BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Cacat Retak

Sejalan dengan perkembangan pesat ilmu pengetahuan dan teknologi, maka semakin banyak dan intensif pula penggunaan bahan-bahan kuat tinggu di dunia struktur bangunan, dalam hal ini termasuk penggunaan bahan baja dan tulangan. Apabila komponen struktur terlentur penulangannya menggunakan baja kuat tinggi, agar mencapai tegangan tinggi diperlukan kemampuan regangan lebih besar pula baik baja maupun beton. Bahan beton kemampuannya terbatas sehingga timbulnya retak akan menimbulkan masalah. Seperti 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. Oleh karena itu pengetahuan perilaku retak dan pengendalian lebar retak khususnya retak lentur perlu mendapat perhatian secukupnya. **Tabel 2.1** menunjukkan lebar retak maksimum yang diijinkan menurut kondisi tidak terlindung terhadap lingkungan. Dengan demikian maka prakiraan lebar retak merupakan hal penting dalam memperhitungkan kemampuan kelayanan komponen struktur untuk kondisi pembebanan jangka panjang. (Sidharta, 1999)

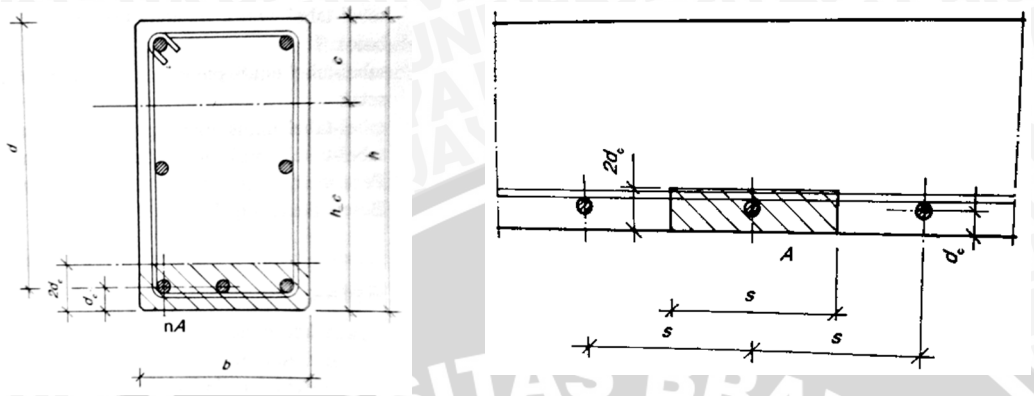
Tabel 2.1 Lebar retak yang diijinkan berdasarkan ACI

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)

Retak pada komponen struktur dengan penulangan dapat mengakibatkan korosi terhadap baja tulangan. Karena volume karat lebih dari volume baja semula, lepas.

Pengaratan tidak hanya mengakibatkan pengecilan penampang tulangan, tetapi penampang beton pun dapat rusak. (Sidharta, 1999)



Gambar 2.1 Menentukan lebar retak

(Sumber: Kusuma & Vis, 1997)

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

$$w = 11.\beta.f_s.\sqrt[3]{d_c.A} \qquad (2\text{-}1)$$

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

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

umumnya berlaku untuk nilai β = 1,2 dan untuk lantai β = 1,35, dengan notasi sesuai **Gambar 2.1**, dengan:

f_s :tegangan pada tulangan boleh diambil sebesar $f_s = 0{,}6\ f_y$

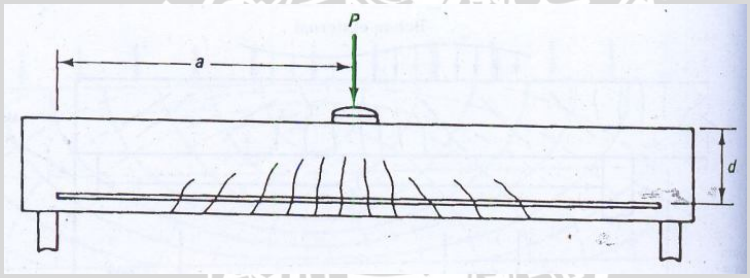
d_c :jarak antara titik berat tulangan utama sampai ke serat tarik terluar

A :penampang potongan tarik efektif berada di sekeliling tulangan, dimana letak dari tulangan sentris terhadap balok tersebut.
(Kusuma & Vis, 1997)

