

**SKRIPSI**

**EKSPLORASI KONSEP GEOMETRI TRANSFORMASI DALAM  
ALGORITMA PENYELESAIAN RUBIK'S CUBE 3X3**



**OLEH**

**ARYA SURYADI  
NIM. 2120203884202003**

**PROGRAM STUDI TADRIS MATEMATIKA  
FAKULTAS TARBIYAH  
INSTITUT AGAMA ISLAM NEGERI  
PAREPARE**

**2025**

**EKSPLORASI KONSEP GEOMETRI TRANSFORMASI DALAM  
ALGORITMA PENYELESAIAN RUBIK'S CUBE 3X3**



**OLEH**

**ARYA SURYADI  
NIM. 2120203884202003**

Skripsi sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana  
Pendidikan (S.Pd) pada Program Studi Tadris Matematika Fakultas  
Tarbiyah Institut Agama Islam Negeri (IAIN) Parepare

**PROGRAM STUDI TADRIS MATEMATIKA  
FAKULTAS TARBIYAH  
INSTITUT AGAMA ISLAM NEGERI  
PAREPARE**

**2025**

**PERSETUJUAN KOMISI PEMBIMBING**

Judul Skripsi : Eksplorasi Konsep Geometri Transformasi dalam  
Algoritma Penyelesaian Rubik's Cube 3x3

Nama Mahasiswa : Arya Suryadi

NIM : 2120203884202003

Program Studi : Tadris Matematika

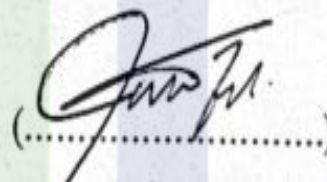
Fakultas : Tarbiyah

Dasar Penetapan Bimbingan : Surat Penetapan Pembimbing Skripsi Fakultas  
Tarbiyah B-3895/ln.39/FTAR.01/PP.00.9/09/2024

Disetujui Oleh:

Pembimbing : Zulfiqar Busrah, M.Si.

NIP : 198910012018011003



Mengetahui:

Dekan Fakultas Tarbiyah



Dr. Zulfah, M.Pd.

NIP. 19830420 200801 2 010

**PERSETUJUAN KOMISI PENGUJI**

Judul Skripsi : Eksplorasi Konsep Geometri Transformasi dalam  
Algoritma Penyelesaian Rubik's Cube 3x3

Nama Mahasiswa : Arya Suryadi

NIM : 2120203884202003

Program Studi : Tadris Matematika

Fakultas : Tarbiyah

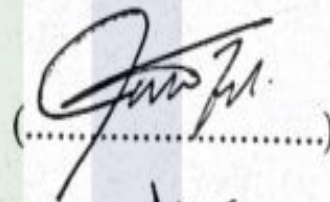
Dasar Penetapan Penguji : Surat Penetapan Penguji Skripsi Fakultas Tarbiyah  
B-2506/In.39/FTAR.01/PP00 9/07/2025

Tanggal Kelulusan : 09 Juli 2025

Disetujui Oleh:

Zulfiqar Busrah, M.Si.

(Ketua)



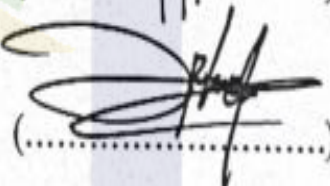
Muhammad Ahsan, S.Si., M.Si.

(Anggota)



Andi Aras, M.Pd.

(Anggota)



Mengetahui:

Dekan Fakultas Tarbiyah



Dr. Zulfah, M.Pd.

NIP. 19830420 200801 2 010



## KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

الْحَمْدُ لِلَّهِ رَبِّ الْعَالَمِينَ وَالصَّلَاةُ وَالسَّلَامُ عَلَى أَشْرَفِ الْأَنْبِيَاءِ وَ الْمُرْسَلِينَ وَ عَلَى آلِهِ وَصَحْبِهِ أَجْمَعِينَ أَمَّا بَعْدُ

Dengan rahmat Allah SWT memungkinkan peneliti bisa menyelesaikan tugas akhir skripsi yang berjudul “ *Eksplorasi Konsep Geometri Transformasi dalam Algoritma Penyelesaian Rubik's Cube 3x3* ” tepat pada waktunya. Skripsi ini sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan gelar sarjana pendidikan (S.Pd) Fakultas Tarbiyah Institut Agama Islam Negeri (IAIN) Parepare.

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada mama dan bapak yaitu Nurmami dan Ambo Maddi, yang selalu mendukung segala progres penulis dari awal kuliah hingga bertempur dengan skripsi yang dimana tanpa doanya penulis tidak mungkin mendapatkan kemudahan dalam menyelesaikan skripsi ini. Penulis juga telah memperoleh banyak bimbingan, arahan, dan dukungan yang sangat berarti dari dosen pembimbing utama, yaitu Bapak Zulfiqar Busrah, M.Si. Beliau telah dengan penuh kesabaran dan ketulusan meluangkan waktu, tenaga, serta pikiran untuk membimbing penulis selama proses penyusunan skripsi ini. Selanjutnya, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang tulus kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Hannani, M.Ag selaku Rektor Institut Agama Islam Negeri Parepare yang telah bekerja keras mengelola pendidikan di IAIN Parepare.
2. Ibu Dr. Zulfah, M.Pd selaku dekan Fakultas Tarbiyah yang telah bekerja keras dalam menciptakan suasana pendidikan yang baik kepada mahasiswa.

3. Bapak Dr. Buhaerah, M.Pd selaku ketua program studi tadris matematika yang telah banyak memberikan motivasi serta dedikasi kepada program studi tadris matematika.
4. Segenap dosen fakultas tarbiyah yang telah memberikan ilmu pengetahuannya kepada mahasiswa.
5. Jajaran staf administrasi fakultas tarbiyah yang telah bekerja keras dalam memberikan bantuan dan informasi kepada mahasiswa.
6. Para informan yang telah meluangkan waktunya untuk membantu peneliti dari segi informasi.
7. Teman angkatan 2021 tadris matematika yang selalu kebersamai dalam setiap suka duka penulis.
8. Sahabat seperjuangan yang selalu mendukung dan mendoakan kelancaran perkuliahan penulis.

Penulis tak lupa pula mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan, baik moral maupun material hingga tulisan ini dapat diselesaikan. Peneliti menyadari bahwa penulisan skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu penulis dengan sangat terbuka dan lapang dada mengharapkan adanya saran konstruktif dan membangun dari berbagai pihak guna kesempurnaan skripsi ini.

Parepare, 16 Juli 2025

20 Muharram 1447 H



Arya Suryadi  
NIM. 2120203884202003

## PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Mahasiswa Yang Bertanda Tangan Dibawah Ini :

Nama : Arya Suryadi

Nim : 2120203884202003

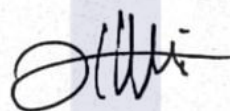
Tempat/Tggl.Lahir : Parepare/ 20 April 2003

Program Studi : Tadris Matematika

Judul Skripsi : Ekplorasi Konsep Geometri Transformasi dalam Algoritma  
Penyelesaian Rubik's Cube 3x3

Menyatakan dengan ini sesungguhnya dan penuh kesadaran diri bahwa skripsi ini benar merupakan hasil karya saya sendiri. Apabila dikedien hari terbukti bahwa ia merupakan duplikat, tiruan, plagiat, atau dibuat oleh orang lain, sebagian atau seluruhnya, maka skripsi dan gelar yang diperoleh karenanya batal demi hukum.

Parepare 16 Juli 2025



Arya Suryadi  
NIM. 2120203884202003

## ABSTRAK

**ARYA SURYADI**, *Ekplorasi Konsep Geometri transformasi dalam Algoritma Penyelesaian Rubik's Cube 3x3* (Dibimbing oleh Bapak Zulfiqar Busrah).

Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi algoritma permainan rubik's cube 3x3 yang mengandung konsep geometri transformasi serta merancang implementasi penggunaan Rubik's Cube 3x3 dalam pembelajaran geometri transformasi. Penelitian ini merupakan penelitian kualitatif dengan pendekatan studi kasus. Studi kasus merupakan pendekatan penelitian yang digunakan untuk memahami suatu fenomena secara mendalam dalam konteks kehidupan nyata. Metode ini fokus pada eksplorasi rinci terhadap suatu kasus tertentu, seperti individu, kelompok, organisasi, atau peristiwa dengan tujuan memprolwh pemahaman yang komperhensif mengenai berbagai faktor yang mempengaruhinya.

Pengumpulan data dilakukan melalui observasi, wawancara, studi literatur dan dokumentasi. Data yang diperoleh kemudian direduksi, disajikan, dan divalidasi, untuk memperoleh kesimpulan yang valid.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa dalam penyelesaian algoritma Rubik's Cube 3x3 terdapat konsep-konsep geometri transformasi, sehingga dapat meningkatkan pemahaman siswa melalui pendekatan kontekstual dan interaktif.

**Kata kunci :** Matematika, Rubik's Cube, geometri transformasi, algoritma

## DAFTAR ISI

PERSETUJUAN KOMISI PENGUJI.....	iv
ABSTRAK .....	viii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Rumusan Masalah .....	13
C. Tujuan Penelitian.....	14
D. Kegunaan Penelitian.....	14
Adapun manfaat yang akan diperoleh dari penelitian ini:.....	14
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	16
A. Tinjauan Penelitian Relevan.....	16
B. Tinjauan Teori .....	28
1. Teori Konsep Matematika .....	28
2. Teori permainan .....	30
3. Teori algoritma dalam pembelajaran matematika dan permainan rubik .....	32
C. Kerangka Konseptual .....	39
D. Kerangka Berpikir .....	45
BAB III METODE PENELITIAN.....	47
A. Jenis dan Pendekatan Penelitian.....	47
B. Lokasi dan Waktu Penelitian.....	48

C. Fokus Penelitian.....	49
D. Jenis Sumber Data.....	50
E. Tehnik Pengumpulan dan Pengolahan Data.....	51
F. Uji Keabsahan Data.....	52
G. Teknik Analisis Data.....	53
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN .....	56
A. Hasil Penelitian .....	56
B. Pembahasan.....	98
BAB V PENUTUP.....	104
A. Simpulan .....	104
B. Saran.....	105
DAFTAR PUSTAKA.....	I

**DAFTAR TABEL**

NO. TABEL	JUDUL TABEL	HALAMAN
Tabel 4.1	Top 4 Catatan Waktu Tercepat Menyelesaikan Rubik's Cube 3x3	57
Tabel 4.2	Observasi Penyelesaian Rubik's Cube	58
Tabel 4.3	Pemetaan Rubik di Kordinat Cartecius	77
Tabel 4.4	Rumus Rotasi	83

## DAFTAR GAMBAR

NO. GAMBAR	JUDUL GAMBAR	HALAMAN
Gambar 2.1	Anak Anak Memainkan Rubik	35
Gambar 2.2	Lapisan Rubik	36
Gambar 2.3	Bagan Kerangka Pikir Penelitian	46
Gambar 4.1	Notasi Dasar Gerakan Rubik's Cube 3x3	59
Gambar 4.2	Bagian-bagian Rubik's Cube 3x3	60
Gambar 4.3	Algoritma Penyelesaian Rubik	61
Gambar 4.4	Cross Putih	62
Gambar 4.5	Layer Pertama	63
Gambar 4.6	Kasus 1 pada Layer Pertama	63
Gambar 4.7	Kasus 2 pada Layer Pertama	64
Gambar 4.8	Kasus 3 pada Layer Pertama	64
Gambar 4.9	Kasus 4 pada Layer Pertama	64
Gambar 4.10	Kasus 5 pada Layer Pertama	65
Gambar 4.11	Layer Kedua	65
Gambar 4.12	Kasus 1 Layer Kedua	65
Gambar 4.13	Kasus 2 Layer Kedua	66
Gambar 4.14	Kasus 3 Layer Kedua	66
Gambar 4.15	Layer Ketiga	67



Gambar 4.16	Kasus 1 Layar Ketiga	67
Gambar 4.17	Kasus 2 Layer Ketiga	67
Gambar 4.18	kasus 3 Layer Ketiga	68
Gambar 4.19	Pola Cross Kuning	69
Gambar 4.20	Corner Layer Ketiga Frist Look	69
Gambar 4.21	Corner Layer Ketiga Second Look	70
Gambar 4.22	Edge Layer Ketiga	70
Gambar 4.23	First 2 Layer	72
Gambar 4.24	41 Kasus pada F2L	72
Gambar 4.25	Orientation Last Layer	72
Gambar 4.26	57 Kasus pada OLL	73
Gambar 4.27	Permutation Last Layer	73
Gambar 4.28	21 Kasus pada PLL	74
Gambar 4.29	Algoritma Penyelesaian Rubik Metode LBL	75
Gambar 4.30	Algoritma Penyelesaian Rubik Metode CFOP	75
Gambar 4.31	Titik Titik Rubik di Kordinat Cartecius	77
Gambar 4.32	Refleksi Edge	78
Gambar 4.33	Sebelum dan Sesudah Refleksi	79
Gambar 4.34	Sebelum dan Sesudah Translasi	81
Gambar 4.35	Rotasi dalam Rubik's Cube	82

Gambar 4.36	Sebelum dan Sesudah Rotasi Sumbu X	84
Gambar 4.37	Proses Pelatihan Rubik's Cube 3x3	88
Gambar 4.37	Latihan Praktek Mandiri Menyusun Rubik	90



## TRANSLITERASI ARAB LATIN

### A. Transliterasi Arab Latin

Daftar huruf bahasa Arab dan transliterasinya ke dalam huruf Latin:

#### 1. Konsonan

Huruf	Nama	Huruf Latin	Nama
ا	<i>Alif</i>	Tidak dilambangkan	Tidak dilambangkan
ب	<i>Ba</i>	B	<i>be</i>
ت	<i>Ta</i>	T	<i>te</i>
ث	<i>Tha</i>	Th	<i>te dan ha</i>
ج	<i>Jim</i>	J	<i>je</i>
ح	<i>Ha</i>	h	<i>ha (dengan titik di bawah)</i>
خ	<i>Kha</i>	Kh	<i>ka dan ha</i>
د	<i>Dal</i>	D	<i>De</i>
ذ	<i>Dhal</i>	Dh	<i>de dan ha</i>
ر	<i>Ra</i>	R	<i>Er</i>
ز	<i>Zai</i>	Z	<i>Zet</i>
س	<i>Sin</i>	s	<i>Es</i>
ش	<i>Syin</i>	Sy	<i>es dan ye</i>
ص	<i>Shad</i>	ş	<i>es (dengan titik di</i>

			bawah)
ض	<i>Dad</i>	ḍ	<i>de</i> (dengan titik di bawah)
ط	<i>Ta</i>	ṭ	<i>te</i> (dengan titik di bawah)
ظ	<i>Za</i>	ẓ	<i>zet</i> (dengan titik di bawah)
ع	<i>'ain</i>	‘	koma terbalik ke atas
غ	<i>Gain</i>	G	<i>Ge</i>
ف	<i>Fa</i>	F	<i>Ef</i>
ق	<i>Qaf</i>	Q	<i>Qi</i>
ك	<i>Kaf</i>	K	<i>Ka</i>
ل	<i>Lam</i>	L	<i>El</i>
م	<i>Mim</i>	M	<i>Em</i>
ن	<i>Nun</i>	N	<i>En</i>
و	<i>Wau</i>	W	<i>We</i>
هـ	<i>Ha</i>	H	<i>Ha</i>
ء	<i>hamzah</i>	’	<i>Apostrof</i>
ي	<i>Ya</i>	Y	<i>Ye</i>

*Hamzah* (ء) yang terletak di awal kata mengikuti vokalnya tanpa diberi tanda apapun. Jika terletak di tengah atau di akhir, maka ditulis dengan tanda (’).

## 2. Vokal

Vokal bahasa Arab, seperti vokal bahasa Indonesia, terdiri atas vokal tunggal atau monoftong dan vokal rangkap

atau diftong.

- a. Vokal tunggal bahasa Arab yang lambangnya berupa tanda atau harakat, transliterasinya sebagai berikut:

Tanda	Nama	Huruf Latin	Nama
َ	<i>Fathah</i>	a	A
ِ	<i>Kasrah</i>	i	I
ُ	<i>Dammah</i>	u	U

- b. Vokal rangkap bahasa Arab yang lambangnya berupa gabungan antara harakat dan huruf, transliterasinya berupa gabungan huruf, yaitu:

Tanda	Nama	Huruf Latin	Nama
َـيْ	<i>fathah dan ya</i>	ai	a dan i
َـوْ	<i>fathah dan wau</i>	au	a dan u

Contoh:

كَيْفَ : *kaifa*

حَوْلَ : *haulā*

### 3. Maddah

Maddah atau vokal panjang yang lambangnya berupa harkat dan huruf, transliterasinya berupa huruf dan tanda, yaitu:

Harkat dan Huruf	Nama	Huruf dan Tanda	Nama
اَ / آ	<i>fathah dan alif atau ya</i>	ā	a dan garis di atas

يَ	<i>kasrah dan ya</i>	ī	i dan garis di atas
وُ	<i>dammah dan wau</i>	ū	u dan garis di atas

Contoh:

قِيلَ : *qīla*  
يَمُوتُ : *yamūtu*

#### 4. Ta Marbutah

Transliterasi untuk *ta marbutah* ada dua:

- ta marbutah* yang hidup atau mendapat harkat fathah, kasrah dan dammah, transliterasinya adalah [t].
- ta marbutah* yang mati atau mendapat harkat sukun, transliterasinya adalah [h]. Kalau pada kata yang terakhir dengan *ta marbutah* diikuti oleh kata yang menggunakan kata sandang *al-* serta bacaan kedua kata itu terpisah, maka *ta marbutah* itu ditransliterasikan dengan *ha (h)*.

Contoh:

رَوْضَةُ الْجَنَّةِ : *rauḍah al-jannah* atau *rauḍatul jannah*  
الْمَدِينَةُ الْفَاضِلَةُ : *al-madīnah al-fāḍilah* atau *al-madīnatul fāḍilah*  
الْحِكْمَةُ : *al-hikmah*

#### 5. Syaddah (tasydid)

*Syaddah* atau tasydid yang dalam sistem tulisan Arab dilambangkan dengan sebuah tanda tasydid (‘), dalam transliterasi ini dilambangkan dengan perulangan huruf (konsonan ganda) yang diberi tanda *syaddah*. Contoh:

رَبَّنَا : *Rabbanā*  
نَجَّيْنَا : *Najjainā*  
الْحَق : *al-haqq*  
الْحَج : *al-hajj*  
نُعَم : *nu‘ima*  
عُو : *‘aduwwun*

Jika huruf ي bertasydid diakhir sebuah kata dan

didahului oleh huruf kasrah (ي -) , maka ia ditransliterasi seperti huruf *maddah* (i). Contoh:

عَرَبِي : 'Arabi (bukan 'Arabiyy atau 'Araby)

عَلِي : 'Ali (bukan 'Alyy atau 'Aly)

#### 6. Kata Sandang

Kata sandang dalam sistem tulisan Arab dilambangkan dengan huruf لا (*alif lam ma'arifah*). Dalam pedoman transliterasi ini, kata sandang ditransliterasi seperti biasa, *al-*, baik ketika ia diikuti oleh huruf *syamsiah* maupun huruf *qamariah*. Kata sandang tidak mengikuti bunyi huruf langsung yang mengikutinya. Kata sandang ditulis terpisah dari kata yang mengikutinya dan dihubungkan dengan garis mendatar (-). Contoh:

الشَّمْسُ	:	<i>al-syamsu</i> (bukan <i>asy- syamsu</i> )
الزَّلْزَلَةُ	:	<i>al-zalzalah</i> (bukan <i>az-zalzalah</i> )
الْفَلْسَفَةُ	:	<i>al-falsafah</i>
الْبِلَادُ	:	<i>al-bilādu</i>

#### 7. Hamzah

Aturan transliterasi huruf *hamzah* menjadi apostrof (') hanya berlaku bagi hamzah yang terletak di tengah dan akhir kata. Namun bila *hamzah* terletak diawal kata, ia tidak dilambangkan, karena dalam tulisan Arab ia berupa *alif*. Contoh:

تَأْمُرُونَ	:	<i>ta'murūna</i>
النَّوْءُ	:	<i>al-nau'</i>
شَيْءٍ	:	<i>syai'un</i>
أُمِرْتُ	:	<i>Umirtu</i>

#### 8. Kata Arab yang lazim digunakan dalam Bahasa Indonesia

Kata, istilah atau kalimat Arab yang ditransliterasi adalah kata, istilah atau kalimat yang belum dibakukan dalam bahasa Indonesia. Kata, istilah atau kalimat yang sudah lazim dan menjadi bagian dari pembendaharaan bahasa Indonesia, atau sudah sering ditulis dalam tulisan bahasa Indonesia, tidak lagi

ditulis menurut cara transliterasi di atas. Misalnya kata *Al-Qur'an* (dar *Qur'an*), *Sunnah*, khusus dan umum. Namun bila kata-kata tersebut menjadi bagian dari satu rangkaian teks Arab, maka mereka harus ditransliterasi secara utuh. Contoh:

*Fī zilāl al-qur'an*

*Al-sunnah qabl al-tadwin*

*Al-ibārat bi 'umum al-lafẓ lā bi khusus al-sabab*

9. Lafẓ al-Jalalah (الله)

Kata “Allah” yang didahului partikel seperti huruf jar dan huruf lainnya atau berkedudukan sebagai *mudaf ilaih* (frasa nominal), ditransliterasi tanpa huruf hamzah. Contoh:

دِينُ اللَّهِ

*Dīnillah*

بِاللَّهِ

*billah*

Adapun *ta marbutah* di akhir kata yang disandarkan kepada *lafẓ al-jalālāh*, ditransliterasi dengan huruf [t]. Contoh:

هُمُ فِي رَحْمَةِ اللَّهِ

*Hum fī rahmatillāh*



## BAB I

### PENDAHULUAN

#### A. Latar Belakang Masalah

Matematika adalah ilmu yang terus berkembang sesuai dengan kebutuhan teknologi yang terus meningkat. Oleh karena itu, matematika diajarkan di berbagai jenjang pendidikan, disesuaikan dengan tingkat kebutuhan masing-masing. Sebagai ilmu yang bersifat universal, matematika ada di seluruh penjuru dunia tanpa batasan. Tidak ada negara yang menolaknya, dan tidak ada agama yang melarang untuk mempelajarinya<sup>1</sup>. Matematika tidak terlibat dalam politik dan tidak ingin dipolitisasi. Keberadaannya sangat penting bagi dunia, dan perkembangannya selalu seiring dengan kebutuhan umat manusia, karena hampir semua aktivitas manusia berkaitan dengan matematika. Matematika telah menjadi ilmu yang mendasari sekaligus mendukung perkembangan ilmu-ilmu lain, sehingga kita setidaknya harus belajar matematika.

Belajar merupakan suatu kewajiban karena terdapat dalam ajaran agama sebagai pedoman hidup yang harus dijalankan oleh setiap individu. Proses belajar bukan hanya terbatas pada pendidikan formal, tetapi juga mencakup pembelajaran sepanjang hayat yang perlu terus dilakukan dalam berbagai aspek kehidupan. Dengan belajar, seseorang dapat memperluas pengetahuan, mengasah keterampilan, serta meningkatkan pemahaman tentang dunia dan diri sendiri. Selain itu, belajar juga membantu seseorang untuk berkembang dalam hal pribadi, sosial, dan spiritual,

---

<sup>1</sup> Siti Khoiruli Ummah, *Media Pembelajaran Matematika* (malang: universitas muhammadiyah malang, n.d.).

menjadikannya lebih siap menghadapi tantangan hidup, memberikan manfaat bagi orang lain, serta berkontribusi pada kemajuan masyarakat dan peradaban seperti di jelaskan dalam Al-Qur'an surah Taha ayat 114 :

وَقُلْ رَبِّ زِدْنِي عِلْمًا

Terjemahnya:

Ya Tuhanku, tambahkanlah ilmu kepadaku<sup>2</sup>.

Ayat ini memiliki hubungan yang erat dengan konsep belajar dalam Islam. Ayat ini mengajarkan pentingnya doa dan usaha dalam memperoleh ilmu, serta menegaskan bahwa pencarian ilmu adalah proses yang berkelanjutan. Dengan permohonan "tambahkan ilmu," umat Islam diajak untuk tidak merasa puas dengan ilmu yang telah dimiliki, melainkan untuk terus berusaha menambah pengetahuan mereka. Ini mencerminkan konsep pembelajaran sepanjang hayat dalam Islam, di mana ilmu harus terus diterima dan dipelajari tanpa batas. Selain itu, ayat ini juga menunjukkan bahwa ilmu yang diperoleh bukan hanya hasil dari usaha manusia, tetapi juga membutuhkan pertolongan dan rahmat Allah. Dalam Islam, ilmu dianggap sebagai bagian dari ibadah, yang tidak hanya untuk kepentingan duniawi tetapi juga untuk mendekatkan diri kepada Allah. Oleh karena itu, belajar dalam Islam bukan hanya untuk memperoleh pengetahuan, tetapi juga sebagai jalan untuk memahami petunjuk Allah dan meningkatkan kualitas hidup secara spiritual dan praktis. Ayat ini mengajarkan bahwa belajar adalah suatu perjalanan yang memerlukan kerendahan hati, kesungguhan, dan pengakuan terhadap keterbatasan diri, serta pengharapan akan pertolongan Allah dalam memperoleh ilmu yang bermanfaat.

---

<sup>2</sup> Departemen Agama RI, "Al-Qur'an dan Terjemahnya (Al-Hikmah).

Belajar matematika adalah suatu proses (aktivitas) berpikir disertai dengan aktivitas afektif dan fisik. Suatu proses akan berjalan secara alami melalui tahap demi tahap menuju ke arah yang lebih baik, kesalahan adalah bagian dari proses pembelajaran<sup>34</sup>. Dalam pembelajaran matematika sering kita jumpai beberapa masalah, baik dari cara guru mengantarkan materi pembelajaran, cara belajar siswa dalam proses pembelajaran, cara memecahkan masalah matematika itu sendiri, minat belajar siswa terhadap Pelajaran matematika, serta cara mengajar yang baik agar matematika bisa disukai dan disenangi oleh siswa<sup>5</sup>. Dari masalah-masalah diatas maka dikembangkanlah cara pembelajaran matematika yaitu dengan mengenalkan matematika melalui aktivitas kesehariannya seperti pada algoritma penyelesaian permainan rubik<sup>6</sup>.

Algoritma secara matematika adalah urutan langkah-langkah logis dan terstruktur yang dirancang untuk menyelesaikan suatu masalah atau mencapai tujuan tertentu. Algoritma berfungsi sebagai panduan atau prosedur yang jelas dan terdefinisi dengan baik untuk menyelesaikan tugas atau masalah dalam waktu yang efisien. Setiap algoritma harus memiliki langkah-langkah yang dapat diulang dan memiliki kondisi awal serta tujuan akhir yang jelas<sup>7</sup>. Keefektifan sebuah algoritma

---

<sup>3</sup> Erlando Doni Sirait, "Pengaruh Minat Belajar Terhadap Prestasi Belajar Matematika," *Formatif: Jurnal Ilmiah Pendidikan MIPA* 6, no. 1 (2016).

<sup>4</sup> Alya Nursalma and Heni Pujiastuti, "Pengaruh Waktu Belajar Dan Motivasi Belajar Terhadap Hasil Belajar Matematika," *OMEGA: Jurnal Keilmuan Pendidikan Matematika* 2, no. 3 (2023).

<sup>5</sup> Alya Nursalma and Heni Pujiastuti, "Pengaruh Waktu Belajar Dan Motivasi Belajar Terhadap Hasil Belajar Matematika," *OMEGA: Jurnal Keilmuan Pendidikan Matematika* 2, no. 3 (2023).

<sup>6</sup> Rizky Romadhonah Safitri and Sulis Sulistyorini, "Studi Etnomatematika Geometri Pada Artefak Peninggalan Sejarah Di Kota Malang," *Mathema Jurnal* 5, no. 2 (2023):.

<sup>7</sup> Melladia Melladia and Iis Roza Mardani, "Implementasi Algoritma Backpropagation Prediksi Kegagalan Siswa Pada Mata Pelajaran Matematika," *Jurnal RESTI (Rekayasa Sistem Dan Teknologi Informasi)* 2, no. 3 (2018).

juga sering kali diukur berdasarkan efisiensinya, baik dalam hal waktu yang dibutuhkan untuk menjalankan proses maupun penggunaan sumber daya yang diperlukan, seperti memori atau ruang penyimpanan. Efisiensi ini menjadi sangat penting, terutama saat algoritma diterapkan untuk masalah yang lebih kompleks atau dalam konteks komputasi yang membutuhkan pengolahan data dalam jumlah besar. Salah satu permasalahan dalam algoritma adalah kurangnya pemahaman konsep dasar yang menyebabkan kesulitan dalam merancang langkah-langkah penyelesaian masalah secara sistematis dan efisien. Hal ini sering mengakibatkan algoritma yang tidak optimal, penggunaan sumber daya yang berlebihan, serta kesalahan dalam implementasi yang berdampak pada kinerja program. Selain itu, kurangnya pemahaman tentang kompleksitas algoritma juga dapat menyebabkan pemilihan metode yang kurang tepat dalam menyelesaikan suatu permasalahan. Maka dari itu pada penelitian kali ini peneliti akan melihat bagaimana ke optimalan algoritma yang digunakan oleh pemain dalam menyelesaikan permainan rubik's cube lalu dihubungkan dengan matematika.

Contoh algoritma dalam matematika dapat ditemui dalam berbagai jenis masalah. Misalnya, algoritma Euclid untuk mencari FPB (Faktor Persekutuan Terbesar) antara dua bilangan bulat, algoritma untuk menghitung akar kuadrat dengan metode pembagian berulang, atau algoritma untuk menghitung hasil operasi aritmatika secara bertahap. Selain itu, algoritma juga digunakan dalam analisis statistik, pemrograman komputer, dan berbagai bidang lainnya yang melibatkan pemrosesan data dan angka<sup>8</sup>. Oleh karena itu, pemahaman tentang algoritma sangat

---

<sup>8</sup> Ahmad Al-hafiz Sagala and Yahfizham Yahfizham, "Analisis Pengenalan Konsep Algoritma Pemrograman Matematika Pada Kehidupan Sehari Hari," *Morfologi: Jurnal Ilmu Pendidikan, Bahasa, Sastra Dan Budaya* 2, no. 1 (2024).

penting dalam matematika karena algoritma tidak hanya memberikan cara yang sistematis untuk memecahkan masalah, tetapi juga dapat meningkatkan efisiensi dalam mencapai solusi yang diinginkan. Algoritma biasanya digunakan dalam dunia komputer dan teknologi informasi untuk memecahkan masalah secara otomatis<sup>9</sup>, algoritma sering juga dijumpai dalam sebuah permainan. Algoritma dalam permainan merujuk pada serangkaian langkah atau prosedur yang digunakan untuk mencapai tujuan tertentu dalam permainan, baik itu oleh pemain manusia atau oleh sistem komputer (seperti dalam permainan video atau AI)<sup>10</sup>. Dalam banyak permainan, terutama yang melibatkan elemen strategi, keputusan, dan kompetisi, algoritma berperan penting dalam menentukan bagaimana permainan berjalan, bagaimana pemain dapat menang, dan bagaimana sistem game memberikan tantangan atau respons terhadap tindakan pemain contohnya catur, ludo dan rubik.

