

**SKRIPSI**

**VISUALISASI ALGORITMA-ALGORITMA GEOMETRI  
DENGAN IPE**



**Michael Michio Hutagaol**

**NPM: 6181801016**

**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI DAN SAINS  
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN  
2023**



**UNDERGRADUATE THESIS**

**VISUALIZATION OF GEOMETRY ALGORITHMS USING IPE**



**Michael Michio Hutagaol**

**NPM: 6181801016**

**DEPARTMENT OF INFORMATICS  
FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY AND SCIENCES  
PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY  
2023**

# LEMBAR PENGESAHAN

## VISUALISASI ALGORITMA-ALGORITMA GEOMETRI DENGAN IPE

Michael Michio Hutagaol

NPM: 6181801016

Bandung, 28 Juni 2023

Menyetujui,

Pembimbing

Digitally signed  
by Lionov

Lionov, Ph.D.

Ketua Tim Penguji

Digitally signed  
by Keenan

Adiwijaya Leman

Keenan Adiwijaya Leman, M.T.

Anggota Tim Penguji

Digitally signed  
by Natalia

Natalia, M.Si.

Mengetahui,

Ketua Program Studi

Digitally signed  
by Mariskha Tri

Adithia

Mariskha Tri Adithia, P.D.Eng

## PERNYATAAN

Dengan ini saya yang bertandatangan di bawah ini menyatakan bahwa skripsi dengan judul:

### VISUALISASI ALGORITMA-ALGORITMA GEOMETRI DENGAN IPE

adalah benar-benar karya saya sendiri, dan saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku dalam masyarakat keilmuan.

Atas pernyataan ini, saya siap menanggung segala risiko dan sanksi yang dijatuhkan kepada saya, apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam karya saya, atau jika ada tuntutan formal atau non-formal dari pihak lain berkaitan dengan keaslian karya saya ini.

Dinyatakan di Bandung,  
Tanggal 28 Juni 2023



Michael Michio Hutagaol  
NPM: 6181801016

## ABSTRAK

Komputasi geometri merupakan ilmu yang mempelajari algoritma dan teknik komputasi yang digunakan untuk menyelesaikan berbagai masalah yang berkaitan dengan objek-objek geometri. Pentingnya visualisasi dalam memahami algoritma-algoritma geometri sangatlah jelas. Sebagian besar algoritma geometri melibatkan konsep-konsep abstrak yang seringkali sulit dipahami tanpa bantuan visualisasi.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menggunakan perangkat lunak Ipe dalam membantu menggambarkan langkah-langkah algoritma-algoritma geometri secara visual. Visualisasi ini dapat berbentuk beragam, seperti video atau bahkan web interaktif. Namun, dalam penelitian ini, dipilih untuk membuat presentasi visual menggunakan perangkat lunak Ipe.

Ipe adalah perangkat lunak yang dirancang khusus untuk membuat gambar dan ilustrasi berbasis vektor yang dapat diintegrasikan dengan LaTeX. Dengan Ipe, pengguna dapat membuat gambar-gambar ilustratif berkualitas tinggi dan mengintegrasikannya ke dalam dokumen LaTeX. Ipe dilengkapi dengan fitur-fitur yang memungkinkan pembuatan animasi, penyusunan urutan langkah-langkah algoritma, dan menghasilkan output dalam format PDF yang elegan.

Fokus utama dari penelitian ini adalah pada tiga algoritma geometri, yaitu algoritma Graham Scan yang digunakan untuk mencari *convex hull*, algoritma Bentley Ottmann yang digunakan untuk mencari titik perpotongan antar segmen garis, dan algoritma Triangulasi Poligon Monoton yang digunakan untuk memecah poligon monoton menjadi segitiga-segitiga. Melalui visualisasi menggunakan perangkat lunak Ipe, Penelitian ini bertujuan untuk memberikan cara yang lebih efektif dalam memahami langkah-langkah algoritma-algoritma ini.

Dalam implementasi penelitian ini, akan dijelaskan langkah-langkah pembuatan visualisasi dengan mendefinisikan skenario, mengimplementasikan algoritma-algoritma tersebut, dan menghubungkannya dengan perangkat lunak Ipe. Hasil dari penelitian ini mencakup keberhasilan pembuatan presentasi visual yang menerima input dari Ipe, memprosesnya sesuai dengan langkah-langkah algoritma, dan menghasilkan file presentasi dalam format PDF.

**Kata-kata kunci:** *Komputasi Geometris, Visualisasi Algoritma, Graham Scan, Bentley Ottmann, Triangulasi Monoton Poligon,*



## ABSTRACT

Computational Geometry is a field of study that explores algorithms and computational techniques used to solve various problems related to geometric objects. The significance of visualization in comprehending geometric algorithms is evident. Most geometric algorithms involve abstract concepts that are often challenging to grasp without visual aid.

Therefore, this research aims to utilize Ipe software to aid in visually depicting the steps of geometric algorithms. These visualizations can take various forms, such as videos or even interactive web content. However, in this research, the choice was made to create visual presentations using Ipe software.

