

KARAKTERISASI KOMPOSIT TITANIUM DENGAN PENGUAT PARTIKEL SILIKON KARBIDA HASIL PELEBURAN

Gadang Priyotomo

Staf Peneliti Pusat Penelitian Metalurgi
Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia
Kawasan Puspiptek Serpong

Abstrak

Material titanium dengan penambahan partikel SiC mempunyai karakterisasi sebagai material komposit. Penambahan konsentrasi partikel SiC dapat meningkatkan sifat bahan. Penambahan dengan variasi konsentrasi partikel SiC 1% wt dan SiC 3% wt dilakukan dengan metode peleburan levitasi secara vakum pada temperatur lebih dari 2000°C

Pada konsentrasi SiC 1% wt terlihat adanya paduan baru terbentuk berupa paduan TiC dan Ti_3Si sedangkan pada konsentrasi 3% wt, paduan TiC dan Ti_3Si semakin tinggi kadarnya. Selain partikel SiC yang tidak terlarut, paduan TiC dan Ti_3Si juga sebagai penguat. Penguat-penguat ini berbentuk jaringan-jaringan dan lamel-lamel.

Abstract

Titanium material with adding SiC particles have characterization as composite material. The addition of particles of SiC concentration can increase matter properties. The addition of SiC 1%wt and 3% wt concentration can be conducted with method of levitation melting with temperature over than 2000°C

The concentration of 1 % wt SiC is shown new alloys such as TiC and Ti_3Si in the other side the concentration of 3 % wt SiC, alloy of TiC and Ti_3Si increase gradually. Beside SiC particle that is insoluble, alloy of TiC and Ti_3Si also are as reinforcement of titanium. These reinforcements have shape of network and lamellas.

Pendahuluan

Peran material komposit sangat besar saat ini, umumnya digunakan di kehidupan manusia. Komponen-komponen terbuat dari material komposit berupa komponen alat transportasi, mesin-mesin pesawat terbang, kerangka pesawat terbang, komponen automotif, peralatan medis dan komponen proses kimia di industri. Definisi material

komposit adalah sistem material tersusun dari campuran atau kombinasi dua atau lebih makrokonstituen berbeda di dalam suatu material dan tidak saling melarutkan satu sama lain.

Umumnya unsur pembentuk komposit sebagai penguat berbentuk serat, partikel, lapisan, *flake*, *filler* dan matrik. Tipe-tipe komposit yang saat ini sedang berkembang yaitu komposit fiber- matrix, flake composite, particulate composite, filled composite, dan laminar composite. Pada penelitian ini, material yang dipilih yaitu jenis particulate composite. Dengan mempertimbangkan penguat dalam bentuk partikel mampu meningkatkan kekuatan bahan dengan meningkatnya kekerasan suatu bahan. Peningkatan sifat bahan ini disebabkan partikel berfungsi sebagai penahan proses dislokasi khususnya pada temperatur cukup tinggi. Koherensi regangan antara fase partikel dan matrik juga mempengaruhi kekuatan bahan. Energi rendah pada permukaan antar muka partikel dan matriks mengindikasikan sebagai penahan aliran dislokasi bahan. Umumnya partikel yang dikombinasikan dengan matrik dapat menghasilkan sifat-sifat baru komposit. Partikel terdispersi juga dapat memperlebar daerah temperatur penggunaan. Fabrikasi komponen yang terbuat dari titanium matrik komposit dengan sifat lebih kuat, ringan dan tahan terhadap tegangan pada temperatur ekstrim daripada logam titanium konvensional atau superalloy

Butiran-butiran Silikon karbida berfungsi sebagai penguat di matrik titanium tergantung temperatur leburnya. Metal matrix composites (MMC) adalah material yang terdiri dari komponen keramik keras terdispersi di dalam matrik logam bersifat ulet agar meningkatkan sifat bahan. Bahan komposit matrik titanium dengan penguat partikel Silikon karbida umumnya digunakan pada aplikasi kipas nozzle turbin gas, proteksi tube thermocouple, katup, komponen pada pesawat terbang dan mesin diesel.

