

PENENTUAN LUAS RETAK MEMANJANG DAN MELINTANG PERMUKAAN JALAN MENGGUNAKAN PENDEKATAN PEMROSESAN CITRA DIGITAL (CALCULATING THE AREA OF LONGITUDINAL AND TRANSVERSAL CRACKS USING DIGITAL IMAGE PROCESSING APPROACH)

Siegfried

Pusat Litbang Jalan dan Jembatan
Jln. AH Nasution 264, Bandung
Email : siegfried2001id@yahoo.com
Diterima : 24 Mei 2012; Disetujui : 06 Agustus 2012

ABSTRAK

Informasi mengenai luas retak permukaan jalan merupakan salah satu parameter utama dalam sistem manajemen pemeliharaan jalan. Besaran luas retak permukaan ini merupakan salah satu faktor yang menentukan dalam menghitung kebutuhan perbaikan dan juga digunakan untuk penentuan tingkatan kondisi jalan. Metoda konvensional untuk survei kerusakan ini biasanya dilakukan dengan berjalan kaki dimana surveyor mencatat luas retak yang ditemui pada lokasi tertentu. Saat ini dengan berkembangnya pengetahuan mengenai teknologi kamera digital dan juga kemajuan ilmu komputer, tipe survei bergeser dari manual mejadi otomatis dengan pemanfaatan kamera agar supaya menjadi lebih cepat dan lebih akurat. Kamera yang digunakan adalah tipe kamera digital dengan resolusi sedang sampai tinggi. Pemrosesan citra digital digunakan sebagai dasar dalam menganalisis citra foto yang dikumpulkan. Langkah-langkah yang dilakukan mencakup pemrosesan awal, penentuan batasan antara citra retak dan latar belakang serta perhitungan luas retak. Pemrosesan awal mencakup kompresi ukuran citra foto serta konversi menjadi format hitam putih. Prediksi batasan menggunakan statistik seperti nilai rata-rata dan standar deviasi. Sedangkan untuk perhitungan retak menggunakan metode bounding box. Dari ketiga citra foto digital yang dianalisis didapat kesimpulan bahwa penggunaan metoda pemrosesan citra digital bisa diterima seperti terlihat dari hasil perhitungan luas retak yang dihasilkan.

Kata kunci: pemrosesan citra digital, luas retak permukaan jalan, sistem manajemen pemeliharaan jalan, survei perkerasan, bounding box

ABSTRACT

The information of crack area of pavement surface distress is one of the main parameters considered in pavement maintenace management system. It purposes to decide the quantification of repairing area of pavement being analyzed as well as an input for pavement rating calculation. The conventional survey method to collect the crack area is carried out by the surveyor through walking along the road link and taking notes the area of crack found. Currently, by the development of digital camera technology and computer science, the survey method changes from the coventional to the utilization of camera and computer in order to make it faster and more accurate. Digital camera of medium or high resolution is used to capture the image. The digital image processing is used as the basis in analyzing the image captured during the survey. Steps done in using this method are pre processing, predicting threshold, and calculating the cracked area respectively. The pre processing includes resizing and conversion images into gray scale format. The prediction of threshold uses the statistic of mean and standard deviation of pixel intensity. While the calculation of the cracked area uses the method of bounding box. Based on three images analyzed, it is found that this proposed method is acceptable for the analysis of pavement distress survey as indicated by the results obtained.

Keywords: digital image processing, cracked area of pavement surface, road maintenance management system, pavement survey, bounding box

PENDAHULUAN

Penggunaan pemrosesan citra digital (*digital image processing*) dalam pengumpulan data kerusakan permukaan jalan telah dimulai sejak satu dekade yang lalu. Metode ini memberikan beberapa keuntungan dibandingkan survei manual antara lain lebih akurat, aman, dan juga bisa lebih cepat. Selain itu penggunaan metode ini dalam survei kerusakan jalan juga bisa mengurangi subjektivitas masing-masing teknisi dan rating sistem yang mungkin berbeda untuk setiap pengelola jalan (Howe 1997).

