

APLIKASI KODE RANTAI UNTUK MENENTUKAN KELILING DAN LUASSUATU BANGUN DATAR DUA DIMENSI

Mirna Tria Pratiwi^{*)}, Imam Santoso, and Ajub Ajulian Z

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

^{*)Email:} mirnatriapратиwi@gmail.com

Abstrak

Kode rantai merupakan salah satu metode pada pengolahan citra digital yang menghasilkan kode-kode berupa deretan angka berdasarkan arah mata angin. Kode rantai ini mampu merepresentasikan kurva, garis, atau kontur dari suatu bidang, menentukan keliling dan luas, dan dapat menentukan faktor bentuk dari suatu objek. Dalam Tugas Akhir ini, metode kode rantai diaplikasikan untuk menentukan keliling dan luas pada bangun datar dua dimensi. Program ini dibuat dengan menggunakan perangkat lunak MATLAB. Perancangan sistem ini memiliki beberapa tahapan seperti tahapan prapengolahan, dimana citra yang digunakan sebagai data uji adalah hasil akuisisi kamera yang diubah menjadi citra aras keabuan kemudian diubah menjadi citra biner. Kemudian tahap penelusuran kode rantai. Pada tahap ini algoritma kode rantai yang digunakan adalah 8 arah mata angin. Pada tahap perhitungan keliling dan luas dilakukan proses perhitungan akhir melalui perhitungan yang didasarkan pada kode-kode yang dihasilkan pada tahap penelusuran. Pada pengujian sistem ini dilakukan beberapa variasi, yaitu variasi bangun geometri, variasi ukuran objek, variasi posisi objek, dan variasi bangun tak beraturan. Dari hasil pengujian terhadap sistem, diperoleh hasil persentase kesalahan minimum untuk keliling sebesar 0.001% dan persentase kesalahan maksimumnya sebesar 14.1418%. Untuk luas, persentase kesalahan minimumnya sebesar 0.0363% dan persentase kesalahan maksimalnya sebesar 17.8540%. Hasilnya, kode rantai dapat digunakan untuk menghitung keliling dan luas pada bangun datar dua dimensi dengan kesalahan yang dapat ditoleransi.

Kata Kunci : Bangun Datar Dua Dimensi, Keliling, Luas, Kode Rantai

Abstract

Chain Codes is one of the techniques in image analysis that is producing the codes which is containing a line of number based on the direction for representing lines, curves or contour of an area. Chain Codes is able to represent lines, curves or contour of an area, to determine perimeters and area, and to determine shape factor of an object. In this final assignment, chain codes are applied to count areas and perimeters of two dimensional shapes. This program was built by using Matlab program and using the capture image as the object tests. The system was built to have some following steps. First, preprocessing step which changes object images into grayscale image and changes to create a binary image. The next step was computing chain codes which is using 8 directions. And the last step was counting perimeter and area process. These were based on the codes which were provided by the step before. In this program, there are four variation tests, those are the shape variation, the size variation, the position variations and the irregular shape of the objects. From the perimeter tests, the minimum error rate of the object is 0.001% , and 14.142 % for the maximum error rate. For area tests, the minimum error rate of the objects is 0.0363%, and the maximum error rate is 17.854 % . As a result chain code can be applied to count area and perimeter of two dimensional shape with acceptable error.

Keywords : two dimensional shapes, Perimeters, Areas, Chain Codes

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 daerah[1]. Sistem perhitungan luas dan keliling menggunakan metode kode rantai merupakan dasar dari *computer vision* untuk mengekstraksi fitur yang ada pada objek kemudian diolah menggunakan rumus sehingga hasil luas dan keliling dapat diketahui. Salah satu implementasi *computer vision* berupa sistem perhitungan luas dan keliling objek banyak

diterapkan untuk mengetahui luas dan keliling bangun datar yang sulit dihitung dengan menggunakan rumus biasa.

Pada penelitian sebelumnya, efektivitas penggunaan metode kode rantai dengan metode lain telah diuji[2,3]. 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[1,4]. Kemampuan kode rantai untuk merepresentasikan kontur ciri pada citra digunakan pada penelitian sebelumnya untuk mengidentifikasi benda dua dimensi menggunakan deteksi sudut[5].

