

**INVESTIGASI KUANTITATIF SIFAT AKUSTIK
PRODUK GAMELAN BALI BERBAHAN DASAR PERUNGGU SILIKON**

**QUANTITATIVE INVESTIGATION ON ACOUSTIC PROPERTIES OF
SILICON_BRONZE GAMELAN BALI**

I Ketut Gede Sugita, I Gusti Ngurah Priambadi, I Putu Lokantara

Jurusan Teknik Mesin, Universitas Udayana, Bali-Indonesia
Kampus Bukit Jimbaran Bali
sgita_03@yahoo.com

Abstrak

Bahan alami gamelan Bali adalah perunggu timah putih (*high tin-bronze*). Perunggu jenis ini memiliki beberapa kelemahan seperti bersifat getas dan mahal. Perunggu silikon dikembangkan sebagai bahan gamelan untuk menanggulangi kelemahan perunggu timah putih. Kajian perunggu silikon sebagai alternatif bahan instrumen musik dalam proses penelitian yang berlanjut. Penelitian ini dirancang dengan tujuan untuk mengetahui karakteristik akustik perunggu silikon dalam aplikasi satu-kesatuan gamelan Bali.

Bahan yang digunakan adalah tembaga dan silikon murni (*pure commercial*) yaitu (99,98 %wt Cu) dan silikon murni (99,98%wt Si). Proses peleburan dilakukan pada dapur peleburan (*crucible furnace*). Bahan hasil coran diproses untuk pembuatan bilah instrumen gamelan (gangsa). Pengujian akustik meliputi *damping capacity* dan *spectrum* suara gamelan. Pengujian gamelan berbahan perunggu timah putih juga dilakukan sebagai pembandingan hasil pengujian gamelan berbahan perunggu silikon.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa Spektrum dan warna suara yang ditampilkan adalah sama. Namun *damping capacity* gamelan berbahan perunggu silikon relatif lebih besar dibandingkan dengan perunggu timah putih. Paduan perunggu silikon memiliki ketangguhan *impact* 6 kali lebih besar, dan koefisien radiasi suara yang lebih besar dibandingkan dengan perunggu timah putih 20%Sn.

Keywords: Perunggu silikon, akustik, *damping capacity*, gamelan

Latar belakang

Gamelan Bali merupakan seperangkat instrument musik tradisional yang berkembang di Bali. Keberadaan gamelan masih eksis hingga kini karena musik tradisional ini sangat berperan dalam mengiringi kegiatan budaya dan agama di Bali, terlebih Bali mengembangkan Pariwisata Budaya (*Culture Tourism*). "Pariwisata Budaya" atau *Cultural Tourism* adalah salah satu jenis pariwisata yang mengandalkan potensi budaya sebagai gaya tarik dominan sekaligus memberi identitas bagi pengembangan pariwisata (Geria, 1996). Pengembangan dan pelestarian seni budaya lokal yang merupakan kearifan lokal (*local genius*) menjadi salah satu konsentrasi yang perlu dikembangkan untuk menjaga kelestariannya.

Material yang umum digunakan sebagai bahan gamelan adalah perunggu timah putih (*high tin bronze*), dengan perbandingan tembaga dan timah putih adalah 10:3. Beberapa kelemahan perunggu komposisi ini adalah getas yang menyebabkan

sering terjadi kegagalan produk yaitu sering terjadi retak pada saat proses *forging* maupun setelah gamelan digunakan seperti ditunjukkan pada Gambar 1.

Timah putih sebagai bahan utama paduan memiliki harga yang sangat mahal sehingga berpengaruh pada mahalnya produk gamelan. Beberapa usaha yang dilakukan pengerajin adalah mencampur timah putih (Sn) dengan timah hitam (Pb) sebagai tambahan paduan, yang tentunya berdampak pada turunnya kekuatan dari paduan.

