

IMPLEMENTASI METODE MODIFIED CHAIN CODE UNTUK PENGENALAN RAMBU LALU LINTAS

Ryan Agustian¹

ry.agustian@ti.ukdw.ac.id

Nugroho Agus H.²

nugroho@ti.ukdw.ac.id

Junius Karel³

karel@ti.ukdw.ac.id

Abstract

Traffic sign is needed to give information to users so they can be aware in roads. There are many types of traffic signs and each has many forms and different from each other so users sometimes have difficulty in recognizing traffic signs. In this research, the signs used are signs based on Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM 13 Tahun 2014. Modified Chain Code method was implemented for feature extraction process and Euclidean Distance method is used to calculating the similarity. Testing is done with 5 types of tests i.e. resize image, objects truncated, added a few objects to image, added many objects to image and noise spots. The test results showed the accuracy of the image of traffic signs to be recognized is 92.5%.

Keywords : *Traffic Sign, Chain Code, Euclidean Distance*

1. PENDAHULUAN

Rambu lalu lintas memiliki peran penting dalam mengatur kelancaran lalu lintas para pengguna jalan baik kendaraan maupun pejalan kaki. Rambu lalu lintas digunakan sebagai media untuk menyampaikan informasi berkaitan dengan jalan raya kepada para pengguna jalan. Namun, selama ini masih sering terjadi kecelakaan dikarenakan kesalahan manusia (*human error*). Hal sepele yang menjadi penyebab kecelakaan tersebut seperti tidak memperhatikan dan tidak paham arti dari rambu lalu lintas. Permasalahan yang dihadapi adalah bagaimana mendeteksi dan mengenali rambu lalu lintas dengan banyak jenis dan bentuknya yang berbeda satu sama lain. Tujuan penelitian ini adalah untuk mendeteksi dan mengenali rambu lalu lintas dengan menggunakan metode *Modified Chain Code*.

Penelitian tentang pengenalan rambu lalu lintas telah banyak dilakukan misalnya pengenalan rambu lalu lintas sederhana dengan metode *Template Matching* (Mulyadi, 2002) dan penggunaan *Shape Number* pada *Chain Code* (Imelda & Hartati, 2013). Beberapa kelemahan pada penelitian sebelumnya seperti resolusi gambar, banyaknya *noise*, gambar terputus dan garis melintang akan sangat memengaruhi persentase rambu lalu lintas dikenali. Penelitian dengan menggunakan metode *Modified Chain Code* untuk pengenalan rambu lalu lintas belum pernah dilakukan sebelumnya.

Pada penelitian ini akan dibuat sebuah aplikasi pengenalan rambu lalu lintas. Aplikasi yang dibangun akan mengimplementasikan salah satu metode pengenalan pola yaitu *Chain Code*. Kemudian, untuk menghitung similaritas data citra yang diuji dengan data citra yang ada di dalam basis-data digunakan metode SNH (*Modified Chain Code*) dan *Euclidean Distance*. Dengan adanya aplikasi ini diharapkan dapat membantu masyarakat luas khususnya pengguna jalan raya dalam mengenali rambu lalu lintas sehingga bisa mengurangi angka kecelakaan akibat kelalaian tidak memperhatikan rambu lalu lintas.

¹*Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Kristen Duta Wacana*

²*Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Kristen Duta Wacana*

³*Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Kristen Duta Wacana*

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data citra rambu lalu lintas sesuai dengan Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM 13 Tahun 2014. Terdapat 4 jenis rambu yaitu: Rambu Peringatan, Rambu Larangan, Rambu Perintah dan Rambu Petunjuk. Jumlah data yang digunakan untuk basis-data adalah 135 citra terbagi menjadi Rambu Peringatan sebanyak 59 citra, Rambu Larangan sebanyak 25 citra, Rambu Perintah sebanyak 21 citra, dan Rambu Petunjuk sebanyak 30 citra. Kemudian, data citra rambu lalu lintas yang digunakan untuk pengujian aplikasi pengenalan citra rambu lalu lintas kurang lebih sebanyak 200 citra. 40 citra rambu lalu lintas untuk setiap jenis pengujian. Masing-masing jenis citra rambu lalu lintas sebanyak 10 citra untuk masing-masing pengujian.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Aplikasi pengenalan citra rambu lalu lintas ini dibangun dengan 2 proses utama yaitu proses penyimpanan dan proses pengujian. Proses penyimpanan dilakukan untuk menyimpan hasil normalisasi *Chain Code* citra ke dalam basis-data, sedangkan proses pengujian dilakukan untuk menghitung similaritas hasil normalisasi *Chain Code* citra data uji dengan citra yang ada di dalam basis-data.