Permainan adalah suatu aktivitas yang dilakukan untuk tujuan hiburan, rekreasi, atau pengembangan keterampilan, yang melibatkan aturan-aturan tertentu yang mengarahkan cara permainan dilaksanakan. Permainan dapat dilakukan oleh individu atau kelompok dan sering kali melibatkan elemen kompetisi, strategi, keterampilan, atau bahkan keberuntungan. Selain menjadi sarana hiburan, permainan juga sering digunakan untuk melatih kemampuan fisik, mental, atau sosial, serta untuk meningkatkan kemampuan berpikir, problem solving, koordinasi motorik, dan keterampilan sosial<sup>11</sup>.

---

<sup>9</sup> Ahmad Syamsudin, "Analisis Kesalahan Coding Pemrograman Java Pada Matakuliah Algoritma Pemrograman Mahasiswa Tadris Matematika IAIN Kediri," *Journal Focus Action of Research Mathematic (Factor M)* 2, no. 2 (2020).

<sup>10</sup> Erik D. Demaine et al., "Algorithms for Solving Rubik's Cubes," *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)* 6942 LNCS (2011).

<sup>11</sup> Mayke S. Tedjasaputra, *Bermain, Mainan Dan Permainan* (PT GRASINDO, 2001).

Pada umumnya, permainan memiliki tujuan tertentu, baik untuk mencapai kemenangan, menyelesaikan tantangan, atau sekadar menikmati proses. Dalam banyak kasus, permainan juga memiliki elemen pembelajaran yang tidak langsung, membantu pemain mengasah berbagai kemampuan seperti kecerdasan, kemampuan fisik, atau keterampilan sosial dalam situasi yang menyenangkan dan tidak terbebani oleh tekanan<sup>12</sup>. Permainan sering dimainkan dalam suasana santai dan penuh kegembiraan, menjadikannya sebagai cara efektif untuk menghilangkan stres dan mempererat hubungan antar individu<sup>13</sup>.

Dalam konteks sosial, permainan juga dapat berfungsi sebagai sarana untuk mempererat ikatan antara individu atau kelompok, karena banyak permainan yang melibatkan kerja sama atau kompetisi antara pemain. Oleh karena itu, selain untuk hiburan pribadi, permainan juga sering kali digunakan dalam berbagai kesempatan, mulai dari kegiatan pendidikan hingga interaksi sosial sehari-hari. Ada banyak contoh permainan yang sering kita jumpai seperti catur, rubik, ludo, joker, domino, dll namun Pada penelitian kali ini akan berfokus pada permainan rubik's cube.

Rubik's cube adalah permainan dalam bentuk teka-teki mekanik yang dibuat pada tahun 1974 oleh seorang pemahat dan profesor arsitektur dari Hongaria, Erno Rubik. Setiap sisi dari kubus memiliki sembilan permukaan yang terdiri atas enam warna berbeda<sup>14</sup>. Permainan rubik ini harus dipecahkan agar setiap sisi dari rubik punya satu warna. Sekitar tahun 1974 permainan ini sangat digemari masyarakat

---

<sup>12</sup> Haerani Nur, "Membangun Karakter Anak Melalui Permainan Anak Tradisional," *Jurnal Pendidikan Karakter* 4, no. 1 (2013).

<sup>13</sup> Siti Nurhayati, Khamim Zarkasih Putro, and Sunan Kalijaga, "Bermain Dan Permainan Anak Usia Dini," *Jurnal Pendidikan Islam Usia Dini* 4 nomor 1 (2021).

<sup>14</sup> Akhmad Rafiuddin, "Membangun Aplikasi Game Puzzle Rubik'Cube Tiga Dimensi," 2016.

Hongaria. Akan tetapi, begitu banyak teka-teki yang harus diselesaikan dan butuh waktu yang lama untuk memecahkan permainan ini<sup>15</sup>.

Rubik's Cube, yang ditemukan pada tahun 1974 oleh Ernő Rubik, merupakan salah satu teka-teki mekanik yang paling terkenal di dunia. Teka-teki ini terdiri dari 27 potongan kecil yang terhubung dalam sebuah kubus besar, yang dapat diputar pada tiga poros utama. Penyelesaian Rubik's Cube memerlukan serangkaian langkah yang disebut algoritma, yang merupakan urutan gerakan yang dilakukan untuk menyusun kembali warna-warna pada setiap sisi kubus agar seragam<sup>16</sup>.

Dalam permainan rubik, salah satu permasalahan utama yang sering dialami oleh pemain, terutama pemula, adalah kesulitan dalam memahami pola gerakan dan algoritma penyelesaian. Banyak pemain mengalami kesalahan dalam memutar sisi rubik karena kurangnya pemahaman terhadap hubungan antar bagian rubik serta transformasi yang terjadi saat rotasi dilakukan. Hal ini sering menyebabkan rubik tidak tersusun dengan benar, meskipun pemain telah mencoba mengikuti algoritma tertentu. Selain itu, banyak pemain merasa kesulitan dalam memvisualisasikan bagaimana setiap gerakan mempengaruhi posisi dan orientasi warna di sisi lainnya. Menariknya, penyelesaian Rubik's Cube ini memiliki keterkaitan yang erat dengan konsep-konsep dalam pembelajaran geometri, khususnya dalam hal transformasi geometri, yang mencakup rotasi, refleksi, dan permutasi. Pada dasarnya, setiap gerakan yang dilakukan dalam Rubik's Cube dapat dianggap sebagai transformasi geometris yang mengubah posisi dan orientasi potongan-potongan kubus.

---

<sup>15</sup> Chichi Rizka Gunawan, Ahmad Ihsan, and Munawir Munawir, "Optimasi Penyelesaian Permainan Rubik's Cube Menggunakan Algoritma IDA\* Dan Brute Force," *Jurnal Infomedia* 3, no. 1 (2018).

<sup>16</sup> Forest Agostinelli et al., "Solving the Rubik's Cube with Deep Reinforcement Learning and Search," *Nature Machine Intelligence* 1, no. August (2019).



Pembelajaran matematika adalah proses yang melibatkan pengajaran dan pemahaman konsep-konsep matematika, serta penerapannya dalam berbagai konteks kehidupan sehari-hari. Tujuan utama pembelajaran matematika adalah untuk membantu siswa mengembangkan kemampuan berpikir logis, kritis, dan analitis, serta memberikan keterampilan yang diperlukan untuk memecahkan masalah dengan menggunakan prinsip-prinsip matematika. Dalam pembelajaran ini, siswa tidak hanya belajar teori dan rumus, tetapi juga dilatih untuk mengaitkan konsep-konsep matematika dengan situasi nyata, sehingga matematika tidak hanya dipahami sebagai sekadar rangkaian simbol atau angka, tetapi sebagai alat untuk memahami dunia di sekitar mereka<sup>17</sup>.

Pembelajaran matematika juga mencakup berbagai metode dan strategi yang dapat membantu siswa memahami konsep-konsep abstrak dengan cara yang lebih konkret dan mudah dipahami. Salah satunya adalah penggunaan pendekatan berbasis pemecahan masalah, yang mengharuskan siswa untuk menerapkan konsep-konsep matematika dalam situasi yang lebih kompleks, sehingga mereka dapat lebih mudah melihat relevansi matematika dalam kehidupan sehari-hari<sup>18</sup>. Selain itu, pembelajaran matematika juga menekankan pentingnya keterampilan komunikasi matematika, di mana siswa diajarkan untuk menjelaskan pemikiran mereka, menyusun argumen, dan menyelesaikan masalah secara sistematis dan terstruktur.

Di dalam pembelajaran matematika, geometri merupakan salah satu cabang yang penting untuk dipelajari. Geometri tidak hanya mengajarkan tentang bentuk dan

---

<sup>17</sup> Kesumawati Nila, "Pemahaman Konsep Matematik Dalam Pembelajaran Matematika," *Prosiding Seminar Nasional Matematika Dan Pendidikan Matematika, Jurusan Pendidikan Matematika Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Yogyakarta*, 2019.

<sup>18</sup> Joanna Ryan and Jessica Bowman, "Pembelajaran Berdiferensiasi Pada Pembelajaran Matematika Di Kurikulum Merdeka," *High Leverage Practices and Students with Extensive Support Needs* 3, no. 3 (2022).



ukuran, tetapi juga melibatkan konsep ruang, hubungan antara titik, garis, sudut, serta bentuk-bentuk geometris lainnya<sup>19</sup>. Pembelajaran geometri memungkinkan siswa untuk memahami bagaimana objek-objek di ruang dapat dipindahkan, digeser, diputar, atau dibentuk kembali, dan ini terkait erat dengan konsep transformasi geometri. Masalah dalam pembelajaran matematika yang sering dihadapi adalah minimnya penggunaan konsep-konsep matematika yang lebih aplikatif dalam kehidupan sehari-hari<sup>20</sup>. Meskipun geometri transformasi merupakan salah satu cabang utama dalam matematika, konsep ini sering kali diajarkan secara abstrak tanpa kaitan yang jelas dengan konteks nyata, sehingga sulit dipahami dan kurang diminati oleh siswa. Salah satu contoh penerapan praktis yang kurang dieksplorasi adalah bagaimana konsep geometri transformasi, seperti rotasi, refleksi, dan translasi, digunakan dalam penyelesaian Rubik 3x3.

Transformasi geometri merujuk pada perubahan posisi, ukuran, atau orientasi suatu objek dalam ruang geometri. Dalam matematika, transformasi ini digunakan untuk memodifikasi objek geometri tanpa mengubah sifat-sifat dasarnya, seperti panjang sisi atau besar sudut. Ada beberapa jenis transformasi geometri yang umum dipelajari, seperti translasi, refleksi, rotasi dan dilatasi<sup>21</sup>. Translasi adalah transformasi yang memindahkan objek sejauh jarak tertentu dalam arah tertentu, tanpa merubah bentuk atau orientasinya. Refleksi atau pencerminan, di sisi lain, memantulkan objek terhadap suatu garis cermin, menghasilkan bayangan yang terbalik tetapi memiliki bentuk yang identik dengan objek asal. Rotasi melibatkan

---

<sup>19</sup> Agostinelli et al., "Solving the Rubik's Cube with Deep Reinforcement Learning and Search."

<sup>20</sup> Sarwoedi et al., "Efektifitas Etnomatematika Dalam Meningkatkan Kemampuan Pemahaman Matematika Siswa," *Jurnal Pendidikan Matematika Raflesia* 03, no. 02 (2018).

<sup>21</sup> Anis farida Jamil, *Geometri Transformasi* (malang: universitas muhammadiyah malang, 2019).

pemutaran objek sekitar titik pusat dengan sudut tertentu, mengubah orientasi objek namun tetap mempertahankan bentuk dan ukuran. Dilatasi adalah transformasi yang mengubah ukuran objek, baik memperbesar atau memperkecil, dengan mempertahankan bentuk aslinya. Sementara itu, shearing atau pergeseran, mengubah bentuk objek dengan menggeser titik-titik objek dalam arah tertentu tanpa mengubah ukuran total objek tersebut. Semua transformasi ini dapat digabungkan dalam proses yang disebut komposisi transformasi, yang memungkinkan perubahan posisi dan orientasi objek secara lebih kompleks. Transformasi geometri memiliki banyak aplikasi dalam kehidupan sehari-hari, termasuk dalam bidang desain grafis, robotika, arsitektur, pemrosesan citra, dan banyak lagi, yang memanfaatkan prinsip-prinsip transformasi untuk memanipulasi dan mengubah objek atau gambar dalam ruang secara efisien.

Salah satu jenis transformasi yang paling dominan dalam penyelesaian Rubik adalah rotasi. Setiap langkah dalam algoritma penyelesaian biasanya melibatkan rotasi pada satu atau lebih lapisan kubus. Misalnya, memutar lapisan atas sebanyak 90 derajat akan mengubah posisi potongan warna yang berada di lapisan tersebut, namun tidak memengaruhi potongan warna pada lapisan lainnya. Ini merupakan contoh klasik dari transformasi rotasi dalam geometri, di mana suatu objek (dalam hal ini, lapisan kubus) diputar mengelilingi suatu sumbu tertentu<sup>22</sup>.

Selain rotasi, konsep permutasi juga sangat penting dalam penyelesaian Rubik's Cube. Permutasi dalam geometri merujuk pada perubahan urutan objek tanpa mengubah bentuk dasarnya. Dalam konteks Rubik's Cube, permutasi terjadi ketika urutan potongan warna diubah oleh serangkaian rotasi. Setiap gerakan yang dilakukan

---

<sup>22</sup> Rafiuddin, "Membangun Aplikasi Game Puzzle Rubik's Cube Tiga Dimensi."

pada kubus dapat dipandang sebagai suatu permutasi dari posisi potongan warna yang ada<sup>23</sup>. Hal ini sangat relevan karena, meskipun bentuk kubus tetap sama, urutan potongan warna yang tersusun di dalamnya berubah, yang menjadikan Rubik's Cube sebuah teka-teki yang kompleks namun terstruktur dengan baik.

Penyelesaian Rubik's Cube melibatkan serangkaian algoritma yang mengatur transformasi geometri secara sistematis. Setiap algoritma adalah urutan rotasi yang dirancang untuk mencapai tujuan tertentu, misalnya, untuk menyusun satu lapisan kubus atau menyelesaikan seluruh kubus. Algoritma tersebut dapat dianggap sebagai urutan transformasi geometri yang berfokus pada perubahan posisi potongan-potongan kubus dengan cara yang sangat terorganisir dan teratur<sup>24</sup>. Dalam hal ini, setiap algoritma berfungsi sebagai urutan rotasi dan permutasi yang disusun untuk mencapai penyelesaian akhir yang diinginkan. Salah satu metode yang paling terkenal dalam penyelesaian Rubik's Cube adalah metode Fridrich, yang mengandalkan serangkaian rotasi dan permutasi lapisan-lapisan kubus untuk menyelesaikan teka-teki ini dalam waktu yang singkat.

Selain itu, konsep teori grup dalam matematika juga dapat diterapkan dalam konteks Rubik's Cube. Teori grup mempelajari struktur simetri, yang sangat relevan dengan cara kita mengatasi Rubik's Cube. Setiap rotasi dalam Rubik's Cube dapat dianggap sebagai elemen dalam grup yang memiliki aturan-aturan tertentu mengenai bagaimana rotasi tersebut memengaruhi posisi dan orientasi potongan-potongan kubus. Konsep ini memungkinkan kita untuk memahami Rubik's Cube sebagai objek matematika yang memiliki simetri dan struktur yang dapat dianalisis secara lebih

---

<sup>23</sup> Febriola Sabatini Abigeil, "Analisis Algoritma Pencarian Solusi Pada Permainan Rubik Dan Aplikasi Pada Pembelajaran Matematika" 9, no. 2 (2024).

<sup>24</sup> Sam Loyd and Buvuos Kocka, "A Mathematical Approach To Solving Rubik ' s Cube," 2005.

mendalam<sup>25</sup>. Dengan memahami grup ini, para penyelesai Rubik dapat mengidentifikasi pola-pola dalam urutan langkah-langkah penyelesaian yang lebih efisien, serta menciptakan algoritma yang dapat menyelesaikan kubus dalam waktu yang lebih singkat.

Dalam konteks geometri, Rubik's Cube bukan hanya sebuah permainan atau teka-teki, tetapi juga sebuah model yang menggambarkan berbagai prinsip transformasi yang terjadi dalam ruang tiga dimensi. Setiap langkah yang dilakukan dalam algoritma penyelesaian Rubik's Cube dapat dipahami sebagai aplikasi transformasi geometri, baik itu rotasi, refleksi, atau permutasi. Selain itu, model matematika dan teori grup juga memberikan dasar untuk memahami bagaimana setiap transformasi ini berinteraksi dan menghasilkan posisi akhir yang diinginkan. Oleh karena itu, penyelesaian Rubik's Cube tidak hanya melibatkan keterampilan praktis dalam mengingat dan menerapkan algoritma, tetapi juga melibatkan pemahaman yang lebih dalam tentang struktur geometris dan matematis yang mendasari teka-teki ini.

Dengan demikian, hubungan antara algoritma penyelesaian Rubik's Cube dan konsep-konsep transformasi geometri sangatlah kuat. Rubik's Cube bukan sekadar permainan yang menguji ketangkasan tangan, tetapi juga merupakan penerapan praktis dari konsep-konsep geometri dan matematika yang lebih luas, yang mencakup rotasi, permutasi, dan teori grup. Pemahaman yang lebih dalam tentang transformasi geometri ini tidak hanya membantu dalam menyelesaikan teka-teki Rubik dengan lebih efisien, tetapi juga memberikan wawasan yang lebih dalam mengenai

---

<sup>25</sup> Chanchal Khemani et al., *Solving Rubik's Cube Using Graph Theory* (Springer Singapore, 2020),

bagaimana struktur ruang tiga dimensi dan simetri dapat dianalisis dan dimanipulasi dalam dunia matematika.

Dalam penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Tom Davis berjudul *Teaching Mathematics With Rubik's Cube*, Rubik's Cube digunakan untuk memperkenalkan konsep matematika seperti geometri, teori graf, dan aljabar. Penelitian ini memanfaatkan Rubik's Cube sebagai alat bantu untuk memvisualisasikan konsep-konsep tersebut dalam cara yang praktis dan interaktif, sehingga siswa lebih mudah memahami prinsip-prinsip matematika<sup>26</sup>. Namun, penelitian kali ini berfokus lebih mendalam pada penerapan konsep geometri dalam algoritma Rubik's Cube 3x3. Alih-alih hanya membahas konsep dasar, penelitian ini akan mengkaji bagaimana geometri, terutama rotasi, simetri, dan transformasi ruang, diterapkan dalam algoritma penyelesaian Rubik's Cube. Fokus utama adalah bagaimana langkah-langkah algoritma berhubungan dengan prinsip-prinsip geometri ruang tiga dimensi, serta bagaimana pemahaman geometri ini dapat mempercepat penyelesaian teka-teki tersebut. Penelitian ini bertujuan memberikan wawasan lebih dalam tentang penerapan geometri dalam konteks praktis melalui Rubik's Cube 3x3.

## **B. Rumusan Masalah**

1. Bagaimana algoritma dalam menyelesaikan rubik's cube 3x3?
2. Bagaimana konsep geometri transformasi dalam algoritma penyelesaian rubik's cube 3x3?
3. Bagaimana rancangan implementasi pelatihan rubik dengan pendekatan konsep transformasi geometri?

---

<sup>26</sup> Tom Davis, "Teaching Mathematics with Rubik's Cube Tom," no. May 2014 (n.d.).

### C. Tujuan Penelitian

1. Untuk mengeksplorasi algoritma dalam menyelesaikan rubik's cube 3x3
2. Untuk mengeksplorasi konsep geometri transformasi dalam algoritma penyelesaian rubik's cube 3x3
3. Untuk menyusun rancangan implementasi pelatihan rubik dengan pendekatan konsep transformasi geometri

### D. Kegunaan Penelitian

Adapun manfaat yang akan diperoleh dari penelitian ini:

#### 1. Kegunaan Teoritis

Hasil dari penelitian ini terutama terletak pada kontribusinya dalam memperdalam pemahaman kita tentang transformasi geometri, khususnya dalam konteks rotasi dan permutasi. Rubik's Cube dapat dianggap sebagai contoh nyata penerapan teori grup dan geometri dalam ruang tiga dimensi. Dengan menganalisis algoritma penyelesaian Rubik menggunakan pendekatan ini, penelitian ini memberikan wawasan baru dalam memahami konsep-konsep geometri seperti rotasi, refleksi, dan permutasi, serta hubungan antar elemen-elemen dalam grup simetri.

Pemahaman tentang teori grup dalam konteks Rubik's Cube juga memperkaya studi matematika, khususnya dalam pengaplikasian teori grup pada sistem yang terstruktur, serta membuka peluang untuk pengembangan lebih lanjut dalam bidang matematika komputasional. Penelitian ini juga memungkinkan pengembangan lebih lanjut dalam algoritma dan pencarian solusi optimal yang didasarkan pada prinsip transformasi geometri,

memperluas pemahaman kita tentang struktur dan simetri dalam objek matematis.

## 2. Kegunaan Praktis

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan pengetahuan kepada masyarakat agar menjadi wawasan baru terkait pengenalan konsep geometri transformasi secara dekat yakni melalui permainan rubik yang sering dijumpai di jaman moderen seperti sekarang ini.



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### A. Tinjauan Penelitian Relevan

Berikut ringkasan penelitian relevan terkait dengan fokus penelitian yang dilakukan oleh peneliti, karena penelitian ini juga mengacu pada penelitian yang dilakukan sebelumnya.

1. Penelitian yang dilakukan oleh Erik, Martin, Sarah, Anna dan Andrew dengan judul penelitian “Algorithms for solving rubik's cubes”. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa penelitian membahas berbagai algoritma yang digunakan dalam penyelesaian Rubik's Cube, mulai dari metode dasar hingga algoritma yang lebih efisien dan cepat. Salah satu algoritma yang paling terkenal adalah metode CFOP (Cross, F2L, OLL, PLL), yang terdiri dari langkah-langkah berturut-turut untuk menyelesaikan kubus dengan memfokuskan pada sisi pertama (cross), dua lapisan pertama (F2L), orientasi lapisan terakhir (OLL), dan akhirnya permutasi lapisan terakhir (PLL).

Algoritma lainnya, seperti Fridrich Method, adalah variasi dari CFOP yang berfokus pada pengoptimalan setiap langkah penyelesaian. Di balik penerapan algoritma ini, terdapat konsep matematika yang penting, yaitu teori grup, yang mengklasifikasikan rotasi-rotasi dalam Rubik's Cube sebagai elemen dalam grup matematis. Setiap rotasi yang dilakukan pada Rubik's Cube adalah transformasi geometris yang dapat dianalisis menggunakan



prinsip geometri transformasi, yang memungkinkan kita untuk memahami pergerakan bagian-bagian kubus dalam ruang tiga dimensi<sup>27</sup>.

Penelitian ini memiliki kesamaan dengan penelitian yang akan dilakukan yaitu dalam membahas algoritma penyelesaian Rubik's Cube serta menggunakan pendekatan berbasis matematika untuk memahami pola dan metode penyelesaiannya. Keduanya bertujuan untuk menemukan cara yang sistematis dalam menyelesaikan Rubik's Cube dengan aturan tertentu. Namun, terdapat beberapa perbedaan mendasar antara kedua penelitian tersebut. "Algorithms for Solving Rubik's Cubes" lebih berfokus pada pengembangan dan analisis efisiensi algoritma penyelesaian secara umum, termasuk berbagai ukuran Rubik's Cube, sedangkan "Eksplorasi Konsep Geometri Transformasi dalam Algoritma Penyelesaian Rubik's Cube 3x3" secara spesifik mengkaji algoritma penyelesaian Rubik's Cube 3x3 dengan pendekatan geometri transformasi, seperti rotasi dan refleksi. Dengan demikian, meskipun keduanya membahas penyelesaian Rubik's Cube, penelitian pertama lebih menitikberatkan pada aspek komputasional dan efisiensi algoritma, sementara penelitian kedua lebih mengedepankan pemahaman matematis melalui konsep transformasi geometri.

2. Penelitian yang dilakukan oleh Lailatun Nur Kamalia Siregar dan Erlita Tiara Novedi Tambunan yang berjudul "Efektivitas Media Puzzle Rubik untuk Meningkatkan Kemampuan Berhitung Penjumlahan dan Pengurangan di Sekolah Dasar" bertujuan untuk mengeksplorasi efektivitas media puzzle Rubik dalam meningkatkan kemampuan berhitung, khususnya dalam operasi

---

<sup>27</sup> Demaine et al., "Algorithms for Solving Rubik's Cubes."

penjumlahan dan pengurangan, pada siswa sekolah dasar. Penggunaan puzzle Rubik dalam konteks ini tidak hanya berfokus pada keterampilan pemecahan masalah, tetapi juga sebagai alat yang membantu siswa memahami konsep-konsep matematika dasar dengan cara yang lebih visual dan konkret. Pada umumnya, puzzle Rubik dikenal sebagai permainan logika yang melibatkan keterampilan berpikir spasial dan analitis, namun dalam penelitian ini, tujuan utamanya adalah untuk melihat sejauh mana puzzle ini dapat berkontribusi dalam pembelajaran matematika, terutama dalam mengembangkan keterampilan berhitung siswa<sup>28</sup>.

Salah satu temuan utama dalam penelitian ini adalah bahwa penggunaan puzzle Rubik dapat meningkatkan motivasi belajar siswa. Siswa cenderung lebih tertarik dan antusias mengikuti pembelajaran matematika yang menggunakan media ini, dibandingkan dengan metode konvensional yang lebih berbasis buku teks dan latihan soal. Puzzle Rubik memberikan pengalaman belajar yang interaktif, di mana siswa tidak hanya mengandalkan hafalan atau rumus, tetapi juga diajak untuk berpikir secara aktif melalui proses manipulasi fisik puzzle. Hal ini membuat suasana pembelajaran menjadi lebih menyenangkan dan mengurangi rasa bosan yang seringkali dialami oleh siswa dalam pembelajaran matematika.

Selain itu, penelitian ini juga menemukan bahwa penggunaan puzzle Rubik efektif dalam membantu siswa memahami konsep penjumlahan dan pengurangan. Melalui puzzle ini, siswa diajak untuk memvisualisasikan angka-angka dan operasi matematika dengan cara yang lebih nyata. Sebagai

---

<sup>28</sup> Lailatun Nur et al., "Efektivitas Media Puzzle Rubik Untuk Meningkatkan Kemampuan Berhitung Penjumlahan Dan Pengurangan Di Sekolah Dasar" 13, no. 001 (2024).

contoh, siswa dapat mengaitkan setiap langkah dalam menyelesaikan puzzle dengan operasi penjumlahan atau pengurangan tertentu, sehingga mereka lebih mudah menangkap hubungan antara angka dan operasi tersebut. Puzzle Rubik membantu siswa untuk melihat matematika tidak hanya sebagai angka yang abstrak, tetapi sebagai sesuatu yang dapat dipecahkan dan dipahami melalui cara yang lebih konkret dan visual.

Selain meningkatkan pemahaman tentang penjumlahan dan pengurangan, penggunaan puzzle Rubik juga berkontribusi pada pengembangan keterampilan kognitif siswa. Proses memecahkan puzzle melibatkan banyak keterampilan berpikir, seperti perencanaan, pengorganisasian, analisis, dan evaluasi. Keterampilan-keterampilan ini penting dalam mengembangkan kemampuan berpikir kritis dan logis yang berguna tidak hanya dalam matematika, tetapi juga dalam bidang-bidang lain. Puzzle Rubik memaksa siswa untuk berfikir secara sistematis dan menemukan solusi secara bertahap, yang pada gilirannya dapat meningkatkan konsentrasi, daya ingat, dan ketelitian mereka.

Penelitian ini memiliki kesamaan dengan penelitian yang akan dilakukan yaitu dalam menjadikan Rubik's Cube sebagai objek utama penelitian serta berhubungan dengan konsep matematika. Keduanya juga bertujuan untuk meningkatkan pemahaman konsep tertentu melalui eksplorasi Rubik's Cube. Namun, terdapat perbedaan mendasar dalam pendekatan dan ruang lingkup penelitian. Penelitian ini berfokus pada aspek pendidikan dengan meneliti efektivitas Rubik's Cube sebagai media pembelajaran dalam meningkatkan kemampuan berhitung siswa sekolah dasar, khususnya dalam

penjumlahan dan pengurangan. Sementara itu, penelitian yang dilakukan lebih bersifat teoritis dan menitikberatkan pada eksplorasi konsep geometri transformasi, seperti rotasi dan refleksi, dalam algoritma penyelesaian Rubik's Cube 3x3. Selain itu, penelitian ini melibatkan siswa sekolah dasar sebagai subjek penelitian, sedangkan penelitian yang akan dilakukan lebih menekankan analisis matematis tanpa melibatkan subjek manusia tertentu. Dengan demikian, meskipun keduanya membahas Rubik's Cube dalam konteks pembelajaran, penelitian pertama lebih aplikatif dalam bidang pendidikan, sedangkan penelitian kedua lebih fokus pada kajian teori matematika.

3. Penelitian "*Eksplorasi Etnomatematika Konsep Geometri dan Bilangan dalam Permainan Gobak Sodor*" oleh Ayyidatul Imaniyah dan Ratna Zuroida bertujuan untuk mengkaji bagaimana konsep-konsep matematika, khususnya geometri dan bilangan, tercermin dalam permainan tradisional Gobak Sodor. Permainan ini, yang banyak dimainkan di Indonesia, dianggap sebagai warisan budaya yang kaya akan elemen matematika yang tidak langsung terlihat. Penelitian ini menggunakan pendekatan etnomatematika, yang menghubungkan pengetahuan matematika dengan budaya lokal, untuk menggali bagaimana elemen-elemen tersebut dapat ditemukan dan dimanfaatkan dalam kegiatan sehari-hari. Dengan demikian, penelitian ini berfokus pada bagaimana matematika diterapkan dalam konteks budaya Indonesia melalui permainan rakyat yang sudah ada sejak lama<sup>29</sup>.

---

<sup>29</sup> Ayyidatul Imaniyah and Ratna Zuroida, "Eksplorasi Etnomatematika Konsep Geometri Dan Bilangan Dalam Permainan Gobak Sodor," *Prosiding Seminar Pendidikan Matematika Dan Matematika* 2, (2020), <https://doi.org/10.21831/pspmm.v2i0.96>.

Dalam konteks geometri, permainan Gobak Sodor memperkenalkan berbagai konsep seperti bentuk, orientasi, dan posisi dalam ruang. Misalnya, pola gerakan pemain yang bergerak dalam garis lurus atau menghindari area tertentu dalam permainan, serta pengaturan posisi pemain yang saling berhadapan dan bergerak secara strategis. Hal ini mengandung konsep-konsep dasar geometri yang sering diajarkan dalam pembelajaran matematika formal, namun dalam penelitian ini, konsep-konsep tersebut ditemukan dalam praktik budaya lokal yang penuh makna. Selain itu, pengaturan ruang dan gerakan dalam permainan juga mencerminkan hubungan antara titik, garis, dan area yang dapat diinterpretasikan dalam kajian geometri.

Selain konsep geometri, penelitian ini juga menyoroti aspek bilangan dalam permainan Gobak Sodor. Dalam permainan ini, bilangan terlibat dalam penghitungan jumlah pemain, jumlah langkah yang ditempuh, dan pengaturan giliran dalam setiap fase permainan. Pemain juga perlu menghitung strategi tertentu berdasarkan jumlah langkah atau posisi lawan. Elemen-elemen ini menunjukkan bagaimana konsep bilangan digunakan secara praktis dalam konteks sosial dan budaya. Penelitian ini tidak hanya memberikan wawasan tentang penerapan matematika dalam budaya Indonesia, tetapi juga membuka peluang untuk mengintegrasikan permainan tradisional dalam pembelajaran matematika di sekolah, yang dapat membantu siswa untuk lebih mudah memahami konsep-konsep matematika melalui pengalaman langsung dan relevansi budaya mereka.

