

Penggunaan Duralumin sebagai Implan Tulang Lutut

Mira Permata Sari FRM
Teknik Metalurgi ITB
Jln. Ganeca 10. Bandung INDONESIA
mirafm182@gmail.com

Abstrak — Osteoarthritis merupakan penyakit yang berkaitan dengan kerusakan tulang rawan sendi. Penyakit ini banyak menyerang sendi lutut. Bermula dari hal itu penulis tergerak untuk meneliti material yang dapat digunakan sebagai implan lutut, yang lebih ringan dari baja yakni, duralumin. Duralumin merupakan sistem paduan aluminium-tembaga yang bersifat *heat treatable* dengan komposisi tembaga 4%, magnesium 0,5%, silicon 1%, mangan 0,5% serta aluminium 94% berat. Duralumin adalah paduan aluminium yang memiliki karakteristik lebih ringan sekitar 1/3 dari berat baja dan memiliki volume yang sama dengan kuningan atau tembaga, konduktivitas listriknya dua kali dibandingkan dengan konduktivitas tembaga, cepat dapat menyebarkan panas atau energi pendinginan, tidak beracun, bersifat ulet, mudah dibentuk, lebih ekonomis dan efektif dari pada logam-logam lainnya. Penelitian ini bertujuan mengetahui seberapa layaknya duralumin dijadikan sebagai material implan lutut. Adapun aspek yang harus dipenuhi oleh material implan yaitu bersifat *biocompatible* (non-toxic), tahan korosi, tahan aus, tahan lama dalam tubuh manusia, serta memiliki kekuatan yang baik. Melalui penelitian ini didapat hasil bahwa semakin meningkatnya suhu *HIPing* maka laju keausan akan semakin menurun, laju korosi duralumin cenderung lebih rendah dari pada paduan aluminium murni, akan tetapi itu dapat diatasi dengan pelapisan menggunakan aluminium murni, dan untuk beban 810 N perpanjangan dari komposit duralumin adalah 2.9 mm.

Kata Kunci — Duralumin, material implan, implan tulang lutut

I. PENDAHULUAN

Osteoarthritis merupakan penyakit yang berkaitan dengan kerusakan tulang rawan sendi. Jumlah penderita Osteoarthritis di Indonesia setiap tahun terus bertambah. Menurut dr Dwi Purnomo Setyo Budi SpOT pada tahun 2017, 12 persen dari populasi wanita Indonesia berusia di atas 65 tahun menderita penyakit tersebut. Sedangkan laki-laki sebanyak 15 persen dari populasinya (di atas 65 tahun). Dia menyebutkan penyebab utama penyakit ini adalah karena proses penuaan, traumatis, badan gemuk, dan faktor genetic. Penyakit ini bisa menyerang semua persendian tapi terbanyak di sendi lutut [1].

Jika kerusakan pada sendi lutut sudah parah, maka langkah yang diambil adalah penggantian sendi lutut total. Sampai saat ini, material standar implan untuk sendi lutut dibuat dari pasangan logam dan polimer. Riset dan pengembangan dalam memilih material untuk implan tulang lutut ini terus dilakukan berdasarkan dari segi kekuatan, ketahanan, tingkat keekonomisan material, dan *useful life* dari material tersebut.

Selanjutnya dalam pemilihan material yang akan digunakan untuk implan harus memenuhi beberapa syarat [2] berikut :

- Biocompatible*, material harus dapat menyatu dengan tubuh jangan sampai terjadi penolakan dari tubuh terhadap material yang di implan, dengan kata lain bersifat *non-toxic*
- Material tahan korosi, dan keausan, material yang akan di implan harus dapat bertahan lama di dalam tubuh saat fase penyembuhan, karena di dalam tubuh manusia itu sendiri lingkungannya sangat korosif, sehingga dibutuhkan material yang tahan terhadap korosi.
- Mechanical properties* yang sama antar implan dengan tulang manusia itu sendiri ketika sedang bekerja mengalami beberapa pembebanan. Hal ini dimaksudkan agar ketika implan tersebut bekerja dan mengalami pembebanan maka implan tersebut dapat memenuhi fungsinya sebagai pengganti dari sendi tulang yang rusak tersebut.

