

PENGUKURAN KETULENAN EMAS MENGGUNAKAN KAEDAH UJIAN TANPA MUSNAH: SUATU ULASAN PERBANDINGAN

FAZRUL MOHD NOR*

ABD RAHMAN TAMURI **

ABD KHAMIM ISMAIL ***

MOHD ERFY ISMAIL ****

MOHD HASRIL AMIRUDDIN *****

mfazrul@sirim.my*, rahmantamuri@utm.my**, khamim@utm.my***, erfy@uthm.edu.my****, hasril@uthm.edu.my*****

Abstrak

Penentuan ketulenan jongkong emas dengan kaedah ujian tanpa musnah adalah perkara yang paling mencabar dalam industri emas terutama jika jongkong emas dipalsukan dengan cara meletakkan tungsten di dalamnya. Instrumen yang sedia ada mempunyai keterbatasan untuk menentukan ketulenan jongkong emas dan sukar untuk mengesan tungsten di dalamnya kerana tungsten mempunyai ketumpatan yang hampir sama dengan emas. Kajian ini mengemukakan keterbatasan instrumen kaedah ujian tanpa musnah seperti densimeter, alat timbangan, sinar-x pendarfluor dan ultrasonik. Dalam kajian ini menemui kesukaran untuk mengenal pasti emas palsu menggunakan instrumen kaedah ujian tanpa musnah seperti ultrasonik dan *x-ray fluorescence* (XRF) kerana instrumen ini mempunyai batasan. Setakat ini tiada lagi kajian yang berkaitan pemalsuan jongkong emas kerana harganya yang mahal untuk dijadikan sebagai sampel kajian. Masalah jongkong emas palsu dapat diselesaikan jika ketepatan instrumen yang digunakan untuk mengukur ketumpatan dapat ditingkatkan lagi sehingga 0.01 g/ml. Ini kerana perbezaan antara ketumpatan emas dan tungsten adalah 0.05 g/ml. Pemalsuan emas dengan mencampurkan tungsten akan dapat dikesan jika ada instrumen yang mempunyai ketepatan sekurang-kurangnya 0.01 g/ml. Manakala instrumen lain seperti XRF digunakan untuk mengesahkan ketulenan emas di bahagian permukaan sahaja. Oleh itu, bagi pengujian yang lebih menyeluruh masalah jongkong emas palsu ini perlu diselesaikan dengan menggabungkan kedua-dua kaedah ini.

Kata Kunci: Emas Palsu, Jongkong Emas, Ketumpatan, Tungsten, Ujian Tanpa Musnah

Dihantar: 15 Mei 2021

Disemak: 14 Jun 2021

Diterbit: 30 September 2021

* Ketua Bahagian di Seksyen Termoplastik, Institut Metrologi Kebangsaan Malaysia, SIRIM Berhad, Malaysia

** Profesor Madya di Fakulti Sains, Universiti Teknologi Malaysia, Malaysia

*** Profesor Madya di Fakulti Sains, Universiti Teknologi Malaysia, Malaysia

**** Pensyarah Kanan di Fakulti Pendidikan Teknikal dan Vokasional, Universiti Tun Hussein Onn Malaysia, Malaysia

***** Pensyarah Kanan di Fakulti Pendidikan Teknikal dan Vokasional, Universiti Tun Hussein Onn Malaysia, Malaysia



MEASUREMENT OF GOLD PURITY USING NON-DESTRUCTIVE TEST METHOD: A COMPARATIVE REVIEW

FAZRUL MOHD NOR*

ABD RAHMAN TAMURI **

ABD KHAMIM ISMAIL ***

MOHD ERFY ISMAIL ****

MOHD HASRIL AMIRUDDIN *****

mfazrul@sirim.my*, rahmantamuri@utm.my**, khamim@utm.my***, erfy@uthm.edu.my****,
hasril@uthm.edu.my*****

Abstract

Determination of the gold bar purity by non-destructive method remains one of the most challenging in gold industry especially when the tungsten is inside the gold bar. The existing instruments have limitations in their accuracy to determine the purity of gold when tungsten also inside the gold bar since both tungsten and gold have almost similar densities. This study presents the limitations of the non-destructive test method instruments such as densimeter, weighing balance, x-ray fluorescence (XRF) and ultrasonic in determining the purity of gold. In this study found the difficulty in identifying counterfeit gold using non-destructive test method instruments such as ultrasonic and XRF due to some limitations. So far, there are no studies related to the counterfeiting of gold bars due to its expensive price to be used as a study sample. The problem of counterfeit gold bars can be solved if the accuracy of the instrument used to measure the density can be further increased up to 0.01 g/ml. This is because the difference between the density of gold and tungsten is 0.05 g/ml. Gold counterfeiting by mixing tungsten will be detectable if there is an instrument that has an accuracy of at least 0.01 g/ml. While other instruments such as XRF will be used to verify the purity of gold on the surface only. Therefore, for more thorough testing the problem of fake gold ingots needs to be solved by combining these two methods.