Salah satu parameter utama kerusakan jalan adalah retak yang bisa diklasifikasikan sebagai retak memanjang, melintang ataupun kulit buaya. Didalam melakukan survei, seorang teknisi harus mampu mengklasifikasikan tipe-tipe retak ini beserta luasnya. Menggunakan pemrosesan citra digital telah bisa dibedakan apakah suatu citra foto itu merupakan retak memanjang ataupun retak melintang (Siegfried 2012).

Untuk menghitung luas retak permukaan jalan menggunakan pemrosesan citra digital beberapa langkah yang dilakukan antara lain pengambilan citra foto permukaan jalan, pemrosesan awal, analisis dan perhitungan luas retak.

Pengambilan citra foto permukaan jalan biasanya menggunakan kamera digital baik secara manual maupun dengan kendaraan khusus yang diperuntukkan sebagai alat survei seperti alat *Hawk Eyes* yang digunakan Pusjatan (Indonesia 2011) ataupun kendaraan sejenis yang disebut Mata Garuda. Kendaraan survei jenis ini bisa bergerak dengan kecepatan sampai dengan 80 km/jam. Citra foto permukaan jalan biasanya diambil setiap interval 2 m.

Pemrosesan awal dilakukan untuk menentukan batasan (*threshold*) intensitas piksel antara citra retak dengan *background*. Untuk itu perlu dilakukan pemrosesan *filtering*. Langkah ini mempunyai beberapa metoda yang sudah dikenal luas pada ilmu matematika lanjutan ataupun pemrosesan citra digital (Pratt 2007). Hal yang perlu diperhatikan pada proses *filtering* ini adalah waktu kompilasi yang

digunakan ketika sedang melakukan pengoperasian program komputer. Hal ini bisa diatasi dengan melakukan *resizing* dari citra foto digital yang dianalisis.

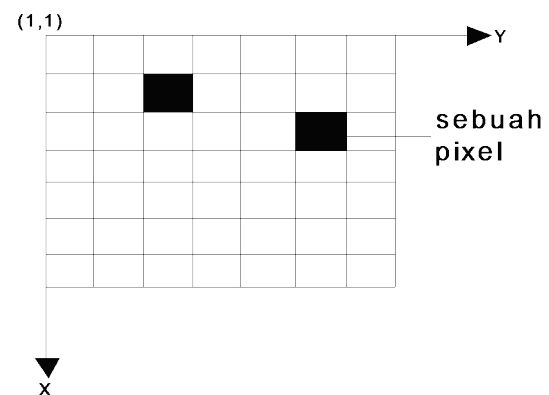
KAJIAN PUSTAKA

Representasi citra

Sebuah citra foto digital dapat direpresentasikan sebagai sebuah matriks 2 dimensi $f(x,y)$. Nilai x dan y menunjukkan koordinat dari piksel (*picture element*) yang mempunyai intensitas f . Berdasarkan itu maka sebuah citra foto digital bisa ditulis sebagai matriks yang besar dimana setiap anggota dalam matriks tersebut merupakan sebuah piksel. Secara garis besarnya penggambaran dari sebuah citra diberikan pada Gambar 1 (Gonzales 2004).

Pada Gambar 1 terlihat bahwa sistem koordinat dari sebuah citra foto digital berbeda dari sistem koordinat pada umumnya. Untuk citra foto digital titik awalnya mempunyai koordinat (1,1). Sedangkan sumbu horizontal pada citra foto digital dinotasikan dengan Y dengan sumbu positif arah kekanan serta sumbu vertikal diberi notasi X dengan sumbu positif arah ke bawah.

Dapat dikatakan bahwa sebuah citra foto digital terdiri dari 2 bagian yaitu latar belakang (*background*) serta citra foto digital itu sendiri. Secara umum untuk citra hitam putih, intensitas dari latar belakang lebih tinggi dari citra foto digital itu sendiri.