Butiran silikon karbida tersebar di dalam matrik titanium dengan peleburan hingga lebih dari 2000 derajat celsius akan terlarut dan membentuk suatu paduan terlarut Ti_xSi_y dan TiC tergantung temperatur dan konsentrasi butiran penguat. Pada temperatur tinggi partikel silikon karbida akan terdekomposisi membentuk fase baru dengan titanium. Pada temperatur tinggi kecenderungan pembentukan paduan TiC semakin besar karena afinitas elemen silikon untuk mengikat elemen karbon lebih rendah dibandingkan dengan element titanium. Paduan Titanium karbida kemungkinan tersebar sekitar partikel silikon karbida, fenomena ini menentukan sifat mekanik suatu material composite matriks logam.

Tujuan dari penelitian ini yaitu pengaruh penguat komposit berupa silikon karbida pada matrik titanium dengan meningkatkan konsentrasi butiran SiC dengan variasi 1%wt SiC dan 3%Wt SiC . Peleburan yang digunakan harus dalam keadaan vakum tinggi untuk menghindari oksidasi logam titanium menjadi titanium oksida. Selain itu dalam penelitian ini juga untuk mengetahui arah, besar dan bentuk sebaran butiran penguat di dalam matrik titanium melalui karakterisasi secara mikrostruktur dengan menggunakan Scanning Electron Microscope, Optical Microscope dan EDS.

Metode Penelitian

Pada penelitian ini, prosedur eksperimen dibagi 3 bagian yaitu :

Proses peleburan metode levitasi

- Material mentah paduan ditimbang dengan menggunakan timbangan. Untuk menghasilkan $Ti-1\%Si$ maka berat logam titanium murni 30 gram dan butiran SiC dengan ukuran butir $1\mu M$ 0,3% . Berat logam titanium murni 30 gram dan butiran SiC dengan ukuran $1\mu M$ 0,9 gram untuk membuat paduan $Ti-3\%Si$.

- Masing-masing paduan logam dengan komposisi tertentu di masukkan dalam die berbentuk ellips terlihat pada Gambar 1. Kondisi vakum tingkat tinggi dan gas argon 0, 2 bar.
- Arus diatur hingga 100 – 150 A. Saat mendekati angka 100 A, logam meleleh dan membentuk gumpalan cair berbentuk ellips dengan temperatur kurang lebih 2000 derajat celsius
- Ditahan hingga 3 menit kemudian didinginkan dengan kondisi vakum dan gas argon di dalam ruang crucible.
- Waktu pendinginan hingga 30 menit.. Proses selanjutnya diulang untuk paduan Ti- 3%Si

Preparasi metalografi

- Preparasi sampel dilakukan dengan menggunakan *jig saw* dengan ukuran sampel 0, 5 cm x 0,5 cm.
- Proses grinda dilakukan dengan kertas amplas ukuran 120, 320, 600, 1200 grit
- Proses pemolesan sampel dengan menggunakan larutan suspensi koloid silica (SiO_2) dengan ukuran 0,05 μM
- Proses etsa sampel dilakukan dengan campuran larutan etsa HF 3%, HNO_3 20%, H_2O 77%. Sampel di celup dalam larutan hingga 10 – 20 detik.