Berdasarkan penelitian-penelitian tersebut, dalam tugas akhir ini akan dibahas analisis aplikasi metode kode rantai dalam suatu sistem perhitungan luas dan keliling pada suatu objek dua dimensi, dalam hal ini objek yang diujikan merupakan bangun geometri. Objek tersebut diakusisi menggunakan kamera digital.

Tujuan dari Tugas Akhir ini adalah mengetahui kinerja dari metode kode rantai dalam menentukan keliling dan luas pada suatu bangun datar dua dimensi..

Penulis membatasi permasalahan dalam beberapa hal:

1. Perancangan aplikasi ini menggunakan bahasa pemrograman Matlab.
2. Perangkat lunak ini dibuat hanya untuk mendeteksi bangun geometri dua dimensi.
3. Aplikasi ini hanya menghitung luas dan keliling bangun datar berdasarkan kode.
4. Objek masukan yang digunakan berukuran 480 x 640 piksel yang diambil secara *offline* menggunakan kamera digital dengan format jpg.
5. Citra uji yang digunakan memiliki warna latar belakang putih atau yang lebih terang daripada objeknya.

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[6]. 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[7].

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)[6].

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 [5]. 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[10-13].

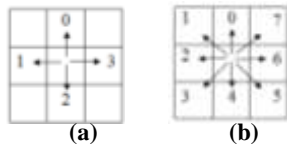
Citra digital aras keabuan adalah suatu citra yang nilai dari setiap pikselnya merupakan sampel tunggal. Citra yang ditampilkan dari citra jenis ini adalah warna kabuan yang bervariasi, warna hitam pada bagian yang berintensitas lemah dan warna putih pada intensitas terkuat.

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[11].

2.3 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

Keliling area (perimeter) menyatakan ukuran panjang dari kerangka yang dihasilkan. Dalam kode rantai perimeter dihitung dengan rumus berikut :

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

Pada persamaan diatas, nilai $\sqrt{2}$ dikalikan dengan kode ganjil, karena kode ganjil memiliki arah diagonal. Sedangkan pada perhitungan luas area, perhitungannya bukan hanya didasarkan pada kode saja namun menggunakan posisi pada bidang Y. Perhitungan luas area berdasarkan kode rantai untuk arah penelusuran ke kiri, dinyatakan sebagai berikut :

- Kode 0 : Area = Area - Y
- Kode 1 : Area = Area - (Y + 0.5)
- Kode 2 : Area = Area
- Kode 3 : Area = Area + (Y + 0.5)
- Kode 4 : Area = Area + Y
- Kode 5 : Area = Area + (Y - 0.5)
- Kode 6 : Area = Area
- Kode 7 : Area = Area - (Y - 0.5)(2)

2.4 Bangun Datar

Bangun datar memiliki bermacam-macam bentuk, berikut macam-macam jenis bangun datar.

- a. Segitiga
 - Rumus mencari keliling = sisi + sisi + sisi
 - Rumus mencari luas = $\frac{1}{2} \times \text{alas} \times \text{tinggi}$
- b. Segiempat
 - Bujur Sangkar (Persegi)
 - Rumus mencari keliling = sisi x 4
 - Rumus mencari luas = sisi x sisi
 - Persegi Panjang
 - Rumus keliling = 2 x panjang x lebar
 - Rumus mencari luas = p x l
 - Jajaran Genjang
 - Rumus mencari keliling = (2 x sisi alas) + (2 x sisi miring)
 - Rumus mencari luas = alas x tinggi

- Belah Ketupat
 - Rumus mencari keliling = AB + BC + CD + AD
 - Rumus mencari luas = $\frac{1}{2} \times \text{diagonal 1} \times \text{diagonal 2}$
- Layang-Layang
 - Rumus mencari keliling = 2 x (AD + AB)
 - Rumus mencari luas = $\frac{1}{2} \times \text{diagonal 1} \times \text{diagonal 2}$
- Trapesium
 - Luas = $\frac{\text{jumlah rusuk sejajar} \times \text{tinggi}}{2}$
 - Keliling = AB + BC + CD + AD
- c. Lingkaran
 - Rumus mencari luas = πr^2
 - Rumus mencari keliling = $2\pi r$




3. Hasil dan Analisa

Dalam tahap ini akan dilakukan pengujian perhitungan keliling dan luas berdasarkan kode rantai. Proses perhitungan ini dilakukan berdasarkan rumus yang telah diuraikan pada bab sebelumnya menggunakan kode-kode yang dihasilkan dalam penelusuran kode rantai.

