

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

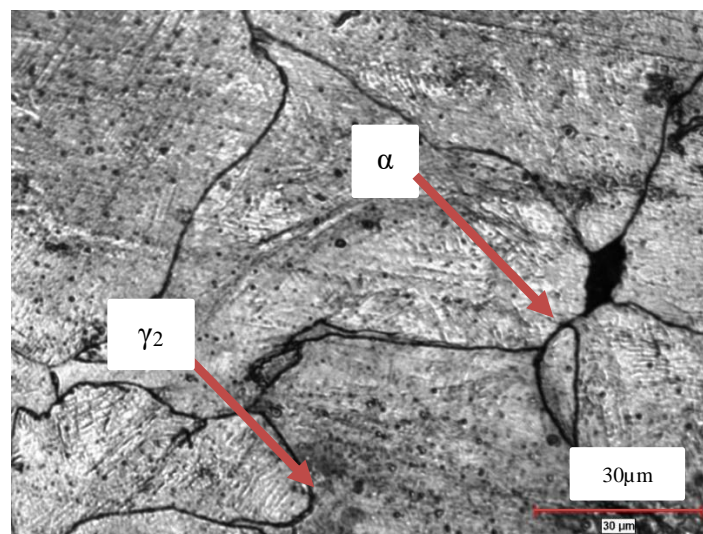
Pada penelitian kali ini material yang digunakan adalah limbah tembaga kabel bekas dan aluminium, yang diharapkan kemampuannya dapat digunakan sebagai *propeller*, maka dari itu ditambahkan inoculan mangan yang dapat meningkatkan sifat mekanik. Hasilnya nanti disebut juga *manganese aluminum bronze* (MAB). Penelitian ini dilakukan proses pengecoran tembaga aluminium dengan variasi penambahan inoculan mangan sebesar 0,6%, 0,8% dan 1,0% serta variasi temperatur cetakan sebesar 300°C, 350°C dan 400°C. setelah dilakukan proses pengecoran didapatkanlah 10 ingot sampel yang terdiri dari 9 sampel dengan variasi inoculan dan temperatur cetakan yang berbeda dan 1 sampel tanpa variasi apapun. Tahap selanjutnya dilakukan preparasi untuk dilakukan proses analisis dari pengujian dari pengujian kekerasan, metalografi dan keausan yang telah dilakukan. Gambar 4.1 berikut adalah salah satu contoh hasil pengecoran



Gambar 4.1 Contoh Hasil Pengecoran

4.1 Pengujian Mikroskop Optik

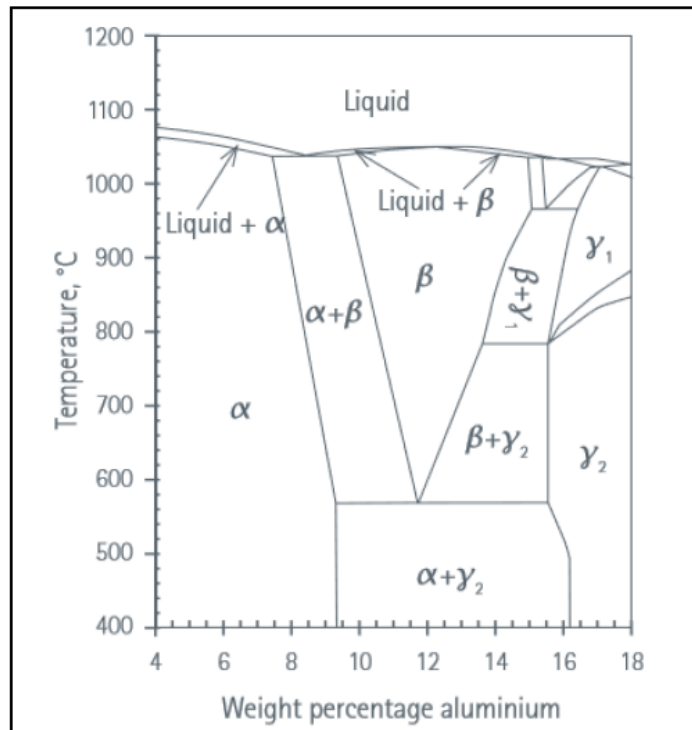
Analisa struktur mikro dilakukan untuk mengetahui struktur mikro dan untuk mengetahui fasa yang terbentuk dengan bantuan alat mikroskop optik. Gambar 4.2 merupakan penampakan dari struktur mikro sampel Cu-Al yang telah dilakukan proses peleburan tanpa adanya variabel penambahan inoculan serbuk mangan dan temperatur cetakan yang dapat berpengaruh dengan pembesaran 500X :



Gambar 4.2 Struktur Mikro *Base* Cu-Al

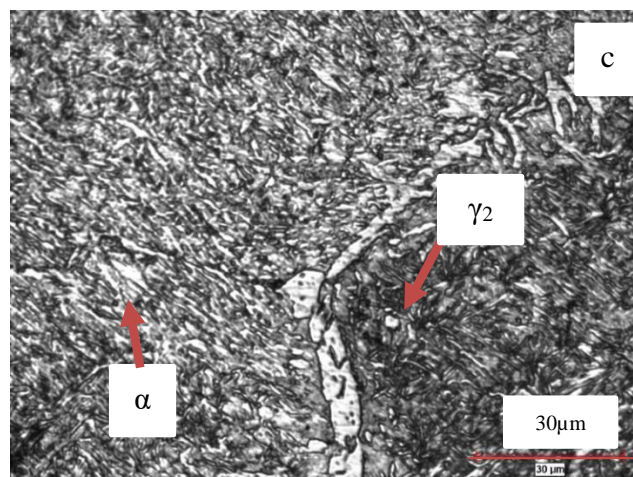
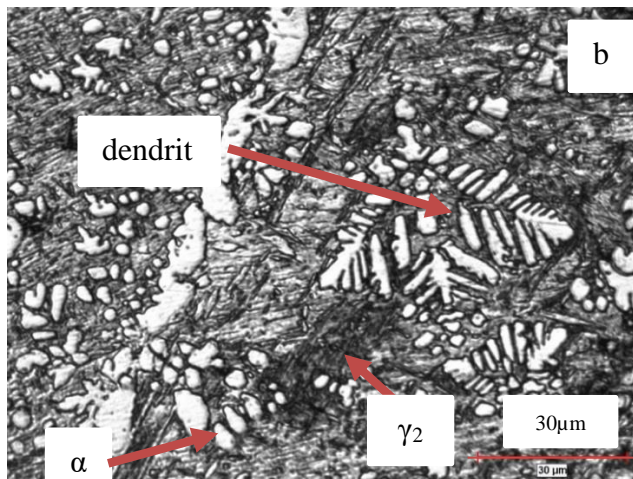
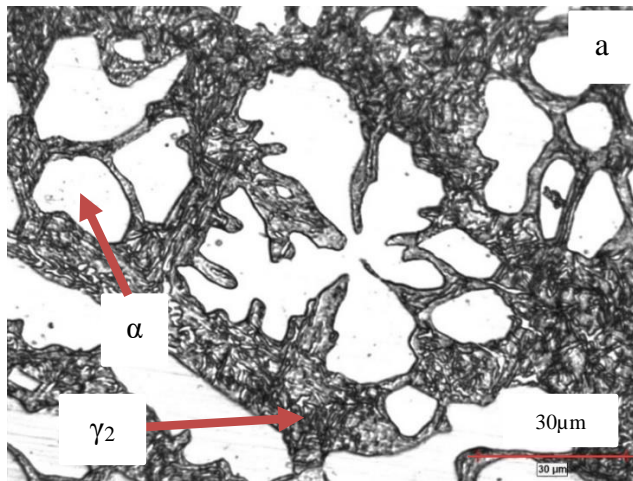
Gambar 4.2 merupakan pengamatan struktur mikro paduan Cu-10Al pada perbesaran 500X. Pada temperatur diatas 565°C, fasa yang terbentuk adalah $\alpha+\beta$. Fasa α pada struktur mikro memiliki daerah berwarna terang, dan fasa β memiliki warna lebih gelap (Salman, 2018). Fasa α memiliki struktur FCC yang mempunyai sifat kekerasannya yang rendah dan ulet, selain itu struktur FCC memiliki *formability* yang baik dan sifatnya yang lunak. Sedangkan fasa β memiliki struktur kristal BCC dimana struktur ini mempunyai sifat yang keras dan kuat sehingga meningkatkan sifat mekanik dari paduan (Salman, 2018). Namun pada temperatur

