

# APLIKASI METODE KODE RANTAI UNTUK MENENTUKAN PANJANG DAN KELILING OBJEK DUA DIMENSI TIDAK BERATURAN

Pinkan Dyah Bathari<sup>\*)</sup>, Imam Santoso, and Ajub Ajulian Zahra

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Diponegoro Semarang  
Jl. Prof. Sudharto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

<sup>\*)</sup> Email: pinkan.bathari@gmail.com

## Abstrak

Kode rantai merupakan salah satu metode pengolahan citra digital yang mampu merepresentasikan kurva, garis, atau kontur suatu bidang. Kode rantai menghasilkan kode-kode berupa deretan angka berdasarkan arah mata angin. Deretan angka ini dihitung sehingga menghasilkan nilai panjang, dan disesuaikan dengan nilai sesungguhnya berdasarkan faktor skala. Dalam Penelitian ini, kode rantai diaplikasikan untuk menentukan panjang dan keliling objek dua dimensi tidak beraturan. Objek dua dimensi berasal dari hasil akuisisi kamera yang divariasikan berdasarkan bentuk, jarak, dan perbesaran. Untuk meningkatkan penelusuran kode rantai ini diterapkan penghilangan derau dengan morfologi penutupan. Tolak ukur keberhasilan adalah perbandingan panjang simulasi dengan panjang sebenarnya. Selain itu beberapa gangguan saat pengambilan data diterapkan, seperti tingkat kecerahan pada citra uji, adanya derau di sekitar objek citra uji. Pada pengujian sistem ini dilakukan beberapa variasi, yaitu variasi bentuk kontur terbuka, pengujian kontur terbuka jarak kamera terhadap objek 20 cm – 40 cm, pengujian dengan jarak kamera terhadap objek 50 cm – 200 cm, variasi perbesaran objek 1kali-3kali, dan pengujian keliling pada kontur tertutup. Dari hasil pengujian terhadap sistem, seperti pengujian kontur terbuka jarak kamera terhadap objek 20 cm – 40 cm memiliki presentase rata-rata 1,452%. Hasilnya kode rantai dapat digunakan untuk menghitung panjang dan keliling objek dua dimensi tidak beraturan dengan kesalahan yang dapat ditoleransi.

*Kata Kunci : Kontur Tidak Beraturan, Dua Dimensi, Panjang, Keliling, Kode Rantai*

## Abstract

Chain Codes is one of the techniques in image analysis that is able to represent lines, curves or contour of an area, and to determine shape factor of an object. Further more chain codes can be applied to count length and perimeter of object based on distance. Chain code's producing the codes which is containing a line of number based on the direction. In this final assignment, chain codes are applied to count length and perimeter of two dimensional irregular object. Two dimensional object are using the capture image as the object tests. On the other hand, morphological closing was applied to improve chain code's tracking. And comparison of actual length to simulation length will be used as parameters of success. Beside that, some interference were applied such as brightness level and some noise around the object. In this program, there are five variation tests, those are the shape variation of opened contours, the opened contours with 20 cm - 40 cm camera to object's distances, the opened contours objects with 50 cm - 200 cm camera to object's, camera's zoom variations for opened contours, and shape variations of closed contours. For an example, opened contours with 20 cm - 40 cm camera to object's distances with minimum error percentage 0%, maximum 2,881%, and mean 1,452%. As a result, chain code can be applied to count length of two dimensional irregular contours with acceptable error.

*Keywords: Irregular contours, two dimensions, length, perimeter, Chain Code*

## 1. Pendahuluan

Kode rantai (*chain code*) merupakan suatu teknik pengolahan citra yang didasarkan pengkodean dengan berdasarkan arah mata angin pada suatu objek citra dua dimensi. Selama ini, kode rantai banyak yang digunakan dalam pengolahan citra untuk merepresentasikan garis,

kurva atau batas tepi dari suatu area. Sistem perhitungan panjang dan keliling menggunakan metode kode rantai merupakan dasar dari *computer vision* untuk mengekstraksi fitur yang ada pada objek kemudian diolah menggunakan rumus sehingga hasil panjang dan keliling dapat diketahui. Salah satu implementasi *computer vision* berupa sistem perhitungan panjang dan keliling objek

yang dapat diterapkan untuk kontur dua dimensi yang mempunyai bentuk sulit dihitung dengan menggunakan rumus biasa.