3.1.1 Pengujian Terhadap Variasi Bangun Geometri

Pada pengujian ini dilakukan perhitungan keliling dan luas pada citra uji dengan variasi bangun geometri. Jumlah objek yang diuji adalah sebanyak 12 data dengan variasi ukuran dan warna. Hasil pengujian dapat dilihat dari tabel berikut.

Tabel 2 Hasil pengujian terhadap variasi bangun geometri

Bentuk Bangun	Hasil Pengujian		Hasil Perhitungan		% Kesalahan	
	Luas (cm ²)	Keliling (cm)	Luas (cm ²)	Keliling (cm)	Luas	keliling
	27,619	25,411	27,71 3	24	0,33 8	5,879
	152,486	51,344	150	50	1,65 8	2,687
	69,975	41,116	70	39,799	0,03 6	3,309

Tabel diatas menunjukkan hasil simulasi dan hasil perhitungan data uji menggunakan rumus geometri yang telah diketahui pada bab sebelumnya. Dari hasil perhitungan diatas dapat dihitung persentase kesalahan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\% \text{ kesalahan luas} = \frac{|\text{luas hasil perhitungan} - \text{luas simulasi}|}{\text{luas simulasi}} \times 100\% \quad (3)$$




$$\% \text{ kesalahan keliling} = \frac{|\text{keliling perhitungan} - \text{keliling simulasi}|}{\text{keliling simulasi}} \times 100\% \quad (4)$$

Dari Tabel 2 terlihat bahwa perbandingan luas pengujian dan luas perhitungan memiliki nilai yang relatif sama dengan persentase rata-rata kesalahan pengujian keliling diperoleh persentase rata-rata kesalahan sebesar 4,476%, dan pengujian untuk luas sebesar 1,135%. Sedangkan untuk keliling persentase kesalahan minimum sebesar 1,809% dan persentase kesalahan maksimum sebesar 6,834%. Untuk persentase kesalahan minimum untuk luas sebesar 0,036% dan 5,074% untuk persentase kesalahan maksimum.

3.1.2 Pengujian Terhadap Variasi Ukuran Objek

Pada pengujian ini dilakukan perhitungan keliling dan luas pada citra uji dengan variasi ukuran objek geometri. Jumlah objek yang diuji adalah sebanyak 24 data dengan variasi ukuran dan warna. Hasil pengujian dapat dilihat dari tabel berikut.

Tabel 3 Hasil pengujian terhadap variasi ukuran geometri

Bentuk Bangun	Hasil Pengujian		Hasil Perhitungan		% Kesalahan	
	L(cm2)	K (cm)	L (cm2)	K (cm)	L	K
	5,541	11,60 25	5	12	10,82 0	3,313
	23,029	23,77 2	24	24	4,045	0,950
	96,5	49,26	96	48	0,521	2,625

Tabel diatas menunjukkan hasil simulasi dan hasil perhitungan data uji menggunakan rumus geometri yang telah diketahui pada bab sebelumnya. Dari hasil perhitungan diatas dapat dihitung persentase kesalahan menggunakan rumus 3 dan 4.




Dari tabel pengujian diatas dapat dikalkulasi ternyata 15 objek dari 5 jenis bangun geometri dengan ukuran yang berbeda memiliki persentase kesalahan rata-rata sebesar 2,803% untuk luas dan persentase kesalahan rata-rata sebesar 2,038%. Untuk persentase kesalahan minimum untuk keliling sebesar 0,554% dan 0,521% untuk persentase kesalahan minimum. Sedangkan untuk luas persentase kesalahan minimum sebesar 3,608% dan persentase kesalahan minimum sebesar 7,422%.

