



MONITORING PROSES PENYAMBUNGAN DUA LOGAM MENGGUNAKAN METODA ULTRASONIK

M. Rosyid Ridlo¹

¹*Pusat Riset Metalurgi dan Material Badan Riset dan Inovasi Nasional*

¹*Prodi Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Pamulang*

E-mail : rosyid325@gmail.com

Masuk : 29 Januari 2022

Direvisi : 18 Februari 2022

Disetujui : 26 Maret 2022

Abstrak: Penggabungan (*joining*) dua material dapat dilakukan baik secara mekanik, kimia ataupun fisika. *Bonding* adalah salah satu bentuk *joining* yang di dalam prosesnya terjadi difusi molekul dari salah satu permukaan material ke permukaan material yang lain (proses fisika). Fenomena difusi ini menghasilkan apa yang disebut sebagai lapisan antar muka (*interface layer*). Telah dilakukan *monitoring/* pengamatan secara in situ proses *bonding* antara logam Cu dengan SnBi menggunakan metoda ultrasonik dengan cara memancarkan gelombang ultrasonik ke arah tempat terbentuknya *interface layer*. Dari karakteristik gelombang pantul dari *interface layer* dapat dievaluasi kualitas *bonding* selama proses. Waktu lama proses *bonding* tiap sampel dipilih mulai dari 15, 30, 45 dan 60 menit. Karena eksperimen dilakukan pada suhu 180⁰ C perlu batangan stainless steel sebagai pandu gelombang (*wave guide*). Pandu gelombang in diletakkan anatara objek pengamatan dan transduser ultrasonik. Dari hasil FFT terdapat pergeseran pada puncak puncak gelombang pantul dari *interface layer*. Pergeseran tersebut kemudian dianalisis menggunakan metoda sub space. Sebagai hasil analisis, ketebalan lapisan *interface layer* dapat direpresentasikan dengan dua komponen mayor.

Kata kunci: ultrasonik, bonding, interface layer, FFT

Abstract: *Joining two material can be done either by mechanical, chemical or physical . Bonding is one of the joining form in which in the process occurs the diffusion of molecules from one surface material to the surface of another material (physical processes) . This diffusion phenomenon produces what is called interfacial layer .In situ observation/ monitoring of bonding process metal Cu with SnBi was carried out using ultrasonics method. The reflection wave characteristic from formed interface layer can be evaluated the bonding quality during process. The process bonding time every sample was from 15,30,45 and 60 minute. Because the experiment was set at 1800 C, it is needed stainless steel rod as waveguide. The waveguide was put between the observation object and ultrasonics transducer. From the FFT data, there are reflection wave peaks translation from the interface layer. The translations then be analysed using sub space method. As the analysis results, the thick of interface layer can represented by two major components.*

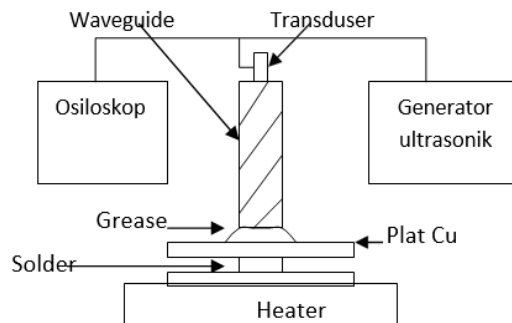
Keywords: *ultrasonics, bonding, interface layer, FFT.*

PENDAHULUAN

Penggabungan (*joining*) dua material umum dilakukan di industri manufaktur. *Joining* dapat dilakukan baik secara mekanik, kimia ataupun fisika[1]. *Bonding* adalah salah satu cara *joining* yang di dalam prosesnya terjadi difusi molekul dari salah satu permukaan material ke permukaan material yang lain[2]. Fenomena difusi ini menghasilkan apa yang disebut sebagai lapisan antar muka (*interface layer*). Dengan metoda ultrasonik kualitas bonding dapat dievaluasi dari karakteristik gelombang pantul terhadap *interface layer*. Evaluasi sambungan tersebut dilakukan setelah proses bonding selesai dan ini sudah banyak dilakukan oleh peneliti peneliti lainnya [3]. Dalam penelitian ini untuk pertama kalinya dilakukan monitoring secara langsung (*in situ*) selama proses bonding menggunakan metoda ultrasonik. Proses bonding dilakukan dengan metoda welding. Kedua logam ditempelkan pada suhu tertentu hingga terbentuk lapisan antar muka (*interface layer*) pada kedua permukaan logam yang bertemu. Ketika proses bonding dilakukan, gelombang ultrasonik dipancarkan ke arah *interface layer*. Pantulan gelombang dari *interface layer* ini kemudian dianalisis untuk mengetahui kualitas *bonding*. Monitoring langsung ini juga diharapkan dapat untuk menentukan berapa lama waktu proses bonding yang efektif. Dua material joining yang digunakan adalah Cu dan Sn Bi yang memiliki suhu eutectic sekitar 230° C[4]. Suhu ini relatif cukup tinggi, sehingga dalam eksperimen digunakan pandu gelombang (*waveguide*) yang diletakkan di antara objek material dengan transduser ultrasonik [5]. Dengan begitu transduser tidak mendapatkan panas yang berlebih. Suhu yang terlalu tinggi dapat merusak unjuk kerja transduser.