Pada penelitian sebelumnya, efektivitas penggunaan metode kode rantai dengan metode lain telah diuji<sup>[2,3]</sup>. Kode rantai mempresentasikan citra dalam bentuk kode yang mewakili hubungan dua buah piksel berdekatan dengan arah tertentu yang kemudian dapat dianalisa menggunakan suatu metode untuk menentukan bentuk objek yang diamati. Salah satu aplikasi dari kode rantai dapat digunakan sebagai dasar untuk melakukan pengenalan karakter tangan<sup>[1,4]</sup>. Kemampuan kode rantai untuk merepresentasikan kontur ciri pada citra digunakan pada penelitian sebelumnya untuk mengidentifikasi benda dua dimensi menggunakan deteksi sudut, mengidentifikasi bentuk pulau, dan menghitung luas dan keliling objek dua dimensi<sup>[5-7]</sup>.

Berdasarkan penelitian-penelitian tersebut, pada penelitian ini dirancang aplikasi metode kode rantai dalam suatu sistem perhitungan panjang dan keliling objek dua dimensi tidak beraturan, dalam hal ini objek yang diujikan merupakan kontur garis yang tidak beraturan. Objek tersebut diakusisi menggunakan kamera.

## 2. Metode

### 2.1 Pengolahan Citra Digital

Pengolahan citra digital atau *digital image processing* adalah setiap bentuk pengolahan sinyal yang masukannya berupa gambar, seperti foto, sedangkan keluaran dari pengolahan gambar dapat berupa gambar atau sejumlah karakteristik yang berkaitan dengan gambar<sup>[8]</sup>. Secara umum, pengolahan citra merupakan pemrosesan citra dua dimensi dengan tujuan untuk melakukan transformasi suatu citra atau gambar menjadi citra lain dengan menggunakan teknik tertentu dan dilakukan oleh komputer, karena citra adalah gambar dua dimensi yang dihasilkan dari gambar analog dua dimensi yang kontinu melalui proses sampling. Sampling sendiri merupakan proses untuk menentukan warna pada piksel tertentu suatu citra dari sebuah gambar yang kontinu. Pada proses sampling biasanya dicari warna rata-rata dari gambar analog yang kemudian dibulatkan. Proses ini juga sering disebut sebagai proses digitisasi<sup>[7]</sup>.

Citra (*image*) sebagai salah satu komponen multimedia memegang peranan sangat penting sebagai bentuk informasi visual. Citra mempunyai karakteristik yang tidak dimiliki oleh data teks, yaitu citra kaya dengan informasi. Ada sebuah peribahasa yang berbunyi “sebuah gambar bermakna lebih dari seribu kata” (*a picture is more than a thousand words*). Maksudnya tentu sebuah gambar dapat memberikan informasi yang lebih banyak daripada informasi tersebut disajikan dalam bentuk kata-kata (tekstual)<sup>[8]</sup>.

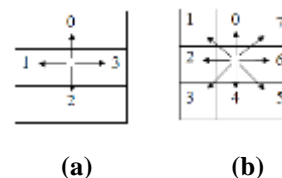
Citra digital dapat didefinisikan sebagai fungsi dua variabel  $f(x,y)$ , dimana  $x$  dan  $y$  adalah koordinat spasial dan nilai  $f(x,y)$  merupakan tingkat kecerahan (*brightness*) suatu citra pada suatu titik<sup>[5]</sup>. Citra digital dapat dibayangkan sebagai suatu matriks yang mana baris dan kolomnya menunjukkan tingkat keabuan di titik tersebut. Elemen-elemen dari citra digital tersebut biasanya disebut dengan *pixel*, yang merupakan singkatan dari *picture elements*. Citra digital dengan ukuran  $M \times N$  piksel sebenarnya merupakan suatu matriks dengan ukuran  $M \times N$ ,  $M$  merupakan banyaknya baris dan  $N$  merupakan banyaknya kolom. Setiap titik juga memiliki nilai berupa angka digital yang merepresentasikan informasi yang diwakili oleh titik tersebut<sup>[12-15]</sup>.

Citra digital aras keabuan adalah suatu citra yang nilai dari setiap pikselnya merupakan sampel tunggal. Citra yang ditampilkan dari citra jenis ini adalah warna kabuan yang bervariasi, warna hitam pada bagian yang berintensitas lemah dan warna putih pada intersitas terkuat.

Citra biner (*binary image*) adalah citra yang hanya mempunyai dua nilai derajat keabuan yaitu hitam dan putih. Alasan masih digunakannya citra biner dalam pengolahan citra digital hingga saat ini adalah algoritma untuk citra biner telah berkembang dengan baik dan waktu pemrosesan lebih cepat karena jumlah bit untuk tiap pikselnya lebih sedikit<sup>[11]</sup>.