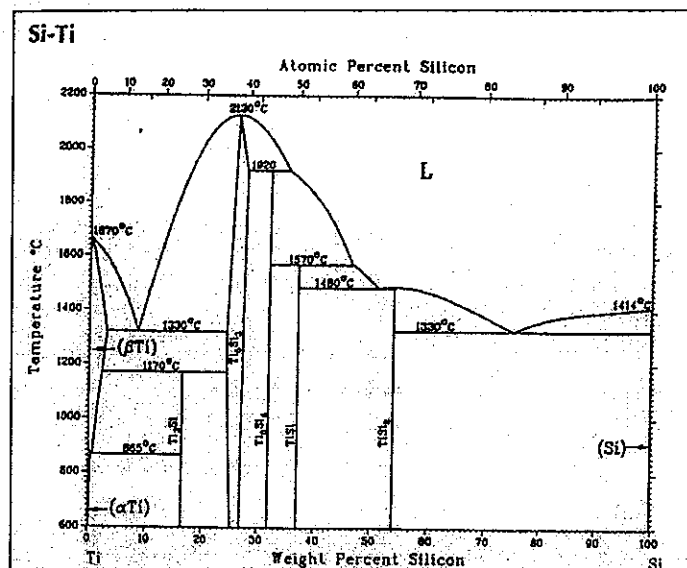
Prosedur karakterisasi

- Karakterisasi mikrostruktur paduan Ti-1%Si dan Ti-3%Si menggunakan mikroskop optik dan mikroskop elektron. Perbesaran gambar pada mikroskop optik yaitu 50X, 100X, 200X, 400X, 1000X. Perbesaran mikroskop elektron yaitu 4000X, 5500X dan 6000X.
- Karakterisasi komposisi dengan menggunakan metode *Energy Dispersive X-Ray Spectrometer* untuk mengetahui komposisi di setiap wilayah lokal sampel

Hasil dan Pembahasan

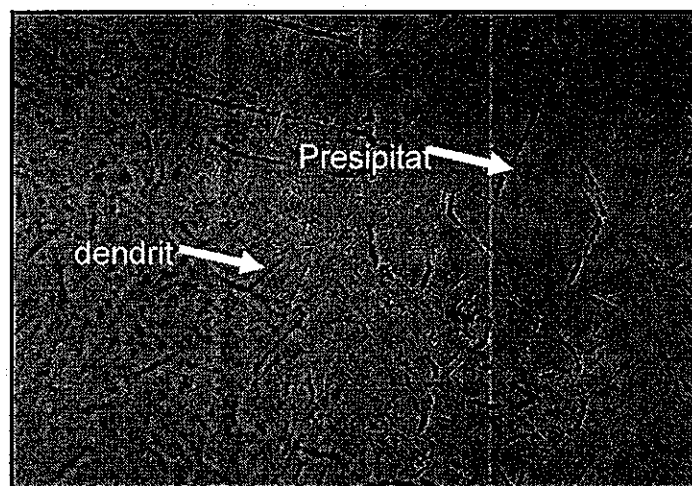
Peleburan paduan titanium membutuhkan alat pelebur dengan temperatur kerja lebih dari 2000 derajat Celsius dan kondisi vakum tinggi. Kondisi vakum tinggi menghindari kontak dengan udara agar tidak teroksidasi sehingga metode peleburan levitasi digunakan. Metode levitasi hampir sama dengan alat peleburan induksi.

Material komposit dengan komposisi penguat SiC 1%wt dan SiC 3%wt serta matrik utama titanium dilebur hingga temperatur 2000 derajat Celsius dan didinginkan perlahan di udara. Saat pendinginan di udara setelah mencapai titik eutektik, perubahan terjadi membentuk fasa β (kristal kubik) dan paduan titanium silikon hingga temperatur 865 derajat celsius terlihat pada Gambar 1. Pada temperatur ruang, perubahan fasa terjadi menjadi fasa α (kristal heksagonal), paduan TiC, paduan Ti-Si-C, paduan Ti-Si.



