

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Fluiditas

Fluiditas merupakan parameter penting di dalam mekanisme pengecoran logam. Fluiditas merupakan kemampuan cairan mengalir dan mengisi rongga cetakan. Banyak sekali produk cor yang mempunyai tingkat kerumitan yang tinggi. Ketebalan produk cor juga seringkali tidak seragam hingga mempunyai ketebalan yang relatif tipis. Fluiditas sangat dipengaruhi oleh komposisi paduan, temperatur tuang, tegangan permukaan dan viskositas. Panjang fluiditas mengikuti Persamaan 6..

$$Lf = \frac{\rho a V}{2h(T_m - T_o)} (H + c' \Delta T) \quad (6)$$

Dimana :

$\rho$  = Densitas logam cair ( $\text{kg} \cdot \text{cm}^{-3}$ )

$h$  = Koefisien perpindahan panas ( $\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ )

$c'$  = Kapasitas panas spesifik ( $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ )

$H$  = Panas latent pembekuan ( $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1}$ )

$a$  = jarak antara setiap cetakan (m).

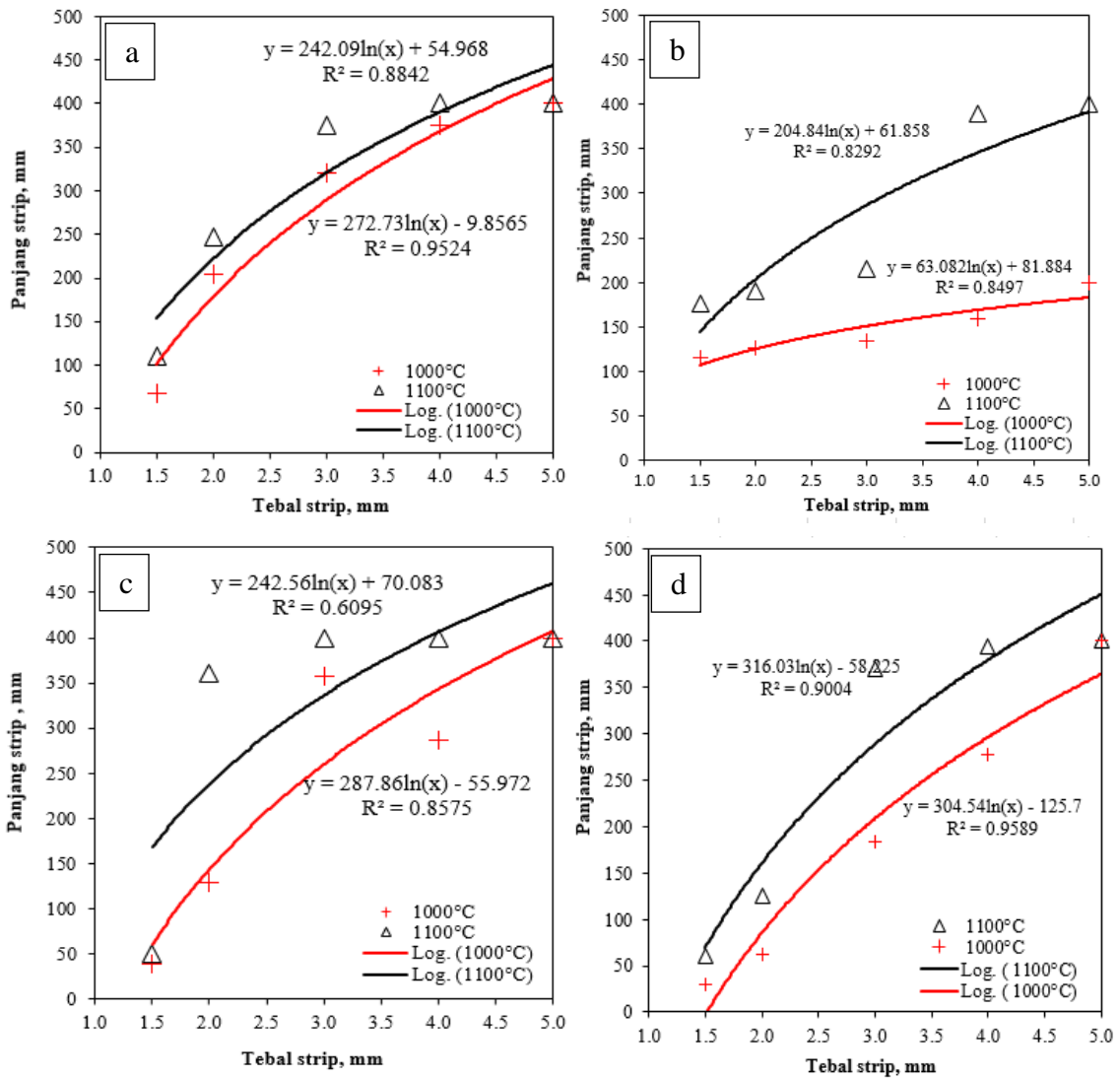
$T_m$  = temperatur tuang (K)

$T_o$  = temperatur lingkungan (K).

$\Delta T$  = gradien temperatur (K).

