

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Peneliti Terdahulu

Menurut Mulyadi, Sofyan, dan Yusti Hajar (2018), Dalam penelitiannya yang berjudul *Pengaruh Kuat Lentur Beton Terhadap Penambahan Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit*. Peneliti menyebutkan bahwa dengan menambahkan serat tandan kosong kelapa sawit yang telah di potong-potong dari pabriknya kemudian direndam menggunakan 10% larutan NaOH selama 12 jam dan dikeringkan dalam oven bersuhu 60°C selama 12 jam. Dalam pembuatan benda uji dilakukan menggunakan perhitungan SNI 03-2834-2000 (Tata Cara Rencana Campuran Beton Normal), variasi serat dengan mengurangi berat volume semen didalam campuran adalah 0%, 5%, 10%, 15%, 20% yang menggunakan benda uji berbentuk balok dengan ukuran 60 cm x 15 x 15 dan setiap variasi dibuat dengan masing-masing 3 benda uji. Pada penelitian tersebut menghasilkan kuat lentur rata-rata pada tiap-tiap variasi serat yaitu 0% (3,51 MPa), 5% (4,18 MPa), 10% (4,09 MPa), 15% (4,53 MPa) dan 20% (4,62 MPa), dengan disimpulkan bahwa penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan serat pada campuran beton mengalami kenaikan terhadap kuat lentur beton pada titik presentasi serat 5%, 10%, 15%, dan 20% jika dibandingkan dengan beton normal 0%.

Yudi Pranoto, Lina Halin, Anung Sudibyo (2021) melakukan penelitian yang berjudul *Studi Kuat Lentur Beton Dengan Bahan Tambah Serat Abaka*. Penelitian

tersebut menyebut menggunakan bahan tambah serat abaka yang merupakan serat awet dan lentur diambil langsung dari pohon pisang serat yang sangat jarang di manfaatkan. Tujuan dari penelitian adalah untuk mengetahui sejauh mana serat abaka berpengaruh terhadap kuat lentur beton yang menggunakan variasi beton serat abaka 0% ,0,4%, 0,5%, dan 0,6%. penelitian yang diawali dengan studi literatur, pengujian material seperti (Agregat halus, agregat kasar ,semen, dan serat abaka)dengan studi mix design beton, pembuatan benda uji, perawatan benda uji, perawatan benda uji dan dilanjutkan dengan pengujian kuat lentur sedangkan mix design menggunakan (Badan Standar Indonesia,2000) ini menghasilkan kuat lentur maksimum yang terjadi pada kadar serat abaka 0,6% dengan kuat lentur 3,75 MPa dan pada kuat lentur terkecilnya yaitu pada kadar serat abaka 0% dengan kuat lentur 3,34 MPa yang dapat disimpulkan bahwa penambahan serat abaka bisa meningkatkan kuat lentur beton bila dibandingkan dengan beton tanpa penambahan serat abaka.

Penelitian oleh Purwanto, Diah Rahmawati Starno (2021) ,yang berjudul *Pengaruh Penggunaan Serat Sabut Kelapa Terhadap Kuat Tekan dan Kuat lentur Beton* mengatakan Beton memiliki karakteristik kuat dalam menahan gaya tekan, namun lemah dalam menahan gaya Tarik dan lentur. Untuk dapat memperbaiki karakteristik dari gaya tarik dan lentur beton tersebut, maka dibuat beton dengan campuran beton serat sabut kelapa dengan panjang serat 2cm dengan mutu beton 20Mpa dengan prosentase penambahan serat sebesar 0%, 1%, dan 2% dari volume beton. Pengujian meliputi uji kuat tekan dan uji lentur. Untuk uji tekan beton dengan menggunakan benda uji silinder ukuran 15x30 cm. Sedangkan untuk uji lentur dengan menggunakan balok beton dengan ukuran 15x15x60 cm. Hasil pengujian

diperoleh kuat tekan beton rata-rata untuk balok serat sabut kelapa 0% sebesar 237,79 kg/cm², balok serat sabut kelapa 1% sebesar 228,73 kg/cm², balok serat sabut kelapa 2% sebesar 212,88 kg/cm². Dari hasil tersebut menunjukkan adanya penurunan kuat tekan beton, untuk penambahan serat sabut 1% turun 9,06% sedangkan penambahan serat sabut 2% turun 24,91%. Sedangkan kuat lentur rata-rata untuk balok serat sabut kelapa 0% sebesar 19,20 kg/cm², balok serat sabut kelapa 1% sebesar 21,60kg/cm², dan balok serat sabut kelapa 2% sebesar 21,73kg/cm². Dari hasil tersebut menunjukkan ada kenaikan untuk lenturnya penambahan 1% mengalami kenaikan 2,4% dan 2% mengalami kenaikan 2,53%

Menurut Joni Hermanto, Sary Shandy (2020), yang berjudul *Karakteristik Kuat Tekan Dan Kuat Lentur Beton Dengan Penambahan Limbah Sabut Kelapa*, Dengan presentase sabut kelapa yang digunakan adalah serat 0,1% Menyebutkan bahwa penambahan serat atau disebut beton serat adalah beton yang dibuat dengan mencampurkan sejumlah serat yang disebarkan secara random dalam adukan dengan harapan dapat menunda terjadinya keruntuhan secara tiba-tiba. Beton sendiri yang dipakai adalah beton mutu K – 250 atau 21,7 MPa dengan bentuk benda uji silinder dimensi 15 cm x 30 cm untuk uji kuat tekannya dan berbentuk balok ukuran 15 cm x 15 cm x 60 cm jumlah bentuk uji masing-masing 30 buah yang diuji setelah umur 3 hari, 7 hari, 14 hari, 21 hari dan 28 hari. Sedangkan bahan tambah serat alam dari penelitian ini adalah bahan serat sabut kelapa yang berukuran 4 cm dengan 6 cm sabut kelapa sendiri merupakan bagian terluar yang membungkus tempurung kelapa dengan ketebalan sabut kelapa berkisar 5-6 cm yang terdiri atas lapisan terluar (*exocarpium*) dan lapisan dalam (*endocarpium*), Tujuan dari penelitian ini adalah

