

30 Juni 2025

SEMINAR HASIL PROPOSAL TUGAS AKHIR

Analisis Pengaruh Penambahan Unsur Zn Terhadap Sifat Fisis
dan Mekanis Paduan Solder Bebas Timbal Sn-0.7Cu-1.5Ag

Penyusun

Leo Hermanus Kasi (06211035)

Dosen Pembimbing Utama

Andromeda Dwi Laksono, S.T., M.Sc., Ph.D.

Dosen Pembimbing Pendamping

Hizkia Alpha Dewanto, S.T., M.Sc.

www.itk.ac.id

LATAR BELAKANG

Industri Elektronik dan Limbah di Indonesia

Pertumbuhan sektor ekonomi Indonesia mencapai 14,59%

(BPS, 2023).

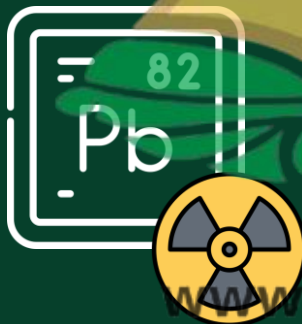
Permintaan masyarakat akan perangkat elektronik semakin meningkat

E-Waste adalah Limbah B3

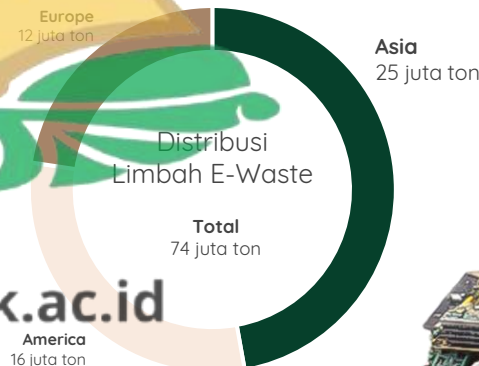
(Raj & Das, 2023).

Karena pesatnya perkembangan industri elektronik akibat permintaan masyarakat yang meningkat, menimbulkan tumpukan limbah elektronik (*e-waste*) yang tergolong limbah B3 karena mengandung Timbal (Pb) yang merupakan logam beracun.

(Dhinggir & Najicha, 2023).



Laporan *Global E-Waste Monitor* 2020



Proyeksi E-Waste Tahun 2030
74 juta ton



PCB & Penyolderan

PCB (*Printed Circuit Board*) merupakan komponen utama dari berbagai perangkat elektronik dengan proporsi 10-30%.

(Wang et al., 2017).

Penyolderan Konvensional >> Sn-Pb

Penyolderan (*soldering*) adalah proses menyambungkan kaki komponen elektronik ke jalur tembaga pada PCB menggunakan logam timah (*solder*). Proses ini dilakukan dengan memanaskan solder menggunakan *soldering iron* (alat solder).

(Heryanto, 2018).

Keunggulan 👍	Kelemahan 👎
Titik leleh rendah	Berbahaya bagi Kesehatan (logam beracun)
Basah permukaan lebih baik	Mencemari lingkungan
Lebih mudah diperbaiki	Tidak memenuhi standar RoHS
Harga lebih murah	Perlu prosedur keamanan ekstra

(Kumar & Maurya, 2018).

Upaya Mengurangi Dampak Timbal

Penerapan *Restriction of Hazardous Substances (RoHS)* dan *Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE)*

Aspek	RoHS COMPLIANT	WEEE 
Fokus	Pembatasan bahan berbahaya	Pengelolaan limbah elektronik
Lingkup	Selama proses pembuatan produk	Setelah produk menjadi limbah

(Chen et al., 2021)

Solder Bebas Timbal

Sn-Pb 

Sebuah inovasi terbaru yang ramah lingkungan yang dapat mengurangi pencemaran lingkungan dan berbagai resiko kesehatan (sakit, reproduksi, keracunan kronis & gangguan pernafasan).

(Wijayati & Purwanti, 2022).

www.itk.ac.id

Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh penambahan Zn terhadap sifat fisis paduan solder bebas timbal Sn-0,7Cu-1,5Ag?