Pada dasarnya dapat terjadi tiga ragam retak, yaitu:

a. Retak Lentur (F)

Pada daerah yang mengalami retak lentur, retak utama terjadi pada sepertiga tengah bentang dan tegak lurus terhadap arah tegangan utama. Retak-retak ini diakibatkan oleh tegangan geser *v* yang sangat kecil dan tegangan lentur *f* yang sangat dominan. Dalam keadaan runtuh lentur, beberapa retak halus berarah vertikal terjadi di daerah tengah bentang sekitar 50% dari yang diakibatkan oleh beban lentur. Apabila bebannya bertambah terus, retak-retak di tengah bentang bertambah dan retak awal yang sudah terjadi akan semakin lebar dan semakin panjang menuju sumbu netral penampang. Hal ini bersamaan dengan semakin besarnya lendutan di tengah bentang. Jika balok tersebut *under-reinforced* maka retak ini merupakan retak yang daktail yang ditandai dahulu dengan lelehnya tulangan tarik. Perilaku daktail ini memberikan terlebih dahulu kepada pemakai bangunan sebelum terjadinya kehancuran total balok (*collapse*). (Nawy, 2008)

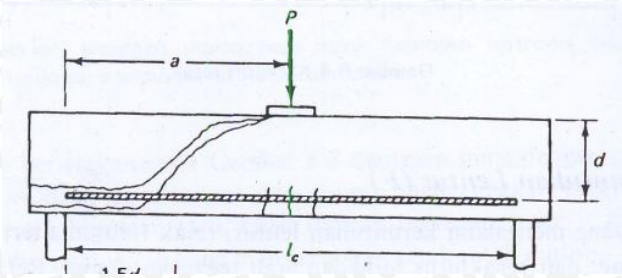


Gambar 2.2 Retak lentur

(Sumber: Nawy, 2008)

b. Retak Tarik Diagonal (DT)

Retak ini terjadi apabila kekuatan balok dalam diagonal tarik lebih kecil daripada kekuatan lenturnya. Retak-retak mulai terjadi di tengah bentang, berarah vertikal yaitu berupa retak halus dan diakibatkan oleh lentur. Hal ini diikuti dengan rusaknya lekatan antara baja tulangan dengan beton di sekitarnya, pada perletakan. Untuk mencapai kestabilan, satu retak diagonal ini melebar ke dalam retak tarik diagonal utama dan diperlihatkan pada **Gambar 2.3.** (Nawy, 2008)

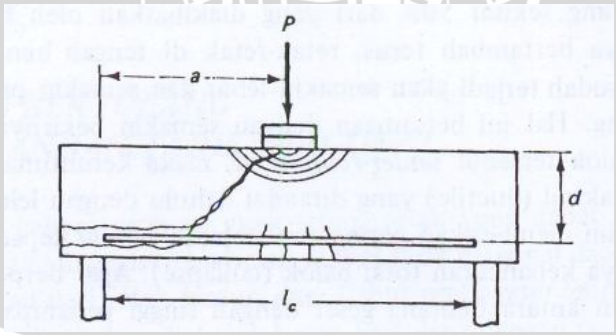


Gambar 2.3 Retak tarik diagonal

(Sumber: Nawy, 2008)

c. Retak Tekan Geser (SC)

Seperti pada tarik diagonal, retak ini dimulai dengan timbulnya retak-lentur-halus-vertikal di tengah bentang dan tidak terus menjalar karena terjadinya kehilangan lekatan antara tulangan membujur 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 retak secara tiba-tiba seperti yang diperlihatkan pada **Gambar 2.4**. Ragam retak ini dapat dipandang kurang getas dibandingkan dengan ragam retak tarik diagonal karena adanya redistribusi regangan tadi. Sekalipun demikian retak yang bersifat getas harus sama sekali dihindarkan karena sifatnya yang tidak ada peringatan terlebih dahulu. (Nawy, 2008)



Gambar 2.4 Retak tekan geser

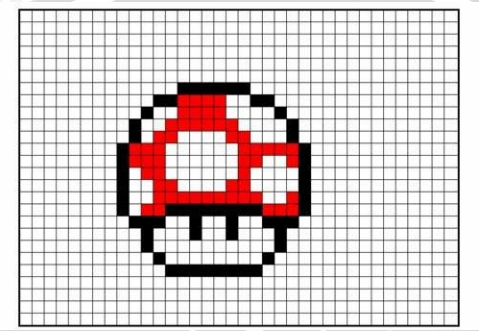
(Sumber: Nawy, 2008)

2.2 Resolusi Gambar

Pixel merupakan singkatan dari *picture element*, dalam beberapa kesempatan juga disebut sebagai 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. Sebagai contoh, **Gambar 2.5** sebenarnya dihasilkan dari suatu pola pixel dalam sebuah *grid*.



