

**Kertas Asli/Original Articles**

**Hubungan Antara Ciri-ciri Rambut dan Dua Etnik Terbesar di Malaysia**  
(Relationship of Hair Characteristics and Two Largest Ethnic in Malaysia)

RAFINA MIMI MUHAMAD, PUA HIANG, ATIAH AYUNNI ABDUL GHANI, BALKHIS BASHURI,  
ABDUL AZIZ ISHAK & KHAIRUL OSMAN

ABSTRACT

*Determination of races in the analysis of hair on scalp is one of the challenges faced in forensic analysis to identify victims, suspects and crime scene. This study aimed to determine the differences among the two main races in Malaysia which included Malay and Chinese, through the examination of the characteristics of hair. These includes general features of the hair, patterns of cuticle, colors, cortex pigment distribution and characteristics of medulla - types, thickness and medulla index. This study was carried out by using a light microscope and consisted of five steps, which were sample preparation, examination of common features of hair, preparation and examination of cuticle scales matrix, cortex and medulla. Result showed that most of the Malay have dark brown pigments while Chinese have pigments of light brown color. We also noted that thickness of medulla can also be used to differentiate between Malay and Chinese where average values for Malay and Chinese are  $7.59 \pm 1.45 \mu\text{m}$  and  $9.12 \pm 1.85 \mu\text{m}$ , respectively. The average values of medulla index for Malay and Chinese were noticeably different at  $0.17 \pm 0.02 \mu\text{m}$  and  $0.18 \pm 0.02 \mu\text{m}$ , respectively. However, textures, thickness of hair, patterns of cuticle scales, and types of medulla do not show any significant difference between Malay and Chinese. In conclusion, this study has shown that pigment colors, thickness of medulla and medulla index are important characteristics that can be used to determine race.*

*Keywords: Forensic science, hair, race, cuticle scales, medulla*

ABSTRAK

*Penentuan kumpulan bangsa dalam analisis rambut pada kepala adalah satu cabaran yang dihadapi dalam analisis forensik untuk mengenal pasti mangsa, suspek dan tempat kejadian jenayah. Kajian ini bertujuan untuk mengenal pasti perbezaan antara dua kaum terbesar di Malaysia iaitu Melayu dan Cina melalui penelitian ciri-ciri rambut. Ini termasuklah ciri umum rambut, corak kutikel, warna, taburan pigmen kortek dan ciri medula – jenis, ketebalan dan indeks medula. Kajian ini telah dijalankan dengan menggunakan mikroskop cahaya dan terdiri daripada lima langkah iaitu penyediaan sampel, penelitian ciri umum rambut, penyediaan dan penelitian slaid acuan corak sisik kutikel, slaid kortek serta medula. Hasil daripada kajian in mendapati bahawa kebanyakan Melayu mempunyai warna pigmen yang bercoklat gelap manakala Cina mempunyai pigmen coklat cerah. Kami juga mendapati bahawa ketebalan medula boleh juga digunakan untuk membezakan antara Melayu dan Cina di mana nilai purata bagi Melayu dan Cina masing-masing adalah  $7.59 \pm 1.45 \mu\text{m}$  dan  $9.12 \pm 1.85 \mu\text{m}$ . Nilai purata indeks medula bagi Melayu dan Cina pula adalah  $0.17 \pm 0.02 \mu\text{m}$  dan  $0.18 \pm 0.02 \mu\text{m}$  masing-masing. Walaupun begitu, ciri-ciri seperti tekstur, ketebalan rambut, corak sisik kutikel, taburan pigmen dan jenis medula pula menunjukkan perbezaan yang tidak ketara antara Melayu dan Cina. Kesimpulannya, kajian ini telah menunjukkan bahawa warna pigmen, ketebalan medula dan indeks medula adalah ciri-ciri penting yang boleh digunakan untuk menentukan bangsa.*

*Kata kunci: Sains forensik, rambut, bangsa, sisik kutikel, medula*

PENGENALAN

Prinsip Pemandangan Locard menyatakan bahawa apabila dua permukaan bersentuhan, pemindahan bahan akan berlaku antara satu sama lain dan selalunya melibatkan bukti surih (Oien 2009). Bukti surih adalah bukti yang bersaiz kecil dan dianalisa dengan menggunakan mikroskop (Kubic & Petraco 2002). Sampel rambut adalah salah satu bukti surih yang kerap digunakan dalam penyiasatan

forensik untuk menentukan kehadiran suspek di tempat kejadian (Sato et al. 2010).

