

PENYELESAIAN KUBUS LATIN  
MENGUNAKAN TEORI  
KUMPULAN KUBUS  
RUBIK

TEO JIN PENG

PERPUSTAKAAN  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

DISERTASI INI DIKEMUKAKAN UNTUK MEMENUHI  
SEBAHAGIAN DARIPADA SYARAT MEMPEROLEHI IJAZAH  
SARJANA MUDA SAINS DENGAN KEPUJIAN

PROGRAM MATEMATIK DENGAN KOMPUTER GRAFIK  
SEKOLAH SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

April 2007



**UMS**  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

## PENAKUAN

Saya akui karya ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali nukilan dan ringkasan yang setiap satunya telah dijelaskan sumbernya.

12 MAC 2007



---

TEO JIN PENG

HS2004-4519



BORANG PENGESAHAN STATUS TESIS@

JUDUL: Penyelesaian Kubus Latin Menggunakan teori kumpulan Kubus Rubik

Ijazah: Sarjana Muda SAINS (Kejuruteraan) HS09

SESI PENGAJIAN: 2004/2005

Saya TEO JIN PENG

(HURUF BESAR)

Mengaku membenarkan tesis (LPS/Sarjana/Doktor Falsafah)\* ini disimpan di Perpustakaan Universiti Malaysia Sabah dengan syarat-syarat kegunaan seperti berikut:

1. Tesis adalah hakmilik Universiti Malaysia Sabah.
2. Perpustakaan Universiti Malaysia Sabah dibenarkan membuat salinan untuk tujuan pengajian sahaja.
3. Perpustakaan dibenarkan membuat salinan tesis ini sebagai bahan pertukaran antara institusi pengajian tinggi.

4. \*\*Sila tandakan ( / )

SULIT

(Mengandungi maklumat yang berdarjah keselamatan atau kepentingan Malaysia seperti yang termaktub di dalam AKTA RAHSIA RASMI 1972)

TERHAD

(Mengandungi maklumat TERHAD yang telah ditentukan oleh organisasi/badan di mana penyelidikan dijalankan)

TIDAK TERHAD

Disahkan oleh

Teo  
(TANDATANGAN PENULIS)

Enik Tiong Kung Ming  
(TANDATANGAN PUSTAKAWAN)

Alamat Tetap: 4D, JLN EK PEE SA,

96000 SIRU, SARAWAK.

Enik Tiong Kung Ming  
Nama Penyelia

Tarikh: 20/4/07

Tarikh: 20/4/07

CATATAN: \* Potong yang tidak berkenaan.

\*\* Jika tesis ini SULIT atau TERHAD, sila lampirkan surat daripada pihak berkuasa/organisasi berkenaan dengan menyatakan sekali sebab dan tempoh tesis ini perlu dikelaskan sebagai SULIT dan TERHAD.

@ Tesis dimaksudkan sebagai tesis bagi Ijazah Doktor Falsafah dan Sarjana secara penyelidikan, atau disertasi bagi pengajian secara kerja kursus dan penyelidikan, atau Laporan Projek Sarjana Muda (LPSM).

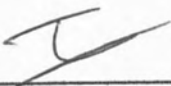


**DIPERAKUKAN OLEH**

Tandatangan

**1. PENYELIA**

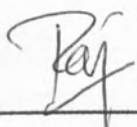
(Encik Tiong Kung Ming)



---

**2. PEMERIKSA 1**

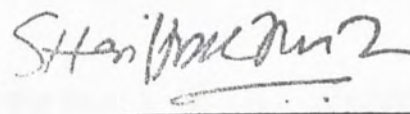
(Encik Rajasegeran a/l Ramasamy)



---

**3. DEKAN**

(SUPT/KS Prof. Madya Dr. Shariff Ak Omang)



---



## PENGHARGAAN

Saya bersyukur kepada Tuhan kerana dengan rahmat-Nya, Projek Tahun Akhir ini dapat disiapkan tepat pada masanya. Tanpa keizinan dan berkat Tuhan, projek ini tidak dapat berjalan dengan lancar dan tidak akan disiapkan.

