

PEREKAYASAAN KAEDAH UJIAN EDM DENGAN MENGGUNAKAN KAEDAH YANG MENGABUNGKAN REKA BENTUK TAPAK UJIAN BERSAMA KAEDAH ANALISIS KUASA DUA TERKECIL

Sr Looi Kam Seng
Jabatan Ukur dan Pemetaan Malaysia
Bahagian Kadaster
Seksyen Perundangan Kadaster
Tingkat 10, Wisma JUPEM
Jalan Sultan Yahya Petra
50578 Kuala Lumpur
Tel: 03-26170870
e-mail: looi@jupem.gov.my

Sr Dr. Azlan bin Yahya
Politeknik Tuanku Sultanah Bahiyah
Kulim Hi-tech Park
09000 Kulim
Kedah Darul Aman
Tel: 04-4033333 ext: 2434
e-mail: azlan@pysb.edu.my

(Artikel ini pernah diterbitkan dalam Buletin GIS & GEOMATIK Bil. 1, 2020)

1. LATAR BELAKANG

Reka bentuk posisi Tapak Ujian EDM sedia ada yang berpandukan tapak ujian yang direka bentuk pada tahun 1972 hanya bersesuaian dengan EDM ketika itu yang menggunakan gelombang mikro. EDM model baharu masa kini menggunakan gelombang inframerah dan gelombang cahaya tampak. Kos pembinaan dan penyelenggaraan Tapak Ujian EDM yang tinggi serta kaedah ujian EDM yang berpandukan purata selisih malar dengan cara membandingkan bacaan jarak yang dicerap oleh alat tersebut dengan jarak piawai tapak ujian adalah tidak telus dan boleh dimanipulasikan. Laporan ini mengemukakan kaedah ujian EDM yang mengabungkan reka bentuk tapak ujian bersama analisis kuasa dua terkecil bagi menilai ketepatan EDM sebagaimana yang dinyatakan dalam manual spesifikasi alat (Ketepatan Pengilang). Nilai reja dan selisih piawai bagi reja yang diperolehi daripada analisis kuasa dua

terkecil adalah merupakan keputusan penilaian ke atas ketepatan EDM tersebut. Diharap reka bentuk dan kaedah analisis yang dicadangkan ini akan dapat menambah baik proses ujian EDM masa ini.

2. TEKNIK ANALISIS STATISTIK KUASA DUA TERKECIL YANG DIGUNAPAKAI

Daripada model matematik $F = AXF = AX$, maka ianya diolah kepada bentuk $V = AX - FV = AX - F$ (di mana V adalah nilai reja, A adalah matrik pekali, X adalah pembolehubah dan F adalah jarak cerapan). Nilai Selisih Tetap/Selisih Sifar (Constant Error) yang wujud pada selisih gabungan berpunca dari alat EDM dan prismanya juga dimasukkan ke dalam persamaan cerapan sebagai X_5 , dengan itu persamaan matematik dapat disusun kepada persamaan cerapan 1 hingga cerapan 20 seperti **Jadual 1** di bawah. Manakala Selisih Kitaran (Cyclic Error) adalah terlalu kecil atau sama iaitu di bawah nilai $\pm 0.2\text{mm}$ (Brown et al, 2003) dan boleh diabaikan bagi semua jenis alat EDM masa kini.

Jadual 1: Model Matriks Dua Puluh Persamaan Cerapan

$$\begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \\ V_3 \\ V_4 \\ V_5 \\ V_6 \\ V_7 \\ V_8 \\ V_9 \\ V_{10} \\ V_{11} \\ V_{12} \\ V_{13} \\ V_{14} \\ V_{15} \\ V_{16} \\ V_{17} \\ V_{18} \\ V_{19} \\ V_{20} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ X_3 \\ X_4 \\ X_5 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} F_1 \\ F_2 \\ F_3 \\ F_4 \\ F_5 \\ F_6 \\ F_7 \\ F_8 \\ F_9 \\ F_{10} \\ F_{11} \\ F_{12} \\ F_{13} \\ F_{14} \\ F_{15} \\ F_{16} \\ F_{17} \\ F_{18} \\ F_{19} \\ F_{20} \end{bmatrix}$$

Di mana:

X_1, X_2, X_3 dan X_4 = Selisih Skalar (Scale Error)

X_5 = Selisih Tetap/Sifar (Constant/Zero Error)

Selisih Kitaran (Cyclic Error) diabaikan kerana terlalu kecil.

3. PENGUMPULAN DAN PEMROSESAN DATA

a. Peringkat Persediaan

Kajian melibatkan cerapan terhadap 4 segmen jarak dengan 5 pillar sedia ada berdasarkan keperluan minimum ujian iaitu jarak sepanjang 300m. Bagi tujuan itu, sampel jarak dipilih adalah jarak 5 pillar kalibrasi sedia ada sebagai data uji kaji. Pillar yang dipilih

merupakan pilar sedia ada Tapak Kalibrasi EDM Jabatan seluruh Malaysia. Dalam kajian ini, sebanyak 15 JUPEM Negeri/Bahagian termasuk Sabah dan Sarawak terlibat dalam menjalankan kutipan data melibatkan 17 Tapak Ujian EDM sedia ada Jabatan Ukur dan Pemetaan Malaysia.