### 2.2 Kode Rantai

Tujuan dari Kode *Freeman* adalah untuk memberitahukan representasi batasan dari suatu obyek. Kode rantai *Freeman* merupakan algoritma sederhana tetapi memiliki kinerja yang tinggi. Kode rantai didasarkan pada kenyataan bahwa titik berurutan pada kurva kontinyu yang saling berdekatan satu sama lain, dan bahwa masing-masing titik data secara berurutan berbatasan dengan salah satu dari delapan kode rantai yang mengelilingi titik data tersebut. Kode rantai direpresentasikan dengan 4 arah atau 8 arah mata angin. Arah dari suatu mata angin dikodekan dengan menggunakan skema penomoran seperti terlihat di pada Gambar 1.



Gambar 1 (a) Skema 4 arah mata angin (b) Skema 8 arah mata angin

Berdasarkan penjelasan mengenai kode rantai diatas, tahapan kode rantai adalah mengubah citra menjadi citra

grayscale, kemudian mengubah citra menjadi citra biner, setelah itu menentukan titik awal sebagai titik awal penelusuran dengan arah mata angin, setelah ditelusur hasilnya akan berupa kode kode, beberapa ciri yang berhubungan dengan pembatas objek dapat dihitung, antara lain perimeter dan skala. Perimeter menyatakan ukuran panjang dari kerangka yang dihasilkan. Dalam kode rantai perimeter dihitung dengan rumus berikut [19]

$$P = \text{jumlah kode genap} + \sqrt{2} \cdot \text{jumlah kode ganjil} \quad (1)$$

Pada persamaan 1, nilai  $\sqrt{2}$  dikalikan dengan kode ganjil, karena kode ganjil memiliki arah diagonal.

### 2.3 Perbaikan Citra dengan Morfologi

Operasi morfologi adalah teknik pengolahan citra yang didasarkan pada bentuk segmen atau region dalam citra. Karena difokuskan pada bentuk objek, maka operasi ini diterapkan pada citra biner.

Operasi morfologi menggunakan dua input himpunan yaitu suatu citra (pada umumnya citra biner) dan suatu kernel. Khusus dalam morfologi, istilah kernel biasa disebut *structuring elements* (elemen pembentuk struktur). SE merupakan suatu matrik dan pada umumnya berukuran kecil. Elemen dari SE dapat bernilai 1, 0 dan *don't care*. Nilai *don't care* biasanya ditandai dengan nilai elemen dikosongkan atau diberi tanda silang.

Proses dilasi dilakukan dengan membandingkan setiap pixel citra input dengan nilai pusat SE dengan melapiskan (superimpose) SE dengan citra sehingga pusat SE tepat dengan posisi pixel citra yang diproses. Operasi dilasi dapat dinyatakan sebagai berikut

$$D(A, B) = A \oplus B = \{x: B_x \cap A \neq \emptyset\} \quad (2)$$

Proses erosi merupakan kebalikan dari proses dilasi. Jika dalam proses dilasi menghasilkan objek yang lebih luas maka dalam proses erosi akan menghasilkan objek yang menyempit (mengecil). Operasi erosi dapat dinyatakan sebagai berikut

$$E(A, B) = A \ominus B = \{x: B_x \subset A \neq \emptyset\} \quad (3)$$

Operasi Closing adalah kombinasi antara operasi dilasi dan erosi yang dilakukan secara berurutan. Operasi dilasi dilakukan terlebih dahulu kemudian baru diikuti dengan operasi erosi. Operasi closing dapat dinyatakan sebagai berikut [19]

$$C(A, B) = A \bullet B = (E(D, A, -B), -B) \quad (4)$$

### 2.4 Skala

Skala merupakan perbandingan antar kategori dimana masing-masing kategori diberi bobot nilai yang berbeda [21]. Skala dihitung dengan rumus sebagai berikut

$$\text{skala} = \text{jarak sebenarnya} / \text{jarak peta} \quad (5)$$




Dalam perhitungan skala pada metode kode rantai ini, skala merupakan perbandingan panjang/keliling sebenarnya (cm) dan perimeter citra uji (units). Skala tersebut bergantung pada jarak kamera dengan citra uji.

## 3. Hasil dan Analisa

### 3.1 Pengujian Terhadap Variasi Bentuk Objek Kontur Terbuka

Pada pengujian ini dilakukan perhitungan panjang kontur terbuka pada citra uji dengan variasi beberapa jenis kontur yang tidak beraturan. Jumlah objek yang diuji adalah sebanyak 25 data yang sebelumnya telah diukur dengan menggunakan penggaris. Hasil pengujian terhadap variasi bentuk objek kontur terbuka dapat dilihat dari tabel 1

**Tabel 1 Hasil pengujian terhadap variasi bentuk objek kontur terbuka**




Bentuk Objek (var 1)	Perimeter (units)	Hasil pengukuran (cm)	Hasil pengujian (cm)	Selisi h (cm)	error(%)
	989,502	16,5	16,492	0,008	0,049
	1001,217	16,5	16,687	0,187	1,134
	980,115	16,5	16,335	0,165	0,997

Tabel 1 menunjukkan hasil simulasi dan hasil perhitungan data uji yang sebelumnya telah diukur dengan menggunakan penggaris. Jarak kamera terhadap objek adalah 21 cm, dan hasil konstanta perimeter dengan rumus skala yang telah dijelaskan bab sebelumnya hingga mendapatkan panjang simulasi adalah 0,017.