Pemilihan material musik harus mempertimbangkan sifat mekanik dan akustik bahan. Sifat mekanik bahan lebih dominan menimbang sifat kekuatan *impact* material tersebut, karena material yang digunakan pada musik khususnya gamelan, lebih banyak mendapat perlakuan beban pukul (*impact*) dibandingkan dengan beban mekanik lainnya. Kekuatan *impact* dan *damping capacity* ini menjadi pertimbangan yang bertolak belakang (kontradiktif) dalam menentukan bahan sebagai instrumen musik. Kekuatan *impact* yang semakin rendah menunjukkan semakin getas paduan tersebut.

Penelitian paduan perunggu silikon sebagai alternatif material gamelan merupakan proses penelitian yang berkelanjutan. Investigasi sifat mekanis perunggu silikon telah diuji, untuk mengetahui kelayakan sifat mekanik dan sebagai pembandingan sifat mekanik terhadap sifat mekanik perunggu timah putih (Cu-Sn).



Gambar 1. Kegagalan material gamelan

Sifat mekanik yaitu kekuatan *impact* dan ketahanan terhadap retak perunggu silikon 5% lebih baik dibandingkan perunggu timah putih 20% Si. Kekuatan *impact* enam kali lebih besar dari pada kekuatan *impact* perunggu timah putih (sugita, dkk. 2011).

Penelitian ini berfokus pada aplikasi perunggu silikon 5%Si sebagai satu kesatuan instrumen musik gamelan.

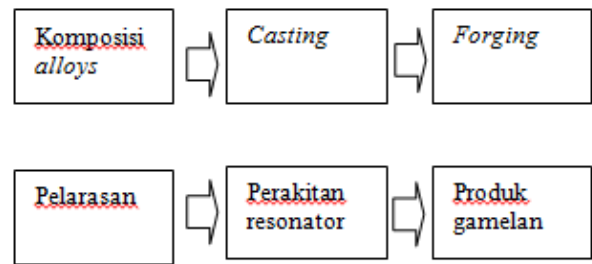
Metode Penelitian

Bahan dasar perunggu yang digunakan adalah perunggu timah putih 20%Sn dan perunggu silikon 5% Si. Tabel 1 menunjukkan komposisi paduan yang digunakan dalam penelitian.

Tabel 1 Komposisi Paduan bilah gamelan

Prosentase berat unsur	Paduan	
	Cu-20Sn	Cu-5Si
Cu	79.18	93,55
Sn	19.1	0,427
Si	-	4,73
Pb	1.18	0,696
Zn	0.505	0,427
Mn	0.002	0,002
As	0.011	0,004

Proses penelitian dilakukan dalam beberapa langkah sebagai berikut:



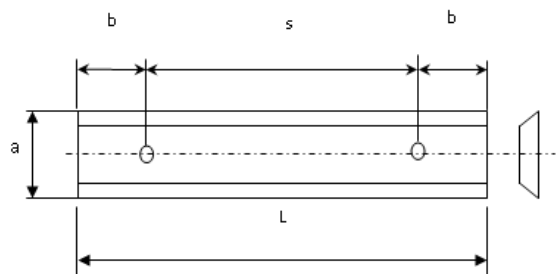
Gambar 2. Mekanisme pembuatan gamelan

1. Proses pembuatan gamelan berbahan kedua paduan, yang dimulai dari proses pengecoran paduan hingga perakitan dalam gamelan. Mekanisme pembuatan gamelan ditunjukkan dalam Gambar 2.
2. Khusus untuk paduan perunggu silikon tidak mendapat perlakuan *forging*, kedua paduan dicor dalam cetakan pasir
3. Langkah pengujian akustik dilakukan pada bilah gamelan yang telah dirakit yaitu telah dilengkapi dengan resonator.
4. Perhitungan damping capacity menggunakan metode *logarithmic decrement*

Data

Data spesimen uji

Spesimen uji adalah salah satu perangkat bilah gamelan yang disebut *gangse* seperti ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Ukuran bilah Gamelan