b. Peringkat Pungutan Data Di Lapangan

Proses Pungutan data dijalankan oleh setiap JUPEM Negeri termasuk Bahagian Pemetaan Topografi Sabah dan Sarawak. Pada dasarnya kutipan data merangkumi 2 ujian iaitu Ujian 1 menggunakan 5 pillar yang mewajibkan ujian pengukuran jarak di Pillar 1 dan pillar 10 di tapak ujian yang jarak maksimumnya 300 meter atau lebih, manakala Ujian 2 yang melibatkan 5 pillar juga adalah untuk kutipan data jarak pillar yang kurang dari 300 meter. Pungutan data melibatkan pemilihan 5 pillar ukur yang membentuk 4 segmen jarak sepertimana SOP yang telah digariskan dalam **Lampiran A**.

c. Peralatan Dan Tapak Kajian Kalibrasi

Sebanyak 37 buah alat EDM Jabatan digunakan sebagai alat uji kaji dengan 17 buah Tapak Ujian Kalibrasi EDM sebagai tapak ujian dalam kajian ini seperti senarai dalam **Jadual 2** di bawah.

Jadual 2: Senarai Tapak Kalibrasi Alat Mengikut Negeri Aan Alat EDM Yang Digunakan

Bil	Negeri	Tapak Ujian	No Ujian	Model Alat	No Siri	Ketepatan Alat-Pengilang (mm)
1	Johor	Tapak Kalibrasi Taman Permas	1	TOPCON ES-105	GZ8671	±2mm + 2ppm
			2	TOPCON ES-105	GZ8671	±2mm + 2ppm
		Tapak Ujian EDM UTHM Batu Pahat	1	TOPCON ES-105	GZ8216	±2mm + 2ppm

2	Kedah	Tapak Kalibrasi Jalan Kilang lama Kulim	1	TOPCON ES-105	GZ8693	±2mm+2ppm
			2	TOPCON ES-105	GZ8693	±2mm+2ppm
			1	LEICA TS 06 PLUS	1364315	±1.5mm+2ppm
			2	LEICA TS 06 PLUS	1364315	±1.5mm+2ppm
			1	TOPCON GPT 3005W	3Y1901	±3mm+2ppm
			1	TOPCON GPT 3005W	3Y1931	±3mm+2ppm
3	Kelantan	Tapak Kalibrasi KADA Resort Melur Kota Baharu	1	TOPCON ES-105	GZ8645	±2mm+2ppm
			2	LEICA TS 06 PLUS	GZ8651	±1.5mm+2ppm
4	Negeri Sembilan	Tapak Ujian Kalibrasi Jalan Hj Mohamad Said	1	TOPCON ES-105	GZ8611	±2mm+2ppm
5	Pahang	Tapak Ujian EDM Taman Seri Semantan Temerloh	1	LEICA TS 06 PLUS	1363271	±1.5mm+2ppm
			2	LEICA TS 06 PLUS	1363271	±1.5mm+2ppm
		Tapak Ujian KOMTUR Indera Mahkota Kuantan Pahang	1	LEICA TS 06 PLUS	1363286	±1.5mm+2ppm
			2	LEICA TS 06 PLUS	1363286	±1.5mm+2ppm
6	Perak	Tapak Ujian Kelab Golf Kinta, Batu Gajah	1	TOPCON ES-105	GZ8744	±2mm+2ppm
			2	TOPCON ES-105	GZ8744	±2mm+2ppm
			1	LEICA TS 06 PLUS	1365180	±1.5mm+2ppm
			2	LEICA TS 06 PLUS	1365180	±1.5mm+2ppm
			1	LEICA TS 06 PLUS	136064	±1.5mm+2ppm
			2	LEICA TS 06 PLUS	136064	±1.5mm+2ppm
			1	TOPCON ES-105	GZ8647	±2mm+2ppm

		Tapak Ujian Taman Tasik Taiping	2	TOPCON ES-105	GZ8647	±2mm+2ppm
			1	TOPCON ES-105	GZ8628	±2mm+2ppm
			2	TOPCON ES-105	GZ8628	±2mm+2ppm
7	Perlis	Tapak ujian EDM Sg Batu Pahat	1	TOPCON ES-105	GZ8608	±2mm+2ppm
			2	TOPCON ES-105	GZ8608	±2mm+2ppm
8	Pulau Pinang	Tapak Ujian Padang Polo, Jalan Sepoi Lines, Pulau pinang	1	LEICA TS 06 PLUS	1363058	±1.5mm+2ppm
			2	LEICA TS 06 PLUS	1363058	±1.5mm+2ppm
9	Sabah	Tapak Ujian Kg. Andus Papar Kota Kinabalu	1	TOPCON GPT3007LW	8Z0090	±3mm+2ppm
			2	TOPCON GPT3007LW	8Z0090	±3mm+2ppm
10	Sarawak	Tapak Ujian EDM Balai Ringin Serian Sarawak	1	TOPCON GPT3007LW	8Z0067	±3mm+2ppm
			2	TOPCON GPT3007LW	8Z0067	±3mm+2ppm
			1	TOPCON GPT3007LW	8Z0068	±3mm+2ppm
			2	TOPCON GPT3007LW	8Z0068	±3mm+2ppm
			1	TOPCON GPT3007LW	8Z0072	±3mm+2ppm
			2	TOPCON GPT3007LW	8Z0072	±3mm+2ppm
			1	TOPCON ES-101	GW0059	±2mm+2ppm
			2	TOPCON ES-101	GW0059	±2mm+2ppm
			1	TOPCON ES-101	GW0061	±2mm+2ppm
			2	TOPCON ES-101	GW0061	±2mm+2ppm
11	Selangor	Tapak Ujian Seksyen 6 Shah Alam	1	TOPCON ES-105	GZ8665	±2mm+2ppm
			1	TOPCON ES-105	GZ8623	±2mm+2ppm