untuk mengetahui pengaruh penambahan limbah sabut kelapa terhadap kuat tekan beton dan kuat lentur beton. Berdasarkan Analisa dan pembahasan dalam penelitian ini menyimpulkan bahwa semakin banyak volume penggunaan bahan sabut kelapa pada beton maka semakin menurun nilai kuat tekan beton. Begitu pula untuk uji kuat lenturnya, semakin banyak volume penggunaan sabut kelapa semakin menurun pada kuat lenturnya, namun untuk penggunaan variasi panjang sabut kelapa nilai kuat lentur antara panjang 4 cm dengan 6 cm masih lebih besar nilai hasil dari serat sabut kelapa 6 cm yaitu 2,2 MPa, 2,34 MPa, 2,47 MPa, 2,93 MPa, dan 2,80 MPa, sedangkan nilai kuat lentur dengan panjang sabut kelapa 4 cm berurutan masing-masing yaitu 2 MPa, 2,13 MPa, 2,27 MPa, 2,47 MPa, dan 2,47 MPa. Dengan hasil ini bisa digambarkan bahwa nilai kuat lentur balok beton naik seiring dengan penambahan panjang serat serabut kelapa.

Menurut Candra, 2022 yang berjudul *Pengaruh Penambahan Serat Serabut Kelapa Terhadap Kuat Tekan Beton Mutu Rendah $F_c' 20$ MPa* Beton merupakan unsur yang paling dominan sebagai material pada struktur bangunan di Indonesia. Salah satunya adalah penambahan serat serabut kelapa sebagai bahan tambah serat pada beton. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan serat serabut kelapa terhadap kuat tekan beton mutu rendah $F_c' 20$ MPa. Benda uji berupa beton *silinder* dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm, dengan 4 variasi penambahan serat serabut kelapa yaitu 0%, 0,2%, 0,4%, dan 0,6% dari berat volume beton *silinder*. Pengujian kuat tekan dilakukan pada beton umur 28 hari. Hasil pengujian menunjukkan pada persentase penambahan serat serabut kelapa 0,2% mengalami peningkatan yang paling optimum yaitu 25,23 MPa atau mengalami

peningkatan sebesar 26,15% dari kuat tekan rencana, sedangkan pada variasi 0,4% dan 0,6% didapatkan hasil kuat tekan 22,48 MPa dan 20,51MPa atau mengalami peningkatan 12,35% dan 2,55% dari kuat tekan rencana

B. Landasan Teori

1. Beton

Beton adalah suatu campuran yang terdiri dari pasir, kerikil, batu pecah atau agregat-agregat lain yang dicampur jadi satu dengan suatu pasta yang terbuat dari semen dan air membentuk suatu massa mirip batuan. Terkadang satu atau lebih bahan aditif ditambahkan untuk menghasilkan beton dengan kataristik tertentu, seperti kemudahan pengerjaan (*workability*), *durabilitas*, dan waktu pengerasan (Mc.Cormac, 2004).

Definisi beton menurut SK SNI T-15-1990-03 adalah campuran antara semen, air dan agregat dengan atau tanpa bahan tambahan campuran yang membentuk massa padat. Beton salah satu bahan konstruksi yang sering digunakan untuk bangunan gedung, jembatan, jalan, dan lain-lain. Beton adalah campuran antara semen, agregat halus, agregat kasar, air atau dengan menambah zat aditif yang kemudian mengeras membentuk benda padat (Mulyadi dkk,2018)

Adapun kelebihan dan kelemahan penggunaan beton menurut (Tjokrodimulyo, 2007) adalah sebagai berikut.

Kelebihan beton adalah sebagai berikut.

- a. Beton mampu menahan gaya tekan dengan baik, serta mempunyai sifat tahan terhadap korosi dan pembusukan oleh kondisi lingkungan.

- b. Beton segar dapat dengan mudah dicetak sesuai dengan keinginan.
- c. Beton segar dapat disemprotkan pada permukaan beton lama yang retak maupun dapat diisikan ke dalam retakan beton dalam proses perbaikan.
- d. Beton segar dapat dipompakan sehingga memungkinkan untuk dituang pada tempat-tempat yang posisinya sulit.
- e. Beton tahan aus dan tahan bakar, sehingga perawatannya lebih murah.

Kekurangan beton adalah sebagai berikut.

- a. Beton dianggap tidak mampu menahan gaya tarik, sehingga mudah retak, oleh karena itu perlu diberikan baja tulangan sebagai penahan gaya tariknya.
- b. Beton keras menyusut dan mengembang bila terjadi perubahan suhu, sehingga perlu dibuat dilatasi untuk mengatasi retakan-retakan akibat terjadinya perubahan suhu.
- c. Untuk mendapatkan beton kedap air secara sempurna, harus dilakukan dengan pengerjaan yang teliti.
- d. Beton bersifat getas (tidak daktail) sehingga harus dihitung dan diteliti secara seksama agar setelah dikompositkan dengan baja tulangan menjadi bersifat daktail, terutama pada struktur tahan gempa.

Jika ingin membuat beton yang baik, dalam arti memenuhi persyaratan yang lebih ketat karena tuntutan yang lebih tinggi, maka harus diperhitungkan dengan saksama cara-cara memperoleh adukan beton segar (*fresh concrete*) yang baik dan beton keras (*hardened concrete*) yang dihasilkan juga baik. Beton yang baik adalah beton yang kuat, tahan lama dan kedap air. Beton dapat diklasifikasikan berdasarkan berat jenisnya (SNI 03-2847- 2002), yaitu:

- a. Beton Ringan : Berat jenis $< 1900 \text{ kg/m}^3$
- b. Beton Normal : Berat jenis $2200 \text{ kg/m}^3 - 2500 \text{ kg/m}^3$
- c. Beton Berat : Berat jenis $> 2500 \text{ kg/m}^3$

2. Material Penyusun Beton

Bahan-bahan pembentuk beton umumnya tersusun dari tiga bahan penyusun utama yaitu semen, agregat dan air.

a. Semen Portland

Semen Portland (PC) atau semen yang disebut semen bersifat hidrolis. bahan pengikat berupa serbuk halus dari penggilingan klingker (bahan ini terdiri dari kalsium-silikat) dengan karakteristik hidrolis dan *gyp stines* sebagai bahan tambahan. bahan baku untuk semen mengandung kapur silika, alumina, besi oksida, dan oksida lainnya. jika semen dicampur dengan air akan segera memadat. campuran air dan semen disebut pasta semen, dan jika pasta semen dicampur dengan pasir, itu akan menjadi mortar semen (Ismail dkk, 2012).