### 3.2 Pengujian Objek Kontur Terbuka dengan Jarak Kamera Terhadap Objek 20 cm – 40 cm

Pada pengujian ini dilakukan perhitungan panjang pada citra uji dengan variasi jarak kamera terhadap objek 20 cm, 25 cm, 30 cm, 35 cm, 40 cm. Setiap jarak memiliki 5 variasi bentuk objek. Jumlah objek yang diuji adalah sebanyak 25 data dari 5 macam jarak kamera terhadap objek. Hasil pengujian variasi jarak kamera terhadap objek 20 cm dapat dilihat pada tabel 2.

**Tabel 2 Hasil pengujian variasi jarak kamera terhadap objek 20 cm**

Bentuk Objek (var 2)	Perimeter (units)	Hasil Perhitungan (cm)	Hasil Pengujian (cm)	Selisih (cm)	Error(%)
	1929,856	32,2	31,415	0,785	2,439
	2022,660	32,2	32,925	0,725	2,253
	1960,545	32,2	31,914	0,286	0,887

Tabel 2 menunjukkan hasil simulasi dan hasil perhitungan data uji yang sebelumnya telah diukur menggunakan penggaris dengan jarak kamera terhadap objek adalah 40 cm, dan hasil konstanta perimeter dengan rumus skala yang telah dijelaskan bab sebelumnya hingga mendapatkan panjang simulasi adalah 0,033. Berikut adalah tabel hasil konstanta perimeter berdasar jarak kamera terhadap objek 20 cm-40 cm




**Tabel 3 Hasil Konstanta Perimeter Berdasar Jarak Kamera Terhadap Objek 20 cm-40 cm**

Jarak Kamera Terhadap Objek (cm)	Konstanta Perimeter
20	0,016
25	0,020
30	0,025
35	0,029
40	0,033

### 3.3 Pengujian Objek Kontur Terbuka dengan Jarak Kamera Terhadap Objek 50 cm – 200 cm

Pada pengujian ini dilakukan perhitungan panjang pada citra uji dengan variasi jarak kamera terhadap objek 50 cm, 100 cm, 150 cm, dan 200 cm. Setiap jarak memiliki 5 variasi bentuk objek. Jumlah objek yang diuji adalah sebanyak 20 data dari 5 macam jarak kamera terhadap objek. Hasil pengujian variasi jarak kamera terhadap objek 50 cm dapat dilihat pada tabel 4

**Tabel 4 Hasil pengujian objek kontur terbuka dengan jarak kamera terhadap objek 50 cm**

Bentuk Objek (var 3)	Perimeter (units)	Hasil Pengukuran (cm)	Hasil Pengujian (cm)	Selisih (cm)	Error(%)
	1860,778	70	72,320	2,320	3,315
	1885,935	70	73,298	3,298	4,712
	1771,200	70	68,839	1,161	1,659

Tabel 4 menunjukkan hasil simulasi dan hasil perhitungan data uji yang sebelumnya telah diukur menggunakan penggaris dengan jarak kamera terhadap objek adalah 50 cm, dan hasil konstanta perimeter dengan rumus skala yang telah dijelaskan bab sebelumnya hingga mendapatkan panjang simulasi adalah 0,039.




**Tabel 5 Hasil Konstanta Perimeter Berdasar Jarak Kamera Terhadap Objek 50-200cm**

Jarak Kamera Terhadap Objek (cm)	Konstanta Perimeter
50	0,039
100	0,079
150	0,119
200	0,160

### 3.4 Pengujian Objek Kontur Terbuka dengan Perbesaran Kamera 1 kali s.d 3 kali

Pada pengujian ini dilakukan perhitungan panjang pada citra uji dengan variasi perbesaran kamera yaitu 1 kali, 1,5 kali, 2 kali, 2,5 kali, dan 3 kali. Setiap perbesaran memiliki 5 variasi bentuk objek. Jumlah objek yang diuji adalah sebanyak 25 data dari 5 macam perbesaran kamera terhadap objek. Hasil pengujian kontur terbuka dengan perbesaran 1 kali dapat dilihat pada tabel 6.