dibawah 565°C fasa β bertransformasi menjadi fasa γ_2 (Collini, 2012).



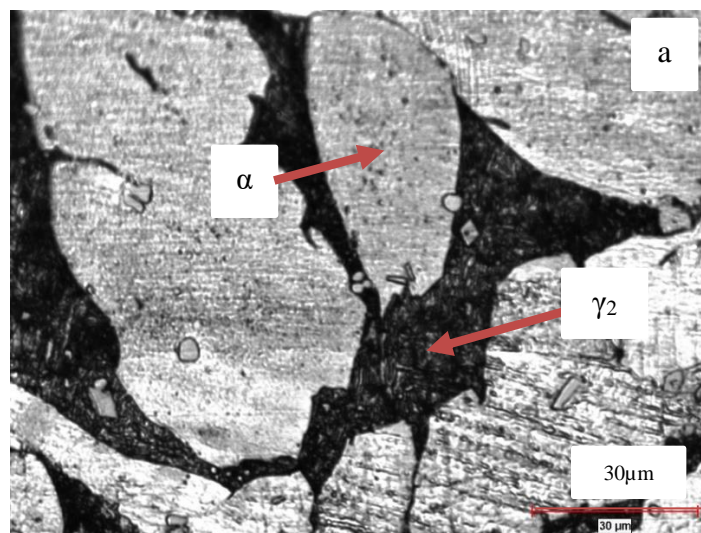
Gambar 4.3 Diagram Fasa Cu-Al (ASM Handbook Vol.3 Alloy Phase Diagrams)

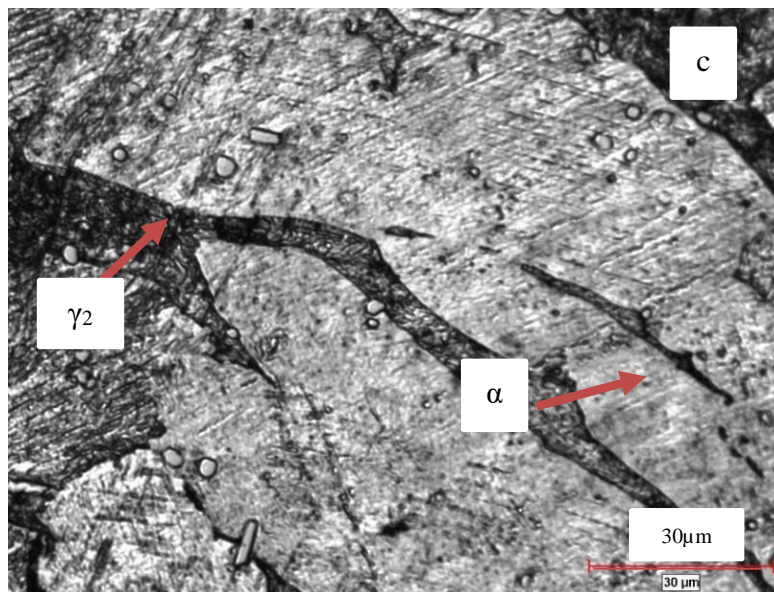
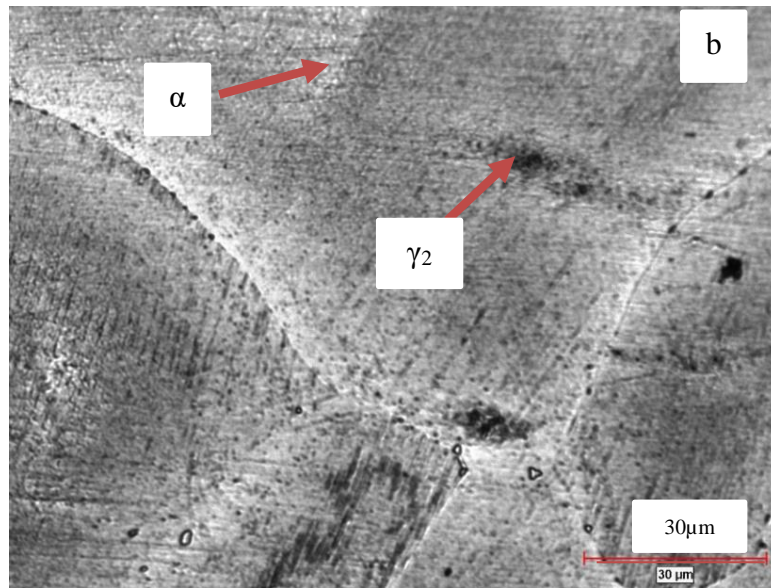
Dari Gambar 4.3 dapat dilihat diagram fasa Al-Cu. Dari diagram tersebut dapat diketahui fasa yang terbentuk dari jumlah penambahan Aluminium. Pada penambahan aluminium di atas 9% fasa yang terbentuk adalah $\alpha + \gamma_2$. Fasa β yang ada dalam sampel cor berubah menjadi fasa γ_2 . Tetapi karena ada daerah fasa $\alpha + \gamma_2$ yang ada dalam struktur mikro, sampel memberikan kekerasan tinggi yang dikombinasikan dengan sifat mekanik yang relatif tinggi dalam kondisi normal. Oleh karena itu, penambahan mangan meningkatkan ketahanan korosi, kekuatan benturan, dan kekerasan serta menurunkan keuletan aluminium perunggu (Nwaeju, 2017).



