Material Serbuk Si	5	gram
6	<i>Melting Point</i>	660	°C
7	Waktu lebur	43	menit
8	Pemanasan cetakan	300	°C
9	<i>Pouring temperature</i> (saat penuangan)	750	°C
10	Waktu penuangan ke <i>dies</i>	5	detik
11	Jarak penuangan ke <i>dies</i>	5	cm
12	Waktu pembekuan	45	detik
13	Jenis pendinginan, solidifikasi (air)	22	°C
14	Berat Aluminium produk	585	gram
15	Jumlah terak	15	gram

Tabel 3 Parameter Proses Produksi Logam Al-7075 (produk kode C)

No	Jenis data	Angka	Satuan
1	Berat material Aluminium <i>granule</i>	550	gram
2	Material Serbuk Mg	20	gram
3	Material Zn <i>granule</i>	20	gram
4	Material Serbuk Cu	5	gram
5	Material Serbuk Si	5	gram
6	<i>Melting Point</i>	660	°C
7	Waktu lebur	43	menit
8	Pemanasan cetakan	300	°C

No	Jenis data	Angka	Satuan
9	<i>Pouring temperature</i> (saat penuangan)	750	°C
10	Waktu penuangan ke <i>dies</i>	5	detik
11	Jarak penuangan ke <i>dies</i>	5	cm
12	Waktu pembekuan	50	detik
13	Jenis pendinginan, solidifikasi (air)	22	°C
14	Berat Aluminium produk	582	gram
15	Jumlah terak	18	gram

Tabel 4 Komposisi Unsur untuk pembuatan Al-7075

No	Jenis unsur	Al-7075 [A]		Al-7075 [B]		Al-7075 [C]	
		gram	%	gram	%	gram	%
1	Al (Aluminium)	550	91,66	550	91,66	550	91,66
2	Mg (Magnesium)	15	2,50	15	2,50	20	3,33
3	Zn (Zink)	15	2,50	15	2,50	20	3,33
4	Cu (Tembaga)	10	1,67	15	2,50	5	0,84
5	Si (Silika)	10	1,67	5	0,84	5	0,84
Jumlah		600	100	600	100	600	100

Tabel 5 Komposisi Unsur Al-7075 hasil analisis AAS

No	Jenis unsur	Komposisi (%)		
		Al-7075 [A]	Al-7075 [B]	Al-7075 [C]
1	Al (Aluminium)	90,94	90,53	91,06
2	Mg (Magnesium)	2,15	2,23	2,72
3	Zn (Zink)	2,45	2,51	3,05
4	Cu (Tembaga)	1,42	2,10	0,68
5	Si (Silika)	1,82	1,23	1,18
6	Fe (Ferum=Besi)	1,14	1,29	1,23
7	Tak terdeteksi	0,08	0,11	0,08
Jumlah		100	100	100

Berdasarkan komposisi unsur tersebut selanjutnya dilakukan proses peleburan dalam sebuah tungku listrik atau melting furnace. Peleburan dilakukan dalam sebuah tungku (*melting furnace*) dengan *setting temperature* 750 °C (1 dan 2). Setelah logam mencair lalu dituang kedalam *dies* atau cetakan. Cairan aluminium akan membeku ketika suhu turun hingga dibawah titik cairnya yaitu 660 °C dan menghasilkan logam A-7075. Logam paduan hasil proses peleburan kemudian di potong-potong dalam ukuran

relatif kecil ($\pm 1 \text{ Cm}^2$) sebagai sampel yang akan diberi perlakuan panas.

Masing-masing cuplikan Al-7075 diberi perlakuan panas *annealing* selama 2 Jam pada suhu bervariasi yaitu 100 °C, 250 °C, 400 °C dan 550 °C. Semua cuplikan hasil perlakuan panas tersebut akhirnya dikarakterisasi metalografi dan dianalisis untuk membandingkan efek perlakuan panas mana yang menghasilkan kualitas terbaik yang meliputi kategori densitas tinggi, kekerasan mikro tinggi, struktur mikro lebih halus dan seragam.

Hasil analisis AAS seperti pada tabel 5 menunjukkan perbedaan komposisi unsur pada masing-masing jenis Al-7075 dengan formula yang direncanakan sebelumnya. Unsur Al mengalami penurunan secara signifikan karena sebagian terbuang sebagai terak dan menempel pada krusibel. Unsur Mg mengalami penurunan karena sifatnya yang lebih mudah menguap dibandingkan dengan unsur aluminium.

Unsur Zn dan Cu mengalami penurunan. Unsur Si mengalami peningkatan kemungkinan disebabkan terkontaminasi dari alat cetakan yang berdebu atau berpasir. Sedangkan unsur Fe muncul relatif banyak disebabkan berasal dari kontaminasi besi yang digunakan sebagai pengaduk logam cair.

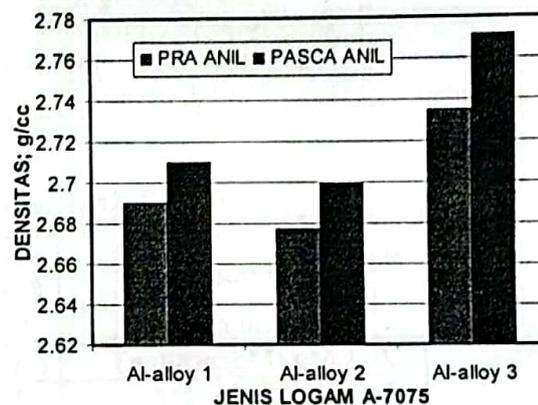
Densitas atau kerapatan logam Al-7075 yang dihasilkan dari proses casting (peleburan) diukur sebelum dan sesudah diberikan perlakuan panas (*annealing*) pada suhu 500 °C selama 2 Jam, hal tersebut dilakukan untuk mengetahui pengaruh pemanasan terhadap perubahan densitas. Data pengukuran densitas seperti pada tabel 6 berikut ini.

