

Batu Bersurat Terengganu: Perspektif Geometri Segitiga

¹Khairuddin bin Omar
²Mohd Sanusi bin Azmi
³Mohammad Faizul bin Nasrudin
⁴Abdul Razak bin Salleh
⁵Azizi bin Abdullah

^{1,3,5}Pusat Teknologi Kecerdasan Buatan
Fakulti Teknologi dan Sains Maklumat
Universiti Kebangsaan Malaysia, Bangi, Malaysia
ko@ftsm.ukm.my, mfn@ftsm.ukm.my, azizi@ftsm.ukm.my

²Fakulti Teknologi Maklumat dan Komunikasi
Universiti Teknikal Malaysia Melaka, Malaysia
sanusi@utem.edu.my

⁴Pusat Sains Matematik
Fakulti Sains Teknologi
Universiti Kebangsaan Malaysia, Bangi, Malaysia
aras@ukm.my

Abstrak: Batu bersurat yang dijumpai di Nusantara terutamanya Batu Bersurat Terengganu memberikan maklumat yang sangat berguna kepada sejarah Tanah Melayu. Melalui batu tersurat tersebut, banyak maklumat yang tersimpan rapi baik secara tersurat mahupun tersirat. Umum diketahui, tulisan yang digunakan oleh pemahat Batu Bersurat Terengganu ialah tulisan Jawi. Walau bagaimanapun, pemahat dan juga asal usul pemahat tidak dapat dipastikan memandangkan tiada maklumat yang tertera mengenainya. Untuk mengetahui maklumat mengenai pemahat dan juga asal usulnya, kajian paleografi digital sangat berguna untuk mengenal pasti jenis tulisan kaligrafi yang digunakan. Satu kaedah untuk menentukan jenis tulisan kaligrafi yang digunakan telah dicadangkan menggunakan kaedah geometri segitiga. Kaedah ini menentukan tiga koordinat penting pada setiap huruf tulisan jawi yang diekstrak dari Batu Bersurat Terengganu. Setiap huruf dipadankan dengan model yang terdapat di dalam Qalam al Sittah dan seterusnya jenis-jenis kaligrafi dapat ditentukan.

Kata kunci: Batu Bersurat Terengganu, Paleografi, dan Geometri Segitiga

1. Pengenalan

Batu bersurat Terengganu telah dipahat pada 22 Februari 1303 menurut kajian yang dilakukan oleh Syed Muhammad Naquib al Attas (Mohd Yatim dan Nasir 2007). Bukti wujudnya tulisan jawi pada Batu Bersurat Terengganu menunjukkan Islam telah bertapak di Terengganu pada tarikh tersebut. Tulisan yang dipahat pada batu bersurat tersebut telah menggunakan tulisan Jawi yang berbahasa Melayu dan Sanskrit (Mohd Yatim dan Nasir 2007).

Tulisan yang terpahat itu menggambarkan masyarakat ketika itu telah menganut agama Islam dan mengamalkannya di dalam kehidupan seharian mereka. Walau bagaimanapun, asal kedatangan Islam, pemahat batu bersurat, tempat asal tulisan dicipta dan ketika pemerintahan siapa masih menjadi misteri (Mohd Yatim dan Nasir 2007).

Permasalahan-permasalahan yang dinyatakan di atas adalah disebabkan tidak tercatat maklumat lengkap seperti nama pemahat dan juga maklumat yang berkaitan dengan pemahat. Kajian untuk mengetahui asal usul tulisan dan juga pentarikan manuskrip mahupun batu bersurat dapat dilakukan dengan melakukan kajian paleografi.

Paleografi ditakrifkan sebagai kajian manuskrip tulisan tangan kuno (Yosef et al. 2005). Bischoff (1990) menakrifkan paleografi sebagai seni melihat dan memahami. Brown (1994) pula memperincikan kajian tentang sejarah skrip termasuk huruf singkatan dan tanda bacanya serta penafsirannya. Manakala Derolez (2008) mengatakan paleografi adalah kajian menentukan tarikh dan tempat asal bagi manuskrip yang tidak diketahui tarikh dan tempat asal. Manakala Sijpesteijn (2008) dipetik dari (Witkam 2009) menyatakan paleografi adalah sains untuk mengenal pasti tarikh dokumen-dokumen lama, begitu juga dengan paleografi arab adalah kajian kepada pembangunan skrip-skrip arab melalui masa dan tempat. Menurut Just (2009), kajian paleografi dunia barat boleh diaplikasikan kepada kajian paleografi arab.

Walaupun takrif yang diberikan di atas berkaitan dengan manuskrip di dalam bentuk kertas, namun kajian paleografi ini melihat kepada analisis perihalan bentuk huruf seperti huruf singkatan, tanda baca dan jenis tulisan kaligrafi yang digunakan untuk menentukan tarikh dan juga tempat asal manuskrip (Moalla et al. 2006), (Yosef et al. 2004), dan (Ciula 2005).