Gambar 4.4 Struktur Mikro Pada Temperatur Cetakan 300°C Dengan Penambahan Inokulan Serbuk Mangan Sebesar (a) 0,6%, (b) 0,8, dan (c) 1,0%

Dapat dilihat pada Gambar 4.4 merupakan struktur mikro dari temperatur 300°C dengan perbedaan persentase penambahan inoculan serbuk mangan. Pada Gambar (a) terlihat terjadi penumpukan pada fasa α maupun pada fasa γ_2 , hal tersebut dapat terjadi karena persebarannya kurang merata, persen fasa α yang terdapat pada Gambar ini adalah 19,365%. Pada Gambar (b) dapat terlihat ukuran butir yang kurang merata yang memiliki persentase fasa α 15,154% dan terlihat dendrit yang terbentuk, dengan adanya dendrit dapat menurunkan sifat mekanik, dendrit dapat terbentuk karena kurang meratanya persebaran inoculan mangan, pada Gambar (c) terlihat lebih teratur pada butir-butirnya, pada Gambar (c) memiliki persentase fasa α sebesar 13,369%. Dapat dilihat terdapat pengurangan fasa α dan semakin meningkatnya fasa γ_2 pada penambahan inoculan mangan, hal tersebut terjadi karena penambahan inoculan mangan dapat meningkatkan persentase fasa γ_2 (Nwaeju, 2017).

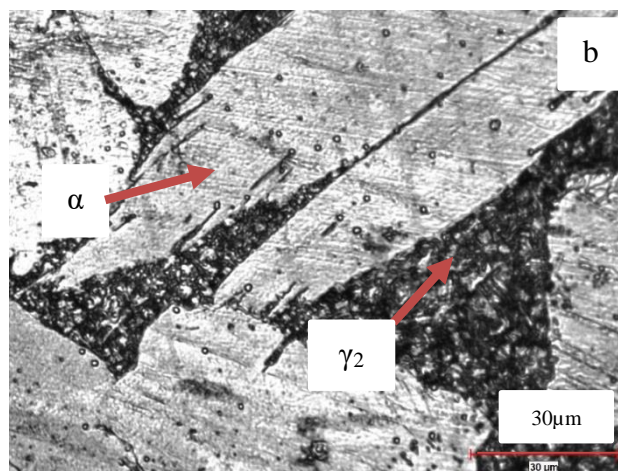
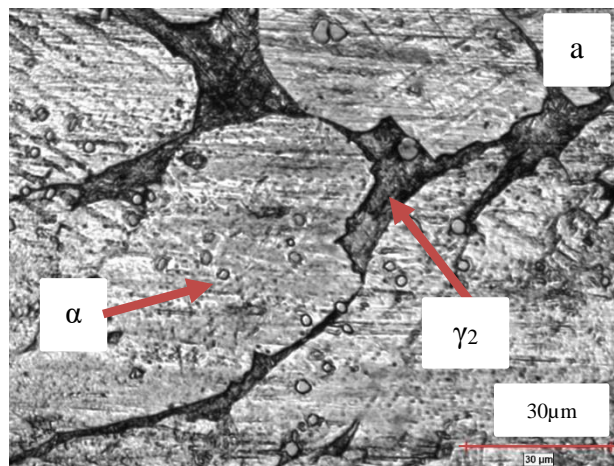


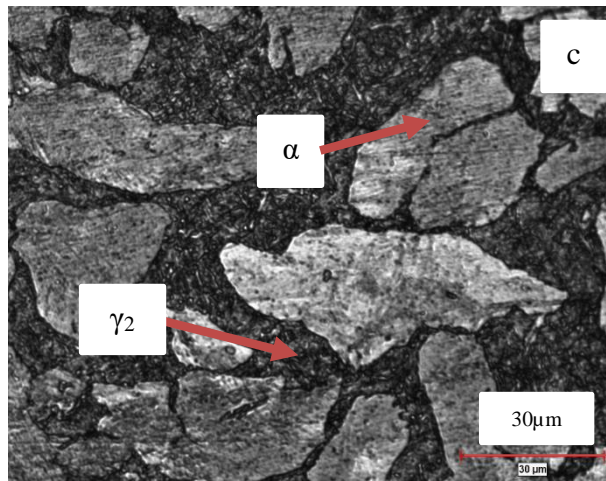


Gambar 4.5 Struktur Mikro Pada Temperatur Cetakan 350°C Dengan Penambahan Inokulan Serbuk mangan Sebesar (a) 0,6%, (b) 0,8%, dan (c) 1,0%

Dapat dilihat pada Gambar 4.5 merupakan struktur mikro pada temperatur 350°C dengan variasi penambahan inokulan serbuk Mn sebesar (a) 0,6%, (b) 0,8%,

dan (c) 1,0%. Pada Gambar (a) dapat dilihat bahwa ukuran butir yang tidak seragam dan memiliki persentase fasa α sebesar 30,627%, pada Gambar (b) dapat dilihat persebaran ukuran butir yang lebih merata dan memiliki persentase fasa α sebesar 32,283%, dan pada Gambar (c) sama seperti Gambar (a) yang memiliki struktur butir yang tidak merata, pada Gambar (c) memiliki persentase fasa α 36,925%. Jika dilihat pada temperatur 350°C mengalami kenaikan presentase fasa α , hal tersebut terjadi karena inokulan serbuk mangan tidak tercampur merata bahkan menggumpal karena pada proses preparasi inokulan serbuk mangan tersimpan lebih lama pada aluminium foil dan menjadi menggumpal.





Gambar 4.6 Struktur Mikro Pada Temperatur Cetakan 400°C Dengan Penambahan Inokulan Serbuk mangan Sebesar (a) 0,6%, (b) 0,8%, dan (c) 1,0%

Gambar 4.6 merupakan struktur mikro dari temperatur cetakan 400°C dengan variasi penambahan inokulan serbuk mangan sebesar (a) 0,6%, (b) 0,8%, dan (c) 1,0%. Dapat dilihat pada Gambar (a) memiliki struktur fasa α lebih teratur, dan memiliki persentase α sebesar 28,337%, pada Gambar (b) dapat dilihat persebaran fasa α mulai berkurang dan memiliki persentase fasa α sebesar 25,735%, dan pada Gambar (c) mulai terlihat persebaran fasa γ_2 yang lebih melebar, pada Gambar ini memiliki persentase fasa α sebesar 23,896%.