Peningkatan komposisi timah (20-25)wt.%Sn menurunkan panjang fluiditasnya, sementara peningkatan temperatur tuang meningkatkan panjang fluiditas.

Peningkatan komposisi 25wt.%Sn terjadi perubahan fase  $\alpha + L$  menjadi  $\beta + L$ . Komposisi 22wt. %Sn merupakan batas antara  $\alpha + L$  dengan  $\beta + L$  pada fase *peritectic*. Perubahan fase ini menyebabkan viskositas Cu25wt.%Sn meningkat. Peningkatan viskositas menurunkan kemampuan logam cair mengalir di dalam rongga cetakan. Peningkatan tegangan permukaan antara logam cair dengan dinding cetakan mempengaruhi kecepatan aliran dan pembekuan. Cetakan *sand casting* mempunyai nilai tegangan permukaan lebih tinggi dibanding *investment casting*. Gambar 16. Menunjukkan fluiditas Cu20wt.%Sn dan Cu25wt.%Sn dengan variasi temperatur tuang dan metode pengecoran logam.



Gambar 16. Fluiditas (a) Cu20wt.%Sn/IC (b)Cu25wt.%Sn/IC (c)Cu20wt.%Sn/SC (d)Cu25wt.%Sn/SC

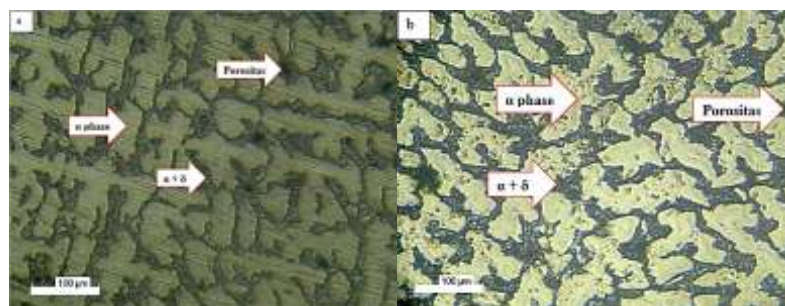
## B. Struktur mikro

Pengamatan struktur mikro pada paduan perunggu timah (Cu-Sn) menunjukkan bahwa penambahan timah/Sn menyebabkan perubahan bentuk butir *equiaxed* menjadi butir *columnar dendrite*. Segregasi fase  $\alpha + \delta$  eutectoid menurun dengan penambahan timah dan peningkatan temperatur tuang. Daerah fase  $\alpha$  menunjukkan struktur *columnar dendrite*, sementara fase  $\alpha + \delta$  semakin rapat dan mengecil.

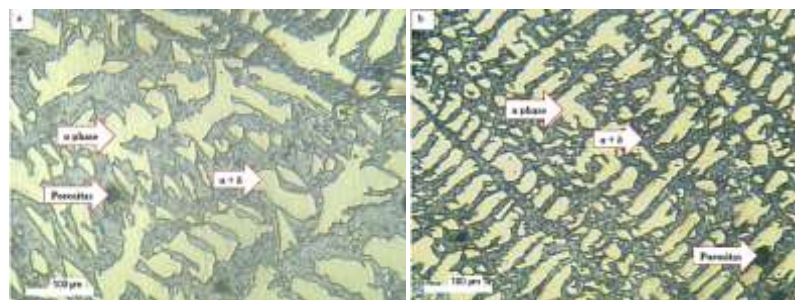
Peningkatan temperatur tuang menyebabkan bertambahnya porositas, sementara peningkatan komposisi timah/Sn tidak signifikan meningkatkan porositas. Kedua komposisi Cu20wt.%Sn dan Cu25wt.%Sn menunjukkan sebaran porositas pada struktur mikronya. Porositas yang terbentuk menyerupai bulatan yang lebih diakibatkan oleh adanya udara yang masuk dalam cetakan.

Perubahan bentuk butir equiaxed menjadi *columnar dendrite* disebabkan menurunnya laju pembekuan, sebagaimana ditunjukkan pada diagram fase Cu-Sn. Temperatur tuang menggunakan temperatur *superheat* yang berada di atas temperatur fase liquid. Temperatur tuang *superheat* menyebabkan logam cair mempunyai waktu yang lama sebelum mencapai fase pembekuan. Pertumbuhan butir sangat dipengaruhi oleh gradien temperatur ( $\Delta T$ ) antara temperatur logam cair dengan temperatur cetakan. Semakin tinggi gradien temperatur menyebabkan terjadinya pembekuan cepat begitupun sebaliknya.

Porositas cor dapat terbentuk akibat adanya gelembung-gelembung udara. Gelembung udara ini terbentuk akibat meningkatnya temperatur tuang yang menyebabkan pengikatan hidrogen ( $H_2O$ ) dari lingkungan. Peningkatan temperatur tuang juga menyebabkan penurunan viskositas, sehingga mudah terbentuk turbulensi aliran ketika logam cair dituang ke dalam cetakan. Senyawa air ( $H_2O$ ) digunakan sebagai pengikat pasir cetak pada cetakan metode *sand casting*. Terurainya senyawa  $H_2O$  menyebabkan peningkatan udara di dalam rongga cetakan. Banyaknya udara yang terjebak dalam rongga cetakan berpotensi membentuk porositas. Prosentase porositas yang terbentuk pada metode *sand casting* lebih besar dibanding dengan metode *investment casting*. Pengamatan struktur mikro paduan Cu20wt.%Sn terhadap variasi temperatur tuang dan metode pengecoran sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 17 dan Gambar 18.