**Tabel 6 Hasil pengujian objek kontur terbuka dengan perbesaran kamera 1 kali**

Bentuk Objek (var 4)	Perimeter (units)	Hasil Pengukuran (cm)	Hasil Pengujian (cm)	Selisih (cm)	Error(%)
	877,737	70	69,405	0,595	0,850
	893,387	70	70,643	0,643	0,918
	892,607	70	70,581	0,581	0,830

Tabel 6 menunjukkan hasil simulasi dan hasil perhitungan data uji yang sebelumnya telah diukur menggunakan penggaris dengan perbesaran kamera terhadap objek adalah 1 kali, dan hasil konstanta perimeter dengan rumus skala yang telah dijelaskan bab sebelumnya hingga mendapatkan panjang simulasi adalah 0,079.

**Tabel 7 Hasil Konstanta Perimeter Berdasar Perbesaran Kamera Terhadap Objek 1 kali s.d 3 kali**


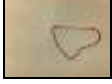

Perbesaran Kamera Terhadap Objek	Konstanta Perimeter
1,0x	0,079
1,5x	0,052
2,0x	0,038
2,5x	0,031
3,0x	0,026

### 3.5 Perbandingan Penggunaan Simulasi dengan Tapis dan Tanpa Tapis

Pada pengujian ini dilakukan perbandingan keliling kontur tertutup pada citra uji dengan variasi beberapa jenis bentuk kontur tertutup yang tidak beraturan menggunakan simulasi dengan tapis dan tanpa tapis. Jumlah objek yang diuji adalah sebanyak 14 data yang sebelumnya telah diukur dengan menggunakan penggaris dan jarak kamera terhadap objek adalah 20 cm. Hasil perbandingan penggunaan simulasi dengan tapis dan tanpa tapis terhadap variasi bentuk objek kontur tertutup dapat dilihat dari tabel 8.

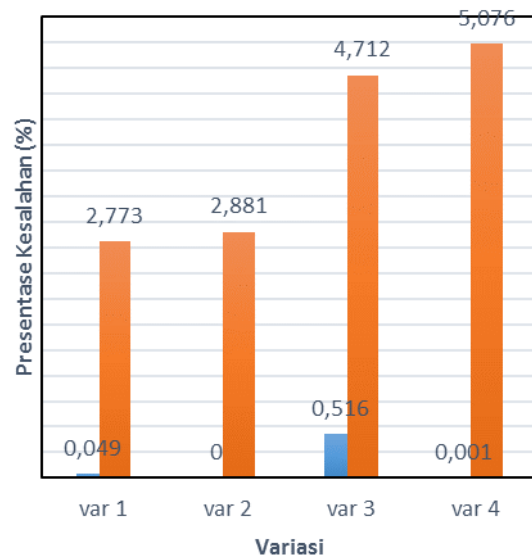
Tabel 8 menunjukkan hasil simulasi dan hasil perhitungan data uji yang sebelumnya telah diukur menggunakan penggaris dengan jarak kamera terhadap objek 20 cm dan hasil konstanta perimeter dengan rumus skala yang telah dijelaskan bab sebelumnya hingga mendapatkan keliling simulasi adalah 0,025. Perbandingan penggunaan simulasi dengan tapis terhadap keliling objek kontur tertutup memiliki presentase kesalahan rata-rata yang jauh lebih kecil yaitu 2,004% dibandingkan dengan penggunaan simulasi tanpa tapis yaitu 43,233%.

**Tabel 8 Hasil perbandingan penggunaan simulasi tanpa tapis dan dengan tapis**

Bentuk Objek	Hasil Pengujian		Hasil Pengukuran	% Error	
	Tanpa Tapis (cm)	Dengan Tapis (cm)		Tanpa Tapis (var 6)	Dengan Tapis (var 5)
	20,732	20,462	20	3,659	2,312
	21,082	20,556	20	5,412	2,780
	20,994	20,631	20	4,970	3,154

### 3.6 Analisis Terhadap Hasil Pengujian

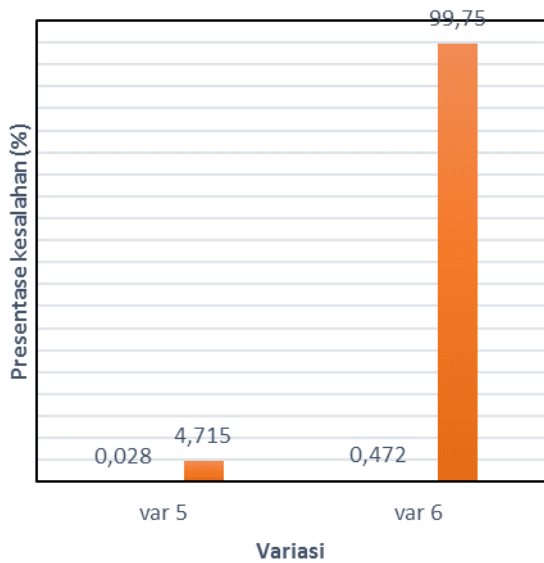
Dari hasil pengujian terhadap berbagai macam variasi diperoleh grafik seperti di bawah ini.