3.1.3 Pengujian Terhadap Variasi Posisi Objek

Pada pengujian ini dilakukan dengan menguji masing-masing posisi bangun dua dimensi dalam tiga posisi, yaitu

diputar 90°, 180°, dan 270° searah jarum jam. Jumlah objek yang diuji sebanyak 57 variasi. Pada Tabel 4 dapat dilihat hasil dari pengujian terhadap variasi posisi objek.

Tabel 4 Contoh hasil pengujian terhadap variasi posisi objek

Bentuk Bangun	Hasil Pengujian		Hasil Perhitungan		% Kesalahan	
	Luas (cm2)	Keliling (cm)	Luas (cm2)	Keliling (cm)	Luas	keliling
	27,6270	25,4110	27,7128	24	0,309 6	5,8792
	27,6270	25,4110	27,7128	24	0,309 6	5,8792
	27,6230	25,4110	27,7128	24	0,324 0	5,8792



Tabel diatas menunjukkan hasil simulasi dan hasil perhitungan data uji menggunakan rumus geometri yang telah diketahui pada bab sebelumnya. Dari hasil perhitungan diatas dapat dihitung persentase kesalahan menggunakan rumus 3 dan 4.

Dari tabel pengujian diatas dapat dikalkulasi ternyata 57 bangun datar dengan posisi yang berbeda memiliki persentase kesalahan rata-rata sebesar 2,6965% untuk luas dan persentase kesalahan rata-rata sebesar 5,0042%. Untuk persentase kesalahan minimum untuk keliling sebesar 1,769% dan 14,142% untuk persentase kesalahan maksimum. Sedangkan untuk luas persentase kesalahan minimum sebesar 0,059% dan persentase kesalahan maksimum sebesar 17,854%.

3.1.4 Pengujian Variasi Bentuk Objek

Pada pengujian ini dilakukan dengan menguji masing-masing bangun dua dimensi dalam bentuk tak beraturan. Jumlah objek yang diuji sebanyak 10 variasi.

Tabel 5 Pengujian terhadap variasi posisi objek

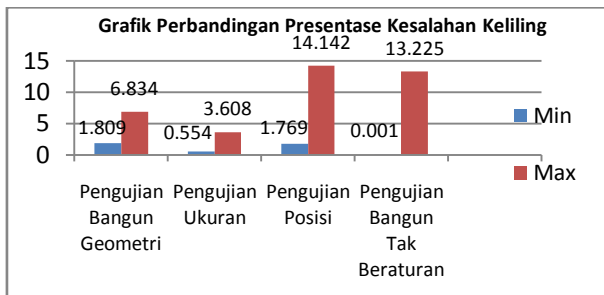
Bentuk Bangun	Hasil Pengujian		Hasil Perhitungan		% Kesalahan	
	Luas (cm2)	Keliling (cm)	Luas (cm2)	Keliling (cm)	Luas	keliling
	501,684	122,951	500	120	0,337	2,459
	148,324	69,775	147	67,598	0,901	3,220

Tabel 5 menunjukkan hasil simulasi dan hasil perhitungan data uji menggunakan rumus geometri yang telah diketahui pada bab sebelumnya. Dari hasil perhitungan diatas dapat dihitung persentase kesalahan menggunakan rumus 3 dan 4.

Dari Tabel 5 dapat dikalkulasi ternyata 10 bangun datar dengan posisi yang berbeda memiliki persentase kesalahan rata-rata sebesar 4,193% untuk luas dan persentase kesalahan rata-rata sebesar 2,72%. Untuk persentase kesalahan minimum untuk keliling sebesar 0,001% dan 13,225% untuk persentase kesalahan maksimum. Sedangkan untuk luas persentase kesalahan minimum sebesar 0,337% dan persentase kesalahan maksimum sebesar 9,239%.

4.2 Analisis Terhadap Hasil Pengujian

Dari hasil pengujian grafik seperti di bawah ini.