			2	TOPCON ES-105	GZ8623	±2mm+2ppm
			1	TOPCON ES-105	GZ9842	±2mm+2ppm
			1	TOPCON GPT3005W	3Y1963	±3mm+2ppm
12	Terengganu	Tapak Ujian Tanjung Jara Dungun	1	TOPCON ES-105	GZ8783	±2mm+2ppm
			2	TOPCON ES-105	GZ8783	±2mm+2ppm
13	WP Kuala Lumpur	Tapak Ujian Seksyen 6 Shah Alam	1	TOPCON ES-105	GZ8848	±2mm+2ppm
			1	TOPCON ES-105	GZ8640	±2mm+2ppm
			1	TOPCON ES-105	GZ8804	±2mm+2ppm
			1	TOPCON ES-105	GZ8600	±2mm+2ppm
14	WP Labuan	Tapak Ujian Lapangan Terbang TUDM Labuan	1	LEICA TS 06 PLUS	1363270	±1.5mm+2ppm
			1	TOPCON ES-105	GZ8809	±2mm+2ppm
			1	TOPCON ES-105	GZ8619	±2mm+2ppm
15	Melaka	Tapak Ujian Kawasan Perindustrian Ayer Keroh Melaka	1	LEICA TS 06 PLUS	1363519	±1.5mm+2ppm
			1	TOPCON ES-105	GZ8708	±1.5mm+2ppm

Setiap alat mempunyai Ketepatan Pengilang yang diberikan dalam manual spesifikasi alat tersebut antaranya ±1.5mm+2ppm hingga ±3mm+2ppm. Ianya direkodkan sebagai penanda aras ketepatan alat yang akan diuji.

d. Peringkat Pemrosesan Data

Hasil kutipan data bagi 37 alat ukur EDM dari 15 JUPEM Negeri/Bahagian dijadikan sebagai input di dalam modul MsExcel LSA yang dibangunkan oleh pihak Politeknik Tuanku Sultanah Bahiyah Kulim sebagaimana yang ditunjukkan dalam **Rajah 1** di bawah.

F35		fx =(F31+F32+F33+F34)/4				
	A	B	C	D	E	F
1						
2		Pilar P1	P1 – P2	P1 – P3	P1 – P4	P1- P5
3		1	49.0020	125.0140	201.0020	300.0010
4		2	49.0020	125.0140	201.0020	300.0010
5		3	49.0010	125.0140	201.0020	300.0010
6		4	49.0020	125.0150	201.0020	300.0010
7		Purata	49.0018	125.0143	201.0020	300.0010
8						
9		Pilar P2	P2 – P1	P2 – P3	P2 – P4	P2- P5
10		1	49.0020	76.0010	152.0000	250.9980
11		2	49.0020	76.0010	152.0000	250.9980
12		3	49.0020	76.0010	152.0000	250.9980
13		4	49.0020	76.0010	152.0000	250.9980
14		Purata	49.0020	76.0010	152.0000	250.9980
15						
16		Pilar P3	P3 – P1	P3 – P2	P3 – P4	P3- P5
17		1	125.0140	76.0120	75.9870	174.9860
18		2	125.0150	76.0120	75.9880	174.9860
19		3	125.0150	76.0120	75.9870	174.9860
20		4	125.0140	76.0120	75.9870	174.9860
21		Purata	125.0145	76.0120	75.9873	174.9860
22						
23		Pilar P4	P4 – P1	P4 – P2	P4 – P3	P4- P5
24		1	201.0030	152.0000	75.9870	98.9990
25		2	201.0030	152.0000	75.9870	98.9990
26		3	201.0020	152.0000	75.9870	98.9990
27		4	201.0030	152.0000	75.9870	98.9990
28		Purata	201.0028	152.0000	75.9870	98.9990

Rajah 1: Data Cerapan Sebagai Input Ujian Kalibrasi LSA

e. Dapatan Hasil Ukuran

Dapatan hasil ukuran merupakan ketepatan ukuran (mm) bagi setiap alat yang diuji yang merangkumi Selisih Skala (X1, X2, X3 dan X4) serta Selisih Tetap/Sifar X5. Laporan Reja (V_n) bagi setiap cerapan segmen Pillar juga diperolehi manakala Sisihan Piawai bagi Reja

(Standard Deviation) bagi keseluruhan Reja yang diperolehi dapat dihitung sebagai hasil analisis ketetapan alat tersebut.

4. ANALISIS DAN PERSEMBAHAN DATA

a. Perbandingan antara Ketetapan Pengilang dan Dapatan Hasil Ujian

Data-data yang di proses dipersembahkan dalam bentuk Sisihan Piawai setiap Reja (V) berdasarkan cerapan segmen jarak yang diperolehi seperti **Jadual 3** di bawah.

