

Pengaruh *Holding Time* Terhadap Kekerasan Material Bilah Gangsa Gamelan Bali

Simon Paskah Aprian Damanik, I Gusti Ngruah Priambadi, Wayan Nata Septiadi

Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

Abstrak

Pemilihan material musik harus memperimbangkan sifat mekanis dan akustik dari bahannya. Pada umumnya material yang digunakan sebagai bahan gamelan adalah perunggu timah putih, maka penelitian ini menggunakan paduan 80%Cu – 22%Sn. Pembuatan spesimen dilakukan dengan cara persiapan bahan, proses peleburan, proses penuangan, proses pendinginan dan proses pengecoran. Untuk mengetahui pengaruh *holding time* terhadap sifat mekanis kekerasan material dilakukan dengan menggunakan metode uji kekerasan Vickers. Hasil uji menunjukkan bahwa perlakuan temperatur *holding time* berpengaruh terhadap sifat mekanis pada spesimen paduan. Hasil tertinggi pada titik tengah spesimen dengan jarak 1,5 m dengan nilai 37,343 VHN. Semakin lama spesimen mengalami waktu penahanan dan temperatur yang meningkat, maka semakin berkurang nilai kekerasannya.

Kata kunci: gamelan Bali, waktu tahan, perunggu timah putih, kekerasan vickers

Abstract

The choice of musical material must take into account the mechanical and acoustic properties of the material. The material commonly used for gamelan is tin bronze, so this study used an alloy of 80% Cu - 22% Sn. Specimen making is done by means of material preparation, smelting process, pouring process, cooling process and casting process. To determine the effect of *holding time* on the mechanical properties of material hardness, the Vickers hardness test method was used. The test results show that the *holding time* temperature treatment affects the mechanical properties of the alloy specimens. The highest yield was at the midpoint of the specimen with a distance of 1.5 m with a value of 37,343 VHN. The longer the specimen experiences a *holding time* and the temperature increases, the less its hardness value will be.

Keywords: Balinese gamelan, holding time, tin bronze, vickers hardness

1. Pendahuluan

Bali memiliki kultur yang beragam dan berjalan bersama di kehidupan masyarakat pendukungnya yang didasari dengan konsep *desa kala patra* , artinya budaya yang hidup dalam ruang, dan kondisi. Sebagaimana keberadaan kesenian pada umumnya gamelan juga memiliki fungsi dan arti yang cukup penting di kehidupan masyarakat umumnya dalam kegiatan upacara agama.

Industri gamelan Bali berbahan perunggu timah putih cukup banyak tumbuh di Bali khususnya di Desa Tihingan, Kabupaten Klungkung. Alunan tabuh yang dimainkan menggunakan gamelan mampu membangkitkan suasana harmonis dan mistis di dalam pelaksanaan suatu upacara *yadnya* [1]. Karena khususnya material yang di pakai gamelan banyak mendapat perlakuan pukulan, maka pemilihan material musik harus memperhitungkan sifat mekanis dan akustik dari bahannya. Sifat mekanis menimbang pada sifat kekerasan material tersebut.

Paduan *Tin Bronze* (perunggu, timah) memiliki sifat mekanis dan akustik yang baik, dalam temperatur ruang dengan kondisi stabil, yaitu dapat

menghasilkan suara yang bergema (*low damping vibration*) [2].

Penelitian ini menggunakan paduan 80%Cu – 22%Sn dengan temperatur peleburan dengan varian waktu tahan (*holding time*) terhadap sifat mekanis material bilah gangsa gamelan Bali yang dihasilkan. Untuk mengetahui sifat mekanis kekerasan material dilakukan dengan metode pengujian kekerasan Vickers.