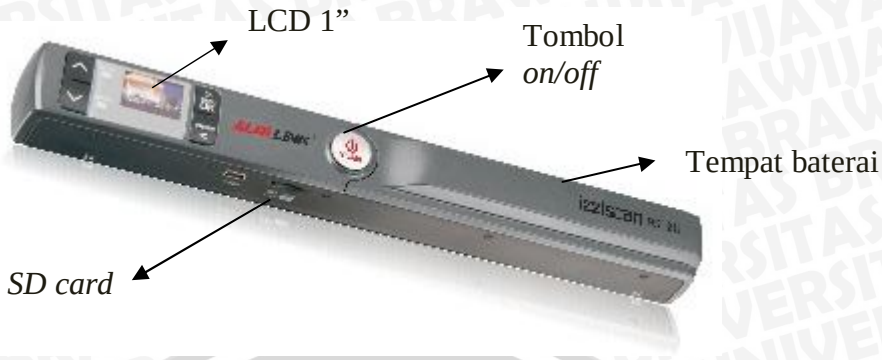
Gambar 2.5 Gambar yang tersusun dari pixel-pixel
(Sumber: http://img.wonderhowto.com/)

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. 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 & Chandra, 2007)

2.3 *Portable Scanner*

Portable scanner dapat digunakan untuk mengambil gambar retak yang terlihat pada permukaan beton yang terlihat. Alat ini memiliki berbagai keunggulan yang dapat dimanfaatkan (Zacoeb, 2010). Lebih jelasnya pada **Tabel 2.2**.



Gambar 2.6 *Portable scanner*

(Sumber: http://alfalink.co.id/product-detail/)

Portable scanner memiliki spesifikasi sebagai berikut:

Table 2.2 Spesifikasi *portable scanner*

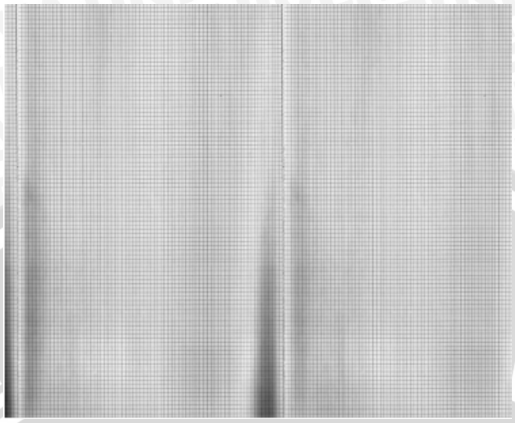
Bentuk Utama	Dimensi	31,4 x 13,8 x 5 cm	
	Berat	50 gr	
	Layar	LCD 1” (tampilan setelah memindai)	
Sensor	Tipe	Image Sensor A4 Color Contact	
	Resolusi	Low	300 dpi
		High	600 dpi
		Fine	900 dpi
	Panjang	212 mm	
	Format data	JPEG, PDF	
Kecepatan Pemindaian		Color	Mono
	Low	3 detik	2 detik
	High	6 detik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

(Sumber: http://alfalink.co.id/product-detail/)

2.3.1 Kalibrasi

Ketepatan pemabacaan gambar dilakukan dengan cara memindai selembar kertas milimeter. Permukaan kertas milimeter tersebut di-*scan* dengan menggunakan *portable scanner*, dan gambar pemindaian yang diperoleh ditunjukkan pada **Gambar**

2.6. Kemudian dibuat dua titik untuk mewakili gambar serta dihitung jarak antara kedua titik tersebut lalu dibandingkan dengan ukuran yang sebenarnya untuk melihat akurasinya (Zacoeb, 2010).