Saya ingin mengambil kesempatan ini mengucapkan jutaan penghargaan dan ucapan terima kasih terutamanya kepada penyelia, Encik Tiong Kung Ming yang selalu memberi tunjuk ajar dan nasihat sepanjang saya menyiapkan projek ini. Bantuan dan sokongan serta galakan yang diberikan, sememangnya banyak membantu saya. Tanpa seliaan beliau, projek ini tidak akan berjalan dengan lancar dan mungkin tidak mengikut jadual yang telah dirancangkan sebelum ini.

Seterusnya, terima kasih juga diucapkan kepada ibu bapa yang selalu memberi sokongan, galakan serta menemani saya ke lokasi kajian di samping memberi bantuan kewangan untuk menyempurnakan projek ini dan akhirnya saya dapat menjalankan projek ini dengan lancar.

Akhirnya, saya ingin sekali mengucapkan jutaan terima kasih kepada mereka yang telah banyak memberi sokongan, bantuan dan dorongan kepada saya.

Sekian, terima kasih.



## ABSTRAK

Kubus Rubik adalah sebuah teka-teki mekanik dicipta *Ernő Rubik*. Corak Kubus Rubik adalah tetap dengan enam warna berlainan. Dalam kajian ini, Kubus Rubik diubahsuaikan dengan setiap permukaan digantikan dengan segiempat Latin. Objektif kajian adalah mengkaji bilangan corak penyelesaian Kubus Latin. Hasil keputusan kajian adalah Kubus Latin tidak mengabaikan sifat-sifat yang ada pada Kubus Rubik, tetapi menghadapi masalah yang sama dalam teori kumpulan iaitu tiada pergerakan urutan yang dapat menukar satu pasangan tunggal atau menukar satu penjuru tunggal atau tepi kubus. Dalam kajian ini, didapati bahawa langkah-langkah penyelesaian Kubus Rubik dapat digunakan untuk menyelesaikan Kubus Latin. Kubus Latin mempunyai satu penyelesaian unik sahaja.



# THE SOLUTION OF LATIN CUBE, USING RUBIK'S CUBE'S GROUP THEORY

## ABSTRACT

Rubik's Cube is a mechanical puzzle invented by Ernő Rubik. Rubik's Cube has six different colour with the same cube pattern. In this study, Rubik's cube is modifying to Latin Cube with each face change to Latin Square. The objective of the research is to study the number of pattern solution for the Latin Cube. The result obtain from the research is Latin Cube following the properties get from the Rubik's cube. However, there is same problems that happen that is the group theory. There is no specific movement which can change the only couple or the only corner or the side cube. The solution used in solving Rubik Cube can be used in Latin Cube. Latin Cube has only one unique solution.



## KANDUNGAN

Muka Surat

PENGAKUAN	ii
PENGESAHAN	iii
PENGHARGAAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
SENARAI KANDUNGAN	vii
SENARAI JADUAL	ix
SENARAI RAJAH	x
<b>BAB 1       PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.1   KUBUS RUBIK ( <i>RUBIK'S CUBE</i> )	1
1.2   SEGIEMPAT LATIN ( <i>LATIN SQUARE</i> )	3
1.3   MOTIVASI KAJIAN	4
1.4   OBJEKTIF KAJIAN	4
1.5   SKOP KAJIAN	5
<b>BAB 2       ULASAN LITERATUR</b>	<b>6</b>
2.1   Pengenalan	6
2.2   Teori Kumpulan dalam Kubus Rubik	7
2.3   Kaedah-Kaedah Penyelesaian Kubus Rubik	8
2.3.1 Kaedah Jasmine	10
2.3.2 Lapisan Atas	10
2.3.3 Bentuk Corak Silang	10
2.3.4 Pepenjuru Lapisan Pertama	11
2.3.5 Lapisan Tengah	13
2.3.6 Lapisan Bawah	14
2.3.7 Penyelesaian Tepi	15
2.3.8 Penyelesaian Pepenjuru	17