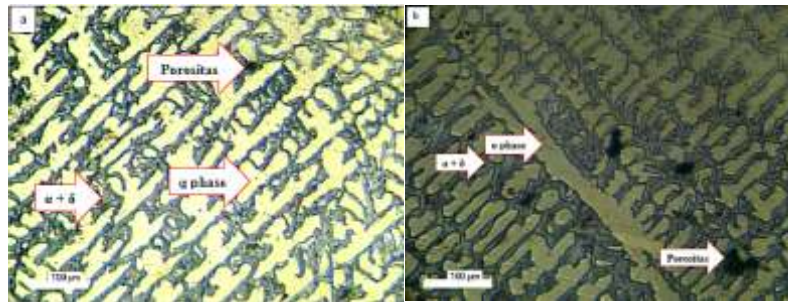


Gambar 17. Struktur mikro Cu20wt.%Sn (a)  $T_{s1} = 1000^{\circ}C$  (b)  $T_{s1} = 1100^{\circ}C$  *investment casting*.



Gambar 18. Struktur mikro Cu20wt.%Sn (a)  $T_{s1} = 1000^{\circ}C$  (b)  $T_{s1} = 1100^{\circ}C$  *sand casting*.

Sementara itu Gambar 18 dan Gambar 19 menunjukkan struktur mikro paduan Cu25wt.%Sn dengan variasi temperatur tuang dan metode pengecoran logam.



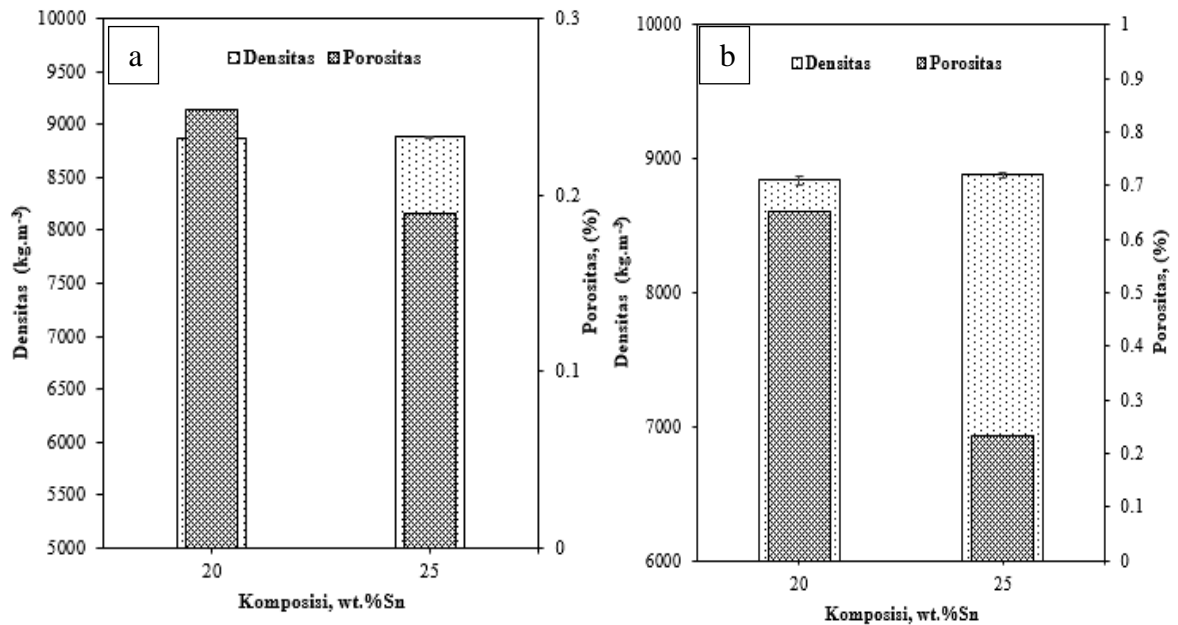
Gambar 18. Struktur mikro Cu25wt.%Sn (a)  $T_{s1} = 1000^{\circ}\text{C}$  (b)  $T_{s1} = 1100^{\circ}\text{C}$  *investment casting*.



