

**AKURASI PENGUKURAN LEBAR RETAK PERMUKAAN PADA BETON
MENGUNAKAN *PORTABLE SCANNER*
DENGAN VARIASI RESOLUSI PEMINDAIAN**

NASKAH PUBLIKASI

Untuk Memenuhi Pesyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik



Disusun Oleh:

**Novi Dwi Harriani
105060101111007-61**

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
MALANG
2014**

AKURASI PENGUKURAN LEBAR RETAK PERMUKAAN PADA BETON MENGUNAKAN *PORTABLE SCANNER* DENGAN VARIASI RESOLUSI PEMINDAIAN

Novi Dwi Harriani¹, Achfas Zacoeb², Roland Martin S.²
Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Malang
JL. MT. Haryono 167, Malang 65145, Indonesia
email: novidwi.harriani@gmail.com

ABSTRAK

Beton merupakan salah satu bahan yang paling sering digunakan di dunia konstruksi. Dalam pelaksanaannya di lapangan tidak menutup kemungkinan terjadi kegagalan. Salah satu kegagalan yang terjadi adalah keretakan pada beton (*crack*). Metode *Scanning Image Analysis* dilakukan untuk mengevaluasi struktur beton dengan cara memindai permukaan beton yang mengalami keretakan menggunakan alat *portable scanner* dengan bantuan software pengolah gambar untuk memprosesnya. Pada *portable scanner* ini, dilakukan pengukuran dengan tiga variasi resolusi pemindaian yaitu 300 dpi, 600 dpi dan 900 dpi. Penelitian dilakukan dimana posisi retak berada di posisi bawah, karena posisi bawah inilah yang paling sulit dilakukan di lapangan. Kemudian hasilnya akan dibandingkan dengan lebar aktualnya. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui tingkat akurasi hasil pengukuran *portable scanner* dibandingkan dengan *microcrack detector* dan jangka sorong pada pengukuran lebar retak permukaan beton dan untuk mengetahui pengaruh variasi resolusi pemindaian pada *portable scanner* terhadap pengukuran lebar retak permukaan pada beton. Tingkat akurasi pengukuran menggunakan *portable scanner* ditunjukkan dengan nilai kesalahan relatif. Kesalahan relatif tertinggi pada hasil pengukuran lebar retak menggunakan *portable scanner* yaitu 3,350% terhadap *microcrack detector* dan 4,680% terhadap jangka sorong. Dari data tersebut, dapat dilihat bahwa nilai kesalahan relatif kurang dari 5% sehingga akurasi masih di dalam batas toleransi. Berdasarkan analisis varian dengan uji *F* untuk hasil pengukuran menggunakan *portable scanner* antar resolusi pemindaian terhadap hasil pengukuran lebar retak menunjukkan $F_{hitung} < F_{tabel}$ artinya tidak terdapat pengaruh resolusi pemindaian *portable scanner* pada hasil pengukuran lebar retak.

Kata kunci: beton, *portable scanner*, resolusi pemindaian, retak

ABSTRACT

Concrete is one of the most often used material in the construction world. In realization at field work, that maybe happen a failure. One of failure that happens is crack at concrete. *Scanning Image Analysis* method did for evaluation concrete structure with scanning concrete surface which there is a crack using *portable scanner* and image processor software's help. At *portable scanner*, do measuring with variation of scanning resolution. That are 300 dpi, 600 dpi dan 900 dpi. This research is doing where the crack position in below, because this position is the most difficult position that do at field work. Then the result will compare with actual width. This research's purpose is for finding accuration level of *portable scanner* measuring result which compare with the surface crack width measuring result from *microcrack detector* and sliding compass and for finding variation influence of scanning resolution at *portable scanner* to surface crack width measuring. Accuration level of *portable scanner* measuring shown with Relative error. The highest relative errors at surface crack width measuring using *portable scanner* are 3,350% to *microcrack detector* and 4,680% to sliding compass. From the result, can show that realtive errors are less than 5% so still in tolerance limit. Based on *F* test for measuring use *portable* at each scanning resolution to crack width measuring result shown $F_{test} < F_{table}$ means there's not scanning resolution influence crack width measuring result.

Keyword: concrete, *portable scanner*, scanning resolution, crack

¹ Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang

² Dosen Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang

PENDAHULUAN

Beton merupakan salah satu bahan yang paling sering digunakan di dunia konstruksi. Perkembangan konstruksi bangunan bertingkat, jembatan dan pondasi semakin pesat seiring dengan digunakannya beton sebagai bahan baku utama. Terdapat berbagai keunggulan sifat yang dimiliki beton sehingga menjadi alasan utama penggunaannya di bidang konstruksi, antara lain sifat beton yang mudah dibentuk, tahan lama, tahan terhadap api, mutu yang bisa disesuaikan dengan fungsinya dan biaya pemeliharanya yang relatif murah.