Jadual 3: Maklumat Reja (V) Setiap Bacaan dari Bacaan 1 hingga 20 Diwakili Oleh Reja V1 Hingga V20

Q31																			
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	P	Q	R	S	T
1																			
2																			
3																			
4																			
5																			
6																			
7																			
8																			
9																			
10																			
11																			
12																			
13																			
14																			
15																			
16																			
17																			
18																			
19																			
20																			
21																			
22																			
23																			
24																			
25																			

V	=	A	X	-	F	REJA
V1	=	1 0 0 0 1			49.0018	V1 = 0.0003600
V2	=	1 1 0 0 1			125.0143	V2 = -0.0011050
V3	=	1 1 1 0 1			201.0020	V3 = 0.0008050
V4	=	1 1 1 1 1			300.0010	V4 = 0.0018150
V5	=	1 0 0 0 1			49.0020	V5 = 0.0001100
V6	=	0 1 0 0 1			76.0010	V6 = 0.0076350
V7	=	0 1 1 0 1			152.0000	V7 = -0.0017050
V8	=	0 1 1 1 1			250.9980	V8 = 0.0003050
V9	=	1 1 0 0 1	49.00451	-	125.0145	V9 = -0.0013550
V10	=	0 1 0 0 1	76.01103	-	76.0120	V10 = -0.0033650
V11	=	0 0 1 0 1	75.98966	-	75.9873	V11 = 0.0000100
V12	=	0 0 1 1 1	99.00001	-	174.9860	V12 = 0.0012700
V13	=	1 1 1 0 1	-0.0024	-	201.0028	V13 = 0.0000550
V14	=	0 1 1 0 1			152.0000	V14 = -0.0017050
V15	=	0 0 1 0 1			75.9870	V15 = 0.0002600
V16	=	0 0 0 1 1			98.9990	V16 = -0.0013900
V17	=	1 1 1 1 1			300.0035	V17 = -0.0006850
V18	=	0 1 1 1 1			250.9990	V18 = -0.0006950
V19	=	0 0 1 1 1			174.9870	V19 = 0.0002700
V20	=	0 0 0 1 1			98.9985	V20 = -0.0008900

Reja (V) yang dihasilkan dapat menunjukkan selisih cerapan bagi setiap bacaan jarak segmen yang di hasilkan. Nilai-nilai V1 hingga V20 membolehkan sesuatu selisih cerapan berlaku dikenalpasti di dalam ujian yang dijalankan. Dari selisih 20 reja tersebut,

ketepatan alat dapat disimpulkan dengan menghitung Sisihan Piawai (Standard Deviation) bagi Reja sebagaimana yang ditunjukkan dalam **Jadual 4** di bawah.

Jadual 4: Sisihan Piawai (Standard Deviation) Bagi Reja

Z	AA	AB	AC	AD
V		VTV		VTV/n-u
0.0003600		0.0000881		0.0000055
-0.0011050				
0.0008050				
0.0018150				
0.0001100				
0.0076350				
-0.0017050				
0.0003050				
-0.0013550				
-0.0033650				
0.0000100				
0.0012700				
0.0000550				
-0.0017050				
0.0002600				
-0.0013900				
-0.0006850				
-0.0006950				
0.0002700				
-0.0008900		0.002153302		

b. Analisis Ketepatan

Analisis terhadap ketepatan dibuat dengan perbandingan nilai Ketepatan Pengilang yang diperolehi daripada manual spesifikasi (TOPCON, LEICA) dengan nilai ketepatan ukuran alat yang dihitung melalui Sisihan Piawai Bagi Reja cerapan. Analisis ketepatan ini juga dipengaruhi oleh nilai reja segmen jarak yang dicerap di lapangan.

c. Perbandingan antara Ketepatan Pengilang Dengan Ketepatan Cerapan Alat

Analisis perbandingan hasil kejutuan alat bagi 37 buah alat dijana dari program MsExcel yang dibentuk menunjukkan hasil ujian seperti **Jadual 5** di bawah.

Jadual 5: Analisis Perbandingan Antara Ketepatan Pengilang Dengan Ketepatan Cerapan Alat

Bi I	Negeri	Tempat Ujian	No Ujian	Model Alat	No Siri	Ketepatan Jarak Alat – Pengilang (mm)	Ketepatan Jarak Alat – Ujian LSA (mm)	Analisis Cerapan Tidak Teratur (mm)	Catatan
1	Johor	Tapak Kalibrasi	1	TOPCON ES-105	GZ8671	±2mm+ 2ppm	0.469		
		Taman Permas	2	TOPCON ES-105	GZ8671	±2mm + 2ppm	0.354		
		Tapak Ujian UTHM Batu Pahat	1	TOPCON ES-105	GZ8216	±2mm + 2ppm	0.494		
2	Kedah	Tapak Kalibrasi Jalan Kilang lama Kulim	1	TOPCON ES-105	GZ8693	±2mm + 2ppm	0.389		
			2	TOPCON ES-105	GZ8693	±2mm + 2ppm	0.375		
			1	LEICA TS 06 PLUS	1364315	±1.5mm + 2ppm	0.34		
			2	LEICA TS 06 PLUS	1364315	±1.5mm + 2ppm	6369.752	Perlu Cerap Semula	Cerapan Tidak Teratur Kesalahan Bacaan Turutan Pillar (6 Pillar Digunakan)
			1	TOPCON GPT 3005W	3Y1901	±3mm + 2ppm	0.524		
			1	TOPCON GPT 3005W	3Y1931	±3mm + 2ppm	0.496		