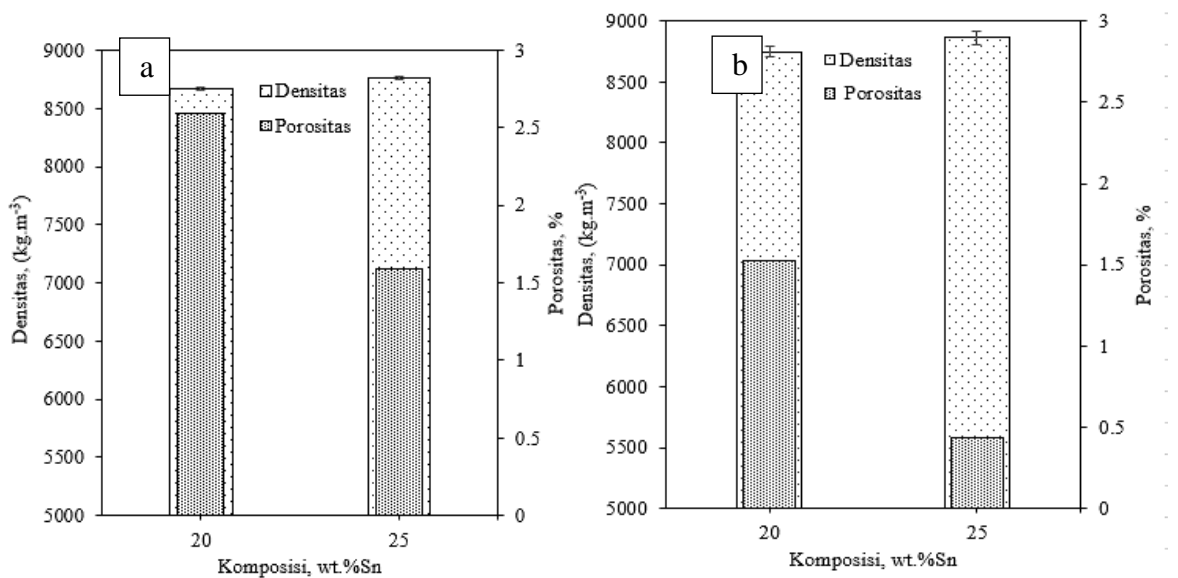
Gambar 19. Struktur mikro Cu25wt.%Sn (a)  $T_{s1} = 1000^{\circ}\text{C}$  (b)  $T_{s1} = 1100^{\circ}\text{C}$  *sand casting*.

### C. Densitas dan porositas

Pengujian sifat fisis meliputi densitas dan porositas untuk mengetahui pengurangan massa benda terhadap rongga yang terbentuk. Struktur benda dengan metode pengecoran logam cenderung tidak homogen sebagai akibat adanya sebaran porositas. Porositas dapat disebabkan adanya udara masuk dan terjebak dalam proses pembekuan di cetakan. Udara terbentuk dalam logam cair disebabkan temperatur tuang meningkat. Turbulensi aliran terjadi saat penuangan sebagai akibat viskositas menurun. Turbulensi aliran menyebabkan banyak udara yang terjebak dalam padatan. Densitas meningkat sebesar 1.03% pada temperatur 1000 °C dan 1.33% pada temperatur 1100 °C terhadap peningkatan komposisi timah. Sementara itu porositas menurun 38.70% pada temperatur 1000 °C dan 71.57% pada temperatur 1100 °C terhadap peningkatan komposisi timah.



Gambar 20. Sifat fisik densitas dan porositas *sand casting* (a)  $T_{s1} = 1000^{\circ}\text{C}$  (b)  $T_{s2} = 1100^{\circ}\text{C}$



Gambar 21. Sifat fisik densitas dan porositas *investment casting* (a)  $T_{s1} = 1000^{\circ}\text{C}$  (b)  $T_{s2} = 1100^{\circ}\text{C}$ .

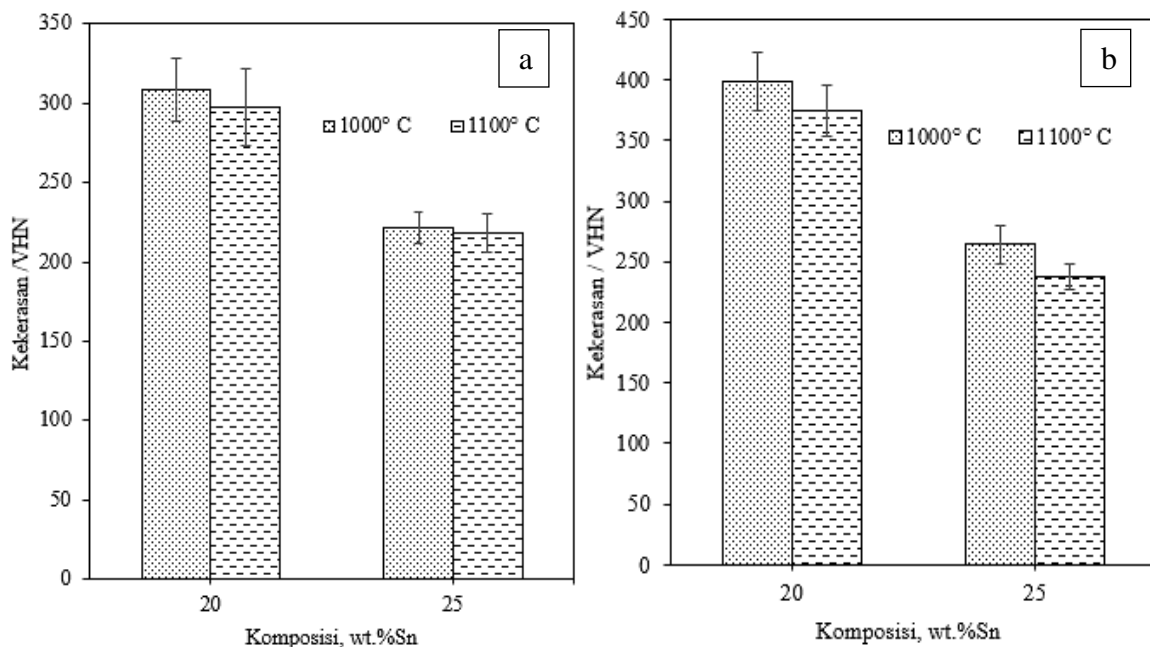
Penurunan densitas dapat disebabkan meningkatnya porositas. Porositas akibat turbulensi aliran yang menyebabkan terbentuknya gelembung udara dapat dihindari dengan memperbaiki saluran tuang dan menambahkan cawan tuang. Porositas juga dapat dihindari dengan mengontrol temperatur tuang, untuk tidak melewati batas temperatur *superheat*. Gambar 20. Menunjukkan densitas dan porositas dengan metode *sand casting* dengan variasi temperatur tuang dan Gambar 21. Metode *investment casting* dengan variasi temperatur tuang. Densitas paduan perunggu timah metode *investment casting* lebih tinggi