2.1. Proses Penyimpanan

Pada proses penyimpanan, citra yang akan digunakan sebagai basis-data terlebih dahulu diekstraksi fiturnya dimulai dari *resize* citra menjadi ukuran 256 x 256 piksel, melakukan segmentasi warna untuk menentukan citra rambu lalu lintas masuk dalam basis-data rambu lalu lintas jenis Rambu Peringatan, Rambu Larangan, Rambu Perintah, atau Rambu Petunjuk. Kemudian, citra tersebut diubah menjadi citra keabuan (*grayscale*) lalu diubah menjadi citra biner. Proses selanjutnya adalah *labeling*, untuk memberi label pada setiap objek yang ada pada citra untuk selanjutnya dilakukan proses *Chain Code*. Setelah mendapatkan nilai *Chain Code* kemudian lakukan normalisasi nilai histogram dari tiap angka 0 hingga 7 (*8-connectivity*) lalu urutkan secara *ascending*. Hasil pengurutan nilai histogram secara *ascending* inilah yang akan disimpan di basis-data untuk selanjutnya diuji similaritasnya dengan citra data uji.

2.2. Proses Ekstraksi Fitur

a. Citra *Grayscale*

Citra *grayscale* adalah suatu citra dimana nilai dari setiap piksel merupakan sample tunggal. Citra yang ditampilkan dari citra jenis ini terdiri atas warna abu – abu, bervariasi pada warna hitam pada bagian yang intensitas terlemah dan warna putih pada intensitas terkuat. Citra *grayscale* disimpan dalam format 8 bit untuk setiap sample piksel, yang memungkinkan sebanyak 256 intensitas. Format ini sangat membantu dalam pemrograman karena manipulasi bit yang tidak terlalu banyak (Fatta, 2007). Hasil pengubahan citra menjadi citra *grayscale* ini akan digunakan sebagai input untuk proses selanjutnya yaitu citra biner.

Nilai *grayscale* dapat diperoleh dengan menggunakan rumus :

$$grayscale = 0.3 * R + 0.59 * G + 0.11 * B \quad (1)$$

grayscale adalah nilai *grayscale* dari citra.

R adalah nilai warna merah (*Red*) dari citra.

G adalah nilai warna hijau (*Green*) dari citra.

B adalah nilai warna biru (*Blue*) dari citra.

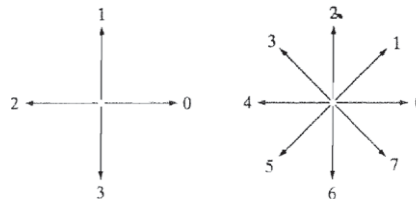
b. *Chain Code*

Chain Code merupakan metode yang digunakan untuk merepresentasikan batas objek yang dinyatakan dengan rantai arah (Gonzales & Woods, 2002). Sebelum dilakukan pengkodean menggunakan *Chain Code*, terlebih dahulu batas objek pada citra harus divisualisasikan ke dalam *Rectangular Cell*. *Rectangular Cell* merupakan sel-sel berbentuk segiempat, dimana kontur atau batas objek dapat digambarkan pada sisi-sisi dari sel.