Penelitian ini memiliki kesamaan dengan penelitian yang akan dilakukan yaitu dalam pendekatan berbasis matematika, khususnya dalam

mengkaji konsep geometri dalam suatu aktivitas atau permainan. Keduanya juga menggunakan metode eksplorasi untuk mengidentifikasi pola matematis yang tersembunyi dalam objek atau aktivitas yang diteliti. Namun, terdapat perbedaan dalam ruang lingkup dan fokus penelitian. Penelitian ini menitikberatkan pada aspek etnomatematika, yaitu bagaimana konsep geometri dan bilangan muncul dalam permainan tradisional Gobak Sodor, serta keterkaitannya dengan budaya dan aktivitas masyarakat. Sebaliknya, penelitian yang akan dilakukan lebih berfokus pada konsep geometri transformasi, seperti rotasi dan refleksi, yang diterapkan dalam algoritma penyelesaian Rubik's Cube 3x3. Selain itu, penelitian pertama berakar pada budaya dan aktivitas sosial, sedangkan penelitian kedua lebih bersifat teoritis dengan mengkaji permainan berbasis logika. Dengan demikian, meskipun keduanya mengeksplorasi konsep geometri dalam permainan, pendekatan dan fokus kajian yang digunakan berbeda.

4. Penelitian yang dilakukan oleh Aisyi Nilna Aulia dengan judul "Eksplorasi Bangun Datar dan Transformasi Geometri pada Motif Batik Pamiluto Ceplokan Gresik" bertujuan untuk mengeksplorasi hubungan antara seni batik tradisional, khususnya motif batik Pamiluto Ceplokan khas Gresik, dengan konsep-konsep geometri<sup>30</sup>. Dalam penelitian ini, Aisyi melakukan analisis terhadap elemen-elemen geometris yang terkandung dalam motif batik tersebut, seperti bangun datar (misalnya segitiga, lingkaran, dan persegi) serta penerapan transformasi geometri seperti rotasi, refleksi, dan translasi. Pendekatan yang digunakan adalah deskriptif kualitatif dengan memeriksa

---

<sup>30</sup> Aisyi N Aulia, "Eksplorasi Bangun Datar Dan Transformasi Geometri Pada Motif Batik Pamiluto Ceplokan Gresik," 2021.

pola-pola geometris dalam motif batik, baik yang sederhana maupun kompleks, serta bagaimana bentuk-bentuk tersebut disusun untuk membentuk desain yang teratur dan simetris.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa motif batik Pamiluto Ceplokan Gresik mengandung banyak bentuk geometris yang saling terhubung melalui prinsip-prinsip transformasi geometri. Pola-pola batik yang ada tidak hanya terbuat dari pengulangan sederhana, tetapi juga menggunakan rotasi (putar), translasi (geser), dan refleksi (pantul) untuk menciptakan desain yang simetris dan harmonis. Pola-pola ini menggambarkan keterampilan tinggi dalam menyusun desain dengan memanfaatkan prinsip-prinsip matematika, yang memberikan keindahan dan keseimbangan visual pada setiap motif. Sebagai contoh, motif-motif batik yang terlihat sederhana di permukaan, setelah dianalisis, mengandung elemen-elemen geometri yang cukup kompleks, yang dapat diuraikan melalui konsep-konsep dasar dalam geometri.

Penelitian ini memiliki kesamaan dengan penelitian yang akan dilakukan yaitu dalam pendekatan berbasis matematika, khususnya dalam mengkaji transformasi geometri seperti rotasi, refleksi, translasi, dan dilatasi. Keduanya menggunakan metode eksploratif untuk menganalisis pola matematis dalam objek yang dikaji. Namun, terdapat perbedaan mendasar dalam ruang lingkup dan fokus penelitian. Penelitian ini menitikberatkan pada penerapan konsep bangun datar dan transformasi geometri dalam motif batik Pamiluto Ceplokan Gresik sebagai bagian dari seni dan budaya tradisional. Sebaliknya, penelitian yang akan dilakukan lebih berfokus pada penerapan transformasi geometri dalam algoritma penyelesaian Rubik's Cube 3x3,



dengan menyoroti prinsip rotasi dan refleksi dalam konteks permainan logis. Dengan demikian, meskipun keduanya sama-sama mengeksplorasi konsep transformasi geometri, penelitian pertama lebih berorientasi pada aspek seni dan budaya, sedangkan penelitian kedua lebih teknis dan berkaitan dengan algoritma penyelesaian dalam permainan berbasis logika.

5. Penelitian *Teaching Mathematics with Rubik's Cube* oleh Tom Davis mengkaji penggunaan Rubik's Cube sebagai alat bantu dalam mengajarkan konsep-konsep matematika. Dalam studi ini, Rubik's Cube digunakan untuk memperkenalkan berbagai topik matematika, seperti geometri, aljabar, dan teori grup. Tujuan utama penelitian ini adalah untuk menunjukkan bagaimana Rubik's Cube, yang pada dasarnya adalah sebuah permainan teka-teki, dapat mempermudah pemahaman konsep-konsep matematika yang abstrak dan seringkali sulit dipahami oleh siswa. Dengan memanfaatkan Rubik's Cube, siswa dapat lebih memahami geometri ruang melalui simetri dan rotasi, serta mengenal konsep aljabar dan teori grup yang lebih kompleks, seperti hubungan antar elemen dalam suatu sistem yang dapat dipahami melalui operasi grup.

Metode pengajaran yang diusulkan oleh Davis melibatkan penggunaan Rubik's Cube dalam konteks pemecahan masalah yang terstruktur, di mana siswa diajak untuk berpikir analitis dan mengembangkan keterampilan pemecahan masalah secara bertahap. Penggunaan alat ini diharapkan dapat meningkatkan minat siswa terhadap matematika, karena Rubik's Cube bukan hanya sekadar alat permainan, melainkan juga sarana belajar yang menyenangkan dan interaktif. Selain itu, penelitian ini menunjukkan bahwa



pembelajaran matematika yang berbasis pada konteks nyata dan visual ini dapat membantu siswa lebih mudah mengerti konsep-konsep yang selama ini dianggap abstrak. Secara keseluruhan, penelitian ini menyarankan agar Rubik's Cube lebih banyak digunakan dalam pendidikan matematika, mengingat manfaatnya yang besar dalam meningkatkan pemahaman konsep matematika, keterampilan berpikir logis, dan kreativitas siswa<sup>31</sup>.

Penelitian ini memiliki kesamaan dengan penelitian yang akan dilakukan yaitu dalam menjadikan Rubik's Cube sebagai objek utama serta mengeksplorasi konsep matematika di dalamnya, terutama dalam aspek geometri seperti rotasi dan refleksi. Namun, terdapat perbedaan dalam pendekatan dan tujuan penelitian. Penelitian ini berfokus pada pemanfaatan Rubik's Cube sebagai alat bantu dalam pembelajaran matematika, dengan mengaitkannya pada berbagai konsep seperti aritmetika, aljabar, dan geometri. Sebaliknya, penelitian yang akan dilakukan lebih menitikberatkan pada kajian teoritis mengenai transformasi geometri dalam algoritma penyelesaian Rubik's Cube, tanpa menyoroti aspek pengajaran. Dengan demikian, meskipun kedua penelitian sama-sama membahas matematika dalam Rubik's Cube, penelitian pertama lebih berorientasi pada pendidikan dan pembelajaran, sementara penelitian kedua lebih bersifat analisis matematis terhadap algoritma penyelesaian.

6. Penelitian berjudul "Analisis Pemahaman Konsep Geometri Transformasi dalam Penerapan Etnomatematika Budaya Batik Tulis Tanjung Bumi" yang dilakukan oleh Id Srifatun Kholifah, R.A. Rica Wijayanti, dan Ria Faulina

---

<sup>31</sup> Davis, "Teaching Mathematics with Rubik's Cube Tom."

bertujuan untuk mengkaji pemahaman dan penerapan konsep-konsep geometri transformasi dalam pembuatan motif batik tulis Tanjung Bumi yang merupakan bagian dari budaya batik tradisional Indonesia. Penelitian ini mengangkat pendekatan etnomatematika, yang menghubungkan antara budaya lokal, seni, dan matematika, dengan fokus pada bagaimana prinsip-prinsip geometri transformasi seperti rotasi, refleksi, dan translasi diterapkan secara praktis dalam pembuatan batik tulis di Tanjung Bumi, sebuah daerah yang terkenal dengan produksi batik tulisnya<sup>32</sup>.

Melalui penelitian ini, peneliti menganalisis pola-pola geometris yang ada dalam motif batik Tanjung Bumi dan bagaimana perajin batik menggunakan transformasi geometri dalam merancang motif-motif yang simetris dan estetis. Dalam proses pembuatan batik, meskipun para perajin mungkin tidak memiliki pengetahuan matematika formal, mereka secara intuitif menerapkan prinsip-prinsip geometri transformasi untuk menciptakan pola yang memiliki keseimbangan visual. Teknik-teknik seperti rotasi (putar), refleksi (pantul), dan translasi (geser) digunakan dalam pengulangan motif dan simetri desain yang menjadi ciri khas batik Tanjung Bumi.

Penelitian ini juga mengungkapkan bahwa pemahaman konsep geometri transformasi dalam konteks budaya batik tulis Tanjung Bumi tidak hanya terbatas pada aspek praktis, tetapi juga mencerminkan cara perajin batik memahami dan menghargai keteraturan, keseimbangan, dan simetri dalam seni mereka. Para perajin batik Tanjung Bumi, meskipun tidak mempelajari

---

<sup>32</sup> Nurul Khikmah and Fadya Putri Sabrina, "Etnomatematika, Dalam Motif Batik Jlamprang Kota Pekalongan Sebagai Penerapan Konsep Geometri Transformasi," *Seminar Nasional Pendidikan Matematika* 2, no. 1 (2021).

geometri dalam bentuk teori yang formal, sudah mengaplikasikan prinsip-prinsip tersebut dalam karya seni mereka, yang menunjukkan hubungan erat antara budaya dan ilmu pengetahuan. Peneliti menemukan bahwa pola-pola yang tercipta melalui teknik transformasi geometri ini sangat mempengaruhi desain dan keindahan batik, yang memiliki nilai estetika tinggi serta kedalaman filosofis dalam konteks budaya lokal.

Penelitian ini memiliki kesamaan dengan penelitian yang akan dilakukan yaitu dalam membahas konsep geometri transformasi, seperti rotasi, refleksi, translasi, dan dilatasi, serta menggunakan pendekatan eksploratif dalam menganalisis bagaimana transformasi geometri diterapkan dalam suatu sistem atau pola tertentu. Namun, terdapat perbedaan dalam ruang lingkup dan fokus penelitian. Penelitian ini lebih menitikberatkan pada hubungan antara matematika dan budaya, khususnya dalam batik Tanjung Bumi sebagai bagian dari etnomatematika, dengan tujuan memahami penerapan transformasi geometri dalam motif batik sebagai warisan budaya. Sebaliknya, penelitian yang akan dilakukan berfokus pada aspek matematis dan algoritmis dalam penyelesaian Rubik's Cube 3x3, dengan mengeksplorasi bagaimana prinsip transformasi geometri diterapkan dalam algoritma penyelesaian. Dengan demikian, meskipun kedua penelitian sama-sama mengkaji transformasi geometri, penelitian ini lebih mengarah pada kajian etnomatematika dalam seni dan budaya, sementara penelitian yang akan dilakukan lebih bersifat teknis dan matematis dalam konteks permainan logis.

## B. Tinjauan Teori

### 1. Teori Konsep Matematika

Matematika adalah suatu sarana menemukan jawaban terhadap masalah yang dihadapi manusia, suatu cara menggunakan informasi, menggunakan pengetahuan tentang menghitung, dan yang paling penting adalah memikirkan dalam diri manusia itu sendiri untuk melihat dan menggunakan hubungan-hubungan. Kemampuan matematis adalah kemampuan untuk menghadapi masalah-masalah baik dalam permasalahan matematika maupun kehidupan nyata. Lima kemampuan matematis yang harus dimiliki siswa yaitu:

- a. belajar untuk berkomunikasi (mathematical communication);
- b. belajar untuk bernalar (mathematical reasoning);
- c. belajar untuk memecahkan masalah (mathematical problem solving);
- d. belajar untuk mengaitkan ide (mathematical connection);
- e. belajar untuk merepresentasikan ide-ide (mathematical representation).

Tujuan pembelajaran matematika di sekolah adalah agar siswa mampu: memahami konsep matematika, menjelaskan keterkaitan antar konsep; menggunakan penalaran pada pola dan sifat, melakukan manipulasi matematika dalam membuat generalisasi, menyusun bukti, atau menjelaskan gagasan dan pernyataan matematika; memecahkan masalah matematis; mengkomunikasikan gagasan dengan simbol, tabel, diagram, atau media lain untuk memperjelas keadaan atau masalah; memiliki sikap menghargai kegunaan matematika dalam kehidupan .

Pembelajaran matematika di Indonesia selama ini hanya berpusat pada guru, banyak guru dalam kegiatan belajar mengajar di kelas kurang

menekankan pada aspek kemampuan siswa dalam menemukan kembali konsep-konsep dan struktur-struktur matematika berdasar pengalaman siswa sendiri dan menurut pemahaman mereka. Pembelajaran matematika di Indonesia bersifat behavioristik dengan penekanan transfer pengetahuan dan hukum latihan. Guru mendominasi kelas dan menjadi sumber utama pengetahuan, kurang memperhatikan aktifitas siswa, interaksi siswa, dan konstruksi pengetahuan.

Belajar matematika dengan pemahaman yang mendalam dan bermakna akan membawa siswa merasakan manfaat matematika dalam kehidupan sehari-hari. Pemahaman konsep merupakan tipe hasil belajar yang lebih tinggi dari pada pengetahuan. Misalnya dapat menjelaskan dengan susunan kalimatnya sendiri sesuatu yang dibaca atau didengarnya, memberikan contoh lain dari yang telah dicontohkan, atau menggunakan petunjuk penerapan pada kasus lain. Matematika tidak ada artinya kalau hanya dihafalkan. Kenyataan dilapangan banyak siswa hanya mampu menghafal konsep tanpa mampu menggunakannya dalam pemecahan masalah. Hal tersebut sejalan dengan pendapat Trianto yang menyatakan bahwa : Kenyataan dilapangan siswa hanya menghafal konsep dan kurang mampu menggunakan konsep tersebut jika menemui masalah dalam kehidupan nyata yang berhubungan dengan konsep yang dimiliki. Lebih jauh lagi bahkan siswa kurang mampu menentukan masalah dan merumuskannya. Berbicara mengenai proses pembelajaran dan pengajaran yang sering membuat kita kecewa, apalagi dikaitkan dengan pemahaman siswa terhadap materi ajar. Indikator pemahaman konsep dalam penelitian ini adalah 1) menyatakan ulang

sebuah konsep, 2) memberi contoh dan bukan contoh, 3) mengaplikasikan konsep ke pemecahan masalah.

Pada konsep geometri, siswa tidak hanya dituntut untuk bisa membedakan bangun-bangun tersebut, tapi juga mengetahui keterkaitan antar konsep-konsep geometri melalui pemahaman mereka. Siswa harus memiliki kemampuan pemahaman konsep tersebut agar siswa dapat mengaplikasikan konsep secara tepat dan efisien dalam proses pembelajaran matematika.

Jika diibaratkan konsep-konsep merupakan batu-batu pembangunan dalam berpikir”. Akan sangat sulit bagi siswa untuk menuju ke proses pembelajaran yang lebih tinggi jika belum memahami konsep. Oleh karena itu, kemampuan pemahaman konsep matematis adalah salah satu tujuan penting dalam pembelajaran matematika.

## **2. Teori permainan**

Permainan merupakan suatu bentuk kegiatan yang dilakukan oleh seseorang atau sekelompok orang dengan tujuan utama untuk memperoleh kesenangan, menciptakan hiburan, serta mengisi waktu luang secara lebih bermakna. Dalam pelaksanaannya, permainan dapat memiliki aturan tertentu yang harus diikuti agar tercipta keteraturan dan tantangan, namun ada juga permainan yang berlangsung secara bebas tanpa aturan baku sehingga memberikan kebebasan penuh kepada pemainnya. Selain sebagai sarana hiburan, permainan sering kali juga menjadi media interaksi sosial, melatih kerja sama.

Teori permainan merupakan sebuah teori yang bertujuan untuk membantu memahami situasi dimana pengambil keputusan berinteraksi. Teori permainan

juga didefinisikan sebagai analisis umum mengenai strategi interaksi. Teori permainan berfokus pada penentuan strategi optimal dimana setiap pengambil keputusan mengambil keputusan secara rasional dan berusaha saling membaca strategi lawan. Teori permainan sebagai studi tentang model matematika dari konflik dan kooperasi pengambil keputusan yang rasional dan intelektual. Sehingga, teori permainan merupakan studi mengenai pengambilan keputusan yang bertujuan menentukan strategi optimal.

Secara lebih rinci konsep inti teori permainan sebagai berikut:

1. Permainan dan Pemain Objek studi teori permainan adalah permainan itu sendiri. Permainan merupakan model formal dari sebuah situasi interaktif dimana terdapat setidaknya satu pemain dapat memaksimalkan pemanfaatannya sebagai respon dari tindakan pemain lain. Sebuah permainan umumnya dimainkan oleh dua atau lebih pemain, tetapi beberapa memerlukan satu pemain saja (permainan pengambilan keputusan). Definisi formal suatu permainan mencakup informasi tentang pemain, strategi yang tersedia, dan hasil outputnya (payoff)
2. Rasionalitas Dalam studi teori permainan, diasumsikan bahwa pemain adalah 'rasional' artinya pemain memiliki preferensi dan tepat. Jika diterapkan dalam suatu masalah, asumsi ini bisa saja menjadikan permainan berbeda dengan realita yang ada.
3. Hasil Dalam sebuah permainan payoff merupakan angka yang menggambarkan 'motivasi' pemain. Payoff dapat berupa keuntungan maupun menyatakan hitungan kemenangan dan kekalahan.

4. Strategi Strategi merupakan rangkaian gerakan yang pemain akan ikuti selama permainan.

Permainan banyak dipakai dalam beberapa ilmu pembelajaran contohnya seperti matematika, dalam permainan ada beberapa yang bisa dijadikan sebagai aktivitas matematika, beberapa contoh permainan yang dimaksud adalah

- a. Rubik
- b. Catur
- c. Ludo
- d. Ular tangga

### 3. Teori algoritma dalam pembelajaran matematika dan permainan rubik

Algoritma diambil dari kata Al-Kwarizmi yang kemudian berubah menjadi algorism, yang selanjutnya menjadi algorithm, dan berdasarkan catatan sejarah pencetus algoritma pertama kali adalah seorang ahli matematika dan astronomi bernama Abu Ja'far Muhammad Ibnu Musa Al-Kwarijmi yang berasal dari Persia, hal ini dibuktikan dalam buku yang di tulisnya di mana terdapat penjelasan langkah dalam menyelesaikan berbagai persoalan aritmatika<sup>33</sup>.

Algoritma merupakan ilmu pengetahuan dasar yang sangat penting bagi seorang programmer dalam menyelesaikan suatu permasalahan secara rinci dan terstruktur dengan cara menganalisa permasalahan terlebih dahulu kemudian menyusunnya ke dalam algoritma, kemudian algoritma yang sudah disusun dituangkan ke dalam bentuk program, setelah itu program yang sudah jadi di

---

<sup>33</sup> inayah inayatul purbasari wika, iqbal taufik, "Algoritma Pemrograman," 2016.



eksekusi dan diuji untuk bisa menghasilkan output dari permasalahan yang dihadapi. Dari penjelasan tersebut terdapat beberapa definisi dari algoritma yaitu didalam Al-qur'an Allah SWT menerangkan terkait langkah langkah yang harus dilakukan dengan teliti yaitu dalam Al-qur'an surah Al-hasyr ayat 18:

يَا أَيُّهَا الَّذِينَ آمَنُوا اتَّقُوا اللَّهَ وَلْتَنْظُرْ نَفْسٌ مَّا قَدَّمَتْ لِغَدٍ وَاتَّقُوا اللَّهَ ۚ إِنَّ اللَّهَ خَبِيرٌ بِمَا تَعْمَلُونَ

Terjemahnya:

Wahai orang-orang yang beriman, bertakwalah kepada Allah dan hendaklah setiap orang memperhatikan apa yang telah diperbuatnya untuk hari esok (akhirat). Bertakwalah kepada Allah. Sesungguhnya Allah Maha Teliti terhadap apa yang kamu kerjakan.<sup>34</sup>

Ayat ini menjelaskan bahwasanya segala langkah langkah dalam kehidupan harusnya dilakukan dengan ketelitian dikarenakan segala bentuk perbuatan memiliki pertanggungjawaban sehingga peneliti mengambil landasan ayat ini dalam penelitian.

Algoritma dalam pembelajaran matematika adalah konsep yang melibatkan penggunaan langkah-langkah terstruktur dan logis untuk mengajarkan dan memahami konsep matematika kepada siswa. Berikut adalah penjelasan lebih rinci tentang pengertian algoritma dalam pembelajaran matematika<sup>35</sup>:

- a. Langkah-Langkah Terstruktur: Suatu algoritma terdiri dari urutan langkahlangkah yang terstruktur dan eksplisit untuk menyelesaikan tugas atau

<sup>34</sup> Departemen Agama RI, "Al-Qur'an dan Terjemahannya.

<sup>35</sup> Dea Putri Ananda Mahela and Yahfizham, "Peran Algoritma Pemrograman Dalam Pembelajaran Matematika Bagi Mahasiswa Pendidikan Matematika," *Jurnal Arjuna: Publikasi Ilmu Pendidikan, Bahasa Dan Matematika* 1, no. 6 (2023).

masalah matematika. Ini adalah panduan yang memandu siswa melalui proses pemecahan masalah matematika.

- b. Pemahaman Konsep Matematika: Algoritma digunakan untuk menguraikan dan mengilustrasikan cara pemahaman konsep matematika tertentu bekerja. Misalnya, cara menghitung luas segitiga atau cara menyelesaikan persamaan linear.
- c. Pemodelan Matematika: Algoritma memungkinkan siswa untuk memodelkan situasi matematika dalam bentuk langkah-langkah yang dapat diikuti. Ini berguna dalam pemecahan masalah matematika di dunia nyata.
- d. Pembelajaran berpusat pada masalah: Algoritma membantu siswa mengembangkan keterampilan pemecahan masalah matematika dengan menekankan proses berpikir logis dan analitis dalam menyelesaikan tugas matematika.
- e. Meningkatkan kemampuan berpikir kritis: Algoritma dapat membantu siswa mengasah kemampuan berpikir kritis karena perlu merinci langkah-langkah secara akurat dan mengidentifikasi solusi yang tepat.

Penggunaan algoritma dalam pengajaran matematika bertujuan untuk menyederhanakan konsep matematika, membuatnya lebih mudah dipahami, dan membantu siswa menyerap proses matematika dengan lebih baik. Ini adalah pendekatan yang berfokus pada pemahaman konsep matematika melalui pemodelan dan pemecahan masalah terstruktur.

Algoritma merupakan pola pikir yang terstruktur yang berisi tahap-tahap penyelesaian masalah; dapat disajikan dalam dua teknik, yaitu teknik tulisan dan gambar. Lebih jauh menurut Sutedjo Penyajian algoritma dalam bentuk

tulisan biasanya menggunakan metode structure english (berbentuk teks kalimat biasa), dan pseudocode (berbentuk teks kalimat bahasa pemrograman), sedangkan penyajian algoritma dengan teknik gambar biasanya menggunakan metode structure chart (berbentuk bagan terstruktur), hierarchy plus input-process-output (berbentuk bagan struktur bertingkat), flowchart (berbentuk simbol-simbol tahap pemecahan masalah), dan Nassi Schneiderman chart (berbentuk simbol anak panah proses).”. Dengan demikian dapat dikatakan penulisan algoritma dalam ilmu pemrograman adalah spesifik dan mengikuti pola-pola tertentu. Algoritma juga muncul sebagai solusi untuk permainan agar mempermudah mengenali, memainkan dan menyelesaikan sebuah permainan diantaranya permainan rubik yang memiliki algoritma atau langkah langkah penyelesaian yang terstruktur.

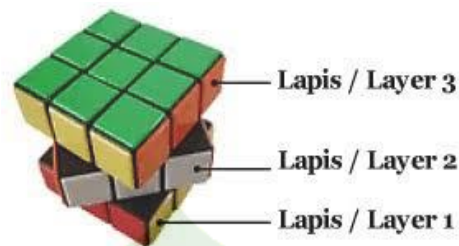
Gambar 2.1 Anak Anak Memainkan Rubik



Menyelesaikan Rubik 3x3 bisa tampak sulit pada awalnya, tetapi dengan mengikuti serangkaian langkah tertentu, prosesnya menjadi lebih sistematis dan mudah dipahami. Berikut adalah langkah-langkah dasar untuk menyelesaikan Rubik 3x3 menggunakan metode yang umum dikenal sebagai Metode Layer-by-Layer (LBL)<sup>36</sup>.

---

<sup>36</sup> Wicaksono Adi, *Rubik Gede Siapa Takut* (Yogyakarta: Gradien Mediatama, 2010).



Gambar 2.2 Lapisan Rubik

### 1. Menyelesaikan Lapisan Pertama (Cross)

Tahap pertama adalah menyelesaikan bagian cross pada lapisan pertama (biasanya lapisan bawah, tetapi bisa juga di atas). Tujuan dari tahap ini adalah untuk membuat bentuk salib (cross) di lapisan pertama dengan warna yang sesuai di setiap sisi.

Langkah-langkah:

- a. Pilih warna yang akan menjadi warna dasar (misalnya putih).
- b. Tempatkan 4 edge pieces (potongan tepi) yang sesuai dengan warna tengah (center pieces) pada sisi-sisi yang bersentuhan.
- c. Pastikan setiap edge piece (potongan tepi) tidak hanya berada di bawah warna yang tepat, tetapi juga sejajar dengan warna tengah pada sisi yang bersinggungan.

Contoh Jika kamu mulai dengan warna putih, buat cross putih dengan menempatkan 4 potongan tepi putih di lapisan bawah, sementara memastikan bahwa potongan tersebut juga menyelaraskan diri dengan warna pusat dari sisi yang bersangkutan (misalnya, putih-biru-merah).

## 2. Menyelesaikan Sudut Lapisan Pertama

Setelah cross lapisan pertama selesai, tahap berikutnya adalah menempatkan potongan sudut lapisan pertama di posisi yang tepat.

Langkah-langkah:

- a. Cari potongan sudut yang memiliki warna yang sesuai dengan lapisan bawah.
- b. Tempatkan potongan sudut tersebut ke posisi yang benar menggunakan algoritma dasar (misalnya, algoritma untuk memutar sudut dari posisi yang salah ke posisi yang benar).
- c. Pastikan potongan sudut tidak hanya berada di lapisan bawah, tetapi juga menyelaraskan dengan dua warna lainnya (misalnya, putih-merah-hijau).

## 3. Menyelesaikan Lapisan Kedua

Setelah lapisan pertama selesai, tahap berikutnya adalah menyelesaikan lapisan kedua, yaitu lapisan tengah.

Langkah-langkah:

- a. Temukan potongan edge yang berada di lapisan kedua (lapisan tengah).
- b. Gunakan algoritma untuk memindahkan potongan edge tersebut dari lapisan atas ke lapisan tengah tanpa mengganggu lapisan pertama yang sudah selesai.
- c. Potongan edge yang tepat harus sesuai dengan warna tengah pada sisi-sisi yang bersangkutan.

## 4. Menyelesaikan Lapisan Ketiga (Cross)

Setelah lapisan kedua selesai, lanjutkan dengan membuat cross pada lapisan ketiga. Biasanya, lapisan ketiga adalah lapisan atas, dan kita mulai dengan membuat cross lagi di lapisan ini.

Langkah-langkah :

- a. Periksa apakah ada potongan edge yang sudah berada di posisi yang benar. Jika tidak, gunakan algoritma untuk memindahkan potongan edge tersebut ke posisi yang tepat.
- b. Gunakan algoritma tertentu untuk membuat cross di lapisan atas (misalnya, algoritma yang digunakan untuk memutar potongan edge ke tempat yang benar).

#### 5. Menyelesaikan Sudut Lapisan Ketiga

Setelah cross lapisan ketiga terbentuk, selanjutnya kita harus menempatkan sudut lapisan ketiga ke posisi yang benar.

Langkah-langkah :

- a. Pastikan potongan sudut berada di posisi yang tepat di lapisan atas (meskipun belum orientasi yang benar).
- b. Gunakan algoritma untuk memindahkan sudut-sudut tersebut ke posisi yang benar (biasanya ada algoritma untuk memutar sudut-sudut yang salah menjadi benar).

#### 6. Orientasi Sudut Lapisan Ketiga

Setelah semua sudut berada di posisi yang benar, tahap terakhir adalah mengorientasikan sudut-sudut tersebut sehingga semua warna di lapisan atas sama.

Langkah-langkah :

- a. Gunakan algoritma untuk memutar sudut lapisan atas sehingga warna atas (misalnya, kuning) menjadi seragam di seluruh lapisan atas.
- b. Pastikan potongan sudut diputar 120 derajat sesuai kebutuhan agar warna atas sesuai.

Setelah tahap-tahap di atas selesai, Rubik 3x3 akan terpecahkan. Setiap sisi akan memiliki warna yang seragam di tengah dan potongan-potongan yang tersusun rapih.

### C. Kerangka Konseptual

#### 1. Eksplorasi Konsep Geometri Transformasi

Geometri transformasi adalah cabang matematika yang mempelajari perubahan posisi dan orientasi objek dalam ruang. Dalam konteks Rubik's Cube, kita menggunakan transformasi geometris untuk mengubah posisi potongan-potongan kecil kubus dari keadaan acak menjadi susunan yang benar. Ada beberapa jenis transformasi geometri yang digunakan dalam penyelesaian Rubik's Cube:

##### a. Rotasi

Rotasi adalah perubahan posisi objek di sekitar titik atau sumbu tertentu tanpa mengubah bentuk objek itu sendiri. Dalam Rubik's Cube, setiap putaran lapisan bisa dianggap sebagai rotasi objek tersebut di ruang tiga dimensi. Misalnya, ketika kita memutar lapisan depan, potongan-potongan pada lapisan itu akan berputar mengelilingi sumbu yang melalui bagian tengah kubus.

##### b. Translasi

Translasi adalah pergerakan objek dalam ruang tanpa mengubah

orientasi atau bentuk objek tersebut. Dalam Rubik's Cube, translasi dapat dilihat sebagai perpindahan posisi potongan-potongan sudut dan tepi ke posisi yang benar. Ketika potongan-potongan tersebut dipindahkan, mereka tetap dalam orientasi yang sama.

c. Refleksi

Refleksi adalah perubahan bentuk objek dengan membaliknyanya terhadap bidang tertentu. Meskipun refleksi tidak sering digunakan dalam banyak algoritma Rubik's Cube, prinsip ini dapat digunakan dalam konteks rotasi tertentu yang mengarah pada pembalikan posisi potongan-potongan kubus.

Pentingnya Geometri dalam Penyelesaian Rubik's Cube  
 Dalam penyelesaian Rubik's Cube, setiap langkah yang diambil untuk memutar lapisan atau memindahkan potongan pada kubus merupakan transformasi geometris. Misalnya, saat kita menggerakkan lapisan atas, kita memutar potongan-potongan di dalamnya menggunakan rotasi. Hal ini memungkinkan kita untuk memindahkan potongan-potongan kubus dengan cara yang terorganisir hingga mencapai susunan warna yang benar pada setiap sisi kubus.