3	Kelantan	Tapak Kalibrasi KADA Resort Melur Kota Baharu	1	TOPCON ES-105	GZ8645	±2mm + 2ppm	0.505		
			2	LEICA TS 06 PLUS	GZ8651	±1.5mm + 2ppm	0.522		
4	Negeri Sembilan	Tapak Ujian Kalibrasi Jalan Hj Mohamad Said	1	TOPCON ES-105	GZ8611	±2mm + 2ppm	580.142	0.409204 64	Cerapan Tidak Teratur (Catatan Jarak)
5	Pahang	Tapak Ujian EDM Taman Seri Semantan Temerloh Tapak Ujian KOMTUR Indera Mahkota Kuantan Pahang	1	LEICA TS 06 PLUS	1363271	±1.5mm + 2ppm	386.64	0.440028 41	Cerapan Tidak Teratur (Catatan Jarak)
			2	LEICA TS 06 PLUS	1363271	±1.5mm + 2ppm	0.436		
			1	LEICA TS 06 PLUS	1363286	±1.5mm + 2ppm	0.368		
			2	LEICA TS 06 PLUS	1363286	±1.5mm + 2ppm	0.341		
6	Perak	Tapak Ujian Kelab Golf Kinta, Batu Gajah	1	TOPCON ES-105	GZ8744	±2mm + 2ppm	0.137		
			2	TOPCON ES-105	GZ8744	±2mm + 2ppm	0.325		
			1	LEICA TS 06 PLUS	1365180	±1.5mm + 2ppm	0.666		
			2	LEICA TS 06 PLUS	1365180	±1.5mm + 2ppm	0.319		
			1	LEICA TS 06 PLUS	136064	±1.5mm + 2ppm	0.841		
			2	LEICA TS 06 PLUS	136064	±1.5mm + 2ppm	0.446		
			1	TOPCON ES-105	GZ8647	±2mm + 2ppm	0.727		
			2	TOPCON ES-105	GZ8647	±2mm + 2ppm	0.466		

		Tapak Ujian Taman Tasik Taiping	1	TOPCON ES-105	GZ8628	±2mm + 2ppm	1.782		
			2	TOPCON ES-105	GZ8628	±2mm + 2ppm	6.636		
7	Perlis	Tapak ujian EDM Sg Batu Pahat	1	TOPCON ES-105	GZ8608	±2mm + 2ppm	0.505		
			2	TOPCON ES-105	GZ8608	±2mm + 2ppm	0.725		
8	Pulau Pinang	Tapak Ujian Padang Polo, Jalan Sepoi Lines, Pulau pinang	1	LEICA TS 06 PLUS	1363058	±1.5mm + 2ppm	0.486		
			2	LEICA TS 06 PLUS	1363058	±1.5mm + 2ppm	0.482		
9	Sabah	Tapak Ujian Kg. Andus Papar Kota Kinabalu	1	TOPCON GPT3007 LW	8Z0090	±3mm + 2ppm	0.34		
			2	TOPCON GPT3007 LW	8Z0090	±3mm + 2ppm	0.437		
10	Sarawak	Tapak Ujian EDM Balai Ringin Serian Sarawak	1	TOPCON GPT3007 LW	8Z0067	±3mm + 2ppm	1.057		
			2	TOPCON GPT3007 LW	8Z0067	±3mm + 2ppm	0.999		
			1	TOPCON GPT3007 LW	8Z0068	±3mm + 2ppm	0.988		
			2	TOPCON GPT3007 LW	8Z0068	±3mm + 2ppm	1.073		
			1	TOPCON GPT3007 LW	8Z0072	±3mm + 2ppm	2.203		
			2	TOPCON GPT3007 LW	8Z0072	±3mm + 2ppm	0.959		

		Tapak Ujian Seksyen 6 Shah Alam	1	TOPCON ES-101	GW0059	±2mm + 2ppm	1.312		
			2	TOPCON ES-101	GW0059	±2mm + 2ppm	1.192		
			1	TOPCON ES-101	GW0061	±2mm + 2ppm	0.541		
			2	TOPCON ES-101	GW0061	±2mm + 2ppm	1.013		
11	Selangor		1	TOPCON ES-105	GZ8665	±2mm + 2ppm	0.461		
			1	TOPCON ES-105	GZ8623	±2mm + 2ppm	0.807		
			2	TOPCON ES-105	GZ8623	±2mm + 2ppm	19331.487	1.584682 54	Cerapan Tidak Teratur (Ralat Catatan Jarak)
			1	TOPCON ES-105	GZ9842	±2mm + 2ppm	8055.401	1.669496 56	Cerapan Tidak Teratur (Ralat Catatan Jarak) P1 –P5 & P3-P5
			1	TOPCON GPT3005 W	3Y1963	±3mm + 2ppm	13.925	0.832147 07	Cerapan Kurang baik (Ralat Catatan Jarak) Garis P5 – P1
12	Terenggan u	Tapak Ujian Tanjung Jara Dungun	1	TOPCON ES-105	GZ8783	±2mm + 2ppm	0.941		
			2	TOPCON ES-105	GZ8783	±2mm + 2ppm	0.785		

13	WP Kuala Lumpur	Tapak Ujian Seksyen 6 Shah Alam	1	TOPCON ES-105	GZ8848	±2mm + 2ppm	0.573		
			1	TOPCON ES-105	GZ8640	±2mm + 2ppm	0.467		
			1	TOPCON ES-105	GZ8804	±2mm + 2ppm	0.525		
			1	TOPCON ES-105	GZ8600	±2mm + 2ppm	1.053		
14	WP Labuan	Tapak Ujian Lapangan Terbang TUDM Labuan	1	LEICA TS 06 PLUS	1363270	±1.5mm + 2ppm	0.455		
			1	TOPCON ES-105	GZ8809	±2mm + 2ppm	2.153		
			1	TOPCON ES-105	GZ8619	±2mm + 2ppm	0.251		
15	Melaka	Tapak Ujian Kawasan Perindustrian Ayer Keroh Melaka	1	LEICA TS 06 PLUS	1363519	±1.5mm + 2ppm	10190	5.324610 17	Cerapan Tidak Teratur (ralat Bacaan Jarak & Beza Jarak P5-P2 & P2-P5 0.01m)
			1	TOPCON ES-105	GZ8708	±1.5mm + 2ppm	0.649		

Daripada jadual hasil cerapan, didapati 7 daripada 59 cerapan yang dilaksanakan telah mencatatkan Sisihan Piawai yang tinggi. Sisihan Piawai yang tinggi ini terjadi disebabkan nilai reja antara V1 hingga V20 dalam setiap ujian itu tinggi. Untuk mengesahkan perkara ini, analisis terhadap nilai reja-reja tersebut dibuat untuk melihat segmen-segmen jarak dan kedudukan pillar-pillar yang terlibat yang memberi kesan reja yang besar.