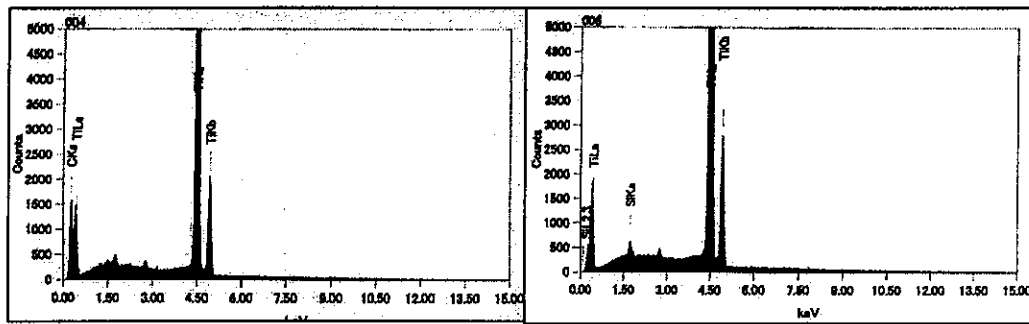
Gambar 1. Diagram fasa biner Ti-Si

Pada material komposit dengan komposisi penguat SiC 1%wt, terlihat pada Gambar 2, dendrit-dendrit berbentuk jarum berupa matrik titanium dan silicon tersebar merata di material. Lamel-lamel berwarna hitam tersebar merata dalam jumlah sedikit. Lamel tersebut diindikasikan mengandung titanium dan karbon.



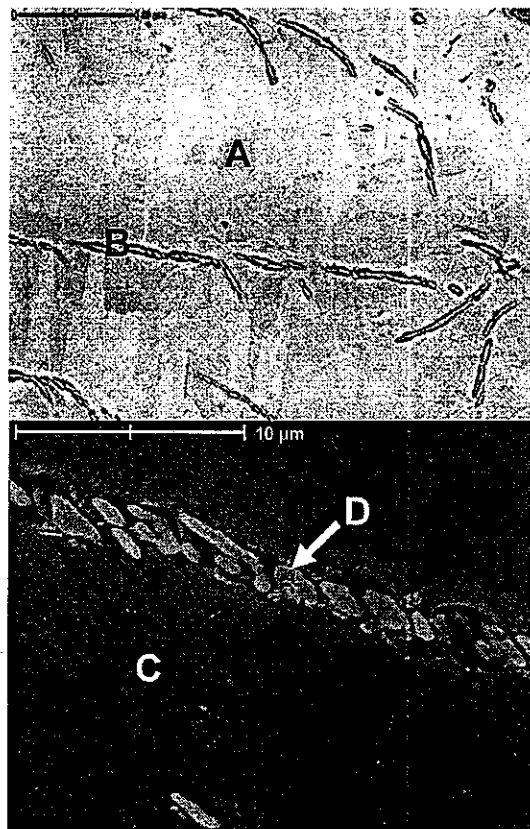
Gambar 2. Mikrostruktur cast Ti- 1%wt SiC MMC dengan perbesaran 200 X

Partikel silikon karbida terlarut dalam matrik titanium, struktur eutektik yang terdiri dari elemen titanium dan paduan Ti₃Si. Pendinginan dimulai dengan pembentukan butir-butir titanium diikuti dengan pendinginan eutektik. Indikasi karbon terlarut membentuk persipitat dengan titanium. Paduan Ti₃S merupakan paduan dengan struktur kristal tetragonal. Pada Gambar 4 dengan perbesaran 4000 X terlihat lamel-lamel yang berbentuk kumpulan partikel-partikel dengan ukuran rata-rata 2-3 mikron memanjang.