Fungsi semen Portland adalah untuk merekatkan butir-butir agregat terjadinya suatu masa yang kompak atau padat, semen kira-kira mengisi 10% dari volume beton (Triyono, 2010).

Tipe semen Portland menurut SNI 03-2834-2000 adalah sebagai berikut :

1. Tipe I adalah semen Portland untuk penggunaan umum tanpa persyaratan khusus.
2. Tipe II adalah yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan kalor hidrasi sedang.

3. Tipe III adalah semen Portland yang penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi.
4. Tipe IV adalah semen Portland yang penggunaannya memerlukan ketahanan yang tinggi terhadap sulfat.

b. Agregat

Fungsi dari agregat adalah sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar atau beton. Walaupun berfungsi sebagai bahan pengisi, karena volume agregat pada beton $\pm 70\%$ volume beton, agregat sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat mortar/beton, serta memberikan kekuatan pada beton, sehingga kualitas agregat sangat mempengaruhi mutu beton yang akan dihasilkan. Karena itu karakteristik agregat perlu dipelajari. Sedangkan Agregat adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar atau beton. Pengaruh kekuatan agregat terhadap beton begitu besar, karena umumnya kekuatan agregat lebih besar dari kekuatan pasta semennya. Kurang lebih 70% volume mortar atau beton diisi oleh agregat. terdapat 2 jenis agregat yang dibutuhkan yaitu :

1. Agregat Kasar

Agregat kasar adalah kerikil sebagai hasil disintegrasi 'alami' dari batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai butiran antara 5mm sampai 40mm (SNI 03-2847-2002). Fungsi agregat kasar adalah sebagai pengisi campuran adukan beton selain agregat halus. Syarat gradasi agregat kasar seperti pada tabel 2.1 sebagai berikut :

Tabel 2. 1 Gradasi Agregat Kasar

Saringan Ayakan				% Lolos Saringan/Ayakan		
				Ukuran	Ukuran	Ukuran
Mm	SNI	ASTM	Inch	Maks. 10 mm	Maks. 20 mm	Maks. 40 mm
75	78	3 in	3			100 – 100
37,5	38	1 ½ in	1,5		100 – 100	95 – 100
19	19	¾ in	0,75	100 – 100	95 – 100	35 – 70
9,5	9,6	3/8 in	0,375	50 – 85	30 – 60	10 – 40
4,75	4,8	No.4	0,187	0 – 10	0 – 10	0 – 5

Sumber : SNI 03-2834-2000

2. Agregat Halus

Agregat halus adalah material granular, misalnya pasir, kerikil, batu pecah kerak tungku pijar, yang dipakai bersama-sama dengan suatu media pengikat untuk membentuk suatu beton atau adukan semen hidrolis. Agregat halus adalah pasir alam sebagai hasil disintegrasi ‘alami’ batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai butir paling besar 5mm (SNI 03-2847-2002).

Agregat halus dibagi menjadi 4 kelompok menurut gradasinya, yaitu pasir kasar (Gradasi No.1), pasir sedang (Gradasi No.2), pasir agak halus (Gadasi No.3), dan pasir halus (Gradasi No.4) seperti pada tabel 2.2.

Tabel 2. 2 Gradasi Agregat Halus

% lolos saringan /Ayakan							
Ukuran Saringan Ayakan				Pasir Kasar	Pasir Sedang	Pasir Agak Halus	Pasir Halus
Mm	SNI	ASTM	Inch	Gradasi no.1	Gradasi no.2	Gradasi no.3	Gradasi no.4
9,5	9,6	3/8 in	0,375	100-100	100-100	100-100	100-100
4,75	4,8	no.4	0,187	90-100	90-100	90-100	95-100
2,36	2,4	no.8	0,0937	60-95	75-100	85-100	95-100
1,18	1,2	no.16	0,0469	30-70	55-90	75-100	90-100
0,6	0,6	no.30	0,0234	15-34	35-59	60-79	80-100
0,3	0,3	no.50	0,0117	5-20	8-30	12-40	15-50
0,15	0,15	no.100	0,0059	0-10	0-10	0-10	0-50

Sumber : SNI 03-2834-2000

c. Air

Dalam pembuatan beton, air merupakan salah satu faktor penting, karena air bereaksi dengan semen akan menjadi pasta pengikat agregat. Air adalah bahan pencampur antara semen, dengan agregat halus dan kasar. Air yang digunakan pada campuran beton harus bersih dan bebas dari bahan-bahan merusak yang mengandung oli, asam, alkali, garam, bahan organik, atau bahan-bahan lainnya yang merugikan bagi beton atau tulangan (SNI 03-2847-2002).

Menurut SK SNI 03-2847-2002, Syarat air yang dapat digunakan dalam proses pencampuran beton adalah sebagai berikut :

1. Air yang digunakan pada campuran beton harus lebih bersih dan bebas dari bahan-bahan merusak yang mengandung oli, asam, alkali, garam, bahan organik, dan bahan-bahan lainnya yang dapat merugikan terhadap beton dan tulangan.
2. Air pencampur yang digunakan pada beton prategang atau beton yang didalamnya tertanam logam aluminium, termasuk air bebas yang

terkandung dalam agregat tidak boleh mengandung ion klorida dalam jumlah yang membahayakan.

