BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Retak pada Struktur Beton

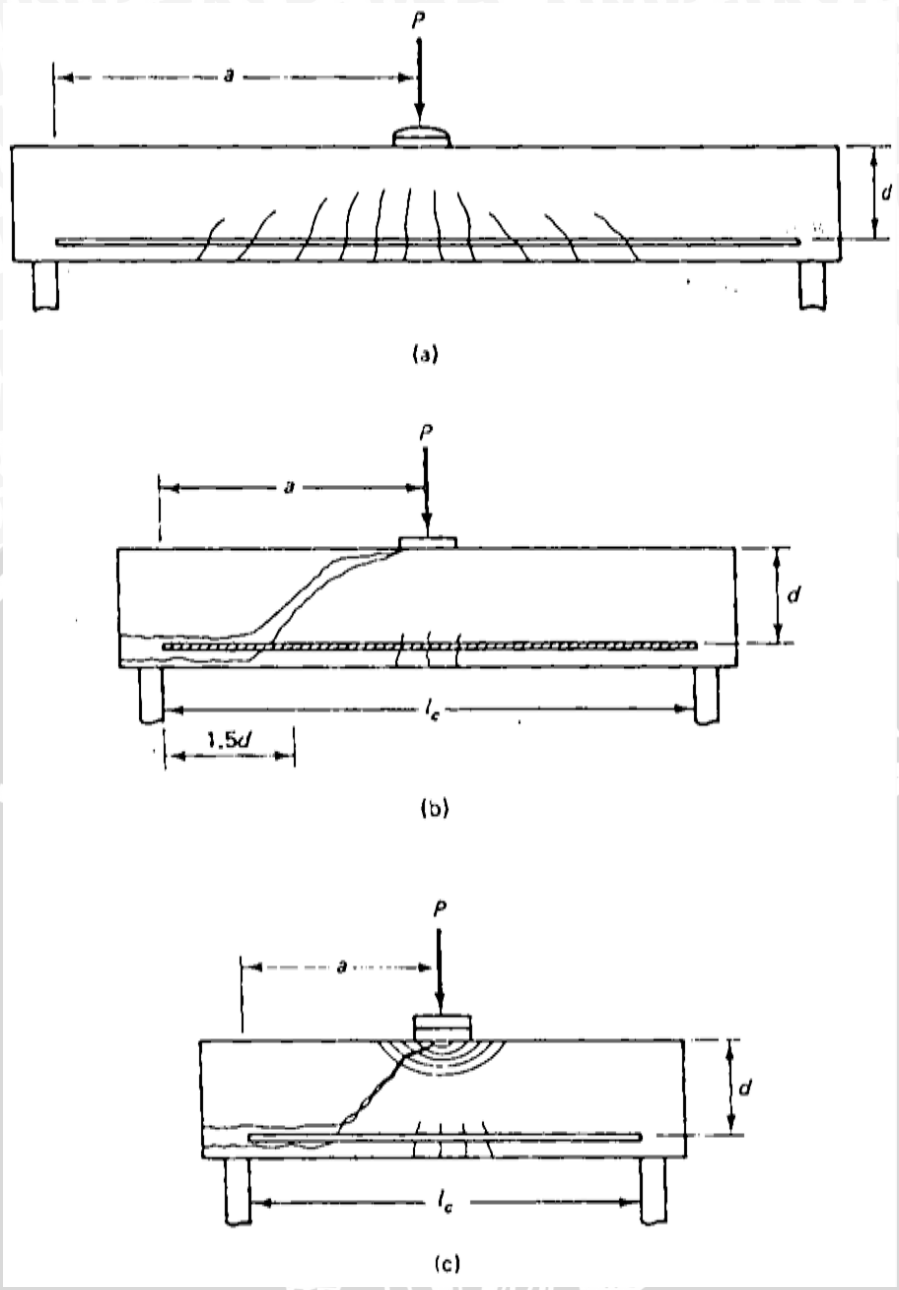
Retak pada beton dapat terjadi karena berbagai hal seperti retak susut. Retak yang terjadi pada beton juga dapat diakibatkan oleh pengaruh korosi, dimana logam yang tertanam dalam beton bertambah besar volumenya dan mendesak ke bagian luar sehingga timbul retakan. Retakan pada beton akibat korosi dapat dihindarkan bila campuran yang digunakan cukup kedap air dan dengan tebal selimut beton yang cukup tebal sesuai dengan persyaratan untuk daerah yang korosif.