## 2. Rubik's Cube dan Transformasi Geometris

a. Struktur Rubik's Cube Rubik's Cube 3x3 terdiri dari 27 potongan kecil yang terbagi menjadi tiga jenis utama:

1. Pusat (Center pieces): Ada 6 pusat pada Rubik's Cube (satu di setiap sisi kubus). Pusat ini tidak bergerak dan menunjukkan warna dari sisi kubus tersebut.



2. Tepi (Edge pieces): Ada 12 potongan tepi yang masing-masing memiliki dua warna dan berada di antara dua pusat.
  3. Sudut (Corner pieces): Ada 8 potongan sudut yang memiliki tiga warna dan terletak di sudut-sudut kubus.
- b. Transformasi dalam Rubik's Cube terbagi atas 2 hal utama yaitu:
1. Rotasi Lapisan Setiap lapisan pada Rubik's Cube bisa diputar 90 derajat, 180 derajat, atau 270 derajat. Ketika lapisan diputar, posisi potongan-potongan yang ada dalam lapisan tersebut akan berubah. Proses rotasi ini adalah contoh penerapan transformasi geometri, yang mengubah posisi potongan-potongan kubus dalam ruang tiga dimensi.
  2. Translasi Lapisan Potongan-potongan tepi dan sudut pada Rubik's Cube dapat dipindahkan dari satu posisi ke posisi lainnya. Misalnya, untuk menyelesaikan satu lapisan, kita perlu memindahkan potongan tepi dari posisi acak ke posisi yang benar, yaitu di antara dua pusat. Proses ini adalah bentuk translasi geometris.
- 3. Algoritma Penyelesaian Rubik's Cube**
- a. Algoritma adalah langkah-langkah atau prosedur yang digunakan untuk memecahkan masalah. Dalam konteks Rubik's Cube, algoritma adalah urutan perintah untuk memutar lapisan-lapisan kubus untuk mengembalikan susunan warna kubus ke keadaan yang teratur, dengan setiap sisi memiliki satu warna.
  - b. Metode Layer-by-Layer (LBL) Salah satu metode yang paling umum digunakan untuk menyelesaikan Rubik's Cube adalah Layer-by-Layer (LBL), di mana penyelesaian dilakukan dengan menyelesaikan lapisan

pertama (lapisan bawah), lapisan kedua (lapisan tengah), dan lapisan ketiga (lapisan atas) secara bertahap. Pada setiap lapisan, kita melakukan serangkaian rotasi dan translasi untuk mengubah posisi potongan-potongan dengan cara yang sistematis.

Transformasi dalam LBL Setiap langkah dalam metode Layer-by-Layer memanfaatkan rotasi untuk mengatur posisi potongan di lapisan yang sedang diselesaikan. Misalnya, saat menyelesaikan lapisan pertama, kita memutar lapisan bawah untuk menyusun potongan-potongan sudut dan tepi dengan benar.

c. Teori Grup dalam Penyelesaian Rubik's Cube

Penyelesaian Rubik's Cube juga dapat dianalisis menggunakan teori grup, yang merupakan konsep matematika yang mempelajari simetri dan struktur objek. Setiap langkah dalam algoritma Rubik's Cube adalah rotasi atau transformasi geometris yang dapat dijelaskan dalam kerangka teori grup. Teori grup membantu kita memahami bagaimana berbagai rotasi dan transformasi dapat dilakukan untuk mencapai tujuan penyelesaian kubus.

#### 4. Penerapan Geometri dalam Algoritma Penyelesaian

Rotasi dan Translasi dalam Algoritma Setiap langkah dalam algoritma penyelesaian Rubik's Cube mengandung rotasi dan translasi sebagai bagian dari proses:

a. Rotasi

Sebagai contoh, memutar lapisan atas (U) atau lapisan bawah (D) adalah operasi rotasi. Rotasi ini mempengaruhi posisi potongan-potongan tepi dan sudut di lapisan tersebut.

b. Translasi

Potongan-potongan seperti potongan sudut atau tepi dipindahkan dari posisi acak ke posisi yang benar dalam setiap lapisan. Misalnya, dalam algoritma penyelesaian lapisan tengah, kita memindahkan potongan tepi ke posisi yang tepat melalui translasi.

Dalam penyelesaian Rubik's Cube, efisiensi algoritma sangat penting untuk mengurangi jumlah langkah yang diperlukan. Dengan memahami transformasi geometris yang terlibat dalam algoritma, kita bisa merancang algoritma yang lebih efisien. Sebagai contoh, algoritma Fridrich yang lebih kompleks memungkinkan penyelesaian kubus dalam waktu yang lebih singkat dibandingkan dengan metode Layer-by-Layer biasa, karena algoritma ini lebih terfokus pada efisiensi pergerakan potongan-potongan.

## 5. Simetri dan Grup dalam Geometri Transformasi Rubik's Cube

a. Simetri Rubik's Cube

Rubik's Cube memiliki simetri tertentu, yang berarti ada cara-cara untuk memutar kubus tanpa mengubah bentuk keseluruhan. Misalnya, rotasi seluruh kubus 90 derajat dapat dilakukan tanpa mengubah sifat kubus itu sendiri.

b. Teori Grup dan Rubik's Cube

Setiap rotasi dalam Rubik's Cube merupakan elemen dalam grup simetri. Ini berarti bahwa posisi potongan-potongan pada kubus dapat dipahami sebagai bagian dari grup yang lebih besar, di mana setiap operasi rotasi berhubungan dengan transformasi lain dalam grup. Dengan

memanfaatkan teori grup, kita bisa memahami hubungan antara berbagai langkah yang diambil dalam algoritma penyelesaian.

#### **6. Pembelajaran konsep geometri transformasi dengan media rubik**

Pembelajaran konsep geometri transformasi dapat menjadi lebih menarik dan efektif dengan menggunakan media Rubik's Cube sebagai alat bantu. Rubik's Cube, yang pada dasarnya merupakan teka-teki tiga dimensi, memberikan pengalaman praktis bagi siswa dalam memahami berbagai konsep geometri transformasi seperti rotasi, refleksi, translasi, dan simetri. Melalui manipulasi Rubik's Cube, siswa dapat langsung melihat bagaimana pergerakan setiap sisi kubus dapat menggambarkan perubahan posisi objek dalam ruang tiga dimensi. Misalnya, rotasi pada Rubik's Cube memberikan gambaran konkret tentang bagaimana suatu objek berputar pada sumbu tertentu, sementara refleksi dapat dijelaskan dengan memutar sisi-sisi kubus untuk menciptakan bayangan yang simetris. Dengan cara ini, siswa tidak hanya mempelajari teori-teori geometri, tetapi mereka juga dapat mengaplikasikannya secara langsung dalam pemecahan masalah nyata. Konsep-konsep transformasi geometri yang sering kali terasa abstrak dan sulit dipahami dapat dipelajari dengan cara yang lebih konkret dan menyenangkan melalui interaksi langsung dengan Rubik's Cube.

Pembelajaran menggunakan Rubik's Cube juga memungkinkan siswa untuk memahami transformasi secara berulang, yang meningkatkan daya ingat dan pemahaman mereka terhadap prinsip-prinsip dasar geometri. Sebagai contoh, saat siswa mencoba memecahkan Rubik's Cube, mereka harus mengidentifikasi pola dan perubahan posisi yang terjadi akibat rotasi atau

translasi, yang secara langsung mengaitkan teori geometri dengan praktik, hal ini membuat pembelajaran geometri lebih hidup dan mudah diterima.

#### **D. Kerangka Pikir**

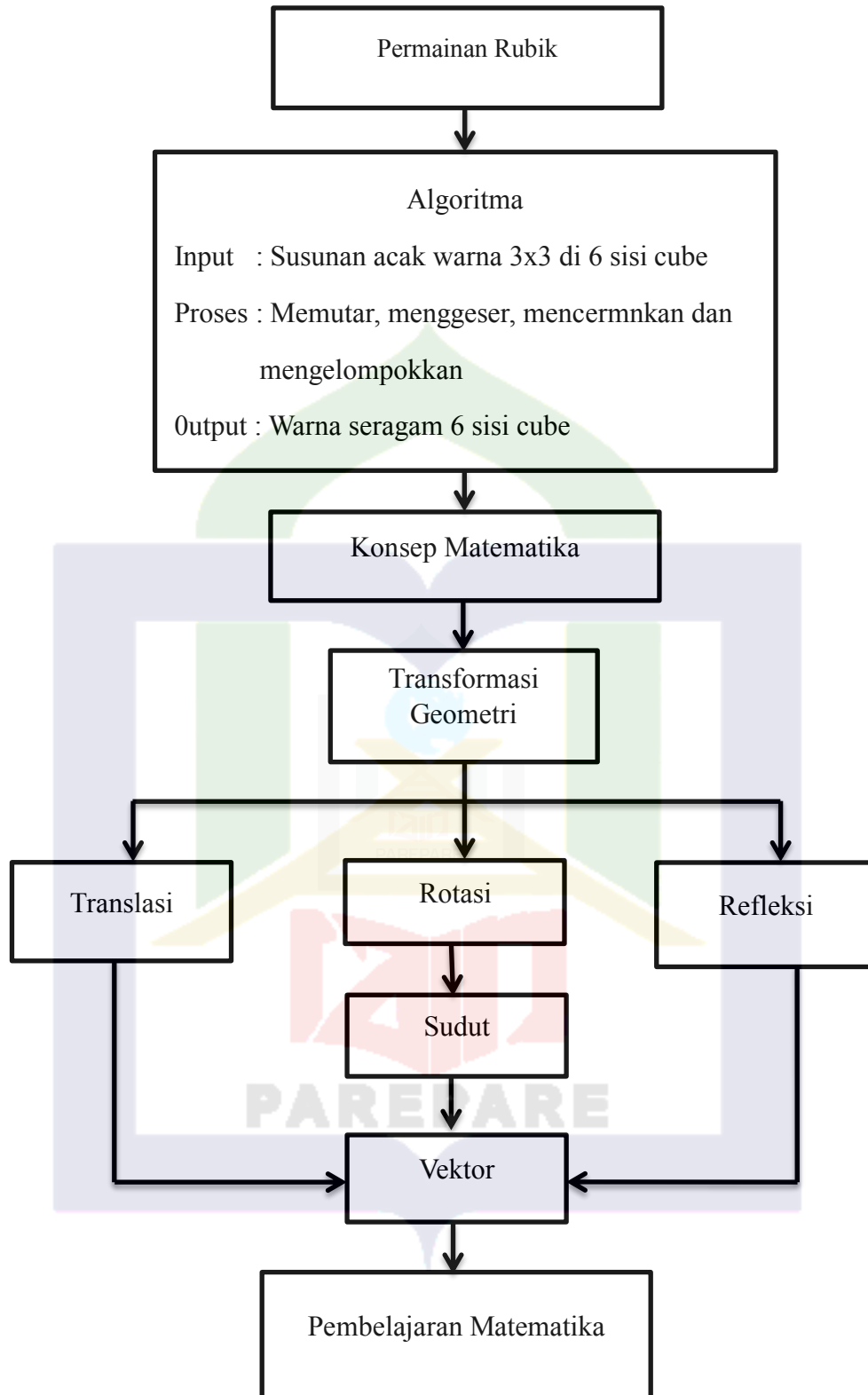
Matematika sebagai salah satu ilmu dasar yang diajarkan pada semua jenjang pendidikan dasar dan menengah memiliki misi yang sangat penting, yaitu mendukung ketercapaian tujuan pendidikan nasional. Secara umum tujuan pendidikan matematika disekolah dapat digolongkan menjadi:

1. Tujuan yang bersifat formal, menekankan kepada menata penalaran dan membentuk kepribadian peserta didik,
2. Tujuan yang bersifat material menekankan kepada kemampuan memecahkan masalah dan menerapkan matematika.<sup>37</sup>

Peneliti berusaha semaksimal mungkin untuk membahas dan menemukan permasalahan secara sistematis dengan harapan bahwa kajian ini dapat memenuhi syarat sebagai suatu karya ilmiah. Berdasarkan pembahasan diatas penulis dapat merumuskan kerangka pikir sebagai berikut.

---

<sup>37</sup> Irwan Akib, *Implementasi Teori Belajar Robert Gange Dalam Pembelajaran Konsep Matematika (Suatu Alternatif Kegiatan Mengajar Belajar Konsep Matematika)*, Makasar: Lembaga Perpustakaan Dan Penerbitan, 2016.



Gambar 2.1 Bagan Kerangka Pikir Penelitian

### BAB III

#### METODE PENELITIAN

##### A. Jenis dan Pendekatan Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian kualitatif dengan pendekatan studi kasus dan studi literatur. Penelitian kualitatif disebut juga penelitian natural atau penelitian alamiah adalah jenis penelitian dengan mengutamakan penekanan pada proses dan makna yang tidak diuji, atau diukur dengan setepat- tepatnya dengan data yang berupa data deskriptif. Pada penelitian ini mendeskripsikan konsep dari sebuah permainan yang di hubungkan ke konsep matematika. Jenis penelitian ini berkarakteristik alamiah atau bersetting apa adanya dari fenomena yang terjadi di lapangan yang menitik beratkan pada kualitasnya.<sup>38</sup>

Metode penelitian studi kasus adalah pendekatan penelitian yang digunakan untuk memahami suatu fenomena secara mendalam, dalam konteks kehidupan nyata. Metode ini berfokus pada eksplorasi yang rinci terhadap suatu kasus tertentu, seperti individu atau kelompok, organisasi, atau peristiwa dengan tujuan memperoleh pemahaman yang komperhensif tentang berbagai faktor yang memengaruhinya. Studi kasus sering kali menggunakan berbagai teknik pengumpulan data, seperti wawancara, observasi, dan analisis dokumen, sehingga memungkinkan peneliti untuk memperoleh informasi dari berbagai sumber<sup>39</sup>. Sedangkan Studi literatur adalah metode pengumpulan data dan informasi yang dilakukan dengan cara menelaah, membaca, dan menganalisis berbagai sumber tertulis yang relevan dengan topik atau

---

<sup>38</sup> Adi Santosa, "Pendekatan Konseptual Dalam Proses Perancangan Interior," *Dimensi Interior* 3, no. 2 (2005).

<sup>39</sup> Arditya Prayogi, "Telaah Konseptual Pendekatan Kuantitatif Dalam Sejarah," *Kalpataru: Jurnal Sejarah Dan Pembelajaran Sejarah* 8, no. 1 (2022).

permasalahan penelitian. Sumber-sumber tersebut bisa berupa buku, jurnal ilmiah, artikel, laporan penelitian, skripsi, tesis, disertasi, maupun sumber digital seperti e-book dan database online.

## **B. Lokasi dan Waktu Penelitian**

### **1. Lokasi Penelitian**

Lokasi penelitian yang akan dijadikan sebagai tempat penelitian ini dilakukan di Kecamatan Soreang kota Parepare Provinsi Sulawesi Selatan yang menjadi tempat orang memainkan permainan rubik.

### **2. Waktu Penelitian**

Peneliti melaksanakan penelitian selama kurang lebih 1 bulan. Proses penelitian ini dilakukan secara terstruktur, mulai dari tahap perencanaan, pengumpulan data, hingga analisis hasil. Waktu yang digunakan telah disesuaikan dengan kebutuhan penelitian untuk memastikan bahwa setiap data yang diperoleh relevan dan dapat mendukung tujuan penelitian secara menyeluruh. Peneliti juga memanfaatkan waktu yang tersedia secara optimal, dengan mempertimbangkan berbagai faktor, seperti ketersediaan responden, alat penelitian, dan kondisi lingkungan, agar hasil penelitian dapat memberikan kontribusi yang signifikan dalam bidang yang dikaji.

### **3. Subjek Penelitian**

Subjek penelitian ialah individu yang akan membantu peneliti untuk mendapatkan informasi mengenai penelitian yang akan diteliti oleh peneliti. Subjek penelitian ini juga dikenal dengan informan artinya orang yang memberi informasi kepada peneliti. Informan kunci dari penelitian ini adalah



orang yang master dalam materi transformasi geometri dan ahli dalam menyelesaikan rubik's cube 3x3 dan juga informan pendukung lainnya.

Subjek penelitian yang digunakan oleh peneliti adalah masyarakat parepare terkhususnya masyarakat dan siswa yang mampu menyelesaikan permainan rubik cube 3x3.

### **C. Fokus Penelitian**

Penelitian ini fokus pada eksplorasi konsep geometri transformasi dalam konteks penyelesaian Rubik's Cube 3x3 , sebuah permainan logika berbentuk kubus yang populer dan menantang. Fokus ini lahir dari keinginan untuk menguasai antara konsep-konsep abstrak dalam matematika, khususnya geometri transformasi, dengan penerapannya secara nyata dalam aktivitas bermain dan menyelesaikan rubik. Melalui pendekatan ini, diharapkan pembelajaran matematika menjadi lebih kontekstual, menyenangkan, serta mampu meningkatkan pemahaman spasial dan algoritmik siswa.

Dalam ranah matematika , fokus utama terletak pada pengenalan dan pemahaman transformasi geometri yang meliputi translasi (pergeseran), rotasi (perputaran), refleksi (pencerminan), dan dilatasi (perubahan ukuran). Konsep-konsep ini menjadi landasan penting dalam berbagai topik geometri, dan secara nyata tercermin dalam pergerakan sisi-sisi Kubus Rubik. Misalnya, ketika pemain memutar salah satu lapisan rubik searah atau berlawanan arah jarum jam, sebenarnya terjadi rotasi menuju titik pusat tertentu. Demikian pula, penyelesaian rubik yang bersifat berulang dan sistematis dapat dianalisis sebagai serangkaian transformasi yang mengikuti pola tertentu. Selain itu, fokus penelitian juga mencakup pemahaman terhadap penyelesaian Rubik's

Cube 3x3 itu sendiri. Setiap langkah dalam metode seperti CFOP ( *Cross*, *F2L*, *OLL*, *PLL* ) sebenarnya terdiri dari urutan rotasi dan posisi manipulasi kubus, yang dalam kacamata matematis dapat dimodelkan sebagai transformasi geometri dalam ruang tiga dimensi. Penelitian ini mencoba mengeksplorasi dan mengklasifikasikan jenis-jenis transformasi yang terjadi pada setiap algoritma, serta menganalisis keterkaitannya dengan konsep geometri yang relevan. Dengan demikian, fokus penelitian ini tidak hanya terletak pada aspek teoritis dari geometri transformasi, tetapi juga pada penerapan praktis dan visualisasinya melalui permainan rubik.

#### **D. Jenis Sumber Data**

Sumber data dalam penelitian ini terbagi menjadi dua, yaitu sumber data primer dan sumber data sekunder.

##### **1. Data Primer**

Data primer adalah data asli yang dikumpulkan oleh peneliti untuk menjawab sejumlah masalah risetnya secara khusus.<sup>40</sup> Dalam penelitian yang dilakukan ini peneliti mengambil data melalui wawancara masyarakat dan siswa yang mampu menyelesaikan rubik'cube 3x3 dan observasi peneliti terhadap konsep konsep transformasi geometri yang terdapat pada algoritma rubik'cube 3x3.

##### **2. Data Sekunder**

Data sekunder yaitu data yang sudah jadi, biasanya telah tersusun dalam bentuk dokumen. Data sekunder yang diambil berupa buku- buku literatur, jurnal, dan informan lainnya yang berkaitan dengan algoritma

---

<sup>40</sup> lily Puspita Haq, "Efektivitas Penerapan Pembelajaran Realistic Mathematics Education ( Rme )," *Walisono*, 2016.

penyelesaian rubik'cube 3x3 ataupun konsep transformasi geometri baik pada rubik'cube 3x3 maupun pada pembelajaran, data sekunder ini merupakan data pelengkap dari data primer.

#### **E. Teknik Pengumpulan dan Pengolahan Data**

Pada penelitian ini, peneliti mengumpulkan informasi dari internet berupa jurnal, buku dan lain lain, peneliti juga terlibat langsung dilokasi penelitian atau penelitian lapangan untuk mengadakan penelitian dan memperoleh data-data konkret yang ada hubungannya dengan penelitian ini. Teknik pengumpulan data merupakan langkah yang paling strategis dalam penelitian, karena tujuan utama dari sebuah penelitian adalah mendapatkan data. Adapun teknik pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

##### **1. Wawancara (Interview)**

Wawancara (Interview) adalah salah satu teknik pengumpulan data yang pelaksanaannya bisa dilakukan secara langsung bertatap muka (face to face) dengan orang yang diwawancarai (interview) atau secara tidak langsung seperti melalui telfon, internet, atau surat (wawancara tertulis termasuk lewat e-mail dan sms). Keterlibatan informan bersifat sukarela. Sebelum melakukan wawancara peneliti terlebih dahulu menjelaskan tujuan penelitian yang akan dilakukan, pada penelitian ini informan dalam wawancara adalah ahli matematika yang gemar bermain rubik yang memiliki pengetahuan dasar tentang penyelesaian rubik'cube 3x3 dan juga seorang yang ahli dalam menyelesaikan rubik's cube 3x3, informan akan diwawancarai dengan beberapa pertanyaan yang dilampirkan di pedoman wawancara, yang akan mendukung hasil dari penelitian kali ini.

## 2. Pengamatan Observasi

Observasi didefinisikan sebagai proses pengamatan, mencermati dan merekam secara sistematis dari aktifitas manusia dimana kegiatan tersebut berlangsung secara terus-menerus yang bersifat natural atau alami untuk menghasilkan fakta. Observasi ini akan mencermati dan mengamati proses penyelesaian permainan rubik' cube 3x3 yang dilakukan oleh informan dan peneliti itu sendiri, observasi ini kita akan mengamati beberapa aspek yang berhubungan dengan penelitian yang akan dilakukan, aspek yang diamati dapat kita lihat di instrumen penelitian di lampiran.

## 3. Dokumentasi

Teknik dokumentasi adalah teknik pengumpulan data dengan menghimpun dan menganalisis dokumen-dokumen, baik tertulis, gambar maupun elektronik. Dokumentasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah gambar dan bukti percakapan saat melakukan wawancara dan observasi di lokasi penelitian. Pada penelitian ini proses observasi akan didokumentasikan melalui gambar yang menunjukkan pergerakan Rubik selama proses penyelesaian rubik's cube 3x3,. Selain itu, catatan tertulis mengenai langkah-langkah penyelesaian berdasarkan algoritma yang digunakan akan disusun secara rinci. Dokumentasi juga mencakup hasil wawancara atau diskusi dengan informan.

## F. Uji Keabsahan Data

Sebelum melakukan analisis data, peneliti terlebih dahulu melakukan ujikeabsahan (trustworthiness) data. Uji keabsahan data yang dilakukan oleh peneliti yaitu uji kepercayaan (credibility) dan uji kepastian (confirmability). Uji

kredibilitas berfungsi untuk: Pertama, melaksanakan inkuiri sedemikian rupa sehingga tingkat kepercayaan penemuannya dapat dicapai; Kedua, mempertunjukkan derajat kepercayaan hasil-hasil penemuan dengan jalan pembuktian oleh peneliti pada kenyataan ganda yang sedang diteliti.<sup>41</sup> Uji keabsahan data yang digunakan dalam uji kredibilitas adalah uji triangulasi data. Dalam penelitian ini, uji keabsahan data, terutama yang berkaitan dengan uji kredibilitas dan uji kepastian, sangat relevan untuk memastikan bahwa hasil temuan yang berkaitan dengan pemahaman geometri transformasi yang terjadi dalam proses penyelesaian permainan tersebut dapat dipercaya. Secara teknis akan dilakukan triangulasi data dengan menggunakan 3 pemain rubik's cube 3x3 dengan tiga kali kesempatan setiap pemain setelah itu akan dilakukan triangulasi metode dari ketiga pemain akan di wawancara, observasi dan dokumentasi setiap pemain menyelesaikan rubik's cube 3x3.

Uji kredibilitas berfungsi untuk memastikan bahwa tingkat kepercayaan terhadap temuan-temuan yang berhubungan dengan konsep geometri yang digunakan dalam algoritma Rubik 3x3 dapat dicapai dengan cara yang objektif dan sistematis. Ini mencakup pemeriksaan terhadap keakuratan pemahaman mengenai bagaimana translasi, rotasi dan refleksi pada Rubik 3x3 berhubungan dengan prinsip-prinsip geometri transformasi.

#### **G. Teknik Analisis Data**

Tahapan analisis data merupakan tahapan yang sangat menentukan, karena pada tahapan ini kaidah-kaidah yang mengatur keberadaan objek penelitian harus

---

<sup>41</sup> Afriani, "Metodologi Penelitian Kualitatif, Kuantitatif, Action Research, Research and Development," n.d.

sudah diperoleh<sup>42</sup>. Analisis data adalah sebuah proses mengatur urutan data dan mengorganisasikannya ke dalam satu pola. Pekerjaan analisis data dalam hal mengatur, mengurutkan, mengelompokkan, memberi kode dan mengkategorikan data yang terkumpul, baik dari catatan lapangan, gambar, foto atau dokumen berupa laporan. Tahapan analisis data dalam penelitian ini bertujuan untuk mengorganisir informasi yang telah dikumpulkan agar dapat dipahami dan dianalisis dengan lebih sistematis. Proses ini sangat penting karena akan membantu peneliti menemukan pola-pola yang muncul terkait dengan penerapan konsep geometri transformasi dalam algoritma penyelesaian Rubik.

Aktivitas analisis data Miles dan Huberman mengemukakan tiga tahapan yang harus dikerjakan yaitu:

1. Reduksi Data

Reduksi data merupakan kegiatan merangkum, memilih hal-hal pokok, memfokuskan pada hal-hal penting, dan mencari tema dan polanya. Data yang telah direduksi akan memberikan gambaran lebih jelas dan memudahkan untuk melakukan pengumpulan data. Tahapan reduksi dilakukan untuk menelaah secara keseluruhan data yang dihimpun dari lapangan. Kegiatan yang dilakukan dalam reduksi data ini antara lain:

- a. Mengumpulkan data dan informasi dari catatan hasil wawancara, hasil observasi dan juga dari informasi dari internet
- b. Serta mencari hal-hal yang dianggap penting dari setiap aspek temuan penelitian.

2. Display Data

---

<sup>42</sup> Huberman and Miles, "Teknik Pengumpulan Dan Analisis Data Kualitatif," *Jurnal Studi Komunikasi Dan Media* 02, n.d.

Teknik penyajian data dalam penelitian kualitatif dapat dilakukan dalam berbagai bentuk seperti tabel, grafik, dan sejenisnya. Lebih dari itu, penyajian data bisa dilakukan dalam bentuk uraian singkat, bagan, hubungan antar kategori, flowchart dan sejenisnya. Adapun fungsi data display untuk memudahkan dan memahami apa yang terjadi, juga untuk merencanakan kerja selanjutnya berdasarkan apa yang telah dipahami tersebut.

### 3. Penarikan Kesimpulan / Verifikasi

Miles dan Huberman dalam Rasyid mengungkapkan bahwa Verifikasi data dan penarikan kesimpulan adalah upaya untuk mengartikan data yang ditampilkan dengan melibatkan pemahaman peneliti.<sup>43</sup> Kesimpulan yang dikemukakan pada tahap awal, didukung oleh bukti-bukti yang valid dan konsisten saat peneliti kembali ke lapangan mengumpulkan data, maka kesimpulan merupakan kesimpulan yang kredibel.<sup>44</sup>

Pada tahap ini dilakukan pengkajian tentang kesimpulan yang telah diambil dengan data pembandingan teori tertentu; melakukan proses member check atau melakukan proses pengecekan ulang, mulai dari pelaksanaan pra survey (orientasi), wawancara, observasi dan dokumentasi. Kemudian membuat kesimpulan umum untuk dilaporkan sebagai hasil dari penelitian yang telah dilakukan.

---

<sup>43</sup> Jogiyanto Hartono, *Metode Pengumpulan Dan Teknik Analisis Data*, ANDI (Yogyakarta: ANDI, 2021).

<sup>44</sup> Iis Prasetyo, "Teknik Analisis Data Dalam Research and Development," *UNY: Fakultas Ilmu Pendidikan* 6 (2019).

## BAB IV

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### A. Hasil Penelitian

##### 1. Algoritma dalam Menyelesaikan Rubik's Cube 3x3

Algoritma adalah serangkaian langkah langkah sistematis yang terstruktur yang digunakan untuk menyelesaikan suatu permasalahan, algoritma sangat penting karna menjadi sebuah dasar dari banyak hal. Dalam kehidupan sehari-hari, kita sebenarnya sering menggunakan algoritma, meskipun mungkin tidak disadari. Konsep ini tidak cuma berlaku di dunia pemrograman, tapi juga bisa kita temukan di berbagai aktivitas, termasuk saat main rubik's cube 3x3. Banyak orang mikir nyusun rubik cuma soal muter-muter sampai semua sisi warnanya sama, padahal sebenarnya ada pola tertentu yang harus diikuti. Pola inilah yang disebut algoritma. Dengan algoritma, kita bisa mengetahui langkah mana yang harus dilakukan agar satu bagian bisa tersusun tanpa merusak bagian lain yang sudah benar. Misalnya, pas menyusun bagian sudut di layer terakhir, ada algoritma seperti “RU R' UR U2 R” yang tujuannya untuk mimindahkan sudut ke tempat yang benar. Tanpa algoritma, menyelesaikan Rubik bisa memakan waktu lebih lama karena setiap putaran bisa bikin sisi lain berantakan lagi. Jadi, bisa dibilang Rubik 3x3 adalah salah satu contoh nyata dari penerapan algoritma dalam kehidupan sehari-hari, khususnya dalam hal berpikir yang sistematis dan terstruktur. Berdasarkan perkembangan terkini dalam dunia speedcubing, terutama dari kompetisi-kompetisi resmi yang diselenggarakan oleh World Cube Association (WCA), saat ini telah mencatat sejumlah rekor luar biasa dalam



kategori penyelesaian Rubik's Cube 3x3 secara normal (single solve). Pencapaian ini menunjukkan kemajuan yang signifikan dalam efisiensi algoritma, kecepatan tangan, serta kemampuan pemrosesan visual dan strategi para kubus. Data berikut menampilkan empat besar (Top 4) waktu tercepat dalam sejarah penyelesaian Rubik 3x3 , yang masing-masing dicapai pada kompetisi resmi dan telah diakui secara internasional:

Tabel 4.1 Top 4 Catatan Waktu Tercepat Menyelesaikan Rubik 3x3

Peringkat	Nama	Waktu	Kompetisi dan Tanggal
1	Xuanyi Geng	3,05 detik	Musim Semi Shenyang 2025 – 13 April 2025
2	Yiheng Wang	3,08 detik	XMUM Cube Terbuka 2025 – 16 Februari 2025
3	Taman Max	3,13 detik	Pride di Long Beach 2023 – 11 Juni 2023
4	Ruihang Xu	3,24 detik	Kejuaraan Asia WCA 2024 – 1 November 2024

Algoritma dalam menyelesaikan rubik's cube 3x3 memiliki beberapa metode yaitu metode layer by layer(LBL) yang banyak digunakan oleh pemula, lalu ada metode CFOP yang merupakan tingkat lanjut dari metode LBL yang dimana umumnya orang yang menggunakan metode CFOP akan lebih cepat dalam menyelesaikan rubik's cube 3x3 seperti pada hasil observasi peneliti sebagai berikut:

Tabel 4.2 Observasi Penyelesaian Rubik's Cube

No	Nama	Metode	Waktu			
			Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3	Rata-rata
1.	Fauzan	LBL	01:56,03 s	01:40,87 s	01:44,98 s	01:47,29 s
2.	Fadia	LBL	03:02,12 s	01:48,34 s	01:45,76 s	02:12,07 s
3.	Dodi	CFOP	44,87 s	31,86 s	49,07 s	41,93 s
4.	Nastyar	CFOP	40,98 s	40,03 s	43,86 s	41,62 s
5.	Ferdy	LBL	01:08,76 s	01:34,86 s	01:21,35 s	01:21,65 s

Pada Tabel 4.1 ketiga percobaan yang dilakukan oleh narasumber, dapat dilihat bahwa Dodi dan Nastyar yang menggunakan metode CFOP dan mendapatkan rata-rata waktu penyelesaian yang lebih cepat dibanding ketiga narasumber lainnya yang menggunakan metode LBL, namun sebelum mempelajari metode ini terlebih dahulu kita harus mengenal gerakan dasar yang berupa simbol dari setiap dalam gerakan hal ini di sebutkan penting oleh salah satu mahasiswa Fauzan dalam wawancara:

Saya pribadi kalau untuk memahami notasi dasar seperti RULDF penting karna bisa memberi kita gambaran pergerakan pada rubik seperti pada langkah langkah nya seperti R yang artinya right yaitu memutar bagian kanan rubik dan juga sebaliknya notasi L yang artinya left yaitu mewakili putaran sisi kiri rubik”<sup>45</sup>

Hal ini juga disebutkan oleh salah satu dosen matematika Andi aras:

Jadi, memang notasi yang ada di rubik itu adalah konsep dasar, jadi kita harus mengenal dulu bentuk bentuk perputaran dari rubik seperti perputaran R itu ke kanan, L itu artinya ke kiri, U itu up yaitu keatas, jadi notasi ini kalau di ibaratkan dalam matematika adalah konsep dasar matematika seperti

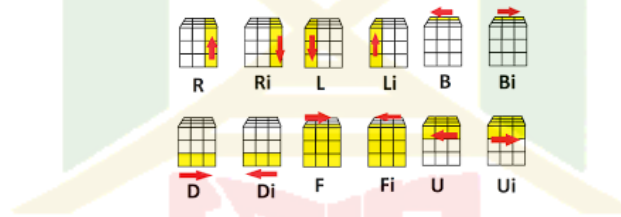
<sup>45</sup> Fauzan, Mahasiswa, Wawancara di Kota Parepare Kecamatan Soreang, 30 April 2025

penjumlahan, pengurangan sebelum masuk ke konsep konsep yang lebih tinggi<sup>46</sup>.