**Gambar 2 Grafik perbandingan persentase kesalahan minimum dan maksimum variasi 1-4**

Dari Gambar 2, pengujian ini menggunakan simulasi dengan tapis, pada pengujian variasi bentuk objek kontur terbuka (variasi 1) persentase kesalahan minimum sebesar 0,049%, untuk persentase kesalahan maksimumnya sebesar 2,773%. Untuk objek kontur terbuka dengan jarak kamera terhadap objek 20 cm – 40 cm (variasi 2) persentase kesalahan minimum sebesar 0% dan untuk persentase maksimumnya sebesar 2,881%. Pada pengujian objek kontur terbuka dengan jarak kamera terhadap objek 50 cm-200 cm (variasi 3) persentase kesalahan minimum sebesar 0,516% dan persentase kesalahan maksimum sebesar 4,712%. Pada pengujian variasi perbesaran objek untuk kontur terbuka 1 kali s.d 3 kali (variasi 4) memiliki persentase kesalahan minimum sebesar 0,001% dan kesalahan persentase maksimum sebesar 5,076%.

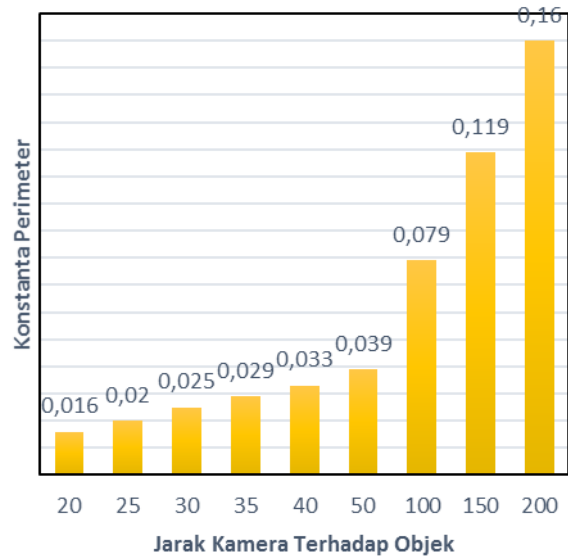
Sedangkan grafik perbandingan persentase kesalahan pada variasi 5 dan 6 dapat dilihat dari gambar berikut



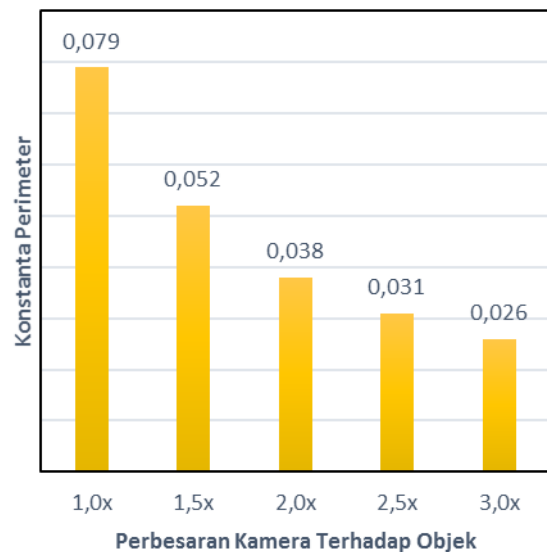
Gambar 3 Grafik perbandingan persentase kesalahan minimum dan maksimum variasi 5&6

Dari gambar 3, pada pengujian variasi objek kontur tertutup dengan tapis (variasi 5) memiliki presentase kesalahan minimum sebesar 0,028% dan kesalahan presentase maksimum sebesar 4,175%. Sedangkan pada pengujian objek kontur tertutup tanpa tapis (variasi 6) memiliki presentase kesalahan minimum 0,472% dan presentase kesalahan maksimum yang cukup besar yaitu 99,75%, dari 14 data yang diambil pada pengujian kontur tertutup tanpa tapis ini terdapat 6 data yang gagal (yang terbaca oleh kode rantai adalah derau di sekitar objek), hal ini disebabkan karena jarak kamera terhadap objek cukup dekat yaitu 20 cm sehingga derau di sekitar objek terlihat besar dan terbaca oleh kode rantai, oleh karena itu untuk menghitung dengan metode kode rantai pada jarak kamera terhadap objek yang dekat atau objek yang terlihat besar oleh kamera dibutuhkan adanya tapis untuk penghapusan derau di sekitar objek sehingga kode rantai dapat bekerja maksimal.