Jika dilihat pada keseluruhan struktur mikro yang sudah diteliti menunjukkan bahwa ada peningkatan fasa γ_2 dibandingkan dengan fasa α , pengurangan fasa α ini yang ada dalam struktur mikro menyebabkan nilai kekerasan paduan meningkat seiring dengan penambahan konsentrasi mangan (Nwaeju, 2017), hal tersebut juga disebutkan karena fasa γ_2 memiliki struktur kristal BCC dimana struktur ini

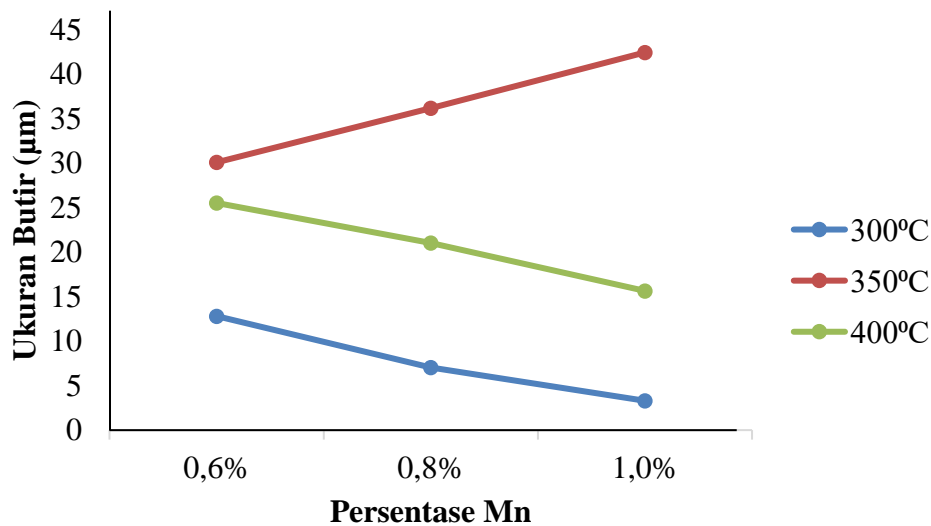
memiliki sifat yang kuat dan keras sehingga meningkatkan sifat mekanik dari paduan (Salman, 2018), namun jika dilihat pada temperatur 350°C mengalami kenaikan persentase fasa α , hal ini disebabkan tidak tercampurnya inokulan serbuk mangan pada saat dilakukannya peleburan. Penambahan inokulan serbuk mangan dapat berpengaruh juga pada ukuran butirnya, yang dapat dilihat pada Tabel 4.1 ukuran butir pada setiap sampel (metode perhitungan ukuran butir dapat dilihat pada lampiran Gambar B.13 dan B.15) :

Tabel 4.1 Ukuran Butir Pada Setiap Sampel

No.	Sampel	T° Cetakan	Ukuran Butir (μm)	
			Fasa α	Fasa γ_2
1.	Cu-Al + 0,6% Mn	300°C	12,806	10,694
2.	Cu-Al + 0,6% Mn	350°C	30,083	29,861
3.	Cu-Al + 0,6% Mn	400°C	25,521	24,755
4.	Cu-Al + 0,8% Mn	300°C	7,028	5,753
5.	Cu-Al + 0,8% Mn	350°C	36,186	35,662
6.	Cu-Al + 0,8% Mn	400°C	21,042	19,78
7.	Cu-Al + 1,0% Mn	300°C	3,297	3,054
8.	Cu-Al + 1,0% Mn	350°C	42,434	40,39
9.	Cu-Al + 1,0% Mn	400°C	15,643	12,561

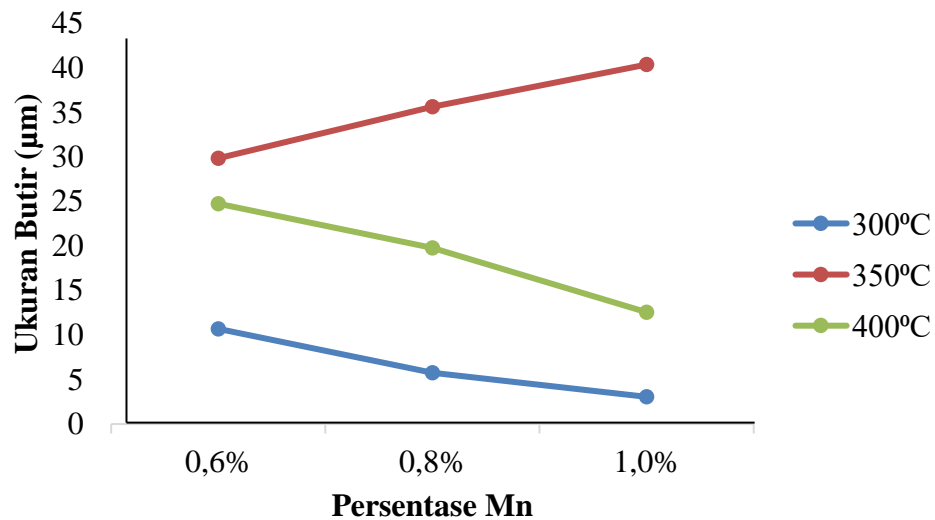
Dari Tabel 4.1 di atas dapat kita lihat bahwa semakin rendah temperatur cetakan maka ukuran butirnya pun akan semakin meningkat, begitu pula dengan

penambahan inoculan serbuk mangan yang dapat menurunkan ukuran butir pada kedua fasa, terkecuali pada temperatur 350°C. Gambar 4.6 dan 4.7 berikut adalah grafik pengaruh penambahan inoculan mangan terhadap ukuran butir fasa α dan γ_2 :



Gambar 4.7 Pengaruh Penambahan Inoculan Serbuk Mangan Terhadap Ukuran Butir Fasa α

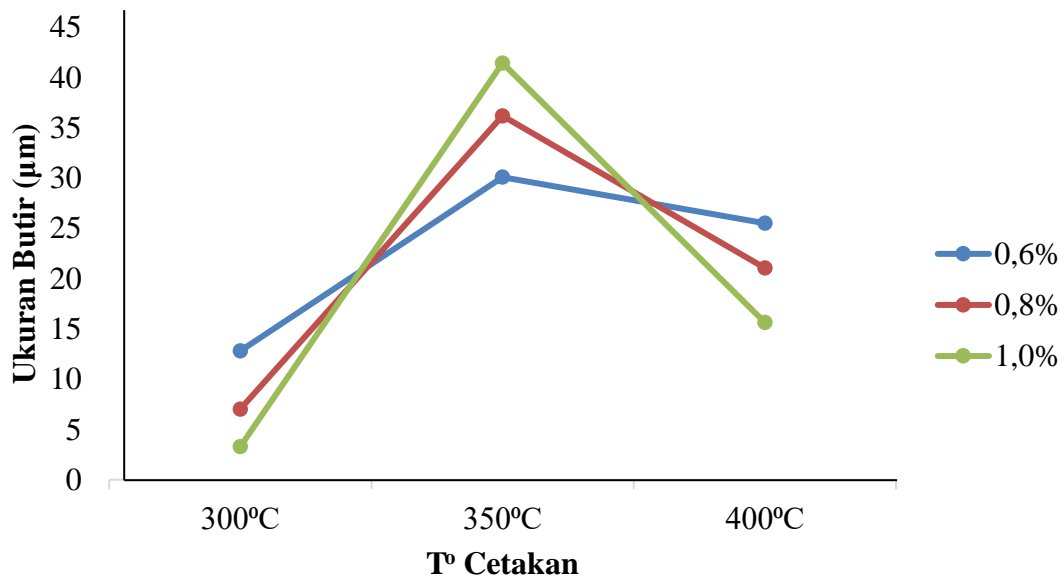
Pada Gambar 4.7 pengaruh penambahan inoculan serbuk mangan terhadap ukuran butir, dapat dilihat pada temperatur 300°C pada penambahan inoculan serbuk mangan 0,6% memiliki ukuran butir 12,806 μm , pada penambahan inoculan serbuk mangan 0,8% memiliki ukuran butir 7,028 μm , dan pada penambahan inoculan serbuk mangan 1,0% memiliki ukuran butir 3,297 μm . Dari data tersebut dapat dilihat bahwa semakin besar penambahan inoculan serbuk mangan akan menurunkan ukuran butir, hal tersebut sama terjadi pada temperatur 400°C, pada penambahan inoculan serbuk mangan 0,6% ukurannya 25,521 μm , pada penambahan inoculan serbuk mangan ukurannya 21,042 μm , dan pada penambahan inoculan serbuk mangan 1,0% ukurannya 15,643 μm .