ditandai dengan menurunnya porositas, dikarenakan turunnya kadar air pada cetakan setelah mengalami proses dewaxing. Proses dewaxing dilakukan dengan tujuan menurunkan kadar air pada bahan *coating*/tanah liat serta memperkuat cetakan.

#### D. Kekerasan bahan

Peningkatan komposisi timah dan temperatur tuang menurunkan kekerasan bahan untuk kedua metode pengecoran logam. Matrik utama tembaga mempunyai sifat ulet, sementara timah mempunyai sifat lunak. Kekerasan bahan dengan metode *sand casting* lebih tinggi dikarenakan terjadinya pembekuan cepat yang terbentuk struktur butir *equiaxed*. Sifat mekanis kekerasan yang dihasilkan tidak diimbangi dengan sifat elastisitas paduan sehingga membentuk struktur keras tapi getas.

Kekerasan bahan menurun terhadap temperatur tuang sebesar 6.37% pada komposisi 20wt.%Sn dan 11.34% pada komposisi 25wt.%Sn pada metode *investment casting*. Sementara itu, pada metode *sand casting* menurun sebesar 3.57% pada komposisi 20wt.%Sn dan 1.48% pada komposisi 25wt.%Sn. Gambar 22. Nilai kekerasan VHN metode *sand casting* dan (b) metode *investment casting* dengan variasi temperatur tuang.



Gambar 22. Kekerasan bahan (a) metode *sand casting* (b) metode *investment casting*

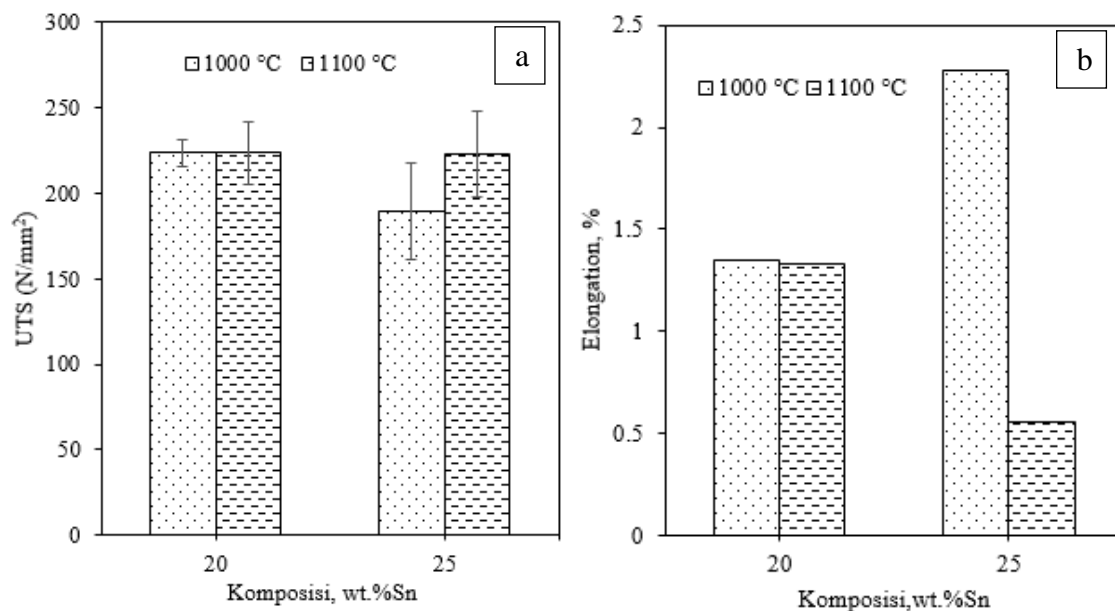
#### E. Kekuatan tarik dan Modulus elastisitas

Kekuatan tarik metode *investment casting* mempunyai kekuatan tarik lebih tinggi dibandingkan metode *sand casting*. Peningkatan kekuatan tarik disebabkan perubahan struktur mikro *columnar dendrite* yang memberikan efek paduan relatif ulet. Peningkatan

komposisi dan temperatur tuang relatif meningkatkan kekuatan tarik pada kedua metode, walaupun tidak signifikan. Peningkatan temperatur tuang meningkatkan kekuatan tarik 5.28% pada komposisi 20wt.%Sn dan 22.89% pada komposisi 25wt.%Sn metode *investment casting*. Metode *sand casting* terjadi peningkatan kekuatan tarik sebesar 0.09% pada komposisi 20wt.%Sn dan 17.91% pada komposisi 25wt.%Sn.