Keywords: Fake Gold, Gold Bar, Density, Tungsten, Non-Destructive Test

Submitted: 15 May 2021

Revised: 24 June 2021

Published: 30 September 2021

* Head of Thermophysical Section at National Metrology Institute of Malaysia, SIRIM Limited, Malaysia

** Associate Professor at Faculty of Science, Universiti Teknologi Malaysia, Malaysia

*** Associate Professor at Faculty of Science, Universiti Teknologi Malaysia, Malaysia

**** Senior Lecturer at Faculty of Technical dan Vocational Education, Universiti Tun Hussein Onn Malaysia, Malaysia

***** Senior Lecturer at Faculty of Technical dan Vocational Education, Universiti Tun Hussein Onn Malaysia, Malaysia



1.0 Pengenalan

Emas, perak, platinum dan paladium adalah antara jenis logam berharga (MS1247, 2005) yang digunakan sebagai barang kemas, aset pelaburan dan lain-lain. Di kalangan logam-logam tersebut, emas adalah yang paling popular dan menjadi komoditi yang paling berharga di dunia dan kekal menjadi aset pelaburan yang selamat. Oleh kerana tinggi nilainya maka adalah sangat penting untuk menentukan ketulenannya. Terdapat pelbagai mutu ketulenan emas di pasaran yang dinyatakan dalam karat (simbol: K atau kt) seperti 24 karat, 22 karat, 18 karat, 14 karat, 12 karat dan 10 karat (Stankiewicz et al., 1998; Corti, 1999; Ning, 2005; Singh, 2012). Ini menunjukkan peratusan emas dalam jongkong emas, perhiasan atau syiling (Dutton, 1982; Bache, 1987).

Perkembangan terkini menunjukkan terdapat pertambahan pembelian emas dalam pelbagai bentuk seperti jongkong emas, duit syiling dan barang kemas untuk tujuan perdagangan dan pelaburan. Biasanya jongkong emas mempunyai sijil ketulenan yang diwakili oleh nombor siri dan berat emas. Sijil ketulenan jongkong emas sangat penting untuk tujuan perdagangan dan ianya diperakui oleh juru nilai dan pengilangnya. Jongkong emas untuk diperdagangkan boleh diperolehi dalam 1kg, 500g, 100g, 50g, 30g, 20g dan 5g, manakala yang terbesar di dunia beratnya boleh mencapai sehingga 250kg yang pernah dibuat oleh Mitsubishi Materials Corporation (Times, 2005).

Pengukuran ketulenan emas terpakai untuk sampel dalam bentuk seperti jongkong emas, barang perhiasan dan syiling. Analisis ketulenan emas mesti ditentukan dengan tepat dan jitu (Jotanovic, Memic et al., 2012). Pengesanan kandungan emas adalah mustahak dan penting kerana harga jongkong emas bergantung pada ketulenannya (Bardi et al., 2008).

Terdapat dua kaedah pengukuran ketulenan emas: kaedah ujian musnah dan kaedah ujian tanpa musnah. Kaedah musnah adalah kaedah pengukuran ketulenan emas yang merosakkan sampel emas seperti uji api dan Induktif Plasma Gandingan (ICP) (Hanrahan, 1962; Brill, 1997; Kinneberg et al., 1998; Karadjova et al., 2000; Singh, 2012; Battaini et al., 2014). Terdapat beberapa dokumen Piawai Antarabangsa yang menerangkan tentang pengukuran ketulenan emas menggunakan kaedah musnah (ISO11426, 1997; ISO15093, 2015; ISO10378, 2016). Manakala kaedah ujian tanpa musnah adalah kaedah pengukuran tanpa merosakkan sampel emas dan mampu mengukur ketulenannya di permukaan atau keseluruhan sampel. Densimeter, alat timbangan berat dan *ultrasound* adalah instrumen yang dapat mengukur ketulenan emas keseluruhan sampel (Smrcka et al., 1965; Raw, 1997; Eames et al., 2015) dengan syarat sampel adalah padu dan tidak berongga. Sinar-x pendarfluor (XRF), batu sentuh, pen elektronik dan jarum adalah alat yang dapat mengukur ketulenan emas di permukaan luaran sahaja (Jalas et al., 2002; Majcen et al., 2002; Schaffer, 2003; Rastrelli, Miccio et al., 2009; Piorek et al., 2013). Oleh itu adalah sukar untuk mengesan kehadiran logam lain yang dicampurkan di bahagian dalam emas.

Kebiasanya kedai pajak gadai, kedai barangan perhiasan dan agensi bank di Malaysia akan menggunakan kaedah ujian tanpa musnah seperti densimeter, alat timbangan, XRF, jarum, larutan kimia, pen elektronik, magnet dan batu hitam untuk menentukan ketulenan emas kerana keperluan undang-undang, murah, mudah dan tidak merosakkan sampel.



Akta Pajak Gadai 1972 diperkenalkan dan telah diwartakan di Malaysia yang menyatakan bahawa, pemegang pajak gadai tidak boleh merosakkan emas yang ingin dipajak (Act81, 1972). Garis panduan pajak gadai untuk pajak gadai Islam juga menyatakan bahawa pemegang pajak gadai mesti menjaga dengan baik emas pelanggan (SKM Guideline, 2013).

2.0 Latar Belakang Kajian

Pengukuran ketumpatan emas adalah berdasarkan kaedah penimbangan hidrostatik iaitu penerapan langsung kegunaan prinsip Archimedes (Lorefice et al., 2008; Wilson, 2012). Kaedah penimbangan hidrostatik ini dilakukan dengan mengukur isipadu sampel terlebih dahulu dan seterusnya mengukur jisimnya pula di udara (Reid and Goldie, 1974). Kaedah ini biasanya digunakan untuk penentuan hidrometer, pengukuran ketumpatan pepejal dan cecair serta pengukuran ketulenan logam berharga (Chang 2004; Nor et al., 2009; Mohd Nor et al., 2012; Mohd Nor et al., 2014).