2.3.9	Kaedah Fridrich	18
2.3.10	Penyelesaian 2 Lapisan Atas	19
2.3.11	Penyelesaian Lapisan Akhir	23
2.4	PILIHATUR	28
2.5	PENGIRAAN PILIHATUR KUBUS RUBIK	29
<b>BAB 3</b>	<b>METODOLOGI</b>	31
3.1	PENGENALAN	31
3.2	PEMBINAAN KUBUS LATIN	31
3.3	KAEDAH PENYELESAIAN KUBUS RUBIK	34
3.3.1	Kaedah Jp	34
3.3.2	Penyelesaian Kubus dengan 3 Langkah Utama	34
3.4	PENGIRAAN TATARAJAH KUBUS LATIN	38
3.5	MENGAJAI PENYELESAIAN KUBUS LATIN	38
3.5.1	Kubus Latin Dikaji Dengan Dua Peringkat	42
<b>BAB 4</b>	<b>KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN</b>	44
4.1	KEISTIMEWAAN KUBUS LATIN	44
4.2	LANGKAH-LANGKAH PENYELESAIAN KUBUS LATIN	45
4.2.1	Lapisan Atas	46
4.2.2	Lapisan Tengah	47
4.2.3	Lapisan Bawah	47
4.3	KEPUTUSAN	49
<b>BAB 5</b>	<b>KESIMPULAN DAN CADANGAN</b>	60
5.1	HASIL DALAM KEPUTUSAN	60
5.2	CADANGAN	61
	LAMPIRAN A	63
	LAMPIRAN B	65
	LAMPIRAN C	68
	RUJUKAN	70



## SENARAI JADUAL

No.Jadual		Muka Surat
2.16	Kepingan berada di kedudukan yang betul, tetapi warna tidak sepadan	19
2.17	Pepenjuru digerakkan dan tepi dikekalkan	20
2.18	Pepenjuru digerakkan dan tepi diputar secara tidak bersandar	20
2.19	Tepi digerakkan dan pepenjuru dikekalkan	21
2.20	Tepi digerakkan dan pepenjuru dipusingkan	21
2.21	Lapisan bawah dihubungkan	21
2.22	Tepi dan pepenjuru yang berselerak dalam lapisan bawah	22
2.23	Algoritma-algoritma penyelesaian bagi setiap corak yang berbeza	23
4.7	Kubus Latin 1 dalam kajian peringkat pertama dan peringkat kedua	49
4.8	Kubus Latin 2 dalam kajian peringkat pertama dan peringkat kedua	51
4.9	Kubus Latin 3 dalam kajian peringkat pertama dan peringkat kedua	53
4.10	Kubus Latin 4 dalam kajian peringkat pertama dan peringkat kedua	54
4.11	Kubus Latin 5 dalam kajian peringkat pertama dan peringkat kedua	56
4.12	Kubus Latin 6 dalam kajian peringkat pertama dan peringkat kedua	57



## SENARAI RAJAH

No.Rajah	Muka Surat
1.1	Pencipta kubus rubik <i>Ernő Rubik</i> 1
1.2	Kubus Rubik 3×3×3 2
2.1	Corak silang pada permukaan lapisan atas 11
2.2	Corak silang dengan warna tepi yang betul (kiri) dan salah (kanan) 11
2.3	Corak kubus dalam langkah 1 12
2.4	Corak kubus dalam langkah 2 12
2.5	Corak kubus dalam langkah 3 12
2.6	Corak kubus dalam langkah 4 13
2.7	Corak Kubus setelah pepenjuru lapisan pertama diselesaikan 13
2.8	Tepi yang berada di lapisan bawah adalah tepi yang berwarna biru/merah 14
2.9	Tepi yang berwarna biru/merah dalam kedudukan yang salah 14
2.10	Empat jenis kemungkinan corak permukaan pada lapisan bawah 15
2.11	Corak 1 15
2.12	Corak 2 16
2.13	Corak 3 16
2.14	Corak 4 16
2.15	Tujuh kemungkinan corak pepenjuru 17
3.1	Jenis-jenis susunan segiempat Latin 32
3.2	Contoh Kubus Latin 1 dengan warna 33
3.3	Contoh Kubus Latin yang berlainan corak dengan Kubus Latin 1 tanpa warna 33
3.4	Pergerakan tiga tepi lawan arah jam dan pertukaran warna 35
3.5	Pergerakan tiga tepi ikut arah jam dan pertukaran warna 35
3.6	Pergerakan 4 penjuru kubus dan *pertukaran kedudukan warna 1 36
3.7	Pergerakan 4 penjuru kubus dan *pertukaran kedudukan warna 2 36
3.8	Contoh keadaan khas 1 bagi kedudukan 4 penjuru tidak betul 37