Gambar 4.8 Pengaruh Penambahan Inokulan Serbuk Mangan Terhadap Ukuran Butir Fasa γ_2

Dapat dilihat pada Gambar 4.8 pengaruh inokulan serbuk mangan terhadap ukuran butir fasa γ_2 , pada grafik tersebut menunjukkan bahwa inokulan berpengaruh untuk memperkecil ukuran butir fasa γ_2 . Inokulasi adalah penambahan unsur-unsur tertentu (inokulan) pada logam cair dengan tujuan untuk membentuk inti-inti pada proses rekristalisasi (Basuki, 1986). Dalam penelitian lain menunjukkan bahwa semakin tinggi kandungan inokulan, maka ukuran butir akan semakin mengecil (Yang, 2016), maka dari itu semakin bertambahnya inokulan maka akan memperkecil ukuran butir. Namun hal tersebut tidak terjadi pada temperatur 350°C, dapat dilihat pada Gambar 4.7 pada penambahan inokulan serbuk mangan 0,6% memiliki ukuran butir 30,083 µm, pada penambahan inokulan serbuk mangan sebesar 0,8% memiliki ukuran butir 36,186 µm, dan pada penambahan inokulan serbuk mangan sebesar 1,0%, memiliki ukuran butir 42,434 µm, dan pada Gambar 4.8 pada penambahan inokulan serbuk mangan 0,6% memiliki ukuran butir 29,861

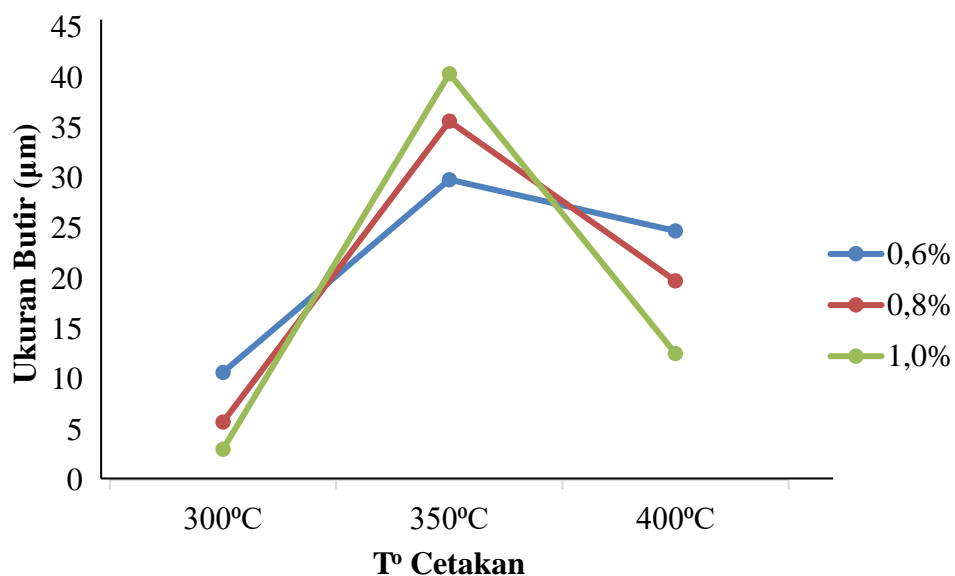
μm , pada penambahan inoculan serbuk mangan 0,8% memiliki ukuran butir 35,662 μm , dan pada penambahan inocula serbuk mangan 1,0% memiliki ukuran butir 40,39 μm , dapat kita lihat semakin besar penambahan inoculan serbuk mangan maka ukuran butir semakin meningkat, hal tersebut tidak sesuai dengan literatur karena pada saat dilakukan proses pengecoran, inoculan serbuk mangan tidak larut seluruhnya dan mengeras seperti batu. Untuk melihat pengaruh temperatur cetakan terhadap ukuran butir kedua fasa dapat dilihat pada Gambar 4.9 dan 4.10 :



Gambar 4.9 Pengaruh Temperatur Cetakan Terhadap Ukuran Butir Fasa α

Dapat dilihat pada Gambar 4.8 pengaruh temperatur cetakan terhadap ukuran butir. pada penambahan mangan 0,6% dengan temperatur cetakan 300°C memiliki ukuran butir 12,806 μm , pada temperatur cetakan 350°C memiliki ukuran butir 30,083 μm , dan pada temperatur 400°C memiliki ukuran butir 25,521. Pada penambahan inoculan serbuk mangan 0,8% dengan temperatur cetakan 300°C

memiliki ukuran butir 7,028 μm , pada temperatur cetakan 350°C memiliki ukuran butir 36,186 μm , dan pada temperatur cetakan 400°C memiliki ukuran butir 21,042 μm , dan yang terakhir pada penambahan inokulan serbuk mangan 1,0%, pada temperatur cetakan 300°C memiliki ukuran butir 3,297 μm , pada temperatur cetakan 350°C memiliki ukuran butir 42,434 μm , dan pada temperatur cetakan 400°C memiliki ukuran butir 15,643 μm .



Gambar 4.10 Pengaruh Temperatur Cetakan Terhadap Ukuran Butir Fasa γ_2

Dapat dilihat pada Gambar 4.10 pengaruh temperatur cetakan terhadap ukuran butir fasa γ_2 yang fluktuatif seperti pada Gambar 4.9. Data tersebut dapat dilihat bahwa pada temperatur 300°C ke 350°C mengalami kenaikan ukuran butir tetapi mengalami penurunan kembali pada temperatur cetakan 400°C, hal tersebut terjadi karena pada temperatur cetakan 350°C Inokulan tidak larut, jadi tidak dapat dijadikan pembanding pada pengaruh temperatur cetakan, namun jika dilihat pada temperatur cetakan 300°C ke 400°C mengalami peningkatan ukuran butir, hal

tersebut terjadi karena semakin tinggi temperatur cetakan logam semakin lambat laju pendinginannya (Askeland, 1985).