Dalam penelitian ini, material duralumin dijadikan sebagai bahan dasar implan tulang. Duralumin adalah paduan aluminium yang memiliki karakteristik lebih ringan sekitar 1/3 dari berat baja dan memiliki volume yang sama dengan kuningan atau tembaga, konduktivitas listriknya dua kali dibandingkan dengan konduktivitas tembaga, cepat dapat menyebarkan panas atau energi pendinginan, tidak beracun, bersifat ulet, mudah dibentuk, lebih ekonomis dan efektif dari pada logam-logam lainnya [3].

Duralumin merupakan sistem paduan aluminium-tembaga yang diperkaya dengan silikon dan magnesium yang bersifat *heat treatable* dengan komposisi tembaga 4%, magnesium 0,5%, silicon 1%, mangan 0,5% serta aluminium 94% berat. Duralumin adalah paduan aluminium yang dikenal sebagai paduan 2017. Paduan ini disebut duralumin karena sifat *durability* yang tinggi yaitu kemampuan suatu material untuk menerima beban kejut sehingga mampu memperpanjang usia produk, memiliki

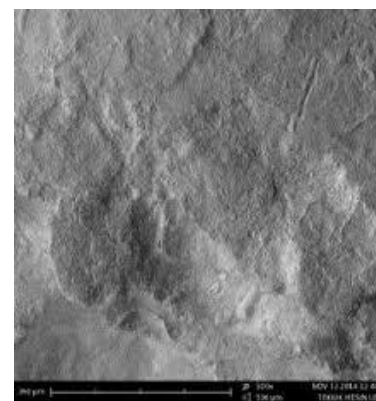
kekuatan tertinggi setara baja tegangan tinggi (high tensile steel) dan juga tahan korosi [4].

Metalurgi Serbuk (Powder Metallurgy)

Secara umum proses awal pembuatan duralumin yaitu dengan *Powder Metallurgy*. *Powder Metallurgy* merupakan suatu proses pembentukan produk berbahan dasar serbuk logam dengan cara penekanan disertai pemanasan.

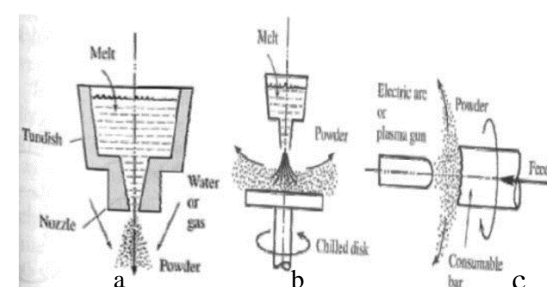


Gambar 1. Langkah Dasar *Powder Metallurgy* [5].



Gambar 2. Serbuk Duralumin [6].

Ada beberapa cara dalam pembuatan serbuk antara lain: *Decomposition*, *Electrolytic Deposition*, *Atomization of Liquid Metals*, *Mechanical Processing of Solid Materials*.



Gambar 3. Proses Atomisasi [5].

- Water or gas atomization*, (b) *Centrifugal atomization*, (c) *Rotating electrode*

Mixing (Pencampuran serbuk)

Kualitas produk sangat dipengaruhi kehomogenan komponen penyusun bahan melalui proses pencampuran atau yang juga biasa disebut sebagai proses kalsinasi. Dua serbuk yang berbeda unsur dicampur untuk menghasilkan paduan, pencampuran serbuk tersebut harus homogen untuk menghasilkan pencampuran yang sebaik-baiknya. Komposisi paduan tersebut dicampur dengan perbandingan jumlah yang sama agar didapatkan pencampuran yang terbaik [5].

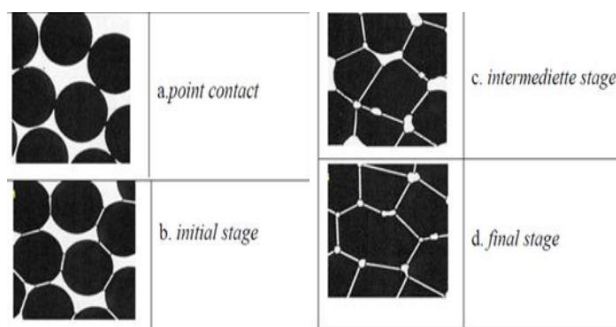
Compacting (Powder consolidation)

Compacting adalah salah satu cara untuk memadatkan serbuk menjadi bentuk yang diinginkan. Penekanan terhadap serbuk dilakukan agar serbuk dapat menempel satu dengan lainnya sebelum ditingkatkan ikatannya dengan proses sintering [5]. Proses pressing terdapat beberapa macam Antara lain:

1. *Die Pressing*, yaitu penekanan yang dilakukan pada cetakan yang berisi serbuk
2. *Cold isotactic pressing*, yaitu penekanan pada serbuk pada temperature kamar yang memiliki tekanan yang sama dari setiap arah.
3. *Rolling*, yaitu penekanan pada serbuk metal dengan memakai rolling mill.
4. *Hot Iso Statis Pressing* yaitu penekanan pada serbuk didalam cetakan pada temperature panas yang memiliki tekanan yang sama dari setiap arah.