Gambar 3. Pengujian EDS pada material Ti-1% wt SiC

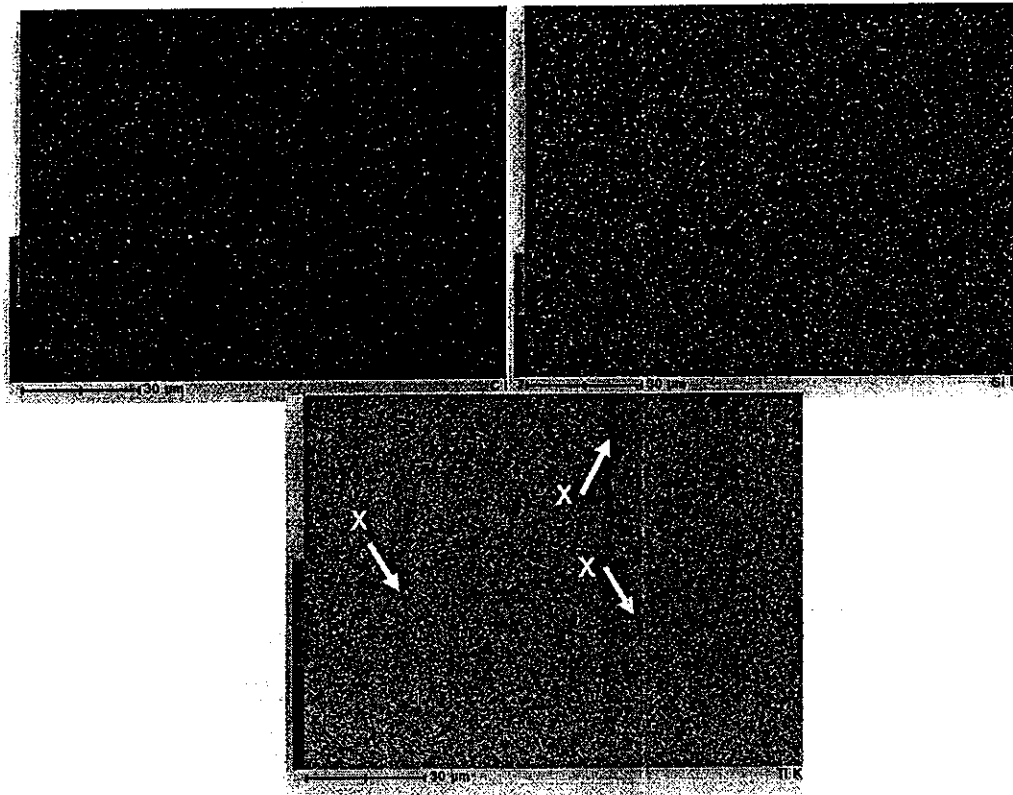
Partikel –partikel tersebut mengandung komposisi titanium 92,41 % wt dan karbon 7,59 % wt dengan alat uji komposisi *Energy Dispersive Spectrometer* (EDS). Matrik yang mengelilingi lamel-lamel mengandung komposisi titanium 99,64 %wt dan silikon 0,36 % wt% ini mengindikasikan struktur α titanium dan Ti_3Si dengan struktur tetragonal terlihat dari Gambar 3



Gambar 4. Mikrostruktur material komposit Ti-1%wt SiC dengan perbesaran 1000 X dan 4000 X