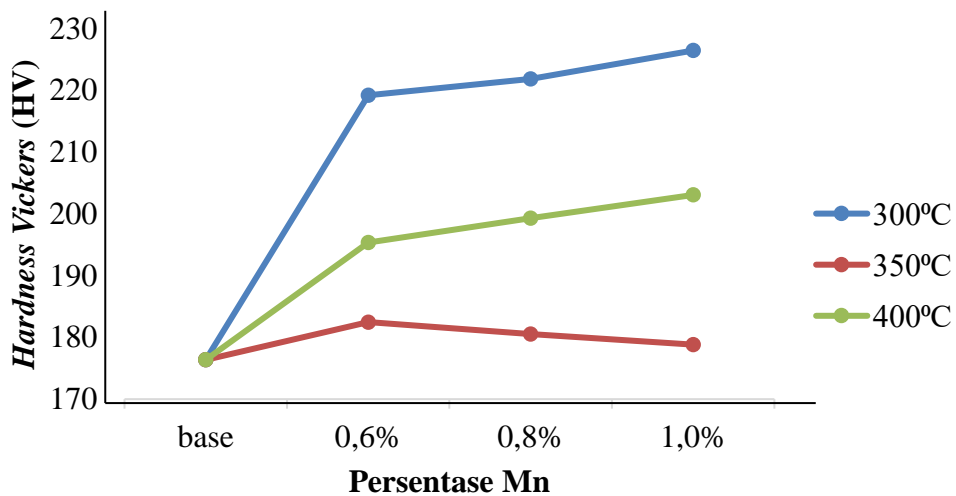
4.2 Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan untuk mengetahui nilai kekerasan dari setiap sampel. Pengujian kekerasan ini menggunakan alat *Hardness Vickers*. Hasil pengujian dari setiap sampel dapat dilihat pada Tabel 4.2 berikut :

Tabel 4.2 Data Hasil Pengujian Kekerasan

No.	Sampel	T ^o Cetakan	Kekerasan (HV)			AVG
			1	2	3	
1.	Cu-Al <i>Base</i>	-	213,57	145,67	169,83	176,37
2.	Cu-Al + 0,6% Mn	300°C	208,12	215,55	209,9	211,19
3.	Cu-Al + 0,6% Mn	350°C	183,85	204,54	159,36	182,58
4.	Cu-Al + 0,6% Mn	400°C	225,37	150,83	209,86	195,35
5.	Cu-Al + 0,8% Mn	300°C	220,99	225,56	219,04	221,86
6.	Cu-Al + 0,8% Mn	350°C	163,53	201,04	176,99	180,52
7.	Cu-Al + 0,8% Mn	400°C	186,56	200,82	210,59	199,32
8.	Cu-Al + 1,0% Mn	300°C	223,54	247,19	205,72	226,46
9.	Cu-Al + 1,0% Mn	350°C	150,88	195,63	190,05	178,85
10.	Cu-Al + 1,0% Mn	400°C	200,61	205,84	202,76	203,07

Dari Tabel 4.2 di atas dapat kita lihat bahwa semakin rendah temperatur cetakan maka nilai kekerasannya pun akan semakin meningkat, begitu pula dengan penambahan inokulan mangan dapat meningkatkan nilai kekerasan, terkecuali pada temperatur 350°C. Gambar 4.11 berikut adalah grafik pengaruh penambahan inokulan serbuk mangan terhadap nilai kekerasan :



Gambar 4.11 Grafik Pengaruh Penambahan %Wt Serbuk Mangan Terhadap Nilai kekerasan

Pada Gambar 4.11 dapat dilihat bahwa pada pada temperatur 300°C mengalami peningkatan nilai kekerasan dimana sampel *base* memiliki nilai kekerasan 176,36 HV, setelah dilakukan penambahan 0,6% Serbuk Mn nilai kekerasannya menjadi 211,19 HV, saat dilakukan penambahan 0,8% serbuk Mn nilai kekerasannya menjadi 221,86 HV, dan saat dilakukan penambahan 1,0% serbuk mangan nilai kekerasannya menjadi 226,46 HV. Kemudian pada variasi temperatur cetakan 350°C saat dilakukan penambahan 0,6% serbuk Mn nilai kekerasannya adalah 182,58 HV, saat dilakukan penambahan 0,8% serbuk Mn nilai

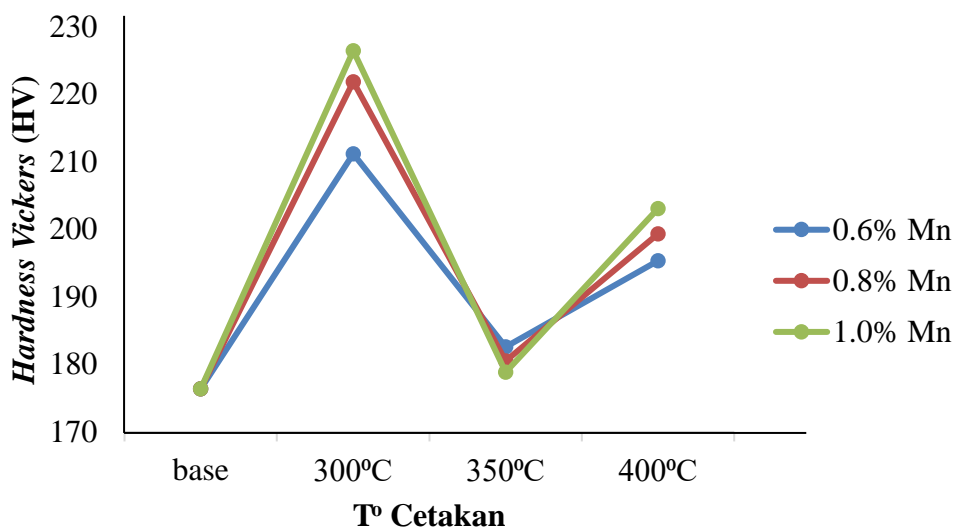
kekerasannya adalah 180,52 HV, dan saat dilakukan penambahan 1,0% serbuk Mn nilai kekerasannya menjadi 178,85 HV. Yang terakhir pada variasi temperatur cetakan 400°C saat dilakukan penambahan 0,6% serbuk Mn nilai kekerasannya adalah 195,35 HV, saat dilakukan penambahan 0,8% serbuk Mn nilai kekerasannya menjadi 199,32,04 HV, dan pada saat dilakukan penambahan 1,0% serbuk Mn nilai kekerasannya menjadi 203,07 HV

Dari Gambar 4.11 di atas dapat kita lihat bahwa semakin tinggi Inokulan serbuk mangan yang ditambahkan maka nilai kekerasan yang didapatkan akan ikut meningkat, hal tersebut dikarenakan inokulan serbuk mangan dapat meningkatkan nilai kekerasan (Setyadi, 2015), dalam penelitian lain mengatakan semakin tinggi kandungan inokulan, maka ukuran butir akan semakin mengecil (Yang, 2016), dan semakin kecil ukuran butir akan meningkatkan nilai kekerasan (Samsul, 2013). Inokulan dapat meningkatkan kekerasan karena inokulan berfungsi untuk membentuk inti-inti pada proses rekristalisasi, tujuan utama inokulasi adalah untuk meningkatkan jumlah inti-inti grafit bulat sebanyak-banyaknya (Basuki, 1986). Namun jika dilihat pada temperatur 350°C, nilai kekerasan menurun, alasannya dapat dilihat pada Gambar 4.12 :