2. Dasar teori

2.1 Bahan Gamelan

Dalam pembuatan gamelan dipakai paduan perunggu, kuningan dan besi. Bahan perunggu merupakan perpaduan antara tembaga dan timah putih (Cu-Zn), matrik tembaga mempunyai beberapa keunggulan yaitu mempunyai keuletan yang tinggi, konduktor panas dan listrik yang baik [3]. Tembaga mempunyai sifat keuletan dan memiliki kekuatan yang rendah, tetapi bila di padukan dengan unsur logam lain seperti Berilium (Be), Seng (Zn), Timah Putih (Sn) maka kekuatannya akan bertambah. Baik dalam keadaan tmeperatur tinggi dan temperatur rendah, tembaga sangat lentur

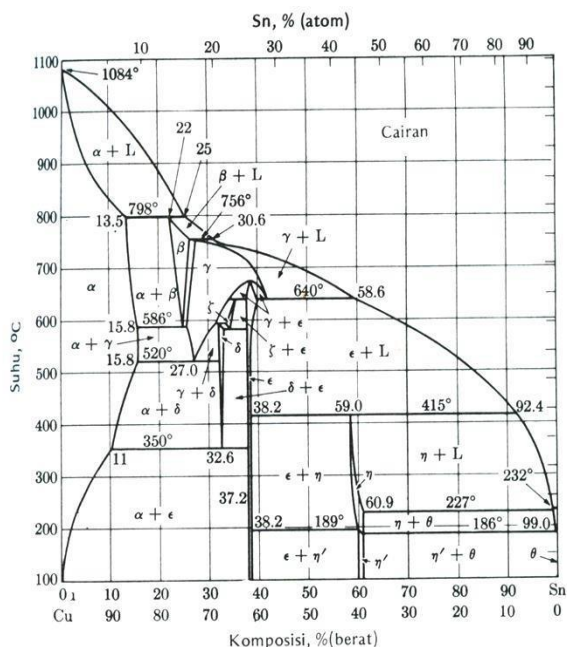
diregangkan, digiling, dan dimartil. Pemberian bentuk dalam keadaan panas harus berlangsung diatas sekitar 650°C.

Timah putih mempunyai sifat akustik yang bagus, dan bisa memberikan nada yang bergema dengan waktu yang berdegung lebih lama, akan tetapi paduan ini bersifat getas. Timah putih dapat dengan mudah dituang dan dapat dibentuk dengan baik dalam keadaan dingin. Timah putih adalah logam *post-transition* keperakan dan salah satu logam pepadu yang penting sebagai pelindung permukaan untuk mencegah karat.

2.2 Holding Time (Waktu Tahan)

Holding Time adalah waktu tahan yang dilakukan untuk mendapatkan kekerasan maksimal dari suatu bahan padat pada proses *hardening* dengan menahan pada suhu pengerasan untuk memperoleh pemanasan yang *homogeny* sehingga struktur *austenite*-nya *homogeny* atau terjadi kelarutan karbida ke dalam *austenite* dan difusi karbon ke unsur paduannya [4]. Paduan perunggu diberikan perlakuan panas untuk mendapatkan sifat ketangguhan yang maksimal dengan beberapa tahap proses yaitu: awal pemanasan, lanjutan pemanasan, waktu tahan suhu stabil, dan pendinginan.

2.3 Diagram Fase Paduan Tembaga dan Timah



Putih

Gambar 1. Diagram Fase Cu-Sn

Nilai *modulus Young* dan elemen lainnya menurut beberapa sumber pada perunggu timah cukup bervariasi antara 0.96 – 1.2E+5 MPa dan densitas 7400-8900 kg/m³. Densitas perunggu timah putih

cukup dipengaruhi oleh besar porositasnya. Menambah timah terhadap tembaga sangat berpengaruh terhadap titik peleburannya.

Gambar diatas dapat dilihat bahwa kemampuan untuk melarutkan timah putih dengan prosentase diatas 13,5% selama terjadi proses pembekuan dimana akan terbentuk fase α (*alfa*), pada temperatur dibawah akan terbentuk fase $\alpha + \delta$ (*eutectoid phase*) akan terjadi. Pada paduan ini fase α yang terbentuk merupakan fase yang larut pada kondisi padat tetapi lebih lunak.

Penambahan komposisi timah akan menaikkan viskositas yang dapat menurunkan mampu alir dan menurunkan panjang fluiditas. Batas daerah pembekuan pada $\alpha + L$ lebih panjang sementara batas daerah pembekuan $\beta + L$ lebih pendek. Transisi *intermetallic* fase α dan β ini akan mengakibatkan peningkatan viskositas paduan mulai pada 10% Sn dan maksimum 25% Sn. Penamabahan 20-3-% Sn akan mempengaruhi viskositas pada phase β dan γ *intermetallic* [5].

