

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Beton

2.1.1 Pengertian Beton

Beton didefinisikan sebagai campuran antara semen portland atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar, dan air dengan atau tanpa bahan tambah membentuk massa padat (SNI 03-2834-2000). Tetapi belakangan ini definisi beton sudah semakin luas, yaitu beton adalah bahan yang terbuat dari berbagai tipe semen, agregat dan juga bahan *pozzolan*, abu terbang, sulfur dan lain-lain (Neville, A.M., dan J.J. Brooks, 1987).

Seiring dengan penambahan umur, beton akan semakin mengeras dan akan mencapai kekuatan rencana (f^c) pada usia 28 hari. Kecepatan kekuatan beton ini sangat dipengaruhi pada faktor air semen (FAS) dan suhu selama perawatan. Salah satu kinerja beton yang sering diperhatikan adalah kekuatan lentur. Kuat lentur adalah nilai tegangan tarik yang dihasilkan dari momen lentur dibagi dengan momen penahan penampang balok uji (SNI 03-4154-1996).

Fungsi dari masing-masing komponen pada pembuatan beton adalah:

1. Semen sebagai bahan pengikat dengan komposisi didalam beton sebanyak 15-20% dari volume beton.
2. Air sebagai pereaksi bagi semen agar dapat mengikat agregat. Banyaknya penggunaan air dibandingkan dengan volume beton berkisar 8-10%.
3. Agregat sebagai bahan pengisi rongga-rongga dalam beton dengan jumlah 60-70% dari volume beton.
4. Bahan tambah sebagai pemberi/pengubah sifat tertentu pada beton.

Adapun keuntungan dan kerugian dari penggunaan beton diantaranya adalah sebagai berikut.

Keuntungan:

1. Ekonomis (bahan dasar mudah diperoleh dan ditemukan).
2. Mampu menahan gaya tekan dengan baik, serta mempunyai sifat tahan terhadap korosi dan pembusukan oleh kondisi lingkungan.

3. Beton segar dapat dengan mudah dicetak sesuai dengan keinginan dan kebutuhan.
4. Beton tahan aus dan tahan terbakar api, sehingga perawatannya lebih murah.

Kerugian:

1. Beton tidak mampu menahan gaya tarik, sehingga mudah retak.
2. Beton sukar diubah bentuknya bila sudah mengeras.
3. Biaya pembuatannya lebih mahal.
4. Pembuatannya membutuhkan tenaga ahli.

2.1.2 Klasifikasi Beton

Klasifikasi beton dapat dikelompokkan menjadi beberapa kategori yaitu berdasarkan berat jenis, kelas, mutu, tingkat kekerasan, teknik pembuatan dan berdasarkan tegangan.

a. Klasifikasi Berdasarkan Berat Jenis Beton (SNI 03-2847-2002)

- Beton ringan : berat satuan $\leq 1.900 \text{ kg/m}^3$
- Beton normal : berat satuan $2.200 \text{ kg/m}^3 - 2.500 \text{ kg/m}^3$
- Beton berat : berat satuan $> 2.500 \text{ kg/m}^3$

b. Klasifikasi Berdasarkan Tingkat Kekerasan Beton

- Beton segar : Masih dapat dikerjakan
- Beton hijau : Beton yang baru saja dituangkan dan segera harus dipadatkan.
- Beton muda : 3 hari < 28 hari
- Beton keras : Umur > 28 hari

c. Klasifikasi Berdasarkan Mutu Beton

Tabel 2.1 Mutu Beton dan Penggunaan

Jenis Beton	f_c' (Mpa)	σ_{bk}' (kg/cm ²)	Uraian
Mutu Tinggi	35 – 65	K400 – K800	Umumnya digunakan untuk beton prategang seperti tiang pancang beton prategang, pekat beton prategang dan sejenisnya.
Mutu Sedang	20 - < 35	K250 – < K400	Umumnya digunakan untuk beton bertulang seperti pelat lantai jembatan, gelagar, beton bertulang, diafragma, kerb beton pracetak, gorong-gorong beton bertulang, bangunan bawah jembatan.
Mutu Rendah	15 - < 20	K175 – < K250	Umumnya digunakan untuk struktur beton tanpa tulangan seperti siklop, trotoar dan pasangan batu kosong yang diisi adukan, pasangan batu.
	10 - < 15	K125 - < K175	Digunakan sebagai lantai kerja penimbunan kembali dengan beton.