Tabel 6. Data densitas dari 3 jenis logam Al-7075 sebelum dan sesudah *annealing*

No.	Kode bahan	Densitas; gram/cc	
		Pra Anil	Pasca Anil
1	Al-7075 [A]	2.6902	2.7102
2	Al-7075 [B]	2.6772	2.6993
3	Al-7075 [C]	2.7352	2.7713

Berdasarkan data tersebut, perbedaan densitas juga dapat dilihat seperti pada gambar 1 yang menunjukkan bahwa densitas tertinggi adalah Al-7075 [C]. Densitas Al-7075 [C] sebelum mendapat perlakuan panas sudah cukup baik dan meningkat setelah perlakuan

panas bahkan lebih baik dari densitas Al-7075 [A] dan [B]. Densitas Al-7075 [C] masih dapat ditingkatkan lagi jika dikenai perlakuan lanjut termal mekanik misalnya *forging* (penempaan).



Gambar 1. Perbandingan densitas dari 3 jenis logam Al-7075 sebelum dan sesudah pemanasan pada suhu 500 °C selama 2 Jam.

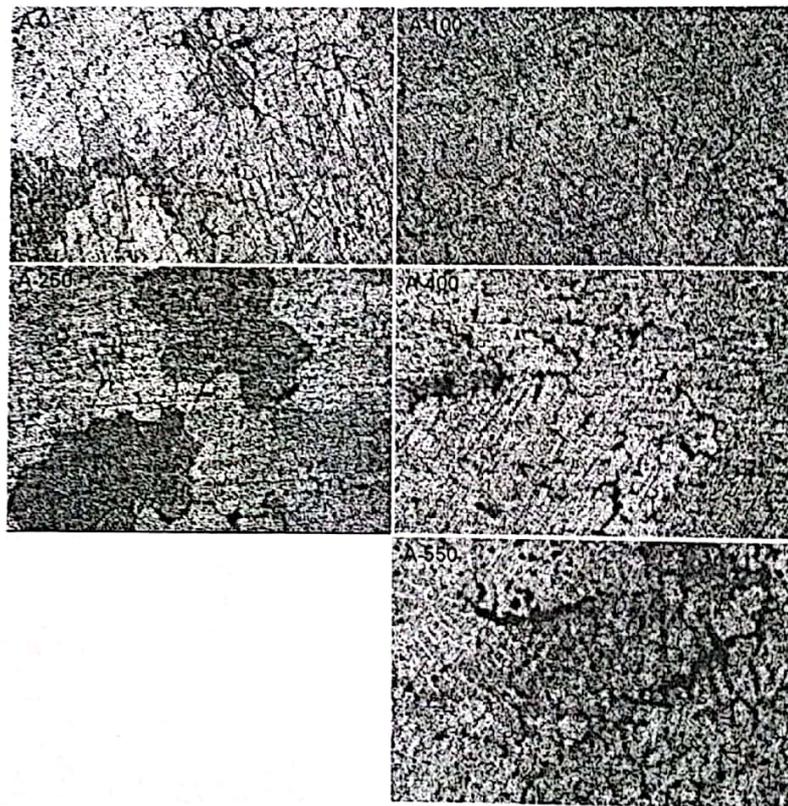
Pengukuran diameter butir dilakukan langsung menggunakan metode *Jenco*. Metode *Jenco* merupakan aplikasi program komputer dimana kamera yang terpasang pada mikroskop optik model *Nikon* dihubungkan dengan komputer. Hasil pemotretan di-*transfer* ke komputer untuk selanjutnya analisis struktur mikro khususnya diameter butir dapat diselesaikan.

Pengukuran kekerasan mikro dilakukan menggunakan *Micro Hardness Tester* model *Leitz*. Jejak pada sampel diukur langsung diagonalnya lalu berdasarkan diagonal rata-rata diproyeksikan pada tabel *Vicker's* dan akan diketahui nilai kekerasan mikro dalam satuan HVN untuk setiap jejak.

Analisis struktur mikro logam Al-7075 dilakukan berdasarkan tampilan tofografi gambar/ foto menggunakan mikroskop optik melalui pembesaran (magnifikasi) 50x. Foto-foto struktur mikro Al-7075 tersebut mewakili material Al-7075 [A], Al-7075 [B] dan Al-7075 [C] yang dibuat dengan perbedaan komposisi unsur-unsur pematunya.

Pada pengetsaan logam problema yang biasanya dialami adalah dalam hal mendapatkan gambar butir-butir kontras yang membedakan butiran satu dengan lainnya. Tampilan gambar kontras yang diamati melalui mikroskop akan sangat membantu *interpretasi kualitatif* maupun *kuantitatif* yang berkaitan dengan keberhasilan dalam penganalisaan bahan. Metode pengetsaan yang dilakukan adalah metode kimia. Dalam teknik *etching* larutan pengetsa bereaksi dengan permukaan cuplikan oleh adanya pelarutan selektif sesuai dengan karakteristik elektrokimia yang dimiliki oleh masing-masing area permukaan bahan. Selama pengetsaan, ion-ion positif dari logam meninggalkan permukaan bahan uji lalu berdifusi ke dalam elektrolit ekuivalen dengan sejumlah elektron yang terdapat dalam bahan tersebut.