2. Bagaimana pengaruh komposisi Zn terhadap sifat mekanis paduan solder bebas timbal Sn-0,7Cu-1,5Ag?

Tujuan Penelitian

1. Menganalisis pengaruh penambahan Zn terhadap sifat fisis paduan solder bebas timbal Sn-0,7Cu-1,5Ag.

2. Menganalisis pengaruh komposisi Zn terhadap sifat mekanis paduan solder bebas timbal Sn-0,7Cu-1,5Ag.

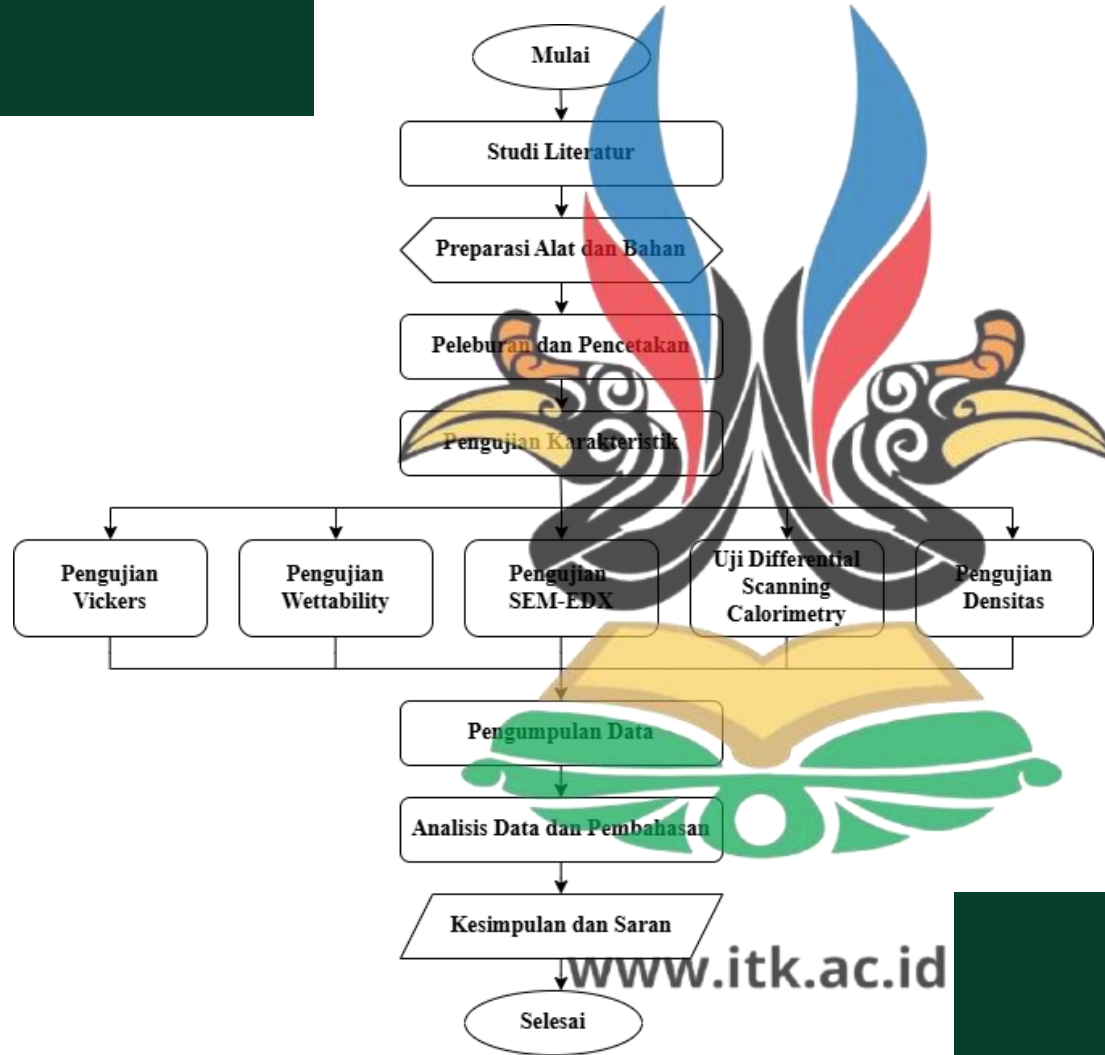


Diagram Alir

Variabel bebas

Variabel terikat

Variabel kontrol

Komposisi kandungan
%Zn (0, 7, 8, 9)

Sifat fisis dan mekanis
paduan solder bebas
timbal

Temperatur (500°C)
Waktu (30 menit)

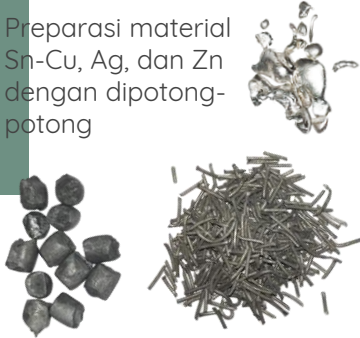
Variabel Penelitian & Mass Balance

No	Kode Sample	Berat Total Material (g)	Berat Ag (g)	Berat Zn (g)	Berat Sn-0,7Cu(g)
1	Sn-0.7Cu-1,5Ag	50	0,75	-	49,25
2	Sn-0.7Cu-1,5Ag-7Zn	50	0,75	3,5	45,75
3	Sn-0.7Cu-1,5Ag-8Zn	50	0,75	4	45,25
4	Sn-0.7Cu-1,5Ag-9Zn	50	0,75	4,5	44,75