3.9	Contoh keadaan khas 2	37
3.10	Kubus Latin 1	39
3.11	Kubus Latin 2	39
3.12	Kubus Latin 3	40
3.13	Kubus Latin 4	40
3.14	Kubus Latin 5	41
3.15	Kubus Latin 6	41
3.16	Contoh Kajian Peringkat Pertama	42
3.17	Contoh Kajian Peringkat Kedua	43
4.1	Keistimewaan Kubus Latin Pada Pepenjuru	44
4.2	Kubus Latin 1	45
4.3	Permukaan lapisan atas dan muka sisi serta pusat muka empat sisi	46
4.4	Corak empat sisi Kubus Latin untuk lapisan tengah	47
4.5	Permukaan lapisan bawah dan empat sisi	48
4.6	Permukaan lapisan bawah dan empat sisi	48



dibuat dan dijual di kedai permainan Budapest. Pada tahun 1979 syarikat Ideal Toys memperkenalkan kubus magik ini di pasaran dunia. Seterusnya, nama Kubus Magik ditukar kepada Kubus Rubik. Ciptaan ini menjadi terkenal di peringkat antarabangsa dari tahun 1980 sehingga 1983. Dalam lingkungan tiga tahun ini, ciptaan ini menjadi permainan jualan terbesar dalam sejarah.



**Rajah 1.2** Kubus Rubik  $3 \times 3 \times 3$ .

Kubus yang pertama adalah kubus rubik siri  $3 \times 3 \times 3$  (Rajah 1.1.2). Kubus siri lain adalah kubus siri  $2 \times 2 \times 2$  (*pocket cube*), kubus siri  $4 \times 4 \times 4$  (*rubik's revenge*), kubus siri  $5 \times 5 \times 5$  (*rubik's professor*) (Lampiran A).

Ukuran bagi Kubus Rubik yang piawai adalah 5.715 cm setiap sisi. Kubus ini diperbuat daripada plastik dan terdiri dari 26 kubus kecil yang boleh diputar. Kubus ini memiliki sembilan muka pada setiap sisi, jumlahnya sebanyak 54 muka. Seluruh muka kubus dilekat dengan enam warna yang berlainan. Setiap sisi terdiri daripada blok warna yang berbeza apabila Kubus Rubik diselesaikan. Kubus Rubik yang biasa mempunyai sisi berwarna merah berlawanan dengan oren, kuning berlawanan dengan putih dan hijau

berlawanan dengan biru. Kubus yang alternatif pula, mempunyai sisi yang berwarna kuning berlawanan dengan hijau, biru berlawanan dengan putih dan merah berlawanan dengan oren masih kekal sama.

Dengan munculnya Kubus Rubik, banyak rekaan dalam bentuk lain dicipta, seperti tetrahedron (*Pyraminx*), octahedron (*Skewb Diamond*), dodekahedron (*Megamix*), ikosahedron (*Dogic*), *Magic Ployhedra* dan *Square-1* (Lampiran A).

## 1.2 SEGIEMPAT LATIN (*LATIN SQUARE*)

Leonhard Euler memperkenalkan simetri segiempat Latin pada tahun 1779 dan mengemukakan masalahnya (Weisstein, 1996). Sehingga tahun 1930, Arthur Cayley meneruskan usaha Euler dalam mencari penyelesaian bagi segiempat Latin. Jadi, konsep ini muncul lagi dalam bentuk jadual perdaraban di mana teori kumpulan kuasi dan gelang mula dihasilkan sebagai pengitlakan dalam konsep kumpulan (Weisstein, 1996). Pada tahun 1930 juga, R.A.Fisher menggunakan aplikasi segiempat Latin dalam rekaan eksperimen berstatistik (Weisstein, 1996).