Pada masa kini tidak ada satu kaedah ujian tanpa musnah yang dapat mengukur ketulenan emas dengan tepat dan jitu. Oleh itu, banyak kes penipuan emas palsu di pasaran timbul kerana masalah ini dan kedai pajak gadai di Malaysia mengalami kerugian. Contohnya pada tahun 2012, kes penipuan emas palsu telah mengakibatkan anggaran kerugian sebanyak RM72 juta (Shamsuddin, 2016). Selain daripada itu, sindiket penipuan emas ini menyasarkan kepada orang awam yang tidak mempunyai pengetahuan dalam menentukan ketulenan emas (Norizuan, 2016).

Emas juga boleh dibeli dan dijual dengan mudah di seluruh dunia. Masalah emas palsu juga berlaku di negara lain seperti Afrika Selatan. British Broadcasting Corporation (BBC) melaporkan pada tahun 2008 bahawa bank pusat Ethiopia mengalami kerugian berjuta-juta dolar kerana emas bar palsu. Bank pusat Ethiopia berusaha menjual emas itu ke Afrika Selatan tetapi emas bar itu telah dikembalikan setelah Afrika Selatan mengetahui masalah ini (Blunt, 2008).

Isu emas palsu telah wujud dari zaman dahulu lagi. Archimedes ditugaskan untuk memeriksa ketulenan mahkota baru Raja Hieron II (Reese, 2000). Raja Hieron II ingin memastikan bahawa mahkota barunya diperbuat daripada emas tulen. Pada masa itu, terdapat banyak perak yang disalut dengan emas di pasaran dan ini menunjukkan bahawa isu emas palsu sudah lama wujud (Hughes, 2005).

Pada era moden, tungsten ditemui di dalam emas (Arbutine, 2008; Abdullah et al., 2015). Penyelidik seperti Jaafar dan Mohamad Pauzi menyatakan bahawa pasaran emas dibanjiri dengan tungsten kerana ketumpatan tungsten hampir sama dengan emas (Abdullah et al., 2015). Rajah 1 menunjukkan bahawa jongkong emas 100g dilapisi dengan tungsten. Tungsten adalah satu-satunya logam yang mempunyai nilai ketumpatan yang hampir sama dengan emas. Ketumpatan emas dan tungsten masing-masing ialah 19.30g / ml dan 19.25g / ml (Oddy, 1983; Nekrasov, 1996).





Rajah 1: Jongkong emas 100g yang mengandungi tungsten

Jadual 1 menunjukkan projek-projek penyelidikan yang lepas mengenai pengukuran ketulenan emas menggunakan kaedah ujian tanpa musnah. Tujuan utama projek penyelidikan ini adalah untuk mendedahkan emas palsu dalam perdagangan emas. XRF dan ultrasonik yang digunakan untuk menentukan ketulenan emas mempunyai keterbatasan. XRF hanya dapat meneliti sampel emas sekitar kedalaman 10 hingga 50 mikron daripada permukaan sample (Corti, 2001). Keterbatasan teknik ultrasonik pula adalah ianya tidak mampu untuk mengukur ketulenan emas yang saiznya lebih kecil daripada probe ultrasonik yang digunakan. Kraut dan Stern (2000) mendakwa bahawa pengukuran ketumpatan emas mudah untuk aloi binari seperti emas-perak atau emas-tembaga. Ianya mudah disebabkan oleh ketumpatan emas berkadar terus dengan ketulenan emas pada aloi binary tersebut. Sekiranya ketumpatan emas aloi tersebut tinggi, maka ketulenan emas juga tinggi. Oleh itu, sepatutnya aloi binari untuk tungsten-emas juga mudah diukur.

Jadual 1: Pengukuran ketulenan emas dengan menggunakan kaedah ujian tanpa musnah

Tahun	Sampel	Kaedah ujian tanpa musnah	Rujukan
2000	Emas	Ketumpatan	(Kraut and Stern, 2000)
2015	Emas	XRF	(Abdullah et al., 2015)
2018	Emas	Ultrasonik	(Ismail et al., 2018)

3.0 Ketumpatan, Timbangan dan Kebolehkesanan Emas

Pengukuran ketumpatan emas adalah berdasarkan kaedah penimbangan hidrostatik iaitu penerapan langsung kegunaan prinsip Archimedes (Lorefice et al., 2008; Wilson, 2012). Kaedah penimbangan hidrostatik ini dilakukan dengan mengukur isipadu sampel terlebih dahulu dan seterusnya mengukur jisimnya pula di udara (Reid and Goldie, 1974). Kaedah ini biasanya digunakan untuk penentukuran hidrometer, pengukuran ketumpatan pepejal dan cecair serta pengukuran ketulenan logam berharga (Chang, 2004; Nor et al., 2009; Mohd Nor et al., 2012; Mohd Nor et al., 2014).

Ketumpatan bahan ditentukan oleh jisim per unit isipadu bahan (Breithaupt, 1998; Johnson, 2001; Walker et al., 2008). Ia boleh dinyatakan dalam gram per mililiter (g/ml) atau dalam sistem unit SI sebagai kilogram per meter padu (kg/m^3) (Gupta, 2002). Pengukuran ketumpatan bahan dapat dimanfaatkan untuk pelbagai kegunaan seperti kawalan kualiti bahan, penentuan kepekatan dan juga untuk mengenal pasti ketulenan logam berharga (Suzuki et al., 1998; Gupta, 2002; Paradisa et al., 2008; Mansouri et



al., 2011). Alat timbangan dan densimeter adalah antara instrumen yang boleh dipercayai untuk menentukan ketulenan emas menggunakan kaedah penimbangan hidrostatik (Mercer, 1992). Rajah 2 dan Rajah 3 masing-masing menunjukkan pengukuran ketulenan emas menggunakan densimeter dan alat timbangan.