Pada masa kini, terdapat beberapa penyelidik yang telah menjalankan kajian mengenai paleografi berbentuk digital. Kajian tersebut tertumpu kepada domain *Roman*, *Hebrew* dan *Hindi*. Sistem Paleografi digital yang pertama telah dibangunkan pada 1999 oleh penyelidik dari Universiti Pisa yang dinamakan "*System for Paleography Inspector*". Malangnya, sistem ini tidak dapat disiapkan dan juga tidak dapat digunakan oleh Jabatan Sejarah universiti tersebut. Sistem ini menggunakan kaedah *sentroid* dan juga *tangen*. Ciri yang digunakan oleh penyelidik ini tidak mencukupi dan tidak dapat diuji memandangkan sistem tersebut tidak menyokong sistem operasi *windows xp*, (Ciula 2005).

Pada Tahun 2004, kajian awalan paleografi untuk manuskrip Ibrani dilakukan oleh Yosef et al. (2004). Kajian yang dilakukan ini hanya mengambil kira lima huruf Ibrani. Beliau juga tidak menjustifikasikan pemilihan lima huruf tersebut. Teknik yang digunakan ialah berkisar kepada ruang-ruang yang terdapat pada huruf-huruf terbabit.

Moalla et al. (2006) menggunakan pendekatan global iaitu kaedah statistik dari ciri-ciri Haralick untuk mendapatkan 12 ciri yang digunakan di dalam

mengenalpasti jenis tulisan Roman. Namun, kaedah ini hanyalah mengumumkan jenis tulisan yang dominan pada manuskrip Roman.

Penyelidik India seperti Padma dan Vijaya (2009) dan juga Joshi, et al. (2007) telah melakukan kajian ke atas jenis tulisan Hindi yang digunakan. Walaupun, mereka tidak melabelkan kajian tersebut sebagai kajian paleografi digital, namun kaedah menentukan jenis tulisan adalah sebahagian dari unsur paleografi.

Padma dan Vijaya (2009) membahagikan imej pada manuskrip kepada bahagian utama selepas melakukan proses pra pemrosesan untuk mendapatkan lapan ciri yang digunakan untuk tujuan pengkategorian dan juga mengenalpasti jenis tulisan. Manakala Joshi, et al. (2007) pula mendapatkan *profil tenaga* dari imej dan *kekuatan relatif* pada sudut bersambungan untuk dijadikan sebagai ciri untuk tujuan pengelasan dan juga pengenalan.

Keterbatasan kaedah yang digunakan oleh penyelidik-penyelidik yang disebutkan di atas, menghendaki satu kaedah lain yang boleh mengenalpasti jenis kaligrafi yang digunakan serta asal usul jenis tulisan itu. Satu kaedah yang disebut Model geometri segitiga diperkenalkan.

2. Kaligrafi: Kaitannya Dengan Bentuk Geometri Segitiga

Dalam dunia ketamadunan Islam, bentuk tulisan tangan juga mempunyai kategori yang tersendiri. Terdapat jenis-jenis kaligrafi yang popular seperti Kufi, Riq'ah, Nas'akh, Diwani, Diwani Jali dan Raihani (Sakkal 2003), (Mohd Sanusi 2003) dan (Mohd Sanusi et al. 2005). Setiap jenis kaligrafi ini diperkenalkan pada masa dan tempat yang berbeza. Kaligrafi kufi dicipta di Kuffah dan mula dijadikan piawai penulisan Al-Quran pada abad ke 8 selama hampir 300 tahun, manakala kaligrafi nasakh pula dibangunkan pada abad ke 10 dan telah diperkembangkan di Turki pada abad ke-16. Kemudiannya, tulisan ini telah dijadikan sebagai tulisan piawai untuk menulis Al-Quran. Kaligrafi jenis Nastaliq ataupun farsi ditemui pada abad ke 14 dan 15 di Iran. Uniknyanya bagi setiap kaligrafi, ia lahir pada zaman yang berbeza dan juga pada tempat yang berbeza.