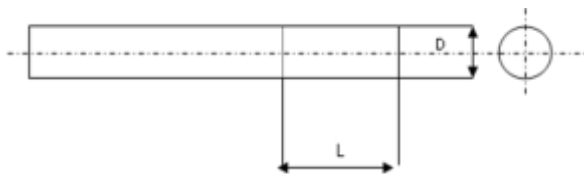
Tabel 2 Ukuran bilah gamelan

No	Nama nada	a(lebar) (mm)	Jarak lubang (mm)	t (tebal) (mm)	Panjang L(mm)
1	dong 1	68,5	67,5	8,2	285,0
		68,8	68,5	8,5	283,5
2	deng 1	67,0	67,0	9,3	278,5
		67,5	67,2	9,5	277,5
3	dung 1	66,5	65,8	10,0	262,5
		65,5	66,5	10,5	261,5
4	dang 1	63,5	64,5	11,1	258,5
		63,5	63,5	11,2	258,0
5	ding 1	62,5	62,5	11,5	245,5
		62,0	62,5	11,7	246,5
6	dong 2	61,5	57,5	12,0	244,0
		61,2	58,5	12,0	241,5

7	deng 2	61,5	58,3	12,5	236,5
		60,5	57,5	12,3	235,5
8	dung 2	57,6	56,5	13,5	230,5
		55,5	57,2	13,0	231,5
9	dang 2	53,5	55,8	14,5	221,5
		54,2	55,7	14,2	223,5
10	ding 2	52,5	53,6	16,6	212,5
		53,2	53,5	16,5	211,5

Ukuran Resonator

Resonator yang digunakan terbuat dari bambu. Jumlah resonator sesuai dengan jumlah bilah gamelan yang diteliti, yaitu 10 buah. Hal yang menjadi pertimbangan dalam pembuatan resonator adalah volume udara pada bambu yang nantinya berhubungan dengan frekuensi alami resonator. Frekuensi alami udara resonator dirancang lebih rendah sebesar 4-5 Hz dari frekuensi alami bilah pasangannya.



Gambar 4. Ukuran resonator bambu

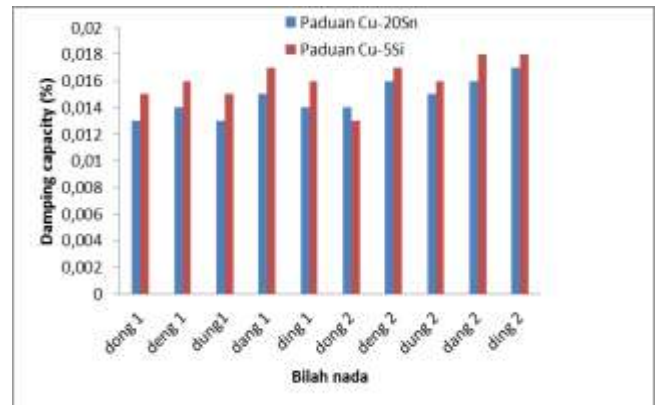
Tabel 3 Ukuran resonator

No	Resonator	Panjang (L) (cm)	diameter (D) (cm)
1	dong 1	66,98	36,35
		67,85	36,02
2	deng 1	91,70	38,00
		92,14	37,86
3	dung1	95,00	41,29
		95,25	40,76
4	dang 1	117,45	42,56
		117,35	42,50
5	ding 1	129,92	43,48
		129,97	43,87
6	dong 2	136,22	44,16
		137,65	43,97
7	deng 2	170,05	46,46
		171,25	46,65
8	dung 2	185,54	50,41
		185,75	51,15
9	dang 2	244,05	51,60
		245,10	52,25
10	ding 2	280,08	54,30
		281,12	54,87

Damping Capacity

Damping capacity merupakan ukuran kemampuan material untuk melepaskan energi selama benda tersebut bergetar. Gambar 5 menunjukkan nilai

damping capacity masing-masing bilah gamelan. *Damping capacity* bilah gamelan berbahan perunggu timah putih (Cu-20Sn) lebih rendah dibandingkan dengan bilah gamelan berbahan perunggu silikon (Cu-5Si).