Ipe is specialized software designed for creating vector-based images and illustrations that can be seamlessly integrated with  $\text{\LaTeX}$ . Through Ipe, users can generate high-quality illustrative images and incorporate them into  $\text{\LaTeX}$  documents. Ipe is equipped with features that enable animation creation, sequencing of algorithmic steps, and the production of elegant PDF outputs.

The primary focus of this research centers around three geometric algorithms: the Graham Scan algorithm used for finding the convex hull, the Bentley Ottmann algorithm employed to locate intersections among line segments, and the Monotone Polygon Triangulation algorithm used to divide monotone polygons into triangles. Through visualization using Ipe software, this research aims to provide a more effective means of comprehending the steps of these algorithms.

In the implementation of this research, the steps of visualization creation will be elucidated, encompassing scenario definition, algorithm implementation, and integration with Ipe software. The outcomes of this research encompass the successful generation of visual presentations that take input from Ipe, process it according to the algorithmic steps, and produce presentation files in PDF format.

**Keywords:** *Computational Geometry, Algorithm Visualization, Graham Scan, Bentley Ottmann, Triangulation Monotone Polygon,*



*Dipersembahkan kepada Tuhan, keluarga, dan teman-teman.*



## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kepada Tuhan atas berkat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul “*Visualization of Geometry Algorithms Using Ipe*”. Penyusunan skripsi ini dimaksudkan untuk memenuhi syarat guna mencapai gelar sarjana di Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Informasi dan Sains, Universitas Katolik Parahyangan Bandung. Penulis menyadari bahwa skripsi ini telah dapat diselesaikan berkat dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua, kakak, dan saudara-saudara yang telah memberikan dukungan baik dalam doa, secara finansial, dan segala bentuk dorongan lainnya kepada penulis.
2. Bapak Lionov, Ph.D. sebagai dosen pembimbing yang telah mendampingi penulis dengan penuh dedikasi dan memberikan waktu, kesempatan, bimbingan, dukungan, dan niat yang sangat besar.
3. Bapak Keenan Adiwijaya Leman, M.T. dan Ibu Natalia, M.Si. sebagai dosen penguji yang memberikan kesempatan, kritik, dan saran berharga untuk perbaikan skripsi ini.
4. Seluruh Bapak/Ibu dosen yang telah memberikan waktu, kesempatan, ilmu, dan pelajaran berharga selama perkuliahan.
5. Teman-teman satu jurusan angkatan 2018 dan teman-teman satu perjuangan lainnya.
6. Sahabat-sahabat lainnya yang telah mengenal penulis sejak lama dan tetap mendukung hingga saat ini.
7. Teman-teman baru yang mengesankan dan bertemu dengan penulis saat akhir pandemi September 2022 dan saat penulisan skripsi dimulai. Terima kasih kepada Vani, Emil, Oliv, Feli, MJ, Yos, Vincent, Sam, dan lainnya yang tidak dapat disebutkan satu per satu karena dukungan mereka sangat berarti dalam mengawali penulisan ini.
8. Serta seluruh orang yang tidak dapat disebutkan satu per satu, yang turut serta memberikan dukungan dalam penulisan ini, secara langsung maupun tidak langsung, dan yang penulis sadari atau tidak sadari.

Penulis menyadari bahwa penulisan ini masih jauh dari sempurna dan memiliki banyak ruang untuk dikembangkan. Oleh karena itu, penulis meminta maaf apabila terdapat kesalahan dalam penelitian dan penulisan ini. Semoga dokumen ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membutuhkan.

Bandung, Juni 2023

Penulis



# DAFTAR ISI

<b>KATA PENGANTAR</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>xvii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>xix</b>
<b>1 PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang . . . . .	1
1.2 Rumusan Masalah . . . . .	4
1.3 Tujuan . . . . .	4
1.4 Batasan Masalah . . . . .	4
1.5 Metodologi . . . . .	5
1.6 Sistematika Pembahasan . . . . .	5
<b>2 LANDASAN TEORI</b>	<b>7</b>
2.1 Objek-objek Geometri . . . . .	7
2.1.1 Titik . . . . .	7
2.1.2 Segmen garis . . . . .	7
2.1.3 Poligon . . . . .	7
2.2 Cross Product[1]. . . . .	8
2.2.1 Menentukan Arah Putaran Segmen Berurutan . . . . .	9
2.3 Perpotongan Segmen Garis . . . . .	9
2.3.1 Menentukan Apakah Dua Segmen Garis Berpotongan . . . . .	10
2.3.2 Uji Perpotongan Menggunakan Cross Product . . . . .	10
2.3.3 Sweep Line . . . . .	10
2.3.4 Algoritma Bentley Ottmann . . . . .	11
2.4 Convex Hull . . . . .	12
2.4.1 Definisi Conex Hull . . . . .	13
2.4.2 Algoritma Graham scan . . . . .	13
2.5 Triangulasi Poligon Monoton . . . . .	16
2.5.1 Bentuk Poligon Monoton . . . . .	16
2.5.2 Karakterisasi Lokal[2] . . . . .	17
2.5.3 Pembagian Poligon Monoton menjadi Segitiga . . . . .	18
2.5.4 Efisiensi Waktu . . . . .	19
2.5.5 Ringkasan dan Kompleksitas Waktu . . . . .	19
2.6 Ipe . . . . .	19
<b>3 ANALISIS PERANGKAT LUNAK</b>	<b>21</b>
3.1 Pemodelan Masalah . . . . .	21
3.1.1 Pemodelan file Ipe . . . . .	21
3.1.2 Pemodelan objek geometri . . . . .	23
3.2 Analisis Masukan . . . . .	24
3.2.1 Analisis Masukan Masalah dengan Algoritma Graham Scan . . . . .	24