Chain Code memiliki beberapa keunggulan antara lain:

1. *Chain Code* adalah representasi padat suatu objek biner.
2. Lebih mudah untuk membandingkan objek menggunakan metode *Chain Code* karena merupakan representasi terjemahan invarian suatu objek biner.
3. *Chain Code* dapat digunakan untuk menghitung suatu fitur bentuk karena merupakan representasi lengkap dari suatu objek atau kurva.
4. *Chain Code* juga menyediakan kompresi loseless dan mempertahankan semua topologi dan morfologi dari suatu informasi yang akan berguna dalam analisis pola garis dalam hal kecepatan dan efektivitas (Boodoo-Jahangeer, 2013)

Terdapat dua arah dalam *Chain Code* yaitu arah dalam ketetanggaan empat yang artinya memiliki empat arah seperti mata angin yaitu Utara, Timur, Selatan dan Barat. Kemudian, arah dalam ketetanggaan delapan yang artinya memiliki delapan arah seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Arah dalam Ketetanggaan Empat dan Delapan *Chain Code*
{ Sumber: <http://www.prenhall.com/gonzaleswoods> }

c. Modified Chain Code

Metode *Chain Code* tradisional memiliki masalah jika pada gambar terdapat sedikit *noise* seperti perbedaan ukuran, rotasi atau adanya objek tambahan (Ahmad, Park, Chang, Young-Suk, & Choi, 2003). *Noise* ini akan memberikan perubahan kecil terhadap kode rantai, sehingga menyebabkan adanya ketidakcocokan pada hasil akhirnya nanti. Oleh karena itu, metode baru berdasarkan histogram dari *Chain Code* digunakan untuk mencocokkan kode yang dihasilkan dari *Chain Code* tradisional.

Diasumsikan terdapat 2 buah gambar dengan 2 buah nilai *Chain Code*:

$$\begin{aligned}
 cc1 &= \text{chaincodes}(G1) \\
 cc2 &= \text{chaincodes}(G2) \\
 NH1 &= \text{histogram}(cc1)/\text{length}(cc1) \\
 NH2 &= \text{histogram}(cc2)/\text{length}(cc2)
 \end{aligned}$$

Keterangan :

G adalah gambar

cc adalah *Chain Code* yang didapatkan dari masing-masing gambar

length(cc) adalah panjang *Chain Code*

histogram(cc) adalah jumlah kemunculan dari *Chain Code* (menggunakan ketetanggaan delapan sehingga dari 0 - 7)

NH adalah normalisasi dari histogram *Chain Code*

Setelah didapatkan nilai normalisasi *Chain Code* kemudian dilanjutkan dengan mengurutkan nilai normalisasi tersebut secara *ascending* (dari nilai terkecil hingga nilai terbesar) untuk selanjutnya dihitung similaritas-nya dengan menggunakan metode *Euclidean Distance*.

$$\begin{aligned}
 SNH1 &= \text{sort}(NH1) \\
 SNH2 &= \text{sort}(NH2)
 \end{aligned}$$

Keterangan :

SNH adalah hasil pengurutan dari normalisasi tiap gambar yang telah disusun secara *ascending*.

2.3. Proses Pengujian

a. Pengambilan Sampel Citra Rambu Lalu Lintas

Pada saat dilakukan proses penginputan, data citra dapat berbeda-beda ukurannya. Oleh karena itu data perlu diubah ukurannya sehingga proses perhitungan *Chain Code* dapat dikerjakan dengan lebih cepat juga memperkecil kemungkinan informasi yang tidak tepat. Ukuran gambar dapat diubah menjadi 256 x 256 piksel atau 512 x 512 piksel. Dengan ukuran ini gambar masih dapat dikenali dengan baik.

b. *Euclidean Distance*

Euclidean Distance merupakan salah satu metode yang paling cepat, sederhana dan paling sering digunakan untuk menentukan kesamaan jarak antara dua buah gambar ataupun vektor (Ahmad, Park, Chang, Young-Suk, & Choi, 2003).