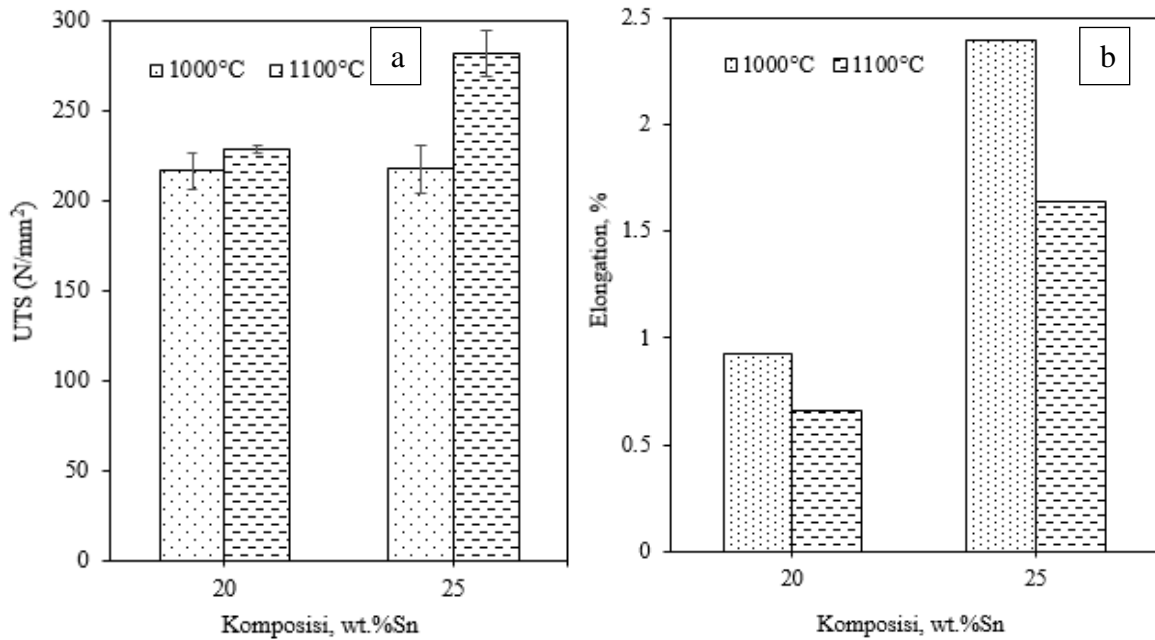
Sifat mekanis modulus elastisitas juga meningkat dengan peningkatan komposisi timah, namun berbanding terbalik dengan peningkatan temperatur tuang. Penurunan modulus elastisitas pada metode *sand casting* sebesar 1.58% pada komposisi 20wt.%Sn dan 311.47% pada komposisi 25wt.%Sn. Sementara itu pada metode *investment casting* sebesar 40.05% pada komposisi 20wt.%Sn dan 45.88% pada komposisi 25wt.%Sn.

Penurunan modulus elastisitas pada temperatur tuang tinggi disebabkan meningkatkan prosentase porositas. Gambar 23 dan Gambar 24. Menunjukkan kekuatan tarik/UTS dan modulus elastisitas paduan dengan variasi temperatur tuang dan metode pengecoran logam.