Adapun hasil perbandingan konstanta perimenter terhadap jarak yang sudah diuji dari berbagai variasi berikut Pada gambar 4, variasi jarak kamera terhadap objek 20 cm-40 cm dibutuhkan konstanta perimenter minimal 0,016 yaitu pada jarak 20 cm dan konstanta perimenter maksimal 0,033, sedangkan pada variasi jarak kamera terhadap objek 50 cm-200 cm dibutuhkan konstanta perimenter minimal 0,039 untuk jarak kamera terhadap objek 50 cm dan maksimal 0,160 untuk jarak kamera terhadap objek 200 cm, dan dengan selisih jarak 5 cm lebih jauh terhadap objek maka terjadi kenaikan konstanta perimenter sebesar 0,04. Hal ini membuktikan bahwa semakin jauh jarak kamera terhadap objek, maka semakin besar konstanta perimenter yang dibutuhkan.



Gambar 4 Grafik perbandingan jarak kamera terhadap objek dengan konstanta perimenter



Gambar 5 Grafik perbesaran kamera terhadap objek dengan konstanta perimenter

Dari gambar 5, pada variasi perbesaran kamera terhadap objek 1 kali s.d 3 kali dibutuhkan konstanta perimenter minimal 0,026 untuk perbesaran kamera terhadap objek 3 kali dan maksimal 0,079 untuk perbesaran kamera terhadap objek 1 kali ini membuktikan bahwa semakin besar perbesaran kamera terhadap objek maka semakin kecil konstanta perimeternya, dan dengan selisih perbesaran 0.5 kali lebih besar terhadap objek maka terjadi penurunan rata-rata konstanta perimenter sebesar 0,013.

#### 4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa hasil perhitungan panjang dan keliling objek tidak beraturan dengan kode rantai ini, sudah mendekati dengan hasil perhitungan. Dengan persentase rata-rata kesalahan 0-2% untuk berbagai macam bentuk variasi objek. Operasi morfologi penutupan (*closing*) sudah cukup baik untuk penghapusan derau untuk metode kode rantai dengan pengambilan objek yang jarak kamera terhadap objek cukup dekat atau objek yang tertangkap besar oleh kamera terlihat dari hasil perhitungan variasi keliling objek kontur tertutup dengan tapis memiliki presentase kesalahan rata-rata yang jauh lebih kecil yaitu 2% dibandingkan dengan perhitungan objek kontur tertutup tanpa tapis dengan presentase kesalahan rata-rata sebesar 43%.

Perhitungan panjang objek kontur tidak beraturan metode kode rantai ini dibutuhkan adanya konstanta perimeter yang dipengaruhi oleh jarak kamera terhadap objek. Pada variasi jarak kamera terhadap objek 20 cm-40 cm dibutuhkan konstanta perimeter minimal 0,016 untuk jarak kamera terhadap objek 20 cm, maksimal 0,33 untuk jarak kamera terhadap objek 40 cm dan dengan selisih jarak 5 cm lebih jauh terhadap objek maka terjadi kenaikan konstanta perimeter sebesar 0,04.

Adapun saran yang dapat diberikan sehubungan dengan pelaksanaan penelitian ini adalah untuk meningkatkan efektivitas penggunaan sistem perhitungan panjang objek dua dimensi tidak beraturan ini, sebaiknya sistem ini diujikan untuk citra lain yang membutuhkan perhitungan panjang dan keliling, seperti citra penginderaan jauh, peta wilayah, dan citra jaringan biologis, untuk meningkatkan keakuratan sistem perhitungan ini, sebaiknya aplikasi diuji dengan kamera yang lebih baik dari segi kualitas dan fasilitas perbesaran dan dapat dilakukan perbandingan penentuan panjang dan keliling dengan menggunakan metode lain, seperti dimensi fraktal.