$$D_E = \sqrt{\sum_{k=0}^{N-1} (Q[k] - C[k])^2}, \quad (2)$$

Keterangan :

k adalah nilai *Chain Code* terkecil yaitu 0

Q adalah nilai *SNH* dari gambar data uji

C adalah nilai *SNH* dari gambar yang ada di basis-data

N adalah nilai *Chain Code* terbesar yaitu 7

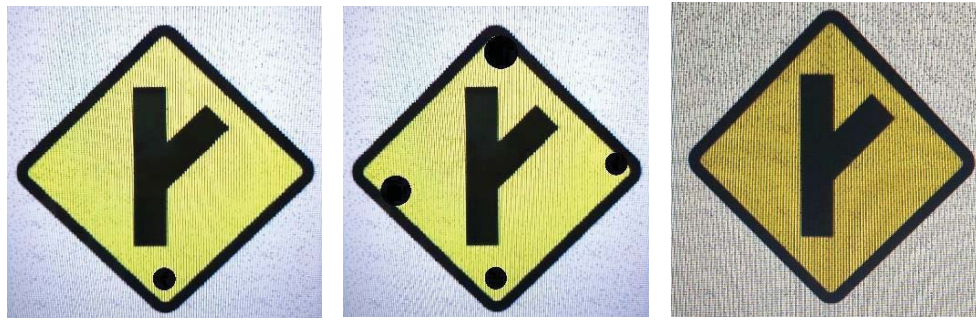
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data citra rambu lalu lintas yang digunakan untuk pengujian aplikasi pengenalan citra rambu lalu lintas kurang lebih sebanyak 200 citra. 40 citra rambu lalu lintas untuk setiap jenis pengujian. Masing-masing jenis citra rambu lalu lintas sebanyak 10 citra untuk masing-masing pengujian, dengan warna latar belakang citra berwarna putih dan diambil menggunakan kamera. Langkah pertama yang dilakukan adalah mengubah ukuran citra menjadi 256 x 256 piksel atau 512 x 512 piksel.

Proses selanjutnya yang akan dilakukan adalah pemilihan jenis citra berdasarkan segmentasi warna dasarnya. Jenis rambu akan dipisah menjadi 4 yaitu Rambu Peringatan dengan warna dasar kuning, Rambu Larangan dengan warna dasar merah, Rambu Perintah dengan warna dasar biru dengan intensitas warna hitam dibawah 20% dari warna biru, dan Rambu Petunjuk dengan warna dasar biru dengan intensitas warna hitam diatas 20% dari warna biru.

Kemudian, citra diubah menjadi *grayscale*, untuk selanjutnya diubah menjadi citra biner. Proses berikutnya adalah *labeling* untuk mengetahui banyaknya objek dalam satu citra data uji, dan mengimplementasikan metode *Chain Code* untuk menghitung nilai *Chain Code* dari tiap objek dalam citra. Selanjutnya, menggunakan metode *Modified Chain Code* dan menghitung nilai normalisasi histogram *Chain Code* untuk selanjutnya nilai dari data uji dihitung similaritasnya dengan data yang ada pada basis-data menggunakan metode *Euclidean Distance*.

Gambar 2. A merupakan contoh citra data uji yang ditambah sedikit objek, Gambar 2. B merupakan contoh citra data uji yang ditambah banyak objek. Citra data uji ditambah tidak selalu sama ukuran, bentuk objek dan letak objeknya. Ukuran yang digunakan bisa berbeda-beda begitu pula dengan bentuk dan letak objek yang ditambah. Gambar 2. C merupakan contoh citra data uji yang diberi *noise* berupa bintik-bintik kecil secara merata pada citra data uji.



Gambar 2. Gambar A A citra datauji dengan B sedikit objek, Gambar B citra datauji dengan banyak objek, Gambar C citra datauji dengan bintik

Berdasarkan pengujian yang dilakukan oleh penulis, maka didapatkan hasil sebagai berikut:

3.1. Pengujian Citra Rambu Lalu Lintas Jenis Rambu Larangan

Tabel 1. menunjukkan rata-rata persentase citra rambu lalu lintas jenis Rambu Larangan dapat dikenali adalah sebesar 84%. Dengan masing-masing persentase pengujian sebesar 100% pada pengujian dengan mengubah ukuran (*resize*) citra, 80% untuk pengujian dengan sedikit bagian rambu lalu lintas terpotong dan ditambah sedikit objek, persentase pengujian dengan memberikan banyak objek tambahan pada citra datauji sebesar 70%, dan 90% untuk pengujian dengan memberikan bintik kepada citra datauji.