3. Air yang tidak dapat diminum tidak boleh digunakan pada campuran beton, kecuali pencampuran proporsi campuran beton harus didasarkan pada campuran beton yang menggunakan air dari sumber yang sama dan hasil pengujian pada umur 7 dan 28 hari pada kubus uji mortal yang dibuat dari adukan dengan air yang tidak dapat diminum harus mempunyai kekuatan sekurang-kurangnya sama dengan 90% dari kekuatan benda uji yang dibuat dengan air yang dapat diminum. perbandingan uji kekuatan tersebut harus dilakukan pada adukan serupa, terkecuali pada air pencampur yang dibuat dan uji sesuai dengan “Metode uji kuat tekan untuk mortal semen hidrolis (menggunakan specimen kubus dengan sisi 50mm)” (ASTM C 109).

3. Serat Serabut Kelapa

Serabut kelapa adalah bahan berserat dengan ketebalan sekitar 5cm merupakan bagian terluar dari buah kelapa. Sabut kelapa terdiri dari 75% serat dan 25% gabus. Sabut kelapa dapat dimanfaatkan sebagai bahan industri karpet, pengisi sandaran kursi, *dashboard* mobil, kasur, plafon, atau bahan panel dinding tahan gempa. Sabut kelapa memiliki sifat tahan lama, ulet, kuat terhadap gesekan, tidak mudah patah, tahan terhadap air, tidak mudah membusuk, tahan terhadap jamur dan hama serta tidak dihuni oleh rayap (Isroful, 2009 dalam Elhusna dkk,2011). Beton yang diperkuat dengan serat maka beban deformasi akan dialihkan ke serat. Peranan serat sebagai penahan retakan yang menjalar untuk menjebak ujung retakan agar

lambat melintasi matrik, dengan demikian regangan retakan ultimit komposit meningkat drastis dibandingkan beton tanpa serat.

Mutu serat ditentukan oleh warna, persentase kotoran, kadar air, dan proporsi berat antar serat panjang dan serat pendek. Serat serabut kelapa yang bermutu tinggi berwarna cerah cemerlang dengan persentase berat kotoran tidak mencapai 2% dan tidak mengandung lumpur (Sahrudin dan Nadia, 2016). Dalam penelitian ini, serat serabut kelapa yang digunakan berasal dari limbah industri ampas kelapa rumahan yang berlokasi Desa Batursari Kecamatan Sirampog Kabupaten Brebes. Proses untuk serat serabut kelapa yang akan digunakan adalah dengan mencuci serat serabut kelapa kemudian dijemur 6-8 jam yang kemudian dipotong kecil-kecil dengan panjang 3cm.

Tabel 2. 3 Komposisi Sabut Kelapa

Parameter	Kadar (%)
α Selulosa	26,6
Hemiselulosa	27,7
Lignin	29,4
Air	8
Komponen Ekstraktif	4,2
Uronat Anhidrat	3,5
Nitrogen	0,1
Abu	0,5

Sumber : Suhardiyono(1988)

4. Nilai *Slump*

Slump adalah pedoman yang digunakan untuk mengukur tingkat kelecikan suatu adukan beton yang berpengaruh pada tingkat pengerjaan beton, semakin tinggi tingkat kekenyalan (besar nilai *slump*) maka semakin mudah pengerjaanya, sebaliknya semakin encer atau rendah nilai *slump* nya semakin sulit untuk

dikerjakan. Penetapan nilai *slump* untuk berbagai pengerjaan beton dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 2. 4 Penetapan Nilai Slump Adukan Beton

Uraian	Nilai Slump	
	Maksimum	Minimum
Dinding, Pelat pondasi dan pondasi telapak bertulang	12,5	5,00
Pondasi telapak tidak bertulang, kaison dan konstruksi di bawah tanah	9,00	2,50
Pelat, Balok, Kolom, Dan Dinding	15,00	7,50
Perkerasan jalan	7,50	5,00
Pembetonan massal	7,50	2,50

Sumber :Tjokrodumuljo(2007)

5. Perencanaan Campuran Beton (*Mix Design*)

Berdasarkan SNI 03-2834-2000 tata cara pembuatan rencana campuran beton normal, *mix design* beton normal dapat diringkas langkah-langkahnya sebagai berikut :

- a. Menentukan Kuat Letur Beton Karakteristik Yang Disyaratkan ($F'c$) Pada Umur

Tabel 2. 5 Notasi Kuat Lentur Beton

Bentuk Benda	Ukuran	Umur
Persegi	15 cm x 15 cm x 60 cm	28 hari

Sumber : SNI 4323-2011

- b. Penetapan Jenis Semen *Portland*

Menurut SNI 15-2049-1994 di indonesia semen portland dibedakan menjadi lima jenis yaitu tipe I,II,III,IV,V. Jenis I merupakan jenis semen biasa, sedangkan jenis III merupakan semen yang dipakai untuk struktur yang menuntut persyaratan kekuatan awal yang tinggi, atau dengan kata lain sering

disebut cepat mengeras. Pada langkah ini ditetapkan apakah dipakai semen biasa atau semen yang cepat mengeras.

- c. Menentukan mutu beton dan umur beton

Dalam penelitian ini, mutu beton yang akan digunakan adalah f_c' 20MPa dengan umur pengujian beton 28 hari.

- d. Menentukan Nilai Deviasi Standar (DS)

Tabel 2. 6 Mutu Pelaksanaan Volume Adukan Dan Deviasi Standar

Volume pekerjaan	Deviasi standar sd(MPa)				
	Sebutan	Volume beton (m3)	Mutu pekerjaan		
			Baik sekali	Baik	Dapat diterima
Kecil	<1000		$4,5 < s \leq 5,5$	$5,5 < s \leq 6,5$	$6,5 < s \leq 8,5$
Sedang	1000-3000		$3,5 < s \leq 4,5$	$4,5 < s \leq 5,5$	$5,5 < s \leq 7,5$
besar	>3000		$2,5 < s \leq 3,5$	$3,5 < s \leq 4,5$	$4,5 < s \leq 6,5$

Sumber : SNI 03 2834-2000

Standar deviasi akan digunakan untuk nilai margin atau angka aman yang apabila kita disain itu paling tidak akan setara atau lebih sedikit dari mutu yang direncanakan.

Tabel 2. 7 Nilai deviasi standar untuk berbagai tingkat pengendalian mutu pekerjaan.