Dalam proses *etching* secara langsung, apabila ion metal tersebut meninggalkan permukaan bahan lalu bereaksi dengan ion-ion non logam dalam elektrolit sehingga membentuk senyawa tak larut, maka lapisan *presipitasi* akan terbentuk menempel pada permukaan bahan dengan berbagai jenis ketebalan. Ketebalan lapisan ini sebagai fungsi dari komposisi dan orientasi struktur mikro yang lepas ke dalam larutan. Lapisan ini dapat menampilkan *interferensi* corak warna disebabkan karena variasi ketebalan lapisan dan ditentukan oleh mikrostruktur logam yang ada dibawahnya. Tampilan tofografi umum mengenai pengaruh perlakuan panas pada produk logam Al-7075 (kode A) pasca peleburan (*casting*) sampai pasca perlakuan panas (*heat treatment*) seperti pada gambar 2.



Gambar 2. Struktur mikro logam Al-7075 [A]. Menggunakan mikroskop optik, magnifikasi 50x, etsa Keller's.

Pada foto-foto tersebut tampak bahwa Al-7075 [A] setelah dilebur dan membeku pada kondisi tanpa perlakuan

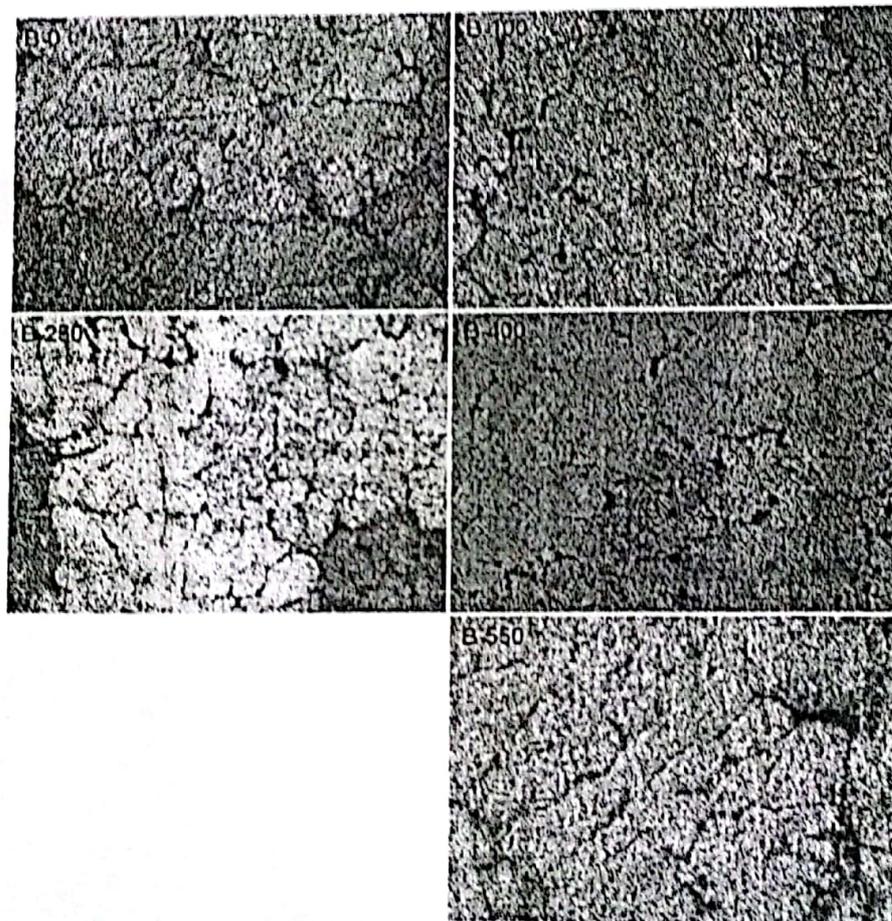
namun tidak memperlihatkan bentuk dendrit (A₀).

Butir logam dengan bentuk dendrit biasanya memiliki banyak ruang-ruang kosong diantara butir yang dapat menyebabkan ikatan intermetalik logam lemah. Butir dendrit tidak terbentuk pada Al-7075 [A] karena efek solidifikasi cepat yang menggunakan air sebagai media pendingin logam tuang sehingga sebagian besar Al-7075 [A] mengalami pembentukan butir *kolumnar*. Pada pemanasan 100 °C (A-100) pembentukan butir kolumnar tidak tampak kontras karena proses etsa yang dilakukan kurang beberapa detik. Perlakuan panas yang diikuti dengan pendinginan mendadak (*quenching* dengan air) mengakibatkan