Tabel 1.
Hasil Pengujian Citra Rambu Lalu Lintas Jenis Rambu Larangan

| Datauji | Nama Rambu | Jenis Pengujian | | | | | | | | | |
|------------|---|-----------------|---|-----------------|---|---------------|---|--------------|---|----------|---|
| | | Resize piskel | | Objek Terpotong | | Sedikit Objek | | Banyak Objek | | Bintik | |
| | | Dikenali | | Dikenali | | Dikenali | | Dikenali | | Dikenali | |
| | | Y | T | Y | T | Y | T | Y | T | Y | T |
| 1 | Larangan Masuk Bagi Kendaraan Bermotor dengan Kereta Gandeng | √ | | √ | | √ | | √ | | √ | |
| 2 | Larangan Belok Kanan | √ | | √ | | √ | | √ | | √ | |
| 3 | Larangan Masuk Bagi Sepeda | √ | | | √ | | √ | | √ | | √ |
| 4 | Larangan Masuk Bagi Kendaraan Khusus | √ | | | √ | √ | | √ | | √ | |
| 5 | Larangan Masuk Bagi Pejalan Kaki | √ | | √ | | √ | | √ | | √ | |
| 6 | Larangan Masuk Bagi Kendaraan Bermotor dengan JBI Sama atau Lebih dari 5 ton | √ | | √ | | √ | | | √ | √ | |
| 7 | Larangan Masuk Bagi Gerobak Dorong dan Sejenisnya | √ | | √ | | √ | | √ | | √ | |
| 8 | Larangan Masuk Bagi Kendaraan Bermotor dengan Kereta Tempel | √ | | √ | | √ | | √ | | √ | |
| 9 | Larangan Masuk Bagi Sepeda Motor | √ | | √ | | | √ | | √ | √ | |
| 10 | Larangan Masuk Bagi Kendaraan Bermotor Roda Tunggal dengan MST Sama atau Lebih dari 8 Meter | √ | | √ | | √ | | √ | | √ | |
| Jumlah | | 10 | 0 | 8 | 2 | 8 | 2 | 7 | 3 | 9 | 1 |
| Persentase | | 100% | | 80% | | 80% | | 70% | | 90% | |
| Rata-rata | | 84% | | | | | | | | | |

3.2. Pengujian Citra Rambu Lalu Lintas Jenis Rambu Peringatan

Pada Tabel 2. menunjukkan rata-rata persentase citra rambu lalu lintas jenis Rambu Peringatan dapat dikenali adalah sebesar 88%. Dengan masing-masing persentase pengujian sebesar 100% pada pengujian dengan mengubah ukuran (*resize*) citra datauji, 80% pada pengujian dengan sedikit bagian rambu lalu lintas terpotong, 90% pada pengujian dengan memberi satu atau dua objek tambahan kepada citra datauji, 90% pengujian dengan memberikan *noise* berupa bintik-bintik kecil, dan pada pengujian dengan memberikan banyak objek tambahan pada citra datauji sebesar diperoleh rata-rata persentase sebesar 80% citra rambu lalu lintas dapat dikenali dengan baik.

Tabel 2.