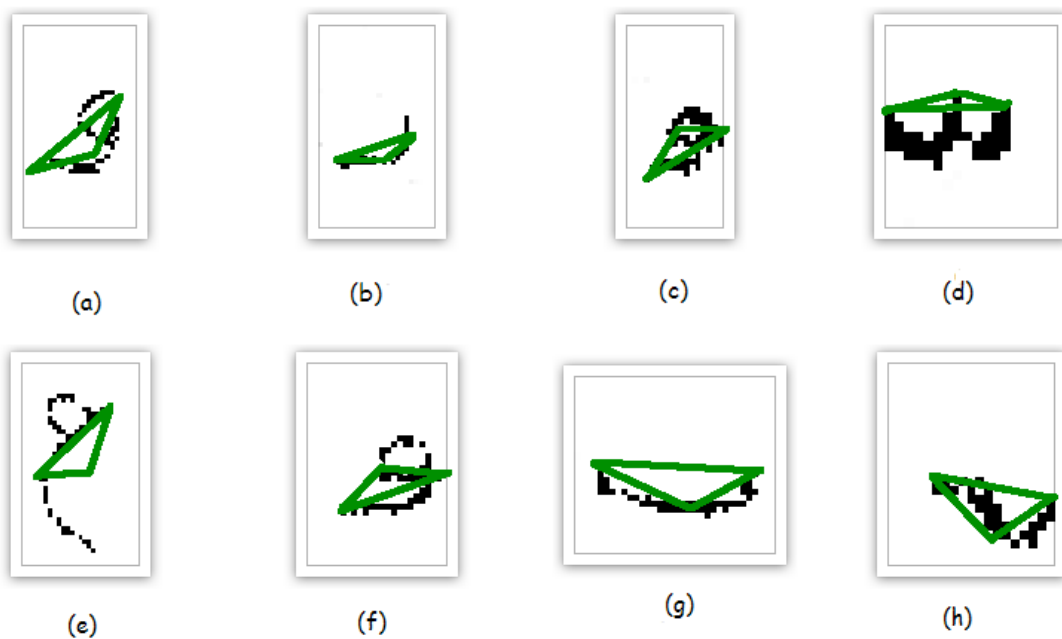
Di Tanah Melayu, kajian yang dilakukan oleh Mohd Sanusi (2003) ke atas manuskrip Merong Mahawangsa telah membawa kepada penemuan bahawa erotan dan pencongan tulisan jawi mempunyai kaitan kepada jenis tulisan yang digunakan. Malah menurutnya, di dalam manuskrip tulisan jawi tersebut terdapat beberapa jenis tulisan iaitu nasakh, thuluth dan riq'ah. Hasil dapatan beliau mampu memberikan input berguna kepada kajian paleografi tulisan jawi.

Di dalam kitab Undang-undang Melayu, menurut Abd. Rahman (1994), kitab ini ditulis oleh 3 orang penulis yang berlainan bersandarkan jenis kaligrafi yang berbeza pada halaman 1-10, 11-16 dan 17-32. Menurutnyanya, pada bahagian pertama iaitu halaman 1-10, tulisan kaligrafi yang digunakan berbeza dengan kaligrafi nasakh atau thuluth yang piawai. Tampaknya, bentuk kaligrafinya lebih bulat dan pendek seolah-olah ianya tulisan jawa atau pun sanskrit. Pada bahagian kedua, ianya mempunyai elemen kaligrafi thuluth dan pada bahagian ketiga, bentuknya berubah kepada lebih berbentuk empat segi.

Dapatan yang diperoleh dari tarikh dan tempat kaligrafi dibangunkan, diguna secara meluas dan dikembangkan (Sakkal 2003) dan pengaruh tulisan kaligrafi di dalam manuskrip (Mohd Sanusi 2003) dan (Mohd Sanusi 2005) boleh digunakan sebagai petunjuk kepada kajian Paleografi. Malah ciri-ciri teknikal (Kodikologikal) kaligrafi tersebut boleh dijadikan penunjuk penentuan jenis kaligrafi dan usia kaligrafi terbabit, (Witkam 2009).

Kajian di dalam bidang pemprosesan imej dan pengelihatan komputer sudah sebatian dengan penentuan bentuk atau jenis kaligrafi seperti yang telah dikaji oleh Bilal et al. (2011), dan Sara Izadi, et al. (2006). Satu daripada beberapa cabang bidang ini ialah mencirikan bentuk huruf yang terdapat pada skrip sama ada arab, farsi atau jawi. Satu daripada ciri yang digunakan ialah bentuk geometri segitiga seperti yang dipaparkan di dalam **Rajah 1**. Satu kajian yang menggunakan ciri bentuk ini dilaksanakan oleh Han Junjun (2008) yang menggunakan kaedah keserupaan segitiga untuk menjejak pinggir imej berwarna.

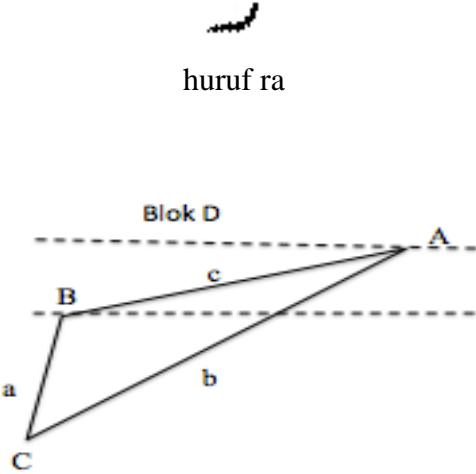
Terdapat empat jenis geometri segitiga iaitu sama sisi, sama kaki, bersudut tepat, dan sisi tak sama kaki dan kesemua jenis ini mempunyai variasi bentuk yang berbeza-beza dari segi saiz sisi dan sudutnya. Dalam hal ini setiap huruf jawi boleh diwakilkan dengan 3 titik koordinat penting yang dimulai dari titik awal huruf hingga ke pangkal huruf.



Rajah 1: Contoh geometrik segitiga pada huruf Jawi. (a) – (h) berbentuk sisi tak sama kaki dan kesemua jenis ini mempunyai variasi bentuk yang berbeza-beza dari segi saiz sisi dan sudutnya.