3.2.2	Analisis Masukan Masalah dengan Algoritma Bentley Ottmann . . . . .	26
3.2.3	Analisis Masukan Masalah dengan Algoritma Triangulation Monotone Polygon . . . . .	28
3.3	Analisis Keluaran . . . . .	29
3.3.1	Analisis Keluaran Masalah dengan Algoritma Graham Scan . . . . .	29
3.3.2	Analisis Keluaran Masalah dengan Algoritma Bentley Ottmann . . . . .	31
3.3.3	Analisis Keluaran Masalah dengan Algoritma Triangulation Monotone Polygon . . . . .	32
3.4	Analisis Penyelesaian Masalah . . . . .	33
3.4.1	Analisis Penyelesaian Masalah dengan algoritma Graham Scan . . . . .	33
3.4.2	Analisis Penyelesaian Masalah dengan algoritma Bentley Ottmann . . . . .	37
3.4.3	Analisis Penyelesaian Masalah dengan algoritma Triangulation Monotone Polygon . . . . .	41
<b>4</b>	<b>PERANCANGAN</b>	<b>45</b>
4.1	Perancangan Kelas-Kelas pada Perangkat Lunak . . . . .	45
4.1.1	Kelas Main . . . . .	46
4.1.2	Kelas IpeCG . . . . .	46
4.1.3	Package CG.Algorithm . . . . .	47
4.1.4	Package CG.Object . . . . .	50
4.1.5	Package Ipe.Handler . . . . .	52
4.1.6	Package Ipe.Object . . . . .	54
4.2	Perancangan Algoritma Graham Scan pada Perangkat Lunak . . . . .	56
4.3	Perancangan Algoritma Bentley Ottmann pada Perangkat Lunak . . . . .	59
4.4	Perancangan Algoritma Triangulation Monotone Polygon pada Perangkat Lunak . . . . .	63
<b>5</b>	<b>IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN</b>	<b>67</b>
5.1	Implementasi . . . . .	67
5.1.1	Kelas InputHandler . . . . .	67
5.1.2	Kelas DocumentHandler . . . . .	68
5.1.3	Kelas OutputHandler . . . . .	71
5.2	Pengujian . . . . .	71
5.2.1	Penjugian Fungsional . . . . .	71
5.2.2	Pengujian Eksperimental . . . . .	75
<b>6</b>	<b>KESIMPULAN DAN SARAN</b>	<b>101</b>
6.1	Kesimpulan . . . . .	101
6.2	Saran . . . . .	101
	<b>DAFTAR REFERENSI</b>	<b>103</b>
	<b>A KODE PROGRAM</b>	<b>105</b>