Hasil Pengujian Citra Rambu Lalu Lintas Jenis Rambu Peringatan

| Datauji | Nama Rambu | Jenis Pengujian | | | | | | | | | |
|------------|---|-----------------|---|-----------------|---|---------------|---|--------------|---|----------|---|
| | | Resize piskel | | Objek Terpotong | | Sedikit Objek | | Banyak Objek | | Bintik | |
| | | Dikenali | | Dikenali | | Dikenali | | Dikenali | | Dikenali | |
| | | Y | T | Y | T | Y | T | Y | T | Y | T |
| 1 | Peringatan Jembatan | √ | | √ | | √ | | √ | | √ | |
| 2 | Peringatan Penambahan Lajur Kanan | √ | | √ | | √ | | √ | | √ | |
| 3 | Peringatan Pelebaran Badan Jalan di Kiri | √ | | √ | | | √ | | √ | √ | |
| 4 | Peringatan Simpang Tiga Serong Kanan | √ | | √ | | √ | | √ | | √ | |
| 5 | Peringatan Penyempitan Badan Jalan di Kiri Kanan | √ | | √ | | √ | | | √ | √ | |
| 6 | Peringatan Persimpangan Tiga Berganda Sisi Kanan Lengan Mayor | √ | | | √ | √ | | √ | | √ | |
| 7 | Peringatan Banyak Lalu Lintas Pejalan Kaki | √ | | √ | | √ | | √ | | √ | |
| 8 | Peringatan Tikungan Ganda Tikungan Tajam Kiri | √ | | √ | | √ | | √ | | √ | |
| 9 | Peringatan Pintu Perlintasan Sebidang Kereta Api | √ | | | √ | √ | | √ | | | √ |
| 10 | Peringatan Tikungan Tajam Kanan | √ | | √ | | √ | | √ | | √ | |
| Jumlah | | 10 | 0 | 8 | 2 | 9 | 1 | 8 | 2 | 9 | 1 |
| Persentase | | 100% | | 80% | | 90% | | 80% | | 90% | |
| Rata-rata | | 88% | | | | | | | | | |

3.3. Pengujian Citra Rambu Lalu Lintas Jenis Rambu Perintah

Pada Tabel 3 menunjukkan rata-rata persentase citra rambu lalu lintas jenis Rambu Perintah dapat dikenali adalah sebesar 100%. Dengan kata lain, dari semua jenis pengujian yang telah dilakukan kepada sistem baik pengujian dengan mengubah ukuran (*resize*) citra, pengujian dengan sedikit objek terpotong, memberi sedikit dan banyak objek ataupun pengujian dengan memberikan bintik, sistem mampu mengenali semua citra dengan baik.

Tabel 3.
Hasil Pengujian Citra Rambu Lalu Lintas Jenis Rambu Perintah

| Datauji | Nama Rambu | Jenis Pengujian | | | | | | | | | |
|------------|---|-----------------------|---|-----------------|---|---------------|---|--------------|---|----------|---|
| | | Resize 512x512 piskel | | Objek Terpotong | | Sedikit Objek | | Banyak Objek | | Bintik | |
| | | Dikenali | | Dikenali | | Dikenali | | Dikenali | | Dikenali | |
| | | Y | T | Y | T | Y | T | Y | T | Y | T |
| 1 | Kecepatan Minimum yang Diperintahkan | √ | | √ | | √ | | √ | | √ | |
| 2 | Perintah Belok Ke Arah Kanan | √ | | √ | | √ | | √ | | √ | |
| 3 | Perintah Berjalan Lurus | √ | | √ | | √ | | √ | | √ | |
| 4 | Perintah Memasuki Jalur atau Lajur yang Ditunjuk II | √ | | √ | | √ | | √ | | √ | |
| 5 | Perintah Memilih Lurus atau Belok Kiri | √ | | √ | | √ | | √ | | √ | |
| 6 | Perintah Mengikuti Ke Arah Kiri | √ | | √ | | √ | | √ | | √ | |
| 7 | Perintah Menggunakan Jalur atau Lajur Lalu Lintas Khusus Delman | √ | | √ | | √ | | √ | | √ | |
| 8 | Perintah Menggunakan Jalur atau Lajur Lalu Lintas Khusus Sepeda | √ | | √ | | √ | | √ | | √ | |
| 9 | Perintah Mengikuti Arah yang Ditunjukkan saat Memasuki Bundaran | √ | | √ | | √ | | √ | | √ | |
| 10 | Perintah Pilihan Memasuki Salah Satu Jalur atau Lajur yang Ditunjuk | √ | | √ | | √ | | √ | | √ | |
| Jumlah | | 10 | 0 | 10 | 0 | 10 | 0 | 10 | 0 | 10 | 0 |
| Persentase | | 100% | | 100% | | 100% | | 100% | | 100% | |
| Rata-rata | | 100% | | | | | | | | | |

3.4. Pengujian Citra Rambu Lalu Lintas Jenis Rambu Petunjuk

Pada Tabel 4 menunjukkan rata-rata persentase citra rambu lalu lintas jenis Rambu Perintah dapat dikenali adalah sebesar 98%. Diperoleh persentase sebesar 100% untuk pengujian dengan mengubah ukuran (*resize*) citra, pengujian dengan sedikit objek terpotong, memberi sedikit objek dan pengujian dengan memberikan bintik, sistem mampu mengenali semua citra dengan baik. Namun, pada pengujian dengan memberikan banyak objek pada datauji diperoleh persentase sebesar 90%, karena terdapat 1 citra yang tidak berhasil dikenali dengan baik.