Rajah 2: Densimeter digunakan untuk mengukur ketulenan emas



Rajah 3: Alat timbangan berat digunakan di makmal ujian dan analisis.

Ketumpatan emas yang diperolehi seperti dalam Jadual 2 diukur menggunakan alat timbangan (Pengeluar:Mettler Toledo) di mana sampel emas yang digunakan adalah dari 8 karat hingga 24 karat (E.Mercer, 1992). Dalam kajiannya mendapati bahawa mereka tidak dapat mengesan emas yang disalut dengan bahan lain terutamanya jika bahan tersebut mempunyai ketumpatan yang hampir sama dengan emas.

Jadual 2: Kajian berkenaan ketepatan ketumpatan emas

Tahun	Sampel	Ketepatan	Rujukan
1992	Emas	0.1 g/ml	(E.Mercer 1992)
1997	Emas	0.1 g/ml	(Corti 2001)



Penyelidik seperti Corti (2001) turut menyatakan bahawa ketumpatan emas sepatutnya dapat diukur dengan tepat kerana alat yang digunakan adalah canggih dan moden. Walau bagaimanapun, secara praktikal terdapat beberapa masalah yang timbul ketika kaedah penimbangan hidrostatik ini digunakan. Dia menyimpulkan bahawa kaedah penimbangan hidrostatik adalah kaedah yang mudah, murah dan tidak merosakkan tetapi hasil ujiannya kurang tepat jika langkah-langkah yang dapat menambahbaik ketepatan tidak diambil perhatian.

3.1 Densimeter

Kedai pajak gadai, kedai barang perhiasan dan agensi bank di Malaysia menggunakan densimeter untuk memeriksa ketulenan emas kerana kaedahnya yang mudah, murah dan tidak memusnahkan sampel. Rajah 2 menunjukkan densimeter yang biasa digunakan untuk menentukan ketulenan emas. Densimeter akan menentukan jisim emas sampel di udara dan di dalam air suling. Kebolehbacaan jisim densimeter ialah 0.01g. Seterusnya termometer akan digunakan untuk mengukur suhu air suling dan nilainya dimasukkan dalam densimeter. Pada kebiasaan, suhu air suling adalah hampir sama dengan suhu persekitaran. Ketumpatan air suling akan diperolehi dari persamaan Kell (BS718, 1991). Akhir sekali perisian densimeter memungkinkan penentuan ketumpatan dan ketulenan emas sampel dikira. Penentuan ketumpatan emas sampel dari densimeter adalah kurang jitu kerana keterbatasannya hanya boleh mengukur sehingga 0.1 g/ml sahaja.

3.2 Alat timbangan

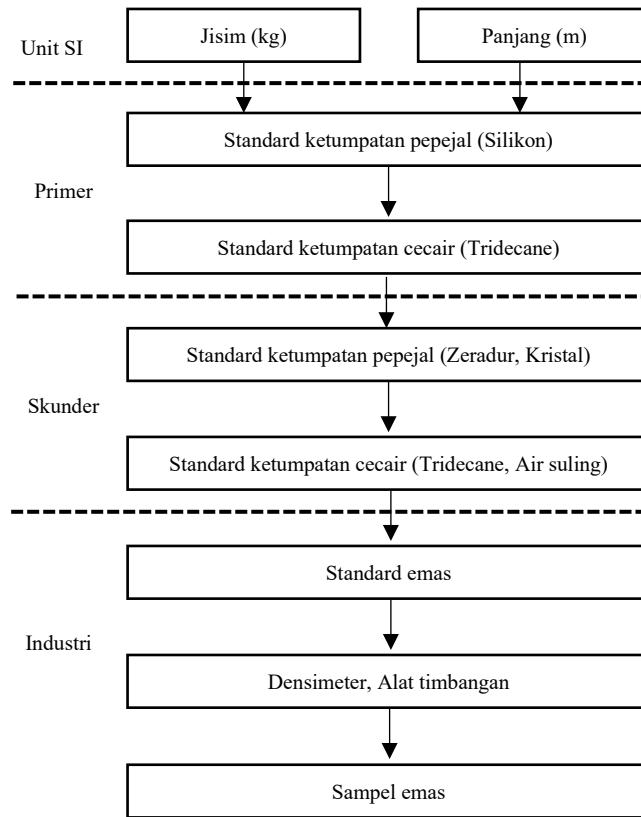
Makmal ujian dan analisis sering menggunakan alat timbangan untuk mengukur ketulenan emas. Instrumen ini juga dapat menentukan ketumpatan sampel emas. Jisim sampel emas di udara dan di dalam air suling akan diukur untuk mengira ketumpatan sampel emas. Biasanya, kebolehbacaan jisimnya ialah 0.0001 g. Kemudian, termometer digunakan untuk mengukur suhu air suling bagi mendapatkan nilai ketumpatan air suling tersebut (BS718, 1991). Akhirnya, ketumpatan sampel emas akan dikira menggunakan perisian timbangan. Kebolehbacaan ketumpatan instrument ini adalah sehingga 0.00001 g/ml tetapi ketepatan ketumpatannya ialah 0.1 g/ml (Corti, 2001). Rajah 3 menunjukkan alat timbangan yang digunakan untuk mengukur ketulenan emas di makmal.