## DAFTAR GAMBAR

1.1	Tampilan antarmuka perangkat lunak Ipe . . . . .	2
1.2	Algoritma Graham Scan . . . . .	2
1.3	Algoritma Bentley Ottmann . . . . .	3
1.4	Algoritma Triangulation Monotone Polygon . . . . .	3
2.1	Objek-objek geometri . . . . .	7
2.2	Cross Product . . . . .	8
2.3	Arah putaran segmen berurutan . . . . .	9
2.4	Ilustrasi dari algoritma Bentley Ottmann . . . . .	11
2.5	Convex hull dari himpunan titik . . . . .	13
2.6	Langkah algoritma Graham Scan . . . . .	14
2.7	Langkah algoritma Graham Scan lanjutan . . . . .	15
2.8	Bentuk poligon . . . . .	17
2.9	Triangulasi Poligon Monoton . . . . .	17
3.1	Contoh tampilan dari file Ipe . . . . .	22
3.2	Contoh masukan berupa himpunan titik . . . . .	25
3.3	Contoh masukan berupa himpunan segmen garis . . . . .	27
3.4	Contoh masukan berupa sebuah monotone polygon . . . . .	28
3.5	Contoh keluaran berupa sebuah convex hull . . . . .	30
3.6	Contoh keluaran berupa himpunan titik potong . . . . .	31
3.7	Contoh keluaran berupa himpunan segmen garis dari hasil triangulasi . . . . .	32
3.8	Gambar dari skenario algoritma Graham Scan . . . . .	34
3.9	Gambar dari skenario algoritma Graham Scan . . . . .	35
3.10	Gambar dari skenario algoritma Graham Scan 1 . . . . .	35
3.11	Gambar dari skenario algoritma Graham Scan 2 . . . . .	36
3.12	Gambar dari skenario algoritma Graham Scan 3 . . . . .	36
3.13	Gambar dari skenario algoritma Graham Scan 4 . . . . .	37
3.14	Gambar dari skenario algoritma Graham Scan 5 . . . . .	37
3.15	Gambar dari skenario algoritma Bentley Ottmann 1 . . . . .	38
3.16	Gambar dari skenario algoritma Bentley Ottmann 2 . . . . .	39
3.17	Gambar dari skenario algoritma Bentley Ottmann 3 . . . . .	39
3.18	Gambar dari skenario algoritma Bentley Ottmann 4 . . . . .	40
3.19	Gambar dari skenario algoritma Bentley Ottmann 5 . . . . .	40
3.20	Gambar dari skenario algoritma Bentley Ottmann 6 . . . . .	41
3.21	Gambar dari skenario algoritma Triangulation Monotone Polygon 1 . . . . .	42
3.22	Gambar dari skenario algoritma Triangulation Monotone Polygon 2 . . . . .	42
3.23	Gambar dari skenario algoritma Triangulation Monotone Polygon 3 . . . . .	43
4.1	Diagram kelas . . . . .	45
4.2	Diagram kelas Main . . . . .	46
4.3	Diagram kelas IpeCG . . . . .	46
4.4	Diagram kelas BentleyOttmann . . . . .	47

4.5	Diagram kelas GrahamScan	48
4.6	Diagram kelas TriangulationMonotonePolygon	49
4.7	Diagram kelas Endpoint pada package CG.Object	50
4.8	Diagram kelas LineSegment pada package CG.Object	51
4.9	Diagram kelas Point pada package CG.Object	51
4.10	Diagram kelas enumerate CGAlgorithms	52
4.11	Diagram kelas DocumentHandler	52
4.12	Diagram kelas InputHandler	53
4.13	Diagram kelas OutputHandler	53
4.14	Diagram kelas Layer pada package Ipe.Object	54
4.15	Diagram kelas Path pada package Ipe.Object	55
4.16	Diagram kelas Point pada package Ipe.Object	55
4.17	Diagram kelas Text pada package Ipe.Object	56
4.18	Diagram kelas Use pada package Ipe.Object	56
5.1	Pengujian pernagkat lunak	72
5.2	Pengujian masukan Graham Scan	72
5.3	Pengujian keluaran Graham Scan	73
5.4	Pengujian masukan Bentley Ottmann	73
5.5	Pengujian keluaran Bentley Ottmann	74
5.6	Pengujian masukan Triangulation Monotone Polygon	74
5.7	Pengujian keluaran Triangulation Monotone Polygon	75
5.8	Pengujian 1 Graham Scan 1	76
5.9	Pengujian 1 Graham Scan 2	76
5.10	Pengujian 1 Graham Scan 3	77
5.11	Pengujian 1 Graham Scan 4	77
5.12	Pengujian 1 Graham Scan 5	78
5.13	Pengujian 1 Graham Scan 6	78
5.14	Pengujian 1 Graham Scan 7	79
5.15	Pengujian 1 Graham Scan 8	79
5.16	Pengujian 2 Graham Scan 1	80
5.17	Pengujian 2 Graham Scan 2	80
5.18	Pengujian 2 Graham Scan 3	81
5.19	Pengujian 2 Graham Scan 4	81
5.20	Pengujian 2 Graham Scan 5	82
5.21	Pengujian 2 Graham Scan 6	82
5.22	Pengujian 2 Graham Scan 7	83
5.23	Pengujian 2 Graham Scan 8	83
5.24	Pengujian 2 Graham Scan 9	84
5.25	Pengujian 1 Bentley Ottmann 1	84
5.26	Pengujian 1 Bentley Ottmann 2	85
5.27	Pengujian 1 Bentley Ottmann 3	85
5.28	Pengujian 1 Bentley Ottmann 4	86
5.29	Pengujian 1 Bentley Ottmann 5	86
5.30	Pengujian 1 Bentley Ottmann 6	87
5.31	Pengujian 1 Bentley Ottmann 7	87
5.32	Pengujian 1 Bentley Ottmann 8	88
5.33	Pengujian 2 Bentley Ottmann 1	88
5.34	Pengujian 2 Bentley Ottmann 2	89
5.35	Pengujian 2 Bentley Ottmann 3	89
5.36	Pengujian 2 Bentley Ottmann 4	90
5.37	Pengujian 2 Bentley Ottmann 5	90