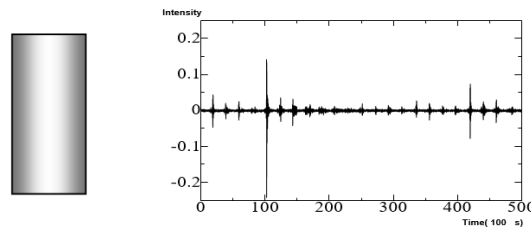
METODOLOGI

Set up eksperimen diperlihatkan pada gambar 1. Objek material yang di bonding diletakkan di atas *hot plate*. Objek berupa dua plat Cu yang di antara keduanya diletakkan logam SnBi. Akibat pemanasan sedikit di bawah suhu eutektik yaitu sekitar 180° C, logam SnBi akan meleleh dan molekul SnBi akan bergerak ke permukaan logam Cu membentuk *interface layer*. Di atas logam Cu bagian atas diletakkan pandu gelombang yang merupakan jalan jalar gelombang ultrasonik dari transduser. Grease diletakkan dibawah pandu gelombang sebagai medium rambatan gelombang ke logam Cu untuk mengatasi rongga udara yang menghambat gerak gelombang ultrasonik. Gelombang ultrasonik yang digunakan berfrekwensi 10 MHz dengan diameter probe 10 mm.

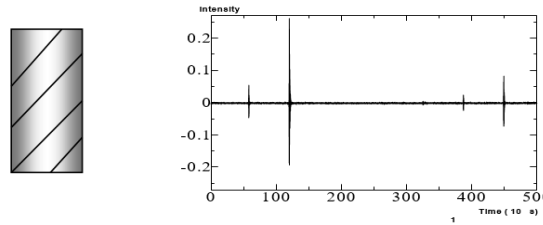


Gambar 1. *Set up* eksperimen

Pandu gelombang bergentuk silinder dengan diameter 10 mm panjang 50 mm terbuat dari bahan stainless steel (SKD 11-standar JIS) dan koefisien attenuasi 25 db/m. Untuk mengurangi *noise* pada sisi permukaannya dibuat alur alur menggunakan mesin bubut. Hal ini dimaksudkan agar gelombang ultrasonik yang mengenai sisi tidak seluruhnya terpantul kembali tapi akan dihamburkan (gambar 2 dan 3).



Gambar 2. Bentuk sinyal ultrasonik sebelum dibuat alur-alur



Gambar 3. Bentuk sinyal ultrasonik setelah dibuat alur-alur

Proses bonding dilakukan dengan lama waktu mulai 15,30,45 hingga 60 menit dengan masing masing dilakukan sebanyak 10 sample. Data data ini kemudian dianalisis dengan menggunakan FFT (*fast forier transform*) dan metoda analisis komponen utama[6]. Hasilnya kemudian dibandingkan dengan citra interface layer dengan mikroskop optik.

Metoda analisis komponen utama (*principle component analysis*)

Mula mula ditentukan Fungsi transfer yang didefinisikan perbandingan intensitas spektrum forier pada awal dengan akhir proses.

$$F(w) = 20 \log I (w_i)_t / I (w_i)_0 \quad (1)$$

Intensitas F(w) ini diukur pada interval $\Delta w = 0,25$ MHz pada zona frekwensi 7 hingga 12,25 MHz atau fungsi tranfer ini dibagi atas 21 kolom. Dari sini dapat diperoleh transpose dari F(w) yaitu $F^T(w)$. Selanjutnya dibuat matrik R yang didefinisikan.