Pembuatan Spesimen Paduan

01

Preparasi material Sn-Cu, Ag, dan Zn dengan dipotong-potong



03

Perendaman material ke dalam acetone, HCL, dan alcohol



05

Material dileburkan menggunakan furnace dengan temperatur 500°C dalam waktu 10 menit



07

Paduan telah selesai



02

Penimbangan massa material



04

Material diletakkan ke dalam graphite crucible

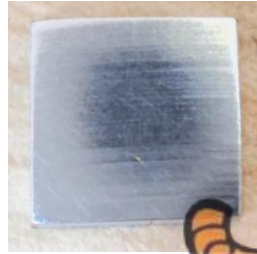


06

Paduan dituangkan ke dalam cetakan graphite, dan didinginkan dengan metode air cooling



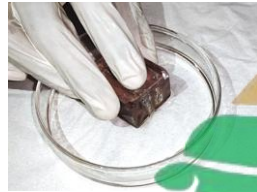
Pengujian Fisis (SEM-EDX)



Preparasi paduan solder
berukuran 1 x 1 cm



Paduan solder di-*grinding*
dengan kertas abrasif



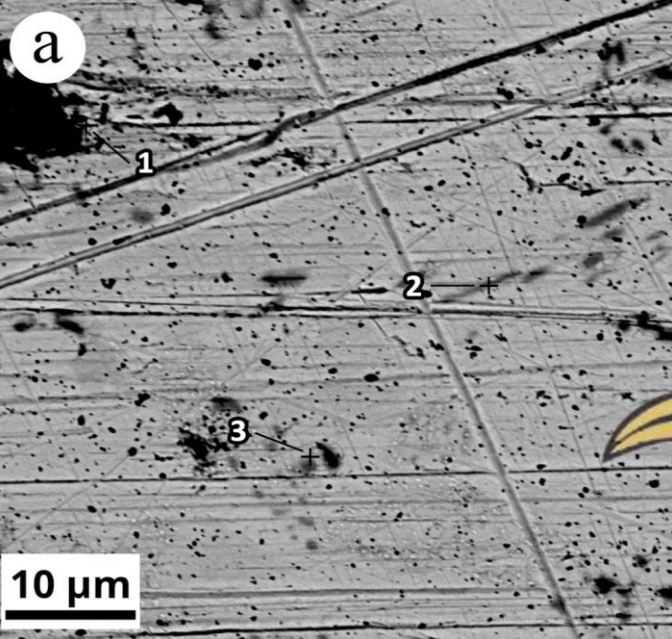
Paduan solder di-*etching*
dengan larutan Nital 3%
(alcohol 97% & 3% HNO₃)

Scanning Electron Microscopy - Energy Dispersive X-Ray Analysis
digunakan untuk mengamati morfologi paduan secara detail, dan
untuk mengetahui komposisi unsur pada lapisan IMC paduan solder.

www.itk.ac.id



a



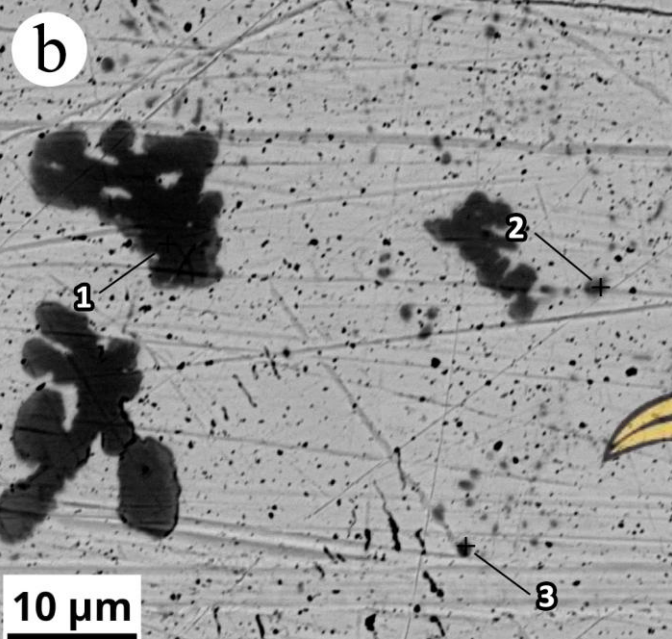
Hasil Pengujian SEM-EDX

Pada spot 1, kandungan unsur timah (Sn) sangat dominan dengan konsentrasi atomik sebesar 83,88%, disusul oleh perak (Ag) sebesar 12,73% dan tembaga (Cu) sebesar 2,01%, kandungan oksigen terdeteksi kecil sekitar 1,38%. Komposisi seperti ini mengindikasikan bahwa fasa intermetalik Ag_3Sn sangat mungkin terbentuk. Pada spot 2 dan 3 memiliki persentase Ag yang lebih besar, yang lebih memungkinkan terbentuknya intermetalik Ag_3Sn