Sebagai contoh; Ujian alat **TOPCON ES105 No Siri : GZ9842 (JUPEM Selangor)** yang dijalankan di Tapak Ujian Kalibrasi EDM Seksyen 6 Shah Alam. Alat yang dilaksanakan ujian mempunyai keputusan ketepatan alat yang tinggi iaitu **8055.401 mm** berbanding

dengan Ketepatan Pengilang adalah $\pm 2\text{mm} + 2\text{ppm}$ (diambil sebagai 4mm had maksimum dibenarkan).

Nilai Sisihan Piawai bagi Reja yang diperolehi dari setiap cerapan adalah **8.0554 m** bagi alat tersebut. Ini menunjukkan terdapat selisih besar dalam cerapan yang telah diperolehi di lapangan. Melalui kaedah ujian ini, setiap cerapan yang dibuat mewakili segmen jarak yang tertentu mengikut jarak sedia ada antara pillar.

Jadual 6: Reja (V) Dari V1 Hingga V20 Yang Diperolehi Dari Data Cerapan Lapangan

5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
	$\begin{pmatrix} V1 \\ V2 \\ V3 \\ V4 \\ V5 \\ V6 \\ V7 \\ V8 \\ V9 \\ V10 \\ V11 \\ V12 \\ V13 \\ V14 \\ V15 \\ V16 \\ V17 \\ V18 \\ V19 \\ V20 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 49.0010 \\ 125.0068 \\ 201.0118 \\ 300.1078 \\ 49.0018 \\ 76.0048 \\ 152.0110 \\ 251.0320 \\ 125.0068 \\ 76.0068 \\ 76.0030 \\ 135.5248 \\ 201.0088 \\ 152.0088 \\ 76.0033 \\ 99.0220 \\ 300.0310 \\ 251.0293 \\ 175.0180 \\ 99.0200 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} 49.80327 \\ 80.75126 \\ 72.84754 \\ 95.87272 \\ -1.98673 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} V1 \\ V2 \\ V3 \\ V4 \\ V5 \\ V6 \\ V7 \\ V8 \\ V9 \\ V10 \\ V11 \\ V12 \\ V13 \\ V14 \\ V15 \\ V16 \\ V17 \\ V18 \\ V19 \\ V20 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -1.1844600 \\ 3.5610550 \\ 0.4035950 \\ -2.8196900 \\ -1.1852100 \\ 2.7597900 \\ -0.3989200 \\ -3.5472050 \\ 3.5610550 \\ 2.7577900 \\ -5.1421850 \\ 31.2087800 \\ 0.4065950 \\ -0.3966700 \\ -5.1424350 \\ -5.1360100 \\ -2.7429400 \\ -3.5444550 \\ -8.2844700 \\ -5.1340100 \end{pmatrix}$				

Berdasarkan nilai-nilai reja (V) bagi setiap cerapan sebagaimana dalam **Jadual 6** di atas, didapati nilai reja yang besar berlaku pada V12 dan ini kemungkinan berpunca dari kesilapan rekod cerapan P3–P5. Sehubungan itu, semakin perbandingan berdasarkan Jarak Piawai Sijil Akreditasi Tapak yang dikeluarkan pihak JUPEM sebagaimana yang ditunjukkan dalam **Rajah 2** di bawah perlu dirujuk.

**SIJIL AKREDITASI TAPAK UJIAN EDM
NO 12/2017**

Dari	Ke	Jarak Muktamad
1	2	5.013
1	3	9.995
1	4	49.001
1	5	86.998
1	6	125.009
1	7	163.003
1	8	201.012
1	9	251.007
1	10	300.034
2	3	4.982
2	4	43.988
2	5	81.985
2	6	119.996
2	7	157.989
2	8	195.999
2	9	245.994
2	10	295.021
3	4	39.006
3	5	77.003
3	6	115.014
3	7	153.007
3	8	191.016
3	9	241.012
3	10	290.038
4	5	37.997
4	6	76.008
4	7	114.001
4	8	152.010
4	9	202.006
4	10	251.032
5	6	38.011
5	7	76.004
5	8	114.014
5	9	164.009
5	10	213.036
6	7	37.994
6	8	76.003
6	9	125.998
6	10	175.025
7	8	38.009
7	9	88.005
7	10	137.031
8	9	49.996
8	10	99.022
9	10	49.027

Dokumen ini memperakukan bahawa Tapak Ujian EDM di Seksyen 6, Shah Alam, Selangor telah diuji pada 22/03/2017 menggunakan peralatan S9 0.5" DR HP No Siri 38010017 dengan sijil tentukuran No NML/231/12/21 yang diperakukan oleh SIRIM melalui surat rujukan JUPEM 18/7/2.118 Jld.3 (32) yang bertarikh 28 April 2016. Dengan ini nilai jarak antara pillar di tapak tersebut adalah seperti yang tercatat di dalam Jadual di atas.