3.2 Kebolehkesanan

Kebolehkesanan adalah keupayaan untuk menunjukkan ketepatan hasil pengukuran yang dilakukan dapat disahkan oleh standard nasional atau antarabangsa yang sesuai (Nicholas and White 1982; Nicholas and White, 1994; Rahim, 1999; Nicholas and White, 2002). Ianya penting bagi instrumen untuk mempunyai kebolehkesanan terhadap unit SI atau standard nasional. Tujuan utama kebolehkesanan adalah untuk membandingkan nilai pengukuran yang dihasilkan adalah sama dengan yang lain di seluruh negara malah dunia (Kochsiek and Glaser, 2010; Jenkins, 2012; Morris and Langari, 2012). Rajah 4 menunjukkan kebolehkesanan ketumpatan emas, bermula dari standard



ketumpatan primer hingga sampel emas. Standard ketumpatan primer berdasarkan artifak fizikal yang ditentukan oleh jisim dan panjang piawai dan ia mesti mematuhi definisi unit asas SI.



Rajah 4: Kebolehkesanan ketumpatan emas

Sebagai contoh perbandingan, National Metrology Institute of Japan (NMIJ) menggunakan sistem interferometer optik dan penimbangan hidrostatik untuk mengukur ketumpatan bahan (Fujii et al., 2001). NMIJ menggunakan interferometer optik untuk mengukur ketumpatan sfera silikon di mana laser (He-Ne) digunakan untuk mengukur diameter, D daripada sfera silikon (Saunders, 1972; Nicolaus and Bonsch, 1997; Gupta, 2006). Kesferaan untuk sfera silikon adalah 70 nm, oleh itu isipadu sfera silikon dapat dikira dengan tepat (Smith, 2002; Rajput, 2010).

Manakala Korea Research Institute of Standards and Science (KRISS) dan National Metrology Institute of Malaysia (NMIM) pula menggunakan sistem penimbangan hidrostatik untuk mengukur ketumpatan sfera Zeradur dan Crystal (Chang, 2004; Nor et al., 2009). Rajah 5 menunjukkan sfera kristal NMIM sebagai standard ketumpatan. Alat sistem penimbangan hidrostatik KRISS terdiri daripada sfera silikon, tridecane, alat timbang elektronik dan pemberat standard. Sfera silikon KRISS ditentukan oleh NMIJ dan *tridecane* digunakan sebagai cecair pemindahan di mana ianya akan menentukan nilai ketumpatan sfera Zeradur. Sebaliknya, terdapat juga institusi penyelidikan yang



menggunakan air suling sebagai standard cecair (Bigg, 1967; Patterson and Morris, 1994; Tanaka et al., 2001).



Rajah 5: Sfera kristal di NMIM sebagai piawaian ketumpatan

Kaedah penimbangan hidrostatik akan digunakan untuk mengukur piawaian cecair seperti tridecane atau air suling setiap kali mengukur ketumpatan piawaian pepejal. Maka nilai ketumpatan piawaian cecair akan digunakan untuk mengukur piawaian emas dengan menggunakan kaedah penimbangan hidrostatik. Seterusnya, piawaian emas akan menjadi piawaian rujukan untuk menentukan instrumen pengukuran ketulenan emas seperti densimeter dan alat timbangan. Instrumen ini akan mengukur sampel emas seperti jongsong emas dan barang perhiasan untuk memeriksa ketulennanya. Sebagai pemegang standard bagi pengukuran di Malaysia, NMIM telah membangunkan piawaian emas untuk memberikan kebolehesanan bagi densimeter dan alat keseimbangan berat seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 6 (Alias, 2017; Metro, 2017; Zain, 2017). Jadual 3, menunjukkan spesifikasi piawaian emas NMIM. Sistem penimbangan hidrostatik dan XRF digunakan untuk mengukur ketumpatan dan ketulenan emas piawaian.



Jadual 3: Spesifikasi piawaian emas

No.	No.Siri	Ketumpatan (g/ml)	Ketulenannya (%)	Dimensi (mm)
1	24 K	19.222	99.8	30 x 18 x 2
2	22 K	17.260	91.6	30 x 18 x 2
3	18 K	15.231	75.0	30 x 18 x 2



Rajah 6: Piawaian emas Malaysia

Piawaian emas digunakan sebagai standard rujukan untuk tentukan densimeter dan alat timbangan. Oleh itu, semua instrumen pengukuran ketulenannya dapat dikesan ke unit SI dan nilai pengukurannya lebih tepat dan seragam apalagi untuk mengelakkan kesilapan semasa pengukuran. Selanjutnya, perdagangan emas akan meningkat dan keyakinan pengguna dapat dipertingkatkan. Rajah 7 menunjukkan tentukan densimeter pelangan menggunakan piawaian emas.



Rajah 7: Tentukan densimeter dengan menggunakan piawaian emas



4.0 Instrumen Kaedah Ujian Tanpa Musnah

Pada masa ini tiada dokumen standard ISO (International Organization for Standardization) bagi mengukur, menguji dan menentukan ketulenan emas melalui kaedah ujian tanpa musnah dengan tepat dan jitu. Oleh itu, terdapat banyak kes emas palsu di pasaran (Ahmad, 2002; Shamsuddin, 2011; Alias, 2012; Shamsuddin, 2016; Rahman, 2018). Semua kaedah ujian tanpa musnah hanya dapat menentukan ketulenan emas pada permukaan dan bukan kedalaman bagi emas yang berbentuk jongsong, bar, syiling atau perhiasan. Sukar bagi instrumen kaedah ujian tanpa musnah untuk mengesan kehadiran logam lain di dalam emas. Biasanya kedai pajak gadai, kedai perhiasan, agensi bank dan makmal ujian menggunakan densimeter, alat timbangan berat, XRF, jarum, larutan kimia, pen elektronik, magnet dan batu kerana murah, mudah dan semua peralatan yang disebutkan di atas menggunakan kaedah yang tidak merosakkan sampel emas.