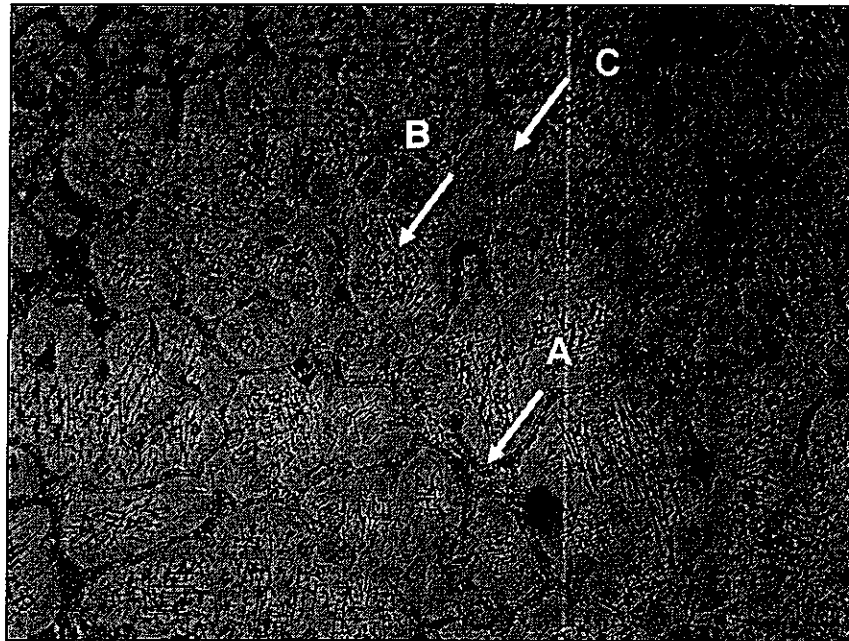
Pada Gambar 4 terlihat di daerah A dan C, matrik titanium dan paduan Ti_3Si membentuk butir-butir yang besar dan batas butir terlihat jelas. Pada daerah B dan D, lamel-lamel tersebar merata dengan komposisi titanium dan karbon. Indikasi merupakan paduan titanium karbida (TiC). Butiran-butiran struktur α berukuran besar 15-20 μm . Indikasi awal bahwa sifat mekanik material mempunyai kekuatan tinggi, keuletan tinggi, tahan terhadap fatik, adanya presipitat sehingga meningkatkan kekerasan dan ketangguhan material.

Metode *composition mapping* pada EDS dilakukan untuk memetakan unsur-unsur dalam material secara keseluruhan. Terlihat pada Gambar 5. elemen karbon tersebar merata di matrik dan presipitat secara merata dengan densitas kurang rapat sedangkan elemen silikon menyebar merata dengan densitas cukup rapat di dalam matrik dan presipitat. Elemen titanium sebagai logam utama tersebar dengan densitas tinggi, pada daerah X, terlihat jejak-jejak gelap yang merupakan lamel – lamel presipitat penguat, ini mengindikasikan kadar titanium turun.



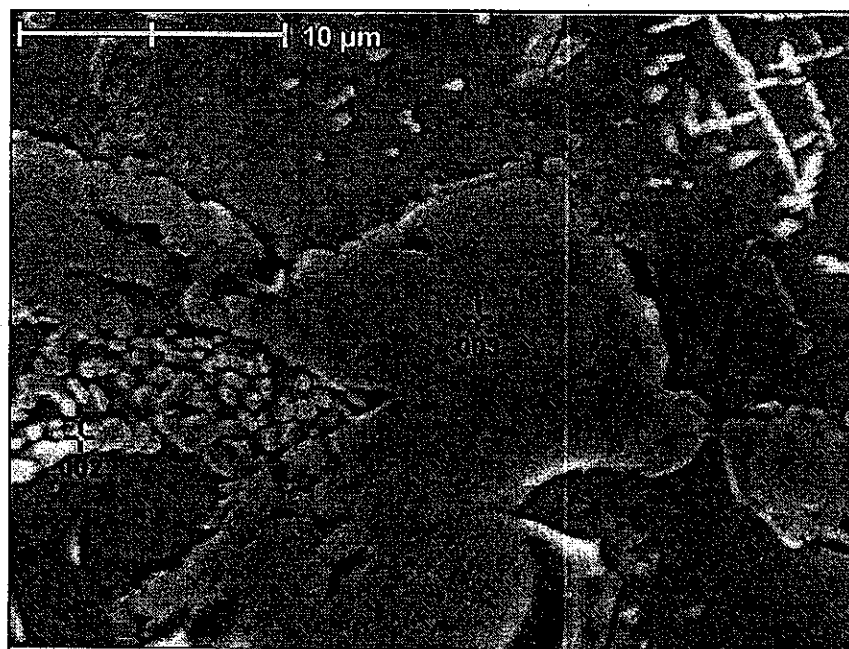
Gambar 5. EDS mapping method pada material Ti-1%wt SiC