Sintering

Sinter adalah suatu proses pengikatan partikel melalui proses pemanasan dibawah titik lebur, yang dilakukan selama proses penekanan atau sesudah penekanan. Temperatur sinter umumnya berada pada 0.7– 0.9 dari temperatur cair serbuk utama atau $T_s = 0.7-0.9 T_m$. Proses sinter menyebabkan bersatunya partikel sedemikian rupa sehingga kepadatan bertambah. Selama proses ini terbentuklah batas-batas butir, yang merupakan tahap rekristalisasi. Disamping itu gas yang ada menguap. Waktu pemanasan berbeda untuk jenis logam berlainan dan tidak diperoleh manfaat tambahan dengan diperpanjangnya waktu pemanasan [5]. Terdapat beberapa tahapan yang terjadi pada proses sintering yaitu :



Gambar 4. Tahapan Sintering [7]

Hot Isostatic Pressing

Hot Isostatic Pressing (HIPing) merupakan proses penekanan pada serbuk didalam cetakan pada temperatur panas yang memiliki tekanan yang sama dari setiap arah HIPing akan menjadikan serbuk menjadi lebih lunak/plastis, sehingga memudahkan untuk dipadatkan [8].

Keausan

Keausan umumnya didefinisikan sebagai kehilangan material secara progresif atau pemindahan sejumlah material dari suatu permukaan sebagai suatu hasil pergerakan relatif antara permukaan tersebut dan permukaan lainnya. Adapun rumusan untuk menghitung laju keausan [9] dinyatakan pada Persamaan 1.

$$W = \left(\frac{M_a - M_t}{t} \right) [g/s] \quad (1)$$

dengan :

- M_a = Berat spesimen sebelum uji keausan
- M_t = Berat spesimen sesudah uji keausan
- t = Waktu proses keausan
- W = Laju keausan

Korosi

Korosi adalah kerusakan atau degradasi logam akibat reaksi redoks antara suatu logam dengan berbagai zat di lingkungannya yang menghasilkan senyawa-senyawa yang tidak dikehendaki. Umumnya problem korosi disebabkan oleh air tetapi ada beberapa faktor selain air yang mempengaruhi laju korosi diantaranya faktor gas terlarut, faktor pH dan faktor suhu. Oksigen yang terlarut akan menyebabkan korosi pada metal seperti laju korosi pada mild steel alloys akan bertambah dengan meningkatnya kandungan oksigen [10].

Flexural Test

Uji flexure umumnya digunakan untuk menentukan modulus lentur atau kekuatan lentur dari suatu material. Tes lentur lebih terjangkau daripada uji tarik dan hasil tes sedikit berbeda. Kekuatan lentur dari spesimen dapat dihitung dengan rumus [11] sebagai berikut

$$S = 3pl/2bt^2 \quad (2)$$

Dimana

- p - Beban maksimum,
- l - Jarak antara dua rol,
- b - lebar spesimen,
- t - ketebalan specimen



Gambar 5. Spesimen Flexural Test [11]

Tensile Test

Tensile stress adalah tegangan maksimum yang bisa ditahan oleh sebuah bahan ketika diregangkan atau ditarik, sebelum bahan tersebut patah. Standar nilai-nilai duralumin menurut sumber online MATWEB adalah kekuatan luluh = 460 MPa, Kekuatan tarik utama = 730 MPa, kekuatan break = 310 MPa [11].



Gambar 6. Spesimen Tensile Test [11]

II. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam menentukan laju aus, tensile test, dan flexural test adalah penelitian eksperimental nyata (*true experimental research*). Prosedur dari penelitian untuk uji laju aus ini yaitu : tahap pertama menimbang berat serbuk duralumin sebesar 100 gram/ spesimen, kemudian dimasukkan kedalam cetakan berbentuk silinder. Sebelum dimasukkan elemen pemanas dihidupkan dan ditunggu sampai suhu tertentu yaitu : 450 °C, 475 °C, 500 °C, 525 °C. Setelah serbuk duralumin dimasukkan kedalam cetakan lalu *punch*/penekan dimasukkan dan ditekan dengan menggunakan mesin presshidrolik sampai tekanan 50 MPa dijaga konstan selama 30 menit. Setelah itu specimen dikeluarkan dari cetakan dan dilakukan uji laju keausan.