Sering suatu konstruksi bangunan mengalami perubahan fungsi, seperti dari ruang kerja menjadi ruang perpustakaan, dimana untuk ruang perpustakaan akan memikul lebih besar beban. 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 pemuaian melampaui kemampuan tariknya maka akan timbul retakan. Retakan akibat mekanisme ini biasanya terjadi merata di seluruh permukaan beton.

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)

Kelangsingan balok yaitu perbandingan antara bentang bersih dengan tinggi balok menentukan ragam keruntuhan balok. **Gambar 2.1** memperlihatkan pola keruntuhan secara skematis. Bentang geser a untuk beban terpusat adalah jarak antara titik tangkap beban tersebut dengan muka perletakan. Untuk beban terdistribusi, bentang gesernya sama dengan bentang bersih balok I_c.



Gambar 2.1 Pola keruntuhan balok secara skematis

(Sumber: Nawy, 2008)

Pada dasarnya dapat terjadi tiga ragam retak (atau kombinasinya), yaitu retak lentur, retak tarik diagonal, dan retak tekan akibat geser.

a. Retak Lentur (F)

Pada daerah yang mengalami keruntuhan lentur, retak utama terjadi pada sepertiga tengah bentang dan tegak lurus terhadap arah tegangan utama seperti yang diperlihatkan pada **Gambar 2.1 (a)**. Retak-retak ini diakibatkan oleh tegangan geser *v*

yang sangat kecil dan tegangan lentur *f* yang sangat dominan yang besarnya hampir mendekati tegangan utama horizontal $f_{t(max)}$. Dalam keadaan retak lentur demikian, beberapa retak halus arah vertikal terjadi di daerah tengah bentang sekitar 50% dari yang diakibatkan oleh beban lentur. Apabila bebannya bertambah terus menerus, retak-retak yang terdapat di tengah bentang juga bertambah, dan retak awal yang sudah terjadi akan semakin lebar dan semakin panjang menuju sumbu netral penampang balok. Hal ini terjadi bersamaan dengan semakin besarnya lendutan di tengah bentang. Jika balok tersebut *under-reinforced* maka keruntuhan ini merupakan keruntuhan yang daktail yang ditandai dahulu dengan lelehnya tulangan tarik. Perilaku daktail ini memberikan peringatan terlebih dahulu kepada pemakai bangunan sebelum terjadinya kehancuran total pada balok (*collapse*). Agar berperilaku daktail, biasanya perbandingan antara bentang geser dengan tinggi penampang harus lebih besar dari 5,5 dalam hal beban terpusat dan melebihi 15 untuk beban terdistribusi.

b. Retak Diagonal (DT)

Keruntuhan ini dapat terjadi apabila kekuatan balok dalam diagonal tarik lebih kecil daripada kekuatan lenturnya. Perbandingan antara bentang geser dengan tinggi penampangnya adalah menengah, yaitu a/d bervariasi antara 2,5 dan 5,5 untuk beban terpusat. Balok demikian disebut balok dengan kelangsingan menengah. Retak-retak mulai terjadi di tengah bentang, arah vertikal, yaitu berupa retak halus, dan diakibatkan oleh lentur. Hal ini diikuti dengan rusaknya lekatan antara baja tulangan dengan beton di sekitarnya, pada perletakan. Maka tanpa adanya peringatan sebelum runtuh dua atau tiga retak diagonal terjadi pada sekitar 1,5d sampai 2d dari muka perletakan. Untuk mencapai kestabilan, satu retak diagonal ini melebar ke dalam retak tarik diagonal utama dan diperlihatkan pada **Gambar 2.1 (b).** Perhatikan bahwa retak lentur tidak menjalar ke sumbu netral pada kegagalan getas, yang hanya memperlihatkan lendutan kecil pada saat terjadi keruntuhan ini.