#### Referensi

[1]. Nuryuliani, L. C. Munggaran, S. Madenda, dan M. Paindavoine, *Pendekatan Kode Rantai Sebagai Dasar Pengenalan Karakter*, Fakultas Ilmu Komputer Universitas Gunadarma, Depok, 2009

[2]. Nain, N., V. Laxmi, A. K. Jain, and R. Agarwal, *Morphological Edge Detection and Corner Detection Algorithm Using Chain-Encoding*, Departement of Computer Engineering Malaviya National Institute of Technology, India, 2006

[3]. Nain, N., V. Laxmi, B. Bhadviya, and C. Singh, *Corner Detection Using Difference Chain Code as Curvature*, International MultiConference of Engineers and Computer Scientists 2008 Vol 1, Hongkong, 19-21 March 2008

[4]. Nuryuliani, L. C. Munggaran, S. Madenda, dan M. Paindavoine, *Pengkodean Bentuk Segmen Menggunakan Kode Rantai Sebagai Dasar Pengenalan Bentuk Karakter*

*Tulisan Tangan Secara On-Line*, Seminar on Application and Research in Industrial Technology (SMART), Yogyakarta 22 Juli 2009

[5]. Hastawan, A. F., *Deteksi Sudut Menggunakan Kode Rantai Untuk Pengenalan Bangun Datar Dua Dimensi*, Skripsi-S1, Jurusan Teknik Elektro Universitas Diponegoro, Semarang, 2012

[6]. Pratiwi, M. T., *Aplikasi Metode Kode Rantai Untuk Menentukan Keliling dan Luas Suatu Bangun Datar Dua Dimensi*, Skripsi-S1, Jurusan Teknik Elektro Universitas Diponegoro, Semarang, 2013

[7]. Fadillah, A. N., Rahmi, A., Purwandari, K., Srimuddawamah, I., dan Etika, R., *Island Shape Detector Menggunakan Chain Code dengan Metode Pengklasifikasian Naive Bayes*, Teknik Informatika, Program Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer, Universitas Brawijaya, Malang, 2013

[8]. Rijal, Y. *Optimalisasi Reduksi Noise Menggunakan Chain-Code Termodifikasi Pada pendeteksian Wajah*.2010

[9]. Rinaldi., *Pengantar Pengolahan Citra*, <http://informatika.stei.itb.ac.id>, Juli 2013.

[10]. Puri, R. W. A. *Pengenalan Wajah Menggunakan Alihragam Wavelet Haar dan Jarak Euclidean*. Semarang: Universitas Diponegoro. 2012

[11]. Suhendra, A. *Catatan Kuliah Pengantar Pengolahan Citra*. <http://ml.scribd.com/doc/39311066/Catatan-Kuliah-Pengantar-Pengolahan-Citra>. (diakses tanggal 20 Agustus 2014)

[12]. Ginting, E. D., *Deteksi Tepi Menggunakan Metode Canny dengan Matlab Untuk Membedakan Uang Asli dan Uang Palsu*, Skripsi-S1, Jurusan Teknik Informatika Universitas Gunadarma, Depok, 2012

[13]. James, *Identifikasi Plat Nomor Mobil Dengan Skeletonisasi Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan*, Skripsi-S1, Jurusan Teknik Elektro UI, Jakarta, 2008

[14]. Sitorus, M. B. H. 2011. *Experimental Study About Impact of Microscope Utilisation on Photoelasticity Methods to Improve Counting of Fringe Order on the Loading Zone*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember

[15]. Utami, S. E., *Pembacaan Plat Nomor Kendaraan Menggunakan Metode Jaringan Syaraf Tiruan (JST) Backpropagation Berbasis Image Processing*, Proyek Akhir, Jurusan Teknik Telekomunikasi, PENS ITS, Surabaya, 2009

[16]. Ahmad, U. 2005. *Pengolahan Citra Digital & Teknik Pemrogramannya*. Graha Ilmu. Yogyakarta.

[17]. Handariningsih, R. P., *Application Of Recognition And Analysis Of Handwriting Character Using Freeman Chain Code Method*, Skripsi-S1, Faculty of Industrial Engineering Gunadarma University, Depok, 2011

[18]. Munir, R., "Pengolahan Citra Digital dengan Pendekatan Algoritmik". Informatika. Bandung. 2004

[19]. Putra, I. K. G. D., "Pengolahan Citra Digital". Andi. Yogyakarta. 2009

[20]. Munir, R., "Pengolahan Citra Digital Kontur dan Representasinya". [http://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Buku/Pengolahan%20Citra%20Digital/Bab-9\\_Kontur%20dan%20Representasinya.pdf](http://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Buku/Pengolahan%20Citra%20Digital/Bab-9_Kontur%20dan%20Representasinya.pdf) (diakses tanggal 20 Agustus 2014)

[21]. Hendri., "Peta dan Media Citra" [belajargeodenganhen.dri.wordpress.com/2011/04/12/peta-media-citra/](http://belajargeodenganhen.dri.wordpress.com/2011/04/12/peta-media-citra/) (diakses tanggal 20 Agustus 2014)