Jadual 1 menunjukkan satu contoh bagaimanakah suatu huruf jawi (huruf ra) boleh dimodelkan menjadi blok segitiga. Titik tengah memainkan peranan penting kerana titik tengah diperoleh dengan mendapatkan nilai *centroid* piksel hitam yang mewakili huruf terbabit. Selain dari itu struktur huruf yang berbeza, kecondongan dan juga awalan dan akhiran huruf yang boleh berlaku pada bahagian atas mahupun pada bahagian bawah.

Jadual 1: Contoh Model Segitiga pada Huruf Jawi

Maklumat Koordinat dan Model Huruf	Model Huruf yang dihasilkan oleh atur cara
<p>Titik 1 x : 21 y : 17 Titik 2 x : 13 y : 23 Titik 3 x : 3 y : 27</p>  <p>huruf ra</p> <p>Model segitiga yang diwakili oleh huruf ra di dalam batu bersurat.</p> <p>Bentuk model menerangkan bahawa $y_A \leq y_B \leq y_C$</p>	<pre> 01234567890123456789012345 111111111111111111111111111111110 111111111111111111111111111111111 111111111111111111111111111111112 111111111111111111111111111111113 111111111111111111111111111111114 111111111111111111111111111111115 111111111111111111111111111111116 111111111111111111111111111111117 111111111111111111111111111111118 111111111111111111111111111111119 111111111111111111111111111111110 111111111111111111111111111111111 111111111111111111111111111111112 111111111111111111111111111111113 111111111111111111111111111111114 111111111111111111111111111111115 111111111111111111111111111111116 111111111111111111111111111111117 111111111111111111111111111111118 111111111111111111111111111111119 111111111111111111111111111111110 111111111111111111111111111111111 111111111111111111111111111111112 111111111111111111111111111111113 111111111111111111111111111111114 111111111111111111111111111111115 111111111111111111111111111111116 111111111111111111111111111111117 111111111111111111111111111111118 111111111111111111111111111111119 111111111111111111111111111111110 111111111111111111111111111111111 111111111111111111111111111111112 111111111111111111111111111111113 111111111111111111111111111111114 111111111111111111111111111111115 111111111111111111111111111111116 111111111111111111111111111111117 111111111111111111111111111111118 111111111111111111111111111111119 111111111111111111111111111111110 111111111111111111111111111111111 111111111111111111111111111111112 111111111111111111111111111111113 111111111111111111111111111111114 111111111111111111111111111111115 111111111111111111111111111111116 111111111111111111111111111111117 111111111111111111111111111111118 111111111111111111111111111111119 </pre> <p>Pernomboran pada bahagian atas dan kanan menunjukkan koordinat piksel.</p>

3. Model Persepsi Untuk Mengenal Pasti Kaligrafi Di Batu Bersurat Terengganu

Metodologi yang digunakan di dalam menentukan jenis kaligrafi yang terdapat di dalam Batu Bersurat Terengganu ialah

- i. Pengumpulan Data,
- ii. Pra-pemprosesan,
- iii. Pengekstrakan Ciri dan teknik cadangan, dan
- iv. Uji kaji.

Pada bahagian teknik cadangan akan diperincikan kerana teknik ini adalah teknik baru untuk Paleografi Digital Jawi yang sedang dikaji di Fakulti Teknologi dan Sains Maklumat, Universiti Kebangsaan Malaysia, Bangi.

a. Pengumpulan Data

Batu Bersurat Terengganu bertulisan jawi yang ditulis pada 22 Februari 1303 diperoleh dari laman sesawang:

(http://ms.wikipedia.org/wiki/Batu_Bersurat_Terengganu).

Imej yang telah dilakukan pengambangan akan dibersihkan dari piksel-piksel yang tidak berkaitan. Adalah menjadi satu kebiasaan kepada imej dari artifak lama seperti dari batu bersurat dan juga manuskrip mempunyai kualiti imej rendah, beza jelas, keamatan yang kabur dan juga comot akibat penuaan mahupun hakisan angin (Yosef et al. 2004), (Yahya et al. 2009). Setelah penyingkiran piksel-piksel yang tidak berkaitan dilakukan, imej adalah tersedia untuk diekstrak cirinya menggunakan geometri segitiga.

c. Pengekstrakan Ciri Kaligrafi

Pengekstrakan ciri di dalam kajian ini menggunakan kaedah blok segitiga. Proses yang dilalui pada proses ini terbahagi kepada tiga:

- i) pemilihan tiga koordinat penting,
- ii) mengenalpasti jenis blok segitiga, dan
- iii) mendapatkan ciri berasaskan kepada rumus segitiga tak sama kaki (*scalene*).

Terdapat 21 ciri berguna diperoleh dari segitiga tak sama kaki yang dapat digunakan dalam mengenalpasti jenis tulisan kaligrafi yang digunakan oleh pemahat Batu Bersurat Terengganu.

i. Pemilihan tiga koordinat penting

Pemilihan koordinat untuk blok segitiga memerlukan imej yang bersih dari hingar yang mungkin membuatkan pemilihan tersebut tidak tepat. Hasilnya pula tidak memberikan ciri sebenar blok segitiga bagi huruf yang diuji.