5.38	Pengujian 2 Bentley Ottmann 6	91
5.39	Pengujian 2 Bentley Ottmann 7	91
5.40	Pengujian 2 Bentley Ottmann 8	92
5.41	Pengujian 2 Bentley Ottmann 9	92
5.42	Pengujian 1 Triangulation Monotone Polygon 1	93
5.43	Pengujian 1 Triangulation Monotone Polygon 2	93
5.44	Pengujian 1 Triangulation Monotone Polygon 3	94
5.45	Pengujian 1 Triangulation Monotone Polygon 4	94
5.46	Pengujian 1 Triangulation Monotone Polygon 5	95
5.47	Pengujian 1 Triangulation Monotone Polygon 6	95
5.48	Pengujian 1 Triangulation Monotone Polygon 7	96
5.49	Pengujian 2 Triangulation Monotone Polygon 1	96
5.50	Pengujian 2 Triangulation Monotone Polygon 2	97
5.51	Pengujian 2 Triangulation Monotone Polygon 3	97
5.52	Pengujian 2 Triangulation Monotone Polygon 4	98
5.53	Pengujian 2 Triangulation Monotone Polygon 5	98
5.54	Pengujian 2 Triangulation Monotone Polygon 6	99
5.55	Pengujian 2 Triangulation Monotone Polygon 7	99

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi informasi dan komputer telah membawa dampak signifikan pada berbagai bidang, termasuk ilmu komputer dan matematika. Salah satu cabang ilmu yang terpengaruh adalah komputasi geometri. Komputasi geometri mempelajari algoritma dan teknik komputasi yang digunakan untuk memecahkan masalah yang terkait dengan objek geometri. Dalam bidang komputasi geometri, algoritma-algoritma geometri memiliki peran penting dalam memecahkan berbagai masalah yang terkait dengan objek geometri. Contoh beberapa masalah geometri yang umum adalah mencari titik perpotongan antara dua garis, *polygon inclusion problem*, dlsb.

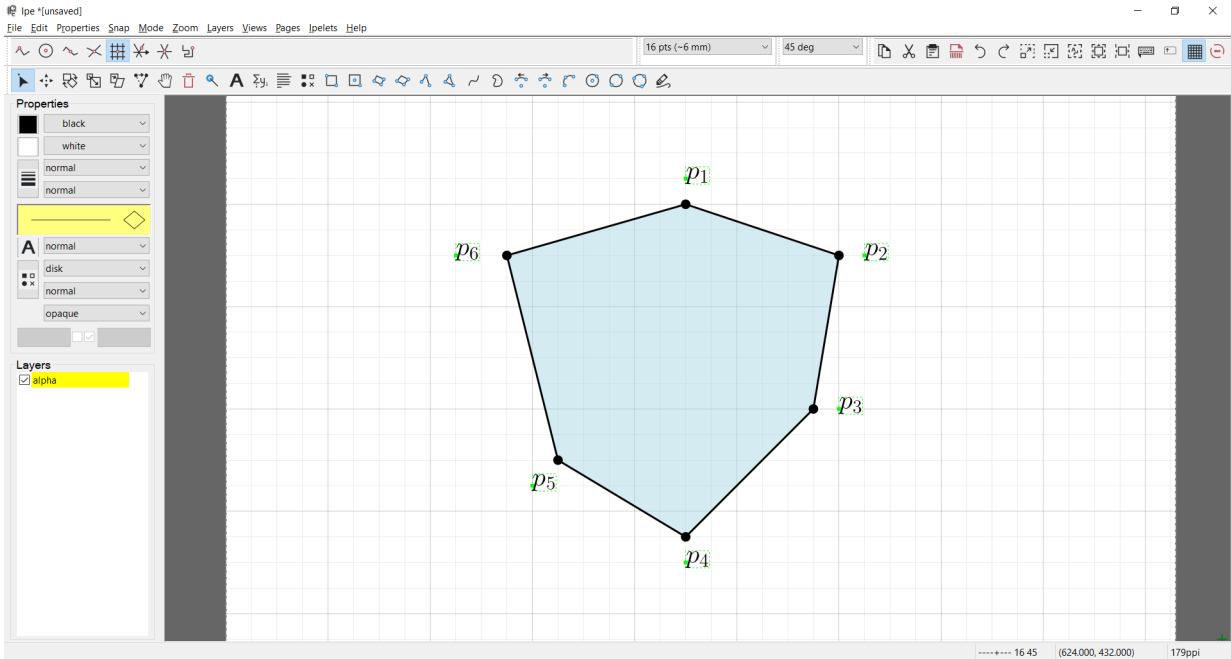
Dalam penelitian ini, akan difokuskan pada tiga masalah utama dalam komputasi geometri, yaitu *convex hull*, *monotone polygon*, dan *intersections among set of line segments*. *Convex hull* adalah permasalahan untuk menemukan poligon cembung (*convex*) yang mengelilingi sejumlah titik. *Monotone polygon* merupakan permasalahan untuk membagi suatu poligon menjadi beberapa segmen poligon dengan sifat monoton. Sedangkan *intersections among set of line segments* adalah permasalahan untuk mencari titik-titik perpotongan antara sejumlah segmen garis.