Walaupun instrumen yang sering digunakan telah dibincangkan sebelumnya mempunyai beberapa kelebihan tetapi masih terdapat beberapa batasan dan kelemahan utama seperti pengukuran yang tidak tepat, pengulangan bacaan yang tidak sama dan parameter pengukuran yang terhad. Masalah utama ialah apabila ada logam lain seperti tungsten yang mempunyai ketumpatan hampir sama dengan emas. Ketumpatan emas dan tungsten masing-masing ialah 19.30 g/ml dan 19.25 g/ml. Densimeter dan alat timbangan tidak dapat mengesan kehadiran tungsten dalam emas kerana ketumpatan tungsten sangat hampir dengan emas.

Terdapat beberapa kesukaran menggunakan kedua-dua instrumen ini oleh kerana keterbatasan ketepatannya hanya sehingga 0.1 g/ml. Oleh itu kesan buruknya kepada industri emas ialah akan berlaku kesukaran untuk mengesan penipuan emas yang dicampur tungsten kerana ketulenan logam-logam tersebut tidak dapat dibezakan menggunakan kaedah ujian penentuan ketumpatan. Instrumen yang sering digunakan dan dibincangkan sebelumnya mempunyai beberapa kelebihan tetapi masih terdapat beberapa batasan utama dan kelemahan seperti pengukuran yang tidak tepat, kebolehlulangan bacaan yang rendah dan parameter pengukuran yang terhad. Jadual 4 menunjukkan had dan batasan untuk instrumen kaedah ujian tanpa musnah.

Jadual 4: Keterbatasan instrumen dengan kaedah ujian tanpa musnah

Instrumen	Kawasan	Unit	Keterbatasan
XRF	Permukaan	%	Penembusan sehingga 50 mikron
Alat timbangan	Keseluruhan	g/ml	Sama nilai ketumpatan tungsten
Densimeter	Keseluruhan	g/ml	Sama nilai ketumpatan tungsten
Ultrasonik	Keseluruhan	m/s	Saiz probe besar dari sampel

5.0 Kesimpulan

Kajian penyelidikan penentuan ketulenan emas dengan kaedah pengukuran ketumpatan telah dilakukan semenjak tahun 1992 dan 1997. Emas palsu yang berkaitan dengan tungsten ditemui pada tahun 2012 setelah pajak gadai di Malaysia mengalami kerugian sebanyak RM 72 juta. Kemudian, kajian mengenai emas palsu bermula pada tahun 2015 yang memfokuskan pada barang kemas dan perhiasan telah dilakukan oleh penyelidik Malaysia dan kebanyakan kajian adalah tertumpu pada



kaedah ujian tanpa musnah seperti XRF dan ultrasonik (Abdullah, 2015; Ismail, 2018). Oleh itu, kajian-kajian lepas ini menyimpulkan bahawa terdapat kesukaran untuk mengenalpasti emas palsu dengan menggunakan instrumen kaedah ujian tanpa musnah seperti ultrasonik dan XRF kerana beberapa had dan batasan. Setakat ini tiada lagi kajian yang berkaitan pemalsuan jongkong emas kerana harganya yang mahal untuk dijadikan sebagai sampel kajian. Masalah jongkong emas palsu dapat diselesaikan jika ketepatan instrumen yang digunakan untuk mengukur ketumpatan dapat ditingkatkan lagi sehingga 0.01 g/ml. Ini kerana perbezaan antara ketumpatan emas dan tungsten adalah 0.05 g/ml. Pemalsuan emas dengan mencampurkan tungsten akan dapat dikesan jika ada instrumen yang mempunyai ketepatan sekurang-kurangnya 0.01 g/ml. Manakala instrumen lain seperti XRF yang digunakan kini hanya mampu untuk mengesahkan ketulenan emas di bahagian permukaan sahaja. Oleh itu, bagi pengujian yang lebih menyeluruh masalah jongkong emas palsu ini perlu diselesaikan dengan menggabungkan kedua-dua kaedah ini.

6.0 Penghargaan

Kajian ini dilaksanakan di makmal Seksyen Termofizikal, National Metrology Institute of Malaysia (NMIM) dengan kerjasama penyelidik dari Universiti Teknologi Malaysia dan Universiti Tun Hussein Onn Malaysia. Selain itu, ucapan terima kasih ditujukan kepada WeldPro-S Focus Group dan Research Management Center (RMC), Universiti Tun Hussein Onn Malaysia kerana membiayai sebahagian daripada penyelidikan ini melalui Geran TIER1(H842).