Gambar 23. (a) Kekuatan tarik/UTS (b) modulus elastisitas metode *sand casting*

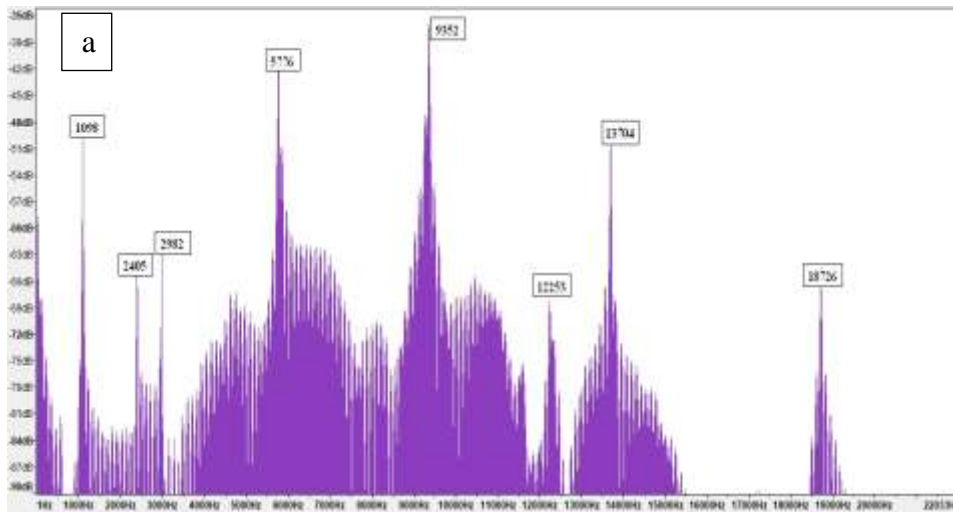




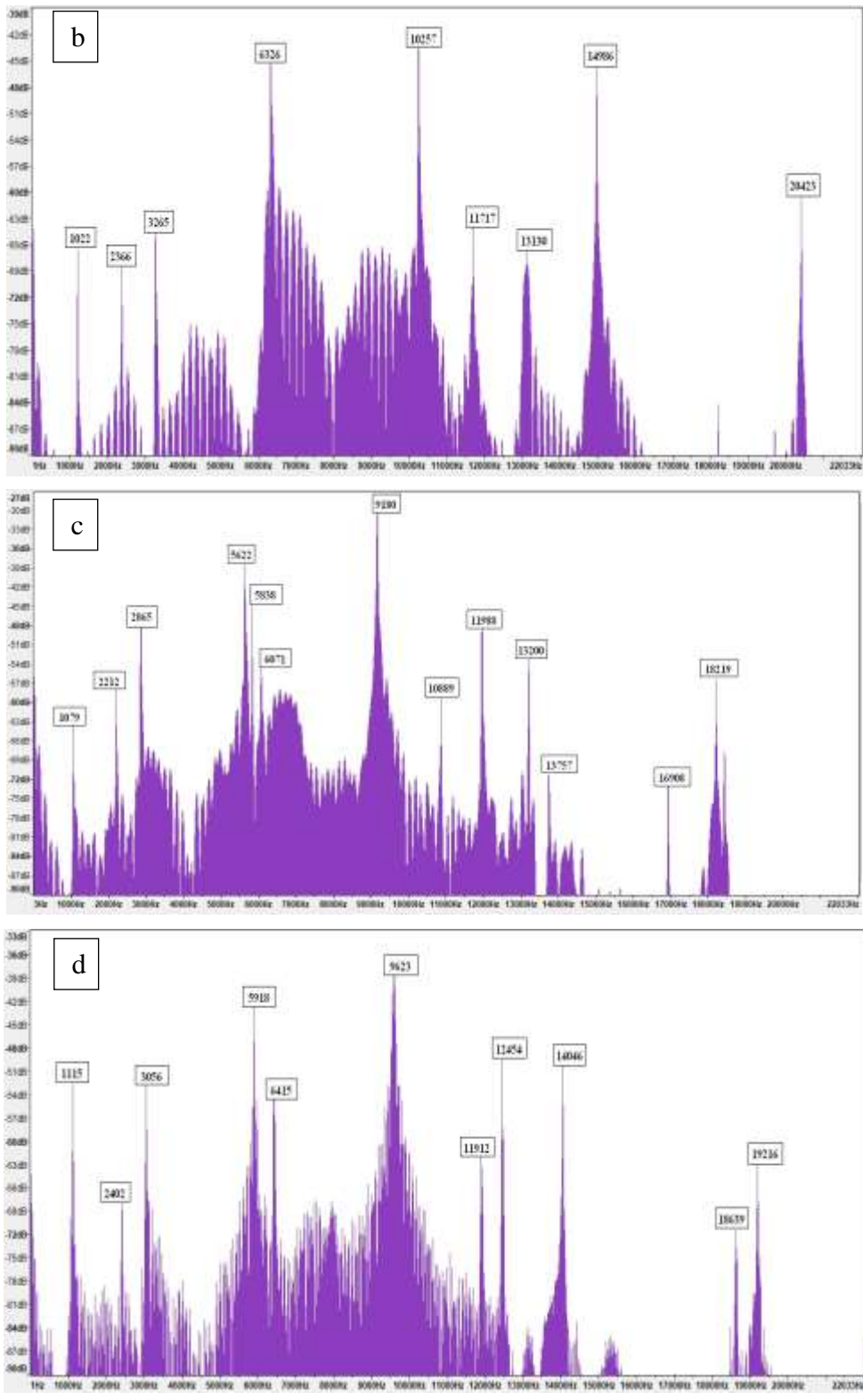
Gambar 24. (a) Kekuatan tarik/UTS (b) modulus elastisitas metode *investment casting*