Dalam implementasi algoritma-algoritma tersebut, sering kali ditemui kasus-kasus degenerate yang memerlukan penanganan khusus. Misalnya, dalam *convex hull*, terdapat kasus ketika semua titik berada dalam satu garis lurus atau saat terdapat titik-titik yang berada pada posisi yang sama. Setiap permasalahan geometri tersebut memiliki algoritma khusus yang dapat digunakan untuk menangani kasus-kasus tersebut.

Namun, menjelaskan algoritma-algoritma tersebut tanpa adanya visualisasi akan sulit bagi pengguna untuk memahaminya secara langsung. Oleh karena itu, penting untuk memiliki alat visualisasi yang efektif. Salah satu perangkat lunak yang dapat digunakan dalam menggambarkan ilustrasi dalam bidang geometri adalah Ipe (*Integrated Picture Environment*), dapat dilihat pada Gambar 1.1. Ipe adalah program komputer yang digunakan untuk membuat dan mengedit gambar vektor, seperti dalam pembuatan ilustrasi dan diagram. Ipe dapat menghasilkan gambar dengan kualitas tinggi dan mendukung berbagai format file seperti PDF. Ipe dikembangkan oleh Otfried Cheong dan timnya pada tahun 2003 dan versi terbarunya adalah versi 7.2.27.

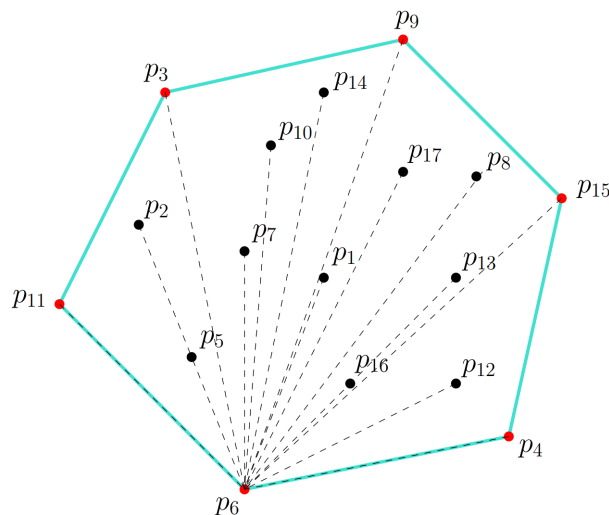
Salah satu keunggulan Ipe adalah kemampuannya untuk menghasilkan output dalam bentuk XML, yang memungkinkan pemrograman dan manipulasi lanjutan terhadap hasil gambar. Dengan menggunakan Ipe, dalam penelitian ini akan dibuat visualisasi sederhana yang memperlihatkan langkah-langkah dari algoritma-algoritma geometri yang dipelajari. Dengan demikian, pengguna dapat lebih mudah memahami dan mengikuti jalannya algoritma.

Dalam konteks ini, penting untuk mengembangkan penelitian yang memfokuskan pada penggunaan perangkat lunak Ipe dalam membantu menggambarkan presentasi dari langkah-langkah algoritma-algoritma geometri. Dengan memanfaatkan fitur-fitur yang dimiliki oleh Ipe, presentasi dapat dihasilkan dengan tampilan visual yang menarik, memudahkan pemahaman, dan meningkatkan kualitas komunikasi informasi kepada pengguna. Sehingga, dalam penelitian ini akan diimplementasi tiga algoritma geometri diantaranya yaitu algoritma Graham Scan, algoritma Bentley Ottmann, dan algoritma Triangulation Monotone Polygon.



Gambar 1.1: Tampilan antarmuka perangkat lunak Ipe.

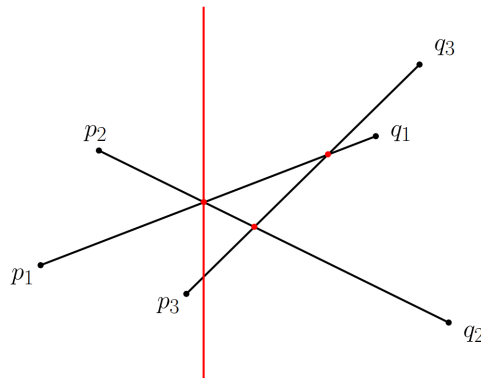
Algoritma Graham Scan merupakan salah satu contoh algoritma geometri yang akan diimplementasikan dalam penelitian ini, seperti pada Gambar 1.2. Algoritma ini digunakan untuk menyelesaikan masalah *convex hull* dari sejumlah titik dalam bidang dua dimensi. *Convex hull* yang dihasilkan oleh algoritma Graham Scan merupakan poligon cembung (*convex*) yang terdiri dari segmen garis antara titik-titik terluar. Dalam implementasi algoritma Graham Scan, langkah-langkahnya melibatkan pengurutan titik-titik berdasarkan sudut polar terhadap titik paling bawah, kemudian melakukan pemindahan titik-titik yang tidak membentuk cembung dari hasil pengurutan tersebut. Algoritma ini efisien dengan kompleksitas waktu  $O(n \log n)$ , di mana  $n$  adalah jumlah titik.