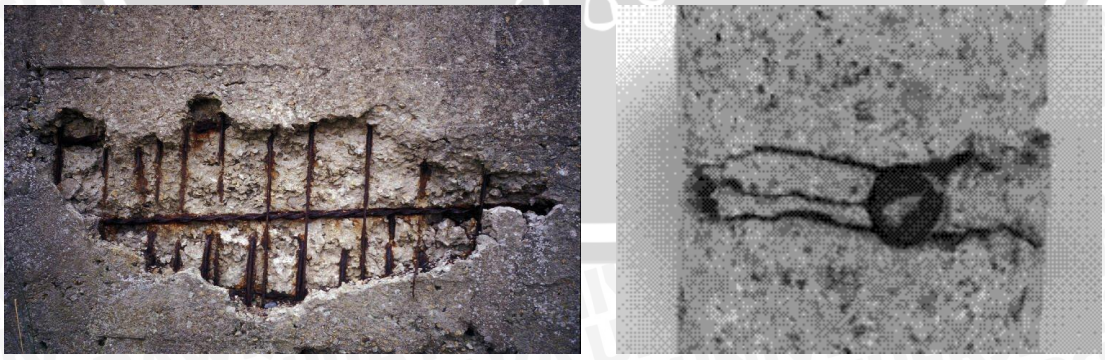
c. Retak Geser (SC)

Balok-balok yang mengalami keruntuhan demikian mempunyai perbandingan antara bentang geser dengan tinggi penampang a/d sebesar 1 sampai 2,5 untuk beban terpusat dan kurang dari 5,0 untuk beban terdistribusi. Seperti pada tarik diagonal, keruntuhan ini dimulai dengan timbulnya retak lentur halus vertikal di tengah bentang dan tidak terus menjalar karena terjadinya kehilangan lekatan antara tulangan membujur

(longitudinal) dengan beton di sekitarnya pada daerah perletakan. Setelah itu diikuti dengan retak miring, yang lebih curam daripada retak diagonal tarik, secara tiba-tiba dan menjalar terus menuju sumbu netral. Kecepatan penjalaran ini semakin berkurang akibat dari hancurnya beton pada tepi tertekan dan terjadinya redistribusi tegangan pada daerah atas. Pada saat bertemunya retak miring ini dengan tepi beton yang tertekan, terjadilah keruntuhan secara tiba-tiba seperti yang diperlihatkan pada **Gambar 2.1 (c)**. Ragam keruntuhan ini dapat dipandang kurang getas dibandingkan dengan ragam keruntuhan tarik diagonal karena adanya redistribusi regangan tadi. Sekalipun demikian keruntuhan yang bersifat getas harus sama sekali dihindarkan karena sifatnya yang tidak ada peringatan terlebih dahulu.

Beton bertulang merupakan material yang tidak homogen, dan kekuatannya di sepanjang bentang merupakan variasi distribusi normal. Karena itu kita tidak dapat memastikan apakah letak diagonal dapat terjadi bersama-sama di kedua ujung perletakan. Dan juga akibat ketidakhomogenan ini, kombinasi yang tumpang tindih antara kegagalan F, DT, dan SC dapat terjadi untuk rasio bentang geser/tinggi yang tumpang tindih. Jika kita memberikan penulangan geser dengan cukup memadai, kegagalan getas batang horizontal ini dapat dihindari, yang hanya menambah sedikit saja harga beton bertulang tersebut.