Rajah 2 : Sijil Akreditasi Tapak Ujian EDM Seksyen 6 Shah Alam

Daripada semakan perbandingan, didapati rekod bacaan P3–P5 iaitu 135.5248m menunjukkan perbezaan yang ketara dengan bacaan P5–P3 iaitu 175.0180m. Ini menyebabkan perbezaan jarak sebanyak 39.4933m telah berlaku bagi kedua-dua pillar tersebut dan seterusnya mempengaruhi nilai raja yang diperolehi.

Justeru itu, semakan mendapati terdapat ralat catatan berlaku pada cerapan P3-P5 dimana Jarak 17.024 telah direkodkan sedangkan jarak sebenar adalah 175.024 seperti bacaan sebelum dan selepasnya dibuat.

Oleh yang demikian, melalui kaedah ini ianya juga dapat mengenalpasti kemungkinan adanya kesilapan yang berlaku semasa cerapan. Dengan itu tindakan pembetulan dapat dijalankan dan hasil daripada pembetulan tersebut telah memperolehi Sisihan Piawai

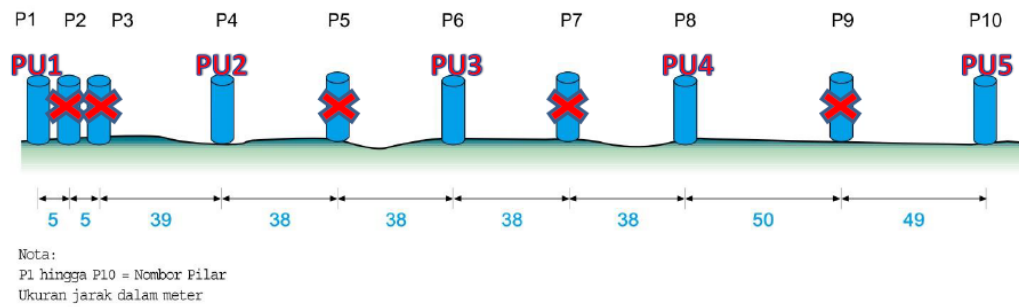
1.669mm sebagaimana yang ditunjukkan dalam **Jadual 7** di bawah. Ini menunjukkan Ketepatan Alat masih dalam had Ketepatan Pengilang. Keputusan ini juga menunjukkan bahawa kondisi alat adalah dalam keadaan baik dan menepati Ketepatan Pengilang sebagaimana yang dinyatakan dalam manual spesifikasi alat.

Jadual 7: Sisihan Piawai Bagi Cerapan Alat Topcon ES-105 (GZ9842) Yang Telah Disemak Dan Diperbetulkan Ralat Bacaan

Y	Z	AA	AB	AC
	-0.0002025		0.0000557	
	0.0008575			
	-0.0010575			
	-0.0019725			
	-0.0009525			
	0.0014725			
	-0.0016925			
	-0.0018575			
	0.0008575			
	-0.0005275			
	-0.0005025			
	-0.0014175			
	0.0019425			
	0.0005575			
	-0.0007525			
	-0.0017525			
	0.0005275			
	0.0008925			
	0.0053325			
	0.0002475		0.001669497	

5. ANALISIS PERBANDINGAN JARAK SEGMENT X1, X2, X3 DAN X4 (SELISIH SKALA)

Analisis jarak segmen bagi Selisih Skala juga dapat dilaksanakan bagi setiap ujian alat melalui kaedah ini. Berdasarkan **Rajah 3** di bawah, jumlah jarak bagi gabungan keempat-empat segmen yang terdiri daripada X1 hingga X4 akan menunjukkan panjang keseluruhan jarak pillar dari PU1 ke PU5. Jumlah jarak ini dapat dibandingkan dengan nilai piawai JUPEM yang diperolehi dari Jarak Piawai Sijil Akreditasi Tapak (Data medMAS). Setiap segmen X1, X2, X3 dan X4 dapat dikenalpasti melalui data cerapan yang dipungut di lapangan.



Rajah 3: Ujian 1 Bagi 5 Pillar Sedia Ada Yang Dipilih Membentuk Jarak Segmen X1, X2, X3 Dan X4

Sebagai contoh, analisis bagi alat ES-105 (GZ8693) di Tapak Ujian EDM Kilang Lama, Kulim. Alat dijalankan mengikut SOP Ujian 1 iaitu jarak melebihi 300 meter. Terdapat 5 pillar sediaada di tapak yang dipilih adalah nombor 1(PU1), 4(PU2), 6(PU3), 8(PU4) dan 10(PU5) masing-masing. Sehubungan itu, ianya dapat dirumuskan seperti berikut:

X1 = jarak pilar 1 ke 4

X2 = jarak pillar 4 ke 6

X3 = jarak pillar 6 ke 8, dan

X4 = jarak pillar 8 ke 10

Hasil pelarasan bagi nilai-nilai X1, X2, X3 dan X4 kemudiannya dapat dibandingkan dengan nilai-nilai Jarak Piawai Sijil Akreditasi Tapak Ujian EDM Jalan Kilang Lama Kulim (Medmas) sebagaimana yang ditunjukkan pada **Rajah 4** di bawah.