Gambar 2.7 Hasil pemindaian kertas milimeter *block*

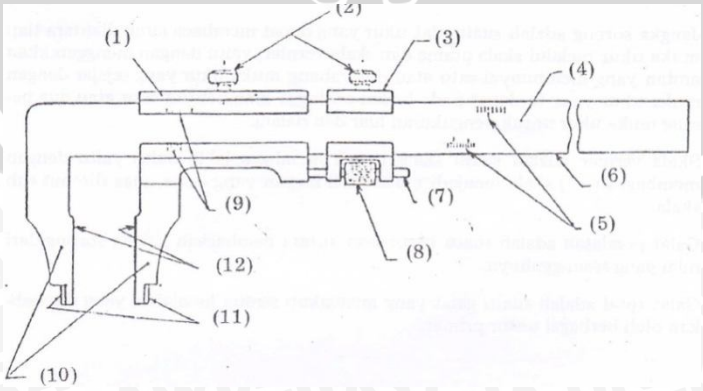
(Sumber: Zacoeb, 2010)

2.4 Jangka Sorong

Berdasarkan SNI 05-3513-1994, 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.

Jangka sorong dapat diklasifikasikan menjadi:

a. 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.

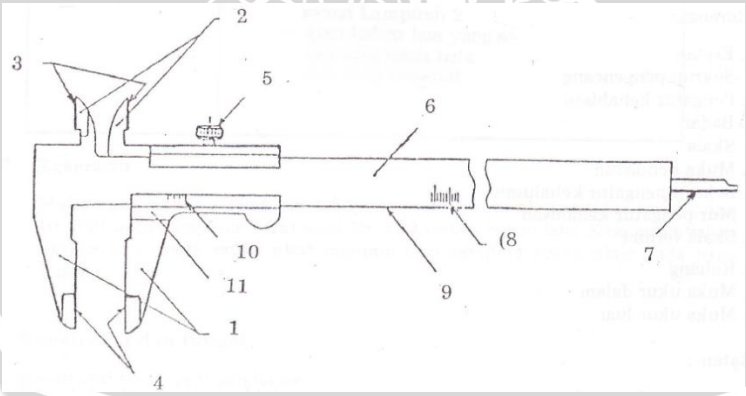


Gambar 2.8 Jangka sorong tipe CM

(Sumber: SNI 05-3513-1994)

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

a. 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. Jangka sorong tipe M yang mempunyai pengatur kehalusan, memiliki 5 rentang ukur yaitu 130 mm, 180 mm, 280 mm, 600 mm dan 1000 mm.



Gambar 2.9 Jangka sorong tipe M

(Sumber: SNI 05-3513-1994)

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

Penelitian ini menggunakan jangka sorong tipe M namun dengan pembacaan *digital*, seperti pada **Gambar 2.10**. Nilai lebar retak akan ditunjukkan di layar jika rahang digeser membuka.

Gambar 2.10 Jangka sorong M *digital*

2.5 *Microcrack Detector*

Di dunia umum, *microcrack detecteor* 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.*

Pada pelaksanaan pengukuran retak di lapangan, *pocket microscope* seringkali disebut dengan crack detector atau microcrack detector. Pada penelitian ini digunakan *microcrack detector* WF 10X seperti pada **Gambar 2.11**.

Gambar 2.11 *microcrack detector* yang dipakai

2.6 Ketelitian, Ketepatan, dan Kalibrasi

Ketelitian (*accuracy*) instrumen menunjukkan deviasi atau penyimpangan (*deviation*) terhadap masukan yang diketahui. Ketelitian biasanya dinyatakan dalam perentase bacaan skala penuh. Ketepatan atau presisi (*precision*) suatu instrumen menunjukkan kemampuan instrumen menghasilkan kembali bacaan tertentu dengan ketelitian yang diketahui. Kalibrasi atau peneraan (*calibration*) instrumen sangat penting, karena memungkinkan kita memeriksa instrumen terhadap standar yang diketahui, untuk selanjutnya mengurangi kesalahan dalam ketelitiannya. Pentingnya kalibrasi tidak dapat lebih ditekankan lagi karena kalibrasilah yang menyatakan dengan mantap ketelitian instrument itu. Bacaan instrumen tidak diterima begitu saja, sebaiknya dilakukan dulu pengecekan sederhana untuk memastikan validitas (kesahihan) pengukuran. Bahkan spesifikasi pabrik pembuat alat, maupun hasil kalibrasinya tidak boleh diterima begitu saja. Kebanyakan pabrik pembuat instrumen memang dapat dipercaya; tetapi tidak semuanya demikian. (Holman & Jasjifi, 1979)

2.7 Hipotesa Penelitian

Berdasarkan teori yang telah disampaikan maka dapat diambil hipotesa bahwa:

1. Terdapat pengaruh pembacaan lebar retak pada permukaan beton dengan variasi posisi pemindaian pada *portable scanner*.
2. Terdapat perbedaan tingkat akurasi hasil pembacaan lebar retak permukaan dengan menggunakan *portable scanner*.