Rambut adalah unjuran halus yang tumbuh daripada folikel di dalam kulit mamalia (Deedrick & Koch 2004). Rambut terdiri daripada struktur kutikel, kortek, dan medula (Velasco et al. 2009). Ia tidak mudah rosak kerana mempunyai lapisan keratin pada kutikel sebagai lapisan pertahanan daripada bahan kimia. Oleh sebab ini, rambut menjadi bukti penting dalam forensik (Thackeray et al.

2011). Rambut-rambut akan gugur daripada folikel dan mungkin beralih semasa aktiviti jenayah dilakukan (Oien 2009). Oleh kerana ciri ini, rambut boleh menghubungkan suspek dan mangsa dengan tempat kejadian jenayah (Deedrick 2000). Dalam analisis dadah, sampel rambut pada kepala lebih kerap digunakan berbanding dengan rambut pubik kerana rambut pada kepala senang diambil dan mempunyai kadar pertumbuhan yang sekata (Han et al. 2005). Rambut atau bulu roma tangan juga digunakan dalam kes kebakaran sengaja (Appel & Kollo 2009).

Umumnya, analisis rambut dalam forensik melibatkan analisis perbandingan ciri-ciri morfologi rambut. Perbandingan dilakukan antara sampel yang diketahui dan sampel yang dijumpai di tempat kejadian (Oien 2009). Perbandingan ciri-ciri rambut dapat memastikan sama ada rambut yang dijumpai di tempat kejadian mempunyai persamaan dengan rambut suspek atau mangsa (Deedrick & Koch 2004). Keberkesanan pemeriksaan sampel rambut bergantung kepada keadaan rambut, pengalaman pemeriksa dan juga kaedah analisis yang dilakukan (Analysis & States 2005). Maklumat yang kerap diperolehi daripada pemeriksaan mikroskopik sampel rambut adalah seperti spesies, tempat asal, cara rambut dicabut, umur, bangsa dan rawatan rambut (Deedrick 2000).

Dijangkakan bukti rambut mungkin boleh digunakan dalam penentuan bangsa berdasarkan ciri-ciri morfologi rambutnya. Oleh kerana pertumbuhannya yang sekata, pelbagai ciri rambut pada kepala paling sesuai digunakan untuk perbandingan antara bangsa. Kajian terdahulu telah berjaya menghubungkan takson berkaitan ekologi, morfologi, dan kriminalistik (Chernova 2003). Kumpulan penyelidik ini turut mendapati bahawa ciri-ciri seperti jejari rambut, ketumpatan, taburan pigmen granul dan keratan rentas bentuk rambut amat berbeza antara bangsa (Bhushan et al. 2005).

Berdasarkan keputusan penyelidik-penyelidik tersebut, kajian ini bertujuan untuk menentukan ciri-ciri penentuan perbezaan antara Melayu dan Cina dari segi ciri-ciri rambut, warna dan taburan kortek rambut dan ciri-ciri khusus medula (jenis, ketebalan dan indeks medula).

#### KAEDAH KAJIAN

Dalam kajian ini, sebanyak 120 sampel rambut telah dikaji. Bilangan ini terdiri daripada 60 sampel daripada kaum Melayu dan 60 sampel daripada kaum Cina. Semua subjek berada dalam lingkungan 20 hingga 24 tahun. Pemeriksaan ciri-ciri rambut telah dilakukan dengan menggunakan mikroskop cahaya jenis kompaun OLYMPUS CH30 RBSF.

Semasa penyediaan sampel rambut, pembersihan sampel rambut telah dilakukan sebanyak dua kali dengan menggunakan air suling selama 5 minit dan diikuti dengan pembersihan alkohol selama 10 minit (Sahajpal et al. 2009).

Pemeriksaan tekstur rambut dilakukan dengan menyentuh sampel rambut menggunakan ibu jari dan jari telunjuk tanpa memakai sarung tangan. Bagi penilaian ketebalan rambut, perisian komputer *Image J* yang telah dikaliberasi untuk ukuran unit mikrometer telah digunakan.