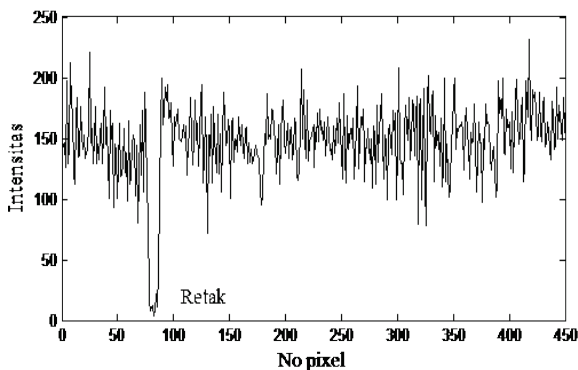
Gambar 1. Representasi citra digital

Intensitas dan histogram citra foto digital

Intensitas didefinisikan sebagai terang tidaknya sebuah piksel dari citra foto digital (Fisher 2004). Untuk merepresentasikan intensitas dari masing-masing piksel itu biasanya digunakan histogram. Untuk sebuah citra foto digital yang mempunyai format *gray scale* 8 bits terdapat 256 kemungkinan tingkatan intensitas yang dimulai dari angka 0 untuk citra hitam dan angka 255 untuk citra foto. Gambar 3 memberikan ilustrasi sebuah histogram untuk intensitas citra foto digital kerusakan permukaan jalan yang diambil dari Gambar 2.



Gambar 2. Sebuah citra foto digital kerusakan retak permukaan jalan



Gambar 3. Histogram citra foto digital permukaan jalan

Gambar 2 menunjukkan sebuah dari citra foto digital kerusakan retak permukaan jalan. Garis hitam lurus pada Gambar 2 merupakan posisi dimana histogram intensitasnya ditunjukkan pada Gambar 3. Terlihat dari

Gambar 3 bahwa untuk retak intensitas dari pikselnya relatif lebih kecil dibandingkan dengan intensitas dari piksel yang lain. Besaran intensitas piksel dari kondisi retak ini perlu diketahui untuk membedakan antara piksel latar belakang dengan piksel retak.

Threshold latar belakang dan retak

Batasan (*threshold*) dari latar belakang dan retak merupakan salah satu parameter penting didalam melakukan analisis pemrosesan citra digital. Nilai batasan ini akan digunakan sebagai parameter dalam melakukan filtering sehingga didapat citra dengan *noise* yang relatif kecil.

Ting-Wu Ho *et al* (2009) mengusulkan nilai untuk digunakan sebagai batasan latar belakang dan retak ini sebagai berikut.

$$T = \mu - k\sigma \dots\dots\dots(1)$$

$$\mu = \frac{1}{m \times n} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n f(i,j) \dots\dots\dots(2)$$

$$\sigma = \frac{1}{m \times n - 1} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \{f(i,j) - \mu\}^2 \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan:

- T = besaran batasan
- k = koefisien berkisar 1.5 – 2.5
- μ = intensitas rata-rata
- σ = standar deviasi intensitas
- m = jumlah piksel dalam arah vertikal
- n = jumlah piksel dalam arah horizontal
- f(i,j) = intensitas pada koordinat (i,j)

Luas retak dengan *bounding box*

Untuk menghitung luas suatu citra terdapat beberapa cara antara lain dengan menggunakan metode *bounding box* yang didefinisikan sebagai penampang persegi panjang terkecil yang dibatasi dengan koordinat terluar dari suatu citra foto digital (The Mathwork 2004).

Dalam aplikasi penentuan luas retak, persentase luas retak dari suatu citra merupakan jumlah piksel didalam *bounding box*

dibandingkan dengan jumlah total piksel yang membentuk citra tersebut.

HIPOTESIS

Metode pemrosesan citra digital dapat digunakan didalam analisis penentuan luas retak dari citra foto kerusakan permukaan jalan.

METODOLOGI

Untuk penelitian ini langkah-langkah yang dilakukan seperti terlihat pada bagan alir di Gambar 4.

Citra kerusakan perkerasan

Data citra kerusakan permukaan perkerasan diambil dengan menggunakan kamera digital dengan resolusi sedang. Data ini biasanya dalam bentuk foto digital dan *file.jpg* atau dalam *file.bmp*. Umumnya *file* digital ini masih dalam format berwarna atau sering disebut dengan *file RGB (Red Green Blue)*.