Balok, kolom, pelat dan pondasi merupakan elemen utama pada konstruksi bangunan yang menggunakan beton sebagai penyusun utamanya. Dalam pelaksanaannya di lapangan tidak menutup kemungkinan terjadi kegagalan. Kesalahan perencanaan awal dan proses pelaksanaannya serta faktor lingkungan merupakan faktor utama dalam kegagalan struktur beton. Salah satu kegagalan yang terjadi akibat faktor di atas adalah keretakan pada beton atau dalam bahasa tekniknya *crack*.

Retak pada beton merupakan kontribusi dan awal dari keadaan yang lebih parah lagi, yaitu letupan (*spalling*), pengelupasan (*delaminasi*), berlangsungnya proses korosi tulangan baja pada beton, rusaknya permukaan beton, dan dampak kerusakan jangka panjang lainnya.

Terdapat beberapa alat yang dapat digunakan untuk mengukur lebar retak permukaan beton, seperti mistar ukur, jangka sorong dan *microcrack detector*. Jangka sorong merupakan alat yang sederhana dan umum digunakan dalam pengukuran. Tingkat akurasi pembacaan jangka sorong lebih baik dibandingkan dengan mistar ukur. Sedangkan *microcrack detector* merupakan salah satu alat yang sering digunakan di bidang konstruksi. Namun sayangnya alat ini memiliki beberapa kelemahan, yaitu jangkauan dalam penggunaannya pada konstruksi bangunan terbatas dan cukup sulit dilakukan pada saat proses pembacaan.

Pengukuran lebar retak menggunakan jangka sorong dan *microcrack detector*

dibutuhkan kemampuan serta keahlian khusus dalam menggunakannya, ketelitian yang tinggi dan ketepatan posisi pada saat mengukur di lapangan. Selain itu, penggunaannya saat pengukuran di lapangan, dimana retak berada di posisi bawah seperti retak pada balok atau pelat merupakan posisi pengukuran yang paling sulit dilakukan. Hal ini dikarenakan sulitnya untuk menjaga kestabilan alat untuk tetap diam dan saat pembacaan pengukuran dalam posisi terbalik merupakan hal yang sulit dilakukan.

Seiring berkembangnya teknologi di Indonesia, muncul metode alternatif lain yang dapat digunakan untuk mengukur lebar retak beton, metode tersebut dinamakan *Scanning Image Analysis*. Metode *Scanning Image Analysis* yang dilakukan untuk mengevaluasi struktur beton dengan cara memindai permukaan beton yang mengalami keretakan menggunakan alat *portable scanner* dengan bantuan *software* pengolah gambar untuk memprosesnya. Pada *portable scanner* ini, dilakukan pengukuran dengan tiga variasi resolusi pemindaian yaitu 300 dpi, 600 dpi dan 900 dpi. Resolusi pemindaian ini dibuat bervariasi dikarenakan gambar dari hasil pemindaian akan memiliki kualitas gambar dan kebutuhan memori untuk menyimpan yang berbeda-beda juga.

Penelitian dilakukan dimana posisi retak berada di posisi bawah, karena posisi bawah inilah yang paling sulit dilakukan di lapangan. Kemudian hasilnya akan dibandingkan dengan lebar aktualnya. Lebar aktual disini merupakan hasil pengukuran dari jangka sorong dan *microcrack detector*, karena untuk mendapat lebar aktual yang tepat pada benda uji susah dilakukan.

TINJAUAN PUSTAKA

Retak pada beton dapat terjadi karena berbagai hal seperti retak susut. Retak yang terjadi pada beton juga dapat diakibatkan oleh pengaruh korosi, dimana logam yang tertanam dalam beton bertambah besar volumenya dan mendesak ke bagian luar sehingga timbul retakan.

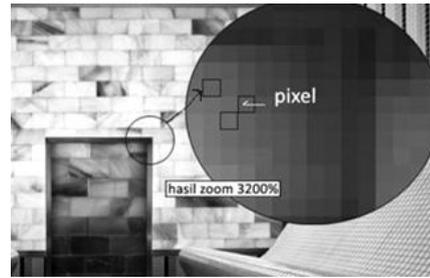
Sering suatu konstruksi bangunan mengalami perubahan fungsi. Karena struktur tidak mampu lagi memikul beban yang lebih besar dari yang direncanakan, maka struktur bangunan tersebut akan mengalami retakan dan kemungkinan akhirnya akan patah bila tidak ditanggulangi dengan segera. Selain akibat perubahan fungsi bangunan, retak pada beton juga dapat terjadi akibat kebakaran. Dalam peristiwa kebakaran dimana temperatur pada beton sangat tinggi, maka bahan beton akan memuai, dan bila temperatur sedemikian tinggi dan pemuaiannya melampaui kemampuan tariknya maka akan timbul retakan.