Pada Gambar 6 terlihat bahwa material komposit titanium dengan penguat 3%wt SiC terjadi pola-pola jaringan di batas butir yang berwarna gelap (daerah A). Jaringan ini mengandung titanium dan karbon. Karbon terlarut di batas butir membentuk paduan karbida (TiC). Pada daerah B di dalam butir, pola-pola berbentuk jarum berwarna gelap tersebar merata. Daerah ini mengandung titanium dan silikon. Di dalam diagram fasa Si-Ti pada Gambar 1 memperlihatkan terjadi bentukan paduan Ti_3Si dengan struktur kristal tetragonal. Pada daerah C, berwarna hijau muda, merupakan fasa α titanium.



Gambar 6. Mikrostruktur cast Ti- 3%wt SiC MMC dengan perbesaran 200 X

Jaringan-jaringan menyebar merata seiring dengan meningkatnya kadar silikon karbida. Jaringan yang mengandung titanium dan karbida terlihat pada Gambar 7 dengan perbesaran 4000 X. Jaringan terlihat pada daerah 003 mempunyai bentuk pulau-pulau mengandung unsur titanium 93 %wt dan karbon 6,64 %wt sedangkan pada daerah 002, kumpulan presipitat berwarna putih mengandung titanium 89,79%wt dan silikon 10,21 %wt. Ini mengindikasikan merupakan paduan Ti_3Si dengan melihat diagram binari Si-Ti.