(Sumber : Puslitbang Prasarana Transportasi, Divisi 7 - 2005)

d. Klasifikasi Berdasarkan Teknik Pembuatan Beton

- Beton *cast in-situ*, yaitu beton yang dicor di tempat, dengan cetakan atau acuan yang dipasang di lokasi elemen struktur pada bangunan atau gedung atau infrastruktur.
- Beton *pre-cast*, yaitu beton yang dicor di lokasi pabrikasi khusus, dan kemudian diangkut dan dirangkai untuk dipasang di lokasi elemen struktur pada bangunan atau gedung atau infrastruktur.

e. Klasifikasi Berdasarkan Tegangan Beton (Beton Pra-tegang)

- Beton konvensional, adalah beton normal yang tidak mengalami pemberian tegangan.
- Beton *pre-stressed*, disebut juga metode pra-tarik. Pemberian tegangan dilakukan ketika beton belum dicor dan mengeras.
- Beton *post-tensioned*, disebut juga metode pasca tarik. Pemberian tegangan dilakukan ketika beton sudah mengeras.

2.1.3 Syarat-syarat Campuran Beton

Tujuan dari perencanaan campuran beton adalah untuk menentukan proporsi semen, agregat halus, agregat kasar dan air yang memenuhi persyaratan sebagai berikut:

- a. Kekuatan Desak: Kekuatan desak yang dicapai pada umur beton 28 hari harus memenuhi persyaratan yang diberikan oleh perencana persyaratan menurut karakteristik umum beton yang direncanakan.
- b. *Workability*: Untuk memenuhi *workability* yang cukup guna pengangkutan, pencetakan dan pemadatan beton sepenuhnya dengan peralatan yang tersedia dalam pengerjaan pembentukan beton yang diinginkan.
- c. *Durability*: *Durability* atau sifat awet berhubungan dengan kekuatan desak. Semakin besar kekuatan desak maka semakin awet betonnya.
- d. Penyelesaian akhir dari permukaan beton: Kohesi yang kurang baik merupakan salah satu sebab penyelesaian akhir yang kurang baik apabila

beton dicetak pada acuan tegak, seperti goresan pasir dan variasi warna dapat juga mendatangkan kesukaran di dalam menambal bidang horizontal menjadi suatu penyelesaian akhir yang harus padat.

2.2 Bahan-bahan Campuran Beton

2.2.1 Semen

Semen merupakan bubuk halus yang diperoleh dengan menggiling klinker (yang didapat dari pembakaran suatu campuran yang baik dan merata antara kapur dan bahan-bahan yang mencampur silika, alumina dan oxid besi), dengan batu gips sebagai bahan tambah dalam jumlah yang cukup. Bubuk halus ini bila dicampur dengan air, selang beberapa waktu dapat menjadi keras dan digunakan sebagai bahan ikat hidrolis. (Kardiyono,1989).

Komposisi kimia semen portland pada umumnya terdiri dari CaO, SiO₂, Al₂O₃ dan Fe₂O₃ yang merupakan oksida dominan. Sedangkan oksida lain yang jumlahnya hanya beberapa persen dari berat semen adalah MgO, SO₃, Na₂O dan K₂O.

Tabel 2.2 Jenis-jenis Semen Portland Menurut ASTM C.150

Jenis Semen	Sifat Pemakaian	Kadar Senyawa (%)				Panas Hidrasi 7 Hari (J/g)
		C3S	C2S	C3A	C4AF	
I	Normal	50	24	11	8	330
II	Modifikasi	42	33	5	13	250
III	Kekuatan Awal Tinggi	60	13	9	8	500
IV	Panas Hidrasi Rendah	26	50	5	12	210
V	Tahan Sulfat	10	40	9	9	220

(Sumber : ASTM C.150)

Semen dapat dibedakan menjadi dua kelompok yaitu:

1) Semen Hidrolik

Semen hidrolik mempunyai kemampuan untuk mengikat dan mengeras didalam air. Contoh semen hidrolik ialah kapur hidrolik, semen pozzolan, semen terak, semen alam, semen portland, semen portland-pozzolan dan lain-lain.

