



PERLAKUAN TERMOMEKANIK PADUAN TITANIUM HASIL CORAN *VACUUM ARC MELTING*

Fendy Rokhmanto

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pamulang

E-mail : fendy.rokhmanto@gmail.com

Masuk : 16 Februari 2021

Direvisi : 5 Maret 2021

Disetujui : 17 Maret 2021

Abstrak: Titanium dan paduannya merupakan salah material logam yang tangguh, sehingga banyak diaplikasikan pada *aerospace, marine, oil and gas, biomedical*, olah raga, otomotif dan lain-lain. Produk Titanium, dapat diperoleh dari beberapa proses manufaktur yaitu *casting, machining, forming, dan powder metallurgy*. Produk akhir, ingot hasil coran ataupun produk setengah jadi paduan Titanium dapat dimodifikasi sifat mekanisnya dengan proses *heat treatment* dan *thermomechanical treatment*. Pada penelitian ini dilakukan investigasi perubahan sifat mekanis dalam hal ini kekerasan dan struktur mikro paduan titanium. Ingot paduan Titanium Ti-Al-Nb dibuat dengan proses remelting logam paduan dalam tungku busur listrik vakum. Kemudian ingot hasil coran dilakukan proses homogenisasi pada temperatur 1100 °C selama 12 jam dengan pendinginan didalam tungku dan dilanjutkan dengan *hot roll* dengan pemanasan awal 1100 °C dan waktu tahan 1 jam yang kemudian dilakukan *quenching*. Karakterisasi paduan dilakukan pada setiap kondisi perlakuan, adapun karakterisasinya adalah pengamatan stuktur mikro menggunakan foto metalografi, SEM dan uji keras dengan metode Rockwell C. Pengamatan metalografi menunjukkan bahwa paduan merupakan alfa-beta Titanium. Proses pengulangan remelting tidak memberikan efek signifikan terhadap peningkatan kekerasan paduan. Proses thermomekanikal treatment mengakibatkan perubahan bentuk mikrostruktur dari *interdendritic* menjadi *plate-like* dan nilai kekerasan menjadi 52 HRc pada 3 kali remelting dan 50.5 HRc pada 5 kali remelting

Kata kunci: titanium, vacuum arc melting, termomekanik, pengecoran

Abstract: *Titanium and its alloys are widely used, such as in aerospace, marine oil and gas, biomedical, sports, automotive and others, because of the toughness of the materials. Casting, machining, forming, and powder metallurgy are the manufacturing process for making titanium products. The properties of the ingots, intermediate product and also the end product of titanium can be modified with heat treatment and thermomechanical treatment. This paper studied the hardness and phase transformation during the thermomechanical treatment of titanium alloys, Ti-Al-Nb. The ingot was prepared by vacuum arc melting, then homogenized at 1100 °C for 12 hours, with furnace cooling. After that, the alloys were hot rolled with preheat at 1100 °C for 1 hour followed by water quenching. The alloys were characterized with an optical microscope and SEM to investigate the microstructure and Rockwell C test to investigate the hardness. The metallographic shows that the alloys are alpha-beta titanium with the inter-dendritic structure in an as cast product that transforms to plate like structure after the thermomechanical process. The thermomechanical process also affected the hardness up to 52 HRc in 3 times remelting and 50.5 HRc in 5 times remelting, but the remelting not any significant difference at as cast condition*

Keywords: *titanium, vacuum arc melting, thermomechanical process, casting*

PENDAHULUAN

Titanium dan paduannya merupakan salah material logam yang tangguh, sehingga banyak diaplikasikan pada berbagai macam bidang kehidupan. Beberapa bidang aplikasinya antara lain pada *industri aerospace, marine, oil and gas, biomedical, olah raga, otomotif* dan lain-lain[1,2]. Ketangguhan yang dimiliki oleh paduan Titanium, secara mikroskopis dipengaruhi oleh fasa-fasa yang terbentuk dalam paduan. Fasa-fasa ini juga dijadikan sebagai pengklasifikasian tipe paduan Titanium, yaitu *α Titanium, α-β titanium dan β Titanium*[1,2]. Fasa alfa yang mempunyai struktur kristal HCP, dalam paduan distabilkan oleh beberapa unsur antara lain, Nitrogen, Oksigen, dan Aluminium, sedangkan fasa beta yang mempunyai struktur kristal BCC distabilkan oleh, Vanadium, Ferrous, Chromium, Molybdenum, dan Niobium[1,2].