Pemeriksaan corak sisik kutikel telah dilakukan dengan meletakkan satu lapisan nipis pengilat kuku jernih *LD 2000 Nail Color* di atas slaid. Sampel rambut kemudiannya dibenamkan secara berhati-hati ke dalam lapisan yang separa kering. Impresi corak sisik yang terhasil diperhatikan di bawah mikroskop dan gambar diambil. Untuk ciri warna dan taburan pigmen korteks, dua titis air suling dititiskan ke atas sampel rambut dan diperhatikan di bawah mikroskop cahaya. Seterusnya, gambar warna dan taburan pigmen rambut diambil (Zainuddin & Panneerchelvam 2010).

Bagi penelitian bahagian rambut medula, sampel rambut telah diletakkan di atas slaid mikroskop dan dua titik air suling dititiskan di atas sampel. Ini bertujuan untuk memegang sampel rambut tersebut agar tidak bergerak. Morfologi medula kemudiannya diperhatikan di bawah mikroskop dan gambar diambil. Ketebalan medula telah ditentukan dengan menggunakan perisian komputer *Image J*. Seterusnya, Indeks medula dikira dengan menggunakan formula; Indeks medula = Ketebalan medula / Ketebalan rambut.

Ujian Khi Kuasa Dua telah digunakan untuk menentukan perbezaan bagi ciri tekstur rambut, corak sisik kutikel, warna pigmen, taburan pigmen korteks, dan jenis medula. Ujian T tidak berpasangan pula telah digunakan untuk menentukan jika ciri tebal rambut, tebal medula dan indeks medulla berbeza secara signifikan antara kedua-dua etnik. Aras keyakinan yang telah digunakan ialah  $p < 0.05$ .

#### HASIL KAJIAN

Dalam kajian ini, lapan ciri-ciri rambut telah dikaji (Jadual 1). Bagi ciri tekstur rambut, dua jenis tekstur telah ditemui di sepanjang rambut iaitu kasar dan lembut. Secara keseluruhannya, lebih ramai Melayu mempunyai ciri tekstur rambut yang kasar. Kaum Cina pula mendominasi ciri tekstur rambut yang lembut. Namun, ujian statistik menunjukkan bahawa tiada perbezaan yang signifikan dari segi ciri tekstur rambut antara Melayu dan Cina di mana nilai  $p$  adalah tidak signifikan iaitu  $\chi^2 (1, N = 200) = 0.133, p = 0.715$ .

Bagi ciri ketebalan rambut pula, keputusan dari kajian jelas menunjukkan bahawa tiada perbezaan yang ketara antara Melayu dan Cina di mana nilai bagi ketebalan rambut Melayu dan Cina masing-masing adalah  $43.62 \pm 8.54 \mu\text{m}$  dan  $44.63 \pm 8.71 \mu\text{m}$ . Berdasarkan Ujian-T Sampel Bebas, nilai  $p$  yang terhasil adalah tidak signifikan [ $t (118) = 0.642, p > 0.05$ ].

JADUAL 1. Ringkasan ciri-ciri rambut mengikut dua kaum terbesar di Malaysia

	Ciri	Melayu	Cina	Statistik
Bilangan subjek	-	60	60	-
Tekstur rambut	Lembut	29	31	$\chi^2(1, N = 120) = 0.133,$ $p = 0.715$
	Kasar	31	29	
Ketebalan rambut	-	$43.62 \pm 8.54 \mu\text{m}$	$44.63 \pm 8.71 \mu\text{m}$	$t(118) = 0.642, p > 0.05$
Corak sisik kutikel	Bertindih (imbricate)	60 (100%)	60 (100%)	-
	Mahkota (coronal)	0 (0%)	0 (0%)	
Pigmen kortek	Coklat cerah	16	28	$\chi^2(1, N = 120) = 5.167,$ $p < 0.05$
	Coklat gelap	44	32	
Taburan pigmen rambut	Padat (Tertabur mengarah kutikel)	60	60	-
	Tidak padat (Tertabur mengarah medulla)	0	0	
Medula	Tiada (absent)	26	36	$\chi^2(1, N = 120) = 4.188,$ $p > 0.05$
	Bersambungan (continuous)	20	14	
	Putus (discontinuous)	12	7	
	Cebisan (fragment)	2	3	
Ketebalan medula	-	$7.59 \pm 1.45 \mu\text{m}$	$9.12 \pm 1.85 \mu\text{m}$	$t(56) = 3.508, p < 0.05$
Indeks medula	-	$0.17 \pm 0.02$	$0.18 \pm 0.02$	$t(73) = 3.99, p < 0.05$

Ciri ketiga iaitu corak sisik kutikel, hasil kajian jelas menunjukkan bahawa semua sampel rambut mempunyai ciri corak sisik kutikel yang bercorak bertindih (imbricate).