Pada stadium awal kerusakan pada komponen struktur diawali dengan lendutan. Bila batas lendutan ijin terlampaui maka stadium kerusakan akan berlanjut pada retakan lentur. Bila kemampuan lentur dilampaui maka kerusakan akan berlanjut pada stadium yang lebih tinggi yaitu berupa retak geser. (Amri, 2005)

Selain itu terdapat sumber lain yang mengatakan, pada daerah yang mengalami momen yang besar, retak yang dapat terjadi disebut retak lentur. Pada daerah yang gesernya besar, akibat tarik diagonal dapat terjadi retak miring sebagai kelanjutan dari retak lentur, dan disebut retak geser lentur. (Nawy, 2008)

Resolusi pada suatu *image*, banyaknya *pixel* yang dapat ditampung untuk setiap *inch*-nya. Aturan dalam *ppi* (*pixel per inch*) ini sederhana. Semakin banyak *pixel* (semakin tinggi resolusi), berarti semakin tajam kualitas percetakan. Tapi sebagai gantinya ukuran file akan semakin besar. (Swastika, 2006)

Sebuah *pixel* merupakan satu dari ribuan titik kecil dalam sebuah grid pada layar *display* ataupun lembar yang dicetak. Titik atau *spot* ataupun blok secara individual diberi warna secara berurutan untuk menampilkan *image* di layar komputer dan mewakili elemen terkecil yang bisa dimanipulasi untuk menghasilkan grafik seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 1**.



Gambar 1 Pixel suatu *image*

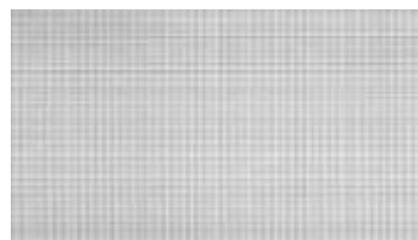
(Sumber : <http://www.ilmu-komputer.org>)

Oleh karena *pixel* sebenarnya tidak mengecil secara tidak terbatas, *pixel* hanya bisa diperkirakan dengan warna aktual dari sebuah subjek. Karenanya komputer penghasil *image* (biasa disebut *bit map* atau *pixel map*) sering menghasilkan *image* yang kelihatan bergerigi atau berbentuk “blok” ketika dilakukan pembesaran sebanyak beberapa kali pada *image*.

Biasanya *pixel* merupakan komponen dasar dari segala grafika komputer. Tiap-tiap komputer memiliki grafis terdiri atas suatu grid *pixels*. Saat dicat di layar, *pixel-pixel* membentuk suatu gambar. (Simarmata & Tintin, 2007)

Kalibrasi atau peneraan (*calobration*) instrumen sangat penting, karena memungkinkan kita memeriksa instrument terhadap standar yang diketahui, untuk selanjutnya mengurangi kesalahan dalam ketelitiannya (Holman, 1979)

Ketelitian pembacaan gambar dilakukan dengan cara memindai selembar kertas milimeter seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 2**. Permukaan milimeter tersebut dipindai dengan menggunakan *portable scanner*. Jarak antara masing-masing titik pada arah pemindaian dilihat dari gambar pemindaian, sedangkan tingkat akurasi dibandingkan dengan ukuran yang sebenarnya. (Zacoeb, 2010)



Gambar 2 Hasil pemindaian kertas milimeter

(Zacoeb, 2010)

ALAT DAN METODE PENELITIAN

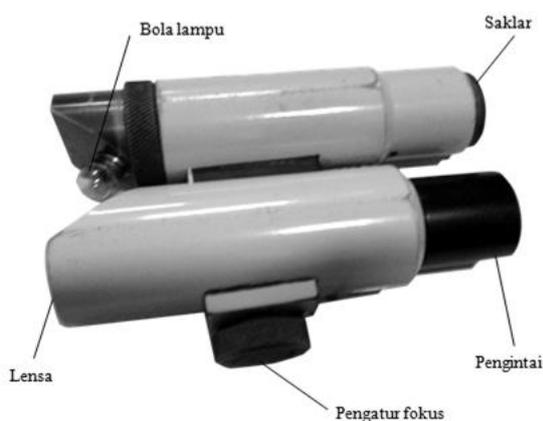
Jangka sorong adalah suatu alat ukur yang dapat membaca jarak diantara tiap muka ukur melalui skala utama dan skala vernier, yaitu dengan menggerakkan eretan yang mempunyai satu atau dua rahang muka ukur yang sejajar dengan muka ukur yang terdapat pada badan sehingga membentuk satu atau dua pasang muka ukur untuk pengukuran luar dan dalam. (SNI Jangka Sorong 05 - 3513 - 1994)

Penelitian ini menggunakan jangka sorong tipe M *digital*, seperti pada **Gambar 3** Hasil pengukuran dengan jangka sorong dapat dilihat pada layar alat ini.



Gambar 3 Jangka sorong tipe M *digital*

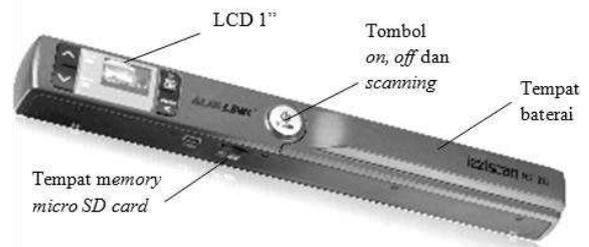
Microcrack detector lebih sering disebut dengan nama *pocket microscope*. *Pocket microscope* jauh lebih mudah untuk digunakan dan dibawa dibandingkan dengan sebuah *desk microscope*. Kegunaan dari *microcrack detector* adalah untuk mengukur lebar retak beton dengan ketelitian tinggi dan mampu membaca lebar retak hingga 0,02 mm.