#### F. Sifat akustik

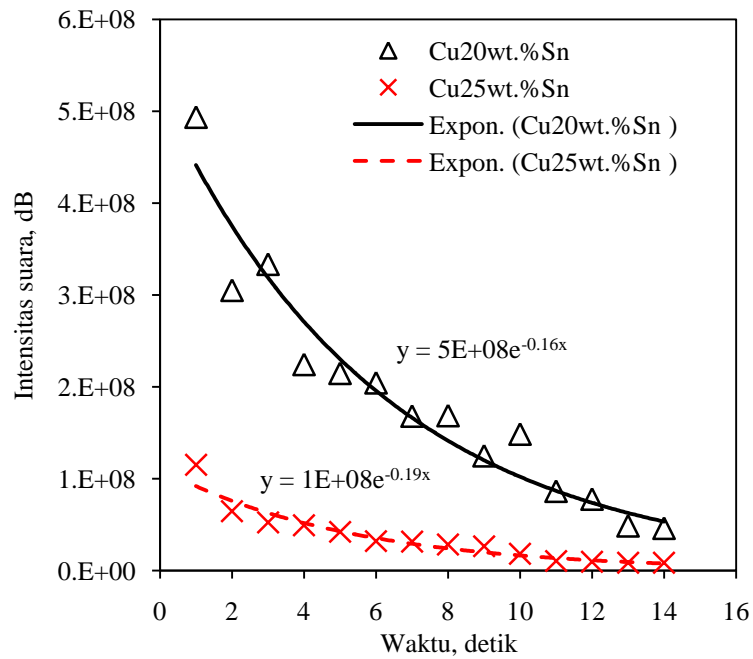
Pengujian akustik dilakukan dengan metode *Experiment Method Analysis/EMA*. Frekuensi alamiah yang dihasilkan dibandingkan terhadap kedua metode pada spesimen dengan temperatur tuang 1100 °C. Gambar 25. Menunjukkan *Experiment Method Analysis* untuk kedua paduan dengan variasi metode pengecoran logam.



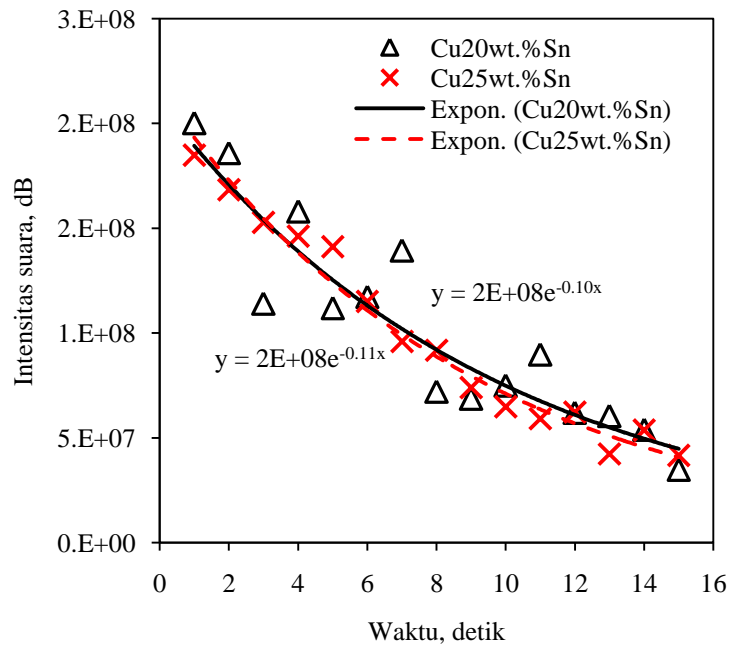




Gambar 25. Frekuensi alamiah metode EMA (a) 20wt.%Sn/IC (b) 20wt.%Sn /SC (c)25wt.%Sn/SC (d) 25wt.%Sn/IC



Gambar 26. Kapasitas redaman Cu(20,25)wt.%Sn metode *sand casting*.



Gambar 27. Kapasitas redaman Cu(20,25)wt.%Sn metode *investment casting*

Gambar 26 dan Gambar 27. Menunjukkan grafik kapasitas redaman paduan 20wt.%Sn dan 25wt.%Sn metode *sand casting* dan *investment casting*. Intensitas bunyi (dB) yang dihasilkan 20wt.%Sn lebih tinggi pada mode awal selanjutnya mengalami pelambatan bunyi sebesar  $= 5E+08e^{-0.163x}$ , sedangkan 25wt.%Sn dengan metode yang sama intensitas bunyi yang dihasilkan mengalami pelambatan sebesar  $y = 1E+08e^{-0.192x}$ .

Intensitas bunyi pada paduan 20wt.%Sn dan 25wt.%Sn dengan metode *investment casting* relatif sama dengan pelambatan sebesar  $y = 2E+08e^{-0,103x}$  dan  $y = 2E+08e^{-0,111x}$ . Tingginya nilai eksponensial pada kapasitas redaman menunjukkan paduan mempunyai kapasitas redaman rendah/*low damping capacity*, dimana ketika bahan dikenai pukulan pada permukaannya akan menghasilkan intensitas bunyi yang panjang dalam waktu yang lama dan tidak lekas redam.

Paduan perunggu timah 20wt.%Sn sebagai bahan alat musik gamelan sangat sesuai diproduksi dengan metode *sand casting*. Metode *investment casting* sangat sesuai untuk memproduksi alat musik gamelan untuk kedua paduan 20wt.%Sn dan 25wt.%Sn. Sifat akustik sangat dipengaruhi oleh sifat fisis dan mekanis bahan. Sifat akustik berupa kapasitas redaman akan menurun dengan menurunnya sifat fisis dan mekanis tersebut. Rendahnya porositas dan meningkatnya densitas merupakan faktor utama meningkatnya sifat akustik. Metode *investment casting* memungkinkan untuk mendapatkan sifat akustik yang baik, karena tidak banyak ditemukan cacat rongga berupa porositas.