Jenis kerusakan yang paling banyak ditemui pada komponen beton adalah berupa retak. Retak, bila tidak segera diatasi akan berdampak pada meluasnya kerusakan berupa letupan (*spalling*), pengelupasan (*delaminasi*) dan lain-lain. (Amri, 2006)



(a) (b)

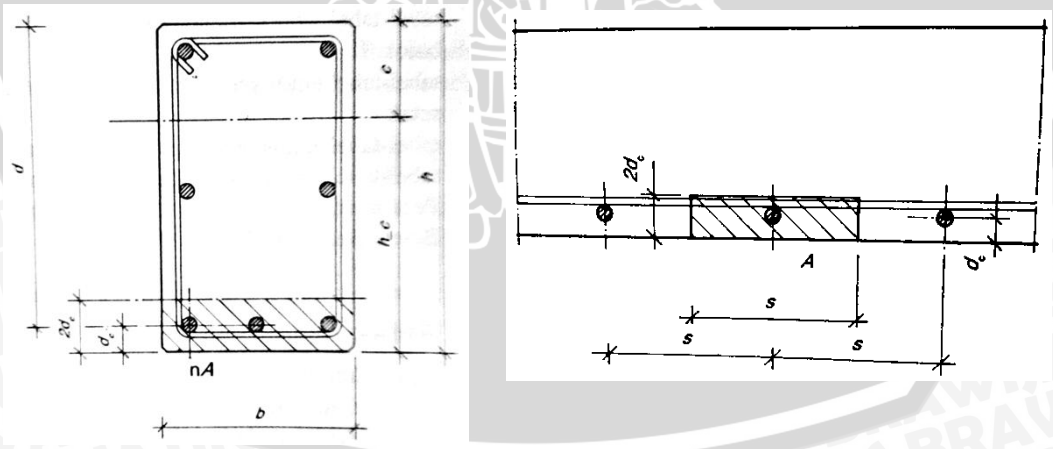
Gambar 2.2 Kerusakan pada beton (a) *spalling* (b) *delaminasi*

(Sumber: (a) http://lauwtjunnji.weebly.com, (b) http://fhwa.dot.gov)

Pada bahan beton kemampuannya terbatas sehingga timbulnya retak akan menimbulkan masalah yang serius. Seperti yang telah diketahui, beton mempunyai cukup kekuatan untuk menahan tekanan akan tetapi kurang kuat menahan gaya tarik. Sehingga komponen struktur beton bertulang cenderung mengalami retak yang tidak bisa dihindarkan di tempat-tempat yang mengalami gaya tarik. Retak pada beton merupakan kontribusi dan awal dari keadaan yang lebih parah lagi yaitu berlangsungnya proses korosi tulangan baja, rusaknya permukaan beton, dan dampak kerusakan jangka panjang lainnya.

Retak pada komponen struktur beton dengan penulangan baja dapat mengakibatkan korosi terhadap baja tulangan tersebut. Karena volume karat lebih dari volume baja semula, lepas. Pengaratan terhadapa baja tulangan tidak hanya mengakibatkan pengecilan penampang tulangan, tetapi penampang betonpun akan mengalami kerusakan. (Sidharta, 1999)

Karena itu suatu hal yang wajar apabila meninjau lebar retak, harus memperhitungkan kemungkinan korosi. Kemungkinan korosi di lingkungan basah jelas lebih besar daripada di lingkungan kering. Dalam pembahasan penutup beton dengan persyaratan untuk lingkungan basah, penutup beton yang lebih tebal dapat diperhitungkan. Faktor terpenting yang mengakibatkan retak adalah regangan dalam baja, yakni tegangan dalam baja.