BAB III
METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Struktur dan Bahan Konstruksi Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang. Penelitian dilakukan mulai Mei 2014 sampai dengan Juni 2014.

3.2 Alat Penelitian

Alat yang digunakan pada penelitian ini meliputi:

- *Portable Scanner* Alfalink izziscan AS 1210
- *Microcrack detector* dengan pengukuran maksimum 4 mm minimum 0,02 mm
- Seperangkat PC/Laptop
- Kertas millimeter
- Jangka sorong *digital* tipe M

3.3 Bahan Penelitian

Sedangkan bahan penelitian yang digunakan pada penelitian ini meliputi:

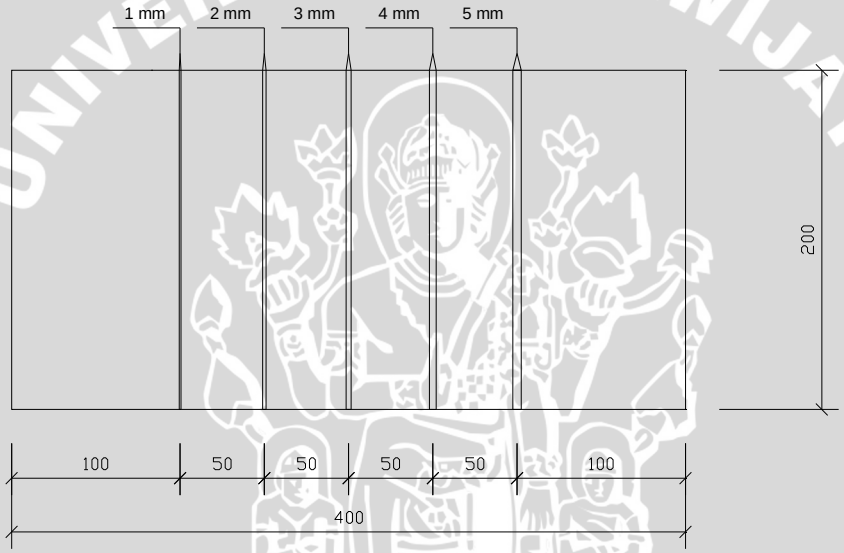
- *Portland cement*
- Agregat kasar dan halus
- Air
- Kayu untuk bekisting
- Akrilik dan mika

3.4 Rancangan Benda Uji

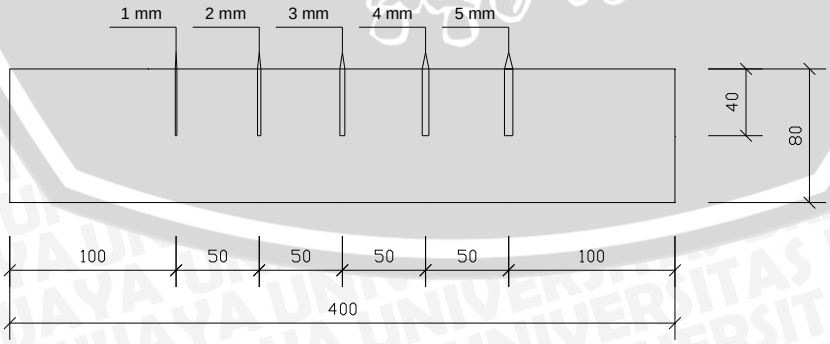
a. Persiapan alat dan bahan yang diperlukan
b. Perencanaan dan pencampuran beton
c. Pembuatan bekisting sesuai dengan ukuran seperti pada **Gambar 3.1** dan jumlah benda uji yang direncanakan