Uji lentur menggunakan duralumin bar dan dilakukan dengan tensometer digital dengan kapasitas 2 ton menurut standar ASTM. Teknik ini membutuhkan perlengkapan khusus dan sistem pengukuran presisi. Spesimen uji komposit dengan Dimensi 110x25x5 mm dipasang pada roller dan beban diaplikasikan pada spesimen.

Uji tarik dilakukan dengan spesimen standar pada mesin uji kapasitas beban 100 ton pada tingkat regangan 1mm. Tes dilakukan dengan sampel duralumin bar. Spesimen dipasang ke cengkeraman mesin penguji dan secara bertahap dimuat dalam ketegangan. Dengan demikian, sifat-sifat tarik spesimen ditentukan.

Sedangkan untuk menentukan korosi berdasarkan studi literature.

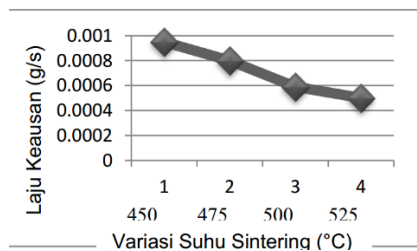
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Keausan

Laju keausan dapat diperoleh dengan dihitung menggunakan rumus persamaan (1) dan didapatkan hasil sebagai berikut.

Variasi suhu (°C)	Pengujian 1 (g/s)	Pengujian 2 (g/s)	Pengujian 3 (g/s)	Pengujian 4 (g/s)	Rata-rata Laju Keausan (g/s)
450°C	0.001	0.0008	0.001	0.001	0.00095
475°C	0.002	0.0004	0.0004	0.0004	0.00080
500°C	0.0006	0.0006	0.0011	0.00006	0.00059
525°C	0.0005	0.0005	0.0006	0.0006	0.00050

Tabel 1. Data hasil perhitungan laju keausan benda uji



Gambar 7. Grafik Hubungan Suhu Sintering Terhadap Laju Keausan [5].

Perbedaan variasi suhu *HIPing* menyebabkan laju keausannya berubah. Pada suhu optimum 525 °C laju keausan akan menurun.

Korosi

Adapun tingkat korosi logam aluminium jika dibandingkan dengan logam lainnya adalah sebagai berikut

Exposure period	Carbon steel			Copper		
	Outdoor	Sheltered	V. Shed	Outdoor	Sheltered	V. Shed
6 months	1154.65	307.6	106.7	2.65	22.25	9.9
12 months	3566.2	1127.9	209.7	34.6	54.1	47.2
18 months	— ^a	1510.5	345.3	45.45	108.6	49.65
	Zinc			Aluminium		
	Outdoor	Sheltered	V. Shed	Outdoor	Sheltered	V. Shed
6 months	61.65	20.15	7.9	2.15	2.4	1.1
12 months	79.1	71.8	11.6	3.2	4.0	1.6
24 months	100.5	94.2	12.75	3.3	5.4	2.1

Gambar 8. Laju korosi pada baja, tembaga, zinc, dan aluminium (g/m²) di Viriato Stasiun Pesisir Kuba [12]

Dari data di atas dapat kita ketahui bahwa logam aluminium memiliki tingkat korosi yang paling rendah dibanding tembaga, zinc, dan baja yang merupakan logam yang paling banyak digunakan saat ini. Karena duralumin menggunakan unsur tembaga, maka akan menurunkan ketahanan korosinya. Namun hal ini dapat dicegah dengan pelapisan yang tebal dengan ketebalan pelapisan adalah 30 – 50 µm menggunakan aluminium murni [13].

Flexural Test

Pada beban 810N perpanjangan dari komposit duralumin adalah 2.9 mm, yang berarti spesimen duralumin dapat menahan beban lentur sampai 810 N. Sehingga dengan perpanjangan yang begitu kecil untuk beban 810 N, paduan ini cocok diaplikasikan pada sendi lutut.