Gambar 4.12 (a) Sampel Mn 0,6% 350°C, (b) Sampel Mn 0,8% 350°C, dan (c) Sampel Mn 1,0% 350°C

Dapat dilihat pada temperatur 350°C nilai kekerasan menurun, pada penambahan serbuk Mn 0,6 nilai kekerasannya 182,58 HV, pada penambahan 0,8% serbuk Mn nilai kekerasannya 180,52, dan pada penambahan serbuk Mn 1,0% nilai kekerasannya 178,85 HV, hal tersebut terjadi karena inokulan serbuk Mn tidak larut sempurna, karena saat dilakukan penuangan inokulan masih menggumpal seperti Gambar 4.12 (c). Inokulan yang tidak larut disebabkan karena inokulan serbuk Mn yang dibungkus aluminium foil didiamkan sehari-hari sehingga menggumpal atau membatu, dan saat dilakukan peleburan inokulan tersebut sulit larut dalam logam cair.



Gambar 4.13 Grafik Pengaruh Temperatur Cetakan Terhadap Nilai Kekerasan

Dapat dilihat pada Gambar 4.13 grafik pengaruh temperatur cetakan terhadap nilai kekerasan, penambahan inokulan serbuk 0,6% Mn pada temperatur cetakan 300°C memiliki nilai kekerasan 211,19 HV lalu mengalami penurunan nilai kekerasan pada temperatur cetakan 350°C dengan nilai kekerasan 182,58 HV, lalu mengalami kenaikan nilai kekerasan pada 400°C dengan nilai kekerasan 195,35

HV. Pada penambahan inoculan serbuk mangan 0,8% dengan temperatur setakan 300°C memiliki nilai kekerasan 221,86 HV, pada temperatur cetakan 350°C mengalami penurunan nilai kekerasan sebesar 180,52 HV, lalu pada temperatur cetakan 400°C mengalami kenaikan nilai kekerasan sebesar 199,32 HV, lalu yang terakhir pada penambahan inoculan serbuk mangan 1,0% dengan temperatur cetakan 300°C memiliki nilai kekerasan 226,46 HV, pada temperatur cetakan 350°C memiliki nilai kekerasan 178,85 HV dan pada temperatur cetakan 400°C memiliki nilai kekerasan 203,07 HV.

Dari data tersebut dapat dilihat pada temperatur 350°C ke 400°C mengalami kenaikan nilai kekerasan, hal tersebut terjadi karena ketidakteraturan pada saat pemanasan cetakan sehingga mengalami kenaikan, namun jika dilihat pada temperatur cetakan 300°C ke 350°C dan 300°C ke 400°C mengalami penurunan nilai kekerasan karena semakin tinggi temperatur cetakan maka nilai kekerasannya menurun (Purwanto, 2011), selain itu kenaikan temperatur cetakan akan mengakibatkan proses pembekuan yang lambat (Askeland, 1985).

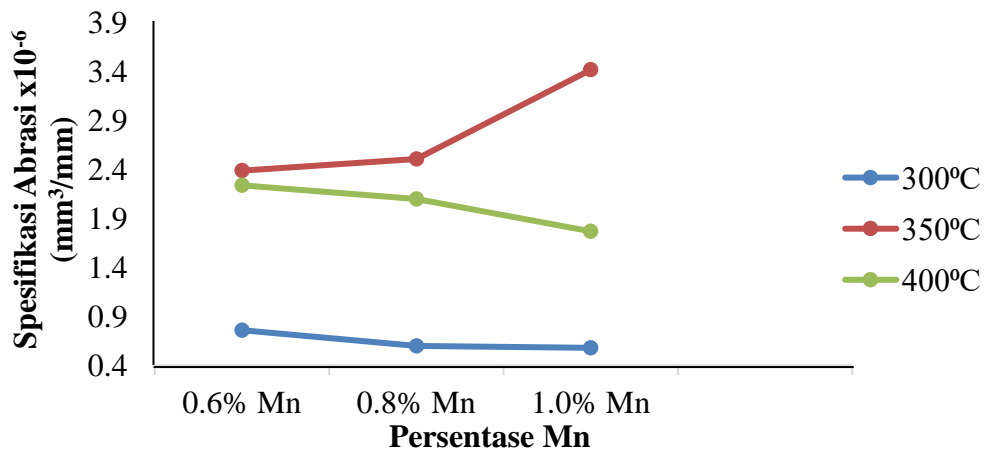
4.3 Pengujian Keausan

Pengujian keausan pada penelitian ini digunakan untuk mengetahui ketahanan keausan dari suatu material ketika diberikan beban gesek. Pengujian keausan ini menggunakan metode *Ogoshi* dengan standar ASTM G99 dengan tebal cincin 3 mm, diameter cincin 30 mm, beban yang diberikan 3,16 Kg, jarak luncur 100 m, kecepatan 1,97 m/s dan *base material* yaitu tembaga aluminium. Berikut Tabel 4.3 dari hasil pengujian keausan yang didapatkan dengan spesifikasi abrasi (mm^3/mm):

Tabel 4.3 Data Hasil Pengujian Keausan

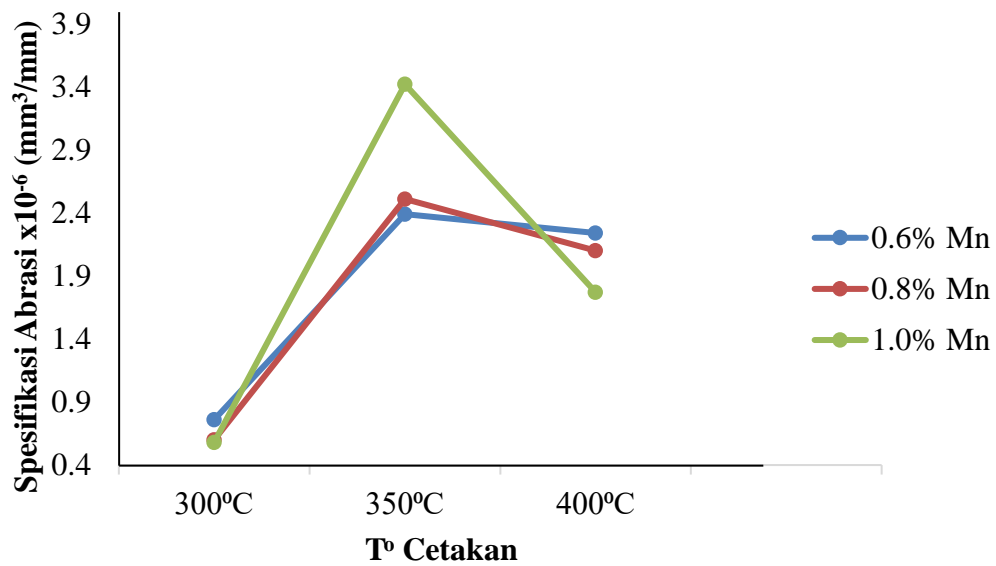
Sampel	T° Cetakan	Spesifikasi Abrasi (mm^3/mm)
Cu-Al + 0,6% Mn	300°C	$0,762383 \times 10^{-6}$
Cu-Al + 0,6% Mn	350°C	$2,391485 \times 10^{-6}$
Cu-Al + 0,6% Mn	400°C	$2,246879 \times 10^{-6}$
Cu-Al + 0,8% Mn	300°C	$0,608711 \times 10^{-6}$
Cu-Al + 0,8% Mn	350°C	$2,511537 \times 10^{-6}$
Cu-Al + 0,8% Mn	400°C	$2,108223 \times 10^{-6}$
Cu-Al + 1,0% Mn	300°C	$0,58301 \times 10^{-6}$
Cu-Al + 1,0% Mn	350°C	$3,428471 \times 10^{-6}$
Cu-Al + 1,0% Mn	400°C	$1,774667 \times 10^{-6}$