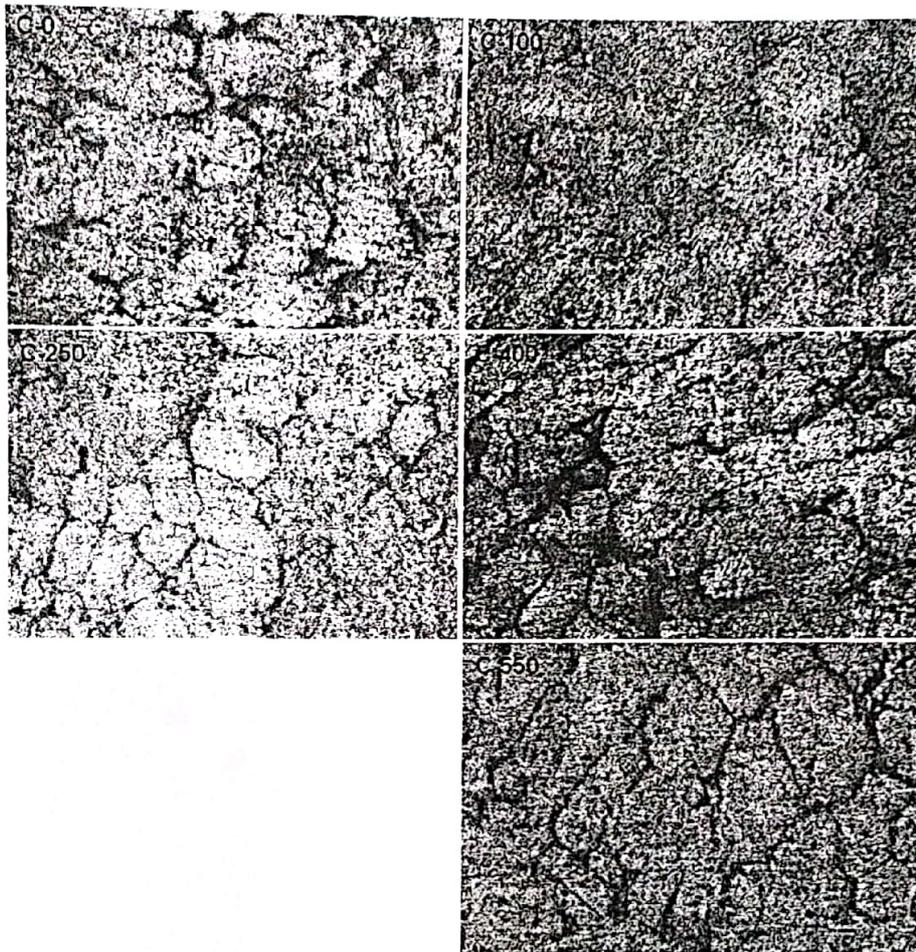
butir kolumnar menjadi pecah dan lebih halus pada pemanasan 250 °C (A-250).

Butiran halus dapat tersusun melalui proses *annealing* pada suhu pemanasan yang sedikit lebih tinggi dibawah titik lebur yaitu 400 °C (A-400) akan tetapi kerapatan susunan butir tampak belum baik. Foto dengan kode A-550 menampilkan struktur mikro Al-7075 [A] belum memiliki kesergaman bentuk butir terutama pada area tengah material hal ini lebih disebabkan oleh pendinginan yang kurang efektif sehingga efek laju pembekuan cepat hanya berlangsung dibagian tepi cetakan saja.

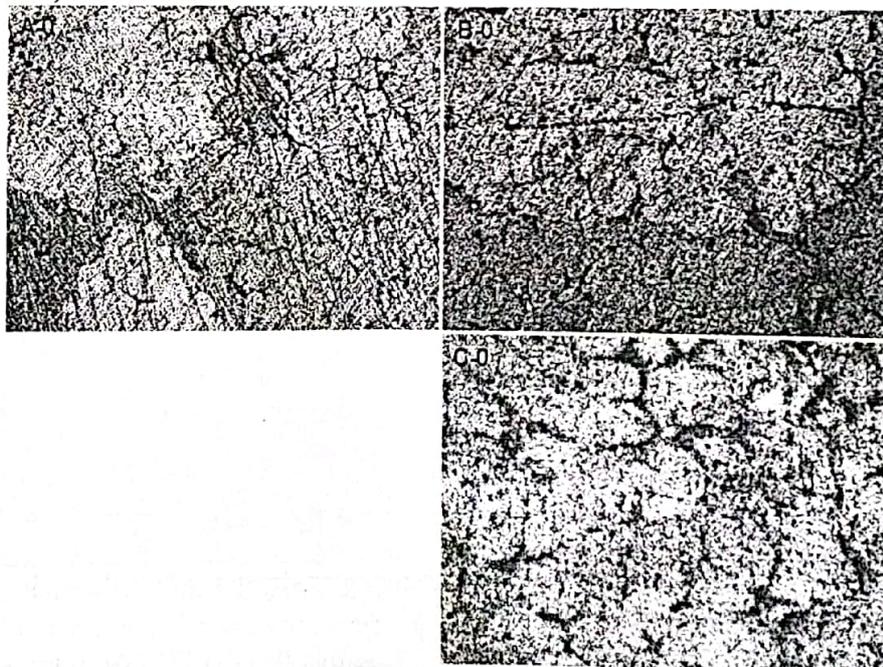
Pada Gambar 3 tampak struktur mikro logam Al-7075 yang dibuat dengan komposisi unsur jenis B.



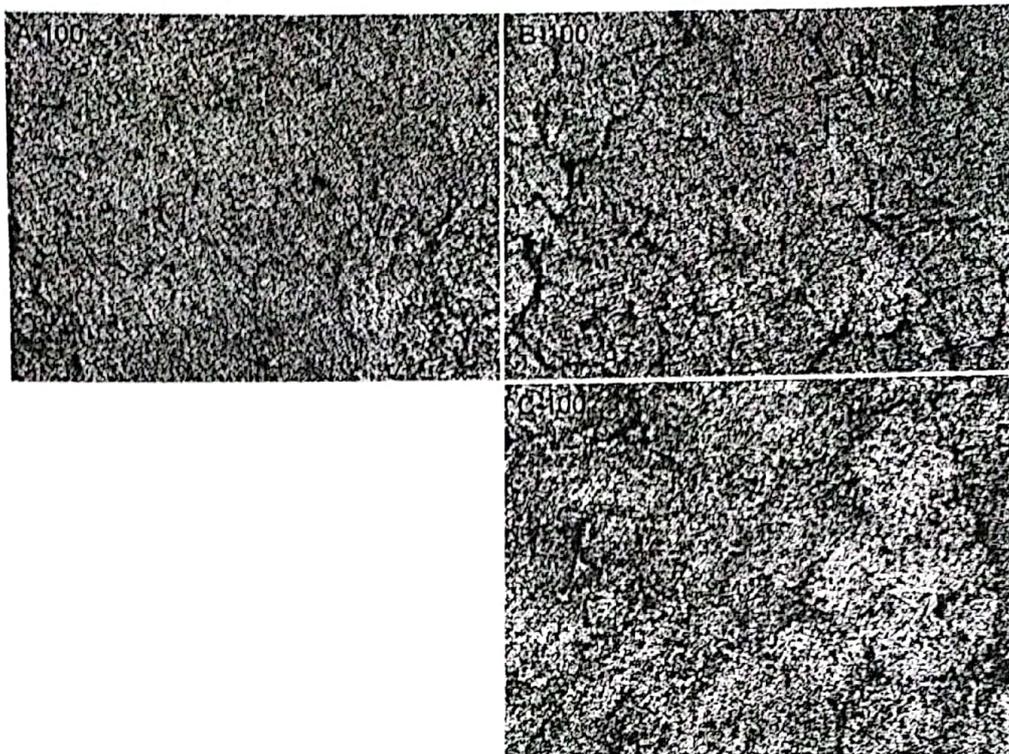
Gambar 3. Struktur mikro logam Al-7075 [B]. Menggunakan mikroskop optik, magnifikasi 50x, etsa Keller's.