Hasil Komposisi Unsur EDX Lapisan IMC Sn-0,7Cu-1,5Ag

Spot	Element number	Element symbol	Element name	Atomic conc.(%)	Weight conc.(%)
1	50	Sn	Tin	83,88	85,67
	47	Ag	Silver	12,73	11,14
	29	Cu	Copper	2,01	2,19
	8	O	Oxygen	1,38	1,00
2	50	Sn	Tin	56,21	47,36
	47	Ag	Silver	41,27	50,59
	29	Cu	Copper	1,29	1,33
	8	O	Oxygen	1,23	0,72
3	50	Sn	Tin	51,98	53,84
	47	Ag	Silver	43,37	43,31
	29	Cu	Copper	3,19	1,94
	8	O	Oxygen	1,46	0,91

b



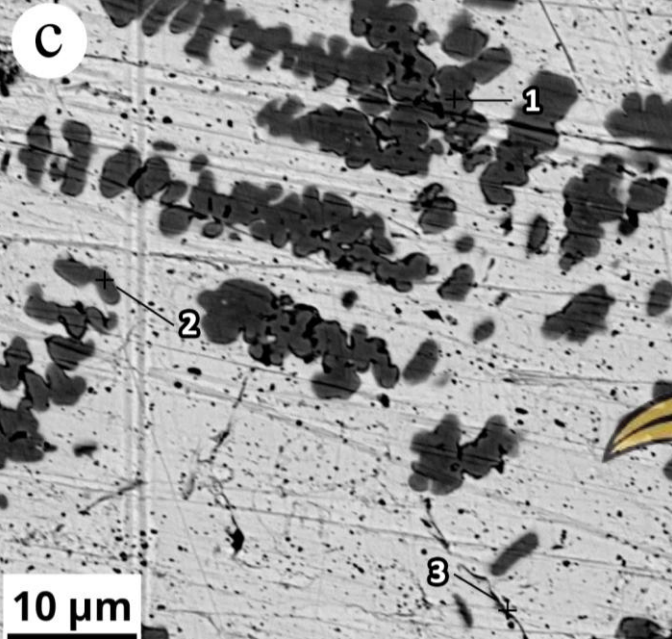
Hasil Pengujian SEM-EDX

Pada spot pertama, terdapat dominasi unsur Sn sebesar 69,33% dan kandungan Ag sebesar 9,11%, sedangkan Zn sekitar 18,57%. Kandungan Ag dan Zn yang cukup rendah memungkinkan membentuk fasa SnZn_3 dan Ag_3Sn minor. Pada spot kedua, kandungan Zn meningkat hingga 37,25%, sedangkan Sn hanya 52,36% dan Ag sangat rendah, yaitu 6,54%. Hal ini mengindikasikan kemungkinan terbentuknya fasa SnZn_3 . Spot ketiga juga menunjukkan kecenderungan serupa dengan kandungan Zn sebesar 39,24% dan Ag sebesar 5,82%, sehingga diperkirakan terbentuk fasa SnZn_3 .

Hasil Komposisi Unsur EDX Lapisan IMC Sn-0,7Cu-1,5Ag-7Zn

Spot	Element number	Element symbol	Element name	Atomic conc.(%)	Weight conc.(%)
1	50	Sn	Tin	69,33	76,84
	30	Zn	Zinc	18,57	11,86
	47	Ag	Silver	9,11	8,06
	8	O	Oxygen	2,99	3,24
2	50	Sn	Tin	52,36	53,64
	30	Zn	Zinc	37,25	41,82
	47	Ag	Silver	6,54	3,74
	8	O	Oxygen	3,85	0,8
3	50	Sn	Tin	51,86	49,63
	30	Zn	Zinc	39,24	38,34
	47	Ag	Silver	5,32	9,31
	8	O	Oxygen	3,58	2,72

