



KAJI EKSPERIMEN PENGARUH TEMPERATUR TUANG DAN WAKTU TUANG PADA SQUEEZE CASTING TERHADAP DENSITAS DAN KEKASARAN PERMUKAAN BAHAN BAUT DAN MUR DARI KOMPOSIT ALUMINIUM 6061-ABU DASAR BATU BARA

Ivano Julius Hartono

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya
Jalan Semolowaru No. 45 Surabaya 60118, Tel. 031-5931800, Indonesia
email: ivano.hartono12@gmail.com

ABSTRAK

Metal composite or better known as Metal Matrix Composite (MMC) is a combination of two or more materials, in which the metal as a matrix and ceramic as an amplifier to obtain the desired characteristics. To produce solid components and fine microstructure in its manufacture, the squeeze casting process has an approximate capability. In the manufacture of Aluminum matrix composites, to obtain better mechanical properties such as: hardness and strength required existence of heat treatment process T6.

The purpose of this research is to know the influence of pouring temperature and pouring time variation on squeeze casting process to density and surface roughness of 6061 base coal-bed composite base. The research method was done by casting aluminum 6061 to melt at 660 ° C and then added coal base ash electroless plating and magnesium, then the temperature was increased with variation of casting temperature 675 ° C, 700 ° C and 725 ° C. Poured with 60 seconds, 90 seconds, 120 seconds and then pressed with a 20kg load. Then got T6 heat treatment. The tests include density testing, surface roughness testing

The results of the research on the density test showed that the amount of density that occurred after the heat treatment T6, the value is greater. This shows the presence of expansion and shrinkage during the T6 heat treatment process. Based on the results of the surface roughness testing the added value of the roughness is greater than T6 between 5% - 10% of the initial roughness value before T6.

PENDAHULUAN

Penggunaan baut dan mur sangat banyak digunakan, sebab fungsi dari baut adalah sebagai alat penyambung atau pengikat komponen yang satu dengan yang lainnya, agar menjadi satu kesatuan yang kokoh dan terbentuk sesuai keinginan perancangannya.

Teknik penyambungan dengan menggunakan baut dan mur relatif lebih

aman, karena lebih mudah dipasang dan dibongkar kembali apabila diperlukan untuk melakukan hal-hal seperti perawatan, perbaikan dan lain – lain.

Pemilihan baut dan mur sebagai alat pengikat dalam hal ini untuk konstruksi jembatan, harus dilakukan secara cermat dan seksama untuk mendapatkan mutu atau kekuatan baut dan mur yang sesuai dengan konstruksi yang akan disambung. Pemilihan

material sangat berperan pada kualitas baut dan mur, baut dan mur berbahan material logam komposit adalah salah satu alternatif yang perlu dipertimbangkan, karena komposit logam adalah yang paling memenuhi syarat untuk diterapkan dalam konstruksi jembatan.

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk pembuatan komposit logam yaitu dengan metode squeeze casting. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi proses squeeze casting yaitu temperatur tuang dan waktu tuang. Hasil proses squeeze casting akan berpengaruh terhadap densitas dan kekasaran permukaan baut dan mur. Dalam pembuatan komposit yang bermatriks Aluminium, untuk mendapatkan sifat mekanik yang lebih baik seperti : kekerasan dan kekuatan diperlukan adanya proses perlakuan panas T6.

Perlakuan panas T6 adalah suatu proses dimana paduan dipanaskan sampai diatas temperatur solvus (*solvus line*), kemudian ditahan beberapa saat dan diteruskan dengan pendinginan cepat (*quenching*).

Keutamaan penelitian ini adalah mencari bahan alternatif pengganti logam untuk baut dan mur. Dalam penelitian tugas akhir ini saya ingin mengetahui besarnya densitas dan kekasaran permukaan mur dan baut berbahan komposit Aluminium 6061-abu dasar batu bara dengan metode pembuatan *squeeze casting* dari pengaruh temperature tuang dan waktu tuang serta pengaruh proses perlakuan panas T6.

Pengertian Komposit

Material komposit adalah sistem bahan terdiri dari kombinasi dua atau lebih unsur mikro atau makro yang berbeda dalam bentuk, komposisi, kimia dan yang pada dasarnya tidak larut dalam satu sama lain. Salah satunya yang disebut matriks dan yang lainnya adalah penguat. Fase yang memperkuat tertanam dalam matriks untuk memberikan karakteristik yang diinginkan.