Rujukan

- Abdullah, J., A. Samsudin, et al. (2015). "Non-Destructive Assaying Gold Jewellery Using Dual-Energy Micro-Computed Tomography." *Jurnal Teknologi* 73(3).
- Act81 (1972). "AKTA PEMEGANG PAJAK GADAI " Pesuruhjaya Penyemak Undang-Undang, Malaysia.
- Ahmad, Z. A. (2002). "Law to require gold, silver contents verified." *The Star*.
- Alias, A. Y. (2017). "SIRIM hasilkan MyRM GOLD tentukan ketulenan emas." *Utusan Malaysia*.
- Alias, W. N. H. W. (2012). "Bank tempatan rugi RM75 juta ditipu." *Utusan Malaysia*.
- Arbutine, A. (2008). "Pawnbroker's Guide to Metals Testing." *Today's Pawnbroker*.
- Bache, J.-J. (1987). *World gold deposits: A geological classification*, Elsevier Publishing Company.
- Bardi, U., F. Niccolai, et al. (2008). "Gold assay with Knudsen effusion mass spectrometry." *International Journal of Mass Spectrometry* 273(3): 138-144.
- Battaini, P., E. Bemporad, et al. (2014). "The fire assay reloaded." *Gold Bulletin* 47(1-2): 9-20.



- Bigg, P. H. (1967). "Density of water in SI units over the range 0-40 C." *British Journal of Applied Physics* 18(4): 521.
- Blunt, E. (2008). "Fake fears over Ethiopia's gold." BBC News.
- Breithaupt, J. (1998). Physics Extension File:(For International Schools), Nelson Thornes.
- Brill, M. (1997). "Analysis of carat gold." *Gold technology* 22: 10.
- BS718 (1991). "Specification for Density hydrometers." British Standard BS718:1991.
- Corti, C. W. (1999). "Metallurgy of microalloyed 24 carat golds." *Gold Bulletin* 32(2): 39-47.
- Corti, C. W. (2001). "Assaying of gold jewellery-Choice of technique." *Gold technology* 32: 20-30.
- Dutton, J. (1982). "Gold. By Kettell Brian. Cambridge, Massachusetts: Ballinger Publishing Company, 1982, Pp. xv, 283. \$22.50." *The Journal of Economic History* 42(4): 985-986.
- E.Mercer, M. (1992). "METHODS FOR DETERMINING THE GOLD CONTENT OF JEWELRY METALS." *Gems and Gemology* 28(4): 222-233.
- Eames, D. A., G. A. Eames, et al. (2015). Device to test and authenticate precious metal objects, Google Patents. US20150308983A1.
- Fujii, K., A. Waseda, et al. (2001). "Development of a silicon density standard and precision density measurements of solid materials by hydrostatic weighing." *Measurement Science and Technology* 12(12): 2031.
- Gupta, S. V. (2002). Practical density measurement and hydrometry, Taylor dan Francis.
- Gupta, S. V. (2006). Comprehensive Volume and Capacity Measurements, New Age International.
- Hanrahan, J. F. (1962). "The fire assay method as applied to high purity gold at the Rand Refinery, Limited." *Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy* 62(12): 712-727.
- Hughes, S. W. (2005). "Archimedes revisited: a faster, better, cheaper method of accurately measuring the volume of small objects." *Physics Education* 40(5): 468.
- Ismail, M. P., S. Sani, et al. (2018). Ultrasonic inspection of fake gold jewelry. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, IOP Publishing.
- ISO10378 (2016). "Copper, lead and zinc sulfide concentrates - Determination of gold and silver - Fire assay gravimetric and flame atomic absorption spectrometric method ISO 10378:2016 (E)." International Standard(3rd Edition).
- ISO11426 (1997). "Determination of gold in gold jewellery alloys - Cupellation method (fire assay)." International Standard ISO 11426(2nd Edition:1997(E)).



- ISO15093 (2015). "Jewellery - Determination of precious metals in 999% gold, platinum and palladium jewellery alloys - Difference method using ICP-OES." International Standard ISO 15093:2015 (E)(2nd Edition).
- Jalas, P., J. P. Ruottinen, et al. (2002). "XRF analysis of jewelry using fully standardless fundamental parameter approach." *Gold technology* 35: 28.
- Jenkins, S. (2012). "Measurement and Instrumentation: Theory and Application." *Chemical Engineering* 118(12): 9-10.
- Johnson, K. (2001). *Physics for you*, Nelson Thornes.
- Jotanovic, A., M. Memic, et al. (2012). "Comparison of x-ray fluorescent analysis and cupellation method for determination of gold in gold jewellery alloy." *Glasnik hemicara i tehnologa Bosne i Hercegovine* 38: 13-18.
- Karadjova, I., S. Arpadjan, et al. (2000). "Determination of trace metals in high purity gold." *Fresenius' journal of analytical chemistry* 367(2): 146-150.
- KH Chang, Y. L. (2004). "Hydrostatic Weighing at KRISS." *Metrologia*(41): 95-955.
- Kinneberg, D. J., S. R. Williams, et al. (1998). "Origin and effects of impurities in high purity gold." *Gold Bulletin* 31(2): 58-67.
- Kochsiek, M. and M. Glaser (2010). *Handbook of Metrology*, John Wiley dan Sons.
- Kraut, J. C. and W. B. Stern (2000). "The density of gold-silver-copper alloys and its calculation from the chemical composition." *Gold Bulletin* 33(2): 52-55.
- Lorefice, S., A. Malengo, et al. (2008). "EUROMET. MD-K4/EUROMET Project 702: Comparison of the calibrations of high-resolution hydrometers for liquid density determinations." *Metrologia* 45(1A): 07008.
- Majcen, N., M. Majer, et al. (2002). "Traceability of results of measurements of gold in precious metal alloys by XRF." *Acta chimica slovenica* 49(1): 187-194.
- Mansouri, S. S., A. Farsi, et al. (2011). "Density calculation of liquid organic compounds using a simple equation of state up to high pressures." *Journal of Molecular Liquids* 160(2): 94-102.
- Metro, H. (2017). "NMIM lancar MyRM Gold." *Harian Metro*.
- Mohd Nor, F., A. K. Ismail, et al. (2014). "An improved ring method for calibration of hydrometers." *Measurement* 2014 48: 1-5.
- Mohd Nor, F., A. K. Ismail, et al. (2012). "Ring Method for Hydrometer Calibration." International Measurement Confederation, IMEKO.
- Morris, A. S. and R. Langari (2012). *Measurement and instrumentation: theory and application*, Academic Press.