Dari Tabel 4.3 di atas dapat kita lihat bahwa semakin rendah temperatur cetakan maka spesifikasi abrasinya pun akan semakin meningkat, begitu pula dengan penambahan inokulan serbuk mangan dapat menurunkan spesifikasi abrasi, terkecuali pada temperatur 350°C. Gambar 4.14 berikut adalah grafik pengaruh penambahan inokulan serbuk mangan terhadap spesifikasi abrasi :



Gambar 4.14 Grafik Pengaruh Inokulan Serbuk Mangan Terhadap Spesifikasi Abrasi

Pada Gambar 4.14 pengaruh penambahan inoculan serbuk mangan terhadap spesifikasi abrasi, dapat dilihat pada temperatur 300°C pada penambahan inoculan serbuk mangan 0,6% memiliki spesifikasi abrasi $0,762383 \times 10^{-6} \text{ mm}^3/\text{mm}$, pada penambahan inoculan serbuk mangan 0,8% memiliki spesifikasi abrasi $0,608711 \times 10^{-6} \text{ mm}^3/\text{mm}$, dan pada penambahan inoculan serbuk mangan 1,0% memiliki spesifikasi abrasi $0,58301 \times 10^{-6} \text{ mm}^3/\text{mm}$. Dari data tersebut dapat dilihat bahwa semakin besar penambahan inoculan serbuk mangan akan menurunkan spesifikasi abrasi, dalam penelitian lain mengatakan semakin tinggi kandungan inoculan, maka ukuran butir akan semakin mengecil (Yang, 2016), dan semakin kecil ukuran butir akan meningkatkan nilai kekerasan (Samsul, 2013), dan semakin tinggi nilai kekerasan maka akan menurunkan spesifikasi abrasinya (Shaik, 2019), hal tersebut sama terjadi pada temperatur 400°C, pada penambahan inoculan serbuk mangan 0,6% memiliki spesifikasi abrasi $2,246879 \times 10^{-6} \text{ mm}^3/\text{mm}$, pada penambahan inoculan serbuk mangan 0,8 memiliki spesifikasi abrasi $2,108223 \times 10^{-6} \text{ mm}^3/\text{mm}$, dan pada penambahan inoculan serbuk mangan 1,0% memiliki spesifikasi abrasi $1,774667 \times 10^{-6} \text{ mm}^3/\text{mm}$. Namun hal tersebut tidak terjadi pada temperatur 350°C, pada penambahan inoculan serbuk mangan 0,6% memiliki spesifikasi abrasi $2,391485 \times 10^{-6} \text{ mm}^3/\text{mm}$, pada penambahan inoculan serbuk mangan sebesar 0,8% memiliki spesifikasi abrasi $2,511537 \times 10^{-6} \text{ mm}^3/\text{mm}$, dan pada penambahan inoculan serbuk mangan sebesar 1,0%, memiliki spesifikasi abrasi $3,428471 \times 10^{-6} \text{ mm}^3/\text{mm}$. Untuk melihat pengaruh temperatur cetakan terhadap spesifikasi abrasi dapat dilihat pada Gambar 4.15 :



Gambar 4.15 Grafik Pengaruh Temperatur Cetakan Terhadap Spesifikasi Abrasi

Dapat dilihat pada Gambar 4.13 pengaruh temperatur cetakan terhadap spesifikasi abrasi. pada penambahan mangan 0,6% dengan temperatur cetakan 300°C memiliki spesifikasi abrasi $0,762383 \times 10^{-6} \text{ mm}^3/\text{mm}$, pada temperatur cetakan 350°C memiliki spesifikasi abrasi $2,391485 \times 10^{-6} \text{ mm}^3/\text{mm}$, dan pada temperatur 400°C memiliki spesifikasi abrasi $2,246879 \times 10^{-6} \text{ mm}^3/\text{mm}$. Pada penambahan inoculan serbuk mangan 0,8% dengan temperatur cetakan 300°C memiliki spesifikasi abrasi $0,608711 \times 10^{-6} \text{ mm}^3/\text{mm}$, pada temperatur cetakan 350°C memiliki spesifikasi abrasi $2,511537 \times 10^{-6} \text{ mm}^3/\text{mm}$, dan pada temperatur cetakan 400°C memiliki spesifikasi abrasi $2,108223 \times 10^{-6} \text{ mm}^3/\text{mm}$, dan yang terakhir pada penambahan inoculan serbuk mangan 1,0%, pada temperatur cetakan 300°C memiliki spesifikasi abrasi $0,58301 \times 10^{-6} \text{ mm}^3/\text{mm}$, pada temperatur

cetakan 350°C memiliki spesifikasi abrasi $3,428471 \times 10^{-6} \text{ mm}^3/\text{mm}$, dan pada temperatur cetakan 400°C memiliki spesifikasi abrasi $1,774667 \times 10^{-6} \text{ mm}^3/\text{mm}$.

Dari data tersebut dapat dilihat bahwa pada temperatur 300°C ke 350°C mengalami kenaikan spesifikasi abrasinya tetapi mengalami penurunan kembali pada temperatur cetakan 400°C, hal tersebut terjadi karena pada temperatur cetakan 350°C Inokulan tidak larut jadi tidak dapat dijadikan pembanding pada pengaruh temperatur cetakan, namun jika dilihat pada temperatur cetakan 300°C ke 400°C mengalami peningkatan spesifikasi abrasi, hal tersebut terjadi karena semakin tinggi temperatur cetakan maka nilai kekerasannya menurun (Purwanto, 2011), dan semakin kecil nilai kekerasan maka nilai spesifikasi abrasi akan meningkat (Shaik, 2019).