**SIJIL AKREDITASI TAPAK UJIAN EDM
NO 8/2016**

Dari	Ke	Jarak Muktamad
1	2	4.997
1	3	9.999
1	4	48.990
1	5	87.001
1	6	124.995
1	7	163.000
1	8	200.993
1	9	251.000
1	10	300.007
2	3	5.001
2	4	43.993
2	5	82.004
2	6	119.998
2	7	158.003
2	8	195.996
2	9	246.003
2	10	295.010
3	4	38.992
3	5	77.003
3	6	114.997
3	7	153.002
3	8	190.995
3	9	241.002
3	10	290.009
4	5	38.011
4	6	76.005
4	7	114.010
4	8	152.003
4	9	202.010
4	10	251.017
5	6	37.994
5	7	75.999
5	8	113.992
5	9	163.999
5	10	213.006
6	7	38.005
6	8	75.998
6	9	126.005
6	10	175.012
7	8	37.993
7	9	88.000
7	10	137.007
8	9	50.007
8	10	99.014
9	10	49.007

Rajah 4 : Sijil Akreditasi Tapak EDM Jalan Kilang Lama Kulim

Daripada hasil cerapan yang diproses sepertimana dalam **Jadual 8** di bawah, didapati nilai segmen X1 iaitu jarak pillar 1 ke 4 adalah 48.9889105m manakala nilai MedMAS 48.990m. Bagi segmen X2 iaitu jarak pillar 4 ke 6, nilai diperolehi adalah 76.0041380m manakala nilai MedMAS ialah 76.005m. Seterusnya bagi segmen X3 iaitu jarak pillar 6 ke 8 diperolehi 75.9957580m berbanding MedMAS iaitu 75.998m. Manakala bagi segmen X4 iaitu jarak pillar 8 ke 10 diperolehi 99.0136830m berbanding MedMAS 99.014m. Perbezaan jarak adalah seperti **Jadual 9** di bawah.

Jadual 8: Hasil Output Jumlah Jarak Segmen X1, X2, X3 Dan X4

CL25	CL	CL	CL	CM	CN	CO	CP	CQ
10								
11								
12		X1	=	48.9889105		V1	=	0.0009342
13		X2	=	76.0041380		V2	=	0.0003222
14		X3	=	75.9950580		V3	=	0.0001802
15		X4	=	99.0136830		V4	=	0.0001132
16		Selisih	=	-0.0001763		V5	=	-0.0009658
17						V6	=	0.0004617
18						V7	=	-0.0001803
19						V8	=	0.0000027
20						V9	=	-0.0003278
21		Jumlah Jarak Segmen :		300.0017895		V10	=	-0.0003383
22						V11	=	0.0001817
23						V12	=	-0.0002102
24						V13	=	-0.0004698
25						V14	=	-0.0000803
26						V15	=	0.0002817
27						V16	=	-0.0000932
28						V17	=	0.0002132
29						V18	=	0.0001027
30						V19	=	-0.0001352
31						V20	=	0.0000068
32								

Jadual 9: Hasil Perbezaan Jarak Segmen Pelarasan Dan Jarak Medmas

Segmen	Jarak Pelarasan (m)	Jarak MedMAS (m)	Beza (m)
X1 (Pillar 1–4)	48.9889105	48.990	0.0011
X2 (Pillar 4 -6)	76.0041380	76.005	0.0009
X3 (Pillar 6-8)	75.9950580	75.998	0.0029
X4 (Pillar 8-10)	99.0136830	99.014	0.0003
JUMLAH	300.0017895	300.007	0.0052

Walau bagaimanapun, kaedah ini tidak mementingkan nilai jarak antara segmen. Jarak antara segmen ini merupakan suatu parameter pembolehubah dalam model matriks. Ianya hanya bertujuan untuk menunjukkan keupayaan kaedah pelarasan ini bagi menentukan Selisih Skala.

6. RUMUSAN

Hasil pelarasan yang diperolehi telah dapat memenuhi penentuan selisih-selisih yang lazim dibuat ke atas kalibrasi alat EDM iaitu Selisih Skala (X1, X2, X3 dan X4) serta Selisih Tetap/Sifar (X5). Manakala Selisih Kitaran adalah diabaikan dalam alat EDM terkini.

Berdasarkan ujian yang dijalankan, hasil muktamad yang dikehendaki adalah Sisihan Piawai Bagi Reja (Standard Deviation) setiap cerapan yang mana ianya akan dibandingkan secara terus dengan ketepatan sesebuah alat mengikut spesifikasi yang ditetapkan oleh Pengilang.

Jarak Piawai Sijil Akreditasi digunakan sebagai rujukan asas dalam semakan rekod cerapan jarak jika terdapat nilai reja cerapan yang terlalu besar dan ini dapat meningkatkan lagi intergriti ujian kalibrasi alat EDM. Ianya juga digunakan sebagai rujukan penentuan Selisih Skala alat tersebut.

7. CADANGAN

Di antara cadangan yang disarankan bagi kaedah ini di masa akan datang adalah seperti berikut:

- a. Alat EDM yang dikalibrasi harus menggunakan prisma yang sama semasa kalibrasi dibuat.
- b. Menyediakan 1 pillar tambahan dari bilangan 5 pillar sedia ada. Ianya berfungsi sebagai pillar bantuan sekiranya berlaku kerosakan/ kegagalan fungsi salah satu 5 pillar digunapakai.
- c. Pemasangan plat tapak pillar boleh laras supaya jarak antara pillar dapat diubah bagi meningkatkan integriti cerapan dan penentuan Selisih Skala.
- d. Kaedah pelarasan ini boleh digunakan untuk kalibrasi alat Distometer dan juga EDM *Reflectorless* dengan sedikit perubahan pada pemegang alat.
- e. Pembangunan modul pemprosesan kuasa dua terkecil dalam platform *web-based* yang lebih mesra pengguna diperlukan.