$$R = \sum_{n=1}^n F(w) \cdot F^T(w) \quad (2)$$

Dengan n adalah total sampel. Nilai dan vektor Eigen dapat dihitung dari solusi persamaan vektor berikut:

$$R X = \lambda X \quad (3)$$

Nilai Eigen λ ditentukan berdasar magnitunya: λ_1 adalah eigen vektor terbesar, λ_2 kedua terbesar dst. Vektor eigen yang berkait dengan nilai eigen terbesar merefleksikan lebih dari himpunan distribusi frekuensi asal. Untuk memperoleh himpunan eigen vektor minimum nilai fidelity k(p) didefinisikan sebagai rasio jumlah eigen vektor pertama dengan jumlah nilai eigen total. Lalu fungsi transfer diproyeksikan pada dua vektor eigen. Selanjutnya koordinat Pn dan Pm ditentukan sebagai berikut:

$$P_n = (T(w) \cdot eigen \ vektor \ ke \ n)$$

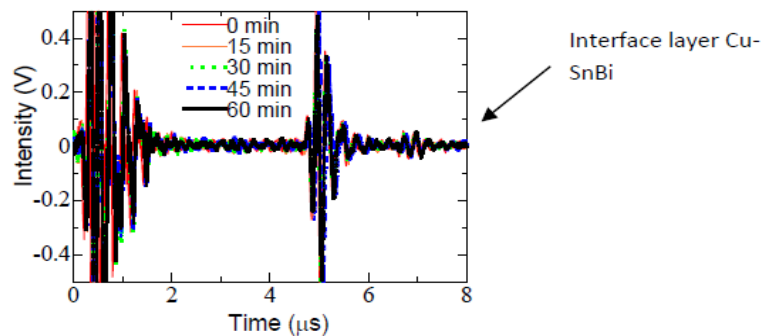
$$P_m = (T(w) \cdot \text{eigen vektor ke } m)$$

dengan $T(w) = R^T$

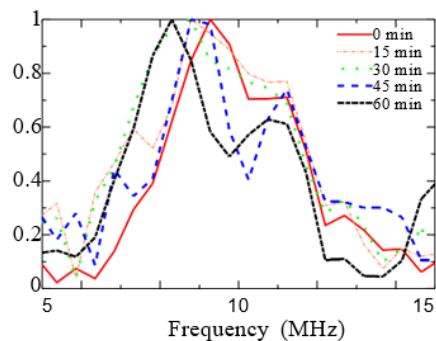
Pn dan Pm diartikan merupakan komponen fungsi transfer ke n dan m.

HASIL DAN PEMBAHASAN

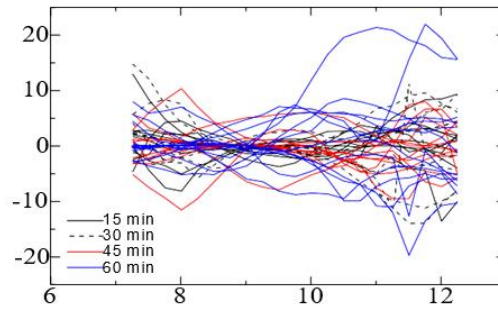
Jika dilihat melalui osiloskop dalam domein waktu mulai dari menit ke 0 hingga ke 60 tampak perubahan sinyal tidak dapat teramati dengan jelas (gambar 4). Akan tetapi ketika gelombang ditransformasikan ke domain frekuensi melalui program *Fast Forier Transform* (FFT) perubahan tersebut akan terlihat. (gambar 5). Pada gelombang tersebut disamping terjadi sedikit perubahan bentuk juga mengalami pergeseran diantara puncaknya. Pergeseran terjadi baik ke arah kanan atau kiri. Ini dapat dimengerti saat *interface layer* terbentuk dasar tembaga mulai meleleh dan dapat merefleksikan sinyal dalam arah yang acak [2]. Namun rata-rata untuk waktu penyambungan yang lebih lama jarak pergeseran makin besar. Ini dapat terlihat dengan jelas dari spectrum fungsi frekuensi. Untuk waktu 60 menit undulasi spektrumnya lebih lebar dari pada waktu yang lebih kecil (gambar 6).