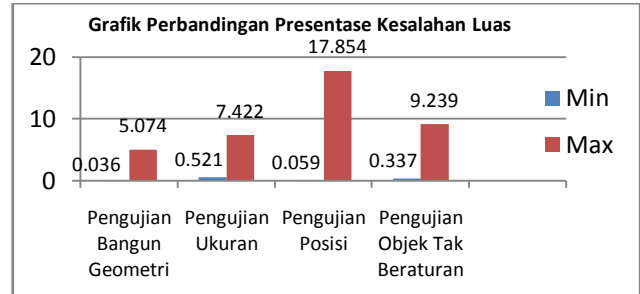
Gambar 2 Grafik perbandingan persentase kesalahan minimum dan maksimum keliling

Dari Gambar 14, pada pengujian variasi bangun geometri persentase kesalahan minimum pada pengujian bangun geometri sebesar 1,809% pada bangun trapesium siku-siku, untuk persentase kesalahan maksimumnya sebesar 6,834% pada bangun layang-layang.

Pada pengujian ukuran untuk perhitungan keliling dengan kode rantai ini, besar keliling tidak begitu dipengaruhi ukuran, karena semakin besar ukuran tidak selalu menunjukkan semakin besar persentase kesalahan. Hal ini berkaitan dengan sifat kode rantai yang sangat peka terhadap tepian objek biner dan hasil prapengolahan yang kurang baik. Contohnya pada tepian yang secara kasat mata terlihat lurus ternyata yang tidak benar-benar terisi sempurna atau bergerigi, ini memungkinkan besarnya ukuran objek semakin besar kesalahan yang dihasilkan. Selain itu, terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi, seperti kurang optimal pada hasil prapengolahan dan kurang presisinya pembuatan objek.

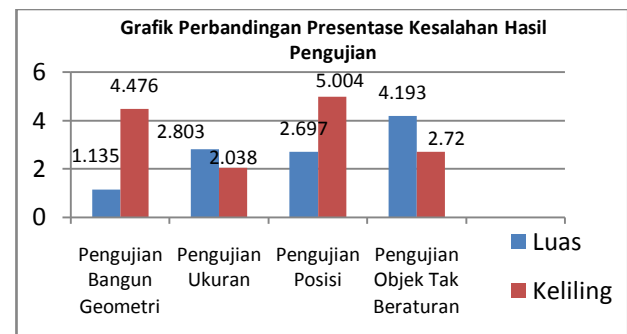
Pada pengujian posisi, selisih persentase kesalahan perhitungan keliling antara masing-masing arah rotasi memiliki nilai yang relatif sama. Adanya besar kesalahan yang bernilai kecil pada pengaruh rotasi objek ini,

berkaitan dengan representasi citra yang tidak sesuai. Misalnya, suatu objek yang memiliki garis lurus, ketika di rotasi dengan posisi yang miring, sehingga objek garis lurus itu direpresentasikan dengan arah diagonal.



Gambar 16 Grafik perbandingan persentase kesalahan minimum dan maksimum luas

Untuk pengujian ukuran, persentase kesalahan menunjukkan perubahan seiring dengan perubahan ukuran, dimana semakin besar ukuran maka semakin kecil persentase kesalahan yang didapat. Kode rantai melakukan perhitungan dengan melakukan pendekatan perhitungan luas berdasarkan kode-kode pada seluruh piksel yang dilalui pada saat penelusuran kode rantai. Pada variasi ukuran ini, semakin kecil objek ketelitian dari kode rantai ini semakin berkurang. Hal ini dapat disebabkan oleh sifat kode rantai yang sangat sensitif terhadap objek yang diuji.



Gambar 17 Grafik hasil pengujian

Terlihat bahwa hasil pada pengujian terhadap variasi bentuk bangun geometri menunjukkan persentase rata-rata kesalahan pada pengujian luas sebesar 1,135% dan pengujian keliling sebesar 4,476%. Sedangkan pada pengujian terhadap variasi ukuran objek menunjukkan persentase rata-rata kesalahan pada pengujian luas sebesar 2,803% dan pada pengujian keliling 2,038%. Sedangkan pada pengujian posisi objek, besar persentase rata-rata kesalahan relatif sama dengan pengujian ukuran yaitu pada pengujian luas sebesar 2,697% dan 5,004%. Dan untuk pengujian pada objek yang memiliki bentuk tak beraturan memiliki persentase rata-rata kesalahan sebesar 4,193% untuk pengujian luas dan 2,72% pada pengujian

keliling. Hal ini menunjukkan bahwa secara keseluruhan sistem pengenalan yang telah dirancang ini berjalan dengan cukup baik sesuai harapan perancang sistem.