Gambar 4 *Microcrack detector*

Portable scanner dapat digunakan untuk mengambil gambar retak yang terlihat pada permukaan beton yang terlihat (Zacoeb, 2010). Alat ini memiliki beberapa

spesifikasi yang dapat dimanfaatkan. Lebih jelasnya ditunjukkan pada **Tabel 1**.



Gambar 5 *Portable scanner*

(Sumber : www.alfalink.co.id)

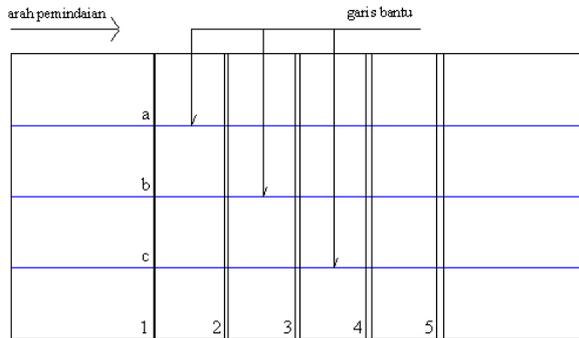
Tabel 1 Spesifikasi *portable scanner*

| | | | |
|----------------------|-------------|--------------------------------------|-------------|
| Badan Utama | Dimensi | 31,4 x 13,8 x 5 cm | |
| | Berat | 50 gr | |
| | Layar | LCD 1.7" (tampilan setelah memindai) | |
| Sensor | Tipe | <i>Image Sensor A4 Color Contact</i> | |
| | Resolusi | <i>Low</i> | 300 dpi |
| | | <i>High</i> | 600 dpi |
| | | <i>Fine</i> | 900 dpi |
| | Panjang | 212 mm | |
| Format data | JPEG, PDF | | |
| Kecepatan Pemindaian | | <i>Color</i> | <i>Mono</i> |
| | <i>Low</i> | 3 detik | 2 detik |
| | <i>High</i> | 6 detik | 6 detik |
| | <i>Fine</i> | 11 detik | 9 detik |
| Perangkat Tambahan | Memori | <i>Memory Micro SD Card</i> | |
| | Baterai | 2 x AA Alkaline | |

(Sumber : www.alfalink.co.id)

Benda uji berupa tiga buah beton dengan campuran 1 : 2 : 3 berukuran 40 x 20 x 8 cm. Pada masing-masing benda uji telah diberikan retak buatan sebesar 1 mm, 2 mm, 3 mm, 4 mm dan 5 mm dengan kedalaman retak 4 cm. Sebelum dilakukan pemindaian, benda uji diberi tiga garis bantu untuk menentukan lokasi titik mana yang akan diukur lebar retaknya. Posisi retak beton berada di bawah saat dilakukan pemindaian yang mana benda uji diasumsikan sebagai balok atau pelat suatu konstruksi. Pengukuran dengan *microcrack detector* dilakukan pada lebar retak buatan sebesar 1mm, 2mm dan 3 mm saja. Hal ini dikarenakan lebar maksimum yang dapat dihitung oleh *microcrack detector* adalah kurang dari 4 mm. Kemudian saat pengukuran dengan jangka sorong dan

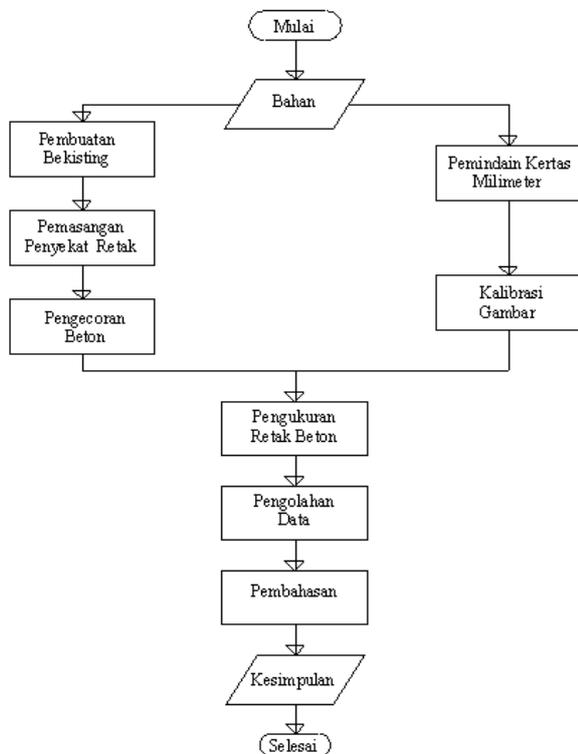
portable scanner dilakukan pada seluruh lebar retak buatan permukaan beton.