Segiempat Latin adalah sebuah matriks  $n \times n$ . Sifat-sifat segiempat Latin adalah setiap simbol hanya wujud sekali pada setiap lajur dan baris. Contoh:

$$(a) \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 3 & 1 & 2 \\ 2 & 3 & 1 \end{bmatrix}$$

$$(b) \begin{bmatrix} a & b & d & c \\ c & a & b & d \\ d & c & a & b \\ b & d & c & a \end{bmatrix}$$



### 1.3 MOTIVASI KAJIAN

Bilangan jenis kedudukan dalam Kubus Rubik adalah sangat besar. Satu Kubus Rubik boleh mempunyai 43,252,003,274,489,856,000 jenis kedudukan (Egner *et al.*, 1998; Davis, 2003; Joyner, 1996; Wikipedia, 2006). Motivasi kajian dibangkitkan apabila setiap permukaan Kubus Rubik asal ditukar kepada nombor dan penyelesaiannya adalah setiap sisi mesti dalam keadaan segiempat Latin. Kubus yang dihasilkan daripada pengubahsuaian dinamakan Kubus Latin. Persoalan dalam kajian adalah, adakah bilangan jenis kedudukan bagi Kubus Latin masih sama dengan Kubus Rubik? Kajian bagi Kubus Latin masih sama dengan Kubus Rubik? Kajian dilakukan bertujuan untuk mencari bilangan jenis kedudukan dan perbandingan antara cara penyelesaian Kubus Latin dengan Kubus Rubik.

Namun demikian, sumber-sumber kajian tentang Kubus Rubik dari buku adalah terhad. Oleh itu, kebanyakan maklumat tentang kajian Kubus Rubik adalah dirujuk dari sumber-sumber elektronik.

### 1.4 OBJEKTIF KAJIAN

Kajian ini melibatkan objektif-objektif berikut:

- (i) Memahami konsep matematik, kaedah penyelesaian dan teori kumpulan dalam Kubus Rubik
- (ii) Mengkaji corak dan bilangan penyelesaian Kubus Latin



## 1.5 SKOP KAJIAN

Dalam proses kajian, penggunaan kubus bentuk 3x3x3 atau Kubus Rubik digunakan. Pengubahsuaian Kubus Rubik diperlukan untuk membina Kubus Latin kerana belum ada Kubus Latin dihasilkan. Seterusnya, kaedah penyelesaian Kubus Rubik digunakan dalam menyelesaikan Kubus Latin.





## BAB 2

### ULASAN LITERATUR

#### 2.1 PENGENALAN

Setelah permainan Kubus Rubik diperkenalkan, pertandingan turut bermula untuk memastikan siapa yang dapat menyelesaikan Kubus Rubik dalam masa yang paling singkat. Pertandingan antarabangsa pertama dijalankan di Budapest pada 5 Jun, 1982. Juara adalah Minh Thai, seorang pelajar Vietnam dari Los Angeles, dengan masa 22.95 saat (Goudey, 2006). Terdapat juga rekod masa dipecah oleh banyak orang secara bersendirian, tetapi tidak diambilkira. Rekod baru hanya diambilkira daripada pertandingan rasmi yang mendapat persetujuan Persatuan Kubus Dunia (*World Cube Association*). Pada 14 Januari 2006, Leyan Lo, seorang pelajar Institut Teknologi California yang berumur 20, mencatat rekod dunia baru dengan masa 11.13 saat (Lampiran B).



## 2.2 TEORI KUMPULAN DALAM KUBUS RUBIK

Pergerakan kubus adalah berbeza dengan perhitungan aritmetik (Bader, 2004). Bagi operasi penambahan dan pertolakan, penambahan 1 bermaksud tambah 1, pertolakan 1 bermaksud tolak 1. Sebagai contoh, operasi penambahan dijalankan di mana 0 ditambah 1 dan ditambah lagi dengan 2. Kemudian, hasil penambahan 0, 1, dan 2 ditolak dengan 1 dan ditolak dengan 2 lagi. Hasil terakhir kembali kepada 0. Namun begitu, terdapat perbezaan dalam penyelesaian Kubus Rubik. Contoh, katakan  $A$  dan  $B$  mewakili putaran ikut arah jam pada permukaan Kubus Rubik yang berlainan. Pada mulanya,  $A$  dijalankan dan diikuti dengan  $B$ . Kemudian,  $A'$  yang bermaksud putaran lawan arah jam ataupun putaran membalik dilakukan dan diikuti dengan  $B'$ . Hasilnya, kedudukan warna pada bukan sama dengan kedudukan pada asal sebelum  $A$  dan  $B$  dijalankan. Dalam penyelesaian kubus, 0 ditambah dengan 1 dan ditambah dengan 2 lagi adalah tidak sentiasa sama dengan 0, setelah hasil penambahan ditolak dengan 1 dan ditolak dengan 2 lagi.