4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan pada bab sebelumnya dapat disimpulkan bahwa, hasil perhitungan keliling dan luas objek dengan kode rantai ini, sudah mendekati dengan hasil perhitungan dengan menggunakan rumus geometri. Dengan persentase rata-rata kesalahan 1-4% untuk berbagai macam bentuk bangun. Ukuran citra uji pada perhitungan keliling dan luas bangun datar dua dimensi, memiliki pengaruh pada besarnya persentase kesalahan. Hal ini disebabkan oleh sifat kode rantai yang sangat peka terhadap tepian objek dan hasil prapengolahan yang tidak sempurna. Pengaruh posisi citra uji pada perhitungan keliling dan luas bangun datar dua dimensi dengan kode rantai ini, tidak memiliki pengaruh yang signifikan pada besarnya persentase kesalahan. Percobaan pada bangun tak beraturan memiliki persentase kesalahan antara 0,001% - 13,225% untuk luas dan keliling, dengan persentase rata-rata kesalahan antara 2,72% - 4,193%.

Adapun saran yang dapat diberikan sehubungan dengan pelaksanaan penelitian ini adalah Untuk mengetahui sejauh mana keakuratan penentuan keliling dan luas suatu objek menggunakan metode kode rantai, dapat dilakukan perbandingan penentuan keliling dan luas dengan menggunakan metode lain. Sebaiknya pada tahapan prapengolahan disisipkan dengan program untuk mengatur kecerahan ke dalam senarai program. Dan adanya algoritma perbaikan citra seperti pelembutan (*smoothing*) pada tepian citra untuk mengurangi derau pada tepian objek. Untuk meminimalkan risiko kesalahan perhitungan yang diakibatkan pengambilan data sebaiknya diatasi dengan membuat alat untuk mengambil gambar citra sehingga citra yang diambil lebih akurat. Untuk meningkatkan efektivitas penggunaan sistem perhitungan keliling dan luas ini, sebaiknya sistem ini diujikan untuk citra lain yang membutuhkan perhitungan keliling dan luas, seperti citra penginderaan jauh, peta wilayah, dan citra jaringan biologis.

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]. Rijal, Y. *Optimalisasi Reduksi Noise Menggunakan Chain-Code Termodifikasi Pada pendeteksian Wajah*. 2010
- [7]. Rinaldi., *Pengantar Pengolahan Citra*, <http://informatika.stei.itb.ac.id>, Juli 2013.
- [8]. Puri, R. W. A. *Pengenalan Wajah Menggunakan Alihragam Wavelet Haar dan Jarak Euclidean*. Semarang: Universitas Diponegoro. 2012
- [9]. Suhendra, A. *Catatan Kuliah Pengantar Pengolahan Citra*. <http://ml.scribd.com/doc/39311066/Catatan-Kuliah-Pengantar-Pengolahan-Citra>. (diakses tanggal 20 Juli 2013)
- [10]. 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
- [11]. James, *Identifikasi Plat Nomor Mobil Dengan Skeletonisasi Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan*, Skripsi-S1, Jurusan Teknik Elektro UI, Jakarta, 2008
- [12]. 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
- [13]. 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
- [14]. Ahmad, U. 2005. *Pengolahan Citra Digital & Teknik Pemrogramannya*. Graha Ilmu. Yogyakarta.
- [15]. 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
- [16]. Munir, R., "Pengolahan Citra Digital dengan Pendekatan Algoritmik". Informatika. Bandung. 2004
- [17]. Putra, I. K. G. D., "Pengolahan Citra Digital". Andi. Yogyakarta. 2009
- [18]. ---, *Bangun Datar*, <http://belajar-matematika.com/2009/08/01/keliling-dan-luas-bangun-datar-sd/>, Juli 2013
- [19]. Pribadi, Y. W., *Image Processing Wajah*, http://yuni-w-pfst09.web.unair.ac.id/artikel_detail-44461-Sistem-Cerdas-image-processing-wajah.html, 20 Juli 2013
- [20]. Suharjana, A., *Pengenalan Bangun Datar dan Sifat-Sifatnya di SD*, Pusat Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik dan Tenaga Kependidikan Matematika, Yogyakarta, 2008