Tabel 4.
Hasil Pengujian Citra Rambu Lalu Lintas Jenis Rambu Petunjuk

| Datauji | Nama Rambu | Jenis Pengujian | | | | | | | | | |
|---------|---------------------------------|-----------------------|---|-----------------|---|---------------|---|--------------|---|----------|---|
| | | Resize 512x512 piskel | | Objek Terpotong | | Sedikit Objek | | Banyak Objek | | Bintik | |
| | | Dikenali | | Dikenali | | Dikenali | | Dikenali | | Dikenali | |
| | | Y | T | Y | T | Y | T | Y | T | Y | T |
| 1 | Petunjuk Lokasi Bandar Udara | √ | | √ | | √ | | √ | | √ | |
| 2 | Petunjuk Lokasi Bangunan Gereja | √ | | √ | | √ | | √ | | √ | |

| Datauji | Nama Rambu | Jenis Pengujian | | | | | | | | | |
|------------|--|-----------------------|---|-----------------|---|---------------|---|--------------|---|----------|---|
| | | Resize 512x512 piksel | | Objek Terpotong | | Sedikit Objek | | Banyak Objek | | Bintik | |
| | | Dikenali | | Dikenali | | Dikenali | | Dikenali | | Dikenali | |
| | | Y | T | Y | T | Y | T | Y | T | Y | T |
| 3 | Petunjuk Lokasi Bangunan Pura | √ | | √ | | √ | | | √ | √ | |
| 4 | Petunjuk Lokasi Pemberhentian Angkutan Umum | √ | | √ | | √ | | √ | | √ | |
| 5 | Petunjuk Lokasi Perpustakaan | √ | | √ | | √ | | √ | | √ | |
| 6 | Petunjuk Lokasi Rumah Makan | √ | | √ | | √ | | √ | | √ | |
| 7 | Petunjuk Lokasi Rute Lintas Alam | √ | | √ | | √ | | √ | | √ | |
| 8 | Petunjuk Lokasi SPBU | √ | | √ | | √ | | √ | | √ | |
| 9 | Petunjuk Lokasi Tempat Kemah Pengungsian | √ | | √ | | √ | | √ | | √ | |
| 10 | Petunjuk Lokasi Perkemahan dan Perkemahan Menggunakan Kereta Rumah | √ | | √ | | √ | | √ | | √ | |
| Jumlah | | 10 | 0 | 10 | 0 | 10 | 0 | 9 | 1 | 10 | 0 |
| Persentase | | 100% | | 100% | | 100% | | 90% | | 100% | |
| Rata-rata | | 98% | | | | | | | | | |

Berdasarkan lima jenis pengujian yang telah dilakukan, maka didapat kesimpulan sebagai berikut:

Tabel 5. Hasil Perhitungan Rata-rata Persentase Hasil Pengujian

| Jenis Rambu | Jenis Pengujian | | | | | Rata-rata |
|-------------|-----------------|-----------------|---------------|--------------|--------|-----------|
| | Resize | Objek Terpotong | Sedikit Objek | Banyak Objek | Bintik | |
| Larangan | 100% | 80% | 80% | 70% | 90% | 84% |
| Peringatan | 100% | 80% | 90% | 80% | 90% | 88% |
| Perintah | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| Petunjuk | 100% | 100% | 100% | 90% | 100% | 98% |
| Rata-rata | 100% | 90% | 93% | 85% | 95% | 92.5% |

Tabel 5 menunjukkan rambu jenis larangan berdasarkan 5 jenis pengujian yang sudah dilakukan memiliki rata-rata persentase citra rambu lalu lintas akan dikenali dengan baik paling kecil, yaitu dengan persentase sebesar 84%. Kemudian, pada pengujian dengan memberikan banyak objek pada citra datauji memiliki rata-rata paling kecil dibandingkan dengan jenis pengujian yang lainnya yaitu dengan persentase rata-rata 85%, sehingga persentase rata-rata rambu lalu lintas akan dikenali adalah sebesar 92.5%.