2.4 Uji Kekerasan (Vickers)

Kekerasan suatu material menunjukkan ketangguhan material tersebut dalam menahan deformasi plastis. Pengujian kekerasan dengan metode *vickers* komposisi logam bertujuan untuk mengetahui angka kerasnya logam tersebut.

Pada pengujian yang dilakukan, pengujian kekerasana ini menggunakan alat *Vickers Hardness Tester*. Lama waktu penjejakan berlangsung selama 15 detik dan dapat menghasilkan ketelitian antara 2-4 mikro millimeter. Panjang diagonal dapat diukur pada arah horizontal ditandai dengan d_1 begitu sebaliknya vertikal ditandai dengan d_2 untuk mendapatkan nilai rata-rata d , panjang diagonal jejakan.

Kekerasan *Vickers* atau *hardness Vickers* (HV) merupakan hasil bagi yang didapatkan dari pembagian beban $P = 100$ Kg dengan kurva luas permukaan indentasi (mm^2) dimana kurva permukaan tersebut dianggap sebagai bagian dari kerucut yang diagonalnya d (mm) tadi.

Nilai kekerasan bisa dijumlahkan dengan rumus *Vickers* sebagai berikut [6] :

$$VHN = \frac{2P \sin(\frac{\theta}{2})}{d^2} = \frac{1.854 P}{d^2} \quad (1)$$

Dimana:

- VHN = *Vickers Harndess Test* (Kg/mm²)
- P = Beban yang diberikan (100 Kg)
- θ = Sudut antara permukaan intan 136°
- d = Panjang diagonal rerata indetasi (mm)

3. Metode Penelitian

3.1 Prosedur Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental. Proses pembuatan bahan perunggu yang nantinya diaplikasikan sebagai material dasar 80%Cu – 20%Sn. Variasi waktu *holding time* ditentukan berdasarkan variasi jarak melalui koi peleburan menuju proses penuangan ke dalam cetakan. Variasi waktu *holding time* dihitung menggunakan *stopwatch* dengan ketentuan variasi jarak 1 meter, 1.5 meter dan 2 meter, 2,5 meter.

3.2 Variabel Penelitian

Variabel bebas pada penelitian adalah ini adalah *holding time*. Sedangkan yang menjadi variabel terikat adalah sifat mekanis kekerasan material paduan. Selain itu terdapat juga variabel control yakni, temperatur peleburan dan temperature penahanan, komposisi material, dimensi, dan ukuran benda uji.

3.3 Peralatan Pengujian

Adapun peralatan utama yang dibutuhkan pada penelitian ini adalah tungku atau dapur pemanas. Selain itu butuh beberapa alat ukur dan peralatan tambahan lainnya berupa *stopwatch*, jangka sorong, amplas, autosol, mesin gerinda potong, computer, dan mesin uji kekerasan.

3.4 Tahapan Pelaksanaan

Adapun tahapan pembuatan adalah dengan meleburkan logam murninya di dalam satu tungku, kemudian dituangkan kedalam cetakan. Setelah spesimen selesai dibuat kemudian spesimen dimasukkan kedalam cetakan dengan waktu penahanan. Selanjutnya potongan bilah ditandai sesuai sampel dengan kode sampel untuk pengujian kekerasan. Setelah melakukan pemanasan, bilah gamelan yang sudah dipanaskan dibiarkan mendingin dengan media pendingin dari udara sekitar.

1. Pemotongan Spesimen

Spesimen pengujian yang sudah di *forging* dengan panjang 24 cm dipotong dengan ukuran: 6 cm x 2,8 cm x 1 cm. Pemotongan spesimen menggunakan gergaji mesin.

2. Pengukuran Spesimen

Spesimen yang sudah dipotong diukur menggunakan jangka sorong agar presisi sesuai dengan ketentuan.