Selanjutnya di sebutkan juga oleh salah satu masyarakat parepare yang pandai bermain rubik Ferdy:

Notasi(RLFU) sangat penting untuk basic karna dalam mempelajari langkah langkah menyelesaikan rubik kita perlu notasi tersebut untuk memahami rumus penyelesaian rubik yang ada di internet<sup>47</sup>.

Notasi gerakan dasar dalam permainan Rubik's Cube 3x3 yang perlu kita ketahui merupakan simbol-simbol standar yang digunakan untuk menunjukkan arah serta sisi mana dari kubus yang harus diputar. Notasi ini sangat penting karena menjadi bahasa universal dunia dalam rubik yang digunakan untuk dan membaca algoritma secara tepat. Tanpa memahami notasi ini, akan sulit bagi pemain untuk mengikuti langkah-langkah dalam menyusun rubik dengan benar.



Gambar 4.1 Notasi Dasar gerakan Rubik's cube 3x3

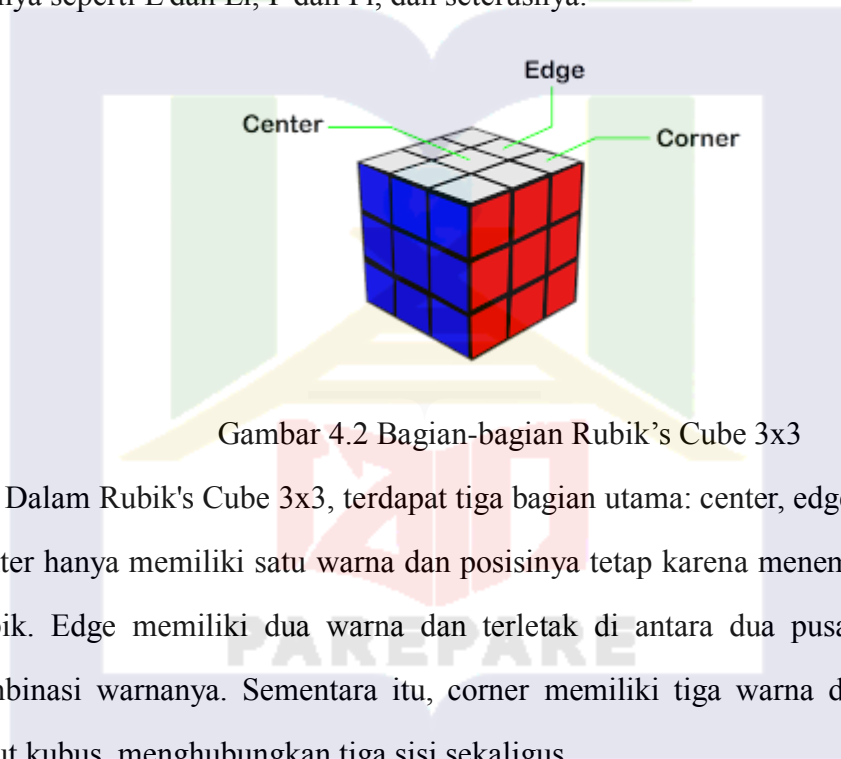
Gambar 4.1 menunjukkan notasi-notasi dasar yang digunakan dalam permainan Rubik's Cube 3x3. Notasi ini merupakan simbol standar yang digunakan untuk menunjukkan arah dan sisi mana dari kubus yang harus diputar. Setiap huruf pada notasi mewakili satu sisi dari Rubik, yaitu: R (Right/kanan), L (Left/kiri), U(Up/atas), D (Down/bawah), F (Front/depan), dan B (Back/belakang). Arah arah ini sebenarnya bisa kita ibaratkan sebuah kubus dalam matematika yang

<sup>46</sup> Andi Aras, Dosen, Wawancara di Kota Parepare Kecamatan Soreang, 14 Mei 2025

<sup>47</sup> Ferdy, Masyarakat, Wawancara di Kota Parepare Kecamatan Soreang, 2 Mei 2025

memiliki 6 sisi, hal ini memiliki konsep yang sama dalam penentuan notasi rubik yaitu R,L,U,D,F,B adalah notasi dari 6 sisi kubus.

Jika huruf berdiri sendiri, seperti R, maka sisi tersebut diputar searah jarum jam dari sudut pandang pemain. Sementara jika ada tambahan huruf i (invers) atau tanda aksen (misalnya Ri atau R'), itu berarti sisi tersebut diputar berlawanan arah jarum jam. Contohnya, R berarti memutar sisi kanan searah jarum jam, sedangkan Ri berarti memutar sisi kanan berlawanan arah jarum jam. Begitu juga dengan sisi lainnya seperti L dan Li, F dan Fi, dan seterusnya.



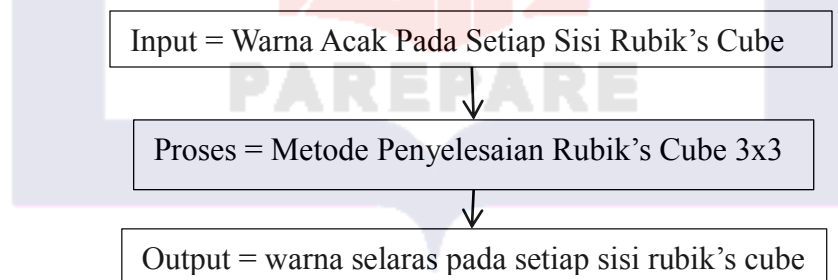
Gambar 4.2 Bagian-bagian Rubik's Cube 3x3

Dalam Rubik's Cube 3x3, terdapat tiga bagian utama: center, edge, dan corner. Center hanya memiliki satu warna dan posisinya tetap karena menempel pada inti Rubik. Edge memiliki dua warna dan terletak di antara dua pusat, mengikuti kombinasi warnanya. Sementara itu, corner memiliki tiga warna dan berada di sudut kubus, menghubungkan tiga sisi sekaligus.

Berdasarkan hasil wawancara, setiap responden memiliki pendekatan yang berbeda dalam menyelesaikan Rubik's Cube 3x3. Nastiari menyebutkan bahwa ia menggunakan urutan langkah Cross, F2L, OLL, dan PLL, meskipun ia mengakui

masih belum terlalu mahir dalam tahap OLL dan PLL.<sup>48</sup> Dodi menggunakan langkah yang menurutnya lebih sederhana, dimulai dari F2L yang mengandalkan logika dan sedikit rumus, kemudian dilanjutkan dengan rumus kuning dan diakhiri dengan rumus penutup.<sup>49</sup> Sementara itu, Ferdi memulai dengan membuat cross, lalu menyusun sisi putih berdasarkan warna sisi samping. Setelah itu, ia menggunakan rumus kiri-kanan, mencari pola ikan, dan jika pola ikan sudah terbentuk, ia melanjutkannya dengan rumus khusus pola tersebut. Langkah berikutnya ia selesaikan dengan rumus bebas dan rumus tiga warna terakhir.<sup>50</sup>

Setelah mengamati dan mengenal notasi dasar gerakan Rubik's Cube 3x3, serta berdasarkan hasil observasi dan wawancara yang telah dilakukan, peneliti menyimpulkan bahwa dalam proses penyelesaian Rubik terdapat suatu alur sistematis yang dikenal sebagai algoritma penyelesaian. Algoritma ini pada dasarnya merupakan serangkaian langkah logis dan berurutan yang dirancang untuk membawa setiap bagian Rubik ke posisi dan orientasi yang benar, algoritma penyelesaian rubik's cube secara garis besar dapat dilihat sebagai berikut:



Gambar 4.3 Algoritma Penyelesaian Rubik

<sup>48</sup> Nastyar, Mahasiswa, Wawancara di Kota Parepare Kecamatan Soreang, 1 Mei 2025

<sup>49</sup> Dodi, Mahasiswa, Wawancara di Kota Parepare Kecamatan Soreang, 2 Mei 2025

<sup>50</sup> Ferdy, Masyarakat, Wawancara di Kota Parepare Kecamatan Soreang, 2 Mei 2025

Dalam praktiknya, penyelesaian penyelesaian Rubik terbagi menjadi beberapa pendekatan, yang masing-masing memiliki karakteristik dan tahapan tertentu. Dua pendekatan yang paling umum digunakan oleh para pemain Rubik adalah metode Layer By Layer (LBL) dan metode CFOP (Cross, F2L, OLL, PLL) . Kedua metode ini dapat dianggap sebagai sub-algoritma dari keseluruhan strategi penyelesaian Rubik 3x3, karena masing-masing memberikan pola penyelesaian yang berbeda namun tetap berada dalam kerangka sistematis algoritmik. Adapun hasil observasi dan literasi mengenai karakteristik dan implementasi dari metode LBL dan CFOP dapat dilihat sebagai berikut:

1. Layer by Layer (LBL)

- a. Cross

Untuk membuat cross ini sebenarnya tidak membutuhkan algoritma melainkan membutuhkan intuisi atau analisis yang kuat untuk membuat cross putih sempurna dengan warna yang sama antara edge dan centernya seperti pada gambar 4.4.



Gambar 4.4 Cross Putih

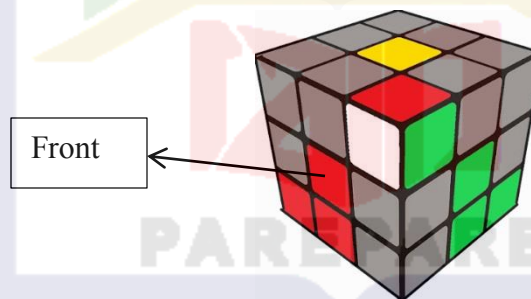
b. Layer pertama



Gambar 4.5 layer Pertama

Pada Kasus layer pertama , kita harus fokus pada corner yang memiliki warna putih(pada kasus ini cross berwarna putih). Lalu kalian lihat, pada corner yang berwarna putih terdapat warna apa saja, pada contoh kasus Merah dan Hijau kalian harus memposisikan Corner Putih Merah Hijau ke posisi center yang terdapat warna merah dan hijau, kemudian kita akan menemukan setidaknya 5 Kasus , yaitu:

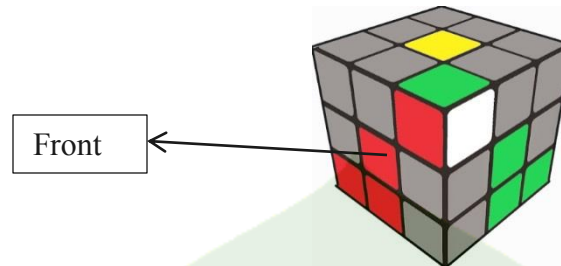
1. Kasus 1



Gambar 4.6 Kasus 1 Pada Layer Pertama

Rumus yang digunakan pada kasus pertama adalah  $U R U' R'$ .

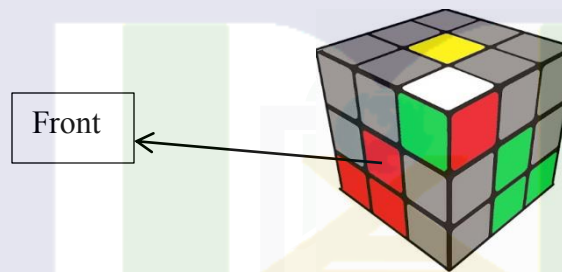
## 2. Kasus 2



Gambar 4.7 Kasus 2 pada Layer Pertama

Rumus yang digunakan pada kasus kedua adalah  $R\ U'\ R'$ .

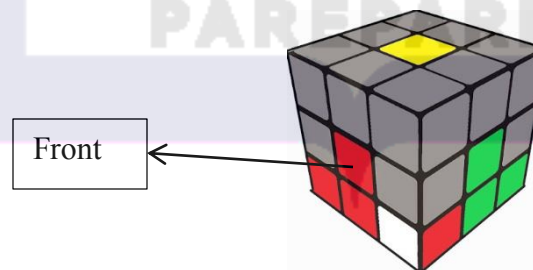
## 3. Kasus 3



Gambar 4.8 Kasus 3 Pada Layer Pertama

Rumus yang digunakan pada kasus ketiga adalah  $R\ U^2\ R'$  lalu setelah itu akan terbentuk kasus 1 atau 2.

## 4. Kasus 4

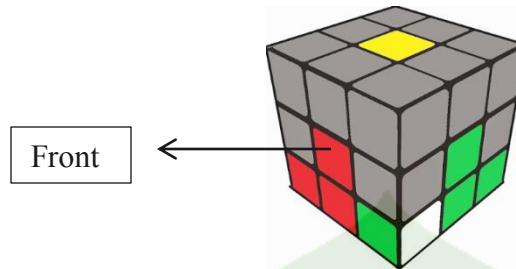


Gambar 4.9 Kasus 4 Pada Layer Pertama

Rumus yang digunakan pada kasus ketiga adalah  $R\ U'\ R'$  lalu setelah itu akan terbentuk kasus 1 atau 2.



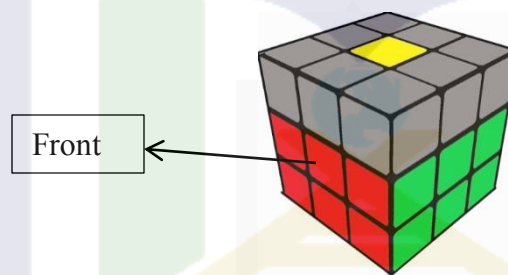
### 5. Kasus 5



Gambar 4.10 Kasus 5 pada Layer Pertama

Rumus yang digunakan pada kasus ketiga adalah  $R\ U\ R'$  lalu setelah itu akan terbentuk kasus 1 atau 2.

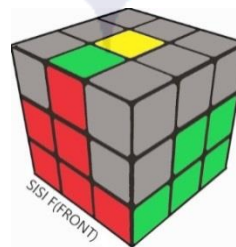
### c. Layer kedua



Gambar 4.11 Layer Kedua

Pada Kasus layer kedua, kita harus fokus pada edge yang tidak memiliki warna kuning, lalu memposisikannya dengan U sampai edge dan senternya sewarna, kemudian setidaknya kita akan menemukan tiga kasus yaitu:

#### 1. Kasus 1

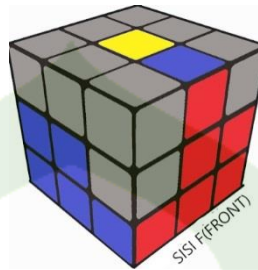


Gambar 4.12 Kasus 1 Layer Kedua

Rumus yang digunakan pada kasus kedua adalah  $U R U' R' U' F'$

U F.

## 2. Kasus 2

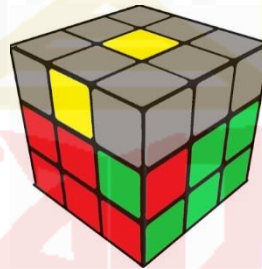


Gambar 4.13 Kasus 2 Layer Kedua

Rumus yang digunakan pada kasus kedua adalah  $U' L' U L U F$

U' F'.

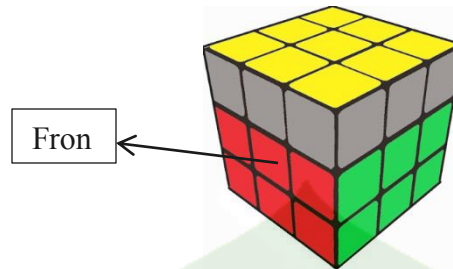
## 3. Kasus 3



Gambar 4.14 Kasus 3 Layer Kedua

Ketika kita menemukan kasus dimana edgenya terflip maka kita harus melakukan rumus seperti langkah 1 atau 2 tergantung dimana kita memulai rumusnya, ketika kita memulainya di merah pada gambar 4.13, maka kita menggunakan rumus pada kasus 1 begitupun sebaliknya.

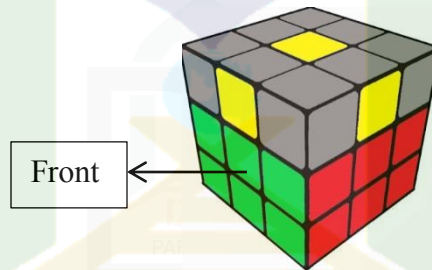
d. Layer ketiga



Gambar 4.15 Layer Ketiga

Pada langkah penyelesaian layer 3 ini kita akan membuat cross kuning terlebih dahulu dengan 3 kasus yang akan di hadapi yaitu:

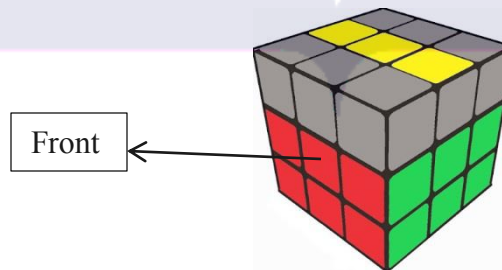
1. Kasus 1



Gambar 4.16 kasus 1 layar ketiga

Pada kasus 1 ini edge kuningnya berada di samping semua sehingga kita bebas memilih tempat melakukan rumus yang akan dilakukan yaitu  $FRUR'U'F'FRUR'U'F'$

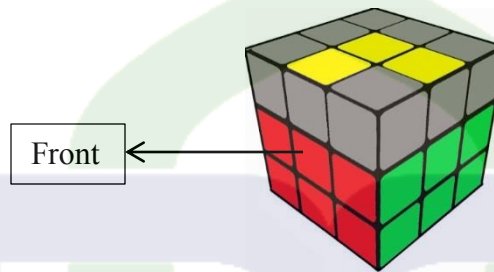
2. Kasus 2



Gambar 4.17 Kasus 2 Layer Ketiga

Pada kasus 2 edge kuningnya berbentuk garis lurus kita harus memilih tempat dimana tidak ada edge kuning yang berada diatas seperti pada sisi merah pada gambar 4.16, rumus yang akan dilakukan yaitu  $F R U R' U' F'$

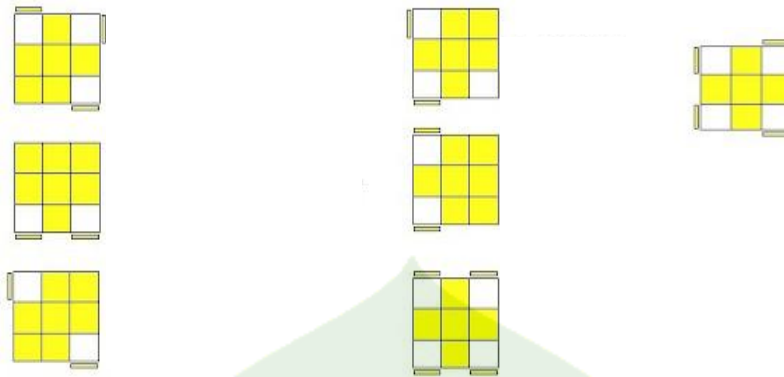
### 3. Kasus 3



Gambar 4.18 kasus 3 layer Ketiga

Pada kasus 3 edge kuningnya berbentuk huruf L , kita harus memilih tempat dimana ada edge kuning yang berada diatas dan sebelah kanan atas seperti pada sisi merah pada gambar 4.18, rumus yang akan dilakukan yaitu  $F R U R' U' F'$  lalu akan terbentuk seperti kasus 2

Setelah cross kuning terbentuk maka akan terbentuk 7 pola atau kasus, dimana kasus atau pola pola yang berbeda ini akan memiliki rumus yang berbeda yaitu:

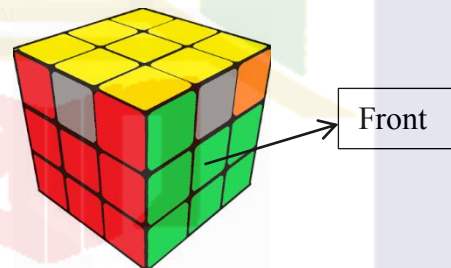


Gambar 4.19 Pola Cross Kuning

setelah memasukkan rumus dengan pola yang benar maka akan terbentuk kuning yang telah jadi seperti pada gambar 4.14.

e. Layer edge dan corner terakhir

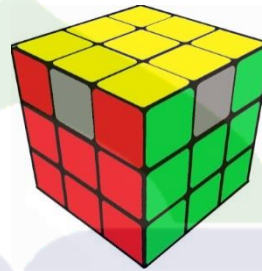
Pada tahap ini yang pertama yang harus kita lakukan adalah mengidentifikasi apakah ada corner yang sudah berada di tempat yang seharusnya seperti pada gambar 4.20 ini



Gamabar 4.20 Corner Layer Ketiga Frist Look

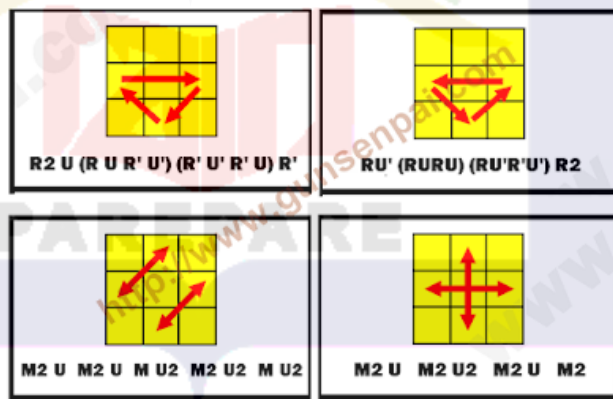
Saat ada satu sisi yang sudah terbentuk pola corner yang sesuai kita akan menggunakan rumus  $R U R' F' R U R' U' R' F R^2 U' R' U'$ . Kita perlu memperhatikan dimana kita akan menggunakan rumus ini yaitu kita menggunakan rumus ini di sebelah kanan dari sisi yang cornernya sudah sesuai dan tinggal edgenya agar rumusnya bisa bekerja sesuai dengan seharusnya namun apabila kasusnya belum ada corner yang sesuai pada

posisinya maka kita harus menggunakan rumus yang tadi satu kali terlebih dahulu agar membentuk rubik seperti pada gambar 4.19, setelah itu kita akan mendapatkan pola dimana semua corner sudah sesuai tetapi edgenya yang tertukar tukar seperti pada gambar 4.20 ini.



Gambar 4.21 Corner Layer Ketiga Second Look

Nah setelah mendapatkan pola seperti pada gambar diatas kita akan mendapatkan 4 pola yang bisa terjadi yaitu 2 pola yang dimana ada satu warna yang sudah jadi lalu 2 pola lainnya edgenya yang tertukar, rumus dan gambarnya dapat dilihat pada gambar 4.21 berikut ini:



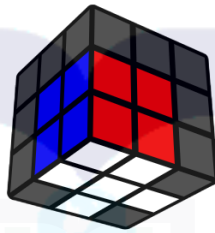
Gambar 4.22 Edge Layer Ketiga

Setelah melakukan rumus sesuai pola yang didapatkan maka kita telah berhasil menyelesaikan rubik 3x3 dengan menggunakan metode Layer By Layer.

## 2. Cross F2L OLL PLL (CFOP)

Pada metode CFOP ini, kita hanya memerlukan tiga tahap lanjutan setelah terlebih dahulu membuat Cross, yang prosesnya serupa dengan langkah awal pada metode Layer by Layer (LBL) yang sudah dijelaskan sebelumnya. Tahapan-tahapan ini merupakan inti dari metode CFOP dan menjadi bagian penting dalam proses penyelesaian rubik secara lebih efisien dan cepat, yaitu:

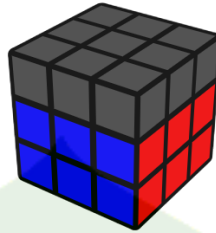
### a. First 2 Layer (F2L)



Gambar 4.23 First 2 Layer

Setelah cross terbentuk, tahap selanjutnya adalah menyelesaikan dua lapisan pertama secara bersamaan dengan memasang edge dan corner dalam bentuk pasangan (pair). Ini adalah bagian inti dari metode CFOP yang membedakannya dari metode pemula. Dengan memahami pola dan posisi pasangan corner-edge, seorang pemain dapat menyelesaikan F2L dengan sedikit gerakan dan waktu yang lebih singkat, dalam F2L ada setidaknya 41 kasus yang akan dijumpai dan menggunakan rumus yang berbeda beda.

b. Orientation Last Layer (OLL)



Gambar 4.25 Orientation Last Layer

Setelah dua lapisan pertama selesai, cuber akan beralih ke orientasi lapisan terakhir. Dalam tahap OLL, semua kotak pada sisi atas harus diubah agar memiliki warna yang sama (biasanya kuning). Ini dilakukan dengan menggunakan salah satu dari 57 algoritma OLL untuk menyamakan orientasi semua corner dan edge di lapisan atas.

c. Permutatation Last Layer (PLL)



Gambar 4.27 Permutation Last Layer

Langkah terakhir adalah menyusun ulang posisi corner dan edge di lapisan atas agar semuanya berada di tempat yang benar tanpa mengubah orientasi yang telah dibuat pada tahap OLL. Proses ini melibatkan 21 algoritma PLL yang mengatur edge dan corner terakhir dari lapisan atas.

Dari kedua algoritma yang sudah dijelaskan di atas, kita bisa menyusunnya menjadi sebuah kerangka algoritma yang lebih jelas dan teratur. Kerangka ini akan memudahkan kita untuk memahami langkah-langkah penyelesaian rubik secara



berurutan dan sistematis. Dengan melihat tabel di bawah ini, kita dapat mengetahui urutan proses yang harus dilakukan mulai dari kondisi awal hingga kubus berada di posisi yang tepat. Tabel tersebut menggambarkan alur logika algoritma dengan cara yang lebih ringkas dan mudah diikuti, sehingga proses penyelesaian rubik menjadi lebih terstruktur.

Tabel 4.3 Algoritma Penyelesaian Rubik Metode LBL

Tahap	Input	Proses	Output
0	rubik teratur	Acak semua sisi	Rubik acak
1	Rubik acak	a. Putar sisi hingga 4 tepi putih menempel di tengah putih. b. Pastikan warna tepi samping cocok dengan bagian tengah sisi samping.	Cross putih
2	Cross putih	Pilih satu dari 5 kasus (posisi & orientasi sudut). Algoritma Jalankan: kasus1: $U R U' R'$ kasus2: $R U' R'$ kasus: $R U^2 R' \rightarrow$ kasus1/2 kasus4: $R U' R' \rightarrow$ kasus1/2 kasus5: $R U R' \rightarrow$ kasus1/2	Layer 1 (cross + 4 sudut) tersusun
3	Layer 1 selesai	Tiga kasus edge : kasus1: $U R U' R' U' F' U F$ kasus2: $U' L' U L U F U' F'$ kasus3: Edge ter-flip $\rightarrow$ jalankan case1/2 sesuai sisi	Layer 2 (edge tersusun)

4	Layer 2 selesai	Bentuk cross kuning 3 kasus : kasus1:F R U R' U' F'(x2) kasis2:F R U R' U' F' kasus3:F R U R' U' F' (x2) → kasus2	Cross kuning
5	Cross kuning	7 pola OLL kuning : jalankan algoritma OLL sesuai pola	Semua warna atas kuning selesai
6	OLL selesai	Membuat corner kuning ke tempatnya: R U R' F' R U R' U' R' F R <sup>2</sup> U' R' U'	Corner berada di posisi tepat
7	Corner kuning tepat	4 pola PLL edge	Rubik terselesaikan

Tabel 4.4 Algoritma Penyelesaian Rubik Metode CFOP

Tahap	Input	Proses	Output
0	Rubik teratur	Acak semua sisi	Rubik acak
1	Rubik acak	a. Putar sisi hingga 4 tepi putih menempel di tengah putih. b. Pastikan warna tepi samping cocok dengan bagian tengah sisi samping.	Cross putih
2	Cross putih	a. Masukkan 4 pasangan corner-edge secara berpasangan. b. Gunakan 41 kasus F2L untuk memilih algoritma minimal.	Dua layer pertama (F2L) tersusun
3	F2L selesai	a. Kenali pola stiker lapisan atas. b. Terapkan 1 dari 57 algoritma OLL	semua warna atas kuning

		agar semua stiker sisi atas sama warna	selesai
4	OLL selesai	a. Kenali pola permutasi corner/edge. b. Jalankan 1 dari 21 algoritma PLL untuk menukar posisi tanpa mengubah orientasi.	Rubik terselesaikan

Berdasarkan hasil observasi yang dilakukan, peneliti menemukan bahwa para pemain rubik tidak selalu menggunakan satu metode secara konsisten. Dalam praktiknya, mereka kerap mencampurkan dua metode populer, yaitu Layer By Layer (LBL) dan CFOP. Pemain bisa memulai dengan metode LBL, lalu beralih ke algoritma CFOP pada tahap tertentu, tergantung pada situasi rubik yang dihadapi. Hal ini menunjukkan bahwa penyelesaian rubik bersifat fleksibel dan memungkinkan adanya campuran strategi untuk efisiensi atau kenyamanan pemain. Temuan ini menunjukkan bagaimana pemahaman terhadap algoritma dan transformasi geometri dapat diterapkan secara adaptif, hal ini bisa kita lihat dari algoritma yang dilakukan oleh dodi di salah satu percobaannya menyelesaikan rubik sebagai berikut:

#### 1. Croos putih

Croos putih sebagai langkah awal dodi dalam menyelesaikan rubik's cube 3x3 dimana croos adalah langkah awal dari metode LBL dan juga CFOP.