Dalam teori kumpulan, dua unsur dikatakan tukar tertib jika keputusan adalah sama ketika mana-mana peringkat digunakan. Satu kumpulan dikatakan Abelian, jika setiap pasangan unsur adalah kumpulan tukar tertib (Bader, 2004). Kumpulan yang dibentuk dalam operasi penambahan pada satu integer adalah Abelian. Sebaliknya, kumpulan yang dibentuk dalam pergerakan kubus adalah bukan Abelian.



Dalam pemutaran kubus, jika sebarang pergerakan urutan diulangkan, akan kembali kepada kedudukan asal pada permulaan. Sebarang gerakan hanya menjejaskan bilangan kepingan yang tetap. Kepingan ini juga mempunyai bilangan pilihatur yang beza yang tetap (Bader, 2004). Sekiranya, gerakan sama pada kubus diulangkan lebih daripada bilangan pilihatur yang tetap, akan menghasilkan pilihatur yang sudah dijumpa. Perulangan satu gerakan urutan sentiasa menghasilkan corak yang mempunyai beberapa muka di kedudukan yang salah (Bader, 2004). Urutan ini tidak sesuai untuk penyelesaian pantas, kerana penyelesaian mungkin panjang dan sentiasa melibatkan langkah terus untuk mencapai kedudukan.

Dalam teori kumpulan, gerakan urutan yang diulang adalah satu penjana bagi subkumpulan yang gerakan dicapai dengan perulangan gerakan urutan (Bader, 2004). Subkumpulan juga dipanggil sebagai orbit dalam unsur dimana digunakan sebagai penjana. Bilangan gerakan yang diulangkan sehingga mencapai kedudukan asal permulaan dipanggil sebagai tukar tertib dalam subkumpulan.

### **2.3 KAEDAH-KAEDAH PENYELESAIAN KUBUS RUBIK**

Setelah permainan Kubus Rubik terkenal, kaedah-kaedah penyelesaian Kubus Rubik turut banyak diperkenalkan. Kaedah-kaedah ini dikategorikan kepada 3 kategori, iaitu kaedah permulaan, kaedah lanjut dan kaedah pakar (Jelinek, 2000). Kaedah permulaan adalah kaedah yang lebih sesuai dipelajari oleh orang yang baru belajar. Kaedah ini juga sesuai bagi mereka yang hanya ingin menyelesaikan Kubus Rubik tanpa mengambilkira masa



yang akan digunakan. Kaedah lanjut mempercepatkan penyelesaian Kubus Rubik dengan langkah yang lebih minimum. Kaedah pakar adalah kaedah yang paling kompleks dan kaedah yang dioptimumkan (Jelinek, 2000).

Untuk tujuan disertai ini, dua kaedah penyelesaian akan dibuat penjelasan, iaitu kaedah permulaan dan kaedah lanjut akan dijelaskan. Kaedah yang dipilih untuk kaedah permulaan adalah kaedah Jasmine (Lee, n.d.). Kaedah lanjut yang dipilih adalah kaedah Fridrich (Fridrich, 1996). Beberapa tatatanda kubus perlu diketahui sebelum kaedah penyelesaian kubus dijelaskan (Lee, n.d.; Jeays, 1995). Tatatanda yang digunakan adalah seperti berikut:

- (i) Permukaan Atas =  $U$
- (ii) Permukaan Bawah =  $D$
- (iii) Permukaan Kiri =  $L$
- (iv) Permukaan Kanan =  $R$
- (v) Permukaan Depan =  $F$
- (vi) Permukaan Belakang =  $B$

Contoh-contoh tatatanda untuk pergerakan kubus adalah seperti berikut:

- (i) Contoh  $U$ , bermaksud putaran 90 darjah ikut arah jam pada permukaan  $U$
- (ii) Contoh  $U'$ , bermaksud putaran 90 darjah lawan arah jam pada permukaan  $U$
- (iii) Contoh  $U2$ , bermaksud putaran 180 darjah samaada ikut atau lawan arah jam pada permukaan  $U$ .