- MS1247 (2005). "Description and Marking of Articles of, or containing Precious Metal - Code of Practice." Malaysian Standard MS 1247:2005.
- Nekrasov, I. Y. (1996). *Geochemistry, mineralogy and genesis of gold deposits*, CRC Press.
- Nicholas, J. V. and D. R. White (1982). *Traceable temperatures: an introductory guide to temperature measurement and calibration*, Science Information Division, DSIR.
- Nicholas, J. V. and D. R. White (1994). *Traceable Temperatures: an introduction to temperature measurement and calibration*, Wiley New York.
- Nicholas, J. V. and D. R. White (2002). *Traceable temperatures: an introduction to temperature measurement and calibration*, IOP Publishing.
- Nicolaus, R. A. and G. Bonsch (1997). "A novel interferometer for dimensional measurement of a silicon sphere." *IEEE transactions on instrumentation and measurement* 46(2): 563-565.
- Ning, Y. (2005). "Properties and applications of some gold alloys modified by rare earth additions." *Gold Bulletin* 38(1): 3-8.
- Nor, M. F. H. M., H. Othman, et al. (2009). *Density Measurement of Tridecane by using Hydrostatic Weighing System at Density Laboratory, NML-SIRIM. AIP Conference Proceedings*.
- Norizuan (2016). "Penipuan emas: Luar betul dalam tipu" *Harian Metro*
- Oddy, A. (1983). "Assaying in antiquity." *Gold Bulletin* 16(2): 52-59.
- Paradisa, P. F., T. Ishikawaa, et al. (2008). "Density of liquid gold measured by a non-contact technique." *Gold Bulletin* 41(3): 242-245.
- Patterson, J. B. and E. C. Morris (1994). "Measurement of absolute water density, 1 C to 40 C." *Metrologia* 31(4): 277.
- Piorek, S., S. I. Shefsky, et al. (2013). *System and method for identification of counterfeit gold jewelry using xrf*, Google Patents.
- R.K.Rajput (2010). "Engineering Metrology And Instrumentation (Including Laboratory Practicals)." S.K.Kataria dan Sons(4th Edition).
- Rahim, R. A. (1999). *Pengukuran dan transduser*, Penerbit UTM.
- Rahman, D. A. A. (2018). "Rantai emas palsu pun nak digadai." *Harian Metro*.
- Rastrelli, A., M. Miccio, et al. (2009). "Modern and ancient gold jewellery attributed to the Etruscans: a science-based study." *ArcheoSciences. Revue d'archeometrie*(33): 357-364.
- Raw, P. (1997). "The assaying and refining of gold, a guide for the gold jewellery producer." *World Gold Council*.
- Reese, R. L. (2000). *University physics*, Brooks/Cole.



- Reid, F. H. and W. Goldie (1974). "Gold plating technology."
- Saunders, J. B. (1972). "Ball and cylinder interferometer." Res. Natl Bur. Stand. C 76: 11-20.
- Schaffer, S. (2003). Golden means: Assay instruments and the geography of precision in the Guinea trade. Instruments, Travel and Science, Routledge: 32-62.
- Shamsuddin, N. (2011). "Penipuan Emas: Kaji Ketulenan." Harian Metro.
- Shamsuddin, N. (2016). "PENIPUAN EMAS: LUAR BETUL DALAM TIPU." Harian Metro: 6.
- Singh, N. (2012). "A rugged, precise and accurate new gravimetry method for the determination of gold: an alternative to fire assay method." SpringerPlus 1(1): 1-6.
- SKM Guideline (2013). "GARIS PANDUAN AKTIVITI PAJAK GADAI ISLAM (AR-RAHNU)." Suruhanjaya Koperasi Malaysia.
- Smith, G. T. (2002). Industrial metrology: surfaces and roundness, Springer.
- SmrCka, L., K. MiSek, et al. (1965). "The density of quenched gold." Czechoslovakij fiziceskij zurnal B 15(6): 418-424.
- Stankiewicz, W., B. Bolibrzuch, et al. (1998). "Gold and gold alloy reference materials for XRF analysis." Gold Bulletin 31(4): 119-125.
- Suzuki, T., R. Kitsutaka, et al. (1998). "Determination of the Purity of Gold Alloys Using Gamma-Ray Transmisson Techniques." Japanese journal of applied physics 37(11R): 6242.
- Tanaka, M., G. Girard, et al. (2001). "Recommended table for the density of water between 0 C and 40 C based on recent experimental reports." Metrologia 38(4): 301.
- Times, J. (2005). "Mitsubishi makes record-size gold bar." Japan Times.
- Walker, J., R. Resnick, et al. (2008). Fundamentals of physics, Wiley.
- Wilson, R. M. (2012). "Archimedes's principle gets updated." Physics Today 65(9): 15.
- Zain, R. M. (2017). "SIRIM lancar khidmat rujuk ketulenan emas." Berita Harian.