Tingkat Pengendalian Mutu Pekerjaan	Sd (MPa)
-------------------------------------	----------

Memuaskan	2,8
Sangat Baik	3,5
Baik	4,2
Cukup	5,6
Jelek	7,0
Tanpa Kendali	8,4

Sumber : SNI 03 2834-2000

e. Mencari Nilai Tambah Untuk Nilai Kuat Tekan Rencana (M)

Tabel 2. 8 Angka koreksi standar deviasi

Jumlah pengujian	Faktor pengkali deviasi standar
< 15	-
15	1,16
20	1,08
25	1,03
>30	1,00

Sumber : SNI 03 2834-2000

- 1) Semakin sedikit sampel yang digunakan maka angka *margin*/deviasi standarnya lebih besar.
- 2) Karena penelitian ini adalah studi eksperimen dan benda uji yang dibuat <15, maka ditetapkan nilai margin setara 12 MPa(SNI 03 2834-2000).
- 3) Atau jika dihitung dengan menggunakan rumus, nilai margin ini setara dengan : $1,64 \times s$(2.1)

f. Kuat tekan beton yang ditargetkan dapat dihitung dengan rumus :

$$f'_{cr} = f'_c + M$$
.....(2.2)

Dimana :

f'_{cr} = Kuat tekan rata-rata (Mpa).

f'_c = Kuat tekan yang disyaratkan (Mpa).

M = Nilai tambah (Mpa).

g. Menentukan Jenis Semen *Portland*

Semen *Portland* (PC) semen yang bersifat hidrolis.bahan pengikat berupa serbuk halus dari penggilingan klingker (bahan ini terdiri dari kalsium-silikat) dengan karakteristik hidrolis) dan gyp stines sebagai bahan tambahan.bahan

baku untuk semen mengandung kapur silika, alumina, besi oksida, dan oksida lainnya. Jika semen dicampur dengan air akan segera memadat. campuran air dan semen disebut pasta semen, dan jika pasta semen dicampur dengan pasir, itu akan menjadi mortar semen (Ismail dkk, 2012).

h. Penetapan Jenis Agregat

Jenis agregat kasar dan agregat halus berupa alami atau batu pecah.

i. Penetapan Faktor Air Semen (F.a.s)

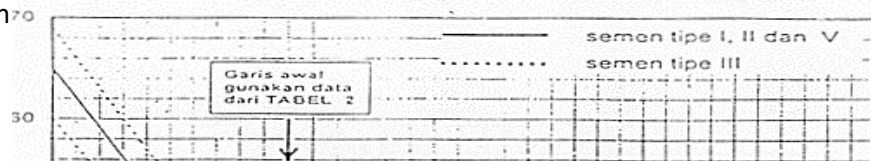
Penetapan faktor air semen maksimum harus memenuhi SNI 03-2834-2000 tentang tata cara pembuatan rencana campuran beton normal. Faktor air semen yang digunakan untuk mencapai kuat tekan rata-rata yang ditargetkan berdasarkan hubungan kuat tekan dan kondisi pekerjaan yang diusulkan. Bila tidak tersedia data hasil penelitian pedoman Tabel 2.9 dan Gambar 2.1.

Tabel 2. 9 Perkiraan Kuat Tekan Beton (Mpa) dengan Air semen dan Agregat Yang Biasa Dipakai di Indonesia

Jenis Semen	Jenis Agregat Kasar	Umur 3 hari	Umur 7 hari	Umur 28 hari	Umur 91 hari	Bentuk Uji
Semen Tipe I	Alami	17	23	33	40	Silinder
	Pecah	19	27	37	45	
Semen Tahan Sulfat Tipe II, V	Alami	20	28	40	48	Kubus
	Pecah	25	32	45	54	
Semen Tipe III	Alami	21	28	38	44	Silinder
	Pecah	25	33	44	48	

Sumber : SNI 03-2834-2000

Pada tabel sesuaikan jenis semen, semen yang akan digunakan adalah semen tipe 1 dan jenis agregat kasar yaitu batu pecah serta umur rencana 28 hari dengan bentuk benda uji silinder dan didapatkan kuat tekan senilai 37 MPa pada



nilai faktor air semen (*Fas*) 0,5. Dan menggunakan grafik 1 pada SNI 03-2834-2000

FAKTOR AIR SEMEN

Sumber : SNI 03-2834-2000

Gambar 2. 1 Grafik 1 Hubungan faktor air semen dan kekuatan tekan beton (benda uji silinder)

Faktor air semen adalah perbandingan jumlah air dengan jumlah semen, semakin tinggi nilai *fas*, maka semakin kecil nilai kuat tekan beton sehingga harus hati-hati dalam menentukan nilai *fas*. Menentukan jumlah semen minimum dan faktor air semen maksimum sesuai dengan tabel 2.10.

Tabel 2. 10 Persyaratan Jumlah Semen Minimum dan Faktor Air Semen Maksimum Untuk Berbagai Macam Pembetonan Dalam Lingkaran Khusus

Lokasi

	Jumlah Semen Minimum Per m ³ Beton (kg)	Nilai Faktor Air Semen Maksimum
Beton di dalam Ruang Bangunan :		
a. Keadaan keliling non-korosif	275	0,6
b. Keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau Korosif	325	0,52
Beton di luar ruangan bangunan :		
a. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	325	0,6
b. Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	275	0,6
Beton masuk kedalam tanah :		
a. Mengalami keadaan bahas dan kering berganti-ganti	325	0,55
b. Mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah		–
Beton yang kontinu berhubungan :		
a. Air tawar		–
b. Air laut		–

Sumber : SNI 03-2834-2000

- 1) *Fas* maksimum dan jumlah semen minimum pada pengujian ini diambil jenis pembetonan beton di dalam ruang bangunan keadaan keliling non korosif sehingga *fas* maksimum bernilai 0,6 dan jumlah semen 275 kg/m³.
- 2) Sehingga *fas* yang digunakan adalah 0,55 (*fas* terkecil). Digunakan *fas* terkecil karena semakin tinggi nilai *fas*, maka mutu beton semakin turun.
- 3) Nilai *slump* yang ditentukan di dalam indoor yaitu 60mm- 180 mm.

j. Penetapan Besarnya Butir Agregat Maksimum

Besar butir agregat maksimum dihitung berdasarkan ketentuan yaitu seperlima jarak terkecil antara bidang-bidang samping cetakan. Untuk nilai agregat maksimum yang ditentukan dalam penelitian ini adalah 40mm.