Gambar 2.3 Potongan penampang balok

(Sumber: Kusuma & Vis, 1997)

Pembatasan retak dapat dicapai dengan membatasi tegangan dalam baja. Lebar retak dapat ditentukan secara eksperimen dengan rumus tertentu:

$$w = 11.\beta.fs.\sqrt[a]{d_c.A} \quad (2\text{-}1)$$

dengan:

w : lebar retak dalam mm x 10^{-6}

β : perbandingan lebar retak pada penampang tak bertulang terhadap lebar retak pada penampang bertulang, mulai dari lubang retak menuju ke garis netral. Ini sama dengan perbandingan antara jarak serta tarik terluar terhadap netral dan jarak dari titik berat tulangan utama terhadap garis netral

$$\beta = \frac{h-c}{d-c} \quad (2\text{-}2)$$

umumnya berlaku untuk nilai β = 1,2 dan untuk lantai β = 1,35

fs : tegangan pada tulangan boleh diambil sebesar fs = 0,6 fy

dc : jarak antara titik berat tulangan utama sampai ke serat tarik terlua

A : penampang potongan tarik efektif berada di sekeliling tulangan, dimana letak dari tulangan sentris terhadap balok tersebut,

(Kusuma, 1997)

Untuk kondisi lingkungan yang berbeda-beda maka lebar retak maskimum pada beton yang diijinkan juga berbeda-beda pula. Lebar retak maksimum pada beton berdasakan Aci *committe* 224 lebih jelasnya dapat dilihat pada **Tabel 2.1**.

Tabel 2.1 Lebar retak yang diijinkan

Kondisi tidak terlindung terhadap lingkungan	Lebar retak maksimum yang diijinkan (mm)
- Udara kering atau selaput pelindung	0,41
- Lembab, udara mengandung air, tanah	0,30
- Air laut dan semburan air laut	0,18
- Basah dan kering, struktur penahan air	0,10

(Sumber:Amri, 2006)

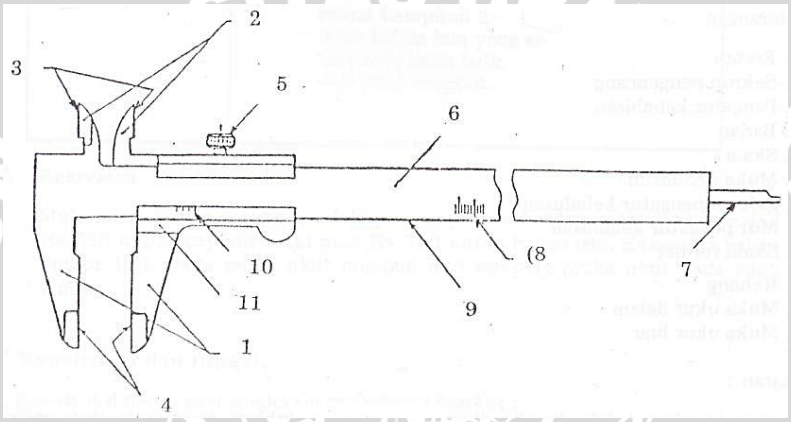
2.2 Jangka Sorong

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)

Jangka sorong dapat diklasifikasikan menjadi dua yaitu jangka sorong tipe M dan jangka sorong tipe CM.

a. Jangka Sorong Tipe M

Jangka sorong tipe M adalah jangka sorong yang mempunyai rahang bebas untuk pengukuran dalam pada rahang pengukuran luar, dengan atau tanpa pengatur kehalusan. untuk jangka sorong yang mempunyai rentang ukur 300 mm dilengkapi dengan bilah pengukur kedalaman untuk pengukuran kedalaman. Tata nama suku jangka sorong tipe M sebagaimana tercantum pada **Gambar 2.4**. (SNI 05 - 3513 – 1994. Jangka Sorong)