Produk Titanium, dapat diperoleh dari beberapa proses manufaktur yaitu *casting, machining, forming, dan powder metallurgy*[1]. Produk akhir, ingot hasil coran maupun produk setengah jadi paduan Titanium dapat dimodifikasi sifat mekanisnya dengan proses *heat treatment dan thermomechanical treatment*. Proses tersebut dilakukan pada temperatur diatas temperatur beta transus yaitu 995 °C[3], hal ini dikarenakan diatas temperatur tersebut paduan berada dalam fasa beta dengan struktur kristal BCC sehingga mudah untuk dibentuk.

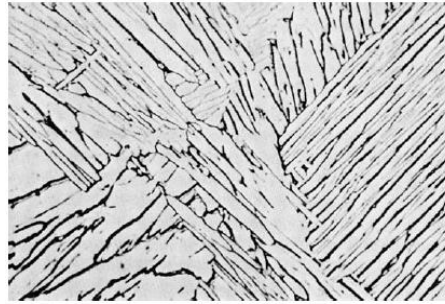
Pada penelitian ini dilakukan investigasi pada perubahan sifat mekanis dalam hal ini kekerasan paduan dan struktur mikro paduan titanium, dalam kondisi ingot hasil coran dan setelah proses *heat treatment dan thermomechanical treatment*. Ingot paduan yang digunakan adalah Ti-Al-Nb hasil pengecoran dengan tungku busur listrik vakum (*vacume arc melting*).

METODOLOGI

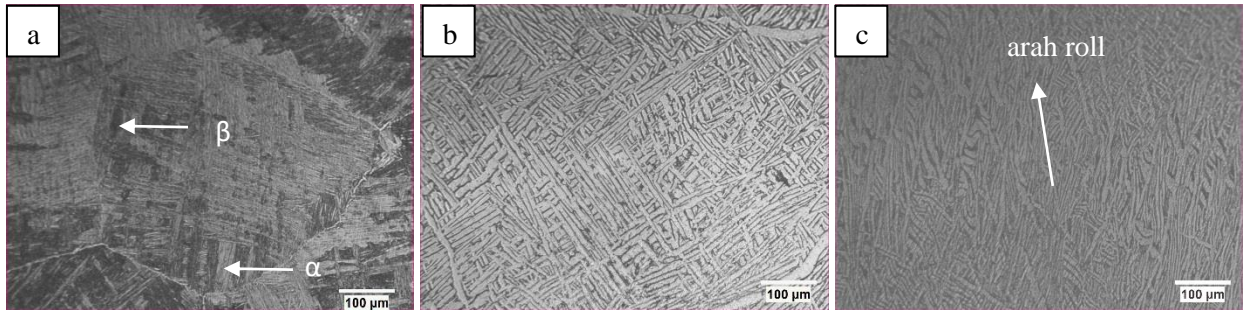
Ingot paduan Titanium dibuat dengan proses remelting logam paduan dengan berat ingot 20 gram. Logam paduan yang digunakan adalah Aluminium dan Niobium, dengan komposisi 6% dalam persen berat dan sisanya adalah Titanium. Tiga logam paduan tersebut dilelehkan ulang dalam tungku busur listrik vakum, yang kemudian diulang sebanyak 3 kali dan 5 kali, sedemikian hingga paduan terbentuk secara homogen. Kemudian ingot hasil coran dilakukan proses homogenisasi pada temperatur 1100 °C selama 12 jam dengan pendinginan didalam tungku dan dilanjutkan dengan pengerolan dengan pemanasan awal 1100 °C dengan waktu tahan 1 jam yang kemudian dilakukan quenching. Karakterisasi paduan dilakukan pada setiap kondisi perlakuan, adapun karakterisasinya adalah pengamatan struktur mikro menggunakan foto metalografi, SEM-EDX dan uji keras dengan metode Rockwell C.