### 2.3.1 Kaedah Jasmine

Kaedah Jasmine diperkenalkan oleh Jasmine Lee (Lee, n.d.). Kaedah ini dibahagi kepada 3 bahagian utama, iaitu:

- (i) Lapisan atas
- (ii) Lapisan tengah
- (iii) Lapisan bawah

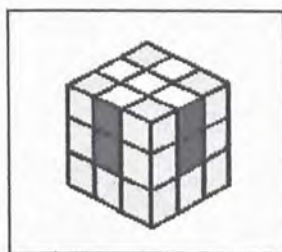
### 2.3.2 Lapisan Atas

Lapisan ini dapat diselesaikan tanpa mempelajari sebarang algoritma, di mana penyelesaian adalah secara intuitif. Jadi, masa diperlukan supaya memahami bagaimana kepingan-kepingan kubus bergerak. Lapisan atas ini diselesaikan dalam 2 peringkat, iaitu:

- (i) Bentuk corak silang
- (ii) Pepenjuru lapisan pertama

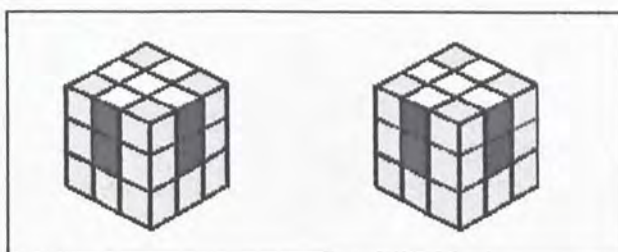
### 2.3.3 Bentuk Corak Silang

Pada permulaan, salah satu warna dipilih sebagai lapisan pertama. Dalam penyelesaian ini, warna putih akan dipilih. Kemudian, corak silang yang berwarna putih dibentukkan pada permukaan atas lapisan pertama (Rajah 2.1).



**Rajah 2.1** Corak silang pada permukaan lapisan atas.

Selepas itu, bahagian sisi pada empat tepi yang berwarna putih dikenalpastikan supaya padan dengan warna di tengah pada setiap sisi kubus (Rajah 2.2).

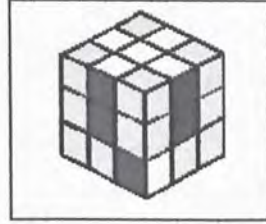


**Rajah 2.2** Corak silang dengan warna tepi yang betul (kiri) dan salah (kanan).

### 2.3.4 Pepenjuru Lapisan Pertama

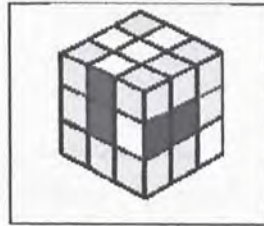
Langkah yang seterusnya adalah pepenjuru pada lapisan pertama diselesaikan satu demi satu. Penyelesaian ini juga tidak melibatkan pembelajaran algoritma penyelesaian, tetapi secara intuitif. Jadi, salah satu contoh langkah demi langkah untuk menyelesaikan pepenjuru lapisan pertama akan dijelaskan, iaitu:

- (i) Langkah 1: Katakan penjuru yang berwarna biru/merah./putih adalah berada di lapisan bawah (Rajah 2.3). Permukaan biru diputar sebanyak  $90^\circ$  lawan arah jam.



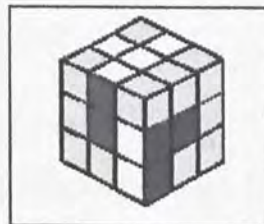
**Rajah 2.3** Corak kubus dalam langkah 1.