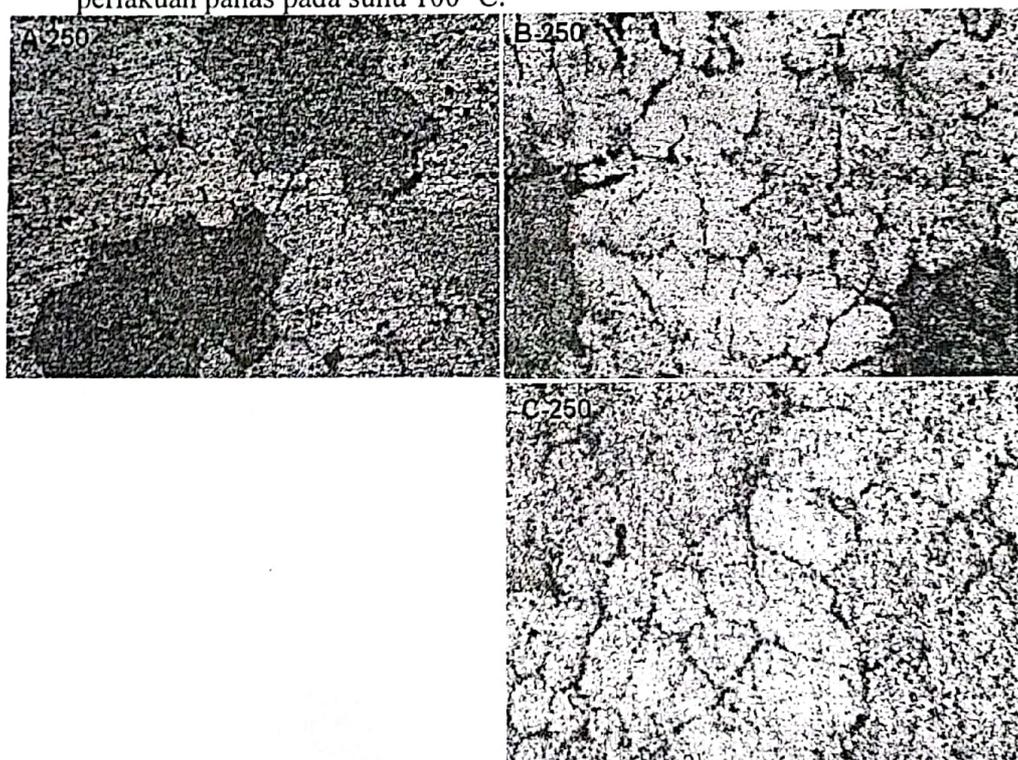
Gambar 4. Struktur mikro logam Al-7075 [C]. Menggunakan mikroskop optik, magnifikasi 50x, etsa *Keller's*.



Gambar 5. Struktur mikro logam Al-7075 penuangan dengan solidifikasi air tanpa diikuti perlakuan panas (*non-heat treatment*).



Gambar 6. Foto struktur mikro logam Al-7075 penuangan dengan solidifikasi air diikuti perlakuan panas pada suhu 100 °C.



Gambar 7. Foto struktur mikro logam Al-7075 penuangan dengan solidifikasi air diikuti perlakuan panas pada suhu 250 °C.



Gambar 8. Foto struktur mikro logam Al-7075 penuangan dengan solidifikasi air diikuti perlakuan panas pada suhu 400 °C.



Gambar 9. Struktur mikro logam Al-7075 penuangan dengan solidifikasi air diikuti perlakuan panas pada suhu 550 °C.

Foto dengan kode B-0 mengindikasikan bahwa efek pembekuan secara cepat menyebabkan terbentuk butir kolumnar (butir besar). Pemanasan selama 2 Jam pada suhu 100 °C (B-100) kurang memberikan pengaruh yang berarti terhadap diameter butir. Pemanasan sampel B pada suhu 250 °C (B-250)

menunjukkan batas butir yang cukup baik namun belum seragam. Sampel dengan kode B-400 kurang lama proses etsanya sehingga morfologi mikrostruktur tidak terlihat jelas. Pemanasan sample B pada suhu 550 (B-550) menunjukkan bentuk butir memanjang, relatif seragam namun masih terdapat porositas pada batas butir.

Pada Gambar 4 tampak struktur mikro logam Al-7075 yang dibuat dengan komposisi unsur jenis C. Sampel berkode C-0 tanpa perlakuan (kontrol) menunjukkan butir kolumnar.