Gambar 6 Posisi saat pemindaian

Pada saat pengukuran dengan menggunakan *portable scanner*, permukaan beton dipindai dimana hasilnya akan tersimpan secara otomatis dalam bentuk gambar. Kemudian dari gambar tersebut dilakukan pembacaan lebar retak dengan bantuan *software* pengolah gambar.

Penelitian dilakukan dengan alur seperti pada **Gambar 7**.



Gambar 7 Diagram alir penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

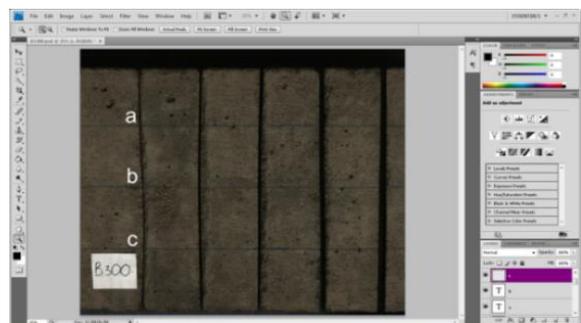
Langkah awal penelitian sebelum pengambilan data yaitu dilakukan kalibrasi terlebih dahulu pada *portable scanner*. Kalibrasi dilakukan dengan melakukan pemindaian pada kertas milimeter yang menghadap ke arah bawah sebanyak tiga kali dengan resolusi pemindaian 300 dpi, 600 dpi dan 900 dpi. Dari kalibrasi pengukuran didapatkan hasil sebagai berikut:

- 300 dpi → 1 *pixel* = 0,0849mm
- 600 dpi → 1 *pixel* = 0,0478mm
- 900 dpi → 1 *pixel* = 0,0290mm



Gambar 8 Pemindaian pada permukaan beton

Dari seluruh gambar hasil pemindaian tersebut dipilih yang terbaik kemudian dibuka pada *software* pengolah gambar untuk di baca lebar retaknya. Sisi kiri benda uji dituliskan huruf a, b dan c pada garis bantu seperti pada **Gambar 9** untuk menentukan lokasi titik mana yang akan diukur lebarnya.



Gambar 9 Tampilan benda uji dengan garis a, b dan c

Tabel 1 Hasil pengukuran lebar retak dengan *portable scanner*

| Lebar Retak Buatan (mm) | | Pengukuran Lebar Retak Permukaan Beton (mm) | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|---|---|------|------|---------------|------|------|------------------|------|------|---------|------|------|---------|------|------|
| | | Microcrack detector | | | Jangka Sorong | | | Portable Scanner | | | | | | | | |
| | | a | b | c | a | b | c | 300 dpi | | | 600 dpi | | | 900 dpi | | |
| a | b | | | | | | | c | a | b | c | a | b | c | | |
| Benda Uji 1 | 1 | 0,90 | 1,00 | 0,96 | 1,01 | 0,96 | 0,98 | 0,93 | 1,10 | 0,76 | 0,96 | 1,05 | 0,81 | 0,99 | 0,99 | 0,93 |
| | 2 | 2,08 | 2,10 | 2,04 | 2,08 | 2,10 | 2,09 | 1,87 | 1,95 | 1,95 | 2,06 | 2,06 | 2,06 | 2,06 | 2,03 | 2,00 |
| | 3 | 2,86 | 2,96 | 2,92 | 2,94 | 2,99 | 2,93 | 2,72 | 2,89 | 2,72 | 2,96 | 2,96 | 3,01 | 2,90 | 3,05 | 2,84 |
| | 4 | / / / / / / / / / / / / / / / / | | | 3,98 | 4,00 | 4,06 | 3,99 | 3,99 | 3,91 | 3,92 | 3,92 | 3,92 | 4,03 | 3,83 | 3,80 |
| | 5 | / / / / / / / / / / / / / / / / | | | 5,07 | 5,04 | 5,09 | 5,09 | 5,18 | 5,26 | 5,21 | 5,11 | 5,07 | 5,02 | 5,10 | 5,05 |
| Benda Uji 2 | 1 | 1,00 | 1,00 | 0,96 | 1,02 | 0,95 | 0,97 | 1,02 | 0,85 | 1,02 | 0,91 | 0,96 | 1,10 | 0,96 | 1,02 | 0,96 |
| | 2 | 1,92 | 1,94 | 1,90 | 2,01 | 1,96 | 1,92 | 1,95 | 1,95 | 1,95 | 2,10 | 1,91 | 1,96 | 1,97 | 2,00 | 1,94 |
| | 3 | 2,90 | 2,94 | 2,96 | 2,95 | 2,98 | 3,00 | 2,97 | 2,89 | 2,89 | 3,01 | 3,20 | 3,11 | 3,19 | 3,10 | 2,96 |
| | 4 | / / / / / / / / / / / / / / / / | | | 3,91 | 4,05 | 3,82 | 4,08 | 3,91 | 3,74 | 3,87 | 4,06 | 4,49 | 3,97 | 4,09 | 3,92 |
| | 5 | / / / / / / / / / / / / / / / / | | | 5,06 | 5,05 | 4,94 | 5,09 | 5,18 | 5,09 | 5,16 | 5,16 | 5,31 | 5,16 | 5,22 | 5,13 |
| Benda Uji 3 | 1 | 0,90 | 0,86 | 0,92 | 0,94 | 0,89 | 0,92 | 0,93 | 0,85 | 0,93 | 1,00 | 0,86 | 0,91 | 0,99 | 0,87 | 0,90 |
| | 2 | 2,00 | 1,94 | 2,00 | 2,02 | 1,98 | 2,01 | 2,04 | 1,87 | 1,78 | 2,06 | 2,01 | 1,96 | 2,09 | 1,91 | 1,89 |
| | 3 | 2,92 | 2,88 | 2,86 | 2,95 | 2,94 | 2,92 | 2,80 | 3,06 | 3,14 | 2,92 | 2,82 | 2,82 | 2,87 | 2,81 | 2,78 |
| | 4 | / / / / / / / / / / / / / / / / | | | 4,09 | 4,04 | 4,03 | 3,99 | 3,99 | 3,74 | 4,16 | 4,11 | 4,02 | 4,06 | 4,15 | 4,18 |
| | 5 | / / / / / / / / / / / / / / / / | | | 5,04 | 5,03 | 4,99 | 5,35 | 5,09 | 4,92 | 5,07 | 5,11 | 5,02 | 4,93 | 4,90 | 5,10 |