Proses pengambilan image permukaan perkerasan ini bisa dilakukan dengan manual atau juga bisa dilakukan secara otomatisasi menggunakan peralatan khusus seperti *Hawk Eyes* (Indonesia 2011).

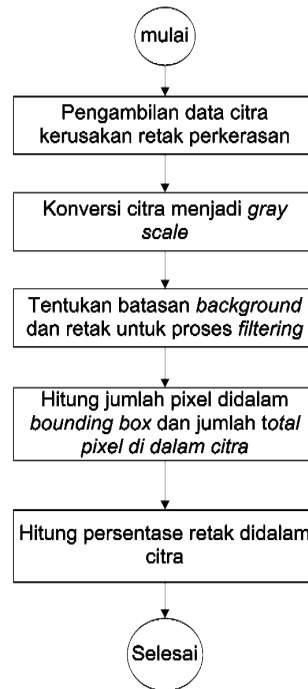
Konversi *image* menjadi *gray scale*

Langkah ini bertujuan agar analisis yang dilakukan lebih cepat karena dalam melakukan evaluasi kerusakan perkerasan menggunakan pemrosesan citra digital, waktu merupakan salah satu parameter yang perlu dipertimbangkan. Waktu kompilasi citra berwarna (*RGB*) jauh lebih lama dibandingkan dengan citra hitam putih (*gray scale*). Hal ini disebabkan citra *RGB* mempunyai matrix yang 3 kali lebih besar dibandingkan dengan citra hitam putih.

Beberapa paket program komputer telah memberikan alat khusus untuk melakukan konversi citra *RGB* ini menjadi hitam putih. Sebagai contoh program Matlab telah dilengkapi dengan pilihan khusus untuk melakukan konversi ini khususnya dan juga

analisis pemrosesan citra digital pada umumnya (The Mathwork 2004).

Untuk penelitian ini diambil 3 buah citra digital kerusakan retak permukaan jalan.



Gambar 4. Bagan alir penelitian

Batasan latar belakang dan retak

Batasan dari latar belakang dan retak merupakan salah satu parameter penting didalam melakukan analisis pemrosesan citra digital. Seperti disebutkan sebelumnya bahwa pada umumnya nilai ini merupakan rata-rata dari intensitas puncak retak dengan intensitas modus dari image secara keseluruhan.

Untuk penelitian ini batasan ini dihitung menggunakan persamaan (1), (2), dan (3). Nilai ini merupakan dasar dalam melakukan proses *filtering* dalam analisis pemrosesan citra digital.

Perhitungan *bounding box*, jumlah total piksel dan persentase retak

Untuk setiap citra yang dianalisis akan dilakukan perhitungan jumlah piksel didalam *bounding box*, jumlah total piksel pada setiap citra serta persentase retak.

Nilai persentase retak ini merupakan dasar dari perhitungan untuk penentuan kondisi dari suatu ruas jalan yang merupakan tujuan utama dalam sistem manajemen pemeliharaan perkerasan jalan.

HASIL DAN ANALISIS

Citra foto kerusakan retak permukaan

Untuk penelitian ini diambil 3 buah citra kerusakan retak permukaan jalan seperti terlihat pada Gambar 5, Gambar 6, dan Gambar 7.

Ketiga citra retak permukaan itu akan di analisis mengikuti langkah-langkah yang diberikan pada metodologi yang diberikan sebelumnya seperti terlihat pada Gambar 4.



Gambar 5. Citra retak memanjang 1



Gambar 6. Citra retak memanjang 2



Gambar 7. Citra retak melintang

Konversi menjadi format hitam putih dan *resizing*

Format hitam putih merupakan format dasar yang umumnya digunakan dalam melakukan analisis pemrosesan citra digital. Format ini lebih disukai dibandingkan format *RGB (Red Green Blue)* karena menggunakan memori yang sepertiga lebih kecil. Selain itu untuk citra foto digital yang diambil dengan kamera resolusi tinggi juga dilakukan proses pemampatan ukuran (*resizing*) yang bertujuan agar waktu kompilasi lebih cepat.