Aluminium 6061

Yaitu paduan aluminium seri 6xxx yang mengandung magnesium dan silikon

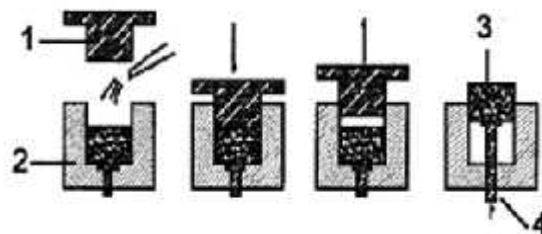
sebagai unsur paduan utama. Density adalah 2,7 gr/cm³ dan mencair pada suhu sekitar 630 C dua digit terakhir dari Al 6061 mengidentifikasi paduan aluminium yang berbeda dalam kelompok. Angka kedua menunjukkan modifikasi paduan. Sebuah digit kedua nol menunjukkan paduan asli dan bilangan bulat 1 sampai 9 menunjukkan modifikasi paduan berturut-turut.

Abu dasar batu bara

Abu dasar batubara merupakan salah satu material oksida yang tersusun lebih dari 70% Abu dasar batu bara, SiO₂ dan Fe₂O₃ yang mempunyai angka kekerasan yang cukup tinggi dan mempunyai titik cair hingga diatas 2000°C. Permasalahan utama pada pembuatan material komposit yang diperkuat dengan bahan oksida adalah sifat kebasahan (*wettability*). Maka dari itu untuk meningkatkan kebasahan pada permukaan partikel abu dasar batubara perlu ditambahkan Mg untuk bahan pembasahnya, dengan melalui proses pelapisan serbuk abu dasar batubara menggunakan metode *electroless plating* dengan bahan pengaktif Mg yang terlarut dalam larutan HNO₃.

Metode Squeeze Casting.

Pengecoran Squeeze sering disebut juga penempaan logam cair (*liquid metal forging*), yaitu suatu proses dimana logam cair didinginkan sambil diberikan tekanan. Proses ini pada dasarnya mengkombinasikan keuntungan-keuntungan pada proses forging dan casting.



Gambar 1. Mekanisme Squeeze Casting

Keterangan gambar :

1. Punch
2. Dies
3. Benda Cetak
4. Plunyer Pendorong

Temperatur Tuang (Casting Temperature)

Temperatur ini tergantung pada jenis paduan dan bentuk coran/komponen. Biasanya temperatur tuang diambil 6 – 55°C di atas temperatur *liquidus*.

Waktu Tuang (Time Delay)

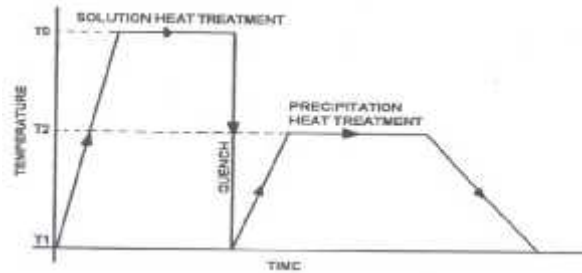
Adalah lamanya waktu yang diukur dari saat pertama penuangan logam cair ke dalam rongga cetak hingga saat permukaan punch menyentuh dan mulai menekan permukaan logam cair. Bentuk penampang yang kompleks memerlukan waktu yang cukup bagi logam cair mengisi keseluruhan rongga cetakan; untuk itu perlu adanya tenggang waktu yang cukup sebelum punch menyentuh dan menekan logam cair. Hal ini untuk menghindari terjadinya porositas akibat penyusutan (*shrinkage porosity*).

Perlakuan Panas T6

Perlakuan panas merupakan suatu proses kombinasi antara pemanasan dan pendinginan terhadap logam dalam bentuk padat selama waktu tertentu, dengan tujuan mendapatkan sifat-sifat mekanik tertentu. Proses perlakuan panas ini bergantung pada pemakaiannya, seperti dapat digunakan untuk mengeraskan, melunakkan, menghilangkan tegangan sisa, dan untuk meningkatkan mampu mesin.