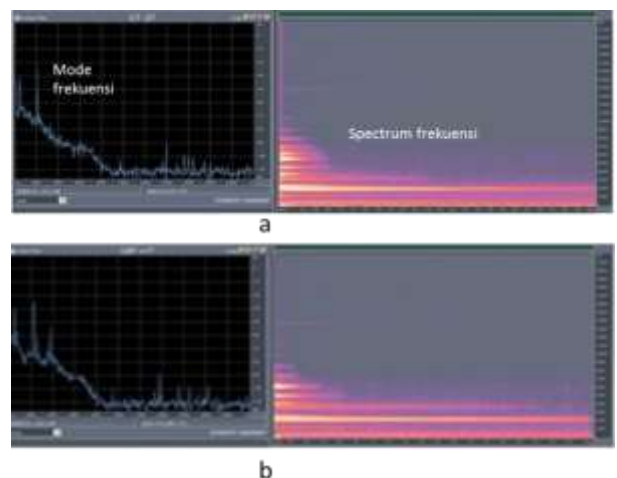


Gambar 5. Damping capacity paduan

Damping capacity rendah berarti kemampuan bilah tersebut melepaskan energi mekanik/getaran rendah yang ditandai oleh material tersebut lebih lama bergetar dibandingkan dengan material yang memiliki *damping capacity* yang lebih tinggi

Respon Frekuensi

Gambar 5 a dan b menunjukkan frekuensi respon (*spectrum*) hasil pengujian salah satu bilah gamelan. Frekuensi alami yang dibangkitkan ditunjukkan oleh garis terang yang paling panjang. Warna kuning pada gambar tersebut menunjukkan spektrum masing-masing frekuensi yang bergetar dalam fungsi waktu. Suara yang dihasilkan bilah perunggu timah putih maupun perunggu silikon dihasilkan oleh kombinasi beberapa frekuensi yang dihasilkan. Kombinasi frekuensi yang dibangkitkan memberikan warna suara masing masing bilah.



Gambar 6. Spectrum frekuensi bilah gamelan
(a) Perunggu Cu-20Sn (b) Perunggu Cu-5Si

Pembahasan

Bunyi yang dihasilkan oleh gamelan berasal dari getaran pada bilah gamelan akibat eksitasi pemukul ketika dimainkan. Frekuensi alami resonator dirancang mendekati frekuensi alami bilah, yang bertujuan untuk menghasilkan bunyi yang lebih kuat dan menghasilkan fenomena resonansi sehingga membuat bunyi gamelan lebih kuat dan tahan lama. Suara yang dihasilkan merupakan resultan dari kedua gelombang suara, yaitu gelombang asli dan hasil pantulan pada resonator. Frekuensi yang muncul pada gamelan didominasi oleh frekuensi alami bilah masing-masing yang diikuti oleh beberapa frekuensi ikutan. Resonator berfungsi sebagai penguat suara tanpa mengubah frekuensi dari sumber bunyi. Karakteristik frekuensi yang dihasilkan oleh kesepuluh bilah gamelan hampir sama mirip satu sama lain.

Dalam material akustik hubungan berat jenis (ρ) dan Modulus Elastisitas bahan (E) menentukan karakteristik bahan tersebut. Karakteristik akustik yang dimaksud adalah adalah kecepatan rambat gelombang getaran yang dipancarkan oleh material tersebut ketika digetarkan. Kecepatan rambat gelombang getaran yang dipancarkan oleh material (c) merupakan hubungan antara densitas (ρ) dan Modulus Elastis Young bahan (E), yang memiliki nilai proporsional dengan $\sqrt{E/\rho}$. Koefisien radiasi suara (R) yaitu koefisien kemampuan bahan tersebut mengubah energi getaran menjadi suara sama dengan $\sqrt{E/\rho^3}$. paduan perunggu silikon memiliki nilai koefisien radiasi suara yang lebih tinggi dibandingkan perunggu timah putih. Hal ini berarti perunggu silikon memiliki kemampuan merubah energi getaran menjadi energi suara lebih tinggi dibandingkan perunggu timah putih. Respon frekuensi yang dihasilkan masing-masing bilah memiliki karakter yang sama. Semua bilah menghasilkan frekuensi alami yang diikuti oleh beberapa frekuensi ikutan.