Sebagai contoh, citra retak memanjang 2 (Gambar 6) yang dikonversi kedalam format hitam putih diberikan pada Gambar 8.



Gambar 8. Format hitam putih citra retak memanjang 2

Terlihat perbedaan antara citra asli retak memanjang 2 (Gambar 6) dengan citra retak memanjang 2 yang telah dikonversi kedalam format hitam putih.

Untuk kedua citra foto digital yang lain (retak memanjang 1 dan retak melintang) juga dilakukan hal yang sama.

Batasan antara latar belakang dan retak

Perhitungan untuk menentukan batasan intensitas antara latar belakang dan retak untuk ketiga citra foto digital diberikan pada Tabel 1.

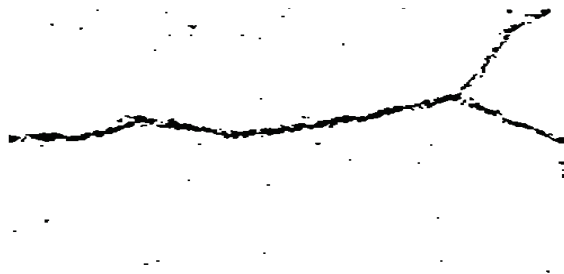
Tabel 1. Batasan intensitas latar belakang dan retak

Citra	μ	σ	k^*	Batasan
Memanjang 1	204	38	2.0	128
Memanjang 2	133	53	1.5	52
Melintang	171	42	2.5	68

*nilai didasarkan hasil *trial* dan *error*

Nilai batasan intensitas ini menjadi satu parameter yang membedakan suatu piksel itu merupakan latar belakang atau memang citra dari retak itu sendiri. Piksel yang mempunyai nilai intensitas dibawah dari nilai batasan ini akan didefinisikan sebagai citra retak. Begitu juga sebaliknya untuk piksel yang mempunyai nilai intensitas diatas nilai batasan akan dianggap sebagai piksel dari citra latar belakang.

Pengambilan nilai k didasarkan atas *trial* dan *error*. Nilai k dicoba-coba mulai dari 1,5, 2,0, dan 2,5. Setelah itu kemudian dilihat secara visual nilai k manakah yang memberikan hasil kontras dari citra retak dan latar belakang. Gambar 9 memberikan ilustrasi citra retak melintang yang telah diaplikasikan *filtering* dengan nilai batasan dengan mengambil nilai k sebesar 2.5.



Gambar 9. Citra retak melintang yang telah dilakukan *filtering*

Terlihat dari Gambar 9 bahwa pola retak telah terlihat dengan cukup jelas setelah dilakukan

filtering. Langkah-langkah ini kemudian dilakukan untuk kedua citra lainnya.

Perhitungan persentase retak

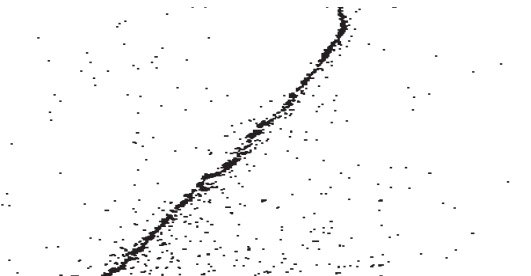
Untuk perhitungan persentase retak dilakukan dengan menghitung total luas seluruh *bounding box* dalam satuan piksel. Nilai ini kemudian dibandingkan dengan jumlah piksel yang ada didalam citra foto digital yang sedang dianalisis untuk kemudian mendapatkan persentase retak dari citra yang sedang dianalisis menggunakan pemrosesan citra digital. Setelah itu kemudian dibandingkan dengan hasil perhitungan secara manual.

Gambar 10, Gambar 11, dan Gambar 12 menunjukkan gambaran dari *bounding box* untuk masing-masing citra yang dianalisis. Secara tabelaris hasil perhitungan diberikan pada Tabel 2 baik untuk perhitungan menggunakan pemrosesan citra digital maupun perhitungan yang dilakukan secara manual.