Langkah - langkah berikut yang di lakukan selama proses penuaan :

1. Solution treatment pada temperatur 530 C selama 120 detik.
2. Quenching dalam air pada temperatur 80 C.
3. Stabilisasi pada suhu kamar selama 30 detik.
4. Penuaan pada temperatur 180 C dengan variasi waktu yang berbeda dimulai dari 120 detik.



Gambar 2. Siklus Perlakuan Panas T6.

Densitas (Density)

Densitas ukuran kerapatan suatu zat yang dinyatakan banyaknya zat / massa per satuan volume. Jadi satuannya adalah satuan massa persatuan volume. Semakin tinggi massa jenis suatu benda, maka semakin besar pula massa setiap volumenya. Massa jenis berfungsi untuk menentukan zat. setiap zat memiliki massa jenis yang berbeda. dan satu zat berapapun massanya berapapun volumenya akan memiliki massa jenis yang sama.

Dimana m adalah massa jenis zat (kg/m^3), M adalah massa zat (kg) dan W adalah berat massa zat (N).

Setiap benda yang tercelup sebagian atau seluruhnya ke dalam fluida, akan mendapat gaya ke atas sebesar berat fluida yang dipindahkan oleh benda tersebut itulah hukum Archimedes.

Benda yang dicelupkan ke dalam air maka ada tiga kemungkinan yang akan dialami oleh benda tersebut, yaitu mengapung, melayang dan tenggelam. Benda yang dikatakan terapung dalam zat cair bila sebagian benda tercelup dan sebagian lagi muncul diudara, karena massa jenis benda lebih kecil dari massa jenis zat cair

Dalam percobaan kali ini berlaku hukum archimedes sehingga persamaan yang digunakan untuk menghitung densitas adalah sebagai berikut :

$$\rho = \frac{m - m'}{V} \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan:

ρ = massa density (kg/m^3)

ρ = massa jenis air ($1000 \text{ kg}/\text{m}^3$)

m_k = massa kering spesimen (kg)

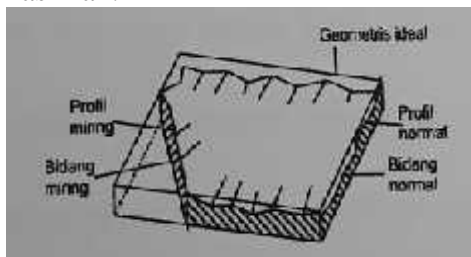
W_k = berat kering spesimen ($N = \text{kg} \cdot \text{m}/\text{s}^2$)

W_b = berat basah spesimen ($N = \text{kg} \cdot \text{m}/\text{s}^2$)

g = percepatan gravitasi ($9,8 \text{ m}/\text{s}^2$)

Kekasaran permukaan

Kekasaran permukaan (Surface Roughness) merupakan suatu nilai dimana besar kecilnya profil permukaan benda. Kekasaran dalam proses permesinan yaitu hasil dari proses permesinan tersebut. Dalam proses permesinan itu nilai kekasaran permukaan merupakan sifat yang penting karena sangatlah menentukan kualitas produk yang dihasilkan.



Gambar 3. Bidang dan profil permukaan.

Setiap permukaan dari suatu benda kerja yang telah mengalami proses permesinan tentu akan mengalami kekasaran permukaan (Surface Roughness). Yang dimaksud dengan kekasaran permukaan adalah penyimpangan rata - rata aritmetik dari garis rata - rata permukaan. Definisi ini digunakan untuk menentukan harga rata - rata dari kekasaran permukaan.

Dalam dunia perindustrian, permukaan pada benda kerja memiliki nilai kekasaran permukaan yang berbeda, sesuai dengan kebutuhan dari alat tersebut. Nilai kekasaran permukaan permukaan (Surface Roughness) memiliki nilai kualitas (N) yang berbeda. Nilai kualitas kekasaran permukaan telah diklasifikasikan oleh ISO dimana harga yang sangatlah kecil adalah N1 yang memiliki nilai kekasaran permukaan (R_a) $0,025 \mu\text{m}$ dan yang paling tinggi N12 yang nilai kekasarannya $50 \mu\text{m}$.