3. Pengamplasan

Pengamplasan bertujuan untuk meratakan dan

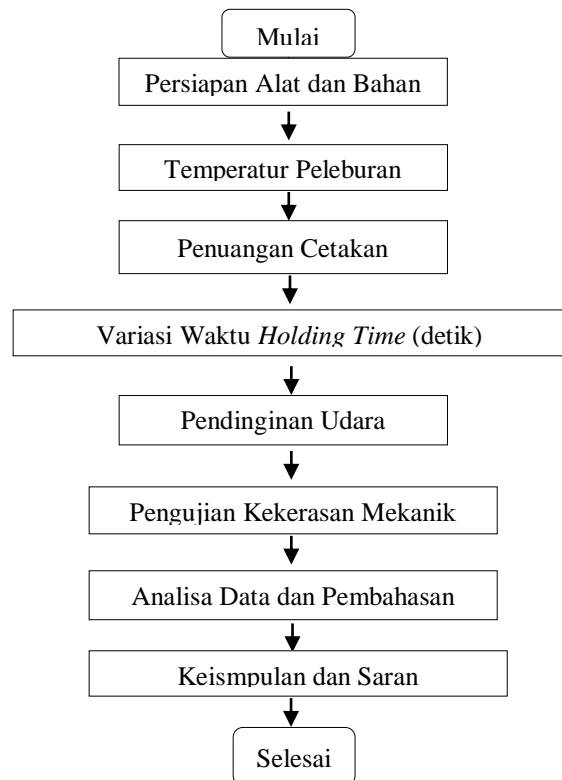
4 Hasil dan Pembahasan

memperhalus permukaan spesimen menggunakan amplas dengan ukuran kekasaran: 500, 1000, 1500 dan 2000 dengan waktu pengamplasan yang sama.

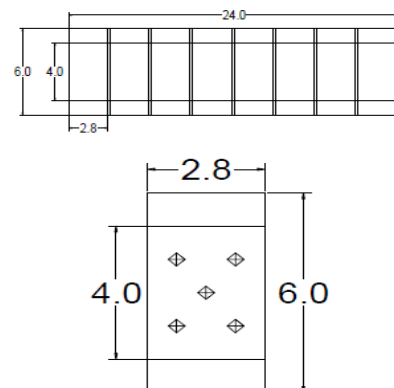
4. Pemolesan

Pemolesan dilakukan dengan autosol. Proses ini bertujuan untuk membersihkan permukaan sebelum melakukan pengujian sehingga mempermudah pengujian kekerasan.

3.5 Diagram Alir Penelitian



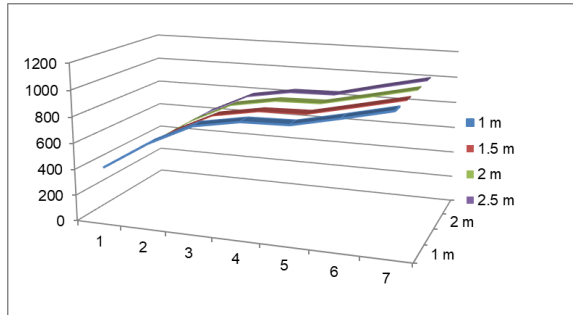
Gambar 2. Diagram Alir Penelitian



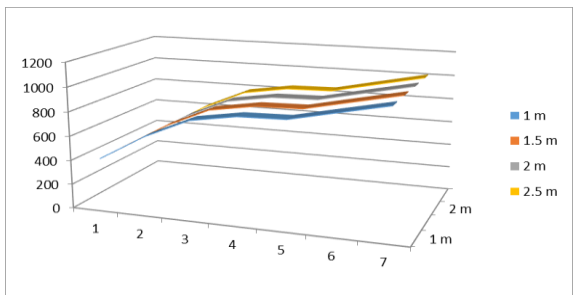
Gambar 3. Dimensi Spesimen Uji

4.1 Holding Time (Waktu Tahan)

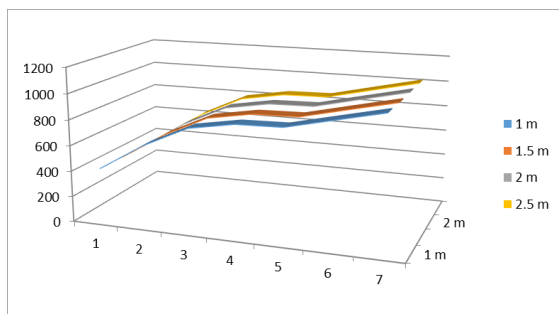
Proses perlakuan panas yang dilakukan dengan temperatur pemanasan terhadap jarak dari tungku. Maka didapatkan hasil temperatur pemanasan dengan menggunakan Termokopel 4 channel *National Instrument NI USB-9211/9211A*.