Besar Butir Agregat Maksimum tidak boleh melebihi :

- 1) Seperlima jarak terkecil antara bidang-bidang samping dari cetakan.
- 2) Sepertiga dari tebal pelat.
- 3) Tiga perempat dari jarak bersih minimum di antara batang-batang atau berkas-berkas tulangan.

Maka dalam penelitian ini menggunakan nilai agregat maksimum yang ditentukan adalah 40mm

k. Menentukan Kadar Air Bebas.

Tabel 2. 11 Perkiraan Kebutuhan Air Bebas (Kg/M3)

Beton ukuran maks krikil (mm)	Jenis Batuan	slump			
		0-10	10-30	30-60	60-80
10	Alami	150	180	205	225
	Pecah	180	205	230	250
20	Alami	135	160	180	195
	Pecah	170	190	210	255
40	Alami	115	140	160	175
	Pecah	155	175	190	205

Sumber : SNI 03-2834-2000

Dari tabel apabila agregat halus dan agregat kasar dari jenis yang berbeda maka jumlah air yang diperkirakan dengan rumus. Kadar air bebas agregat campuran (agregat tak dipecahkan dan agregat dipecahkan) dihitung dengan persamaan berikut :

Kadar air bebas =

$$\frac{2}{3} W_h = \frac{1}{3} W_k \dots\dots\dots(2.3)$$

Dengan :

Wh = Perkiraan jumlah air untuk agregat halus

Wk = Perkiraan jumlah air untuk agregat kasar

Nilai Wh dan Wk diperoleh dari tabel 2.11.

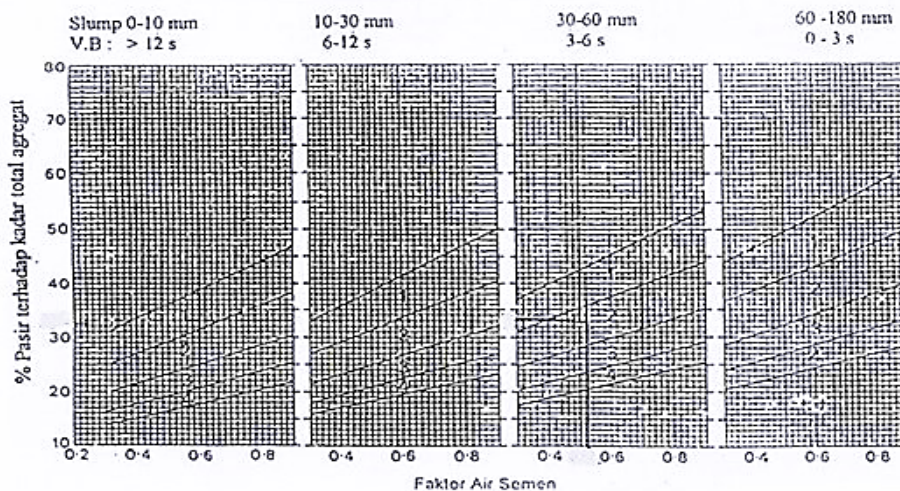
1) Dengan ukuran agregat 40 mm dan nilai slump 60 mm – 180 mm

2) Maka dapat dihitung dengan rumus :

$$\text{Kadar air bebas} = \frac{2}{3} wh + \frac{1}{3} Wk \dots \dots \dots (2.4)$$

3). $\text{Kadar semen} = \frac{\text{kadar air bebas}}{\text{faktor air semen}} \dots \dots \dots (2.5)$

1. Menentukan Presentase Agregat Halus dan Agregat Kasar



Sumber : SNI 03-2834-2000

Gambar 2. 2 grafik 15 persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk ukuran maksimum 40 mm

Cara menggunakan grafik adalah sebagai berikut :

- Pada gambar 2.2 diatas, tentukan grafik yang akan dipakai berdasarkan ukuran maksimum agregat dan nilai slump yang direncanakan.
- Tarik garis vertikal ke atas sampai kurva yang paling atas diantara 2 kurva yang menunjukkan daerah gradasi pasir.

c. Kemudian, Tarik garis horizontal ke kanan, baik kurva batas atas maupun kurva batas bawah yang berada di daerah gradasi dan catat nilainya.

d. Ambil rata-rata dari hasil kedua nilai tersebut

Untuk persentase agregat kasar dihitung dengan rumus : $100\% - \text{persentase agregat halus}$.

m. Berat Jenis Relatif Agregat

Berat jenis relative agregat diambil dari hasil laboratorium. Berat jenis agregat gabungan dapat dihitung dengan rumus berikut :

$$(\%AH \times BJ \text{ Agregat halus}) + (\%AK \times BJ \text{ Agregat kasar}) \dots \dots \dots (2.6)$$

Dengan :

BJ agregat gabungan = Berat jenis agregat gabungan

BJ agregat halus = Berat jenis agregat halus

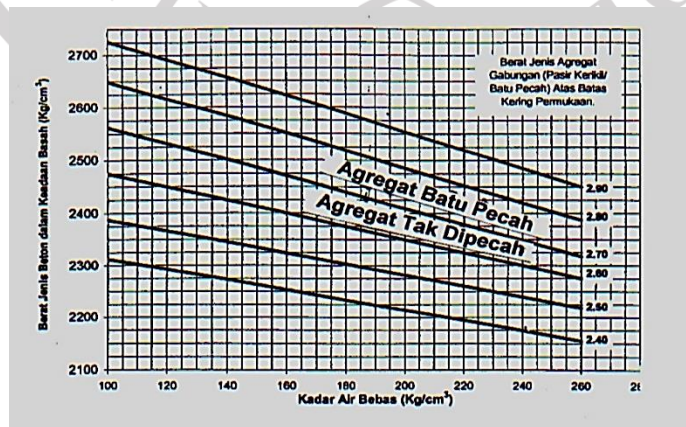
BJ agregat kasar = Berat jenis agregat kasar

%AH = Persentase agregat halus

%AK = Persentase agregat kasar

(Sumber : Balitbang P.P.W.,2000)

n. Mencari Nilai Berat Isi Beton Dengan Menggunakan Gambar 2.3.