HASIL DAN PEMBAHASAN

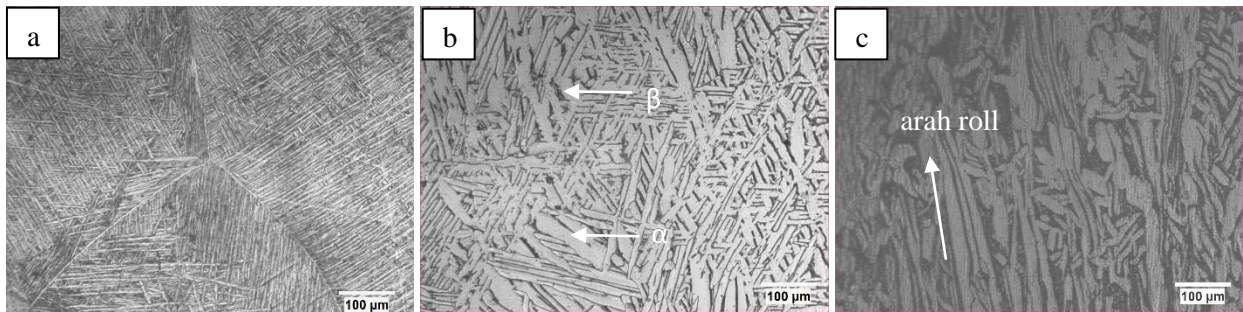
Gambar 1 adalah struktur mikro paduan Ti-Al-V yang merupakan salah satu paduan alfa beta yang banyak digunakan di industri. Gambar 2 dan Gambar 3 adalah foto struktur mikro paduan titanium Ti-6Al-6Nb, dengan kondisi remelting 3 kali dan 5 kali. Gambar 2a dan Gambar 3a paduan dalam hasil coran, tampak terbentuk fasa alfa pada batas butir dengan warna lebih cerah dan fasa beta lebih gelap. Hal ini mirip dengan paduan Ti-Al-V, seperti yang tampak pada gambar 1 dan mirip dengan penelitian paduan alfa-beta terdahulu yaitu Ti-Al-Mo[4-6]. Gambar 2b dan Gambar 3b setelah dilakukan homogenisasi, fasa yang terbentuk adalah *plate-like* alfa dan fasa beta yang tersebar di dalam butir, yang tampak seperti struktur perlit dalam baja. Secara kualitatif fasa alfa yang terbentuk juga menjadi lebih besar, hal ini sesuai dengan investigasi yang dilakukan oleh C. Sutowo pada penelitian terdahulu[7]. Pada proses remelting 3x *plate-like* alfa yang terbentuk lebih kecil bila dibandingkan dengan 5x remelting. Gambar 2c dan Gambar 3c setelah proses hot roll, tampak struktur butiran menjadi lebih pipih dan memanjang searah *rolling direction*. Gambar 4 dan Gambar 5 adalah foto SEM paduan titanium Ti-6Al-6Nb, dengan kondisi remelting 3 kali dan 5 kali. Tampak bahwa terbentuk fasa alfa dan fasa beta. Fasa yang terbentuk bertransformasi dari *interdenritic* pada kondisi as cast menjadi lamelar atau *plate-like* pada kondisi setelah perlakuan panas. Pada perbesaran 1000x tampak bahwa bentuk *plate-like alfa* terbentuk pada batas butir, sehingga nampak butiran menjadi lebih kecil setelah proses homogenisasi (5b) dibandingkan dengan kondisi as cast (2a).



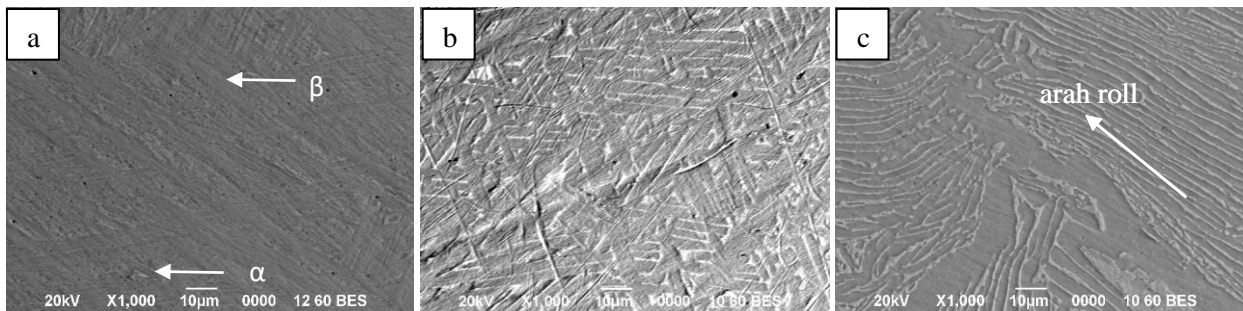
Gambar 1. Struktur mikro padauan Ti-Al-V [1]



Gambar 2. Struktur mikro padauan Ti-6Al-6Nb 3 kali remelting: as cast (a), homogenisai (b), hot roll (c), Perbesaran 200x. Etsa HF : HNO₃ : H₂O = 10 : 5 : 85