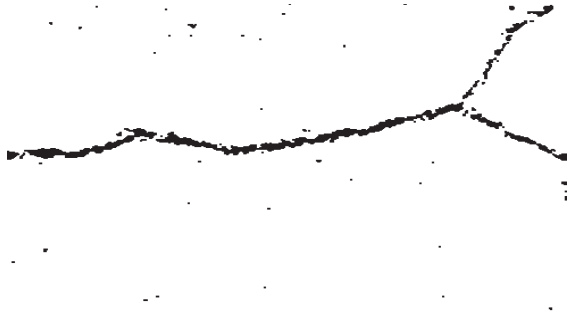
Terlihat dari Tabel 2 perhitungan dengan pemrosesan citra foto digital apabila dibandingkan dengan perhitungan manual memberikan hasil yang tidak berbeda jauh satu sama lainnya.



Gambar 10. Citra retak memanjang 1 dengan *bounding box*



Gambar 11. Citra retak memanjang 2 dengan *bounding box*



Gambar 12. Citra retak melintang dengan *bounding box*

Tabel 2. Hasil perhitungan persentase retak

No	Citra	Retak dgn citra digital (%)	Retak dgn manual (%)
1	Memanjang 1	16,1	13
2	Memanjang 2	11,1	10
3	Melintang	14,1	15

Penentuan luas retak dengan menggunakan pendekatan pemrosesan citra digital dimana salah satunya adalah parameter *bounding box* cukup logis. Citra retak yang telah dilakukan filtering kemudian secara otomatis dibagi-bagi atas beberapa bagian persegi empat. Total luas dari semua bagian *bounding box* ini dalam satuan piksel kemudian dibandingkan dengan jumlah total piksel yang ada pada citra akan menghasilkan persentase retak seperti ditunjukkan pada Tabel 2.

Pendekatan ini sejalan dengan teori dasar dalam melakukan penambalan pada permukaan jalan, dimana dalam setiap proses penambalan selalu dilakukan perapihan lobang dengan menggunakan *cutter*. Perapihan lobang ini biasanya selalu berbentuk persegi panjang. Hal ini mempunyai pola yang sama dengan *bounding box* yang dipakai dalam melakukan analisis penentuan luas retak secara pemrosesan citra digital ini.

PEMBAHASAN

Nilai luas retak merupakan salah satu input yang sangat penting didalam penentuan kuantifikasi perbaikan pada program preservasi. Selain itu nilai luas retak ini juga menjadi parameter utama dalam penentuan *pavement*

rating seperti salah satunya *Pavement Condition Index* (Metropolitan Transportation Commission 1986).

Survei konvensional untuk pengumpulan data kerusakan retak ini biasanya dilakukan dengan berjalan kaki. Hal seperti ini akan menjadi kurang efektif apabila dilakukan pada ruas-ruas jalan yang panjang seperti layaknya jalan-jalan nasional dan provinsi di Indonesia. Otomatisasi survei menjadi salah satu kebutuhan utama pada saat sekarang ini.

Penggunaan teori-teori matematika lanjutan dan pemrosesan citra digital menjadi dasar utama dalam melakukan otomatisasi analisis survei kerusakan jalan ini. Hal ini juga ditunjang dengan semakin majunya pengetahuan mengenai pemrograman komputer serta tersedianya paket – paket pemrograman yang interaktif seperti Matlab (Lyshevski 2003).

Langkah pengerjaan dalam melakukan analisis penentuan luas retak ini meliputi beberapa tahapan antara lain pemrosesan awal, penentuan batasan dan *filtering* serta perhitungan luas retak. Pemrosesan awal dimaksudkan agar penggunaan memori komputer bisa dioptimalkan. Hal ini bisa dilakukan dengan melakukan *resizing* yang dimaksudkan agar ukuran citra foto digital tidak terlalu besar tetapi masih menyimpan informasi mengenai luas retak yang akan dianalisis.