Gambar 1.2: *Convex hull* dari himpunan titik yang dihasilkan algoritma Graham Scan.

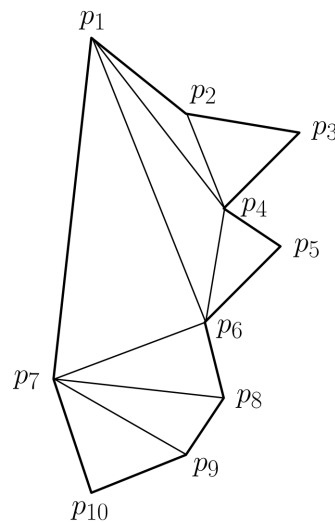
Selain itu, algoritma Bentley Ottmann juga merupakan contoh algoritma geometri yang akan diteliti dalam penelitian ini, seperti pada Gambar 1.3. Algoritma ini digunakan untuk menyelesaikan masalah perpotongan antara sejumlah garis dalam bidang dua dimensi. Dalam implementasi algori-

Algoritma Bentley Ottmann, langkah-langkahnya melibatkan pemindahan garis-garis secara berurutan dan mendeteksi setiap perpotongan yang terjadi. Algoritma ini memiliki kompleksitas waktu  $O((n + k) \log n)$ , di mana  $n$  adalah jumlah garis dan  $k$  adalah jumlah perpotongan garis.



Gambar 1.3: Himpunan titik potong yang dihasilkan algoritma Bentley Ottmann.

Selanjutnya, algoritma Triangulation Monotone Polygon juga menjadi fokus penelitian ini, seperti pada Gambar 1.4. Algoritma ini digunakan untuk membagi sebuah poligon monoton menjadi segitiga-segitiga yang saling bersebelahan. Poligon monoton adalah poligon yang memiliki sisi-sisi yang tegak lurus terhadap garis tertentu yang biasanya merupakan garis horizontal atau garis vertikal. Dalam implementasi algoritma Triangulation Monotone Polygon, langkah-langkahnya melibatkan pembagian poligon menjadi bagian atas dan bagian bawah atau bagian kiri dan bagian kanan, kemudian membangun segitiga-segitiga dalam setiap bagian dengan mempertimbangkan titik-titik sudut yang ditemui. Algoritma ini memiliki kompleksitas waktu  $O(n \log n)$ , di mana  $n$  adalah jumlah titik sudut poligon.



Gambar 1.4: Himpunan segmen garis yang membentuk triangulasi yang dihasilkan algoritma Triangulation Monotone Polygon.

Dengan adanya implementasi dan analisis dari ketiga algoritma geometri tersebut, diharapkan penelitian ini dapat memberikan pemahaman yang lebih mendalam tentang cara kerja dan kegunaan dari masing-masing algoritma. Selain itu, melalui visualisasi menggunakan perangkat lunak Ipe, presentasi langkah-langkah algoritma dapat disajikan dengan lebih efektif dan memudahkan pemahaman bagi pengguna.

Namun, dalam penggunaan Ipe untuk menggambarkan langkah-langkah algoritma geometri, masih memerlukan upaya manual yang signifikan. Pengguna harus secara manual membuat setiap langkah dan mengatur tata letak presentasi secara manual. Hal ini dapat menjadi proses yang rumit dan memakan waktu, terutama ketika algoritma memiliki banyak langkah.

Oleh karena itu, dalam penelitian ini akan dilakukan eksplorasi penggunaan perangkat lunak Ipe dalam membantu menggambarkan sebuah presentasi dari langkah-langkah algoritma geometri secara lebih efisien. Selanjutnya, juga dilakukan upaya untuk menciptakan perangkat lunak tambahan yang dapat memanfaatkan perangkat lunak Ipe untuk menciptakan hasil presentasi dari langkah-langkah algoritma geometri secara otomatis. Dengan demikian, diharapkan pengguna dapat menghemat waktu dan usaha dalam membuat presentasi yang menarik dan terstruktur.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menciptakan perangkat lunak yang memanfaatkan penggunaan perangkat lunak Ipe dalam membantu menggambarkan presentasi dari langkah-langkah algoritma-algoritma geometri secara otomatis. Dalam penelitian ini, akan dilakukan penelitian terhadap beberapa algoritma geometri yang relevan, dan langkah-langkahnya akan diimplementasikan menggunakan perangkat lunak. Selain itu, akan dilakukan evaluasi terhadap presentasi yang dihasilkan, baik secara kejelasan visual maupun efisiensi penggunaan perangkat lunak tersebut.