Gambar 2. 3 Grafik Perkiraan Berat Beton Basah Yang Telah Selesai Dipadatkan

o. Penyesuaian Kebutuhan Semen

Apabila kebutuhan semen yang diperoleh dari no 10 ternyata lebih sedikit dari kebutuhan minimum no 11 maka kebutuhan semen harus dipakai yang minimum nilainya lebih besar.

p. Penyesuaian Jumlah Air Atau F.A.S

Jika semen ada perubahan akibat langkah 12 maka nilai f.a.s berubah.

Dalam hal ini dapat dilakukan dengan 2 cara :

1. Pertama, faktor air semen dihitung kembali dengan cara membagi jumlah air dengan jumlah semen minimum.
2. Kedua, jumlah air disesuaikan dengan mengalikan jumlah semen minimum dengan faktor air semen.

Catatan : cara pertama akan menurunkan faktor air semen, sedangkan cara kedua akan menaikkan jumlah air yang diperlukan.

6. Penentuan Daerah Gradasi Agregat Halus

Berdasarkan gradasinya (hasil analisis ayakan) agregat halus yang akan dipakai diklasifikasikan menjadi 4 daerah. Penentuan daerah gradasi tersebut didasarkan atas grafik gradasi yang ada dalam tabel berikut :

Tabel 2. 12 Batas Gradasi Pasir

Lubang Ayakan (mm)	Persen butir yang lewat ayakan			
	Gradasi No. 1	Gradasi No. 2	Gradasi No.3	Gradasi No.4
9,5	100	100	100	100
4,75	90-100	90-100	90-100	95-100
2,36	60-95	75-100	85-100	95-100
1,18	30-70	55-90	75-100	90-100
0,6	15-34	35-59	60-79	80-90
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

7. Berat Jenis Agregat Campuran

Berat jenis agregat campuran dapat dihitung dengan rumus

$$Bj \text{ campuran} = P100 \times bj \text{ agregat halus} + K100 \times bj \text{ agregat kasar}$$

Dengan :

Bj campuran = berat jenis agregat campuran kg/m³.

Bj agr halus = berat jenis agregat halus kg/m³.

Bj agr kasar = berat jenis agregat kasar kg/m³.

P = persentase agregat halus terhadap agregat kasar (%).

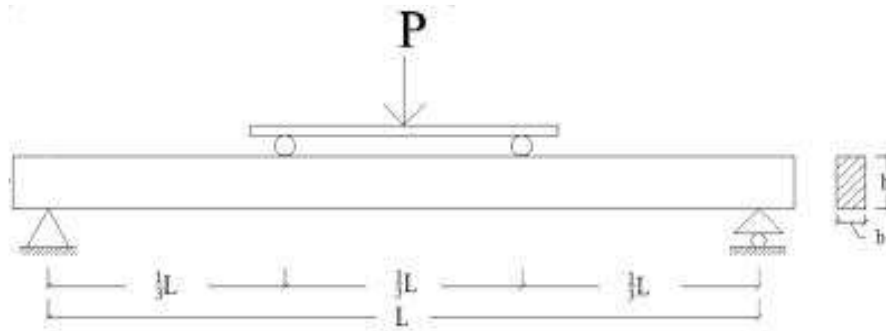
K = persentase agregat kasar terhadap agregat halus (%).

8. Kuat Lentur Balok Beton

Balok beton adalah bagian dari struktur yang berfungsi untuk menopang lantai di atasnya dan balok juga berfungsi sebagai penyalur momen menuju kolom-kolom. Balok dikenal berupa momen lentur dan juga geser.

Perkerasan kaku merupakan perkerasan jalan yang menggunakan beton sebagai bahan utama dalam pekerjaan perkerasan. Dalam pekerjaan perkerasan jalan kaku terdapat salah satu parameter dalam perencanaannya yaitu kuat tarik lentur beton. Untuk mengetahui kuat tarik lentur beton pada perkerasan kaku dapat dihitung dari hasil kuat tekan beton, menggunakan rumus empirik yang diperoleh dari korelasi kuat tekan beton dan kuat tarik lentur beton. Kuat tekan beton yang digunakan untuk menghitung kuat tarik lentur beton diperoleh dari uji kuat tekan beton hasil core drill pada perkerasan tersebut. Kuat lentur balok beton adalah kemampuan balok beton yang diletakkan pada dua perletakan untuk menahan gaya dengan arah tegak lurus sumbu benda uji, sampai benda uji patah dan dinyatakan dalam MPa gaya tiap satuan

luas. (SNI 03-4431-1997). Sketsa pengujian kuat lentur balok dapat ditunjukkan seperti pada Gambar 2.4.



Gambar 2. 4 Pengujian Kuat Lentur Balok (Sumber : SNI 4431-2011)

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

- a. Pengujian dimana patahnya benda uji ada di daerah pusat (1/3 jarak titik perletakan) di bagian tarik dari beton, maka kuat lentur beton dihitung menurut persamaan :

$$\sigma_i = \frac{P.L}{b.h^2} \dots\dots\dots 2.7$$

- b. Pengujian dimana patahnya benda uji ada di luar pusat (diluar daerah 1/3 jarak titik perletakan) di bagian tarik beton, dan jarak antara titik pusat dan titik patah kurang dari 5% dari panjang titik perletakan, maka kuat lentur beton dihitung menurut persamaan :

$$\sigma_i = \frac{P.L}{b.h^2} \dots\dots\dots 2.8$$

Keterangan :