Tensile Test

Dari hasil percobaan *tensile test* diperoleh data sebagai berikut,

Yield Strength	450 MPa
Ultimate Tensile Strength	720 MPa
Break	300 MPa

Tabel 2. Data hasil *tensile test*

Jika dibandingkan dengan nilai standar duralumin dari sumber online MATWEB seperti yang disebutkan di atas berada dalam kisaran yang sama. duralumin memiliki sifat serupa dan dapat digunakan dalam aplikasi struktural standar.

IV. KESIMPULAN

Duralumin merupakan salah satu material implan yang cocok diaplikasikan pada sendi lutut berdasarkan dan memnuhi syarat sebagai material implant yaitu dari tingkat keausan, kekuatan, bersifat *non-toxic*, dan tingkat korosi.

Semakin meningkat suhu *HIPing* laju keausan akan semakin menurun. Pada suhu *HIPing* minimum 450°C laju keausannya : 0,00095 g/s dan pada suhu *HIPing* maximum 525°C laju keausannya 0,00050 g/s.

Laju korosi pada paduan Duralumin cenderung lebih rendah dari pada paduan aluminium murni, akan tetapi itu dapat diatasi dengan pelapisan menggunakan aluminium murni

Pada beban 810 N perpanjangan dari komposit duralumin adalah 2.9 mm. Sehingga dengan perpanjangan yang begitu kecil untuk beban yang begitu besar dari gaya tarik sendi pada manusia yaitu 810 N, maka paduan ini cocok diaplikasikan pada sendi lutut.

Nilai standar duralumin dari percobaan dan sumber online MATWEB seperti yang disebutkan di atas berada dalam kisaran yang sama. Sehingga duralumin memiliki sifat serupa dan dapat digunakan dalam aplikasi struktural standar.

V. REFERENSI

- [1] Informasi dari www.cnnindonesia.com diakses pada Selasa, 17 Juli 2018 pukul 10.00.
- [2] I. Muhammad, K. Ika, dan S. Cahya, *Karakteristik Material Biokompetibel Aplikasi Implan Medis Jenis Bone Plate*. Seminar Nasional Sains dan Teknologi 2014. Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta, 2014.
- [3] Informasi dari <http://perabot-aluminium.blogspot.com> diakses pada Selasa, 17 Juli 2018 pukul 17.20.
- [4] Informasi dari <https://pwmu.co/67226/06/05/tiga-aktivis-imm-ini-ciptakan-inovasi-implan-tulang-lutut-dari-bahan-duralium/> diakses pada Selasa, 17 Juli 2018 pukul 09.30.
- [5] Thomas, O, Jurnal Nasional, Jurusan Teknik Material Dan Metalurgi, Surabaya, 2007.
- [6] A. Multazam, Praktiko, dan W. Suprpto, *Pengaruh Temperatur pada Proses Hot Isostatic Pressing terhadap Porositas, Keausan dan Mikrostruktur Sludge Powder Duralumin*, Jurnal Rekayasa Mesin, vol. 5, hal. 210-216.
- [7] German, R. M., *Powder Metallurgy Science*, USA: The Pennsylvania State University, 1984.
- [8] Pease, Leander F. III, *A Quick Tour of Powder Metallurgy*. Powder-Tech Associates, 2005.
- [9] Yuswono, "Pengaruh Kandungan Inklusi dan Porositas Terhadap Kegagalan Produk Kabel Tembaga Melalui Pengerjaan Drawing Kawat" in *Proc. Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Bahan*, 2005.
- [10] Informasi dari <http://alumni-ut.com/analisis-ketahanan-korosi-logam-paduan-extra-super-duralumin/> diakses Selasa, pada 17 Juli 2018 pukul 12.30.
- [11] B. T. Chintalapudi, C. B. Gonuguntla, M. Pothuri, dan J. Kant S.H.V, *Investigation Of Duralumin Mechanical Properties Of Duralumin Sandwich*,

Hybrid Composite Using E-Glass Fiber. International Journal of Mechanical Engineering and Technology (IJMET), vol. 8, hal. 428-429, 2017.

[12] Christi, A. Arnold, *Pengaruh Korosi Lingkungan Pantai pada Paduan Al, 8.5% Si, 6% Cu*, Yogyakarta, hal. 29, 2016.

[13] Informasi dari <http://custompart.blogspot.com/2013/02/apa-itu-dural.html>. diakses pada Selasa, 17 Juli 2018 pukul 17.45.