#### 2. Layer 1

Setelah croos putih selesai dodi melanjutkan dengan menggunakan kasus 1 untuk memasukkan corner putihnya, lalu dilanjutkan dengan kasus 4 di barengi kasus 1 untuk satu corner lagi, dan untuk dua corner terakhir dodi menggunakan kasus 2 dan kasus 1. Kalau secara rumus akan nampak seperti  $(U R U' R') + ((R U' R') + (U R U' R')) + (R U' R') + (U R U' R')$

### 3. Layer 2

Layer pertama selesai dan Dodi melanjutkan dengan menyelesaikan layer kedua dengan menggunakan kasus 1, lalu kembali kasus 1 kemudian menggunakan kasus 2 lalu terakhir dengan kasus 1. Kalau secara rumus akan nampak seperti  $(U R U' R' U' F' U F) + (U R U' R' U' F' U F) + (U' L' U L U F U' F') + (U R U' R' U' F' U F)$

### 4. OLL

Setelah layer kedua jadi, disini Dodi langsung menggunakan OLL untuk menyelesaikannya yaitu dengan rumus  $F R' F R U R U' R'$  atau dalam kata lain Dodi menggunakan kasus ke 23 pada OLL.

### 5. PLL

Setelah menggunakan kasus 23 pada OLL, Dodi kembali menggunakan metode CFOP yaitu PLL dengan menggunakan kasus 5 pada PLL yaitu dengan rumus  $M2 U M2 U2 M2 U M2$ .

Langkah-langkah Dodi saat menyelesaikan Rubik's Cube 3x3 menunjukkan bahwa ia menggunakan gabungan antara metode LBL dan CFOP. Pertama, Dodi membuat cross putih, yang merupakan tahap awal dari kedua metode tersebut. Setelah itu, ia menyusun layer pertama dengan menggunakan beberapa rumus yang sesuai dengan posisi sudut. Ia menggunakan kombinasi dari kasus 1, 2, dan 4 untuk menyelesaikan keempat sudut di lapisan pertama. Lalu, Dodi melanjutkan ke layer kedua dengan menggunakan rumus dari kasus 1 dan 2. Rumus ini ia pilih berdasarkan posisi edge yang ingin dipindahkan ke tempat yang benar. Setelah dua layer selesai, Dodi langsung menggunakan langkah OLL dari metode CFOP. Ia memilih case ke-23 untuk menyamakan warna sisi atas. Kemudian, ia melanjutkan

ke PLL dengan menggunakan kasus ke-8 untuk menempatkan semua bagian rubik ke posisi akhirnya. Dari langkah-langkah tersebut, terlihat bahwa Dodi tidak bersantai pada satu metode saja. Ia menggabungkan metode LBL dan CFOP agar proses penyelesaian rubik menjadi lebih cepat dan sesuai dengan kondisi rubik yang dihadapinya.

## **2. Konsep Geometri Transformasi Dalam Algoritma Penyelesaian Rubik's Cube 3x3**

Geometri transformasi adalah salah satu cabang ilmu dalam matematika yang mempelajari cara mengubah posisi, bentuk, atau ukuran suatu objek geometri melalui proses yang disebut transformasi. Transformasi ini dapat dilakukan dengan berbagai cara, antara lain translasi, refleksi, rotasi, dan dilatasi. Transformasi geometri ini berhubungan erat dengan permainan matematika seperti yang dikatakan oleh dosen matematika yaitu andi aras:

Jadi saya rasa hampir semua konsep yang ada di transformasi geometri bisa digunakan dalam aplikasi penyelesaian rubik itu sendiri, itukan pasti ada bentuk pencerminan yang terbentuk seperti kalau kita menggambarkan bentuk ikan dalam rubik itu maka di sebelah atau di sisi lainnya juga memungkinkan untuk membentuk gambar ikan, apalagi kalau rotasi hampir disetiap algoritma algoritmanya itu perlu melakukan rotasi seperti rotasi  $90^\circ$  dan rotasi  $180^\circ$  begitu juga dengan translasi yaitu pergeseran, jadi saya rasa ketiga konsep transformasi geometri itu bisa digunakan sebagai konsep dasar dalam penyelesaian rubik.<sup>51</sup>

Ini juga disebutkan oleh salah satu mahasiswa elektro nasyar:

Hubungan antara geometri transformasi dan penyelesaian rubik saya pikir sangat berhubungan dikarenakan dibutuhkan pergeseran dan rotasi dalam menyelesaikan rubik, contohnya dalam penerapan adalah menempatkan warna tertentu di tempat yang seharusnya di situ digunakan rumus dimana dalam rumus rumus rubik terdapat rotasi dan pergeseran.<sup>52</sup>

Selanjutnya disebutkan oleh salah satu mahasiswa matematika Fauzan :

---

<sup>51</sup> Andi Aras, Dosen, Wawancara di Kota Parepare Kecamatan Soreang, 14 Mei 2025

<sup>52</sup> Nasyar, Mahasiswa, Wawancara di Kota Parepare Kecamatan Soreang, 1 Mei 2025

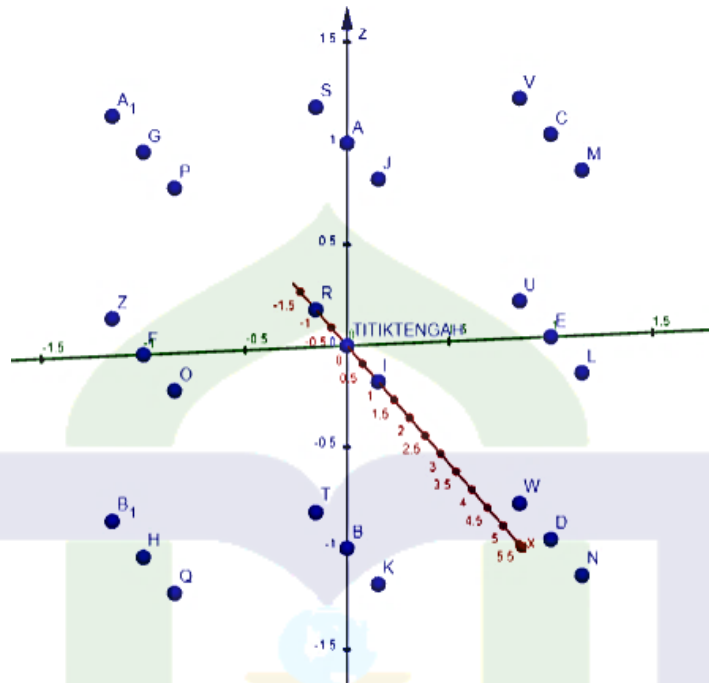
Saya rasa berhubungan(rubik dengan transformasi geometri) seperti yang pertama itu rotasi,refleksi dan translasi, misalnya pada rotasi kita putar pada bagian depannya itu yang disebut F, lalu untuk refleksi misalnya pad arubik kita pertama pusatkan dulu pada titik tertentu atau kita bisa menentukan titik pusatnya lalu melihat dimana refleksinya berada, kalau untuk translasi itu bisa kita lihat pada proses di selesaikannya layer ketiga, kita bisa lihat pergeseran kuning yang terjadi dan yang akan dilakukan.<sup>53</sup>

Dari beberapa wawancara diatas peneliti menyimpulkan bahwa rubik dan geometri transformasi sangat berhubungan dan memiliki konsep yang sama yaitu pada rotasi, refleksi, dan translasi, peneliti juga menemukan bahwa untuk membawa rubik ke konsep geometri transformasi kita membutuhkan pemetaan rubik di cordinat cartesius agar lebih mudah dalam pengimplementasian konsep geometri transformasi, rubik bisa di ibaratkan sebuah kubus dengan titik tengah (0,0,0) atau dalam rubik titik ini adalah pusat mekaisme rubik yang tidak terlihat, disebuah rubik's cube 3x3 terdapat 27 kubus kubus kecil, nah ini bisa kita ibaratkan sebuah titik dalam cordinat cartesius, pemetaannya dalam kordinat kartesius bisa kita lihat pada tabel dan gambar dibawah ini:

Tabel 4.5 Pemetaan Rubik di Kordinat Cartecius

ARAH	SUMBU	NILAI	WARNA
Atas	+z	+1	Kuning
Bawah	-z	-1	Putih
Kiri	-x	-1	Biru
Kanan	+x	+1	Hijau
Depan	+y	+1	Merah
Belakang	-y	-1	Orange

<sup>53</sup> Fauzan, Mahasiswa, Wawancara di Kota Parepare Kecamatan Soreang, 30 April 2025



Gambar 4.31 Titik Titik Rubik di Kordinat Cartecius

Pada tabel dan gambar diatas kita bisa lihat bahwa masing masing kubus sudah bisa kita tahu titik kordinatnya misalnya center kuning yaitu di kordinat  $(0,0,1)$ , setelah berhasil memetakan rubik di cordinat cartesius kita bisa lebih mudah mengetahui konsep geometri transformasi yaitu sebagai berikut:

#### 1. Refleksi

Refleksi dalam algoritma penyelesaian rubik's cube 3x3 memiliki keunikan tersendiri, dimana konsep refleksi tidak terlihat langsung, namun konsep refleksi yaitu pencerminan tetap ada dalam algoritma penyelesaian rubik's cube 3x3 ini bisa kita lihat contohnya pada algoritma edge layer 3 di kasus terakhir dimana edgenya tertukar bisa kita lihat pada gambar berikut:



Gambar 4.32 Refleksi Edge

Pada gambar diatas adalah contoh kasus edge layer 3 dan dapat diselesaikan dengan rumus  $M^2 U M^2 U^2 M^2$  tetapi kalau kita teliti melihatnya kita akan menemukan bahwa sebenarnya yang terjadi adalah kita menyelesaikan kasus diatas dengan merefleksikan edge merah kuning pada titik pusat center kuning begitupun dengan ketiga edge lainnya yang kita refleksikan terhadap titik pusat center kuning yang dimana hasil refleksi dari ke empatnya akan membuat warna yang sesuai dan menyelesaikan rubik's cube 3x3 ini. Pada kasus refleksi ini untuk merefleksi edge merah bisa kita hitung menggunakan pemetaan yang ada sebagai berikut:

Diketahui:

$$p = (0, -1, 1) = \text{edge merah kuning}$$

$$o = \text{Terhadap bidang XZ}$$

Keterangan:

$p$  = titik yang akan direfleksikan

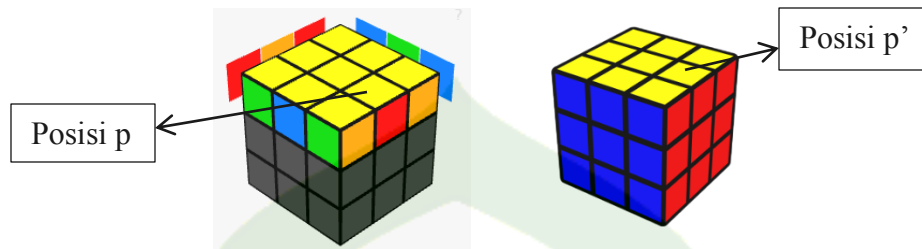
$o$  = titik pusat refleksi

Penyelesaian:

$$p' = (x, -y, z)$$



$p' = (0, 1, 1)$  = posisi sebenarnya edge merah



gambar 4.33 Sebelum dan Sesudah Refleksi

Dari contoh di atas, kita dapat menyimpulkan bahwa gerakan pada rubik's cube 3x3 dapat dijelaskan secara matematis melalui konsep refleksi. Refleksi membantu kita memahami bagaimana posisi cubie berpindah secara simetris terhadap bidang atau titik tertentu. Ini menunjukkan bahwa rubik tidak hanya permainan logika, tetapi juga memiliki dasar geometri yang kuat.

## 2. Translasi

Dalam permainan rubik's cube 3x3, meskipun gerakan utamanya adalah rotasi pada setiap sisi atau lapisan, kita tetap dapat mengenali adanya konsep translasi secara konseptual. Translasi, dalam pengertian umum, adalah perpindahan suatu benda dari satu tempat ke tempat lain tanpa mengubah bentuk atau orientasinya. Pada rubik, saat kita memutar salah satu sisi, kotak-kotak kecil atau cubie baru, mengikuti arah tertentu sesuai dengan rotasi yang dilakukan. berpindah dari satu posisi ke posisi lainnya. Perpindahan ini dapat dianggap sebagai bentuk translasi karena cubie tersebut bergeser dari tempat semula menuju tempat semestinya.

Contohnya bisa kita lihat pada kasus layer kedua, di mana pada tahap ini rubik dipecahkan dengan menggunakan algoritma tertentu yang bertujuan untuk memindahkan edge dengan warna merah-hijau ke posisi yang seharusnya, yaitu di antara center merah dan hijau. Meskipun perpindahannya dilakukan melalui serangkaian rotasi, secara logika edge tersebut mengalami perpindahan dari satu tempat ke tempat lain sesuai dengan arah dan urutan langkah yang kita jalankan. Inilah yang menggambarkan konsep translasi secara tidak langsung cubie berpindah tempat tanpa mengalami perubahan bentuk atau orientasi warna secara keseluruhan.

Dalam hal ini, tujuan algoritma bukan hanya memindahkan edge tersebut, tetapi juga memastikan bahwa cubie-cubie lain di sekitar tetap berada di tempatnya tanpa terganggu. Maka, dapat dikatakan bahwa setiap langkah dalam menyelesaikan layer kedua tidak hanya mengandalkan rotasi semata, tetapi juga mengatur perpindahan sistematis antar cubie, yang secara konsep mengandung unsur translasi sebagai bagian dari strategi penyelesaian rubik's cube secara menyeluruh. Dari contoh kasus di atas, proses translasinya sebenarnya dapat dihitung dan dianalisis dengan lebih sistematis melalui pemetaan posisi cubie yang telah dibuat sebelumnya seperti sebagai berikut:

Diketahui:

$$p = (0, 1, 1) = \text{edge merah hijau}$$

$$p' = (1, 1, 0)$$

Keterangan:

$p$  = titik yang akan ditranslasikan

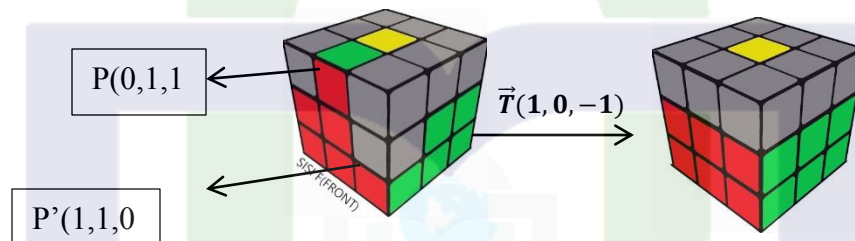
$p'$  = titik tujuan translasi

Penyelesaian:

$$\vec{T} = p' - p$$

$$\vec{T} = (1, 1, 0) - (0, 1, 1)$$

$$\vec{T} = (1, 0, -1)$$



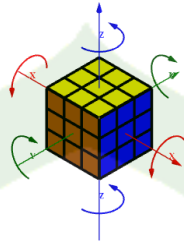
Gambar 4.34 Sebelum Dan Sesudah Translasi

Vektor  $\vec{T}$  merupakan representasi arah atau lintasan perubahan posisi dari tepi merah-biru dalam kubus rubik 3x3. Vektor ini menggambarkan bagaimana cubie tersebut harus dipindahkan dari posisi awalnya ke yang benar, yaitu tepat berada di antara center merah dan center biru pada layer kedua. Dengan kata lain  $\vec{T}$  Menunjukkan langkah perpindahan yang dibutuhkan agar edge tersebut menempati tempat yang sesuai dengan warnanya, sehingga konfigurasi rubik menjadi lebih mendekati keadaan terselesaikan.

### 3. Rotasi

Rotasi dalam algoritma penyelesaian rubik's cube 3x3 menjadi salah satu konsep penting dalam melihat notasi yang ada, contohnya pada notasi R yang bisa di artikan right atau bisa juga diartikan memutar bagian rubik

sebelah kanan, dalam rotasi memiliki konsep derajat yang dimana kalau di rubik untuk membuat rubiknya tetap berbentuk cube maka rotasi yang digunakan adalah rotasi **90°**, **180°**, **270°**, **360°**, kita bisa lihat ilustrasinya



di gambar berikut:

Gambar 4.35 Rotasi dalam Rubik's Cube

Dapat dilihat pada gambar diatas bahwa rotasi dalam rubik bisa dilakukan di semua sisinya dengan notasi matematika yaitu rotasi sumbu  $x$ ,  $y$  dan  $z$ , hal ini bisa kita kaitkan dengan rumus dari rotasi 3 dimensi yang telah ada untuk menghitung letak cubie yang dirotasikan rumus ini bisa kita lihat pada tabel berikut:

Tabel 4.6 Rumus Rotasi

Sumbu rotasi	Matriks rotasi	Keterangan
Sumbu $x$	$\begin{pmatrix} y' \\ z' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \alpha & -\sin \alpha \\ \sin \alpha & \cos \alpha \end{pmatrix} \begin{pmatrix} y \\ z \end{pmatrix}$	Rotasi terhadap subu $x$ hanya $y$ dan $z$ yang berubah
Sumbu $y$	$\begin{pmatrix} x' \\ z' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \alpha & \sin \alpha \\ -\sin \alpha & \cos \alpha \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ z \end{pmatrix}$	Rotasi terhadap subu $y$ hanya $x$ dan $z$ yang berubah
Sumbu $z$	$\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \alpha & -\sin \alpha \\ \sin \alpha & \cos \alpha \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$	Rotasi terhadap subu $z$ hanya $x$ dan $y$ yang

		berubah
--	--	---------

Rotasi bisa kita temui di semua algoritma penyelesaian rubik contohnya pada kasus 1 layer pertama dimana algoritma ini menggunakan 4 kali rotasi yaitu pertama U yaitu rotasi  $90^\circ$  pada sumbu z yang dimana titik pusatnya adalah center dari warna kuning yang berada di sisi paling atas lalu dilanjutkan dengan R yaitu rotasi  $90^\circ$  pada sumbu x yang titik pusatnya adalah center warna hijau lalu dilanjutkan dengan U' yaitu rotasi  $-90^\circ$  pada sumbu z yang titik pusatnya adalah center warna kuning lalu terakhir adalah R' yaitu rotasi  $-90^\circ$  pada sumbu x yang titik pusatnya adalah center warna hijau. Dengan memahami konsep rotasi pada kasus 1 layer pertama dan pemetaan yang sudah dilakukan kita bisa menghitung menggunakan konsep rotasi dengan kordinat cartesius yang ada, yaitu:

a. Rotasi Sumbu X

Rotasi sumbu x dalam permainan rubik adalah memutar dengan sumbu x sebagai titik pusatnya dalam hal ini center hijau atau center biru, rotasi sumbu x ini bisa berupa notasi dalam rubik seperti R,R',L,L',F,F' atau M, bisa kita lihat pada contoh dibawah yang merupakan kasus pertama pada layer pertama:

Diketahui:  $p = (1, 1, 1)$

$$\alpha = -90^\circ$$

$$o = (1, 0, 0)$$

Keterangan:

$p$  = Titik yang akan dirotasikan

$o$  = Titik pusat rotasi

$\alpha$  = Sudut rotasi

Penyelesaian

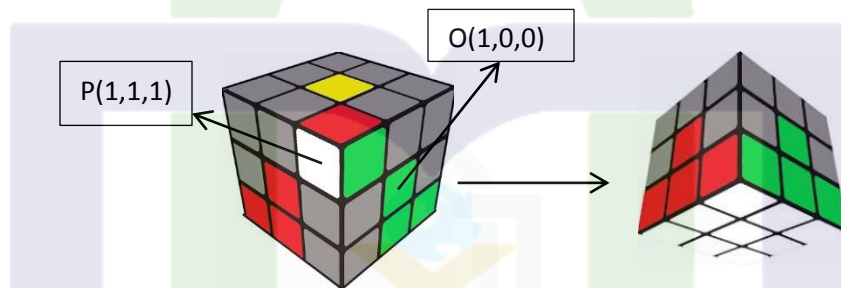
Karna rotasinya terhadap sumbu x maka x nya tetap atau tidak berubah

$$\begin{pmatrix} y' \\ z' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \alpha & -\sin \alpha \\ \sin \alpha & \cos \alpha \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} y' \\ z' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos -90^\circ & -\sin -90^\circ \\ \sin -90^\circ & \cos -90^\circ \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} y' \\ z' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ -1 \end{pmatrix}$$

Jadi  $p(1,1,1) \rightarrow p'(1,1,-1)$



Gambar 4.36 Sebelum Dan Sesudah Rotasi Sumbu X

#### b. Rotasi Sumbu Y

Rotasi sumbu y dalam permainan rubik adalah memutar dengan sumbu y sebagai titik pusatnya dalam hal ini center merah atau center orange, rotasi sumbu y ini bisa berupa notasi dalam rubik seperti R,R',L,L',F,F' atau M, bisa kita lihat pada contoh dibawah yang merupakan kasus pertama pada layer pertama:

Diketahui:  $p = (0, 1, 1)$

$$\alpha = -90^\circ$$

$$o = (0, 1, 0)$$

Keterangan:

$p$  = Titik yang akan dirotasikan

$\mathbf{o}$  = Titik pusat rotasi

$\alpha$  = Sudut rotasi

Penyelesaian

Karna rotasinya terhadap sumbu y maka y nya tetap atau tidak berubah

$$\begin{pmatrix} x' \\ z' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \alpha & -\sin \alpha \\ \sin \alpha & \cos \alpha \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ z \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} x' \\ z' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos -90^\circ & \sin -90^\circ \\ -\sin -90^\circ & \cos -90^\circ \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} x' \\ z' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -1 \\ 0 \end{pmatrix}$$

Jadi  $p(0,1,1) \rightarrow p'(-1,1,0)$

#### c. Rotasi Sumbu Z

Rotasi sumbu z dalam permainan rubik adalah memutar dengan sumbu y sebagai titik pusatnya dalam hal ini center putih atau center kuning, rotasi sumbu z ini bisa berupa notasi dalam rubik seperti R,R',L,L',F,F' atau M, tapi paling sering rotasi sumbu z ini adalah notasi U,U',B, atau B' bisa kita lihat pada contoh dibawah :

Diketahui:  $\mathbf{p} = (0, 1, 1)$

$\alpha = 90^\circ$

$\mathbf{o} = (0, 0, 1)$

Keterangan:

$\mathbf{p}$  = Titik yang akan dirotasikan

$\mathbf{o}$  = Titik pusat rotasi

$\alpha$  = Sudut rotasi

Penyelesaian

Karna rotasinya terhadap sumbu y maka y nya tetap atau tidak berubah

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \alpha & -\sin \alpha \\ \sin \alpha & \cos \alpha \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos 90^\circ & -\sin 90^\circ \\ \sin 90^\circ & \cos 90^\circ \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}$$

Jadi  $p(0,1,1) \rightarrow p'(1,0,1)$

Dari pemahaman diatas kita bisa menganalisa transformasi geometri apa yang digunakan Dodi dalam menyelesaikan Rubik's Cube 3x3, kita dapat melakukan analisis lebih lanjut untuk mengetahui jenis geometri transformasi apa saja yang diterapkan dalam setiap algoritma yang ia gunakan. Setiap gerakan dalam algoritma tersebut sebenarnya merupakan bentuk penerapan dari konsep transformasi geometri, seperti rotasi, translasi, dan refleksi dalam ruang tiga dimensi. Oleh karena itu, penting bagi kita untuk membedah dan mengkaji lebih dalam bagaimana transformasi-transformasi tersebut muncul dan berpartisipasi. Dalam strategi penyelesaian rubik yang dilakukan Dodi, dalam menyelesaikan layer 1 dodi menggunakan  $(U R U' R') + ((R U' R') + (U R U' R')) + (R U' R') + (U R U' R')$  yang dimana kalau kita bawa kedalam geometri transformasi maka akan seperti berikut:

Pada  $(U R U' R')$  Dodi mengerjakan corner hijau putih orange, maka rumus yang terbentuk adalah

Diketahui:

$$\mathbf{a} = (1, -1, 1) = \text{Corner hijau putih orange}$$

$$\mathbf{a}' = (1, -1, -1)$$

Keterangan:

$\mathbf{a}$  = titik yang akan ditranslasikan

$\mathbf{a}'$  = titik tujuan translasi

Penyelesaian:

$$\vec{T} = \mathbf{a}' - \mathbf{a}$$



$$\vec{T} = (1, -1, -1) - (1, -1, 1)$$

$$\vec{T} = (0, 0, -2)$$

Jadi  $\vec{T} = (0, 0, -2)$  melambangkan (U R U' R') untuk corner hijau putih orange

Selanjutnya untuk (( R U' R')+( U R U' R'))

Diketahui:

$a = (-1, -1, -1)$  = Corner biru putih orange

$$a' = (-1, -1, 1)$$

$$a'' = (-1, -1, -1)$$

Keterangan:

$a$  = titik yang akan ditranslasikan

$a'$  = titik tujuan translasi ( R U' R')

$a''$  = titik tujuan translasi (( R U' R')+( U R U' R'))

Penyelesaian:

$$\vec{T} = a' - a$$

$$\vec{T} = (-1, -1, 1) - (-1, -1, -1)$$

$$\vec{T} = (0, 0, 2)$$

$$\vec{T} = a'' - a'$$

$$\vec{T} = (-1, -1, -1) - (-1, -1, 1)$$

$$\vec{T} = (0, 0, -2)$$

Jadi  $\vec{T} = (0, 0, 2)$ ,  $\vec{T} = (0, 0, -2)$  melambangkan (( R U' R')+( U R U' R')) untuk corner biru putih orange

Selanjutnya untuk ( R U' R')

Diketahui:

$a = (-1, 1, 1)$  = Corner biru putih merah

$$\mathbf{a}' = (-1, 1, -1)$$

Keterangan:

$\mathbf{a}$  = titik yang akan ditranslasikan

$\mathbf{a}'$  = titik tujuan translasi

Penyelesaian:

$$\vec{T} = \mathbf{a}' - \mathbf{a}$$

$$\vec{T} = (-1, 1, -1) - (-1, 1, 1)$$

$$\vec{T} = (0, 0, -2)$$

Jadi  $\vec{T} = (0, 0, -2)$  melambangkan ( R U' R' ) untuk corner biru putih merah

Selanjutnya untuk ( U R U' R' )

Diketahui:

$\mathbf{a} = (1, 1, 1)$  = Corner hijau putih merah

$\mathbf{a}' = (1, 1, -1)$

Keterangan:

$\mathbf{a}$  = titik yang akan ditranslasikan

$\mathbf{a}'$  = titik tujuan translasi

Penyelesaian:

$$\vec{T} = \mathbf{a}' - \mathbf{a}$$

$$\vec{T} = (1, 1, -1) - (1, 1, 1)$$

$$\vec{T} = (0, 0, -2)$$

Jadi  $\vec{T} = (0, 0, -2)$  melambangkan ( U R U' R' ) untuk corner hijau putih merah

Lalu selanjutnya pada tahap menyelesaikan layer 2 Dodi menggunakan ( U R U' R' U' F' U F ) + ( U R U' R' U' F' U F ) + ( U' L' U L U F U' F' ) + ( U R U' R' U' F' U

F) yang dimana kalau kita bawa kedalam geometri transformasi maka akan seperti berikut:

Pada (U R U' R' U' F' U F) Dodi mengerjakan edge hijau orange, maka rumus yang terbentuk adalah

Diketahui:

$$\mathbf{a} = (1, 0, 1) = \text{edge hijau orange}$$

$$\mathbf{a}' = (1, -1, 0)$$

Keterangan:

$\mathbf{a}$  = titik yang akan ditranslasikan

$\mathbf{a}'$  = titik tujuan translasi

Penyelesaian:

$$\vec{T} = \mathbf{a}' - \mathbf{a}$$

$$\vec{T} = (1, -1, 0) - (1, 0, 1)$$

$$\vec{T} = (0, -1, -1)$$

Jadi  $\vec{T} = (0, -1, -1)$  melambangkan (U R U' R' U' F' U F) untuk edge hijau orange

Selanjutnya untuk (U R U' R' U' F' U F) untuk edge biru orange

Diketahui:

$$\mathbf{a} = (0, -1, 1) = \text{edge biru orange}$$

$$\mathbf{a}' = (-1, -1, 0)$$

Keterangan:

$\mathbf{a}$  = titik yang akan ditranslasikan

$\mathbf{a}'$  = titik tujuan translasi

Penyelesaian:

$$\vec{T} = \mathbf{a}' - \mathbf{a}$$

$$\vec{T} = (-1, -1, 0) - (0, -1, 1)$$

$$\vec{T} = (-1, 0, -1)$$

Jadi  $\vec{T} = (-1, 0, -1)$  melambangkan (U R U' R' U' F' U F) untuk edge biru orange

Selanjutnya untuk (U' L' U L U F U' F') untuk edge hijau merah

Diketahui:

$\mathbf{a} = (1, 0, 1)$  = edge hijau merah

$$\mathbf{a}' = (1, 1, 0)$$

Keterangan:

$\mathbf{a}$  = titik yang akan ditranslasikan

$\mathbf{a}'$  = titik tujuan translasi

Penyelesaian:

$$\vec{T} = \mathbf{a}' - \mathbf{a}$$

$$\vec{T} = (1, 1, 0) - (1, 0, 1)$$

$$\vec{T} = (0, 1, -1)$$

Jadi  $\vec{T} = (0, 1, -1)$  melambangkan (U' L' U L U F U' F') untuk edge biru orange

Selanjutnya untuk (U R U' R' U' F' U F) untuk edge biru merah

Diketahui:

$\mathbf{a} = (-1, 0, 1)$  = edge biru merah

$$\mathbf{a}' = (-1, 1, 0)$$

Keterangan:

$\mathbf{a}$  = titik yang akan ditranslasikan

$\mathbf{a}'$  = titik tujuan translasi

Penyelesaian:

$$\vec{T} = \mathbf{a}' - \mathbf{a}$$

$$\vec{T} = (-1, 1, 0) - (-1, 0, 1)$$

$$\vec{T} = (0, 1, -1)$$

Jadi  $\vec{T} = (0, -1, -1)$  melambangkan (U R U' R' U' F' U F) untuk edge biru merah

Lalu selanjutnya pada tahap menyelesaikan layer 3 pertama Dodi menggunakan F R' F R U R U' R' untuk mengerjakan edge dan corner yang memiliki warna kuning, maka rumus yang terbentuk adalah  $\vec{T} = (0, 0, 0)$  karna rumus ini hanya membalikkan posisi cubie tanpa memindahkan posisi cubie nya maka bisa dikatakan bahwa rumus ini kalau dilambangkan dengan translasi adalah  $\vec{T} = (0, -1, -1)$ .