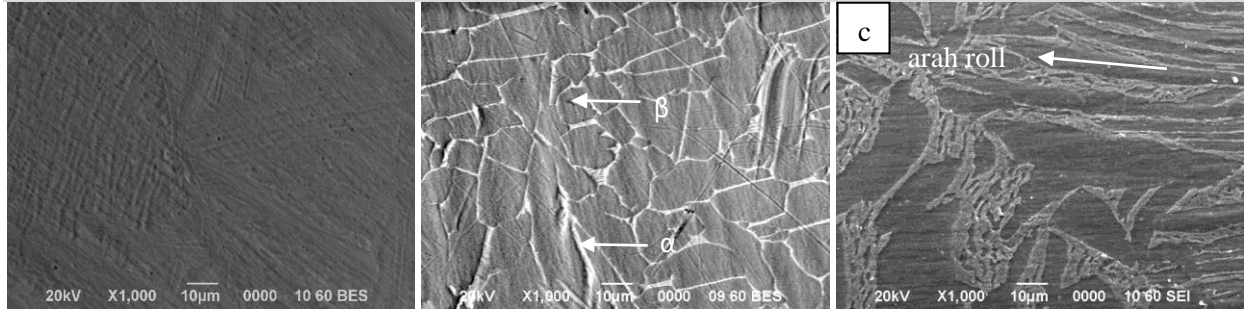


Gambar 3. Struktur mikro padauan Ti-6Al-6Nb 5 kali remelting: as cast (a), homogenisai (b), hot roll (c), Perbesaran 200x. Etsa HF : HNO₃ : H₂O = 10 : 5 : 85

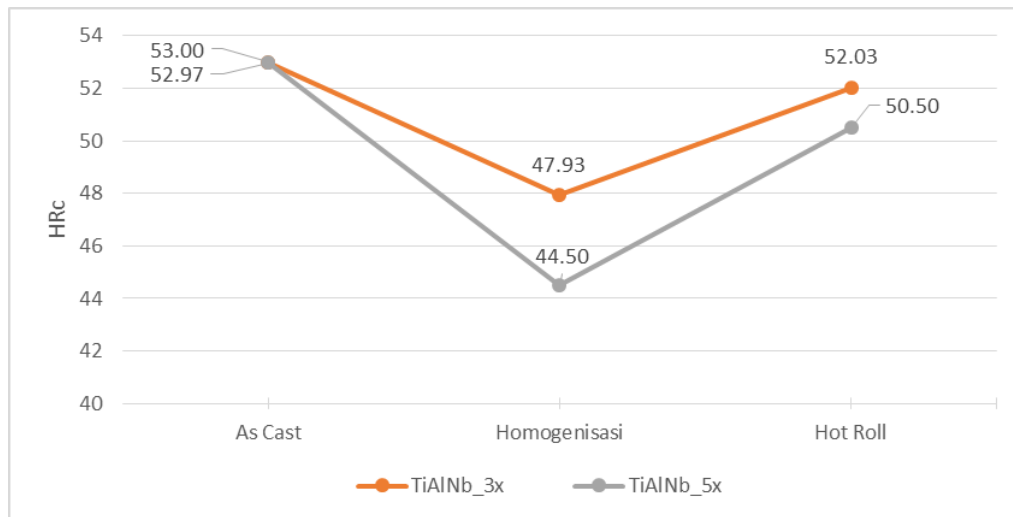


Gambar 4. Foto SEM Ti-6Al-6Nb 3 kali remelting: as cast (a), homogenisai (b), hot roll (c), Perbesaran 1000x.





Gambar 5. Foto SEM Ti-6Al-6Nb 5 kali remelting: as cast (a), homogenisasi (b), hot roll (c), Perbesaran 1000x.



Gambar 6. Grafik uji keras ingot paduan Ti-6Al-6Nb

Gambar 6. merupakan grafik hasil uji keras paduan Ti-6Al-6Nb. Tampak bahwa pada kondisi as cast nilai kekerasan adalah 53 HRc. Nilai kekerasan pada perlakuan 3 kali dan 5 kali proses remelting tidak menunjukkan perbedaan, hal ini mengindikasikan bahwa variasi proses remelting tidak memberi dampak apapun pada kekerasannya. Dapat juga disimpulkan bahwa tidak perlu dilakukan pengulangan remelting karena paduan sudah homogen, dan tidak terjadi segregasi kimia. Hal ini juga dapat dilihat pada hasil metalografi, struktur mikro yang tampak juga identik diantara keduanya (Gambar 2a dan Gambar 3a).