2) Semen Non-Hidrolik

Semen non-hidrolik tidak dapat mengikat dan mengeras didalam air akan tetapi dapat mengeras di udara. Contoh utama dari semen non-hidrolik adalah kapur.

Menurut SNI 15-2049-2004 semen Portland dibedakan menjadi 5 jenis/tipe yaitu:

- a. Semen Portland tipe I, yaitu semen Portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lain.
- b. Semen Portland tipe II, yaitu semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat atau kalor hidrasi sedang.
- c. Semen Portland tipe III, yaitu semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi.
- d. Semen Portland tipe IV, yaitu semen Portland yang dalam penggunaannya membutuhkan kalor hidrasi rendah.
- e. Semen Portland tipe V, yaitu semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan tinggi terhadap sulfat.

2.2.2 Air

Dalam pembuatan beton, air merupakan salah satu faktor penting karena air dapat bereaksi dengan semen, yang akan menjadi pasta pengikat agregat. Penggunaan air untuk beton sebaiknya air memenuhi syarat sebagai berikut ini (Tjokrodimulyo, 1992):

- a. Tidak mengandung lumpur atau benda melayang lainnya lebih dari 2 gr/ltr.
- b. Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton (asam, zat organik) lebih dari 15 gr/ltr.
- c. Tidak mengandung klorida (Cl) lebih dari 0,5 gr/ltr.
- d. Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gr/ltr.

Air untuk pembuatan beton minimal memenuhi syarat sebagai air minum yang tawar, tidak berbau dan tidak mengandung bahan-bahan yang dapat merusak beton seperti minyak, asam, alkali, garam atau bahan-bahan organik lainnya yang dapat merusak beton atau tulangnya (SNI 03-2847-2002).

Air merupakan bahan yang diperlukan untuk proses reaksi kimia dengan semen untuk pembentukan pada semen. Air juga digunakan untuk pelumas antara beton menyebabkan terjadinya proses hidrasi dengan semen. Jumlah air yang berlebihan akan menurunkan kekuatan beton. Namun air yang terlalu sedikit akan menyebabkan proses hidrasi yang tidak merata.

Air pada campuran beton akan berpengaruh pada:

- a. Sifat *workability* adukan beton.
- b. Besar kecilnya nilai susut beton.
- c. Kelangsungan reaksi dengan semen portland sehingga menghasilkan kekuatan dalam selang beberapa waktu.
- d. Perawatan keras adukan beton guna menjamin pengerasan yang baik.

2.2.3 Agregat

Agregat merupakan butiran mineral alami atau buatan yang berfungsi sebagai bahan pengisi campuran beton. Agregat menepati 70% volume beton, sehingga sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat beton. Oleh karena itu, pemilihan agregat merupakan bagian penting dalam pembuatan beton. Agregat sesuai dengan SNI 03-1750-1990 tentang Agregat Beton, Mutu dan Cara Uji.

Agregat yang dipakai harus memenuhi syarat-syarat berikut:

- a. Kerikil harus berupa butiran keras dan tidak berpori.
- b. Agregat harus bersih dari unsur organik.
- c. Kerikil tidak mengandung lumpur lebih dari 10% berat kering.
- d. Kerikil mempunyai bentuk yang tajam.

Agregat yang mempunyai butir-butir besar disebut agregat kasar yang ukurannya lebih besar 4,8 mm. Sedangkan butir agregat yang kecil disebut agregat halus yang memiliki ukuran lebih kecil dari 4,8 mm. Jenis agregat yang digunakan sebagai bahan susun beton adalah agregat halus dan agregat kasar.

Untuk agregat dilakukan pengujian:

- Analisa Saringan
- Berat Jenis dan Penyerapan
- Kadar Air
- Kadar Lumpur

a. Agregat Halus

Agregat halus adalah semua butiran lolos saringan 4,75 mm. Agregat halus untuk beton dapat berupa pasir alami, hasil pecahan batuan secara alami, atau berupa pasir buatan yang dihasilkan oleh mesin pemecah batu yang disebut abu batu.

Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% serta tidak mengandung zat-zat organik yang dapat merusak beton, kegunaannya adalah untuk mengisi ruangan antara butir agregat kasar dan memberikan kecelean.

Agregat halus yang digunakan didalam adukan beton harus memenuhi syarat sebagai berikut:

1. Pasir halus terdiri dari butir-butir tajam dan keras.
2. Butirannya harus bersifat kekal.
3. Pasir tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% berat keringnya.
4. Pasir tidak boleh mengandung bahan organik terlalu banyak.

Menurut SNI 03-2834-2000 tentang tata cara pembuatan rencana campuran beton normal, kekerasan pasir dibagi menjadi empat kelompok menurut gradasinya yaitu pasir halus, agak halus, agak kasar, dan kasar.

Tabel 2.3 Gradasi Agregat Halus Menurut SNI 03-2834-2000

Ukuran Saringan	SNI 03-2834-2000			
	Pasir Kasar	Pasir Sedang	Pasir Agak Halus	Pasir Halus
	Gradasi 1	Gradasi 2	Gradasi 3	Gradasi 4
9,6	100-100	100-100	100-100	100-100
4,8	90-100	90-100	92-100	95-100
2,4	60-95	75-100	85-100	95-100
1,2	30-70	55-90	75-100	90-100
0,6	15-34	35-59	60-79	80-100
0,3	5-20	8-30	12-40	15-50
0,15	0-10	0-10	0-10	0-15

(Sumber : SNI 03-2834-2000)

b. Agregat Kasar

Agregat kasar merupakan agregat dengan ukuran butir minimal 5 mm dan ukuran maksimum 40 mm. Ukuran maksimum dari agregat kasar dalam beton bertulang diatur berdasarkan kebutuhan bahwa yang terdapat diantara batang-batang baja tulangan, syarat-syarat agregat kasar yang akan dicampur sebagai adukan beton adalah sebagai berikut:

1. Agregat kasar harus terdiri dari butiran yang keras dan tidak berpori. Dari kadar agregat yang lemah bila diuji dengan cara digores menggunakan batang tembaga, maksimum 5%.
2. Agregat kasar terdiri dari butiran pipih dan panjang, hanya bisa dipakai jika jumlah butiran pipih dan panjang tidak melebihi dari 20% berat agregat seluruhnya.
3. Butir-butir agregat harus bersifat kekal (tidak pecah atau hancur) oleh pengaruh cuaca, seperti terik matahari dan hujan.

4. Agregat kasar tidak boleh mengandung zat-zat yang dapat merusak beton, contohnya zat-zat reaktif dan alkali.
5. Lumpur yang terkandung dalam agregat kasar tidak boleh lebih dari 1% berat agregat kasarnya, apabila lebih dari 1% maka agregat kasar tersebut harus dicuci terlebih dahulu dengan air yang bersih.

Tabel 2.4 Gradasi Agregat Kasar

Lubang Ayakan (mm)	% Berat Butir yang Lewat Ayakan		
	Ukuran Maks 10 mm	Ukuran Maks 20 mm	Ukuran Maks 40 mm
76	-	-	100-100
38	-	100-100	95-100
19,6	100-100	95-100	35-70
9,6	50-85	30-60	10-40
4,8	0-10	0-10	0-5

(Sumber: SNI-03-2834-2000)

2.2.4 Bahan Tambah (*Admixture*)

Bahan tambah dalam beton dapat dibedakan menjadi dua (Mulyono, 2005) yaitu sebagai berikut:

a. Bahan Tambah Mineral (*Additive*)

Pemberian bahan tambah ini bertujuan untuk memperbaiki kinerja beton. Contoh bahan tambah adalah abu terbang batu bara (*fly ash*), *slag* dan *silica fume*.

b. Bahan Tambah Kimia (*Chemical Admixture*)

Bahan tambah kimia bertujuan mengubah beberapa sifat beton. Adapun macam-macam bahan tambah kimia, yaitu :

1. Tipe A (*Water Reducing Admixture*)

Water reducing admixture adalah bahan yang mengurangi air campuran yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu.