Sampel kode C-100 batas butir terlihat kurang kontras hal disebabkan karena kurang lama proses pengetsaan. Pemanasan pada suhu 250 °C juga belum memberikan hasil yang baik pada Al-7075 [C] yaitu belum diperoleh pembentukan struktur butir yang seragam (C-250). Pembentukan butir dengan batas yang cukup kontras terjadi pada pemanasan 400 °C akan tetapi porositas masih banyak terdapat pada batas butir. Pemanasan pada suhu 550 °C menunjukkan batas butir yang cukup jelas dan lebih seragam dibandingkan dengan pemanasan pada suhu yang lebih rendah.

Pada Gambar 5 tampak struktur mikro logam Al-7075 dari setiap jenis (A, B dan C) pada kondisi tanpa perlakuan panas (kontrol). Sampel berkode A-0 adalah jenis Al-7075 [A], sampel berkode B-0 adalah jenis Al-7075 [B] dan sampel berkode C-0 adalah jenis Al-7075 [C]. Masing-masing tidak diberi perlakuan panas (variabel kontrol). Oleh sebab itu memiliki bentuk butir besar.

Pembentukan butir pada sampel B-0 tampak sedikit lebih baik dibandingkan dengan sampel A-0 dan C-0, hal ini disebabkan pengambilan area atau pencuplikannya mengambil posisi agak dibagian tepi coran.

Pada Gambar 6 tampak struktur mikro logam Al-7075 dari setiap jenis (A, B dan C) diberikan perlakuan panas pada suhu 100 °C. Sampel berkode A-100 adalah jenis Al-7075 [A], sampel berkode B-100 adalah jenis Al-7075 [B] dan sampel berkode C-100 adalah jenis Al-7075 [C].

Masing-masing diberi perlakuan panas pada suhu 100 °C namun pembentukan batas butir kontras hanya diperoleh pada sampel B-100. Sedangkan sampel A-100 dan C-100 mengalami kegagalan saat dilakukan proses etsa. Butir

yang terbentuk oleh pemanasan suhu yang relatif rendah tersebut masih kolumnar.

Pada gambar 7 tampak struktur mikro logam Al-7075 dari setiap jenis (A, B dan C) diberikan perlakuan panas pada suhu 250 °C.

Sampel berkode A-250 adalah jenis Al-7075 [A], sampel berkode B-250 adalah jenis Al-7075 [B] dan sampel berkode C-250 adalah jenis Al-7075 [C]. Masing-masing diberi perlakuan panas pada suhu 250 °C dan menghasilkan butir yang kolumnar. Berdasarkan perbandingan tersebut nampak bahwa pembentukan butir relatif lebih halus pada sampel berkode B-250 dan C-250 dibandingkan dengan sampel berkode A-250 hal ini dipengaruhi oleh penempatan sampel A-250 tidak tepat ditengah ruang *chamber furnace* sehingga pemanasannya kurang efektif.

Pada Gambar 8 tampak struktur mikro logam Al-7075 dari setiap jenis (A, B dan C) diberikan perlakuan panas pada suhu 400 °C. Sampel berkode A-400 adalah jenis Al-7075 [A], sampel berkode B-400 adalah jenis Al-7075 [B] dan sampel berkode C-400 adalah jenis Al-7075 [C]. Masing-masing diberi perlakuan panas pada suhu 400 °C namun pembentukan batas butir kontras hanya diperoleh pada sampel C-400. Sedangkan sampel A-400 dan B-400 mengalami kegagalan saat dilakukan proses etsa.

Batas butir yang terbentuk oleh pemanasan suhu yang relatif lebih tinggi tersebut cukup jelas pada sampel C-400 akan tetapi masih menampakkan porositas yang cukup banyak. Porositas (pori-pori) pada paduan seharusnya dapat diperkecil melalui perlakuan termal mekanik seperti *forging* atau *rolling* ide tersebut diluar rencana sebelumnya.

Pada Gambar 9 tampak struktur mikro logam Al-7075 dari setiap jenis (A, B dan C) diberikan perlakuan panas pada suhu 550 °C.

Sampel berkode A-550 adalah jenis Al-7075 [A], sampel berkode B-550 adalah jenis Al-7075 [B] dan sampel berkode C-550 adalah jenis Al-7075 [C].

Masing-masing diberi perlakuan panas pada suhu 550 °C namun pembentukan butir yang seragam dan batas butir yang kontras hanya diperoleh pada sampel C-550. Porositas masih banyak terdapat pada sampel A-550 bila dibandingkan dengan B-550 dan C-550.

Adapun jika sampel C-550 dibandingkan dengan sampel B-550, tampak tampilan tofografi struktur mikro lebih baik pada sampel C-550 karena lebih seragam.

Tabel 7. Data Hasil Pengukuran Diameter Butir Al-7075

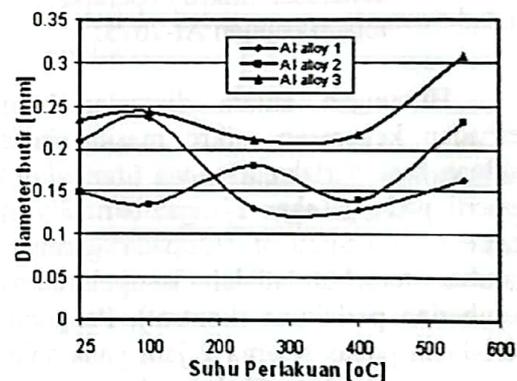
Temperatur Perlakuan [°C]	Diameter Butir rata-rata [mm]		
	Al-7075 [A]	Al-7075 [B]	Al-7075 [C]
25 (control)	0.209	0.149	0.234
100	0.235	0.135	0.243
250	0.131	0.18	0.21
400	0.129	0.139	0.216
550	0.164	0.23	0.307