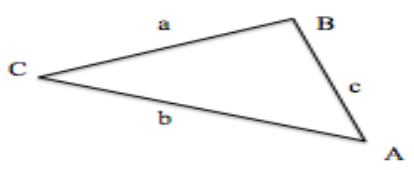

Pemilihan 3 koordinat adalah berasaskan kepada taburan piksel hitam pada huruf yang dipilih. Tiga titik utama dipilih dan dilabelkan seperti pada **Jadual 3** berikut:

Jadual 3: Lokasi Piksel Hitam Pilihan dan Perwakilan Sudut

Titik piksel	Lokasi Piksel pilihan	Label dalam Segitiga	Garis antara titik ke titik berikutnya	Sudut
Titik 1	Piksel hitam pertama yang dijumpai dari sebelah kanan huruf	A	b dan c	A
Titik 2	Piksel hitam pertama yang dijumpai pada sebelah kiri huruf	C	a dan b	C
Titik 3	Piksel sentroid huruf yang dipilih	B	a dan c	B

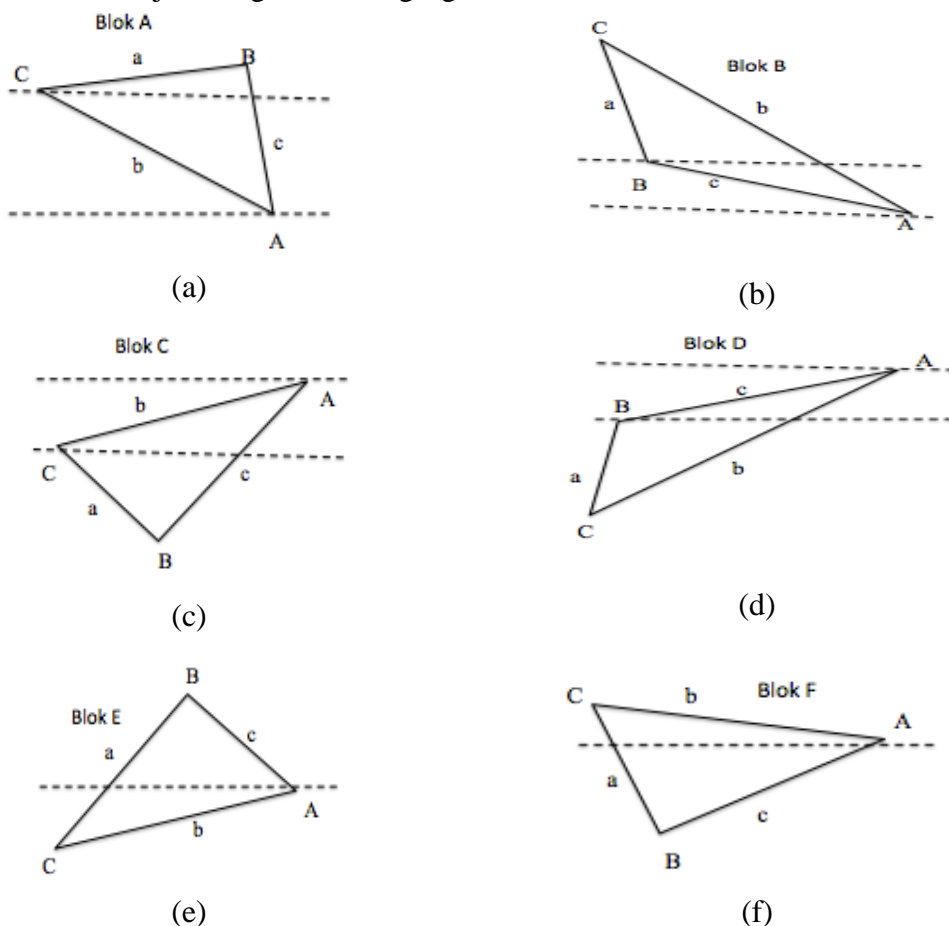
Titik-titik yang dipilih, dilabelkan dan juga garisan yang menghubungkan antara A, B dan C diterangkan pada **Jadual 4** di bawah. Jadual ini juga menunjukkan satu imej yang telah diuji untuk mendapatkan tiga koordinat yang mewakili tiga titik segitiga.

Jadual 4: Koordinat Tiga Titik Pilihan

Segitiga	Imej	Koordinat
 <p><i>Segitiga ini tidak menggambarkan geometri imej yang diwakilkan pada lain imej</i></p>		Titik 1 x : 21 y : 17 Titik 2 x : 3 y : 27 Titik 3 x : 13 y : 23

ii. Membentuk model Blok Segitiga

Hasil kajian yang dilakukan ke atas tiga koordinat yang dipilih. Jika A ditetapkan sentiasa berada pada sebelah kanan, C di sebelah kiri dan B di antara A dan B, maka kemungkinan model geometri Segitiga yang dapat dihasilkan ialah enam blok. **Rajah 2** di bawah menunjukkan geometri segitiga.