Gambar 3.1 Bekisting benda uji

d. Pembuatan retak buatan dicetak dengan diberi penyekat dari mika plastik untuk lebar retak buatan 1 mm, untuk lebar 2 mm sampai dengan 5 mm digunakan akrilik. Masing-masing pada posisi yang ditentukan.
e. Pengecoran dilakukan pada sisi bawah beton benda uji agar permukaan yang mengalami retak buatan rata.
f. Benda uji dibiarkan mengeras selama 24 jam setelah pengecoran kemudian bekisting dilepas
g. Kurang lebih 3 minggu setelah pengecoran penyekat retak buatan dilepas satu persatu
h. Rancangan benda uji yang digunakan pada **Gambar 3.2** dan **Gambar 3.3**



Gambar 3.2 Benda uji tampak atas



Gambar 3.3 Benda uji potongan a-a

3.5 Rancangan Penelitian

Kalibrasi gambar dilakukan di awal kegiatan dengan memindai gambar millimeter *block*. Kalibrasi dilakukan pada masing-masing posisi, sehingga total keseluruhan akan diperoleh tiga kalibrasi. Benda uji berupa tiga buah beton yang masing-masingnya telah dibuatkan retak buatan dengan lebar 1 mm, 2 mm, 3 mm, 4 mm, dan 5 mm. Benda uji juga akan diberikan garis bantu untuk menentukan lokasi dimana retak yang akan ditinjau. Terdapat tiga garis bantu yang akan digunakan, masing-masing a, b, dan c. Setiap beton akan di-*scan* sebanyak tiga kali untuk masing-masing posisi. Posisi pertama saat beton diletakkan dalam posisi tidur, retak berada di permukaan atas beton sehingga *scanning* dilakukan di permukaan bagian atas. Posisi kedua sama seperti posisi pertama namun retak berada di permukaan bawah sehingga *scanning* dilakukan di permukaan bawah. Posisi ketiga beton diberdirikan, *scanning* dilakukan mengikuti dimana letak retak beton. *Scanning* dilakukan dari arah kiri ke kanan.

Gambar 3.4 Posisi 1 benda uji

Gambar 3.5 Posisi 2 benda uji

Gambar 3.6 Posisi 3 benda uji

Kemudian dari gambar-gambar hasil pemindaian dilakukan pembacaan lebar retak permukaan beton dengan bantuan *software* pengolah gambar. Resolusi gambar untuk penelitian ini adalah 600 dpi. Lebar retak yang terbaca ditulis pada **Tabel 3.1**.

Tabel 3.1 Rancangan penelitian beton

Benda Uji	Lebar (mm)	Pengukuran Lebar Retak Permukaan Beton														
		Microcrack Detector			Jangka Sorong			*Portable Scanner*								
								Posisi A			Posisi S			Posisi B		
		a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c
1	1															
	2															
	3															
	4															
	5															
2	1															
	2															
	3															
	4															
	5															
3	1															
	2															
	3															
	4															
	5															

Melalui **Tabel 3.1** dapat dibuat grafik hubungan antara data pengukuran lebar beton menggunakan *microcrack detector* dan jangka sorong dengan *portable scanner*. Dari **Tabel 3.1** juga dapat dihitung kesalahan relatif dari penggunaan *portable scanner* sebagai alat untuk mengukur lebar retak permukaan beton dibandingkan dengan nilai mutlaknya yang didapat dari pengukuran dengan menggunakan jangka sorong.

3.6 Variabel Penelitian

Variabel penelitian yang akan diukur adalah sebagai berikut:

a. Variabel bebas (*independent variable*), yaitu variabel yang bebas ditentukan oleh peneliti. Dalam penelitian ini, yang menjadi variabel bebasnya adalah lebar retak permukaan aktual dan posisi pemindaian *portable scanner*.
b. Variabel terikat, adalah variabel yang nilainya tergantung dari variabel bebas. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah pengukuran lebar retak permukaan beton menggunakan jangka sorong, *microcrack detector* dan *portable scanner*.