Lebar retak rata-rata hasil pengukuran di titik a, b, c dari ketiga benda uji dapat dilihat pada **Tabel 3**.

Tabel 3 Lebar retak rata-rata

| Lebar Retak Buatan (mm) | Rata-Rata | | | | |
|-------------------------|---------------------------------|---------------|------------------|---------|---------|
| | Microcrack Detector | Jangka Sorong | Portable Scanner | | |
| | | | 300 dpi | 600 dpi | 900 dpi |
| 1 | 0,944 | 0,960 | 0,934 | 0,951 | 0,954 |
| 2 | 1,991 | 2,019 | 1,924 | 2,018 | 1,988 |
| 3 | 2,911 | 2,956 | 2,896 | 2,980 | 2,945 |
| 4 | / / / / / / / / / / / / / / / / | 3,998 | 3,924 | 4,052 | 4,002 |
| 5 | / / / / / / / / / / / / / / / / | 5,034 | 5,141 | 5,136 | 5,069 |

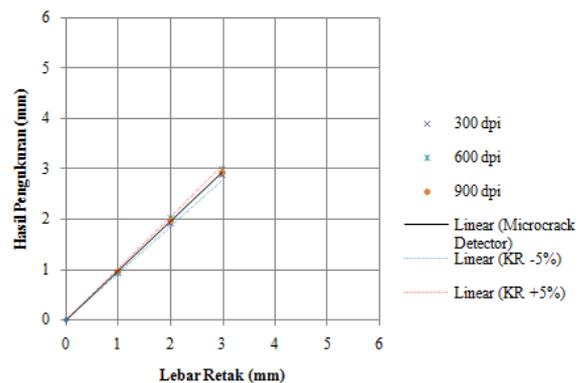
Perbedaan hasil pengukuran *portable scanner* ditunjukkan dengan kesalahan relatif. Perhitungan kesalahan relatif antara hasil pengukuran *microcrack detector* dan *portable scanner* ditampilkan pada **Tabel 4**. Sedangkan hasil pengukuran lebar retak menggunakan jangka sorong dan *portable scanner* ditampilkan pada **Tabel 5**.

Tabel 4 Kesalahan relatif *portable scanner* terhadap *microcrack detector*

| Lebar retak (mm) | Lebar Retak Rata-Rata (mm) | | | | | | |
|------------------|----------------------------|------------------|--------|---------|--------|---------|--------|
| | Microcrack Detector | Portable Scanner | | | | | |
| | | 300 dpi | KR (%) | 600 dpi | KR (%) | 900 dpi | KR (%) |
| 1 | 0,944 | 0,934 | 1,116 | 0,951 | 0,661 | 0,954 | 0,988 |
| 2 | 1,991 | 1,924 | 3,350 | 2,018 | 1,362 | 1,988 | 0,151 |
| 3 | 2,911 | 2,896 | 0,518 | 2,980 | 2,350 | 2,945 | 1,168 |