Rajah 2: Model Geometri Segitiga

Geometri dihasilkan pada rajah di atas adalah berasaskan kepada koordinat y bagi titik A, B dan C seperti yang di tunjukkan pada **Jadual 5** di bawah:

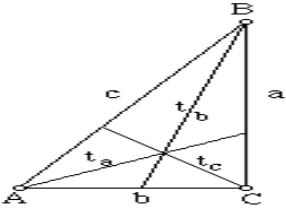
Jadual 5: Kedudukan Koordinat y di dalam Model Geometri Segitiga

Blok	Kedudukan koordinat y
A	$yA \geq yC \geq yB$
B	$yA \geq yB \geq yC$
C	$yA \leq yC \leq yB$
D	$yA \leq yB \leq yC$
E	$yA \geq yB \leq yC$
F	$yA \geq yC \leq yB$

iii. Pengekstrakan Ciri dari segitiga tak sama kaki

Setelah proses pembentukan blok segitiga telah dilaksanakan. Proses berikutnya adalah dengan mengekstrak ciri dari blok-blok segitiga berasaskan kepada koordinat-koordinat yang diperoleh dari huruf. Terdapat 21 ciri yang diekstrak dan termasuklah jenis geometri. **Jadual 6** di bawah menunjukkan ciri yang diekstrak dari geometri-geometri segitiga yang dicadangkan pada **Rajah 1** dan **Rajah 2**.

Jadual 6: Ciri dari Segitiga Tak Sama Kaki

Ciri	Nama Ciri	Keterangan
1	Geometri	Geometri segitiga yang mewakili tiga koordina
2	a	Sisi B(x,y) ke C(x,y)
3	b	Sisi A(x,y) ke C(x,y)
4	c	Sisi A(x,y) ke B(x,y)
5	Nisbah c/a	Nisbah panjang sisi c dibandingkan dengan sisi a
6	A	Sudut A
7	B	Sudut B
8	C	Sudut C
9	Sudut A ke B	Sisi b diperoleh sudut dari garis lurus titik A. Untuk mendapatkan kecondongan titik B
10	Area	Luas segitiga
11	Pembahagi sudut sama a (t_a)	
12	Pembahagi sudut sama b (t_b)	
13	Pembahagi dua sama sudut c (t_c)	
14	Median sisi m_a	Garisan yang memotong sama rata sisi a dari titik A
15	Median sisi m_b	Garisan yang memotong sama rata sisi b dari titik B
16	Median sisi m_c	Garisan yang memotong sama rata sisi c dari titik B
17	Ketinggian h_a	Altitud bagi garisan a
18	Ketinggian h_b	Altitud bagi garisan b
19	Ketinggian h_c	Altitud bagi garisan c
20	Jejari Bulatan Terhad	Jejari Bulatan Triangle
21	Jejari bulatan yang diinskripsi	Jejari bulatan di dalam segitiga

4. Contoh Hasil

Pada fasa uji kaji, huruf-huruf yang dipilih dari Batu Bersurat Terengganu akan ditentukan jenis huruf jawi dan juga jenisnya iaitu huruf tunggal, depan, tengah mahupun belakang.





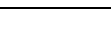















Huruf-huruf ini akan dilarikan menggunakan algoritma yang dibina sendiri berasaskan kepada kaedah yang dicadangkan. Seterusnya, keputusan dari dapatan huruf ini akan diperbandingkan dengan keputusan sedia ada iaitu enam jenis tulisan kaligrafi yang diperoleh dari perisian k-Jawi Kementerian Kebudayaan, Kesenian dan Warisan Malaysia (KEKKWA) dan juga dari font Arab yang diperoleh dari Tuan Haji Hamdan Abdul Rahman. Keputusan dari ujikaji tersebut dijadikan sebagai piawai bagi jenis-jenis kaligrafi yang digunakan di dalam manuskrip mahu pun batu bersurat.

Keputusan uji kaji akan dibahagikan kepada tiga jadual. **Jadual 7** di bawah menunjukkan keputusan uji kaji yang dilaksanakan untuk mendapatkan geometri segitiga dan membandingkan dengan geometri yang mewakili kaligrafi Diwani, Farisi, Kufi, Nasakh, Riq'ah dan Thuluth.











Jadual 7: Keputusan Uji kaji

Bil.	Imej Jawi	Huruf	Posisi	Geometri Segitiga	Jenis Kaligrafi
1		Rha	Tunggal	D	Diwani, Farisi, Kufi, Nasakh, Thuluth, Riq'ah
2		Alif	Tunggal	F	Nasakh, Thuluth
3		Alif	Tunggal	F	Nasakh, Thuluth
4		Lam	Depan	D	Diwani, Farisi, Kufi, Nasakh, Thuluth, Riq'ah
5		Wau	Tunggal	D	Diwani, Nasakh, Riq'ah
6		Rha	Tunggal	D	Diwani, Farisi, Kufi, Nasakh, Thuluth, Riq'ah
7		wau	Tunggal	D	Diwani, Nasakh, Riq'ah
8		sin	Depan	C	Tidak tersenarai
9		Tidak pasti	Tunggal	D	Tidak Tersenarai
10		wau	Tunggal	D	Diwani, Nasakh, Riq'ah