C



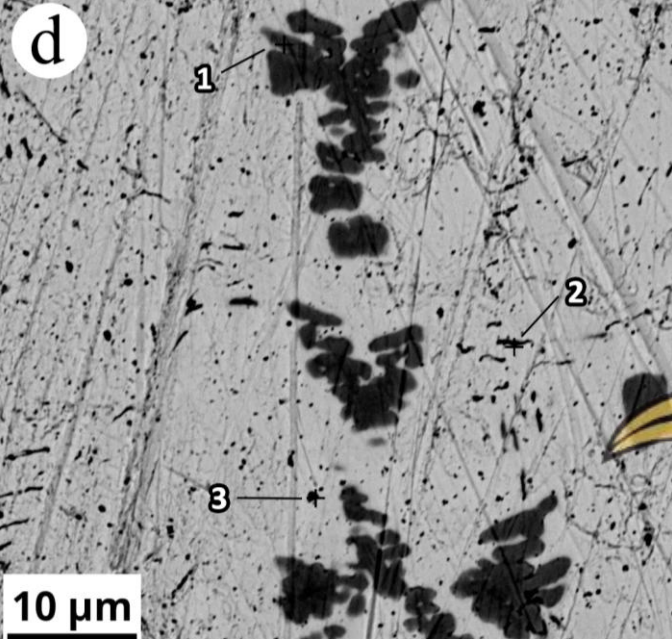
Hasil Pengujian SEM-EDX

Pada spot 1 mengandung Ag sebesar 11,79%, Zn sebesar 26,88%, dan Sn sebesar 37,56%. Kandungan Zn yang cukup tinggi memungkinkan membentuk fasa SnZn_3 . Ada kemungkinan juga Ag_3Sn minor terbentuk. Pada spot kedua, dominasi Sn sebesar 62,58% dan Zn 23,35% menunjukkan bahwa kemungkinan terbentuknya SnZn_3 relatif kecil dan mungkin Zn hanya terlarut dalam Sn. Spot ketiga sangat berbeda, dengan Sn hanya 2,89% dan dominasi unsur oksigen (20,98%) serta Zn sebesar 33,37%. Kandungan oksigen tinggi pada titik ini mengindikasikan kemungkinan terbentuknya senyawa oksida, seperti ZnO .

Hasil Komposisi Unsur EDX Lapisan IMC Sn-0,7Cu-1,5Ag-8Zn

Spot	Element number	Element symbol	Element name	Atomic conc.(%)	Weight conc.(%)
1	50	Sn	Tin	37,56	36,21
	30	Zn	Zinc	26,88	29,34
	29	Cu	Copper	31,41	21,97
	47	Ag	Silver	11,79	12,48
2	50	Sn	Tin	62,58	55,21
	30	Zn	Zinc	23,35	26,59
	8	O	Oxygen	11,79	10,64
	47	Ag	Silver	2,28	7,56
3	50	Sn	Tin	42,89	46,37
	30	Zn	Zinc	33,37	32,79
	8	O	Oxygen	20,98	18,74
	47	Ag	Silver	2,76	2,1

d



Hasil Pengujian SEM-EDX

Pada sampel 9Zn Spot 1, kandungan Sn sebesar 39,73 wt%, Zn sebesar 33,92 wt%, dan Ag sebesar 24,67 wt% sehingga sangat memungkinkan terbentuknya intermetalik SnZn_3 . Spot 2 menunjukkan peningkatan signifikan pada Zn (44,59 wt%) dan Ag (37,43 wt%), namun kandungan Sn menurun drastis menjadi 9,61 wt%, sehingga SnZn_3 tetap berpotensi terbentuk. Pada Spot 3, komposisi kembali menunjukkan dominasi Sn (43,56 wt%), dengan Zn sebesar 37,21 wt% dan Ag sebesar 18,34 wt%, serta oksigen yang sangat rendah (0,89 wt%), menegaskan terbentuknya intermetalik SnZn_3 secara dominan tanpa keterlibatan oksida.

Hasil Komposisi Unsur EDX Lapisan IMC Sn-0,7Cu-1,5Ag-9Zn

Spot	Element number	Element symbol	Element name	Atomic conc.(%)	Weight conc.(%)
1	50	Sn	Tin	45,61	39,73
	30	Zn	Zinc	37,24	33,92
	47	Ag	Silver	15,81	24,67
	8	O	Oxygen	1,34	1,68
2	30	Zn	Zinc	54,24	44,59
	47	Ag	Silver	41,25	37,43
	50	Sn	Tin	3,24	9,61
	8	O	Oxygen	1,38	8,37
3	50	Sn	Tin	47,37	43,56
	30	Zn	Zinc	39,74	37,21
	47	Ag	Silver	18,34	18,34
	8	O	Oxygen	3,35	0,89

Hasil Perhitungan Empiris Pada Komposisi Unsur Sn-0,7Cu-1,5Ag-(7Zn, 8Zn, 9Zn)*

Paduan	Spot	Unsur					Hasil
		Sn	Zn	Ag	O	Cu	
Sn-0.7Cu-1,5Ag-7Zn	1	9	2	1	3		$Sn_9Zn_2AgO_3$
	2	29	41	1	15		$Sn_{29}Zn_{41}AgO_{15}$
	3	5	7	1	2		$Sn_5Zn_7AgO_2$
Sn-0.7Cu-1,5Ag-8Zn	1	3	4	1		3	$Sn_3Zn_4AgCu_3$
	2	7	6	1	9		$Sn_7Zn_6AgO_9$
	3	20	26	1	60		$Sn_{20}Zn_{26}AgO_{60}$
Sn-0.7Cu-1,5Ag-9Zn	1	3	2	2	1		$Sn_3Zn_2Ag_2O$
	2	1	7	5	1		$SnZn_7Ag_5O$
	3	7	10	3	1		$Sn_7Zn_{10}Ag_3O$