Gambar 4. Grafik Temperatur Peleburan



Gambar 5. Grafik Temperatur Peleburan



Gambar 6. Grafik Temperatur Peleburan

Naiknya temperatur dapat menyebabkan kurangnya tegangan permukaan antara logam cair dengan dinding cetakan dan viskositas, sehingga menambah kecepatan pengisian. Peleburan paduan perunggu memberikan manfaat pada penurunan

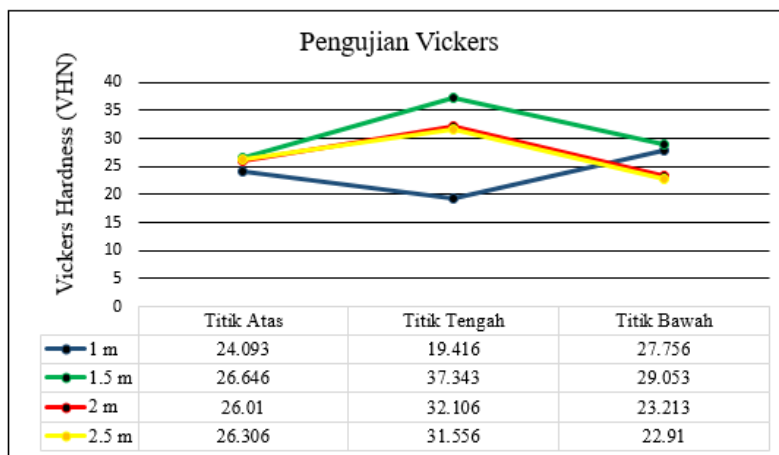
terhadap penggunaan bahan bakar, sehingga pembakaran menjadi lebih sempurna dan temperatur yang dihasilkan semakin tinggi. Setelah diberikan *holding time* atau penahanan waktu yang berbeda, maka bentuk butir berubah menjadi membesar. Perlakuan temperatur *holding time* berpengaruh terhadap ukuran dan bentuk strukturmikro pada material specimen. Strukturmikro sangat berpengaruh pada proses pembentukan besarnya butiran dan luas batasan butir tersebut.

4.2 Pengujian Kekerasan Vickers

Pengujian kekerasan yang dilakukan adalah dengan proses pengujian untuk mengetahui tingkat kekerasan material dengan menggunakan alat uji kekerasan mikro *Vickers* standar ASTM E92-82 (2003) dengan pembebanan 10 kg. Data hasil pengujian menunjukkan keras-lunak permukaan suatu material logam di setiap lokasi penjeakan berbeda-beda, hal ini ditunjukkan dengan panjang diagonal indentasi yang berbeda-beda karena faktor kehalusan permukaan, porositas, jenis perlakuan, dan unsur-unsur paduan. Diagonal yang lebih panjang memberikan pengertian bahwa nilai kekerasan material rendah, sebaliknya diagonal yang lebih pendek memberikan pengertian bahwa nilai kekerasan material tinggi.

Semakin lama spesimen mengalami waktu penahanan dan temperatur yang meningkat, maka semakin berkurang nilai kekerasannya. Perbedaan nilai tersebut diakibatkan oleh pengaruh lama waktu spesimen mengalami perlakuan panas sehingga menyebabkan nilai kekerasan menjadi turun. Dan juga *holding time* menyebabkan struktur mikro spesimen menjadi ikut berubah [7].

Dapat diketahui bahwa laju pendinginan yang tinggi pasti menghasilkan nilai kekerasan yang lebih tinggi daripada laju pendinginan rendah, karena kekerasan perunggu juga sangat dipengaruhi oleh kemunculan porositas dan retak. Kondisi ini terjadi dilihat dari komposisi tembaga yang mempunyai kekuatan mekanis material yang tinggi dan bersifat ulet, yang struktur atom yang membentuk sampel termampatkan sehingga material akan menjadi lebih keras [8].