Gambar 2.4 Jangka sorong tipe M

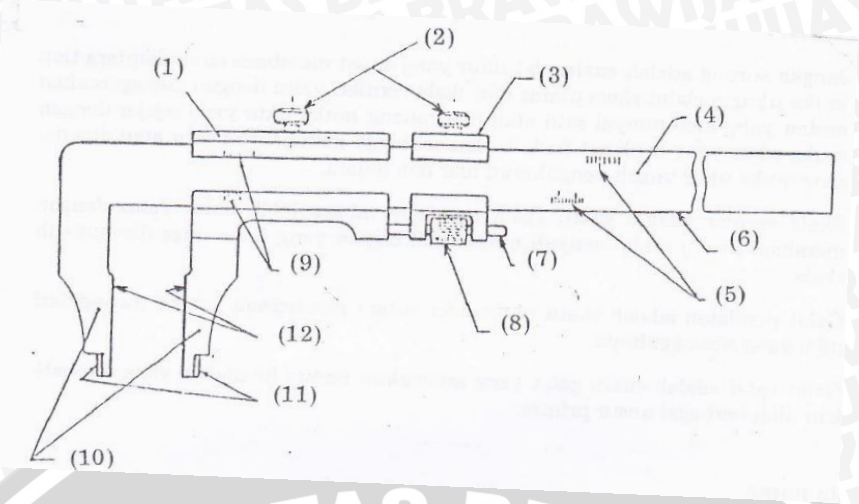
(Sumber: SNI 05 - 3513 – 1994. Jangka Sorong)

Keterangan:

1. Rahang untuk pengukuran luar
2. Rahang untuk pengukuran dalam
3. Muka ukur dalam
4. Muka ukur luar
5. Sekrup pengencang
6. Badan
7. Bilah pengukur kedalaman
8. Skala
9. Muka penuntun
10. Skala vernier
11. Eretan

b. Jangka Sorong Tipe CM

Jangka sorong tipe CM adalah jangka sorong yang mempunyai muka ukur luar dan muka ukur dalam pada rahang yang sama, dengan atau tanpa pengatur kehalusan. Tata nama suku jangka sorong tipe M sebagaimana tercantum pada **Gambar 2.5**. (SNl 05 - 3513 – 1994. Jangka Sorong)



Gambar 2.5 Jangka sorong tipe CM

(Sumber: SNl 05 - 3513 – 1994. Jangka Sorong)

Keterangan:

1. Eretan
2. Sekrup pengencang
3. Pengatur kehalusan
4. Badan
5. Skala
6. Muka penuntun
7. Sekrup pengatur kehalusan
8. Mur pengatur kehalusan
9. Skala vernier
10. Rahang
11. Muka ukur dalam
12. Muka ukur luar

Penelitian ini mengggunakan jangka sorong tipe M *digital*, seperti pada **Gambar 2.6**. Hasil pengukuran dengan jangka sorong dapat dilihat pada layar alat ini.

Gambar 2.6 Jangka sorong tipe M *digital*

2.3 *Microcrack Detector*

Di dunia umum, *microcrack detector* lebih sering disebut dengan nama *pocket microscope. Pocket microscope* adalah seperangkat alat yang benar-benar bermanfaat untuk seseorang yang memiliki ketertarikan pada ilmu pengetahuan, alam, penelitian atau sekedar hanya ingin melihat benda pada kehidupan sehari-hari secara lebih detail dimana membutuhkan kemampuan yang lebih melampaui batas kemampuan melihat oleh mata manusia biasa. *Pocket microscope* jauh lebih mudah untuk digunakan dan dibawa dibandingkan dengan sebuah *desk microscope*. Bagian-bagian yang terdapat pada alat ini lebih jelasnya ditunjukkan pada **Gambar 2.7**. (www.interplayuk.com)

Gambar 2.7 *Microcrack detector*

2.4 *Portable Scanner*

Gambar 2.8 *Portable scanner*

(Sumber: www.alfalink.co.id)

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 2.2**.