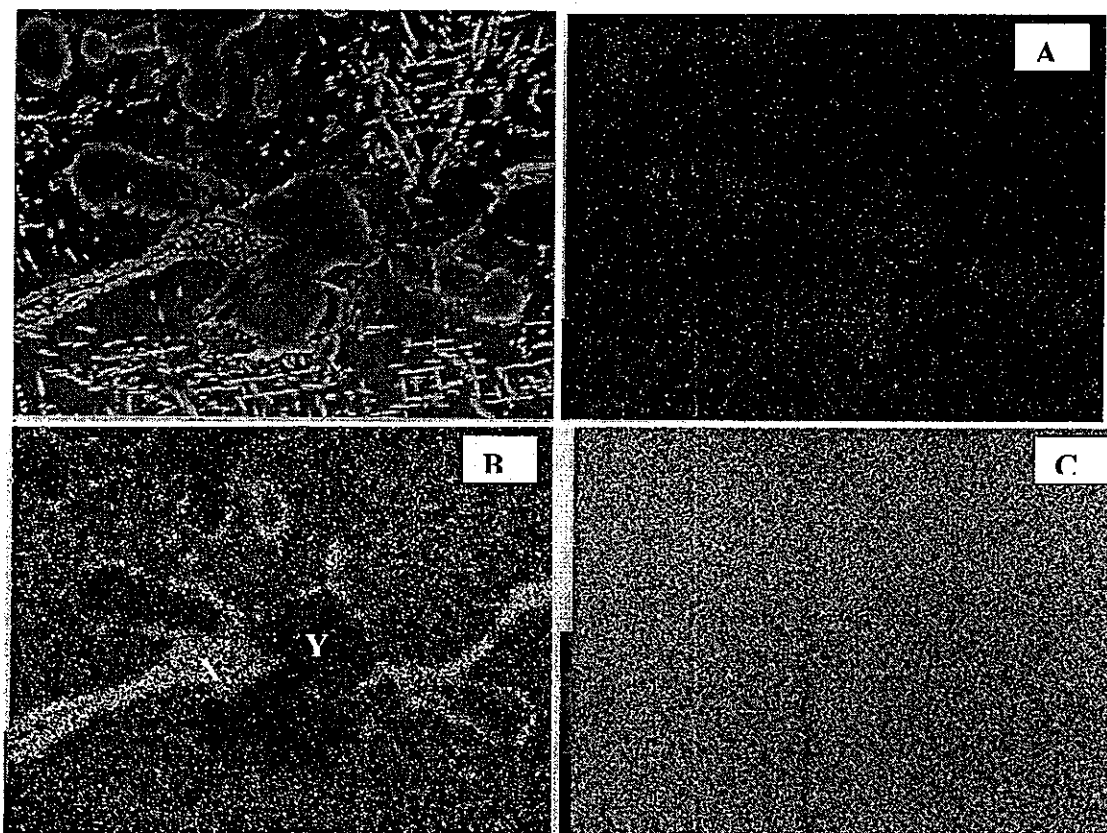


Gambar 7. Mikrostruktur material komposit Ti-3%wt SiC dengan perbesaran 4000 X

Pada pengujian EDS pada sampel Ti-SiC 3%wt menunjukkan bahwa sebaran elemen karbon tersebar di matrik bersama kehadiran titanium membentuk senyawa TiC. Jika dibandingkan dengan sampel Ti-SiC 1 %wt, pembentukan TiC belum terjadi di matrik. Pada Gambar 8, di daerah A, sebaran elemen karbon berkonsentrasi di tempat tertentu. Pada daerah B, pemetaan kadar silikon menunjukkan bahwa kadar silikon terkonsentrasi di tempat tertentu membentuk Ti_3Si (daerah X), paduan Ti_3Si mengelilingi paduan TiC (daerah Y).

Pada temperatur tinggi terjadi perubahan fasa. Fasa βTi dengan struktur kubik berubah menjadi struktur βTi dan Ti_3Si pada suhu sekitar $1100^{\circ}C$. Temperatur dibawah $900^{\circ}C$ perubahan fasa terjadi dari βTi menjadi αTi dengan struktur heksagonal. Keberadaan elemen karbon juga diperhitungkan. Afinitas elemen titanium lebih besar dibandingkan elemen silikon maka tendensi untuk berikatan dengan karbon lebih besar membentuk TiC. Pada material komposit Ti-SiC 1%wt kurang terlihat dibandingkan dengan komposisi Ti-SiC 3%wt.

Daerah C terlihat dari indikator warna sebaran elemen titanium secara individu kurang merata dikarenakan elemen titanium telah membentuk senyawa baru berupa paduan TiC dan Ti_3Si . Pada matrik sebaran αTi merata dan diimbangi oleh paduan Ti_3Si yang tersebar pula disekitar αTi .



Gambar 8. EDS mapping method pada material Ti-3%wt SiC

Kesimpulan

Pemaduan titanium dengan SiC berbentuk partikel dengan metode peleburan levitasi (induction effect) pada temperatur hingga 2000 derajat lebih melarutkan sebagian partikel SiC. Paduan baru terbentuk di dalam material yaitu titanium karbida (TiC) dan titanium silikon (Ti_3Si). Paduan-paduan ini berbentuk pulau-pulau atau lamel-

lamel yang tersebar. Variasi konsentrasi dari 1 %wt SiC menjadi 3 % wt SiC bertendensi meningkatkan konsentrasi paduan-paduan tersebut. Paduan-paduan tersebut merupakan paduan penguat titanium yang akan membentuk material fungsional sebagai particulate composite. Partikel SiC belum sepenuhnya terlarut karena temperatur lebur 2585°C

Daftar Pustaka

1. Schwartz. 1984, "*Composit Materials Handbook*", McGraw-Hill, US.
2. Destefani. 1988, "*Introduction to Titanium and Titanium Alloys, ASM Handbook Vol.15*", ASM International.
3. Rohatgi. 1988, "*Cast Metal-Matrix Composites, ASM Handbook Vol.15*", ASM International.
4. Gilbert.1991, "*Heat Treating of Titanium and Titanium Alloys, ASM handbook Vol.4*", ASM International.
5. Geiger, Poirier.1980, "*Transport Phenomena in Metallurgy*", Addison Wesley Publishing Company, Philippine