Jadual 7: Keputusan Uji kaji (sambungan)

Bil.	Imej Jawi	Huruf	Posisi	Geometri Segitiga	Jenis Kaligrafi
11		Tidak pasti	Tunggal	F	Tidak Tersenarai
12		Ha	Hujung	F	Tidak tersenarai
13		dal	Tunggal	D	Diwani, Farisi, Nasakh, Thuluth, Riq'ah
14		ain	Depan	D	Diwani, Farisi, Nasakh, Thuluth, Riq'ah
15		Tidak pasti	Depan	C	Tidak Tersenarai
16		Tidak pasti	Tunggal	B	Tidak Tersenarai
17		sin	Depan	C2	Tidak tersenarai
18		alif	Hujung	B	Diwani, Farisi, Nasakh, Thuluth, Riq'ah
19		sin	Tengah	B	Tidak tersenarai
20		fa	Depan	B1	Farisi
21		Tidak pasti	Hujung	A1	Tidak Tersenarai
22		alif	Tunggal	C	Kufi, Riq'ah
23		dal	Tunggal	D	Diwani, Farisi, Kufi, Nasakh, Thuluth, Riq'ah
24		Tidak pasti	Depan	D	Tidak Tersenarai
25		Tidak pasti	Tengah	E	Tidak Tersenarai
26		Alif	Hujung	B	Tidak Tersenarai
27		rha	Tunggal	D	Diwani, Farisi, Kufi, Nasakh, Thuluth, Riq'ah
28		alif	Tunggal	D1	Diwani, Farisi, Kufi, Nasakh, Thuluth, Riq'ah
29		kaf	Tunggal	D	Diwani, Nasakh, Thuluth
30		ha	Depan	A	Tidak Tersenarai

Jadual 7: Keputusan Uji kaji (sambungan)

Bil.	Imej Jawi	Huruf	Posisi	Geometri Segitiga	Jenis Kaligrafi
31		alif	Hujung	A	Tidak tersenarai
32		mim	Depan	E	Tidak Tersenarai
33		kaf	Tengah	D	Tidak tersenarai
34		kaf	Tengah	D	Tidak Tersenarai
35		alif	Tunggal	D	Diwani, Farisi, Kufi, Nasakh, Thuluth, Riq'ah
36		Kaf	Depan	D	Diwani, Nasakh
37		alif	Hujung	B	Diwani, Farisi, Nasakh, Thuluth, Riq'ah
38		sin	Depan	A1	Tidak tersenarai
39		fa	Depan	D	Diwani, Nasakh, Riq'ah, Thuluth
40		dhad	Tunggal	D	Diwani, Thuluth, Nasakh, Kufi,

Pada **Jadual 8** bilangan Jenis kaligrafi terdapat pada huruf yang diuji. Manakala pada **Jadual 9** pula menunjukkan bilangan penampakan geometri segitiga pada huruf yang diuji.

Jadual 8: Bilangan Penampakan Kaligrafi

Nama Kaligrafi	Bilangan Kaligrafi
Diwani	18
Farisi	12
Kufi	8
Nasakh	20
Riq'ah	16
Thuluth	16
Tidak Tersenarai	18

Jadual 9: Bilangan penampakan dan Jenis Geometri segitiga

Geometri Segitiga	Bilangan Geometri Segitiga
A	4
B	6
C	4
D	20
E	2
F	4

Pada **Jadual 8** dan **Jadual 9** menunjukkan terdapat beberapa huruf yang tidak tersenarai. Ini disebabkan oleh huruf-huruf yang telah dikenalpasti, tidak berpadanan dengan satu pun piawai geometri segitiga yang dipiawaikan dari perisian k-Jawi dan fon Arab. Terdapat juga huruf yang tidak dapat dikenal pasti hurufnya dan penyelidik

melabelkan huruf tersebut sebagai tidak tersenarai memandangkan tidak dapat dibuat padanan pada huruf yang telah dipiawaikan.

Uji kaji dilaksanakan dengan imej dari Batu Bersurat Terengganu yang telah dilakukan penemberengan kepada huruf-huruf tunggal kerana Model Geometri Segitiga yang dicadangkan menggunakan pendekatan tempatan. Model ini akan menentukan setiap perwakilan jenis kaligrafi pada setiap huruf yang dilakukan uji kaji.

5. Perkembangan dan Perluasan

Kertas seminar ini, hanya mengkaji kepada model geometri segitiga yang telah dimodelkan dan dipadankan dengan geometri yang diperoleh dari huruf-huruf pada batu bersurat yang telah diuji. Walau bagaimanapun, 20 ciri segitiga tak sama kaki tidak digunakan untuk menentukan keseluruhan huruf yang diuji dengan piawaian yang digunakan memandangkan tujuan kertas ini untuk membincangkan model segitiga dan jenis kaligrafi yang diwakili oleh huruf-huruf Batu Bersurat Terengganu. Berdasarkan kepada perwakilan geometri segitiga, ketepatan kepada jenis kaligrafi yang diwakili hanya dapat ditentukan dengan melakukan analisis ciri segitiga tak sama kaki yang telah diekstrak. Kajian ini akan diperluaskan lagi menggunakan Model Persepsi yang boleh mengeksploit geometri segitiga dan di uji pada imej manukrip jawi lain.