Tabel 5 Kesalahan relatif *portable scanner* terhadap jangka sorong

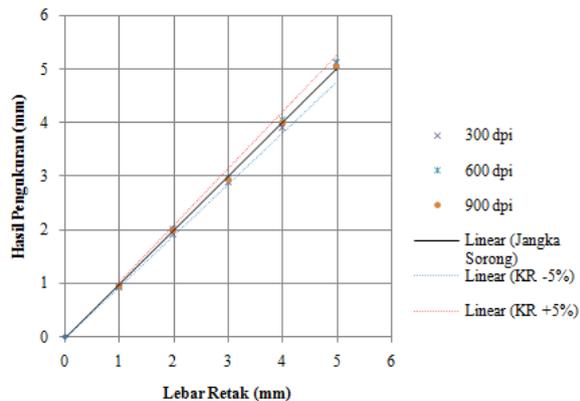
| Lebar retak (mm) | Lebar Retak Rata-Rata (mm) | | | | | | |
|------------------|----------------------------|------------------|--------|---------|--------|---------|--------|
| | Microcrack Detector | Portable Scanner | | | | | |
| | | 300 dpi | KR (%) | 600 dpi | KR (%) | 900 dpi | KR (%) |
| 1 | 0,960 | 0,934 | 2,719 | 0,951 | 0,970 | 0,954 | 0,648 |
| 2 | 2,019 | 1,924 | 4,680 | 2,018 | 0,033 | 1,988 | 1,524 |
| 3 | 2,956 | 2,896 | 2,014 | 2,980 | 0,811 | 2,945 | 0,353 |
| 4 | 3,998 | 3,924 | 1,839 | 4,052 | 1,366 | 4,002 | 0,106 |
| 5 | 5,034 | 5,141 | 2,120 | 5,136 | 2,014 | 5,069 | 0,678 |



Gambar 10 Pengukuran dengan *microcrack detector* dan *portable scanner*

Berdasarkan **Gambar 10**, ditunjukkan bahwa seluruh hasil pengukuran *microcrack detector* dan *portable scanner* pada masing-masing resolusi pemindaian terdapat perbedaan. Namun, bila dibandingkan

dengan hasil pengukuran menggunakan *microcrack detector*, hasil pengukuran menggunakan *portable scanner* masih berada di bawah toleransi atau di bawah 5%.



Gambar 11 Pengukuran dengan jangka sorong dan *portable scanner*

Berdasarkan **Gambar 11**, ditunjukkan bahwa seluruh hasil pengukuran jangka sorong dan *portable scanner* pada masing-masing resolusi pemindaian juga terdapat perbedaan. Namun, bila dibandingkan dengan hasil pengukuran menggunakan jangka sorong, hasil pengukuran menggunakan *portable scanner* masih berada di bawah toleransi atau di bawah 5%. Hal ini bisa saja dipengaruhi karena kurang tepatnya saat melakukan pemindaian terhadap benda uji, selain itu bisa juga dikarenakan kesalahan saat melakukan pembacaan lebar retak melalui *software* pengolah gambar.

Pengujian hipotesis dilakukan dengan uji F satu arah. Pengujian hipotesis bertujuan untuk mengetahui perbedaan hasil pengukuran lebar retak buatan menggunakan *microcrack detector*, jangka sorong dan *portable scanner* dengan variasi resolusi pemindaian. Pada penelitian ini, uji hipotesis ditinjau hanya pada satu pengukuran lebar retak, yaitu pada retak 1mm saja dengan $\alpha = 0,05$ dan dilakukan sebanyak empat kali. Hipotesis diuji dengan membandingkan hasil pengukuran *microcrack detector*, jangka sorong terhadap hasil pengukuran *portable scanner* pada variasi resolusi pemindaian antara lain 300 dpi, 600 dpi, 900 dpi dan yang terakhir yaitu pengaruh

resolusi pemindaian *portable scanner* terhadap hasil pengukuran lebar retak.

a. Resolusi pemindaian 300 dpi

Tabel 6 Analisis varian satu arah resolusi pemindaian 300 dpi

| Sumber Varian (SV) | JK | db | KR | F _{hitung} | F _{tabel} |
|--------------------|-------|----|-------|---------------------|--------------------|
| Antar (A) | 0,003 | 2 | 0,002 | 0,3064 | 3,4 |
| Dalam (D) | 0,122 | 24 | 0,005 | - | - |
| Total (T) | 0,125 | 26 | - | - | - |

Berdasarkan **Tabel 6**, didapatkan nilai $F_{hitung} = 0,3064$, sedangkan $F_{tabel} = 3,4$. Dengan begitu $F_{hitung} < F_{tabel}$ atau H_0 diterima artinya tidak terdapat perbedaan yang signifikan pada hasil pengukuran lebar retak menggunakan *portable scanner* dengan resolusi pemindaian 300 dpi bila dibandingkan dengan *microcrack detector* dan jangka sorong.

b. Resolusi pemindaian 600 dpi

Tabel 7 Analisis varian satu arah resolusi pemindaian 600 dpi

| Sumber Varian (SV) | JK | db | KR | F _{hitung} | F _{tabel} |
|--------------------|--------|----|--------|---------------------|--------------------|
| Antar (A) | 0,0011 | 2 | 0,0006 | 0,1310 | 3,4 |
| Dalam (D) | 0,1010 | 24 | 0,0042 | - | - |
| Total (T) | 0,1021 | 26 | - | - | - |