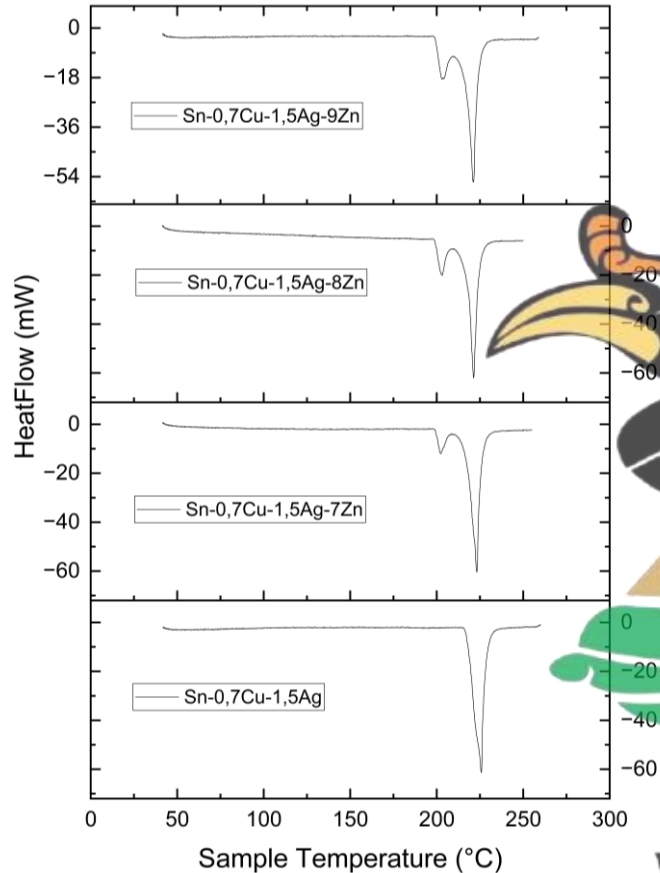
www.itk.ac.id

*Semua hasil komposisi unsur ditinjau kembali menggunakan rumus empiris untuk menegaskan hasil dari intermetalik

Hasil Pengujian
SEM-EDX

Pengujian DSC

Differential Scanning Calorimetry



Pada sampel tanpa Zn (0Zn), suhu solidus (T_1) tercatat sebesar 213,33°C dan suhu likuidus (T_2) sebesar 238,35°C, menghasilkan rentang leleh yang sempit yaitu 25,02°C. Hal ini menunjukkan bahwa paduan 0Zn mendekati sifat eutektik, di mana pelelehan terjadi secara cepat dan seragam, yang sangat ideal dalam proses penyolderan

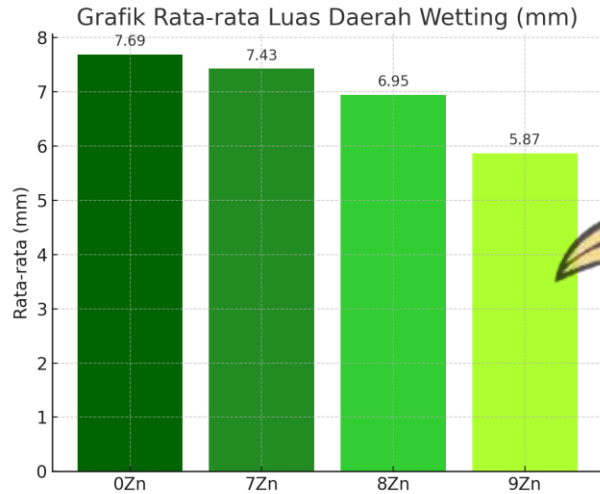
Pengujian DSC

Penambahan Zn menjadi 7Zn, 8Zn, dan 9Zn, terlihat bahwa suhu T_1 dan T_2 menurun secara signifikan, masing-masing menjadi sekitar 198,63°C hingga 196,93°C untuk T_1 dan 237,93°C hingga 234,16°C untuk T_2 . Data suhu onset, T_L , dan end T dari kurva DSC menunjukkan bahwa dengan penambahan Zn, titik awal dan akhir pelelehan bergeser ke suhu yang lebih rendah. Oleh karena itu, secara keseluruhan dapat disimpulkan bahwa meskipun penambahan Zn dapat menurunkan suhu leleh, paduan tanpa Zn (0Zn) memberikan karakteristik termal yang lebih stabil dan seragam, yang lebih disukai untuk aplikasi penyolderan yang presisi

(Laurila et al., 2005).