Penggunaan kamera dan intensitas cahaya bisa menjadi salah satu faktor yang menyebabkan citra rambu lalu lintas tidak dikenali dengan baik. Hal ini bisa saja terjadi, karena hasil jepretan gambar menggunakan kamera biasanya masih memiliki *noise* sehingga gambar yang diberi *noise* berupa banyak objek akan ditambah *noise* dari kamera, sehingga gambar menjadi sulit dikenali. Kemudian, intensitas cahaya juga ikut menjadi salah satu faktor citra datauji tidak dikenali. Hal ini disebabkan jika cahaya terlalu redup, maka warna dasar seperti biru, merah, atau kuning, intensitasnya juga akan turun sehingga akan sulit dikenali. Namun,

jika intensitas cahaya terlalu banyak/terang, maka warna hitam juga akan sulit dideteksi karena warna hitam akan menjadi sedikit keabu-abuan.

4. KESIMPULAN

Tingkat akurasi pengenalan citra rambu lalu lintas dengan mengimplementasikan metode *Chain Code* sudah terbilang sangat baik dengan persentase rata-rata sebesar 92.5%, meskipun pada penelitian ini masih banyak data uji citra rambu lalu lintas yang tidak dikenali dengan benar terutama pada pengujian dengan memberikan banyak objek tambahan pada gambar. Penggunaan kamera dan intensitas cahaya bisa menjadi salah satu faktor yang menyebabkan citra rambu lalu lintas tidak dikenali dengan baik.

Untuk pengembangan aplikasi pengenalan citra rambu lalu lintas dapat dilakukan dengan menambah jumlah data citra rambu lalu lintas, tidak hanya di Indonesia tapi juga negara lain. Menggunakan kamera dengan resolusi yang baik dan tidak terdapat banyak *noise*. Menambah tahap *preprocessing* data dan memperbanyak metode pengujian.

Daftar Pustaka

- Ahmad, M. B., Park, J.-A., Chang, M. H., Young-Suk, S., & Choi, T.-S. (2003). *Advanced Parallel Processing Technologies* (IV ed., Vol. 2834). (G. Goos, J. Hartmanis, & J. v. Leeuwen, Penyunt.) Berlin, Germany: Springer Berlin Heidelberg. doi:10.1007/978-3-540-39425-9_70
- Boodoo-Jahangeer, N. B. (2013, August). *Face Recognition Using Chain Code*. *Journal of Signal and Information Processing*, 4, 154-157. doi:10.4236/jsip.2013.43B027
- Fatta, H. A. (2007). *Konversi Format Citra RGB ke Format Grayscale Menggunakan Visual Basic*. Yogyakarta: STMIK AMIKOM Yogyakarta.
- Gonzales, R. C., & Woods, R. E. (2002). *Digital Image Processing : Third Edition*. Pearson International Edition.
- Imelda, & Hartati, S. (2013). *Pengenalan Rambu Lalu Lintas Menggunakan Shape Number pada Chain Code*. *Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Komunikasi (SNASTIKOM 2013)*. Retrieved September 23, 2014, from http://prosiding-snastikomti.sthmedan.ac.id/index.php/doc_download/170-pengenalan-rambu-lalu-lintasmenggunakan-shape-number-pada-chain-code
- Mulyadi, Handry. (2002). *Pengenalan Rambu Lalu Lintas Sederhana Dengan Menggunakan Metode Template Matching*. *Proceedings, Komputer dan Sistem Intelejen (KOMMIT 2002)*. ISSN 1411-6286
- Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM 13 Tahun 2014 tentang Rambu Lalu Lintas. Retrieved September 22, 2014, from <http://hubdat.dephub.go.id/km/tahun-2014/1626-peraturan-menteriperhubungan-nomor-pm-13-tahun-2014-tentang-rambu-lalulintas/download>