Alat Ukur Kekasaran Permukaan

Alat ukur kekasaran permukaan yang digunakan adalah Surface Roughness Mitutoyo, alat ini dapat digunakan untuk mengamati ataupun mengukur kekasaran permukaan dengan standart ISO. Beberapa data yang dapat ditunjukkan oleh alat kekasaran permukaan (Surface Roughness) ini adalah nilai parameter - parameter dari kekasaran permukaan beserta grafik pada kekasaran permukaannya. Alat ukur kekasaran permukaan.



Gambar 4. Alat Surface Roughness Tester Mitutoyo

Surface Roughness Tester adalah alat uji yang digunakan untuk mengukur kekasaran pada suatu permukaan benda. Setiap komponen atau benda mempunyai permukaan yang berbeda dan bervariasi menurut struktur ataupun menurut dari hasil proses permesinannya.

Kekasaran (*Roughness*) dapat didefinisikan sebagai ketidak halusan pada bentuk yang menyertai proses produksi yang disebabkan oleh pengerjaan permesinan. Nilai kekasaran permukaan dinyatakan dalam *Roughness Average (Ra)*, merupakan parameter kekasaran yang paling banyak digunakan. Ra merupakan rata - rata aritmatika dan suatu penyimpangan mutlak profil kekasaran dari garis tengah rata - rata.

Pengukuran kekasaran permukaan didapatkan dari sinyal pergerakan *stylus* berbentuk *diamond* untuk bergerak sepanjang garis lurus pada permukaan sebagai alat indikator pengukuran kekasaran permukaan benda yang diuji. Prinsip kerja dari alat *Surface Roughness Tester* adalah

dengan menggunakan *Transduser* dan diolah dengan *Microprocessor*. Alat ini dapat digunakan dilantai dan semua posisi baik horizontal, vertikal, dan lain-lain.



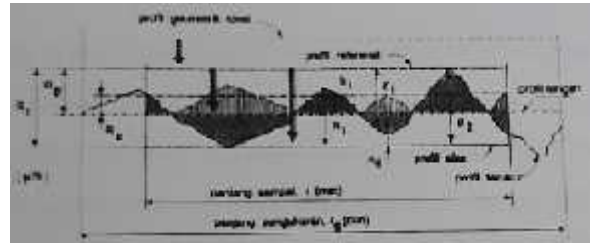
Gambar 5. *Stylus Surface Roughness Tester*

Cara kerja dari alat ukur kekasaran permukaan (*Surface Roughness*) adalah dengan meletakkan jarum sensor (*Styus*) yang dipasangkan pada alat uji tersebut, selanjutnya sejajarkan alat ukur permukaan tersebut dengan bidang material yang akan diuji. Pada saat pengerjaannya, alat ukur tidak boleh bergerak karena akan mengganggu sensor dalam membaca kekasaran dari permukaan material tersebut. Nilai pengukuran yang didapatkan akan muncul pada display yang kompetibel dengan empat standart dunia antara lain ISO, SIN, ANSI, dan JIS sehingga tidak diragukan lagi ketepatan dan keakuratan ketelitian dalam pengukuran.

Parameter Kekasaran Permukaan

Profil adalah garis yang dihasilkan pada proses pemotongan, khususnya pemotongan lurus (*Orthogonal Cutting*) dan pemotongan miring (*Obligue Cutting*). Untuk memproduksi profil suatu permukaan, sensor / peraba (*Stylus*) alat ukur harus digerakkan mengikuti lintasan yang berupa garis lurus dengan jarak yang telah ditentukan terlebih dahulu. Panjang lintasan tersebut dengan panjang pengukuran (*Traversing Length*).

Sesaat setelah jarum bergerak dan sebelum jarum berhenti secara elektronik alat ukur kekasaran melakukan perhitungan berdasarkan data yang dideteksi oleh jarum peraba. Bagian panjang pengukuran yang dibaca oleh sensor alat ukur kekasaran permukaan disebut panjang sampel.