Pada kondisi setelah homogenisasi nilai kekerasan turun menjadi 48 HRc pada kondisi 3 kali remelting dan menjadi 44.5 HRc pada kondisi 5 kali remelting. Penurunan nilai kekerasan ini dikarenakan hilangnya struktur interdendritik khas produk coran yang bersifat keras dan getas, menjadi struktur lamellar atau *plate-like*. Nilai kekerasan pada proses 3 kali remelting lebih tinggi bila dibandingkan dengan kondisi 5 kali remelting, hal dikarenakan oleh struktur plate like pada 3 kali remelting lebih kecil atau lebih halus. Demikian halnya pada baja ketika memiliki struktur perlit yang lebih halus maka baja tersebut lebih keras bila dibandingkan dengan struktur perlit yang lebih kasar, hal ini berkaitan dengan dislokasi dan pengerasan regangan yang terjadi di dalamnya. Dislokasi dan pengerasan regangan juga berperan meningkatkan kekerasan setelah dilakukan proses pengerolan[8]. Hal ini diakibatkan karena mekanisme work hardening, dalam penelitian ini adalah proses hot rolling yang juga menimbulkan tegangan sisa hingga mengakibatkan kekerasan paduan mencapai lebih dari 50 HRc. Peningkatan kekerasan pada paduan Titanium selain karena proses pengerolan[9], juga diakibatkan adanya pembentukan fasa intermetalik TiAl₃, yang disebut sebagai fasa alfa dengan struktur kristal HCP[10].

KESIMPULAN

Karakterisasi paduan Titanium Ti-6Al-6Nb telah dilakukan. Pengamatan metalografi menunjukkan bahwa paduan merupakan alfa-beta titanium, diindikasikan dengan terbentuknya fasa alfa dan beta. Proses pengulangan remelting tidak memberikan efek signifikan terhadap peningkatan kekerasan paduan. Proses termomekanikal mengakibatkan perubahan bentuk mikrostruktur dari interdendritic menjadi plate like dan nilai kekerasan menjadi 52 HRc pada 3 kali remelting dan 50.5 HRc pada 5 kali remelting

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Matthew J. Donachie, Jr, 2000 "Ti A Technical Guide", The Material Information Society, ASM Hand Book, Second Edition.
- [2] C. Leyens and M. Peters, 2003, "Titanium and Titanium Alloys Fundamentals and Applications.", WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim.
- [3] Obasi, G.C. et al., 2012. "The Influence of Rolling Temperature on Texture Evolution and Variant Selection During $\alpha \rightarrow \beta \rightarrow \alpha$ Phase Transformation in Ti-6Al-4V". Acta Materialia, 60 (17), pp.6013-6024.
- [4] Cahya Sutowo. dkk., 2017., "Proses Perlakuan Termomekanis pada Paduan α/β Ti-6Al-6Mo sebagai Alternatif Baru untuk Aplikasi Biomedis", Widyariset. Vol. 3 No. 1 Hlm. 47 – 54
- [5] Fendy Rokhmanto. dkk., 2016., "Perlakuan Termomekanikal Ingot Paduan Ti-Al-Mo", Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi 2017., Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta , 8 November 2016.
- [6] Cahya Sutowo. dkk ., 2016., "Pembentukan Struktur Mikro Paduan Titanium Ti6Al6Mo As Cast Sebagai Bahan Dasar Implan.", Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi 2017., Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta , 8 November 2016.
- [7] Fendy Rokhmanto., et al., 2017., "Influence of Solution Treatment Cooling Medium on Microstructure and Elastic Modulus Ti-6Al-6Mo For Biomedic Applications", Proceedings of the International Seminar on Metallurgy and Materials (ISMM2017)., <https://doi.org/10.1063/1.5038331>.
- [8] Callister, W.D. & Wiley, J., Materials Science, 2009, "Materials science and engineering: an introduction", John Wiley & Sons, Inc. Eight Editon.
- [9] Fendy Rokhmanto. dkk., 2017., " Perlakuan Termomekanikal Paduan Ti-Al-V Sebagai Material Implan", Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi 2017., Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta, 1-2 November 2017.
- [10] Ninomi Mitsuo, 1998 "Mechanical Properties of Biomedical Ti Alloys", Elsevier Material Science and Engineering A 243 231-236.