6. Penghargaan

Di dalam menjayakan kajian ini, ucapan terima kasih kepada Tuan Haji Hamdan Abdul Rahman, mengenai khidmat beliau menerangkan mengenai bahasa Melayu pada batu bersurat dan juga memberikan kami perisian k-Jawi serta font arab yang digunakan sebagai piawai kaligrafi di dalam kajian ini. Ucapan terima kasih juga ditujukan kepada Muzium Terengganu kerana telah menanggung keseluruhan pembiayaan seminar ini.

Rujukan

- Abd. Rahman, Mohamad Jajuli. 1994. *Teks undang-undang melayu pertengahan abad kelapan belas*. 1st ed. Kuala Lumpur: Dewan Bahasa dan Pustaka.
- Anon. Batu Bersurat Terengganu - Wikipedia Bahasa Melayu, ensiklopedia bebas. http://ms.wikipedia.org/wiki/Batu_Bersurat_Terengganu. (12 Mac 2011)
- Bilal Bataineh, Siti Norul Huda Sheikh Abdullah, & Khairuddin Omar, 2011. Generating an Arabic Calligraphy Text Blocks for Global Texture Analysis. *Proceeding of the International Conference on Advanced Science, Engineering and Information Technology 2011, Hotel Equatorial Bangi-Putrajaya, Malaysia, 14 - 15 January 2011*, pp. 151-155. ISBN 978-983-42366-4-9.
- Bischoff, Bernhard. 1990. *Latin Palaeography. Antiquity and the Middle Ages*. Cambridge: University Press.

- Brown, Michelle P. 1994. *Understanding illuminated manuscripts. A guide to technical terms*. Los Angeles: Getty Publications.
- Ciula, Arianna. 2005. Digital palaeography : using the digital representation of medieval script to support palaeographic analysis. *Digital Medievalist* 1 (Spring 2005): 1-31. ISSN: 1715-0736.
- Han Junjun; Zhao Jingxiu; Wang Mian, 2008. An Approach of Color Image Edge Detection Based on Triangle Similarity. *ISECS International Colloquium on Computing, Communication, Control, and Management, 3-4 Aug.2008. CCCM '08*. pp. 129 – 132.
- Joshi, Gopal Datt, Saurabh Garg, & Jayanthi Sivaswamy. 2007. A generalised framework for script identification. *Int. J. Doc. Anal. Recognit.* 10(2): 55-68.
- Witkam, J. J. 2009. The didactics of Palaeography. TIMA's Workshop on Codicology, Cambridge, September 8, 2009.
- <http://www.islamicmanuscripts.info/files/Didactics%20of%20Palaeography.pdf> (12 Mac 2011)
- Moalla, I., .M. Alimi, F. Lebourgeois, & H. Emptoz. 2006. Image Analysis for Palaeography Inspection. *Second International Conference on Document Image Analysis for Libraries (DIAL)* : pp. 303-311. doi:10.1109/DIAL.2006.20. <http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=1612972>.
- Mohd Sanusi Azmi. 2003. Perekaya Yasaan Erotan dan Pencongan Tulisan Jawi Tangan(PEPT) manuskrip Merong Mahawangsa. Tesis Sarjana, Fakulti Teknologi dan Sains Maklumat, Universiti Kebangsaan Malaysia.
- Mohd Sanusi Azmi, Khairuddin Omar, & Azizi Abdullah. 2005. Perekayaan Histogram Orientasi Kecerunan Mengesan Erotan dan Pencongan manuskript Merong Mahawangsa. *Jurnal Teknologi Maklumat & Multimedia* 2: 63-79.
- Mohd Yatim, Othman, & Abdul Halim Nasir. 2007. *Epigrafi Islam Terawal di Nusantara*. 2nd ed. Kuala Lumpur: Dewan Bahasa dan Pustaka.
- Padma, M C, & P A Vijaya. 2009. Identification Of T Elugu, Devanagari & English Scripts Using Discriminating. *Journal of Computer Science*, 1(2): 64-78.
- Sara Izadi, Javad Sadri, Farshid Solimanpour, Ching Y. Suen, 2006. A review on Persian script and recognition techniques. *Proceedings of the 2006 conference on Arabic and Chinese handwriting recognition*, pp. 22-35.
- Yahya, Sitti Rachmawati, SNHS Abdullah, K. Omar, M. S. Zakaria, & C. Y. Liong. 2009. Review on image enhancement methods of old manuscript with the damaged background. *2009 International Conference on Electrical Engineering and Informatics* (August): pp. 62-67. doi:10.1109/ICEEI.2009.5254816. <http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=5254816>.
- Yosef, I. B., Kedem, K., Dinstein, I. H., Beit-Arie, M. & Engel, E. 2004. Classification of hebrew calligraphic handwriting styles: Preliminary results. *Proceedings of the First International Workshop on Document Image Analysis for Libraries (DIAL'04)*, pp. 299-305.