Terdapat dua ciri warna pigmen kortek yang dikenal pasti dalam pemeriksaan rambut iaitu warna coklat cerah dan coklat gelap. Melayu mendominasi ciri warna coklat gelap iaitu seramai 44 orang. Kami mendapati lebih ramai Cina mempunyai ciri warna pigmen yang berwarna cerah berbanding dengan kaum Melayu. Bilangan perbezaan adalah seramai 28 orang Cina berbanding dengan hanya 16 orang Melayu. Walaupun begitu ujian Khi Kuasa Dua menghasilkan nilai  $\chi^2(1, N = 120) = 5.167, p < 0.05$ . Ini bermakna terdapat perbezaan yang signifikan dari segi warna pigmen kortek antara Melayu dan Cina.

Taburan pigmen rambut bagi Melayu dan Cina adalah sama iaitu bertaburan padat. Ini menunjukkan bahawa tiada perbezaan yang signifikan dari segi taburan pigmen kortek rambut antara Melayu dan Cina.

Bagi ciri jenis medula pula, terdapat empat jenis medula rambut yang telah berjaya dikenal pasti iaitu jenis tiada (absent), jenis bersambung (continuous), putus (discontinuous) dan jenis cebisan (fragment). Namun, kebanyakan rambut bagi Melayu dan Cina tidak mempunyai medula. Ujian statistik Khi Kuasa Dua yang dijalankan memberikan nilai  $\chi^2(1, N = 120) = 4.188, p > 0.05$ . Ini bermakna tiada perbezaan yang signifikan antara kaum Melayu dan Cina bagi ciri jenis medula.

Nilai purata  $\pm$  sisihan piawai ketebalan medula bagi Melayu dan Cina masing-masing adalah  $7.59 \pm 1.45 \mu\text{m}$  dan  $9.12 \pm 1.85 \mu\text{m}$ . Ujian-T tidak berpasangan telah menunjukkan bahawa terdapat perbezaan yang signifikan antara Melayu dan Cina di mana nilai  $p$  yang terhasil adalah  $t(56) = 3.508, p < 0.05$ .

Berdasarkan kepada hasil kajian indeks medula, Melayu mencatatkan nilai purata  $\pm$  sisihan piawai sebanyak  $0.17 \pm 0.02$  dan Cina  $0.18 \pm 0.02$ . Ujian-T tidak berpasangan yang telah dijalankan menghasilkan nilai  $t(73) = 3.99, p < 0.05$ . Ini jelas membuktikan bahawa wujudnya perbezaan yang signifikan antara Melayu dan Cina dari segi indeks medula rambut.

## PERBINCANGAN

Keputusan tekstur rambut menunjukkan secara keseluruhannya tiada perbezaan yang ketara wujud antara Melayu dan Cina. Ketiadaan perbezaan ini mungkin disebabkan oleh penggunaan produk penjagaan rambut seperti syampu dan pelembap rambut yang hampir sama oleh kedua-dua kaum etnik ini. Ini adalah berdasarkan penyelidikan terdahulu yang membuktikan bahawa syampu membersihkan rambut dan pelembap akan menghasilkan tekstur yang lembut pada rambut (Bhushan & Chen 2006). Selain daripada penggunaan bahan kimia untuk menghasilkan tekstur rambut yang khusus, gen KRT74 turut dilaporkan memainkan peranan utama dalam menentukan kepelbagaian tekstur rambut dalam kalangan spesies mamalia (Shimomura et al. 2010). Ketiadaan perbezaan tekstur rambut antara kaum ini mungkin mencadangkan bahawa variasi gen KRT74 tidak hadir di kalangan kaum Melayu dan Cina di Malaysia. Ini turut disokong oleh kajian lepas yang telah menunjukkan bahawa terdapat perbezaan pada tekstur rambut antara tiga populasi (Asia, Afrika dan Eropah) di mana populasi Asia mempunyai tekstur rambut yang paling kasar dengan folikel yang lurus (Benner & Levin 2005).