Karakteristik akustik berhubungan erat dengan modulus elastisitas bahan adalah kecepatan rambat gelombang getaran material, koefisien radiasi suara, *damping capacity* (Wegst, 2006). *Damping capacity* yang dibangkitkan oleh bilah gamelan berbahan perunggu timah putih lebih rendah dibandingkan dengan bilah gamelan berbahan perunggu silikon. Bilah perunggu timah putih memiliki kekerasan yang lebih tinggi dibandingkan dengan perunggu silikon. *Damping*

material berbanding terbalik dengan kekerasan material. Semakin keras material maka semakin kecil *damping* material tersebut. Material yang keras memiliki struktur yang lebih halus dan padat sehingga celah antar butir sangat kecil. Butiran halus ini membentuk banyak batas butir yang mampu menghambat gerakan dislokasi (Askeland, 1984). Ketika bilah mendapat getaran maka energi getaran tersebut tidak banyak yang hilang namun diteruskan oleh ikatan struktur yang terbentuk antar batas butir. De Silvia, (1999) menyebutkan bahwa *damping capacity* material salah satunya dipengaruhi oleh cacat mikrostruktur seperti batas butir dan *impurities*.

Kesimpulan

Aplikasi perunggu silikon 5%Si sebagai bahan alternatif untuk gamelan memberikan respon akustik yang sama dengan perunggu timah putih (*high tin bronze*) yang umum digunakan sebagai bahan Gamelan. *Damping capacity* yang dihasilkan masih relatif lebih besar, namun perunggu silikon memiliki koefisien radiasi suara yang lebih baik dibandingkan dengan perunggu timah putih.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terimakasih yang sangat dalam penulis sampaikan kepada DIKTI melalui LPPM Universitas Udayana yang telah membiayai penelitian ini. Ucapan terimakasih juga penulis sampaikan kepada segenap pihak yang membantu kelancaran penelitian ini

Daftar Pustaka

1. ASTM, E 1876-01, Standard Test Method for Dynamic Young, Shear Modulus, and Poisson's Ratio, by Impulse Excitation of vibration, ASTM International, 2002.
2. De Silva, C, W, Vibration Fundamental and Practice, Boca Raton London, CRC Press, 1999.
3. Favstov Y. K, Zhraevl, L.V., Kochetkova, L.P., Structure and Damping Capacity of Br022 Bell Bronze, Journal Metal science and Heat treatment, vol.45, pp. 449-451, 2003.
4. Lisovskii, V. A, Lisovskaya. O. B, Kochetkova, L. P, Favstov, Yu. K, Sparingly Alloyed Bell Bronze with Elevated Parameters of Mechanical Properties, Journal Metal Science and Heat treatment, vol. 49, 232-235, 2007.
5. Sugita, I Ketut Gede, Soekrisno, R., Miasa, I Made, Suyitno, Karakteristik Damping Capacity Dan Sifat Mekanis Tin Bronze Sebagai Material Musik, Prosiding Seminar Nasional Perkembangan Riset dan Teknologi di Bidang Industri ke 17. Fakultas Teknik UGM, ISBN 978-979-95620-7-4, 2011.
6. Sugita, I Ketut Gede, Soekrisno,R., Miasa, I Made, Suyitno, Mechanical and Damping Properties of

Silicon Bronze for Music Applications
International Journal of Engineering &
Technology IJET, Vol 11 No 04,2011.

7. Wegst, U.G.K, Wood for Sound, American
Journal of Botany, vol. 93, pp 1439–1448,
2006.