2. Tipe B (*Retarding Admixture*)

Retarding admixture adalah bahan tambah yang berfungsi untuk menghambat waktu pengikat beton. Misalnya karena kondisi cuaca panas dimana tingkat kehilangan sifat pengerjaan beton sangat tinggi.

3. Tipe C (*Accelerating Admixture*)

Accelerating admixture adalah bahan tambah yang berfungsi untuk mempercepat pengikatan dan pengembangan kekuatan awal beton.

4. Tipe D (*Water Reducing and Retarding Admixture*)

Water reducing and retarding admixture adalah bahan tambah yang berfungsi ganda, yaitu mengurangi jumlah air yang diperlukan campuran beton dengan konsistensi tertentu dan menghambat pengikatan awal.

5. Tipe E (*Water Reducing and Accelerating Admixture*)

Water reducing and accelerating admixture adalah bahan tambah yang berfungsi ganda, yaitu mengurangi jumlah air untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu dan mempercepat pengikatan awal.

6. Tipe F (*Water Reducing High Range Admixture*)

Water reducing high range admixture adalah bahan tambah berfungsi untuk mengurangi jumlah air pencampuran yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu, sebanyak 12% atau lebih. Bahan tambah ini adalah *superplasticizer*. Dosis yang disarankan adalah sekitar 1-2% dari berat semen. Dosis yang berlebihan akan menyebabkan menurunnya kuat tekan beton.

7. Tipe G (*Water Reducing High Range Retarding Admixture*)

Water reducing high range retarding admixture adalah bahan tambah berfungsi untuk mengurangi air pencampuran yang digunakan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu, sebanyak 12% atau lebih dan juga untuk menghambat pengikatan beton. Jenis bahan tambah ini merupakan gabungan *superplasticizer* dengan penundaan waktu pengikatan.

2.2.5 Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS)

Tandan kosong kelapa sawit (TKKS) merupakan limbah utama dari industri pengolahan kelapa sawit. Basis satu ton tandan buah segar (TBS) yang diolah akan dihasilkan minyak sawit kasar (CPO) sebanyak 0,21 ton (21%) serta minyak inti sawit (PKO) sebanyak 0,05 ton (5%) dan sisanya merupakan limbah dalam bentuk tandan buah kosong, serat dan cangkang biji yang jumlahnya masing-masing 23%, 13,5%, dan 5,5% dari tandan buah segar (K. Anwar, 2008).

Tandan kosong kelapa sawit merupakan sumber bahan organik yang kaya unsur hara N, P, K, dan Mg. jumlah tandan kosong kelapa sawit diperkirakan sebanyak 23% dari jumlah tandan buah segar yang di olah. Dalam setiap ton tandan kosong kelapa sawit mengandung hara N 1,5%, P 0,5%, K 7,3%, dan Mg 0,9% yang dapat digunakan sebagai substitusi pupuk pada tanaman kelapa sawit (Sarwono, 2008).

Ketersediaan tandan kosong kelapa sawit di lapangan cukup besar dengan peningkatan jumlah dan kapasitas pabrik kelapa sawit untuk menyerap tandan buah segar yang dihasilkan (Winarno, 2007). Pada beberapa tahun belakangan ini, serat telah digunakan dalam pembuatan bahan-bahan konstruksi. Serat terdiri atas dua jenis serat alami dan buatan (sintetis).

Tujuan penggunaan serat tersebut untuk meningkatkan kekuatan lentur beton sehingga dapat digunakan pada konstruksi yang membutuhkan kuat lentur tertentu. Serat alami berupa serat yang berasal dari tumbuh-tumbuhan seperti kayu, bambu dan terutama serat tandan kosong kelapa sawit (TKKS). Sedangkan serat buatan (sintetis) berupa serat baja, polypropylene, kaca dan karbon. Serat TKKS diperoleh dari penguraian tandan kosong yang dihasilkan dari proses pengolahan minyak kelapa sawit. Menurut Herawan dan Rivani (2010), serat ini mempunyai komposisi seperti berikut.