Alloy	$T_1(^{\circ}\text{C})$	$T_2/T_H(^{\circ}\text{C})$	$T_{\text{onset}}(^{\circ}\text{C})$	$T_L(^{\circ}\text{C})$	End $T(^{\circ}\text{C})$
0Zn	213,33	238,35	219,75	225,77	227,59
7Zn	198,63	237,93	218,68	223,19	225,02
8Zn	197,17	234,42	217,65	221,41	224,16
9Zn	196,93	234,16	216,81	221,27	223,99

Hasil Pengujian Wettability



Penambahan Zn dapat
 menyebabkan keterbatasan
 penyebaran pada solder
 penambahan Zn yang berlebih
 dapat menyebabkan viskositas
 (kekentalan) meningkat.

Langkah-langkah Pengujian Wettability



Plat tembaga
dibersihkan
dengan HCL 10%



Plat tembaga
dipanaskan di atas hot
plate dengan
temperatur terkontrol



Setelah pemanasan,
paduan didinginkan lalu
difoto dan diukur luar
areanya dengan aplikasi
Image J

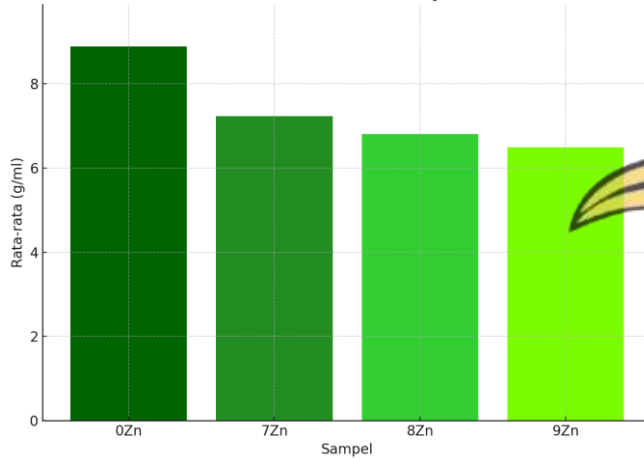


Ketika temperatur plat
mencapai 260° paduan
yang telah dipreparasi
berbentuk bola, diletakkan
di atas plat selama 3 menit

Sampel	Pengulangan (mm)			Rata-rata (mm)	Standar Deviasi
	(1)	(2)	(3)		
0Zn	7,3	8,75	7,02	7,69	0,92
7Zn	7,05	8,45	6,08	7,43	0,88
8Zn	6,5	7,78	6,57	6,95	0,71
9Zn	5,59	6,60	5,42	5,87	0,63

Hasil Pengujian Densitas

Grafik Rata-rata Massa Jenis



Hal ini menunjukkan bahwa kehadiran Zn mulai mempengaruhi homogenitas paduan, kemungkinan karena terjadinya segregasi atau pembentukan fasa intermetalik yang tidak merata.

Langkah-langkah Pengujian Densitas



Gelas ukur 100ml dan aquades sebanyak 50ml disiapkan



Paduan solder ditimbang dengan timbangan digital dan dicatat sebagai (w)



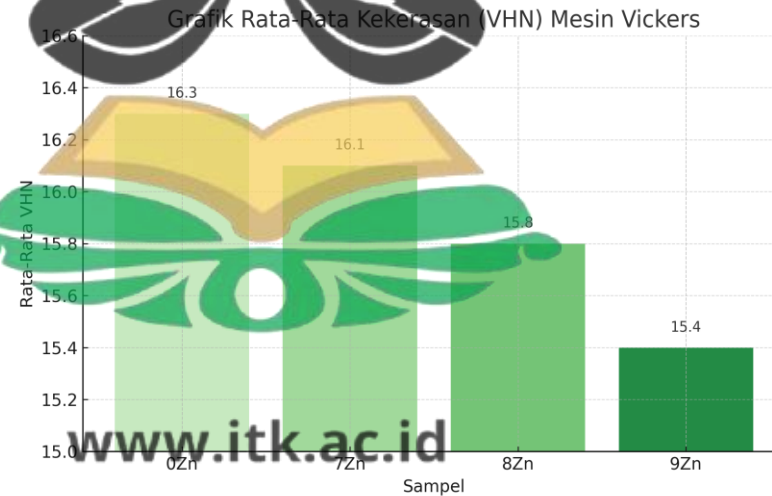
Paduan dimasukkan ke dalam gelas ukur yang berisi aquades untuk ditimbang dan dicatat sebagai (w1)