Tidak terdapat perbezaan ketara pada ketebalan rambut Melayu dan Cina. Beberapa faktor telah dikenal pasti dapat memainkan peranan penting dalam membentuk ketebalan rambut. Antaranya adalah persekitaran, penggunaan produk penjagaan rambut dan gen. Keratin serat rambut berupaya menyerap air. Keupayaannya untuk menyerap amat bergantung kepada kelembapan udara relatif, perubahan pH dan pelarut polar. Penyerapan akan mengakibatkan peningkatan kebaran rambut. Penggunaan produk kosmetik berasaskan organik juga akan menyebabkan komponen organik kosmetik menyerap ke dalam rambut. Penyerapan kedua-dua komponen ini akhirnya akan menyebabkan pembengkakan atau pembentukan gelembung pada rambut dan akhirnya diikuti dengan peningkatan kepada ketebalan rambut (Velaso et al. 2009). Kehadiran gen *Ectodysplasin A Receptor* (EDAR) dan alelnya, *1540T/C* turut akan menyebabkan ketebalan rambut khususnya di kalangan populasi Asia (Fujimoto et al. 2008).

Ciri corak sisik kutikel biasanya digunakan untuk membezakan antara spesies. Kajian mendapati kesemua rambut bercorak bertindih atau rata yang terdiri daripada sisik bertindih dengan sisi sempit. Ini adalah selari dengan pemerhatian kajian lepas yang turut mendapati corak ini hanya dapat dilihat pada manusia manakala corak *coronal* (mahkota) dan *deduri* adalah lebih kerap dijumpai pada kumpulan haiwan (Wei 1994). Walaupun begitu ciri bertindih ini tidaklah eksklusif kepada manusia kerana kajian terbaru ada melaporkan beberapa populasi kecil jenis haiwan mempunyai ciri yang hampir sama (Deedrick & Koch 2004). Ketebalan kutikel yang diperhatikan turut boleh memberikan maklumat mengenai asal usul pemilik rambut itu. Ini adalah kerana kutikel rambut bagi populasi Asia adalah jauh lebih tebal berbanding populasi Afrika dan Eropah (Saferstein 2002).

Perbezaan corak warna pigmen antara Melayu dan Cina mungkin disebabkan oleh faktor pendedahan cahaya matahari di mana berkemungkinan kaum Cina lebih terdedah kepada cahaya matahari. Pendedahan kepada cahaya ultraungu akan memusnahkan pigmen melanin serta protein rambut dan menyebabkan warna rambut menjadi semakin cerah. Walaupun begitu, kadar kecerahan ini banyak bergantung juga kepada jenis rambut (Santos & Joeke 2004). Variasi warna pigmen turut dipengaruhi oleh komposisi kimia pigmen rambut yang secara tidak langsung berkait rapat dengan tabiat pemakanan seseorang individu. Contohnya, pengambilan kuprum yang berlebihan dalam diet akan menyebabkan nyah-pigmen pada serat rambut. Sesetengah elemen seperti arsenik dan silikon yang diserap ke dalam rambut akan menyebabkan warna rambut menjadi kurang gelap (O'Mary et al. 1970). Faktor geografi dan keadaan persekitaran juga turut dilaporkan mempengaruhi warna pigmen kortek rambut manusia. Contohnya, orang Afrika mempunyai warna rambut yang hitam dan kerinting kerana fokus radiasi yang tinggi di negara-negara Afrika. Dirasai warna gelap yang dihasilkan digunakan sebagai perlindungan tambahan daripada

radiasi ultraungu yang berterusan dan berintensiti tinggi. Populasi Asia pula lebih mendominasi warna rambut coklat dan perang. Adaptasi ini bertindak sebagai satu perlindungan daripada keadaan yang sejuk dan berangin di kawasan Asia (Blackmar 2010). Pengaruh genetik juga dilaporkan berupaya menentukan jenis pigmentasi pada rambut. Kepelbagaian taburan nukleotida tunggal pada *TYR*, *SLC45A2*, dan *SLC24A5* di kalangan masyarakat di Asia menghasilkan corak pigmen yang unik untuk penduduk di serantau ini (Sturm 2009).