Table 2.2 Spesifikasi *portable scanner*

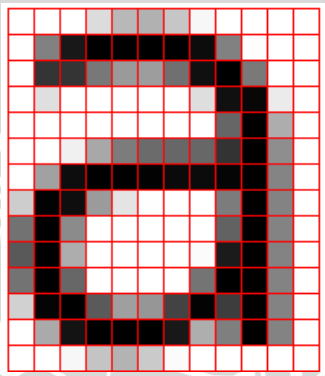
Badan Utama	Dimensi	31,4 x 13,8 x 5 cm	
	Berat	50 gr	
	Layar	LCD 1” (tampilan setelah memindai)	
Sensor	Tipe	*Image Sensor A4 Color Contact*	
	Resolusi	*Low*	300 dpi
		High	600 dpi
		Fine	900 dpi
	Panjang	212 mm	
	Format data	JPEG, PDF	
Kecepatan Pemindaian		*Color*	*Mono*
	Low	3 detik	2 detik
	High	6 detik	6 detik
	Fine	11 detik	9 detik
Perangkat Tambahan	Memori	*Memory Micro SD Card*	
	Baterai	2 x AA Alkaline	

(Sumber: www.alfalink.co.id)

2.5 Resolusi Gambar

Pixel merupakan singkatan dari *picture element*, kadang-kadang disebut juga pel. *Pixel* bisa juga diartikan sebagai satu titik dalam satu grid berbentuk persegi atau juga beribu titik yang secara individual "dilukis" menjadi suatu bentuk *image* yang dihasilkan pada layar komputer atau pada kertas oleh *printer*.

Seperti halnya *bit*, yakni unit informasi terkecil yang bisa diproses oleh komputer, sebuah *pixel*, adalah elemen terkecil dari perangkat keras pencetak atau *display*, seperti *monitor* dan bagi perangkat lunak yang bisa memanipulasi untuk menghasilkan *image* berupa huruf-huruf, angka, atau grafik (Simarmata & Tintin, 2007). Sebagai contoh, huruf "a" sebenarnya dihasilkan dari suatu pola pixel dalam sebuah *grid*, seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 2.9**.



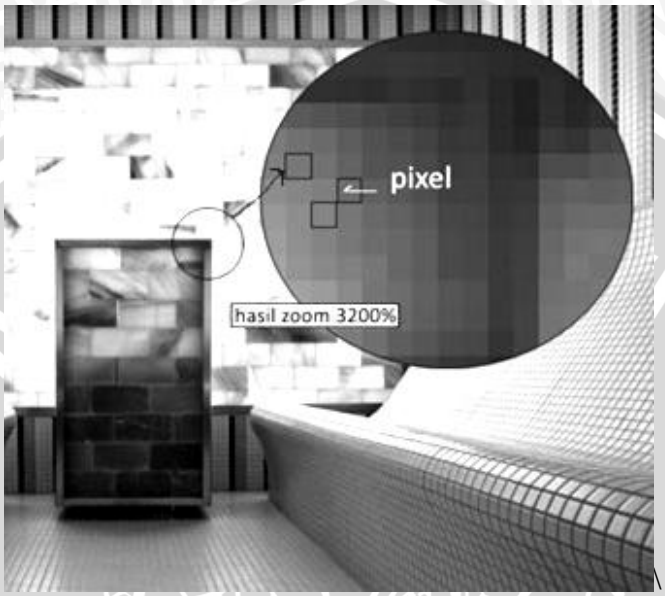
Gambar 2.9 Pola Titik pada huruf a

(Sumber: http://awangcs.wordpress.com/category/riset/)

Sebuah *image* juga bisa direpresentasikan ke dalam lebih dari dua warna sebagai contoh adalah gradasi warna abu-abu. Jika sebuah *pixel* hanya memiliki dua nilai (biasanya berupa warna hitam atau putih), *pixel* tersebut bisa di-*encode* menggunakan informasi 1 *bit*. Jika lebih dari dua warna, maka diperlukan 2 *bit* untuk merepresentasikan sebuah *pixel*. *Range* warna yang banyak atau empat warna yang berbeda berupa warna keabuan bisa direpresentasikan dengan 2 *bit*, 4 *bit* untuk enam belas warna disebut *bit map*, dan sebuah *image* yang memiliki lebih dari dua warna disebut *pixel map.* (Simarmata & Tintin, 2007)

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 2.10**.