Sampel	Pengulangan (g/ml)			Rata-rata (g/ml)	Standar Deviasi
	(1)	(2)	(3)		
0Zn	9,33	8,73	8,62	8,89	0,38
7Zn	7,87	6,89	7,23	7,33	0,50
8Zn	6,92	6,48	7,05	6,81	0,30
9Zn	6,83	6,71	5,94	6,49	0,48



Hal ini mengindikasikan bahwa penambahan Zn ke dalam timah (Sn) menyebabkan terbentuknya fasa intermetalik seperti SnZn_3 yang bersifat jauh lebih lunak dibanding fasa lainnya seperti fasa utama Sn atau intermetalik Ag_3Sn

Sampel	Pengulangan			Rata-rata (VHN)	Standar Deviasi
	Titik 1	Titik 2	Titik 3		
0Zn	16,6	16,4	16,1	16,3	0,25
7Zn	16,3	16,2	16	16,1	0,15
8Zn	15,9	15,9	15,7	15,8	0,11
9Zn	15,8	15,8	15,7	15,4	0,05



Hasil Pengujian
Vickers



Kesimpulan

1. Sifat fisis dilihat dari pengujian SEM-EDX, Penambahan Zn (7-9%) diprediksikan dapat membentuk IMC SnZn_3 sehingga dapat memperkuat struktur mikro dan menurunkan titik leleh.
2. Sifat Mekanis dilihat dari pengujian vickers, DSC, Densitas, Wettability. Penambahan Zn pada pengujian vickers dapat menurunkan kekerasan, pada pengujian DSC, penambahan Zn dapat menurunkan titik leleh, pada pengujian wettability, penambahan Zn pada solder menyebabkan penyebaran yang lebih luas, dan pada pengujian densitas penambahan Zn membuktikan turunnya densitas. Dengan demikian penambahan Zn sangat baik dari segi kekerasan, titik leleh, dan homogenitas, Namun nilai menghasilkan wettabilitas penyebaran yang buruk.



Saran

1. Untuk penelitian selanjutnya, dapat menghitung luas area permukaan awal pada pengujian wettability.

TERIMA KASIH



www.itk.ac.id

Perbandingan Pengujian Densitas

Tabel 2. Data hasil pengukuran berat jenis paduan Sn-Cu-Ag

Kode Sampel	Berat (gram)	H_0 =ml	H_1 =ml	Δh =ml	Berat Jenis gr/ml
Sn-Pb					11.34
Sn-0.7Cu-1Ag	36.8	50	55	5.0	7.36
Sn-0.7Cu-1.5Ag	35.7	50	54	4.0	8.9
Sn-0.7Cu-2Ag	37.8	50	54	4.0	9.45

Sampel	Pengulangan (g/ml)			Rata-rata (g/ml)	Standar Deviasi
	(1)	(2)	(3)		
0Zn	9,33	8,73	8,62	8,89	0,38
7Zn	7,87	6,89	7,23	7,33	0,50
8Zn	6,92	6,48	7,05	6,81	0,30
9Zn	6,83	6,71	5,94	6,49	0,48

Perbandingan Pengujian DSC

Tabel 3. Data hasil pengukuran temperatur leleh paduan Sn-Cu-Ag

Kode Sampel	Temperatur Leleh (°C)
Sn-Pb	183
Sn-0.7Cu-1Ag	182
Sn-0.7Cu-1.5Ag	191
Sn-0.7Cu-2Ag	198

Alloy	$T_1(^{\circ}\text{C})$	$T_2/T_H(^{\circ}\text{C})$	$T_{\text{onset}}(^{\circ}\text{C})$	$T_L(^{\circ}\text{C})$	$T_{\text{End}}(^{\circ}\text{C})$
0Zn	213,33	238,35	219,75	225,77	227,59
7Zn	198,63	237,93	218,68	223,19	225,02
8Zn	197,17	234,42	217,65	221,41	224,16
9Zn	196,93	234,16	216,81	221,27	223,99

Perbandingan Pengujian Vickers

Tabel 4. Data hasil pengujian kekerasan pada paduan Sn-Cu-Ag

Kode Sampel	Kekerasan (VHN)
Sn-Pb	40
Sn-0.7Cu-1Ag	15.36
Sn-0.7Cu-1.5Ag	17.87
Sn-0.7Cu-2Ag	19.91

Sampel	Pengulangan			Rata-rata (VHN)	Standar Deviasi
	Titik 1	Titik 2	Titik 3		
0Zn	16,6	16,4	16,1	16,3	0,25
7Zn	16,3	16,2	16	16,1	0,15
8Zn	15,9	15,9	15,7	15,8	0,11
9Zn	15,8	15,8	15,7	15,4	0,05