Tabel 2.5 Karakteristik Serat TKKS

Parameter	Kandungan (%)
Sari Ekstraktif	7,78
Kadar Abu	6,23
Selulosa	37,50
Hemiselulosa	28,57
Pentosan	26,69
Kelarutan dalam: 1% NaOH	29,96

(Sumber: Herawan dan Rivani, 2010)

2.3 Pengujian

2.3.1 Slump Test

Tabel 2.6 Penetapan Nilai Slump Adukan Beton

Pemakaian beton (berdasarkan jenis struktur yang dibuat)	Nilai Slump (cm)	
	Maks	Min
Dinding, plat pondasi dan pondasi telapak betulang	12,5	5
Pondasi telapak tidak bertulang, kaison, dan struktur bawah tanah	9	2,5
Pelat, balok, kolom, dinding	15	7,5
Perkerasan jalan	7,5	5
Pembetonan masal (beton massa)	7,5	2,5

(Sumber : Tjokrodimulyo, 2007)

Menurut SNI 03-1972-1990 Slump beton ialah besaran kekentalan (*viscosity*) atau plastisitas dan kohesif dari beton segar. *Workability* beton segar pada umumnya diasosiasikan dengan:

- a. Homogenitas atau kerataan campuran adukan beton segar (*homogeneity*).
- b. Kelekatan adukan pasta semen (*cohesiveness*).
- c. Kemampuan alir beton segar (*flowability*).

- d. Kemampuan beton segar mempertahankan kerataan dan kelekatan jika dipindah dengan alat angkut (*mobility*).
- e. Mengindikasikan apakah beton segar masih dalam kondisi plastis (*plasticity*).

2.3.2 Kuat Lentur Beton

Berdasarkan Anonim 5 (1996), kuat lentur beton adalah kemampuan balok beton yang diletakkan pada dua perletakan untuk menahan gaya dengan arah tegak lurus sumbu benda uji yang diberikan padanya sampai benda uji patah.

Kuat lentur benda uji sangat dipengaruhi oleh faktor air semen, komposisi serat, bentuk dan ukuran benda uji serta mutu material yang baik seperti umur semen yang masih layak digunakan. Alat yang digunakan untuk penentuan kekuatan benda uji dilakukan dengan menggunakan mesin uji kuat lentur beton.

Rumus-rumus perhitungan yang digunakan dalam metode pengujian kuat lentur beton adalah sebagai berikut:

- a) Untuk pengujian dimana patahnya benda uji ada di daerah pusat (pada 1/3 jarak titik perletakan pada bagian tengah), maka kuat lentur beton dihitung menurut persamaan sebagai berikut.

$$\sigma_1 = \frac{P \times L}{b \times h^2}$$

- b) Untuk pengujian dimana patahnya benda uji ada di daerah luar pusat (pada 1/3 jarak titik perletakan pada bagian tengah), dan jarak antara titik pusat dan titik patah kurang dari 5% dari jarak antar titik perletakan maka kuat lentur beton dihitung menurut persamaan.

$$\sigma_1 = \frac{P \times a}{b \times h^2}$$

dimana :

- σ_1 = Kuat lentur benda uji (Mpa)
- P = Beban tertinggi yang dilanjutkan oleh mesin uji (Kn)
- L = Jarak (bentang) antara dua garis perletakan (mm)
- b = Lebar tampang lintang patah arah horizontal (mm)
- h = Lebar tampang lintang patah arah vertikal (mm)

- a = Jarak rata-rata antara tampang lintang patah dan tumpuan luar yang terdekat, diukur pada 4 tempat pada sisi titik dari bentang (m)

2.4 Uji Kuat Lentur Beton dengan Dua Titik Pembebanan (SNI 4431:2011)

2.4.1 Persiapan Uji

Persiapan uji dilakukan dengan beberapa tahapan sebagai berikut.