Tabel 8. Data hasil pengujian kekerasan mikro beberapa paduan Al-7075

Temperatur Perlakuan [°C]	Kekerasan mikro rata-rata [HVN]		
	Al-7075 [A]	Al-7075 [B]	Al-7075 [C]
25 (control)	40.48	37.48	29.42
100	38.92	30.38	28.80
250	36.92	31.90	28.86
400	36.14	29.12	28.98
550	41.26	32.22	28.08

Keseragaman bentuk butir Al-7075 jenis C pada pemanasan suhu 550 °C terbukti lebih baik bila dibandingkan dengan A dan B, hal tersebut memberikan indikasi bahwa interaksi antar unsur yang tersusun sebagai fasa-fasa solid ikut memberikan pengaruh terhadap pembentukan butir logam.

Perlakuan *annealing* ditujukan untuk memberikan kesempatan pertumbuhan butir agar memiliki susunan yang lebih seragam. Perubahan susunan butir karena pemanasan menyebabkan logam mengalami peregangan. Berdasarkan data pada tabel 7 dapat digambarkan hubungan antara suhu perlakuan panas (*annealing*) dengan diameter butir seperti pada gambar 10.



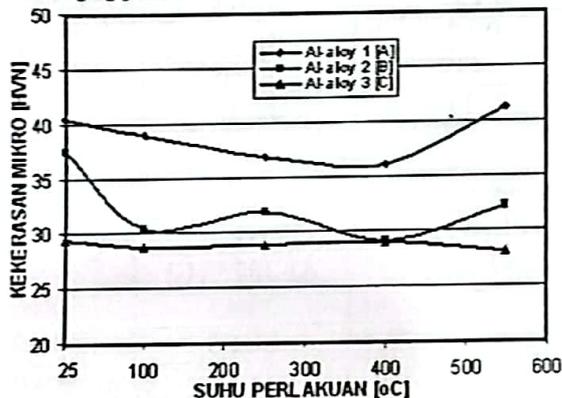
Gambar 10. Pengaruh pemanasan pada proses *annealing* terhadap diameter butir beberapa logam paduan Al-7075.

Pada gambar 10 dapat diketahui efek perlakuan panas (*annealing*) terhadap diameter butir paduan Al-7075. Secara keseluruhan tampak bahwa diameter butir Al-7075 [C] pertumbuhannya lebih besar dibanding Al-7075 [A] dan [B]. Hal ini

disebabkan komposisi unsur Al pada Al-7075 [C] relatif lebih banyak 91,6 % dibanding Al-7075 [A] = 90,94 % dan Al-7075 [B] = 90,53 %.

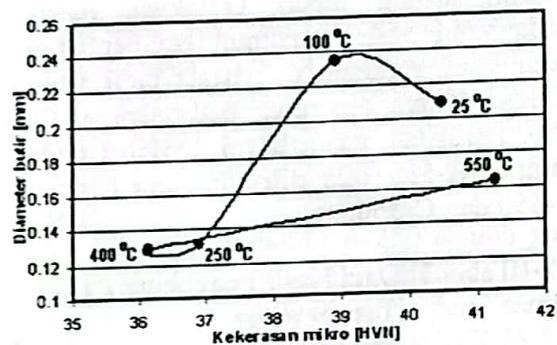
Hubungan antara efek perlakuan panas terhadap kekerasan mikro seperti pada tabel 8.

Diameter butir yang relatif besar (*kolumnar*) mengakibatkan kekerasan Aluminium menjadi rendah (lihat gambar 11). Kekerasan mikro yang rendah mengindikasikan bahwa sifat mekanik Al-7075 [C] jelek.



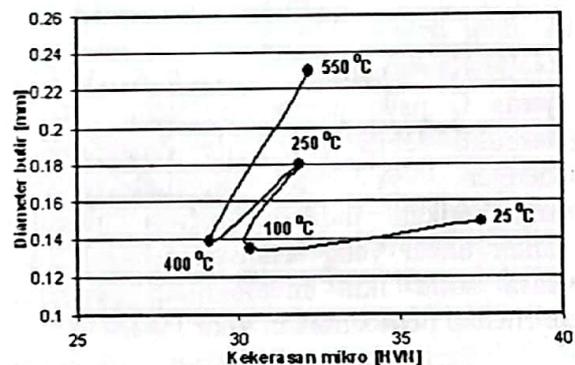
Gambar 11. Pengaruh pemanasan pada proses *annealing* terhadap kekerasan mikro beberapa logam paduan Al-7075.

Hubungan antara diameter butir terhadap kekerasan mikro masing jenis paduan saat perlakuan panas (*annealing*) seperti pada gambar 12, gambar 13 dan gambar 14. Suhu 0 °C pada gambar-gambar tersebut adalah sampel tanpa pemberian perlakuan (kontrol). Pengaruh perlakuan panas selama 2 jam pada suhu terendah yaitu 100 °C dan suhu tertinggi yaitu 550 °C.



Gambar 12. Hubungan Diameter butir terhadap Kekerasan mikro logam paduan Al-7075 jenis A pasca proses *annealing*.

Berdasarkan gambar 12 terlihat bahwa Al-7075 [A] memiliki kecenderungan meningkatnya ukuran butir pada suhu pemanasan 100 °C, namun selanjutnya mengalami penurunan diameter butir pada pemanasan 250 °C sampai 400 °C sebanding dengan laju penurunan kekerasan mikro. Kenaikan kekerasan mikro terjadi lagi pada pemanasan 550 °C.