Ketumpatan pigmen, taburan, saiz granul dan bentuk pigmen granul mempengaruhi taburan pigmen korteks. Ciri-ciri ini adalah berbeza antara individu dan berbeza antara setiap helai rambut di kepala (Kirk 1940). Pigmentasi pada manusia adalah lebih bertaburan padat ke arah kutikel manakala pigmentasi pada haiwan lebih bertabur ke arah medula. Oleh itu, tidak hairanlah tidak dijumpai sebarang perbezaan yang ketara di antara kedua-dua kaum kajian.

Secara keseluruhannya, kaum Melayu dan Cina tidak mempunyai medula pada rambut. Walau bagaimanapun, kehadiran medula rambut adalah berbeza antara individu dan antara helaian rambut bagi seseorang individu (Banerjee 2010). Ini membuktikan bahawa ciri jenis medula tidak dapat menentukan sesuatu bangsa.

Produk kosmetik rambut mungkin telah mempengaruhi ketebalan medula. Apabila produk kosmetik rambut digunakan ke atas rambut, nilai koefisien pengecilan pada medula adalah lebih tinggi berbanding dengan kortek disebabkan oleh penurunan pigmen (Kharin et al. 2009). Pigmen rambut juga memberi kesan ke atas nilai indeks medula di mana kehilangan pigmen rambut kerana peningkatan umur dan pendedahan matahari akan secara tidak sengaja menurunkan lilitan rambut dan seterusnya menyebabkan kenaikan pada jumlah indeks medula rambut (Longia 1966).

## KESIMPULAN

Hasil daripada kajian ini didapati bahawa antara Melayu dan Cina, terdapat perbezaan yang tidak ketara dari segi ciri tekstur, ketebalan rambut, corak sisik kutikel, taburan pigmen dan jenis medula rambut manakala warna pigmen, tebal medula dan indeks medula pula menunjukkan perbezaan yang signifikan dalam ujian statistik. Oleh itu, dapat disimpulkan bahawa kaum Melayu dan Cina mungkin dapat dibezakan dengan gabungan ciri-ciri warna pigmen, tebal medula, dan indeks medula.

## PENGHARGAAN

Kami ingin mengucapkan penghargaan kepada pihak Program Sains Forensik dan Fakulti Sains Kesihatan kerana memberikan bantuan kewangan untuk menjalankan penyelidikan ini.