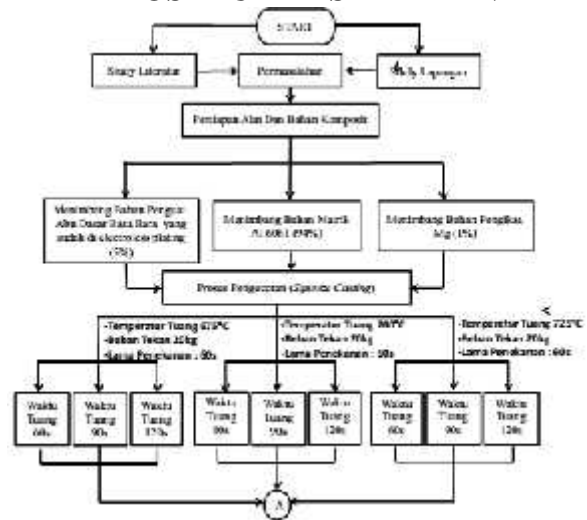
Gambar 6. *Stylus Surface Roughness Tester*

Dari gambar diatas, dapat didefinisikan beberapa parameter kekasaran permukaan yaitu :

1. Kekasaran Total (R_t) merupakan jarak antara garis referensi dengan garis alas.
2. Kekasaran Perataan (R_p) merupakan jarak antara garis referensi dengan garis terukur.
3. Kekasaran Rata-rata Aritmatik (R_a) merupakan nilai aritmatik dari antara garis tengah dan garis terukur.

Menentukan kekasaran rata-rata (R_a) dapat dilakukan secara grafis. Adapun caranya sebagai berikut :

PROSEDUR EKSPERIMEN



Gambar 7. Diagram Alir Prosedur Penelitian

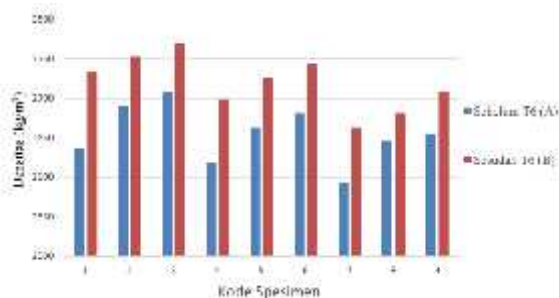


Gambar 8. Lanjutan Diagram Alir Prosedur Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1. Hasil pengujian densitas sebelum dan sesudah perlakuan panas T6.

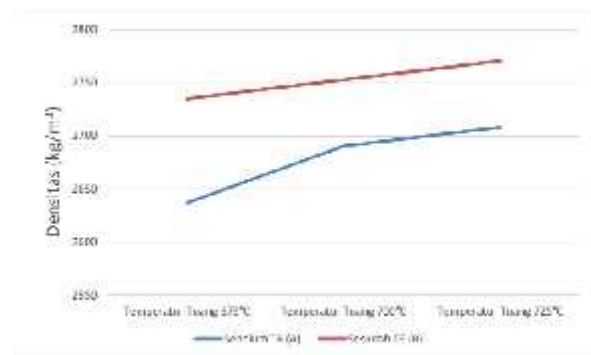
Kode spesimen	Kode T6	Dimensi (mm)	Wt (kg)	Wt (kg)	V (mm ³)	Densitas (g/cm ³)
1	A	1000	0,3296	0,33	0,8	2647,00
	B	1002	0,3307	0,33	0,8	2742,00
2	A	1000	0,3302	0,33	0,8	2646,54
	B	1002	0,3309	0,33	0,8	2747,00
3	A	1000	0,3304	0,33	0,8	2738,00
	B	1002	0,3311	0,32	0,8	2770,73
4	A	1000	0,3294	0,33	0,8	2645,27
	B	1002	0,3300	0,33	0,8	2690,45
5	A	1002	0,3299	0,29	0,8	2682,82
	B	1002	0,3305	0,31	0,8	2726,18
6	A	1002	0,3301	0,30	0,8	2681,64
	B	1002	0,3303	0,31	0,8	2744,01
7	A	1002	0,3291	0,28	0,8	2592,51
	B	1002	0,3299	0,29	0,8	2682,82
8	A	1000	0,3307	0,33	0,8	2646,07
	B	1002	0,3301	0,33	0,8	2681,64
9	A	1000	0,3298	0,33	0,8	2645,91
	B	1002	0,3304	0,33	0,8	2738,00



Gambar 9. Grafik pengujian densitas sebelum dan sesudah perlakuan panas T6

Dari data pengujian densitas pada gambar 9 dapat dilihat adanya perbedaan besar densitas spesimen antara sebelum dan sesudah dilakukan perlakuan panas T6. Dengan kata lain perlakuan panas T6 mempengaruhi besar densitas suatu spesimen.