Berdasarkan **Tabel 7**, didapatkan nilai $F_{hitung} = 0,1310$, sedangkan $F_{tabel} = 3,4$. Dengan begitu $F_{hitung} < F_{tabel}$ atau H_0 diterima artinya tidak terdapat perbedaan yang signifikan pada hasil pengukuran lebar retak menggunakan *portable scanner* dengan resolusi pemindaian 600 dpi bila dibandingkan dengan *microcrack detector* dan jangka sorong.

c. Resolusi emindaian 900 dpi

Tabel 8 Analisis varian satu arah resolusi pemindaian 900 dpi

| Sumber Varian (SV) | JK | db | KR | F _{hitung} | F _{tabel} |
|--------------------|--------|----|--------|---------------------|--------------------|
| Antar (A) | 0,0011 | 2 | 0,0006 | 0,2518 | 3,4 |
| Dalam (D) | 0,0526 | 24 | 0,0022 | - | - |
| Total (T) | 0,0537 | 26 | - | - | - |

Berdasarkan **Tabel 8**, didapatkan nilai $F_{hitung} = 0,2518$, sedangkan $F_{tabel} = 3,4$. Dengan begitu $F_{hitung} < F_{tabel}$ atau H_0 diterima

artinya tidak terdapat perbedaan yang signifikan pada hasil pengukuran lebar retak menggunakan *portable scanner* dengan resolusi pemindaian 900 dpi bila dibandingkan dengan *microcrack detector* dan jangka sorong.

d. Pengaruh resolusi pemindaian

Tabel 9 Analisis varian satu arah pengaruh resolusi pemindaian terhadap hasil pengukuran

| Sumber Varian (SV) | JK | db | KR | F _{hitung} | F _{tabel} |
|--------------------|--------|----|--------|---------------------|--------------------|
| Antar (A) | 0,0021 | 2 | 0,0010 | 0,145324 | 3,4 |
| Dalam (D) | 0,1701 | 24 | 0,0071 | - | - |
| Total (T) | 0,1721 | 26 | - | - | - |

Berdasarkan **Tabel 4.9**, didapatkan nilai $F_{hitung} = 0,1310$, sedangkan $F_{tabel} = 3,4$. Dengan begitu $F_{hitung} < F_{tabel}$ atau H_0 diterima artinya tidak terdapat pengaruh resolusi pemindaian *portable scanner* terhadap hasil pengukuran lebar retak.

KESIMPULAN

Tingkat akurasi pengukuran menggunakan *portable scanner* ditunjukkan dengan nilai kesalahan relatif. Kesalahan relatif tertinggi pada hasil pengukuran lebar retak menggunakan *portable scanner* yaitu 3,350% terhadap *microcrack detector* dan 4,680% terhadap jangka sorong. Dari data tersebut, dapat dilihat bahwa nilai kesalahan relatif kurang dari 5% sehingga akurasi masih di dalam batas toleransi. Berdasarkan analisa varian dengan uji F untuk hasil pengukuran menggunakan *portable scanner* antar resolusi pemindaian terhadap hasil pengukuran lebar retak 1 mm dengan $\alpha = 0,05$ menunjukkan $F_{hitung} < F_{tabel}$ artinya tidak terdapat pengaruh resolusi pemindaian *portable scanner* pada hasil pengukuran lebar retak.

SARAN

Sebelum pemindaian, permukaan beton dimana terdapat retak perlu dihaluskan dahulu untuk mempermudah proses pemindaian. Dan saat melakukan pemindaian, pangkal dan ujung alat diharuskan bergerak secara bersamaan dari

awal sampai dengan akhir pemindaian untuk mendapatkan hasil pemindaian yang baik dan identik dengan aslinya. Sebaiknya dilakukan beberapa kali pemindaian agar jika hasil pemindaian tidak bagus, masih terdapat alternatif gambar lain yang dapat digunakan. *Portable scanner* dapat diaplikasikan di lapangan untuk pengukuran lebar retak dalam posisi yang sulit. Disarankan untuk memperhatikan kondisi pencahayaan saat melakukan pemindaian.

DAFTAR PUSTAKA

- Amri, S. 2005. *Teknologi Beton A-Z*. Jakarta: Penerbit UI-Press
- Nawy, E. G. 2008. *Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar*. Bandung: Refika Aditama
- Simarmata, J & Tintin C. 2007. *Grafika Komputer*. Yogyakarta. Penerbit Andi
- Swastika, W. 2006. *Formula Photoshop CS untuk Mendesain Website*. Pulojadung. Penerbit Dian Rakyat
- Walpole, R.E. & Raymond, H. R. 1995. *Ilmu Peluang dan Statistika untuk Insinyur dan Ilmuwan*. Bandung. Penerbit ITB
- Zacoeb, A. 2010. Fundamental Study Of Internal Crack Measurement on Concrete Structures by Using Stick Scanner. *Dinamika TEKNIK SIPIL*. 10. (2). 131-137
- <http://alfalink.co.id/product-detail/> (diakses tanggal 5 Februari 2014)
- <http://ilmu-komputer.org/> (diakses tanggal 13 Januari 2014)