RUJUKAN

- Analysis, S.W.G.f.M. & States, U. 2005. *Forensic Human Hair Examination Guidelines*.
- Appel, O. & Kollo, I. 2010. The evidential value of singed hairs in arson cases. *Science & Justice* 50(3): 138-140.
- Banejee, A.R. 2010. Variations in the medullary structure of human head hair. *Proceedings of the National Institute of Sciences of India: Biological Sciences*: 306.
- Benner, B.A. & Levin, B.C. 2005. Hair and human identification. Hair in toxicology: an important bio-monitor. RSC, Cambridge: 127-159.
- Bhushan, B. & Chen, N. 2006. AFM studies of environmental effects on nanomechanical properties and cellular structure of human hair. *Ultramicroscopy* 106(8-9): 755-764.
- Bhushan, B., Wei, G. & Haddad, P. 2005. Friction and wear studies of human hair and skin. *Wear* 259(7-12): 1012-1021.
- Blackmar, F.W. 2010. *History of Human Society* Ed.: Echo Library.
- Chernova, O. 2003. Architectonic and diagnostic significance of hair cortex and medulla. *Biology Bulletin* 30(1): 53-62.
- Deedrick, D.W. 2000. Hairs, fibers, crime, and evidence. *Forensic Science Communications* 2(3): 1-6.
- Deedrick, D.W. & Koch, S.L. 2004. Microscopy of hair part II: a practical guide and manual for animal hairs. *Technology* 6(3): 1-31.
- Fujimoto, A., Kimura, R., Ohashi, J., Omi, K., Yuliwulandari, R., Batubara, L., Mustofa, M.S., Samakkarn, U., Settheetham-Ishida, W., Ishida, T. & others 2008. A scan for genetic determinants of human hair morphology: EDAR is associated with Asian hair thickness. *Human Molecular Genetics* 17(6): 835.
- Han, E., Yang, W., Lee, J., Park, Y., Kim, E., Lim, M. & Chung, H. 2005. Correlation of methamphetamine results and concentrations between head, axillary, and pubic hair. *Forensic Science International* 147(1): 21.
- Kharin, A., Varghese, B., Verhagen, R. & Uzunbajakava, N. 2009. Optical properties of the medulla and the cortex of human scalp hair. *Journal of Biomedical Optics* 14: 024035.
- Kirk, P.L. 1940. Human Hair Studies: General Considerations of Hair Individualization and Its Forensic Importance. *Journal of Criminal Law and Criminology* (1931-1951) 31(4): 486-496.
- Kubic, T. & Petraco, N. 2002. Microanalysis and examination of trace evidence. *Forensic Science: An Introduction to Scientific Investigative Techniques*. CRC Press, Boca Raton: 251-296.
- Longia, H.S. 1966. Increase in medullary index of human hair with the passage of time. *J. Crim. L. Criminology & Police Sci.* 57: 221.
- O'Mary, C.C., Bell, M.C., Sneed, N.N. & Butts Jr, W.T. 1970. Influence of ration copper on minerals in the hair of Hereford and Holstein calves. *Journal of Animal Science* 31(3): 626.
- Oien, C.T. 2009. Forensic hair comparison: background information for interpretation. *Forensic Science Communications* 11(2).
- Saferstein, R. 2002. *Forensic Science Handbook* Ed.: Prentice-Hall.
- Sahajpal, V., Goyal, S.P., Raza, R. & Jayapal, R. 2009. Identification of mongoose (genus: *Herpestes*) species from hair through band pattern studies using discriminate functional analysis (DFA) and microscopic examination. *Sci Justice* 49(3): 205-209.
- Santos Nogueira, A.C. & Joekes, I. 2004. Hair color changes and protein damage caused by ultraviolet radiation. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology* 74(2-3): 109-117.
- Sato, I., Nakaki, S., Murata, K., Takeshita, H. & Mukai, T. 2010. Forensic hair analysis to identify animal species on a case of pet animal abuse. *Int J. Legal Med.* 124(3): 249-256.
- Shimomura, Y., Wajid, M., Petukhova, L., Kurban, M. & Christiano, A. M. 2010. Autosomal-dominant woolly hair resulting from disruption of keratin 74 (KRT74), a potential determinant of human hair texture. *The American Journal of Human Genetics* 86(4): 632-638.
- Sturm, R.A. 2009. Molecular genetics of human pigmentation diversity. *Hum. Mol. Genet.* 18(R1): R9-17.
- Thackeray, J.D., Hornor, G., Benzinger, E.A. & Scribano, P.V. 2011. Forensic evidence collection and DNA identification in acute child sexual assault. *Pediatrics* 128(2): 227-232.
- Velasco, M.V.R., Dias, T.C.S., Freitas, A.Z., Júnior, N.D.V., Pinto, C.A.S.O., Kaneko, T.M. & Baby, A.R. 2009. Hair fiber characteristics and methods to evaluate hair physical and mechanical properties. *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences* 45: 153-162.
- Wei, Z. 1994. Study on scale patterns of hair and the classification of mammals. *Journal Of Northeast Forestry University* 3.
- Zainuddin, Z. & Panneerchelvam, S. 2010. Analysis of hair samples using microscopical and molecular techniques to ascertain claims of rare animal species. *Malaysian Journal of Medical Sciences* 16(3): 37-42.

Rafina Mimi Muhamad  
 Pua Hiang  
 Atiah Ayunni Abdul Ghani  
 Balkhis Bashuri  
 Abdul Aziz b. Ishak  
 Khairul Osman  
 Program Sains Forensik  
 Pusat Pengajian Sains Diagnostik dan Kesihatan Gunaan  
 Fakulti Sains Kesihatan  
 Universiti Kebangsaan Malaysia  
 Jalan Raja Muda Abdul Aziz  
 50300 Kuala Lumpur, Malaysia

Pengarang untuk dihubungi: Khairul Osman  
 Alamat emel: khairos@fskb.ukm.my  
 Tel: 603-26878108, Fax: 603-26878088

Diterima: Ogos 2011  
 Diterima untuk penerbitan: November 2011