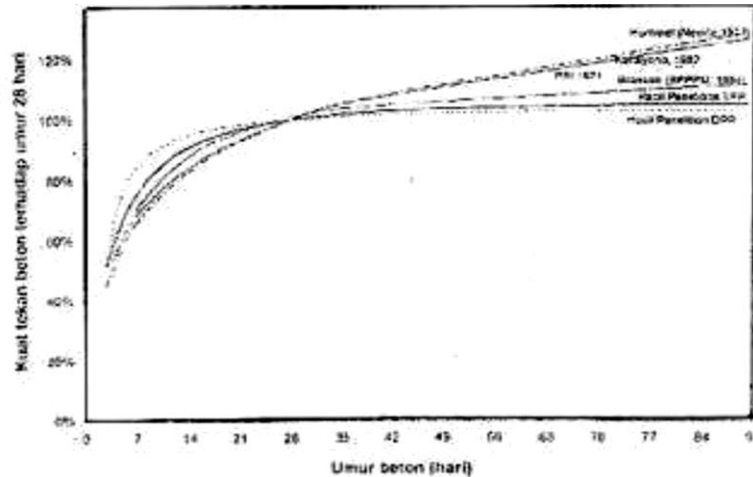
σ_1 = Kuat lentur balok beton (MPa)

- P = Beban maksimum yang mengakibatkan keruntuhan balok uji (N)
- l = Panjang bentang di antara kedua blok tumpuan (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 daribentang (mm).

9. Umur Beton

Kekuatan tekan beton akan bertambah dengan naiknya umur beton. Kekuatan beton akan naiknya secara cepat (linier) sampai umur 28 hari, tetapi setelah itu kenaikannya akan kecil. Kekuatan tekan beton pada kasus-kasus tertentu terus akan bertambah sampai beberapa tahun dimuka. Biasanya kekuatan tekan rencana beton dihitung pada umur 28 hari. Untuk struktur yang menghendaki kekuatan awal tinggi, maka campuran dikombinasikan dengan semen khusus atau ditambah dengan bahan tambah kimia dengan tetap menggunakan jenis semen tipe 1 (OPC-I).

Laju kenaikan umur beton sangat tergantung dari penggunaan bahan penyusunnya yang paling utama adalah penggunaan bahan semen karena semen cenderung secara langsung memperbaiki kinerja tekannya. (Teknologi Beton, Ir. Tri Mulyono, MT, 2004:137-138). Kekuatan beton pada umur 28 hari dianggap telah mencapai 100%, Hubungan antara umur beton dan kekuatan beton dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 2. 5 Umur Beton (Sumber : SNI 03-2834-2000)

Pada tahap ini langkah yang harus dilakukan adalah membuat rancangan campuran beton dengan menggunakan metode SNI 03-2493-1991 tentang Metode Pembuatan dan Perawatan Benda Uji Beton di laboratorium yang berlaku untuk balok uji lentur dengan panjang balok empat kali lebar balok, tinggi balok lebih besar dari lebar balok untuk lebar balok 150 mm

10. Prosedur Pengujian di Laboratorium

Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar Serta Agregat Halus. Dalam pengujian ini terdapat beberapa prosedur kerja yang harus diikuti 29 sesuai langkah-langkah kerja sesuai dengan acuan yang dipakai, sehingga pengujian yang dilakukan menghasilkan nilai yang sebenarnya.

11. Perawatan Beton

Perawatan beton (*curing*) adalah suatu proses untuk menjaga tingkat kelembaban dan temperatur ideal untuk mencegah hidrasi terjadi secara berkelanjutan. *Curing* secara umum dipahami sebagai perawatan beton, yang

bertujuan untuk menjaga supaya beton tidak terlalu cepat kehilangan air, atau sebagai tindakan menjaga kelembaban dan suhu beton, segeralah setelah proses *finishing* beton selesai dan waktu total setting tercapai. Tujuan pelaksanaan *curing* atau perawatan beton adalah memastikan reaksi hidrasi senyawa semen termasuk bahan tambahan atau pengganti supaya dapat berlangsung secara optimal sehingga mutu beton yang diharapkan dapat tercapai, dan menjaga supaya tidak terjadi susut yang berlebihan pada beton akibat kehilangan kelembaban yang terlalu cepat atau tidak seragam, sehingga dapat menyebabkan retak.

Pelaksanaan *Curing* atau perawatan beton dilakukan segera setelah beton mengalami atau memasuki fase *hardening* (untuk permukaan beton yang terbuka) atau setelah pembukaan cetakan/ acuan/ *bekisting*, selama durasi tertentu yang dimaksudkan untuk memastikan terjaganya kondisi yang diperlukan untuk proses reaksi senyawa kimia yang terkandung dalam campuran beton. Lamanya curing sekitar 7 hari berturut-turut mulai hari kedua setelah pengecoran. Menurut SNI 03-2493-1991, perawatan benda uji harus memenuhi ketentuan sebagai berikut :

a. Penutupan Setelah Penyelesaian

Untuk menjaga penguapan air dari beton segar, benda uji setelah diselesaikan/ dilicinkan harus ditutup dengan bahan yang tidak mudah menyerap air, tidak reaktif dan mudah digunakan, tetapi juga harus dapat menjaga kelembaban sampai saat contoh uji dilepas dari cetakan. Bila digunakan lembaran plastik tersebut dihindarkan melebihi permukaan dari seluruh benda uji untuk menjaga kelembabannya. Permukaan cetakan bagian luar harus dijaga jangan sampai

berhubungan langsung dengan air selama 24 jam pertama setelah beton dicetak, sebab dapat merubah air dalam adukan dan menyebabkan rusaknya benda uji.

b. Pelepasan Benda Uji Cetakan

Lepaslah benda uji dari cetakan setelah 20 jam dan jangan lebih 48 jam setelah pencetakan.

c. Perawatan Benda Uji

Jika tidak ditentukan dengan cara lain, rendamlah seluruh benda uji dalam air yang mempunyai suhu $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$ mulai pelepasan dari cetakan hingga saat pengujian dilakukan. Ruang penyimpanan harus bebas dari getaran terutama pada waktu 48 jam pertama setelah benda uji disimpan. Untuk pencetakan ulang, perlakuan kondisi perawatan harus sama seperti yang diuraikan di atas. Kondisi perawatan seperti ini juga dapat dilakukan dengan cara merendam di dalam air yang jenuh kapur juga dapat disimpan di dalam ruang lembab, dan benda uji harus di jaga dari tetesan air ataupun aliran mengalir.