Penentuan batasan dan *filtering* dimaksudkan agar perbedaan citra retak dengan latar belakang terlihat kontras sehingga memudahkan perhitungan luas retak. Suatu hal yang perlu dipertimbangkan dalam hal ini adalah besaran koefisien k yang mempunyai rentang 1,5 – 2,5. Penentuan besaran k ini dilakukan dengan cara *trial* dan *error*. Ini disebabkan pengambilan data suatu citra banyak dipengaruhi oleh faktor-faktor lainnya seperti tipe kamera digital yang digunakan, teriknya sinar matahari ketika pengambilan citra permukaan jalan.

Terdapat banyak metode untuk penentuan luas retak memanjang dan melintang. Penggunaan teori *bounding box* adalah salah metoda yang sederhana dan sudah tersedia didalam program Matlab yang dimuat didalam

Image Processing Tools Box. Selain itu terlihat bahwa pemilihan tipe *bounding box* ini sejalan dengan metoda perbaikan lapangan pada kerusakan retak dimana sebelum melakukan pengambilan, daerah-daerah yang retak dipotong berbentuk persegi panjang.

Hasil perhitungan pada 3 citra retak permukaan memberikan hasil yang cukup logis yaitu 16,1% dan 11,1% untuk citra retak memanjang 1 dan memanjang 2 serta 14,1% untuk citra retak melintang. Hasil ini tidak berbeda jauh dengan luas retak yang diukur secara manual seperti diberikan pada Tabel 2.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Beberapa kesimpulan yang bisa diambil antara lain:

1. Penggunaan metode pemrosesan citra digital (*digital image processing*) dapat diaplikasikan kedalam analisis pengumpulan data kerusakan retak permukaan jalan terutama dalam hal penentuan luas retak memanjang dan melintang.
2. Hasil yang didapat dari 3 citra foto yang dianalisis memberikan nilai tidak jauh berbeda apabila dibandingkan dengan perhitungan manual.
3. Penggunaan parameter *bounding box* dalam analisis sejalan dengan pola perbaikan retak di lapangan.

Saran

Beberapa saran yang perlu dipertimbangkan antara lain:

1. Perlu dilakukan penyempurnaan teknik pemrosesan citra digital untuk analisis kerusakan retak permukaan jalan terutama dalam penentuan batasan antara citra latar belakang dan retak.
2. Perlu dikembangkan teknik dengan pemrosesan citra digital untuk penentuan luas retak tipe yang lain seperti retak kulit buaya dan retak blok.

DAFTAR PUSTAKA

- Fisher R, S Perkins, A Walker, E Wolfart. 2004. *Image Processing Learning Resources*. England.
- Gonzales *et al.* 2004. *Digital Image Processing Using Matlab*, Pearson Prentice Hall. New Jersey.
- Howe *et al.* 1997. *An Assessment Of The Feasibility Of Developing And Implementing An Automated Pavement Distress Survey System Incorporating Digital Image Processing*. Final Report. Virginia Transportation Research Council. Virginia.
- Indonesia, Kementerian Pekerjaan Umum, Balitbang, Pusjatan. 2011. *Laporan Survei Kerusakan Jalan Untuk Daerah Pantura Jawa*. Bandung: Pusjatan
- Lyshevski SE. 2003. *Engineering and Scientific Computations Using Matlab*, John Wiley and Sons Publication. New Jersey, USA.
- MTC. 1986. *Pavement Condition Index Distress Identification Manual for Asphalt and Surface Treatment Pavements*. Metropolitan Transportation Commission. Oakland, USA.
- Pratt WK. 2007. *Digital Image Processing*, Wiley Interscience, California.
- Siegfried. 2012. *Penentuan Tipe Retak Permukaan Jalan Menggunakan Pendekatan Digital Image Processing*, Prosiding Kolokium Jalan dan Jembatan. Bandung: Pusjatan.
- The Mathwork. 2004. *Image Processing Tool Box for Use with Matlab*, The Mathwork Inc. USA.
- Ting-Wu Ho, Chien-Cheng Chou, Chine-Ta Chen, Jyh-Doh Lin. 2009. *Pavement Distress Image Recognition Using k-Means and Classification Algorithm*, Proceeding of the International Conference on Computing in Civil and Building Engineering. Nottingham.