- a) Siapkan benda uji dan lakukan beberapa hal sebagai berikut:
- 1) Ukur dan catat dimensi penampang benda uji dengan jangka sorong minimum di 3 (tiga) tempat.
 - 2) Ukur dan catat panjang benda uji pada keempat rusuknya.
 - 3) Timbang dan catat berat masing-masing benda uji.
 - 4) Buat garis-garis melintang sebagai tanda dan petunjuk titik-titik perletakan, titik-titik pembebanan dan titik-titik sejauh 5% dari jarak bentang di luar titik perletakan.
 - 5) Tempatkan benda uji yang telah selesai diukur, timbang dan beri tanda pada tumpuan pada tempat yang tepat dengan sisi atas benda uji pada waktu pengecoran berada di bagian samping alat penekan.
- b) Siapkan alat uji kuat tekan beton dan lakukan tahapan sebagai berikut.
- 1) Pasang 2 (dua) buah perletakan dengan lebar bentang 3 kali jarak titik-titik pembebanan dan pasang alat pembebanan sehingga alat uji kuat tekan beton berfungsi sebagai alat uji lentur.
 - 2) Atur pembebanan dan skala pembacaannya.
 - 3) Tempatkan benda uji yang sudah diberi tanda di atas perletakan sedemikian sehingga tanda tumpuan yang dibuat pada benda uji, tepat pada pusat tumpuan dari alat uji, dengan kedudukan sisi atas benda uji pada waktu

pengecoran berada pada bagian samping alat penekan dan menyentuh benda uji pada sepertiga bentang titik tumpuan.

- c) Siapkan formulir uji.

2.4.2 Prosedur Pengujian

Pengujian dilakukan dengan beberapa tahapan sebagai berikut.

- a) Hidupkan alat uji kuat tekan beton yang telah dipersiapkan, tunggu kira-kira 30 detik.
- b) Letakkan benda uji pada tumpuan dan atur benda uji sehingga siap untuk pengujian.
- c) Atur pembebanannya untuk menghindari terjadi benturan.
- d) Atur katup-katup pada kedudukan pembebanan dan kecepatan pembebanan pada kedudukan yang tepat sehingga jarum skala bergerak secara perlahan-lahan dan kecepatannya $8 \text{ kg/cm}^2 - 10 \text{ kg/cm}^2$ tiap menit.
- e) Kurangi kecepatan pembebanan pada saat-saat menjelang patah yang ditandai dengan kecepatan gerak jarum pada skala beban agak lambat, sehingga tidak terjadi kejutan.
- f) Hentikan pembebanan dan catat beban maksimum yang menyebabkan patahnya benda uji, pada formulir uji.
- g) Ambil benda uji yang telah selesai diuji, yang dapat dilakukan dengan menurunkan plat perletakan benda uji atau menaikkan alat pembebanannya.
- h) Ukur dan catat lebar dan tinggi tampang lintang patah dengan ketelitian 0,25 mm sedikitnya pada 3 tempat dan ambil harga rata-ratanya.
- i) Ukur dan catat jarak antara tampang lintang patah dari tumpuan luar terdekat pada 4 tempat di bagian tarik pada arah bentang dan ambil harga rata-ratanya.

2.4.3 Prosedur Perhitungan

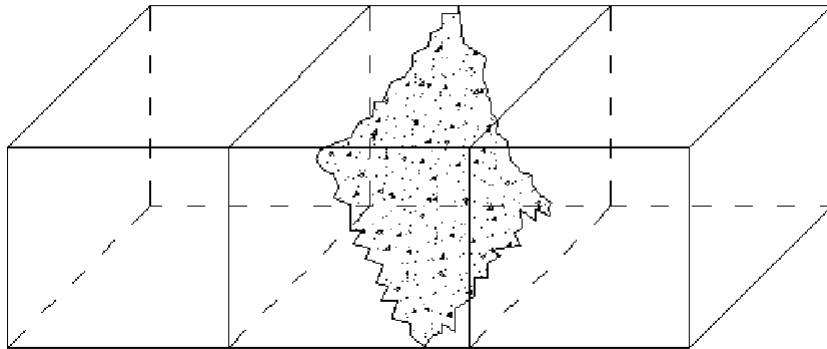
Perhitungan hasil uji dilakukan sebagai berikut.