Lalu selanjutnya pada tahap menyelesaikan layer 3 akhir Dodi menggunakan M2 U M2 U2 M2 U M2 yang dimana kalau kita bawa kedalam geometri transformasi maka akan seperti berikut:

$p = (1, 0, 1)$  = edge biru kuning

$o$  = Terhadap bidang yz

Keterangan:

$p$  = titik yang akan direfleksikan

$o$  = titik pusat refleksi

Penyelesaian:

$$p' = (-x, y, z)$$

$$p' = (-1, 0, 1)$$

Dari contoh di atas, dapat kita lihat bahwa perputaran rubik sebenarnya bukan hanya sekedar aktivitas fisik atau permainan semata, melainkan dapat dianalisis dan dihitung secara sistematis menggunakan konsep-konsep matematika, khususnya dalam bidang geometri transformasi. Dengan menggunakan konsep rotasi serta

pemetaan, kita dapat memahami dan memodelkan setiap gerakan pada rubik's cube 3x3 secara matematis. Setiap putaran pada sisi rubik dapat direpresentasikan sebagai transformasi rotasi terhadap sumbu tertentu, dan posisi setiap kotak kecil bisa dipetakan secara presisi. Dengan demikian, pemahaman tentang rotasi dan pemetaan tidak hanya membantu dalam menyelesaikan rubik's cube dengan lebih efisien, tetapi juga menunjukkan bahwa permainan ini memiliki dasar matematika yang kuat dan dapat menjadi sarana pembelajaran konsep matematika yang menyenangkan dan aplikatif.

### **3. Rancangan Implementasi Pelatihan Rubik dengan Pendekatan Konsep Geometri Transformasi**

Dalam pembelajaran matematika khususnya transformasi geometri hal yang paling penting biasanya adalah konsep dari transformasi itu sendiri maka dari itu muncul berbagai teknik dan model pembelajaran yang beragam agar siswa dapat memahami konsep transformasi geometri dengan mudah. Salah satu teknik yang bisa digunakan adalah dengan memperlihatkan konsep transformasi geometri secara langsung menggunakan barang yang biasa siswa jumpai di kehidupan sehari-hari yaitu rubik's cube 3x3 hal ini sejalan dengan perkataan dosen Tadris Matematika Andi Aras yaitu:

Rubik ini bisa menjadi alternatif pembelajaran geometri transformasi karena algoritma yang ada di rubik ini sebenarnya bersesuaian dengan konsep konsep yang ada di geometri transformasi.<sup>54</sup>

Salah satu mahasiswa, Fauzan, menyampaikan bahwa keberadaan rubik 3 dimensi membuat konsep geometri transformasi menjadi lebih mudah dipahami karena dapat divisualisasikan secara langsung melalui pergerakan setiap sisi rubik. Ia

---

<sup>54</sup> Andi Aras, Dosen, Wawancara di Kota Parepare Kecamatan Soreang, 14 Mei 2025

menilai bahwa rotasi, orientasi, dan simetri dapat diamati dengan jelas melalui aktivitas memutar rubik.<sup>55</sup> Hal serupa juga diungkapkan oleh Nastyar yang berpendapat bahwa rubik sangat membantu dalam memahami konsep transformasi karena bentuknya yang nyata memungkinkan siswa untuk melihat dan merasakan perubahan posisi secara langsung, sehingga konsep-konsep tersebut tidak lagi bersifat abstrak.<sup>56</sup>

Pembelajaran konsep geometri transformasi merupakan bagian penting dalam matematika yang mencakup rotasi, translasi, refleksi, dan dilatasi, yang semuanya menggambarkan bagaimana suatu objek dapat dipindahkan atau diubah posisinya dalam bidang maupun ruang. Konsep ini sering kali bersifat abstrak bagi siswa, terutama ketika dijelaskan hanya melalui gambar atau rumus di papan tulis. Oleh karena itu, untuk menjembatani pemahaman antara teori dan praktik, pelatihan implementasi rubik 3x3 menjadi salah satu alternatif yang efektif dan menarik. Langkah-langkah dalam implementasi pelatihan rubik 3x3 diawali dengan kegiatan pembukaan yang bertujuan untuk memberikan pengantar dan memotivasi peserta mengenai pentingnya kegiatan ini. Fasilitator menyampaikan bahwa pelatihan ini bukan hanya mengajarkan cara menyelesaikan rubik sebagai permainan logika, tetapi juga menjadi sarana untuk mengintegrasikan konsep matematika, khususnya materi geometri transformasi. Penjelasan ini diharapkan dapat membangun ketertarikan dan kesiapan peserta untuk mengikuti setiap tahapan dengan semangat belajar yang tinggi. Pada tahap ini pula disampaikan gambaran umum isi kegiatan, metode yang digunakan, dan hasil yang ingin dicapai, baik dari sisi keterampilan menyusun rubik maupun dari pemahaman konsep matematikanya.

---

<sup>55</sup> Fauzan, Mahasiswa, Wawancara di Kota Parepare Kecamatan Soreang, 30 April 2025

<sup>56</sup> Nastyar, Mahasiswa, Wawancara di Kota Parepare Kecamatan Soreang, 1 Mei 2025



Gambar 4.37 Proses Pelatihan Rubik's Cube 3x3

Tahapan berikutnya adalah pengenalan rubik secara fisik dan struktural. Peserta diajak mengenal bagian-bagian dari rubik 3x3 seperti center, edge, dan corner, serta memahami sifat-sifatnya, misalnya bahwa center bersifat tetap dan menjadi acuan warna pada masing-masing sisi. Fasilitator kemudian memperkenalkan notasi gerakan dasar yang digunakan secara internasional, seperti R (right), L (left), U (up), D (down), F (front), B (back) dan simbol arah seperti invers (') untuk rotasi berlawanan arah jarum jam. Pada tahap ini, peserta diajak mencoba langsung melakukan gerakan-gerakan dasar untuk membangun pemahaman awal mengenai bagaimana cubie berpindah posisi saat sisi diputar.

Setelah penguasaan dasar dilakukan, kegiatan dilanjutkan ke tahapan yang lebih terstruktur yaitu pengenalan algoritma dan metode penyelesaian rubik. Fasilitator mengenalkan metode dasar seperti Layer by Layer (LBL), yaitu membuat cross, menyelesaikan layer pertama, dan memindahkan edge layer kedua. Peserta diajak untuk memahami bahwa setiap algoritma memiliki tujuan yang spesifik, yaitu memindahkan cubie tertentu ke posisi yang benar tanpa merusak posisi cubie yang telah tersusun. Kegiatan ini dilakukan secara bertahap dan sistematis agar peserta dapat mengikuti logika langkah-langkahnya dengan baik.



Tahap berikutnya adalah integrasi konsep matematika, terutama geometri transformasi, ke dalam aktivitas menyusun rubik. Di sini peserta diperkenalkan dengan konsep rotasi, yaitu gerakan memutar sisi rubik yang secara nyata merupakan bentuk transformasi rotasi dalam ruang tiga dimensi. Selain itu, konsep translasi dijelaskan secara konseptual sebagai perpindahan cubie dari satu posisi ke posisi lain mengikuti arah tertentu, meskipun perpindahannya terjadi melalui rotasi. Pada beberapa situasi, peserta juga diperkenalkan dengan refleksi, terutama ketika membahas pola simetri yang muncul saat cubie berpindah tempat secara berlawanan namun tetap mempertahankan orientasi warnanya. Penjelasan ini disertai dengan contoh-contoh sederhana, visualisasi arah gerak, dan latihan yang melibatkan pengamatan langsung terhadap perubahan posisi cubie.



Gambar 4.38 Latihan peraktek mandiri menyusun rubik

Setelah mendapatkan materi, peserta diberi kesempatan untuk melakukan latihan praktik secara mandiri. Pada tahap ini, peserta menyusun rubik berdasarkan tahapan yang sudah diajarkan, dengan tetap didampingi fasilitator jika mengalami kesulitan. Latihan ini juga membuka ruang diskusi dan kolaborasi antarpeserta, sehingga mereka bisa saling berbagi strategi, memperkuat pemahaman algoritma, dan mengaitkannya dengan konsep transformasi geometri yang sedang dipelajari. Praktik

ini bertujuan memperkuat pemahaman melalui pengalaman langsung, sekaligus membangun kepercayaan diri peserta dalam menyelesaikan rubik secara bertahap. Kegiatan diakhiri dengan sesi refleksi dan evaluasi, dimana peserta diminta untuk menyampaikan kesan, pemahaman, dan tantangan yang mereka alami selama pelatihan. Hal ini bisa kita lihat pada hasil wawancara peserta yang ikut pelatihan rubik yaitu Khusnul Khatimah :

Menurut saya pelatihan rubik ini sangat menyenangkan apalagi ada konsep matematika yang membantu dalam memahami konsep yang ada dalam rubik seperti notasi.<sup>57</sup>

Selanjutnya ada peserta lainnya yaitu Sari Ayu mengatakan bahwa :

Pendapat saya pada pelatihan rubik ini yaitu sangat bermanfaat karna menambah wawasan, melatih logika dan menambah konsentrasi. Konsep matematika yaitu transformasi geometri dan kubus juga sangat membantu dalam memahami notasi dan algoritma rubik.<sup>58</sup>

Dari hasil wawancara yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa pelatihan rubik memberikan dampak positif terhadap proses peserta, baik dari segi kognitif maupun afektif.

## **B. Pembahasan**

### **1. Algoritma Rubik's cube 3x3**

Observasi lapangan (Tabel 4.2) memperlihatkan bahwa seluruh informan berangkat dari fondasi metode Layer-by-Layer (LBL), tetapi beralih secara selektif ke fragmen algoritma CFOP (Cross-F2L-OLL-PLL) ketika konfigurasi tertentu membutuhkan efisiensi rotasi. Contoh alur yang diambil informan “Dodi” menunjukkan hibridisasi aktif antara LBL dan CFOP—ia menyelesaikan dua layer

---

<sup>57</sup> Khusnul Khatimah, Mahasiswa, Wawancara di Kota Parepare Kecamatan Soreang, 20 Juni 2025

<sup>58</sup> Sari Ayu, Mahasiswa, Wawancara di Kota Parepare Kecamatan Soreang, 20 Juni 2025

pertama dengan urutan lima kasus LBL, lalu langsung menerapkan OLL ke-23 dan PLL ke-8 milik CFOP untuk lapisan terakhir . Kombinasi semacam itu menjelaskan mengapa catatan waktu terbaik keempat partisipan berada pada rentang 16,3 s – 28,7 s (Tabel 4.1). Rata-rata 23,4 detik tersebut lebih cepat  $\pm 35\%$  dibanding capaian pemula yang hanya memakai LBL murni. Dengan kata lain, strategi “algoritma campuran” terbukti meningkatkan kinerja tanpa mengorbankan kestabilan langkah, sejalan dengan temuan Tom Davis bahwa fleksibilitas algoritma memperpendek jalur penyelesaian.

## **2. Konsep Transformasi Geometri Transformasi Dalam Algoritma Rubik's Cube 3x3**

Rotasi merupakan bentuk transformasi geometri yang paling dominan dalam algoritma penyelesaian Rubik's Cube 3x3. Setiap notasi gerak seperti R (right), U (up), F (front), dan notasi arah sebaliknya pada dasarnya merepresentasikan rotasi sebesar  $90^\circ$  atau  $180^\circ$  terhadap salah satu sumbu ruang, yaitu sumbu X, Y, atau Z. Rotasi ini dapat dimodelkan secara matematis menggunakan matriks rotasi  $3 \times 3$ , sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 4.4 dalam skripsi. Dengan bantuan matriks tersebut, posisi cubie dapat dipetakan secara presisi baik sebelum maupun sesudah rotasi dilakukan. Proses rotasi ini bersifat isometri, artinya jarak antarcubie tidak berubah, hanya posisi relatifnya yang berpindah. Hasil analisis dari rangkaian foto yang ditampilkan dalam Gambar 4.35 hingga 4.36 menunjukkan bahwa rotasi satu lapisan rubik tidak mengubah struktur keseluruhan kubus, melainkan hanya memindahkan posisi cubie dalam lintasan melingkar yang tetap. Lebih jauh lagi, ketika rotasi dilakukan secara berurutan, gerakan-gerakan tersebut membentuk sebuah komposisi transformasi yang bersifat grup, di mana setiap gerakan memiliki invers, identitas, dan bersifat tertutup terhadap operasi komposisi. Hal ini sangat

sesuai dengan konsep dasar teori grup dalam matematika yang juga menjadi salah satu fondasi utama dalam struktur penyelesaian Rubik. Temuan ini menguatkan pernyataan dari salah satu informan yang merupakan dosen matematika, bahwa “rotasi hadir di hampir setiap algoritma” dan berperan sebagai tulang punggung utama dalam mekanisme penyelesaian rubik.

Selain rotasi, konsep translasi juga dapat dikenali dalam pergerakan cubie rubik, meskipun secara mekanik rubik tidak memungkinkan terjadinya translasi linier secara langsung. Namun, jika dianalisis dari perubahan posisi cubie berdasarkan sistem koordinat Kartesius yang berpusat di titik  $(0, 0, 0)$ , maka perpindahan tersebut dapat dimodelkan sebagai vektor translasi. Dalam pemetaan ini, setiap cubie pada rubik  $3 \times 3$  dapat diberi koordinat  $\pm 1$  sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 4.3 dan Gambar 4.31. Dari pemetaan tersebut, dapat diketahui bahwa perpindahan cubie akibat rotasi sebenarnya mencerminkan perpindahan koordinat yang bisa direpresentasikan sebagai vektor. Misalnya, pada saat edge merah-biru berpindah dari titik  $(1, 1, 0)$  ke titik  $(1, -1, 0)$  akibat rotasi sisi depan (F) yang diikuti dengan rotasi sisi atas berlawanan arah ( $U'$ ), perpindahan tersebut setara dengan vektor translasi  $(0, -2, 0)$ . Translasi konseptual seperti ini sangat membantu peserta pelatihan dalam memahami pola pergerakan cubie, sehingga mereka dapat memprediksi posisi akhir cubie dengan bantuan analisis spasial daripada sekadar menghafal algoritma.

Sementara itu, refleksi muncul sebagai transformasi yang tidak secara eksplisit disebutkan dalam notasi gerakan Rubik, namun dapat diamati secara nyata dalam hasil akhir dari komposisi algoritma tertentu. Refleksi ini biasanya muncul ketika suatu algoritma dijalankan dalam bentuk invers, atau ketika terjadi

pembalikan posisi cubie yang membentuk pola simetris terhadap bidang tertentu. Sebagai contoh, pada urutan gerakan  $F R U R' U' F'$ , posisi edge tertentu mengalami perubahan arah yang membentuk bayangan cermin terhadap bidang  $YZ$ , sebagaimana divisualisasikan dalam Gambar 4.32 dan 4.33. Meskipun rotasi tetap menjadi transformasi yang digunakan secara langsung dalam rubik, namun hasil komposisi dari rotasi-rotasi tersebut sering kali menghasilkan efek pencerminan yang sesuai dengan konsep refleksi dalam geometri. Temuan ini memperkaya pemahaman peserta terhadap transformasi geometri karena mereka dapat mengenali adanya kesimetrian dan pencerminan dalam pola-pola warna maupun posisi cubie, sekaligus menunjukkan bahwa meskipun rubik tidak menyatakan refleksi sebagai gerakan dasar, prinsip ini tetap hadir sebagai hasil dari kombinasi rotasi dalam bentuk tertentu.

Dari contoh algoritma Dodi menyelesaikan rubik yang di konversi ke transformasi geometri, dapat kita lihat bahwa perputaran rubik sebenarnya bukan hanya sekadar aktivitas fisik atau permainan semata, melainkan dapat dianalisis dan dihitung secara sistematis menggunakan konsep-konsep matematika, khususnya dalam bidang geometri transformasi. Dengan menggunakan konsep rotasi serta pemetaan, kita dapat memahami dan memodelkan setiap gerakan pada rubik's cube  $3 \times 3$  secara matematis. Setiap putaran pada sisi rubik dapat direpresentasikan sebagai transformasi rotasi terhadap sumbu tertentu, dan posisi setiap kotak kecil bisa dipetakan secara presisi. Dengan demikian, pemahaman tentang rotasi dan pemetaan tidak hanya membantu dalam menyelesaikan rubik's cube dengan lebih efisien, tetapi juga menunjukkan bahwa permainan ini memiliki dasar matematika yang kuat

dan dapat menjadi sarana pembelajaran konsep matematika yang menyenangkan dan aplikatif.

### **3. Implementasi Pelatihan rubik's cube dengan pendekatan transformasi geometri**

Hasil implementasi pelatihan rubik memperlihatkan bahwa penggunaan rubik  $3 \times 3$  sebagai media konkret mampu menjembatani konsep abstrak transformasi geometri ke pengalaman belajar yang bersifat langsung dan kontekstual. Testimoni dari narasumber—baik dosen, mahasiswa, maupun peserta umum—mengindikasikan bahwa visualisasi rotasi, translasi, dan refleksi melalui gerakan cubie mempermudah internalisasi konsep. Dosen Tadris Matematika, Andi Aras, menegaskan bahwa kesesuaian algoritma rubik dengan prinsip geometri transformasi menjadikan permainan ini alternatif ajar yang sah, sedangkan mahasiswa Fauzan dan Nastyar menyoroti manfaat rubik sebagai objek tiga dimensi yang dapat diobservasi secara langsung, sehingga proses imajinasi ruang tersederhanakan.

Secara kognitif, peserta menunjukkan peningkatan kemampuan menalar gerak objek dalam ruang, mengenali pola simetri, dan merumuskan vektor perpindahan cubie. Hal ini tercermin dari berkurangnya ketergantungan mereka pada hafalan algoritma; peserta mulai mampu memprediksi posisi akhir cubie dengan menganalisis arah rotasi dan orientasi sumbu, sebagaimana terkonfirmasi dalam sesi diskusi pasca praktik. Pada ranah afektif, wawancara dengan Khusnul Khatimah dan Sari Ayu menegaskan bahwa pelatihan bersifat menyenangkan, menambah wawasan, melatih logika, serta meningkatkan konsentrasi. Kehadiran permainan sebagai media belajar menstimulasi motivasi intrinsik—peserta merasa tertantang sekaligus terhibur, mendorong mereka untuk terus berlatih di luar pelatihan.

Dari perspektif pedagogis, pelatihan ini juga memvalidasi teori konstruktivistik: peserta membangun konsep melalui manipulasi objek riil, refleksi mandiri, dan interaksi sosial<sup>59</sup>. Peneliti berperan sebagai mediator yang mengaitkan pengalaman konkret dengan terminologi matematis, misalnya ketika menafsirkan rotasi R, U, dan F ke dalam matriks rotasi  $3 \times 3$  atau memetakan perpindahan cubie ke vektor translasi dalam koordinat Kartesius.



---

<sup>59</sup> Suparlan Suparlan, "Teori Konstruktivisme Dalam Pembelajaran," *Islamika* 1, no. 2 (2019):, <https://doi.org/10.36088/islamika.v1i2.208>.

## BAB V

### PENUTUP

#### A. Simpulan

1. Penyelesaian Rubik's Cube  $3 \times 3$  sangat bergantung pada pemahaman notasi dasar dan penerapan algoritma yang sistematis. Dua metode utama, yaitu Layer by Layer (LBL) dan CFOP, menunjukkan perbedaan efisiensi, di mana CFOP menghasilkan waktu penyelesaian yang lebih cepat. Hasil observasi juga menunjukkan bahwa pemain berpengalaman sering menggabungkan kedua metode secara adaptif untuk menyesuaikan dengan kondisi rubik. Hal ini membuktikan bahwa Rubik tidak hanya mengandalkan hafalan, tetapi juga penerapan logika, strategi, dan pemahaman transformasi geometri secara nyata.
2. Rubik's Cube  $3 \times 3$  memuat tiga unsur utama dalam geometri transformasi: rotasi, refleksi, dan translasi. Rotasi terlihat dari setiap putaran sisi kubus, refleksi muncul saat algoritma dibalik menghasilkan pola cermin, dan translasi tampak dari perpindahan cubie ke posisi lain. Ketiganya menjadikan rubik media nyata untuk memahami transformasi geometri.
3. Pelatihan rubik  $3 \times 3$  membantu peserta memahami transformasi geometri secara lebih mudah dan nyata. Gerakan cubie memvisualisasikan rotasi, translasi, dan refleksi dengan jelas, sehingga peserta lebih paham tanpa bergantung pada hafalan. Selain meningkatkan logika dan konsentrasi, rubik juga membuat belajar matematika menjadi lebih menyenangkan dan bermakna.



## B. Saran

1. Untuk sekolah dan institusi pendidikan, disarankan untuk mendukung dan memfasilitasi penggunaan media pembelajaran alternatif seperti Rubik's Cube dalam proses pembelajaran matematika. Hal ini dapat diwujudkan melalui pelatihan guru, pengadaan alat peraga, atau pengembangan modul pembelajaran berbasis permainan edukatif.
2. Untuk peneliti selanjutnya, penelitian ini dapat dikembangkan lebih lanjut dengan menggunakan pendekatan kuantitatif untuk mengukur efektivitas penggunaan Rubik's Cube terhadap peningkatan hasil belajar siswa. Penelitian juga dapat diperluas dengan melibatkan lebih banyak partisipan dan dilakukan di berbagai jenjang pendidikan untuk melihat konsistensi dan perbedaan dampaknya.

## DAFTAR PUSTAKA

*Al-Qur'an Al-Karim*

Abigeil, Febriola Sabatini. "Analisis Algoritma Pencarian Solusi Pada Permainan Rubik Dan Aplikasi Pada Pembelajaran Matematika" 9, no. 2 (2024).

Adi Santosa. "Pendekatan Konseptual Dalam Proses Perancangan Interior." *Dimensi Interior* 3, no. 2 (2005).

Adi, Wicaksono. *Rubik Gede Siapa Takut*. Yogyakarta: Gradien Mediatama, 2019.

Agostinelli, Stephen McAleer. "Solving the Rubik's Cube with Deep Reinforcement Learning and Search." *Nature Machine Intelligence* 1, no. August (2019).

Ahmad Al-hafiz Sagala, dkk. "Analisis Pengenalan Konsep Algoritma Pemrograman Matematika Pada Kehidupan Sehari Hari." *Morfologi: Jurnal Ilmu Pendidikan, Bahasa, Sastra Dan Budaya* 2, no. 1 (2024).

Akib, Irwan. *Implementasi Teori Belajar Robert Gagne Dalam Pembelajaran Konsep Matematika (Suatu Alternatif Kegiatan Mengajar Belajar Konsep Matematika)*. Makasar: Lembaga Perpustakaan Dan Penerbitan, 2016.

Andi Aras, Dosen, Wawancara di Kota Parepare Kecamatan Soreang, 14 Mei 2025

Aulia, Aisyi N. "Eksplorasi Bangun Daftar Dan Transformasi Geometri Pada Motif Batik Pamiluto Ceplok Gresik," 2021.

Davis, Tom. "Teaching Mathematics with Rubik's Cube Tom," no. May 2014 (n.d.).

Dodi, Mahasiswa, Wawancara di Kota Parepare Kecamatan Soreang, 2 Mei 2025

Demaine, dkk. "Algorithms for Solving Rubik's Cubes." *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)* 6942 LNCS (2020).

Fadia, Mahasiswa, Wawancara di Kota Parepare Kecamatan Soreang, 30 April 2025

Fauzan, Mahasiswa, Wawancara di Kota Parepare Kecamatan Soreang, 30 April 2025

Ferdy, Masyarakat, Wawancara di Kota Parepare Kecamatan Soreang, 2 Mei 2025

Fikri, dkk. "Pedoman Penulisan Karya Ilmiah". Parepare: IAIN Parepare Nusantara press. 2023.

Gunawan, dkk. "Optimasi Penyelesaian Permainan Rubik's Cube Menggunakan Algoritma IDA\* Dan Brute Force." *Jurnal Infomedia* 3, 2018.

- Haq, Lily Puspita. “Efektivitas Penerapan Pembelajaran Realistic Mathematics Education ( Rme ).” *Walisongo*, 2019.
- Hartono, Jogiyanto. *Metode Pengumpulan Dan Teknik Analisis Data*. ANDI. Yogyakarta: ANDI, 2021.
- Huberman, and Miles. “Teknik Pengumpulan Dan Analisis Data Kualitatif.” *Jurnal Studi Komunikasi Dan Media* 02, n.d.
- Imaniyah, dkk. “Eksplorasi Etnomatematika Konsep Geometri Dan Bilangan Dalam Permainan Gobak Sodor.” *Prosiding Seminar Pendidikan Matematika Dan Matematika* 2, 2020.
- Jamil, dkk. *Geometri Transformasi*. malang: universitas muhammadiyah malang, 2019.
- Khemani, dkk. *Solving Rubik ' s Cube Using Graph Theory*. Springer Singapore, 2020.
- Khikmah, dkk. “Etnomatematika, Dalam Motif Batik Jlamprang Kota Pekalongan Sebagai Penerapan Konsep Geometri Transformasi.” *Seminar Nasional Pendidikan Matematika* 2, no. 1 (2021).
- Khusnul Khatimah, Mahasiswa, Wawancara di Kota Parepare Kecamatan Soreang, 20 Juni 2025
- Loyd, dkk. “A Mathematical Approach To Solving Rubik ' s Cube,” 2020.
- M A Zakariah, dkk. “Metodologi Penelitian Kualitatif, Kuantitatif, Action Research, Research and Development,”.
- Mahela, dkk. “Peran Algoritma Pemrograman Dalam Pembelajaran Matematika Bagi Mahasiswa Pendidikan Matematika.” *Jurnal Arjuna: Publikasi Ilmu Pendidikan, Bahasa Dan Matematika* 1, no. 6 (2023).
- Melladia, dkk. “Implementasi Algoritma Backpropagation Prediksi Kegagalan Siswa Pada Mata Pelajaran Matematika.” *Jurnal RESTI (Rekayasa Sistem Dan Teknologi Informasi)* 2, no. 3 (2018).
- Nastyar, Mahasiswa, Wawancara di Kota Parepare Kecamatan Soreang, 1 Mei 2025
- Nila, Kesumawati. “Pemahaman Konsep Matematik Dalam Pembelajaran Matematika.” *Prosiding Seminar Nasional Matematika Dan Pendidikan Matematika, Jurusan Pendidikan Matematika Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Yogyakarta*, 2019.
- Nur, Haerani. “Membangun Karakter Anak Melalui Permainan Anak Tradisional.” *Jurnal Pendidikan Karakter* 4, no. 1 (2013).

- Nur, dkk. "Efektivitas Media Puzzle Rubik Untuk Meningkatkan Kemampuan Berhitung Penjumlahan Dan Pengurangan Di Sekolah Dasar" 13, no. 001 (2024).
- Nurhayati, dkk. "Bermain Dan Permainan Anak Usia Dini." *Jurnal Pendidikan Islam Usia Dini* 4 nomor 1 (2021).
- Nursalma, dkk. "Pengaruh Waktu Belajar Dan Motivasi Belajar Terhadap Hasil Belajar Matematika." *OMEGA: Jurnal Keilmuan Pendidikan Matematika* 2, no. 3 (2023).
- Prasetyo, Iis. "Teknik Analisis Data Dalam Research and Development." *UNY: Fakultas Ilmu Pendidikan* 6 (2019).
- Prayogi, Arditya. "Telaah Konseptual Pendekatan Kuantitatif Dalam Sejarah." *Kalpataru: Jurnal Sejarah Dan Pembelajaran Sejarah* 8, no. 1 (2022).
- purbasari wika, dkk. "Algoritma Pemrograman," 2020.
- R.A, Fadalah. *Wawancara*. UNJ PRESS, 2021.
- Rafiuddin, Akhmad. "Membangun Aplikasi Game Puzzle Rubik'Cube Tiga Dimensi," 2019.
- Ryan, dkk. "Pembelajaran Berdiferensiasi Pada Pembelajaran Matematika Di Kurikulum Merdeka." *High Leverage Practices and Students with Extensive Support Needs* 3, no. 3 (2022).
- Safitri, dkk. "Studi Etnomatematika Geometri Pada Artefak Peninggalan Sejarah Di Kota Malang." *Mathema Jurnal* 5, no. 2 (2023).
- Sari Ayu, Mahasiswa, Wawancara di Kota Parepare Kecamatan Soreang, 20 Juni 2025
- Sarwoedi, dkk. "Efektifitas Etnomatematika Dalam Meningkatkan Kemampuan Pemahaman Matematika Siswa." *Jurnal Pendidikan Matematika Raflesia* 03, no. 02 (2019).
- Sirait, Erlando Doni. "Pengaruh Minat Belajar Terhadap Prestasi Belajar Matematika." *Formatif: Jurnal Ilmiah Pendidikan MIPA* 6, no. 1 (2020).
- Syamsudin, Ahmad. "Analisis Kesalahan Coding Pemrograman Java Pada Matakuliah Algoritma Pemrograman Mahasiswa Tadris Matematika IAIN Kediri." *Journal Focus Action of Research Mathematic (Factor M)* 2, no. 2 (2020).
- Tedjasaputra, Mayke S. *Bermain, Mainan Dan Permainan*. PT GRASINDO, 2001.
- Ummah, Siti Khoiruli. *Media Pembelajaran Matematika*. malang: universitas

muhammadiyah malang, n.d.