- (ii) Langkah 2: Corak kubus akan sama seperti rajah berikut (Rajah 2.4). Seterusnya, permukaan D digerakkan sebanyak  $90^\circ$  lawan arah jam.



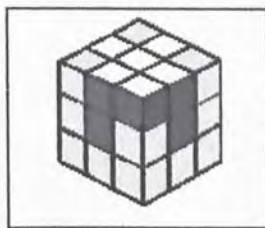
**Rajah 2.4** Corak kubus dalam langkah 2.

- (iii) Langkah 3: Tepi yang berwarna biru/putih dan penjuru yang berwarna biru/putih/merah berada dalam garis yang sama (Rajah 2.5). Permukaan biru diputar sebanyak  $90^\circ$  ikut arah jam.



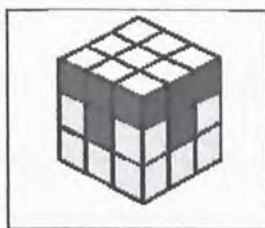
**Rajah 2.5** Corak kubus dalam langkah 3.

- (iv) Langkah 4: Kedudukan penjuru yang berwarna biru/putih/merah dalam keadaan yang betul (Rajah 2.6).



**Rajah 2.6** Corak kubus dalam langkah 4.

Setelah setiap pepenjuru lapisan pertama diselesaikan corak kubus akan seperti Rajah 2.7.



**Rajah 2.7** Corak Kubus setelah pepenjuru lapisan pertama diselesaikan.

### 2.3.5 Lapisan Tengah

Satu peringkat penyelesaian digunakan dalam lapisan ini. Peringkat adalah menyusun 4 tepi pada lapisan tengah kubus. Hanya satu algoritma perlu dibelajari untuk menyelesaikan bahagian lapisan tengah.

Pada mulanya, salah satu tepi lapisan tengah kubus yang berada di lapisan bawah dicari (Rajah 2.8). Tepi yang berwarna biru/merah dipilih sebagai contoh.



## RUJUKAN

- Bader, W., 2004. *Rubik's Cube Solutions plus Puzzles and 8-Balls*. <http://williambader.com/museum/cubes/cubes.html>.
- Bellis, M., n.d. *Rubik and the Cube-Rubik Cube*. [http://inventors.about.com/od/rstartinventions/a/Rubik\\_Cube\\_2.htm](http://inventors.about.com/od/rstartinventions/a/Rubik_Cube_2.htm).
- David, S., 1981. *Notes On Rubik's Magic Cube*. Enslow Publishers, New Jersey.
- Davis, T., 2003. *Group Theory via Rubik's Cube*. <http://www.geometer.org>.
- Egner, S. & Püschel, M., 1998. *Solving Puzzle related to Permutation Groups*. Institut für Algorithmen und Kognitive Systeme Universität Karlsruhe, 186-193.
- Fridrich, J., 1996. *My Speed Cubing Page*. <http://www.ws.binghamton.edu/fridrich/cube.html>.
- Goudey, C., 2006. *Information*. <http://cubeland.free.fr/infos/infos.htm>.
- Jeays, M., 1995. *How to Solve the Rubik's Cube*. <http://jeays.net/rubiks.htm>.
- Jelinek, J., 2000. *Rubik's Cube Info*. <http://rubikscube.info/>.
- Joyner, W. D., 1996. *Mathematics of the Rubik's Cube*. Fall 1996 course US Naval Academy Annapolis, MD. <http://web.usna.navy.mil/~wdj/books.html>.
- Korf, R.E. & Felner, A., 2002. *Disjoint Pattern Database Heuristics*. Artificial Intelligence, **134**, 9-22. <http://www.sciencedirect.com/science/search/allsources>.
- Lee, J., n.d. *Beginner Solution to the Rubik's Cube*. <http://peter.stillhq.com/jasmine/JasmineLeeBeginnerRubikSolution.pdf>.
- Weisstein, E. W., 1996. *Latin Square*. From MathWorld --A Wolfram Web Resource. <http://mathworld.wolfram.com/LatinSquare.html>.



Wikipedia, 2006. *Rubik's Cube*. [http://en.wikipedia.org/wiki/Rubik's\\_Cube](http://en.wikipedia.org/wiki/Rubik's_Cube).