Gambar 2.10 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. Untuk alasan tersebut, 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. *Grid* dari *pixels* itu disebut bitmap. (Simarmata & Tintin, 2007)

Grid merupakan garis-garis vertikal dan horisontal pada *image* yang saling berpotongan sehingga membentuk area segi empat di permukaan *image*. *Image* terbentuk dari sebuah kotak kecil yang disebut *pixel*. Satu *pixel* hanya satu warna. *Pixel-pixel* tersebut tersusun dalam posisi-posisi tertentu sehingga membentuk suatu *image*. (Swastika, 2006)

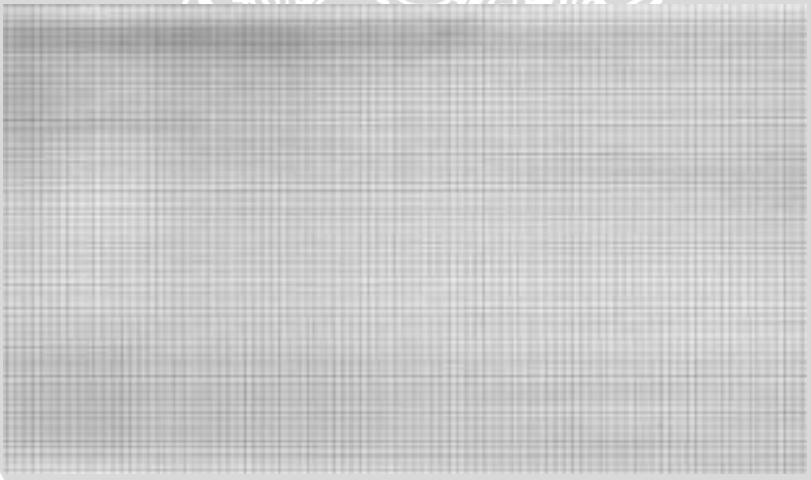
2.6 Kalibrasi Pengukuran

Kalibrasi atau peneraan (*calibration*) instrumen sangat penting, karena memungkinkan kita memeriksa instrumen 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 2.11**. Permukaan milimeter tersebut dipindai dengan menggunakan *portable scanner*. Jarak antara masing-masing titik pada arah pemindaian dilihat dari gambar pemindaian, sedangkan tingkat akurasinya dibandingkan dengan ukuran yang sebenarnya. (Zacoeb, 2010)

Dengan menggunakan resolusi pemindaian sebesar 300 dpi, 600 dpi dan 900 dpi, panjang lembar grid dihitung per mm. Secara perhitungan manual didapatkan hasil sebagai berikut:

- 300 dpi $\rightarrow$ 1 *pixel* = 0,084 mm
- 600 dpi $\rightarrow$ 1 *pixel* = 0,042 mm
- 900 dpi $\rightarrow$ 1 *pixel* = 0,028 mm



Gambar 2.11 Hasil pemindaian kertas milimeter
(Sumber: Zacoeb, 2010)

2.7 Hipotesis Penelitian

Berdasarkan teori yang telah disampaikan maka dapat diambil hipotesis:

1. Terdapat perbedaan tingkat akurasi dalam pengukuran lebar retak permukaan dengan menggunakan *portable scanner*.
2. Terdapat pengaruh variasi resolusi pemindaian pada pengukuran lebar retak permukaan beton terhadap akurasi *portable scanner*.