# LAMPIRAN



	<b>KEMENTERIAN AGAMA REPUBLIK INDONESIA</b> <b>INSTITUT AGAMA ISLAM NEGERI PAREPARE</b> <b>FAKULTAS TARBIYAH</b> <b>Jl. Amal Bakti No.8 Soreang 91131</b> <b>Telp. (0421) 21307, faksimile (0421) 2402</b>
	<b>VALIDASI INSTRUMEN PENELITIAN</b>

#### INSTRUMEN LEMBAR OBSERVASI

NAMA : ARYA SURYADI  
 NIM/PRODI : 2120203884202003/TADRIIS MATEMATIKA  
 FAKULTAS : TARBIYAH  
 JUDUL : EKSPLORASI KONSEP GEOMETRI  
 TRANSFORMASI DALAM ALGORITMA  
 PENYELESAIAN RUBIK'CUBE 3X3

#### A. PEDOMAN OBSERVASI

##### 1. Observasi subjek (Informan)

Aspek Yang Diamati	Poin Observasi	Indikator Yang Diamati	Ceklis(Ya/Tidak)	Catatan
Pemahaman transformasi geometri	Apakah subjek memahami dan dapat menjelaskan konsep transformasi geometris (rotasi, refleksi, translasi)?	- Subjek dapat menjelaskan penggunaan rotasi, refleksi, dan translasi dalam konteks penyelesaian Rubik's Cube.	ya	
Penerapan rotasi dalam algoritma	Apakah subjek dengan jelas menerapkan rotasi dalam algoritma untuk memecahkan Rubik's Cube?	- Algoritma mencakup langkah-langkah rotasi pada lapisan-lapisan tertentu. - Subjek menyebutkan dan menggunakan rotasi 90°, 180° dalam algoritma.	ya	
Penerapan refleksi dalam algoritma	Apakah subjek menerapkan refleksi dalam proses	- Subjek menjelaskan bagaimana refleksi bisa digunakan untuk membalikkan posisi	ya	



	penyelesaian?	bagian-bagian tertentu kubus (misalnya, posisi sisi). - Algoritma melibatkan transformasi reflektif (misalnya memantulkan satu sisi ke sisi lainnya).		
Penerapan Translasi dalam Algoritma	Apakah subjek menerapkan translasi untuk memindahkan bagian-bagian kubus tanpa merotasi?	- Subjek menjelaskan cara menggunakan translasi untuk memindahkan lapisan tanpa rotasi (misalnya, memindahkan satu baris atau kolom). - Subjek menyadari translasi diperlukan dalam pengaturan posisi tanpa merubah orientasi.	ya	
Visualisasi Ruang Tiga Dimensi	Apakah subjek mampu memvisualisasikan pergerakan bagian-bagian Rubik's Cube dalam ruang tiga dimensi?	- Subjek menjelaskan bagaimana rotasi, refleksi, dan translasi mempengaruhi posisi bagian Rubik's Cube dalam tiga dimensi. - Subjek menghubungkan transformasi geometris dengan perubahan posisi lapisan/lubang kubus.	ya	
Konsistensi dalam Penerapan Algoritma	Apakah subjek mengikuti algoritma dengan konsistensi dalam penggunaan rotasi, refleksi, dan translasi?	- Subjek mengikuti urutan langkah yang jelas, menggabungkan rotasi, refleksi, dan translasi dalam penyelesaian. - Tidak ada langkah acak atau kesalahan dalam penerapan transformasi geometris.	ya	
Koreksi Kesalahan Menggunakan Transformasi Geometris	Apakah subjek menggunakan transformasi geometris untuk mengoreksi kesalahan?	- Subjek mengidentifikasi kesalahan posisi dan memperbaikinya dengan menggabungkan rotasi, refleksi, atau translasi.	ya	seara TAM Canggih
Penyelesaian	Apakah subjek	- Subjek menggunakan		



Lapisan dengan Transformasi Geometris	menyelesaikan lapisan-lapisan Rubik's Cube dengan mengaplikasikan rotasi, refleksi, atau translasi?	algoritma yang menggabungkan transformasi geometris untuk menyelesaikan satu lapisan pada satu waktu. - Subjek mampu menjelaskan setiap langkah berdasarkan transformasi.	ya	
Efektivitas Penyelesaian	Apakah subjek menyelesaikan Rubik's Cube dengan menggunakan algoritma yang efektif dan efisien?	- Penyelesaian dilakukan tanpa pengulangan langkah yang tidak perlu. - Subjek menyelesaikan Rubik's Cube dengan kecepatan yang wajar dan menggunakan transformasi geometris secara efektif.	ya	dengan menggunakan LBL dan CPOP

## 2. Observasi proses pembelajaran peserta pelatihan

Aspek Yang Diamati	Poin Observasi	Indikator Yang Diamati	Ceklis(Ya/Tidak)	Catatan
Penjelasan Konsep Geometri (Rotasi, Refleksi, Translasi)	Apakah peneliti memberikan penjelasan yang jelas tentang rotasi, refleksi, dan translasi?	- Peneliti menjelaskan apa itu rotasi, refleksi, dan translasi dengan contoh nyata menggunakan Rubik's Cube. - Peneliti menggambarkan bagaimana setiap transformasi bekerja pada bagian-bagian kubus.	ya	
Interaksi peserta dengan Rubik's Cube	Apakah peserta aktif berinteraksi dengan Rubik's Cube selama pelatihan untuk memahami	- peserta secara aktif memanipulasi Rubik's Cube untuk memahami bagaimana transformasi (rotasi, refleksi, translasi) memengaruhi posisi dan orientasi bagian-bagian	ya	

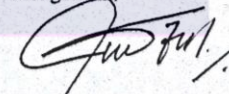
	konsep geometri transformasi?	kubus.		
Penerapan Konsep Geometri dengan Rubik's Cube	Apakah siswa menggunakan Rubik's Cube untuk mempraktekan transformasi geometris (rotasi, refleksi, translasi)?	- peserta mempraktikkan rotasi $90^\circ$ atau $180^\circ$ pada lapisan tertentu. - Siswa menggunakan refleksi atau translasi untuk mengubah orientasi atau posisi bagian kubus dengan tujuan tertentu dalam pelatihan.	ya	
Penggunaan Alat Peraga dan Visualisasi	Apakah Rubik's Cube digunakan untuk mendemonstrasikan transformasi geometris secara visual?	- Peneliti atau peserta menggunakan Rubik's Cube untuk mendemonstrasikan rotasi, refleksi, dan translasi dalam konteks penyelesaian rubik.	ya	
Penilaian dan Umpan Balik	Apakah peneliti memberikan umpan balik kepada peserta?	- Peneliti memberikan umpan balik langsung setelah peserta mempraktekan rubik.	ya	
Evaluasi Pemahaman Siswa	Apakah peserta dapat menyelesaikan tugas yang melibatkan transformasi geometris dengan Rubik's Cube?	- peserta dapat menghubungkan transformasi geometris dengan pelatihan penyelesaian rubik yang telah dilakukan.	ya	

## B. DOKUMENTASI

☒ Foto proses penyelesaian rubik's cube 3x3


☒ Foto proses pelatihan rubik

 Parepare, 14 April 2025  
 Mengetahui,-



 Zulfiqar Busrah, M.Si.  
 NIP.198910012018011003



	<b>KEMENTERIAN AGAMA REPUBLIK INDONESIA</b> <b>INSTITUT AGAMA ISLAM NEGERI PAREPARE</b> <b>FAKULTAS TARBIYAH</b> <b>Jl. Amal Bakti No.8 Soreang 91131</b> <b>Telp. (0421) 21307, faksimile (0421) 2402</b>
	<b>VALIDASI INSTRUMEN PENELITIAN</b>

#### INSTRUMEN LEMBAR WAWANCARA

NAMA : ARYA SURYADI  
 NIM/PRODI : 2120203884202003/TADIRIS MATEMATIKA  
 FAKULTAS : TARBIYAH  
 JUDUL : EKSPLORASI KONSEP GEOMETRI  
 TRANSFORMASI DALAM ALGORITMA  
 PENYELESAIAN RUBIK'CUBE 3X3

#### A. IDENTITAS INFORMAN

Nama :  
 Alamat :  
 Jenis kelamin :  
 Pekerjaan/Jabatan :  
 Tanggal Wawancara :  
 Lokasi :

#### B. PETUNJUK PELAKSANAAN WAWANCARA

1. Perkenalan dan jelaskan tujuan wawancara
2. Minta kesediaan informan untuk diwawancarai
3. Gunakan Bahasa yang sopan dan mudah dimengerti
4. Catat atau rekam hasil wawancara dengan seizin informan
5. Buat suasana wawancara santai dan tidak kaku

#### C. DAFTAR PERTANYAAN

1. Untuk rumusan masalah Bagaimana algoritma dalam menyelesaikan rubik's cube 3x3?
  - a. Seberapa penting memahami notasi dasar (seperti R, U, L, D, F, B) sebelum mempelajari langkah langkah penyelesaian rubik 3x3?

- b. Apakah anda menggunakan langkah tertentu dalam menyelesaikan rubik's cube 3x3? jika ya, langkah apa yang kamu gunakan?
- c. Bagaimana algoritma tersebut berkaitan dengan prinsip-prinsip rotasi (perputaran), translasi (pergeseran), refleksi (pencerminan) yang anda pahami?
2. Untuk rumusan masalah bagaimana konsep geometri transformasi dalam algoritma penyelesaian rubik's cube 3x3?
- a. Bagaimana Anda menggambarkan hubungan antara geometri transformasi dan penyelesaian rubik's cube?
- b. Menurut Anda, apa saja jenis transformasi geometri yang diterapkan dalam penyelesaian rubik's cube? (misalnya rotasi, translasi, refleksi)
- c. Dapatkah Anda memberikan contoh transformasi spesifik yang kamu gunakan saat menyelesaikan rubik's cube?
- d. Apakah Anda merasa konsep geometri transformasi membantu dalam mempermudah pemahaman dan penyelesaian rubik's cube dan juga sebaliknya?
3. Untuk rumusan masalah bagaimana rancangan implementasi pelatihan rubik dengan pendekatan konsep transformasi geometri?
- a. Apa pendapat anda tentang pelatihan yang baru saja dilakukan
- b. Apakah penggunaan matematika membantu anda dalam memahami konsep konsep yang ada di rubik?

#### D. DOKUMENTASI

- ☐ Foto proses wawancara
- ☐ Rekaman audio wawancara

E. VERIFIKASI

Hasil wawancara telah dibaca ulang kepada informan: (Ya/Tidak)

Informan menyetujui isi wawancara: (Ya/Tidak)

Parepare, 19 Januari 2025

Mengetahui,-



Zulfiqar Busrah, M.Si.

NIP.198910012018011003





## Transkrip Wawancara

Narasumber 1: Andi Aras M.Pd

P: *assalamualaikum wr. Wb. Perkenalkan nama saya arya suryadi saya ingin mewawancarai apak mengenai skripsi saya yang berjudul eksplorasi konsep transformasi geometri dalam algoritma penyelesaian rubik 3x3, nah untuk pertanyaan yang pertama , dalam penyelesaian rubik ada yang namanya notasi R L U B nah kira kira seberapa penting mempelajari notasi ini sebelum mempelajari Langkah Langkah dalam menyelesaikan rubik?*

N1: *jadi terkait dengan notasi R L atau left nah in ikan bentuk perputarannya rubik, jadi sebelum kita lebih jauh mempelajari algoritma yang adda di rubik itu kita harus memahami konsep dasar terlebih dahulu, kita harus mengenal dulu bentuk bentuk perputaran dari rubik yaitu R artinya kanan L kiri U up itu keatas, nah jadi kalau ini di ibaratkan dalam matematika ini adalah konsep dasar matematika misalnya perhitungan penjumlahan sebelum kita masuk ke materi yang lebih tinggi.*

P: *kira kira adakah Langkah Langkah atau metode yang bapak gunakan dalam menyelesaikan rubik 3x3 ini*

N1: *kalua saya awalnya mencoba dulu Langkah Langkah coba coba dan memang itu sulit karna peluang kemungkinan dalam satu kali Gerakan itu ribuan bahkan jutaan kemungkinan sehingga Ketika kita melakukan coba coba itu memang sangat susah diselesaikan dan tidak procedural jadi sejauh ini Langkah Langkah yang saya gunakan adaalah algoritma yang sudah ada yang ditemukan oleh para penemu algoritma itu sendiri.*

P: *menurut bapak apasaja jenis transformasi geometri yang bisa diterapkan dalam algoritma penyelesaian rubik*

N1: *kalua sepehaman saya mengenai transformasi geometri dalam pengaplikasiannya itukan ada rotasi,translasi,dsnjug ada bentuk pencerminan yang terbentuk seperti kalua ada gambar ikan yang terbentuk maka memungkinkan akan terbentuk jugaa gambar ikan di sisi lainnya, begitu juga misalnya pada rotasi karna setiap kegiatan dalam algoritma algoritma itukan perlu rotasi yang bisa 90 derajat dan 180 derajat, nah kalua translasi itu kan pergeseran nah saya rasa 3 konsep ini bisa digunakan dalam algoritma rubik.*

P: *kan tadi yang bapak sebutkan ada tiga tapi sebenarnya ada empat kira kira bagaimana dilatasi apakah sebenarnya ada atau memang tidak ada dalam algoritma penyelesaian rubik 3x3*

N1: *jadi kalua dilatasi itu sendiri kan perbesaran atau perkecilan tergantung skalanya, nah kalua saya sih melihatnya secara sekilasya sebenarnya tidak Nampak ya perbesaran atau perkecilannya tapi kalua kita maknai lebih dalam pasti ada ya, anggaplah misalnya itukan rubik 3x3 ada 9 kubu kubus kecil dalam satu sisi maka bisa jadi ada perbesaran dari 2x2 kubus kecil berwarna merah menjadi 3x3 nah seperti itu.*

P: lanjut pak, apakah konsep transformasi geometri ini membantu dalam proses mempelajari rubik atau sebaliknya apakah rubik dapat membantu dalam proses pembelajaran transformasi geometri

N1: kalau dari segi rubik ini jadi alternatif pada pembelajaran geometri transformasi saya rasa iya karna itu tadi bahwa hal yang ada dalam rubik ini bersesuaian dengan transformasi geometri semuanya tergantung cara penyajiannya hal ini akan menarik karna permainan rubik ini permainan yang menyenangkan dan bisa membantu dalam pembelajaran rubik, nah disisi lain apakah pemahaman geometri transformasi ini bisa membantu menyelesaikan rubik, menurut saya cara berfikir geometri ini sangat membantu namun kan sejauh ini anak-anak yang tidak memahami geometri dia bisa juga menyelesaikan rubik itu karna dia mengetahui algoritma dan konsep dasar namun dengan pemahaman geometri ini mendukung bahwa proses perputaran dari rubik ini tidak terlepas dari konsep geometri transformasi.

Narasumber 2 Fauzan

P: dalam penyelesaian rubik ada yang namanya notasi R L U B nah kira-kira seberapa penting mempelajari notasi ini sebelum mempelajari Langkah Langkah dalam menyelesaikan rubik?

N2: saya pribadi kalau untuk memahami notasi dasar seperti RULDF penting karna bisa memberi kita gambaran pergerakan pada rubik seperti pada langkah langkah nya seperti R yang artinya right yaitu memutar bagian kanan rubik dan juga sebaliknya notasi L yang artinya left yaitu mewakili putaran sisi kiri rubik.

P: kira-kira adakah Langkah Langkah atau algoritma apa yang anda gunakan dalam menyelesaikan rubik 3x3 ini

N2: kalau saya tentu saja awalnya saya akan membuat cross kemudian setelah membuat cross saya akan menjadikannya satu layer lalu dua layer kemudian membentuk layer atas ketiga kemudian saya akan menggunakan rumus akhir untuk menyelesaikan rubik nya.

P: menurut anda apa saja jenis transformasi geometri yang bisa diterapkan dalam algoritma penyelesaian rubik

N2: saya rasa berhubungan (rubik dengan transformasi geometri) seperti yang pertama itu rotasi, refleksi dan translasi, misalnya pada rotasi kita putar pada bagian depannya itu yang disebut F, lalu untuk refleksi misalnya pada rubik kita pertama pusatkan dulu pada titik tertentu atau kita bisa menentukan titik pusatnya lalu melihat dimana refleksinya berada, kalau untuk translasi itu bisa kita lihat pada proses di selesaikannya layer ketiga, kita bisa lihat pergeseran kuning yang terjadi dan yang akan dilakukan

P: dapatkah anda menunjukkan konsepnya lebih spesifik

N2: *bisa, misal pada rubik titik tengahnya adalah putih nah apabila kita rotasikan dua kali maka edge tersebut akan berada dibelakang, kalau refleksi misalnya kotak putih yang berada di sudut bawah bisa kita lihat dari pergeseran yang terjadi dan yang mau dilakukan.*

P: *bagaimana anda menghubungkan konsep inikedalam algoritma rubik yang tadi*

N2: *baik ya seperti contoh tadi untuk menerapkannya sebenarnya karna rubiknya 3 dimensi bisa sangat jelas tergambarkan seperti rotasi yang bisa berupa R L.*

Narasumber 3 Fadia

P: *apa Langkah Langkah atau algoritma apa yang anda gunakan dalam menyelesaikan rubik 3x3 ini*

N3: *jadi kalau saya bermain rubik saya menyelesaikannya perlantai.*

P: *menurut anda apasaja jenis transformasi geometri yang bisa diterapkan dalam algoritma penyelesaian rubik*

N3: *kalau menurut saya pastinya dalam rumus yang digunakan akan ada rotasi 90 derajat atau 180 derajat yang digunakan.*

P: *dapatkah anda menunjukkan konsepnya lebih spesifik*

N3: *bisa, misal pada rubik titik tengahnya adalah putih nah apabila kita rotasikan dua kali maka edge tersebut akan berada dibelakang, kalau refleksi misalnya kotak putih yang berada di sudut bawah bisa kita lihat dari pergeseran yang terjadi dan yang mau dilakukan.*

P: *apakah konsep transformasi geometri ini membantu dalam proses mempelajari rubik atau sebaliknya apakah rubik dapat membantu dalam proses pembelajaran transformasi geometri*

N3: *Menurut saya, keduanya saling berkaitan dan saling memperkuat. Di satu sisi, memahami konsep transformasi geometri seperti rotasi, translasi, dan refleksi sangat membantu saat mempelajari rubik, karena kita jadi bisa membayangkan bagaimana posisi dan orientasi kubus akan berubah setelah satu gerakan dilakukan. Jadi, penyelesaian rubik tidak hanya soal hafalan algoritma, tapi juga tentang menalar gerakan dalam ruang tiga dimensi*

Narasumber 4: Nastyar

P: *dalam penyelesaian rubik ada yang namanya notasi R L U B nah kira kira seberapa penting mempelajari notasi ini sebelum mempelajari Langkah Langkah dalam menyelesaikan rubik?*

N4: *sangat penting karena pada saat masih pemula kita menggunakan rumus di mana algoritma tersebut digunakan untuk menyelesaikan rubik*



P: kira kira adakah Langkah Langkah atau metode yang anda gunakan dalam menyelesaikan rubik 3x3 ini

N4: Saya menggunakan langkah langkah yaitu Cross,F2L, OLL, dan PLL walaupun kadang untuk OLL dan PLL saya masih belum terlalu mahir.

P: bagaimana anda memilih algoritma yang tepat untuk menyelesaikan rubik

N4: Cari yang efisien yaitu menetapkan fundamental dasar dalam bermain rubik seperti menghafal berbagai rumus dan memainkan rubik dengan rajin.

P: menurut anda apasaja jenis transformasi geometri yang bisa diterapkan dalam algoritma penyelesaian rubik

N4: hubungan antara geometri transformasi dan penyelesaian rubik saya pikir sangat berhubungan dikarenakan dibutuhkan pergeseran dan rotasi dalam menyelesaikan rubik, contohnya dalam penerapan adalah menempatkan warna tertentu di tempat yang seharusnya di situ digunakan rumus dimana dalam rumus rumus rubik terdapat rotasi dan pergeseran

P: apakah rubik dapat membantu dalam proses pembelajaran transformasi geometri

N4: konsep rubik tentu saja mempermudah memahami konsep geometri transformasi karna ada benda(rubik) yang bisa kita lihat.

Narasumber 5: Ferdy

P: dalam penyelesaian rubik ada yang namanya notasi R L U B nah kira kira seberapa penting mempelajari notasi ini sebelum mempelajari Langkah Langkah dalam menyelesaikan rubik?

N5: Notasi(RLFU) sangat penting untuk basic karna dalam mempelajari langkah langkah menyelesaikan rubik kita perlu notasi tersebut untuk memahami rumus penyelesaian rubik yang ada di internet.

P: kira kira adakah Langkah Langkah atau metode yang anda gunakan dalam menyelesaikan rubik 3x3 ini

N5: Langkah langkah yang saya gunakan itu, pertama buat cross, baru buat putihnya sesuai dengan warna warna sampingnya, baru rumus kiri kanan, setelah itu baru rumus cari pola ikan nah kalau jadimi pola ikannya rumus pola ikanmi yang dipakai, setelah itu rumus bebas baru rumus tiga warna terakhir.

P: bagaimana anda memilih langkah yang tepat untuk menyelesaikan rubik

N5: Saya memilih langkah berdasarkan pola posisi warna yang saya lihat. Setiap kasus punya bentuk tertentu, jadi saya cocokkan dengan pola yang sudah saya

*hafal, lalu gunakan langkah yang sesuai agar cubie berpindah ke tempat yang benar tanpa merusak bagian yang sudah jadi.*

Narasumber 6: Dodi

P: *dalam penyelesaian rubik ada yang namanya notasi R L U B nah kira kira seberapa penting mempelajari notasi ini sebelum mempelajari Langkah Langkah dalam menyelesaikan rubik?*

N6: *penting untuk memahami rumus yang ada di internet.*

P: *kira kira adakah Langkah Langkah atau metode yang anda gunakan dalam menyelesaikan rubik 3x3 ini*

N6: *saya menggunakan langkah lain, yaitu langkah F2L yang mana lebih simple dan memakai sedikit rumus yang mengandalkan logika, lalu rumus kuning, setelah itu rumus akhir.*

P: *bagaimana anda memilih langkah yang tepat untuk menyelesaikan rubik*

N6: *Biasanya saya lihat dulu posisi warna dan bentuk pola di layer yang belum selesai. Dari situ saya tentukan termasuk bentuk apa, lalu saya pakai algoritma yang sudah pernah saya pelajari untuk kasus itu. Kadang juga saya sesuaikan dengan algoritma yang paling cepat atau yang paling saya hafal.*

Narasumber 7: Khusnul Khatimah

P: *apa pendapat anda tentang pelatihan yang baru saja dilakukan?*

N7: *menurut saya pelatihan rubik ini sangat menyenangkan apalagi ada konsep matematika yang membantu dalam memahami konsep yang ada dalam rubik seperti notasi*

P: *apakah penggunaan matematika membantu anda dalam memahami konsep konsep yang ada di rubik*

N7: *Iya, sangat membantu. Dengan memahami konsep rotasi dan pola dalam matematika, saya jadi lebih paham arah pergerakan cubie. Jadi saat saya memutar sisi rubik, saya bisa berpikir ke mana warnanya akan berubah, bukan hanya menebak-nebak posisi.*

Narasumber 8: Sari Ayu

P: *apa pendapat anda tentang pelatihan yang baru saja dilakukan?*


N8: *pendapat saya pada pelatihan rubik ini yaitu sangat bermanfaat karna menambah wawasan, melatih logika dan menambah konsentrasi. Konsep matematika yaitu transformasi geometri dan kubus juga sangat membantu dalam memahami notasi dan algoritma rubik*

P: *apakah penggunaan matematika membantu anda dalam memahami konsep konsep yang ada di rubik*

N8: *Menurut saya, matematika membuat proses belajar rubik jadi lebih terstruktur. Notasi dan algoritma di rubik sebenarnya mirip seperti rumus dalam matematika, ada urutan logistiknya. Jadi saya merasa lebih mudah mengikuti langkah-langkahnya karena sudah terbiasa berpikir sistematis dari pelajaran matematika.*



SRN IP0000326



**PEMERINTAH KOTA PAREPARE**  
**DINAS PENANAMAN MODAL DAN PELAYANAN TERPADU SATU PINTU**  
*Jl. Bandar Madani No. 1 Telp (0421) 23594 Faximile (0421) 27719 Kode Pos 91111. Email : dpmpstp@pareparekota.go.id*

---

**REKOMENDASI PENELITIAN**  
**Nomor : 326/IP/DPM-PTSP/4/2025**

Dasar : 1. Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2002 tentang Sistem Nasional Penelitian, Pengembangan, dan Penerapan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi.  
2. Peraturan Menteri Dalam Negeri Republik Indonesia Nomor 64 Tahun 2011 tentang Pedoman Penerbitan Rekomendasi Penelitian.  
3. Peraturan Walikota Parepare No. 23 Tahun 2022 Tentang Pendelegasian Wewenang Pelayanan Perizinan dan Non Perizinan Kepada Kepala Dinas Penanaman Modal dan Pelayanan Terpadu Satu Pintu.

Setelah memperhatikan hal tersebut, maka Kepala Dinas Penanaman Modal dan Pelayanan Terpadu Satu Pintu :

**MENGIZINKAN**

KEPADA  
NAMA : **ARYA SURYADI**

UNIVERSITAS/ LEMBAGA : **INSTITUT AGAMA ISLAM NEGERI (IAIN) PAREPARE**  
Jurusan : **TADRIS MATEMATIKA**  
ALAMAT : **JL. PATUKKU NO. 9 A, KOTA PAREPARE**  
UNTUK : melaksanakan Penelitian/wawancara dalam Kota Parepare dengan keterangan sebagai berikut :

JUDUL PENELITIAN : **EKSPLORASI KONSEP GEOMETRI TRANSFORMASI DALAM ALGORITMA PENYELESAIAN RUBIC'S CUBE 3X3**


LOKASI PENELITIAN : **KANTOR CABANG DINAS PENDIDIKAN PROVINSI SULAWESI SELATAN WILAYAH VIII PAREPARE (UPT SMA NEGERI 3 DAN UPT SMA NEGERI 5 PAREPARE)**

LAMA PENELITIAN : **25 April 2025 s.d 25 Mei 2025**

a. Rekomendasi Penelitian berlaku selama penelitian berlangsung  
b. Rekomendasi ini dapat dicabut apabila terbukti melakukan pelanggaran sesuai ketentuan perundang - undangan

Dikeluarkan di: **Parepare**  
Pada Tanggal : **28 April 2025**

**KEPALA DINAS PENANAMAN MODAL  
DAN PELAYANAN TERPADU SATU PINTU  
KOTA PAREPARE**



**Hj. ST. RAHMAH AMIR, ST, MM**  
Pembina Tk. 1 (IV/b)  
NIP. 19741013 200604 2 019

Biaya : Rp. 0.00

- UU ITE No. 11 Tahun 2008 Pasal 5 Ayat 1.
- Informasi Elektronik dan/atau Dokumen Elektronik dan/atau hasil cetaknya merupakan alat bukti hukum yang sah
- Dokumen ini telah ditandatangani secara elektronik menggunakan **Sertifikat Elektronik** yang diterbitkan **BSrE**
- Dokumen ini dapat dibuktikan keasliannya dengan terdaftar di database DPMPSTP Kota Parepare (scan QRCode)



Balai  
Sertifikasi  
Elektronik





**KEMENTERIAN AGAMA REPUBLIK INDONESIA  
INSTITUT AGAMA ISLAM NEGERI PAREPARE  
FAKULTAS TARBIYAH**

Alamat : Jl. Amal Bakti No. 8, Soreang, Kota Parepare 91132 ☎ (0421) 21307 📠 (0421) 24404  
PO Box 909 Parepare 9110, website : [www.iainpare.ac.id](http://www.iainpare.ac.id) email: [mail.iainpare.ac.id](mailto:mail.iainpare.ac.id)

Nomor : B-1146/In.39/FTAR.01/PP.00.9/04/2025  
Sifat : Biasa  
Lampiran : -  
Hal : Permohonan Izin Pelaksanaan Penelitian

24 April 2025

Yth. WALIKOTA PAREPARE  
Cq. Kepala Dinas Penanaman Modal dan Pelayanan Terpadu Satu Pintu  
di  
KOTA PAREPARE

*Assalamu Alaikum Wr. Wb.*

Dengan ini disampaikan bahwa mahasiswa Institut Agama Islam Negeri Parepare :

Nama : ARYA SURYADI  
Tempat/Tgl. Lahir : PAREPARE, 20 April 2003  
NIM : 2120203884202003  
Fakultas / Program Studi : Tarbiyah / Tadris Matematika  
Semester : VIII (Delapan)  
Alamat : JL.PATUKKU NO 9A, KEL. WATTANG SOREANG, KEC. SOREANG,  
KOTA PAREPARE

Bermaksud akan mengadakan penelitian di wilayah WALIKOTA PAREPARE dalam rangka penyusunan skripsi yang berjudul :

EKSPLORASI KONSEP GEOMETRI TRANSFORMASI DALAM ALGORITMA PENYELESAIAN RUBIK'S CUBE 3X3

Pelaksanaan penelitian ini direncanakan pada tanggal 24 April 2025 sampai dengan tanggal 24 Mei 2025.

Demikian permohonan ini disampaikan atas perkenaan dan kerjasamanya diucapkan terima kasih.

*Wassalamu Alaikum Wr. Wb.*

Dekan,



Dr. Zulfah, S.Pd., M.Pd.  
NIP 198304202008012010

Tembusan :

1. Rektor IAIN Parepare



**PEMERINTAH KOTA PAREPARE  
KECAMATAN SOREANG  
KELURAHAN WATANG SOREANG**  
Jalan H. A. Arsyad No.111 Parepare 91132

**SURAT KETERANGAN  
TELAH MELAKSANAKAN PENELITIAN  
No : 148.3 / 197 / Wt-Srg**

Yang bertanda tangan dibawah ini, Lurah Watang Soreang Kecamatan Soreang Kota Parepare dengan ini menerangkan bahwa :

Nama : **ARYA SURYADI**  
Tempat/Tgl.Lahir : Parepare, 20 April 2003  
NIM : 2120203884202003  
Universitas/Lembaga : Institut Agama Islam Negeri ( IAIN ) Parepare  
Jurusan : Tadris Matematika  
Alamat : Jl. Pattukku No. 9 A RT. 004 RW. 005  
Kelurahan Watang Soreang Kecamatan Soreang

Telah melaksanakan penelitian pada Kecamatan Soreang Kota Parepare (Kelurahan Watang Soreang) mulai 25 April 2025 s/d 25 Mei 2025 untuk memperoleh Data/Keterangan dalam rangka Penyusunan pembuatan Skripsi dengan Judul : **"EKSPLORASI KONSEP GEOMETRI TRANSFORMASI DALAM ALGORITMA PENYELESAIAN RUBIK'S CUBE 3X3.**

Demikian surat keterangan ini dibuat dengan sesungguhnya untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Parepare, 24 Juni 2025

**LURAH WATANG SOREANG**

**Hj. HIKMAYANI SULAEMAN, SE, MM**

Penata / III.c

Nip. 19880317 201504 2 002



## Dokumentasi Penelitian



Gambar 1 wawancara dengan dosen matematika IAIN Parepare Andi aras M,Pd



Gambar 2 wawancara dengan salah satu mahasiswa elektro UNHAS Makassar Nurnastyar



Gambar 3 wawancara dengan masyarakat Kota Parepare yang pandai bermain rubik



Gambar 4 wawancara dengan mahasiswa Tadris Matematika Fauzan Akbar Gibran Y





Gambar 5 wawancara dengan mahasiswa Tadris Matematika Andi Fadiah Abdullah



Gambar 6 wawancara dengan masyarakat Kota parepare yang lumayan ahli dalam menyelesaikan rubik's cube 3x3 Dodi Al Fatah



Gambar 7 Wawancara Dengan Peserta Pelatihan Rubik Sari Ayu



Gambar 8 Wawancara Dengan Peserta Pelatihan Rubik Khusnul Khatimah



Gambar 9 Foto Bareng Peserta Pelatihan Rubik



Gambar 10 foto proses observasi penyelesaian rubik



### BIODATA MAHASISWA



Penulis bernama Arya Suryadi, lahir di Parepare, pada tanggal 20 April 2003. Penulis merupakan anak dari pasangan Ambo maddi dan Nurmami. Penulis menyelesaikan pendidikan dasar di SDN 42 Parepare dan lulus pada tahun 2016. Kemudian melanjutkan pendidikan di SMP Negeri 10 Parepare dan lulus pada tahun 2019. Setelah itu, penulis menempuh pendidikan di UPT SMA Negeri 3 Parepare dan lulus pada tahun 2021. Pada tahun 2021, penulis diterima di Institut Agama Islam Negeri Parepare pada program studi Tadris Matematika, Fakultas Tarbiyah. Skripsi yang ditulis oleh penulis berjudul "**Konsep**

**Geometri Transformasi dalam Algoritma Penyelesaian Rubik's Cube 3x3**" sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar (S.Pd). Penulis percaya bahwa motto "Tidak ada yang abadi, badai pasti berlalu" sebagai prinsip dalam menjalani kehidupan.