3.7 Metode Pengumpulan Data

a. Pengukuran lebar aktual

Ketiga benda uji diletakkan secara horizontal dengan retak buatan berada di permukaan atas. Masing-masing retak buatan pada sepanjang garis bantu diukur lebarnya menggunakan *microcrack detector* untuk lebar 1 mm sampai 3 mm dan jangka sorong untuk lebar 1 mm sampai dengan 5 mm, kemudian dicatat dalam tabel. Pengukuran yang sama dilakukan untuk ketiga benda uji.

b. Pengukuran dengan *portable scanner*

Ketiga benda uji diletakkan secara horizontal dengan retak buatan berada di permukaan atas. Masing-masing permukaan benda uji dipindai menggunakan *portable scanner*. Gambar hasil pemindaiannya dimasukkan ke dalam komputer kemudian dibuka dengan perangkat lunak pengolah gambar. Melalui perangkat lunak tersebut dapat diukur lebar retak dengan melihat selisih pixel yang dikonversikan ke dalam satuan milimeter. Hasil pengukuran dicatat dalam tabel. Pengukuran yang sama dilakukan untuk ketiga benda uji dengan menyesuaikan posisi seperti dijelaskan pada rancangan penelitian.

3.8 Pengolahan Data

Setelah data-data diperoleh, maka dilanjutkan dengan analisa secara statistik yang bertujuan mengetahui bagaimana pengaruh posisi pemindaian *portable scanner* terhadap akurasi alat uji. Adapun proses analisisnya sebagai berikut:

a. Kesalahan Relatif

Untuk mengetahui kesalahan relatif maka nilai kesalahan absolut harus dicari terlebih dahulu. Kesalahan absolut atau *error* diperoleh dari hubungan nilai yang sebenarnya dan nilai pendekatan pada persamaan:

$$e = x - x^* \quad (3\text{-}1)$$

$$Ka = | x - x^* | \quad (3\text{-}2)$$

dengan:

e : kesalahan
Ka : kesalahan absolut
x : nilai yang sebenarnya (nilai dari jangka sorong dan *microcrack detector*)
x^* : nilai pendekatan (nilai dari *portable scanner*)

Untuk memperoleh kesalahan pada tingkat yang lebih baik maka digunakan kesalahan relatif. Kesalahan relatif dicari dengan membandingkan nilai kesalahan absolut dan nilai sebenarnya.

$$Kr = \frac{Ka}{x} \times 100\% \quad (3\text{-}3)$$

dengan:

Ka : kesalahan absolut
Kr : kesalahan relatif dalam bentuk prosentase

b. Uji Hipotesa

Pengolahan data yang dipakai untuk uji hipotesa adalah analisa data secara statistik. Data yang diperoleh dari penelitian adalah lebar retak buatan dengan *portable scanner* dan jangka sorong.

Pengujian hipotesa dilakukan dengan uji F satu arah. Pengujian hipotesis bertujuan untuk mengetahui perbedaan hasil pengukuran lebar retak buatan menggunakan *portable scanner* dan jangka sorong dengan variasi posisi pemindaian. Hipotesa ditulis sebagai berikut:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_n \quad (3\text{-}4)$$

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_n \quad (3\text{-}5)$$

Keterangan:
H_0 : hipotesis nol yang menyatakan bahwa tidak terdapat perbedaan hasil pengukuran lebar retak menggunakan *portable scanner* dengan variasi posisi pemindaian
H_1 : hipotesis alternatif yang menyatakan bahwa terdapat perbedaan hasil pengukuran lebar retak menggunakan *portable scanner* dengan variasi posisi pemindaian
μ_n : data pengukuran lebar retak dengan *portable scanner* dengan variasi posisi pemindaian

Pengujian varian satu arah dianalisa dengan membandingkan F_{hitung} dan F_{tabel}. Apabila $F_{hitung} > F_{tabel}$ maka H_0 ditolak, jika $F_{hitung} < F_{tabel}$ maka H_0 diterima.

F_{tabel} didapatkan dari tabel F sesuai dengan nilai α dan derajat kebebasan. Nilai α yang digunakan pada pengolahan data penelitian ini adalah 0,05. F_{hitung} diperoleh dari *varian between mean* yang dibagi dengan *varian within group* dalam kelompok.

$$\textit{Varian between mean} = \frac{n \sum_{j=1}^{k} (\bar{x}_i - \bar{x})^2}{K-1} \quad (3\text{-}6)$$

$$\textit{Varian within group} = \frac{\sum_{j=1}^{n} \sum_{j=1}^{k} (\bar{x}_i - \bar{x})^2}{K(n-1)} \quad (3\text{-}7)$$