- a) Untuk pengujian dimana patahnya terjadi di daerah pusat ($1/3$ jarak perletakan) kuat lentur beton dihitung dengan rumus (1) sub-pasal 5.1 butir a).
- b) Untuk pengujian dimana patah terjadi di luar pusat (di luar daerah $1/3$ jarak perletakan) di bagian tarik beton dan jarak titik pusat sampai titik patah kurang dari 5% dari bentang titik perletakan maka kuat lentur beton dihitung dengan rumus (2) sub-pasal 5.1 butir b).
- c) Untuk pengujian dimana patah terjadi di luar pusat (di luar daerah $1/3$ jarak perletakan) di bagian tarik beton dan jarak titik pusat sampai titik patah lebih dari 5% dari bentang titik perletakan maka hasil pengujian tidak digunakan.

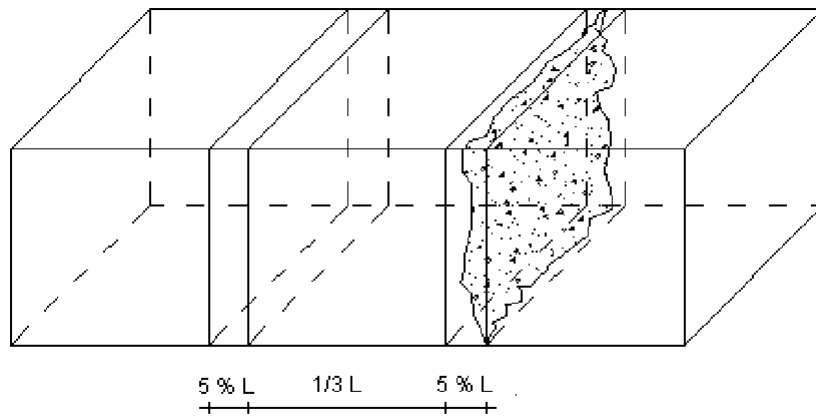
2.4.4 Pelaporan

Hasil pengujian kuat lentur beton normal ini, dilaporkan dalam bentuk formulir dan contoh pengisian formulir antara lain memuat:

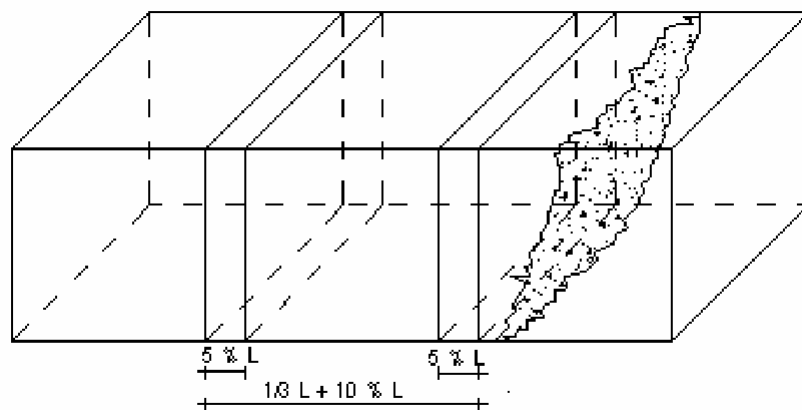
- a) Nomor contoh benda uji, jumlah benda uji, jenis pekerjaan, lokasi pekerjaan.
- b) Tanggal pembuatan dan tanggal pengujian.
- c) Identifikasi benda uji.
- d) Asal agregat halus, agregat kasar dan nama produsen semen Portland.
- e) Hasil uji seperti pada contoh formulir pada lampiran.
- f) Nama petugas uji, pengawas dan penanggung jawab pengujian dengan dibubuhkan tanda tangan.



Gambar 2.1 Patah pada 1/3 Bentang Tengah (Rumus 1)



Gambar 2.2 Patah Diluar 1/3 Bentang Tengah dan Garis Patah pada $< 5\%$ dari Bentang (Rumus 2)



Gambar 2.3 Patah Diluar 1/3 Bentang Tengah dan Garis Patah pada $> 5\%$ dari Bentang 8 dari 11