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan perangkat lunak dan teknik visualisasi yang berguna dalam konteks komputasi geometri. Selain itu, diharapkan juga dapat membantu meningkatkan pemahaman dan efektivitas pengajaran serta penelitian dalam bidang komputasi geometri.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan indentifikasi permasalahan dari latar belakang, maka dilakukan perumusan masalah sebagai berikut:

- Bagaimana merancang visualisasi algoritma yang efektif dengan menentukan struktur data yang perlu ditampilkan, serta menyertakan informasi umum lainnya untuk memperjelas jalannya algoritma?
- Bagaimana mengintegrasikan implementasi algoritma ke dalam perangkat lunak dan menghasilkan file Ipe yang mencakup visualisasi langkah-langkah algoritma dengan jelas dan sesuai?

## 1.3 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dideskripsikan sebelumnya, maka dihasilkan tujuan sebagai berikut:

- Menjelaskan secara rinci dan komprehensif langkah-langkah dari algoritma Graham Scan, Bentley Ottmann, dan Triangulation Monotone Polygon.
- Merancang visualisasi algoritma yang efektif dengan menentukan struktur data yang perlu ditampilkan, serta menyertakan informasi umum lainnya yang dapat memperjelas jalannya algoritma.
- Mengintegrasikan implementasi algoritma ke dalam perangkat lunak dan menghasilkan file Ipe yang mencakup visualisasi langkah-langkah algoritma dengan jelas dan sesuai.

## 1.4 Batasan Masalah

Proses perancangan dan implementasi perangkat lunak dalam penelitian ini dibatasi oleh beberapa faktor sebagai berikut:

- Program ini akan dirancang untuk beroperasi secara kompatibel dengan perangkat lunak Ipe versi 7.2.25 dan file Ipe dengan versi 7.2.25.

- Tidak semua kasus masalah pada setiap algoritma akan dapat ditangani oleh perangkat lunak, terutama dalam kasus yang degeneratif (*degenerate case*<sup>1</sup>) pada setiap algoritma.

## 1.5 Metodologi

Pada bagian ini dirancang sebuah metodologi untuk menghasilkan langkah-langkah yang jelas dan sistematis dalam memecahkan masalah yang telah dideskripsikan sebagai berikut:

- Melakukan studi literatur tentang objek geometri, terutama titik, segmen garis, dan poligon.
- Melakukan studi literatur tentang algoritma Graham Scan, Bentley Ottmann, dan Triangulation Monotone Polygon.
- Mempelajari bahasa pemrograman Java yang akan digunakan dalam pengembangan perangkat lunak dan pemodelan struktur data yang relevan untuk setiap algoritma.
- Melakukan eksperimen pada contoh kasus masalah untuk menguji setiap solusi yang diterapkan.
- Merancang dan mengimplementasikan setiap metode menjadi bagian dari perangkat lunak secara terintegrasi dan menyeluruh.
- Melakukan pengujian akhir secara menyeluruh untuk memastikan bahwa perangkat lunak berfungsi dengan baik, menghasilkan hasil yang diharapkan, dan memenuhi kebutuhan yang telah ditetapkan.
- Menyusun dokumen penelitian yang mencakup deskripsi rinci tentang penelitian yang dilakukan, metode yang digunakan, hasil eksperimen, dan analisis yang relevan.

## 1.6 Sistematika Pembahasan

Sistematika penulisan dalam penelitian ini bertujuan untuk memberikan gambaran yang jelas mengenai tahapan penelitian yang telah diimplementasikan. Penelitian ini akan diuraikan dalam sistematika pembahasan berikut:

- Bab 1: Pendahuluan  
Pada bagian ini akan dibahas mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah, metodologi, dan sistematika pembahasan.
- Bab 2: Landasan Teori  
Pada bagian ini akan dibahas mengenai konsep geometri dan algoritma-algoritma yang digunakan dalam penelitian.
- Bab 3: Analisis Perangkat Lunak  
Pada bagian ini akan dibahas mengenai analisis untuk pemodelan masalah, jenis-jenis masukan dan keluaran, dan skenario-skenario terhadap setiap algoritma yang akan diimplementasi dalam perangkat lunak.
- Bab 4: Perancangan  
Pada bagian ini akan dibahas perancangan terhadap perangkat lunak, kelas-kelas, dan skenario-skenario dari setiap algoritma.
- Bab 5: Implementasi dan Pengujian  
Pada bagian ini akan dibahas mengenai implementasi perangkat lunak dan pengujian yang mencakup interaksi terhadap perangkat lunak, jalannya perangkat lunak, dan kesesuaian skenario-skenario solusi pada keluaran.
- Bab 6: Kesimpulan dan Saran  
Pada bagian ini akan dibahas mengenai kesimpulan yang dihasilkan, serta saran yang dapat diberikan untuk pengembangan lebih lanjut terhadap penelitian sejenis.

---

<sup>1</sup>Sebuah kasus khusus yang ekstrem atau tidak biasa. Dalam geometri, *degenerate case* terjadi ketika suatu bentuk geometri mengalami deformasi ekstrem sehingga menjadi kasus spesial. Misalnya, segitiga dengan panjang dua sisi yang sama atau lingkaran dengan jari-jari nol adalah contoh-contoh *degenerate case* dalam geometri. <https://mathworld.wolfram.com/Degenerate.html>