Dari data pengujian densitas pada gambar 9 juga dapat dilihat variabel proses squeeze casting sangat berpengaruh terhadap besarnya densitas. Variabel yang digunakan yaitu temperatur penuangan 675°C, 700°C, 725°C dan lama waktu penuangan 60 detik, 90 detik dan 120 detik. Berdasarkan variasi temperatur penuangan dan lama waktu penuangan pada proses squeeze casting, maka besarnya densitas spesimen uji lebih besar setelah mendapatkan perlakuan panas T6.

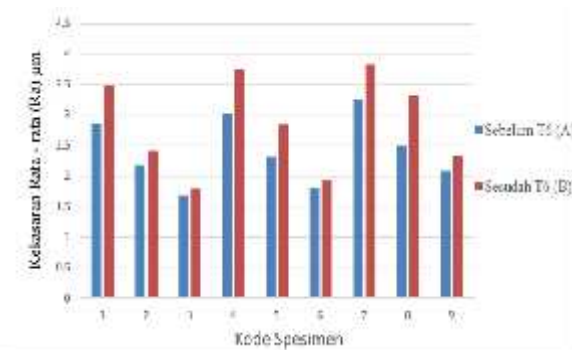


Gambar 10. Grafik pengujian densitas sebelum dan sesudah perlakuan panas T6 pada waktu tuang 60 detik, dengan variasi temperatur tuang 675°C, 700°C, 725°C

Pada Gambar 10 diatas juga dapat dilihat bahwa temperature penuangan 725°C dengan lama waktu tuang 60 detik setelah perlakuan panas T6 menghasilkan densitas yang paling besar dibandingkan dengan variasi temperatur tuang dan lama waktu penuangan pada proses squeeze casting setelah dilakukan perlakuan panas T6 dengan yang lainnya. Ini dikarenakan keefektifan waktu dalam menuang serta suhu yang jauh diatas titik cair spesimen membuat coran menjadi padat saat diberi beban penekanan saat proses squeeze casting.

Tabel 2. Hasil pengujian kekasaran permukaan (*Roughness Tester*) sebelum dan sesudah perlakuan panas T6.

Kode spesimen	Kode T6	Ra µm	Rt / Rz µm	Rp / Rq µm
1	A	2,87	18,62	3,64
	B	3,49	20,96	4,44
2	A	2,18	13,49	2,73
	B	2,42	15,35	3,12
3	A	1,69	11,63	2,16
	B	1,79	10,88	2,27
4	A	3,03	16,81	3,67
	B	3,74	19,08	4,50
5	A	2,32	16,18	3,08
	B	2,84	17,97	3,57
6	A	1,80	9,69	2,18
	B	1,93	13,39	2,52
7	A	3,26	19,56	3,97
	B	3,83	20,78	4,67
8	A	2,50	16,96	3,27
	B	3,33	21,75	4,23
9	A	2,08	13,78	2,69
	B	2,33	12,42	2,86

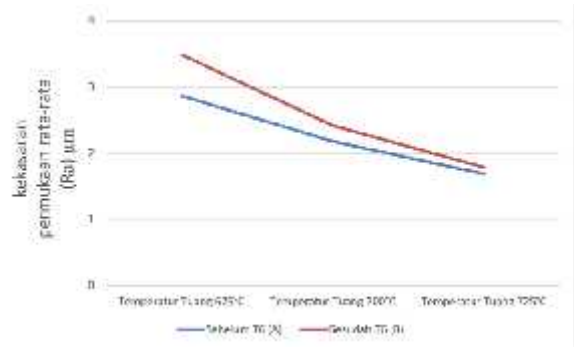


Gambar 11. Grafik pengujian kekasaran permukaan (*Roughness Tester*) sebelum dan sesudah perlakuan panas T6

Dari data pengujian kekasaran permukaan pada gambar 11 dapat dilihat adanya perbedaan besar kekasaran permukaan spesimen antara sebelum dan sesudah dilakukan perlakuan panas T6. Dengan kata lain setelah dilakukan perlakuan panas T6 permukaan spesimen menjadi lebih kasar, karena proses pemanasan pada suhu tinggi permukaan spesimen menjadi berubah warna, lebih gelap dari sebelum dilakukan proses perlakuan panas T6.