Gambar 7. Hasil Pengujian Kekerasan Vicker

Berdasarkan gambar di atas bahwa hasil tertinggi pengujian mekanis kekerasan *Vickers* berada pada titik tengah sampel dengan jarak 1,5 m dari tungku dengan nilai 37.343 VHN dan terendah pada titik tengah sampel jarak 1 m dengan nilai sebesar 19.416 VHN. Hal ini disebabkan lama waktu pembekuan akibat temperatur, sehingga laju pembekuan yang rendah menghasilkan struktur yang kasar [9]. Porositas adalah salah satu karakteristik dari benda coran, berupa lubang-lubang kecil yang terbentuk akibat terdapat gelembung gas hidrogen pada logam cair yang tidak sempat terbebaskan pada saat logam cair membeku, letak porositas dapat menyebar atau berkumpul didaerah tertentu. Porositas yang terbentuk sangat dipengaruhi oleh laju pendinginan, jika laju pendinginan lambat, maka porositas yang terbentuk berukuran besar namun jarang [10].

5. Kesimpulan

Perlakuan temperatur *holding time* berpengaruh terhadap sifat mekanis pada spesimen paduan. Hasil tertinggi pada titik tengah spesimen dengan jarak 1,5 m dengan nilai 37.343 VHN. Kekerasan paduan perunggu pada titik atas dan titik tengah cenderung meningkat seiring dengan meningkatnya jarak dari tungku ke pengecoran dan menurun pada jarak 2,5 m dari tungku. Dan semakin lama spesimen mengalami waktu penahanan dan temperatur yang meningkat, maka semakin berkurang nilai kekerasannya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Pratama, W. G., Sudana, A. A. K. O. And W, A. A. K. A. C., 2016, *Pemodelan Sistem Informasi Gamelan Bali Menggunakan Tree Diagram*, Jurnal Ilmiah Merpati (Menara Penelitian Akademika Teknologi Informasi), 2(2), Pp. 246–252.
- [2] Sugita, I. And Astawa, K., 2016, *Studi Dendrite Arm Spacing (Das) Dan Akustik*

Pada Pengecoran Perunggu 20% Sn Sebagai Bahan Gamelan,” Jurnal Udayana Mengabdi, 15(1), Pp. 44–49.

- [3] Himawan, Arisantoso, A. S., 2017, *“Fakultas Teknik – Universitas Muria Kudus 153,” Prosiding Snatif Ke-4 Tahun 2017*, Pp. 783–790. Doi: 10.2298/Pan0903301g.
- [4] Anggraini, A. R. And Oliver, J., 2019, *Journal Of Chemical Information And Modeling*, 53(9), Pp. 1689 – 1699. Doi: 10.1017/Cbo9781107415324.004.
- [5] Grafika, J. And Yogyakarta, N., 2017), *Fluiditas Paduan Perunggu Timah Melalui Investment Casting*, Pp. 655–660.
- [6] I Ketut Rimpung, 2017, *Analisis Perubahan Kekerasan Permukaan Baja (St . 42) Metode Vickers Di Laboratorium Uji Bahan*, Jurnal Logic, 17(1), Pp. 67–72.
- [7] Luhur P, H. A., Hadi, E. S. And Amiruddin, W., 2017, *Jurnal Teknik Perkapalan*, Teknik Perkapalan, 5(2), Pp. 421–430.
- [8] Putri Kusuma, C. K. And Nitya Santhiarsa, I., 2009, *Pengaruh Proses Forging Terhadap Sifat Ketangguhan Retak Dan Kekerasan Material Perunggu Sebagai Bahan Gamelan,*” Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Cakram, 3(2), Pp. 93–97.
- [9] Surya, K. Et Al., 2018, *Pengaruh Perlakuan Panas Pada Perubahan Frekuensi Natural Dan Struktur Mikro*

Bilah Gamelan Gangsa, 7(4), Pp. 302–306.

- [10] Alian, H., 2013, *Kajian Eksperimental Pengaruh Paduan Timah Aki (10 %, 15 %, 20 %, 25 %) Pada Coran Tembaga Pipa Ac (Air Conditioner) Bekas Terhadap Sifat Mekanik,*” 13(1), Pp. 35–53.



Simon Paskah Aprian Damanik menyelesaikan studi program sarjana di Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana dari tahun 2013 sampai 2020. Menyelesaikan studi program sarjana dengan topik penelitian Pengaruh *Holding Time* Terhadap Kekerasan Material Bilah Gangsa Gamelan Bali.