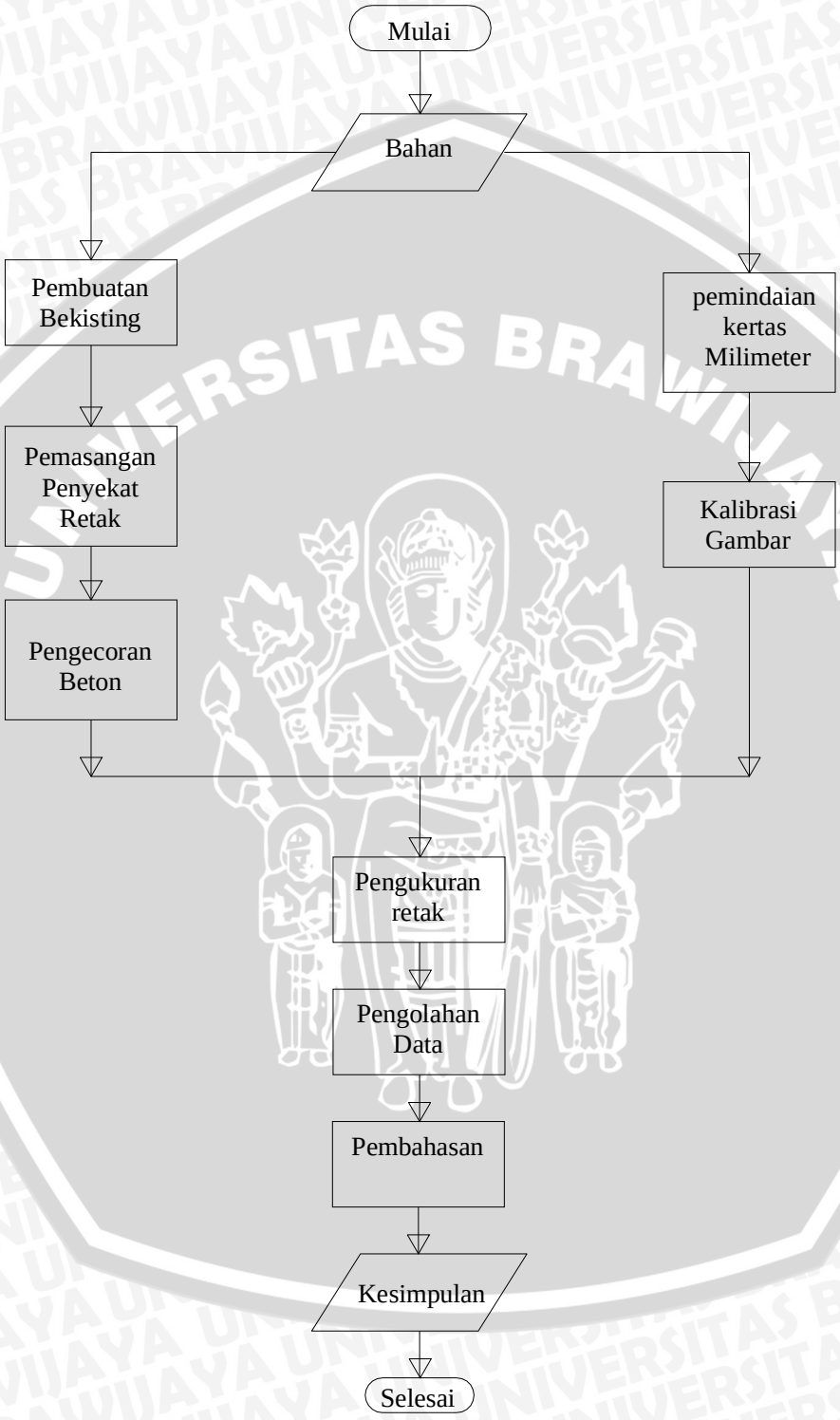
$$F_{hitung} = \frac{varian\ between\ mean}{varian\ within\ group} \quad (3\text{-}8)$$

dengan:

n : banyak pengamatan
K : banyak sampel
i : 1, 2, 3,…n
j : 1, 2, 3,…K
x_j : nilai rata-rata sampel ke-j
x_{ij} : nilai pengamatan sampel ke-i sampel ke-j
K-1 : derajat bebas dari *varian between mean*
K(n-1) : derajat bebas dari *varian within group*

3.9 Diagram Alir Penelitian

Penelitian dilakukan dengan alur pada **Gambar 3.7**



Gambar 3.7 Diagram alir penelitian