Dari data pengujian kekasaran permukaan pada gambar 11 juga dapat dilihat variabel proses squeeze casting sangat berpengaruh terhadap besarnya kekasaran permukaan. Variabel yang digunakan yaitu

temperatur penuangan 675°C, 700°C, 725°C dan lama waktu penuangan 60 detik, 90 detik dan 120 detik. Berdasarkan variasi temperatur penuangan dan lama waktu penuangan pada proses squeeze casting, maka besarnya kekasaran permukaan spesimen uji meningkat setelah mendapatkan perlakuan panas T6.



Gambar 12. Grafik pengujian kekasaran permukaan (*Roughness Tester*) sebelum dan sesudah perlakuan panas T6 pada waktu tuang 60 detik, dengan variasi temperatur tuang 675°C, 700°C, 725°C

Pada Gambar 12 diatas juga dapat dilihat bahwa temperatur penuangan 725°C dengan lama waktu tuang 60 detik sebelum perlakuan panas T6 menghasilkan kekasaran permukaan yang paling kecil / halus dibandingkan dengan variasi temperatur tuang dan lama waktu penuangan pada proses squeeze casting sebelum dilakukan perlakuan panas T6 dengan yang lainnya. Ini dikarenakan keefektifan waktu dalam menuang serta suhu yang jauh diatas titik cair spesimen. Semakin cepat menuang semakin sedikit udara yang masuk, sehingga sedikit gelembung – gelembung udara yang menempel pada permukaan spesimen. Membuat permukaan spesimen semakin halus.

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa:

1. Pengaruh variasi temperatur penuangan terhadap densitas dan kekasaran permukaan setelah proses perlakuan panas T6 sebagai berikut :

a) Pengaruh variasi temperatur penuangan terhadap densitas

- Adanya perubahan besar densitas pada spesimen uji sesudah proses perlakuan panas T6.

- Pada temperatur penuangan 725°C jumlah densitasnya paling berat yaitu 2770,73 kg/m³ sedangkan rata-rata pada temperatur penuangan 675°C jumlah densitasnya paling ringan yaitu 2592,54 kg/m³.

b) Pengaruh variasi temperature penuangan terhadap kekasaran permukaan

- Adanya peningkatan nilai kekasaran pada spesimen uji sesudah proses perlakuan panas T6.

- Kekasaran permukaan relatif sama tidak terlalu berbeda. Namun dari data pengujian, nilai kekasaran permukaan paling halus adalah temperatur penuangan 725°C yaitu 1,69 µm sedangkan yang paling kasar rata-rata temperatur 675°C yaitu 3,83 µm.

2. Pengaruh variasi waktu tuang terhadap densitas dan kekasaran permukaan setelah proses perlakuan panas T6 sebagai berikut :

a) Pengaruh variasi waktu tuang terhadap densitas :

- Adanya perubahan densitas pada spesimen uji sesudah proses perlakuan panas T6

- Pada waktu tuang 60 detik densitasnya lebih berat yaitu 2770,73 kg/m³ Sedangkan rata-rata densitasnya lebih ringan pada waktu tuang 120 detik yaitu 2592,54 kg/m³

b) Pengaruh variasi waktu tuang terhadap kekasaran permukaan :

- Adanya peningkatan nilai kekasaran permukaan pada spesimen uji sesudah proses perlakuan panas T6.

- Dari hasil pengujian waktu tuang 60 detik memiliki nilai kekasaran permukaan yang paling halus yaitu 1,69 µm, sedangkan waktu tuang 120 detik memiliki nilai kekasaran permukaan yang paling kasar / lebih besar yaitu 3,83 µm.