Gambar 4. Pengamatan gelombang ultrasonik dalam domain waktu

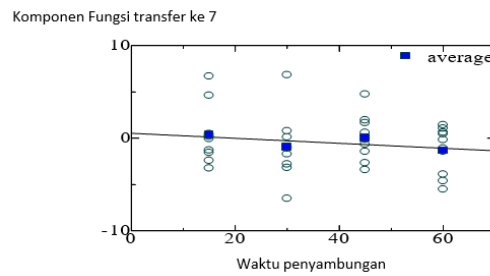


Gambar 5. Tipikal hasil FFT dari gelombang terpantul dari *interface layer*

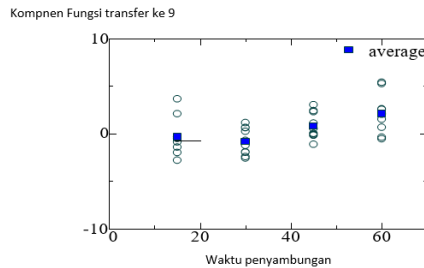


Gambar 6. Spektrum fungsi transfer

Fungsi transfer hasil FFT diperlihatkan pada gambar 6. Dari hasil urutan 10 *vector eigen* yang terbesar diperoleh komponen ke 7 dan ke 9 memiliki nilai mendekati nilai rata rata eksperimen (gambar 7 dan 8).



Gambar 7. Hubungan antara komponen ke 7 dengan waktu penyambungan



Gambar 8. Hubungan komponen ke 9 dengan waktu penyambungan

Sedangkan ketebalan interface layer sebanding dengan waktu penyambungan dapat dituliskan sebagai:

$$\delta = aP(t)_7 + bP(t)_9 + c \text{ dengan } a, b, c \text{ konstanta} \quad (4)$$

Karena nilai δ , $P(t)_7$, $P(t)_9$ didapat dari eksperimen maka melalui analisis regresi[7] diperoleh nilai a,b dan c masing masing $-0,021$, $0,19$ dan $2,01$. Ketebalan ini kemudian dibandingkan dengan ketebalan hasil pengukuran (gambar 9). Standar deviasi kurva sebesar $0,4875 \mu\text{m}$ yang lebih besar dari pada pengukuran eksperimen yang $0,109 \mu\text{m}$. Perbedaan ini diperkirakan karena waveguide tidak mampu mendeteksi ketebalan pada area lapisan *interface* yang lebih presisi. Gambar 10 merupakan citra *interface layer* dilihat menggunakan mikroskop optik. Tampak dari grafik ini secara kalkulasi (gambar 9) waktu bonding yang lebih lama menghasilkan interface layer yang lebih tebal. Data ini sesuai dengan hasil pengukuran secara manual dengan mikroskop optik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sankar, H. R., Adamvalli, M., Kulkarni, P. P., & Parameswaran, V. (2015). Dynamic strength of single lap joints with similar and dissimilar adherends. *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 56, 46–52. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijadhadh.2014.07.014>
- [2] Brandon, D., & Kaplan, W. D. (1997). *Joining Processes: An Introduction*. Wiley.
- [3] Elena Jasiūnienė ,et al (2019). *Ultrasonic non-destructive testing of complex titanium/carbon fibre composite joints*, 95:13-21 /<https://doi.org/10.1016/j.ultras.2019.02.009>. Epub 2019 Feb 28
- [4] Artur Kudyba (2016). *Perspectives and directions of the development of new generation lead-free soldering alloys and their application possibilities in the consumer electronics lead-free soldering technology*, Norwegian University of Science and Tech, DOI:10.7356/ioid.2016.17
- [5] Kazys, R., Sliteris, R., Rekuviene, R., Zukauskas, E., & Mazeika, L. (2015). *Ultrasonic Technique for Density Measurement of Liquids in Extreme Conditions*. *Sensors*, 15, 19393–19415.
- [6] Ian T. Jolliffe and Jorge Cadima.(2016). *Principal component analysis: a review and recent developments*, *Phil.Trans.R.Soc.A374:20150202*.<http://dx.doi.org/10.1098/rsta.2015.0202>
- [7] S.N. ALAM et al (2015), *Effect of Ag on Sn–Cu and Sn–Zn lead free solders* , *Materials Science-Poland*, 33(2), 2015, pp. 317-330 DOI: 10.1515/msp-2015-0048
- [8] Suresh Kumar,et al (2015). *An Evaluation of Quality of Joints in Two Dissimilar Metals Diffusion Bonded Using Ultrasonic*. *Materials and Manufacturing Processes* 31(16) DOI:10.1080/10426914.2015.1127957
- [9]Eskandar F et al (2017). *Effect of Dwell Time on Joint Interface Microstructure and Strength of Dissimilar Friction Stir Spot-Welded Al-5083 and St-12 Alloy Sheets*. *Metallurgical and Materials Transactions A* 48(4) DOI:10.1007/s11661-017-3971-7
- [10]A.J Saad et al (2014). *Behavior at Interface of Dissimilar Metals Joint between Aluminum and Carbon Steel Joint Using Element Promoter*. *Modern Applied Sciences*,8(5):1-8