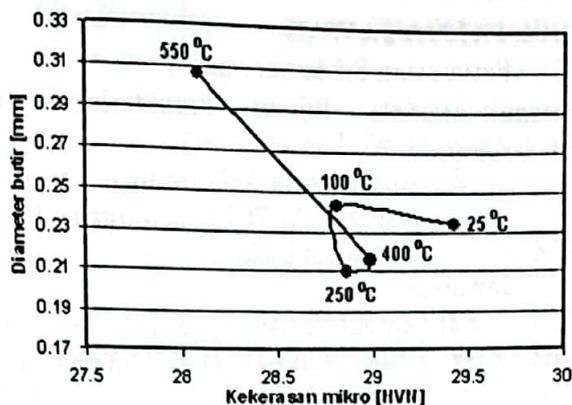


Gambar 13. Hubungan Diameter butir terhadap Kekerasan mikro logam paduan Al-7075 jenis B pasca proses *annealing*.

Berdasarkan gambar 13 terlihat bahwa Al-7075 [B] memiliki kecenderungan penurunan ukuran butir pada suhu pemanasan 100 °C, selanjutnya mengalami kenaikan pada pemanasan 250 °C, lalu terjadi penurunan lagi pada suhu perlakuan 400 °C.

Kenaikan diameter butir terjadi secara drastis pada suhu perlakuan panas

550 °C dimana terjadi penurunan kekerasan mikro.



Gambar 14. Hubungan Diameter butir terhadap Kekerasan mikro logam paduan Al-7075 jenis C pasca proses *annealing*.

Berdasarkan gambar 14 terlihat bahwa Al-7075 [C] memiliki kecenderungan mengalami penurunan ukuran butir pada suhu pemanasan 100 °C, 250 °C hingga suhu perlakuan 400 °C. Kenaikan diameter butir terjadi pada suhu perlakuan panas 550 °C.

Jika diamati secara menyeluruh, semua jenis logam Al-7075 tersebut baik jenis A, B maupun C mengalami kenaikan diameter butir pada suhu perlakuan 550 °C atau suhu tertinggi yang mendekati titik lelehnya (680 °C). Pada saat itu butir-butir logam mengalami pemuaihan dengan diameter butir yang *kolumnar* (diameter besar) dan kekerasan mikro cenderung mengalami penurunan (kekerasan mikro rendah).

Kondisi demikian akan lebih mudah dianalisis jika logam aluminium tersebut memiliki tingkat keseragaman butir yang homogen seperti pada Al-7075 [C].

Penganalisaan struktur mikro mengalami kesulitan jika diameter butir dalam area tertentu tidak seragam, karena pengukuran diameter butir hanya dilakukan 5 kali sehingga memungkinkan terjadi kesalahan ketika memilih butir yang diukur sebagaimana yang terjadi pada Al-7075 [A] dan Al-7075 [B].

Kesulitan serupa juga dapat dialami pada penganalisaan kekerasan mikro, jika

PTBN-BATAN, Serpong 28 Juli 2010 kerapatan butir dalam area tertentu tidak seragam karena porositasnya masih banyak sementara proses indentasi hanya dapat dilakukan 5 kali maka memungkinkan penjejakan hanya terjadi dibatas butir atau tidak tepat mengenai butir sebagaimana yang terjadi pada Al-7075 [A] dan Al-7075 [B].

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian tersebut dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Nilai kekerasan tertinggi ditunjukkan oleh paduan Al-7075 [A] yang mengalami pemanasan 550 °C yaitu sebesar 41,26 HVN dengan diameter butir 0,164 mm. Densitasnya masih dapat ditingkatkan melalui *rolling* atau *forging*.
2. Komposisi unsur pada logam Al-7075 dapat mengacu pada Al-7075 [A] dengan unsur Si yang lebih banyak dari jenis [B] dan [C] sehingga memiliki sifat mekanis yang baik dan dapat diusulkan untuk penggunaan material kelongsong elemen bakar nuklir.

Saran

Perlu memaksimalkan pembersihan peralatan *casting* (peleburan) yang digunakan sehingga paduan tidak terkontaminasi unsur lain.

DAFTAR PUSTAKA

1. Dong Hyuk Shin, Yeon Jun Joo, Chong Soo Lee and Kyung-Tae Park, Grain Elongation in a Superplastic 7075 Al Alloy, Scripta Materialia 1999, Vol. 41, No. 3 Elsevier Science Ltd.
2. Djafrie, S; 1991, Ilmu dan Teknologi Bahan, Penerbit Erlangga, Jakarta.
3. Petzow, G, 1977, Metallographic Etching, Stuttgart.
4. Van Loon, J.C., 1980, Analytical Atomic Absorption Spectroscopy, Selected Method, Toronto.
5. Aminhar dkk, 2009, Analisis Densitas sejati serbuk UO₂ menggunakan Ultracycno meter 1200-e produk Quantachrome, Prosiding Seminar Pengelolaan Perangkat Nuklir Tahun 2009 ISSN 1978-9858 PTBN-BATAN.

TANYA JAWAB

Pertanyaan Sri Ismarwanti :

1. Apa tujuan karakterisasi ini dilakukan ?
2. Apa criteria kekerasan mikro dari paduan Al-7075 sehingga dapat dikatakan baik.

Jawaban :

1. Karakterisasi paduan Al-7075 dilakukan untuk mengetahui komposisi paduan yang lebih baik diantara 3 jenis Al-7075 yang dibuat.
2. Kekerasan mikro paduan Al-7075 yang baik adalah yang pada setiap perlakuan panas lebih keras diantara 3 jenis Al-7075 yang dibuat.