REFERENSI

- [1] Kumar, Ankesh, Kanhaiya Kumar, Suman Saurav dan Siva Sankur Raju. 2016. Study of Physical, Mechanical and Machinability Properties of Aluminium Metal Matrix Composite Reinforced with Coconut Shell Ash particulates. GunupurIndia.Student, Dept. of Mechanical Engenering, GIET.
- [2] Attar, Sallahuddin, Madeva Nagara, H N Reddappa and V Auradi. 2015. A Review on Particulate Reinforced Aluminum Metal Matrix Composites. R&D Centre, Department of Mechanical Engineering, Bangalore Institute of Technology, Bangalore-560004, Karnataka, India.
- [3] Kittali, Praveen, J. Satheesh, G. Anli Kumar, And T. Madhusudhan. 2016. A Review on Effects of Reinforcements on Mechanical and Tribological behavior of Aluminum based Metal matrix composites. P.G. Scholar, Mechanical Department, SJB Institute of Technology, VTU, Belagavi, Karnataka, India 2Professor, Mechanical Department, SJB Institute of Technology, VTU, Belagavi, Karnataka, India.
- [4] G C Patel, Manjunath, Robins Mathew, Prasad Krishna, Mahesh B. Parappagoudar. 2014. Investigation of squeeze cast process parameters effects on secondary dendrite arm spacing using statistical regression and artificial neural

- network models. Department of Mechanical Engineering, National Institute of Technology Karnataka, Surathkal-575025, India.
- [5] Dhanashekar. M , V. S. Senthil Kumar, 2014. Squeeze Casting of Aluminium Metal Matrix Composite- An Overview. *Procedia Engineering* 97 (2014) 412-420. Chennai, India.
- [6] Alguar, Veerabhadrapa , Balaraj V, Lori Nagaraj.2015. Effect of T6 type heat treatment on the Mechanical characterization of Al6061 particulate composites. Department of Industrial and Production Engineering, Rao Bahadur Y Mahabaleswarappa Engineering College, Bellary, India.
- [7] Rahman, Md. Habibur, Dr. H. M. M. A. Rashed.2014. Effect of Magnesium on Wear Characteristics of Silicon Carbide and Alumina Reinforced Aluminum-Metal Matrix Composites. Dept. of Materials and Metallurgical Engineering, Bangladesh University of Engineering and Technology, Dhaka, Bangladesh.
- [8] Surdia Tata dan Saito Shinroku, 1999. “Pengetahuan Bahan Teknik” PT. Pradnya paramita.
- [9] Susanto, Juli, Harjo Seputro, Edi Santoso.2016. Ananlisa Pengaruh Variasi Media Pendingin dan Waktu Aging Pada Perlakuan Panas T6 Terhadap Struktur Mikro Komposit Aluminium Abu Dasar Batubara. Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya.
- [10] Kumar. G. B. Veeresh, C. S. P. Rao, N. Selvaraj. M. S. Bhagyashekar, 2010. Studies on Al6061 Metal Matrix Composites. Research Scholar, National Institute of Technology, Warangal, (A.P), India & Department of Mechanical Engineering, S B M Jain College of Engineering, Jain University.
- [11] Kirono, Sasi, Eri Diniardi, Isgihardi Prasetyo. Analisa Perubahan Dimensi Baja AISI 1045 Setelah Proses Perlakuan Panas. Jurusan Mesin, Universitas Muhammadiyah Jakarta.
- [12] Tjitro, Soejono, Firdaus.2001.Pengecoran Squeeze. Fakultas Teknologi Industri Jurusan Teknik Mesin – Universitas Kristen Petra. Jurusan Teknik Mesin – Politeknik Negeri Sriwijaya
- [13] Nayiroh, Nurun. 2013. Teknologi Material Komposit.
- [14] Xue. J, Y. F. Han, J. Wang and B. D. Sun, 2013. Study On Squeeze Casting Of an in situ 5 vol.-%TiB₂/2014 Al Composite. State Key Laboratory of Metal Matrix Composite, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200240, PR China.
- [15] Wiryanto Dewobroto, 2016.Studi karakteristik baut mutu tinggi. Fakultas Teknologi Industri Jurusan Teknik Mesin – Universitas Pelita Harapan.
- [16] Puji Kumala Pertiwi, 2015. Uji Densitas dan Porositas pada batuan dengan menggunakan neraca O Houss dan Neraca Pegas. Fakultas MIPA Jurusan Teknik Fisika – Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS).
- [17] Sigit Pratama, 2017. Uji Kekasaran Permukaan (Roughness Tester) SJ-301. Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin – Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya (ITATS).