

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian ini menggunakan abu serabut kelapa dan abu sekam padi sebagai substitusi semen pada campuran beton yang didasari oleh literatur atau referensi seelumnya berhubungan dengan objek pembahasan. Referensi ini bertujuan sebagai informasi dalam penentuan batasan-batasan terhadap pembahasan dari penelitian yang akan dikembangkan agar dapat menghasilkan hasil yang lebih baik dari literatur atau referensi penelitian terdahulu. Referensi penelitian terdahulu yang didapatkan dapat dilihat pada uraian berikut:

1. Hasil penelitian Nora Usrina, Rahma Karolina dan Johannes Tarigan (2020) berjudul “*Pengaruh Subtitusi Abu Serabut Kelapa (ASK) Dalam Campuran Beton*”. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sejauh mana pengaruh penggantian semen dengan abu serabut kelapa (ASK) terhadap waktu ikat semen, nilai *slump*, mutu kuat tekan beton dan kuat tarik belah beton. Metode yang dilakukan pada penelitian ini adalah kajian eksperimental yang berdasarkan SK SNI T-15-1990-03 tentang Tata Cara Pembuatan Beton Normal. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Beton Fakultas Teknik Departemen Teknik Sipil Universitas Sumatera Utara. Pada penelitian beton mutu rencana $f'c$ 20 Mpa ini menggunakan variasi substitusi abu serabut kelapa yang terdiri dari 1,5%, 3%, 4,5%, 6%, 7,5%, 9%, 10,5%, 12%, 13,5% dan 15% dari volume beton (Usrina, Karolina, & Johannes, 2020).

Hasil pengujian mendapatkan kuat tekan optimum dengan variasi abu serabut kelapa 1,5%. Menghasilkan nilai kuat tekan beton sebesar 23,32 Mpa, untuk waktu ikat semen akhir teradapat di variasi 9% dan nilai *slump* tertinggi di variasi 15% dengan tinggi 12 cm. Dari semua hasil pengujian yang didapatkan, yang memenuhi syarat mutu kuat tekan beton 20 Mpa terdapat pada variasi 1,5% dan 3%, selebihnya mengalami penurunan.

2. Hasil penelitian Amiwarti, Agus Setiobudi dan Apriko (2019) berjudul *“Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi dan Abu Serabut Kelapa Terhadap Kuat Tekan Beton K-225”*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui apakah abu sekam padi dan abu serabut kelapa dapat menjadi bahan alternatif campuran untuk menambah daya kuat tekan terhadap beton dan untuk mengetahui variasi optimum penggunaan abu sekam padi dan abu serabut kelapa untuk beton. Metode yang dilakukan pada penelitian ini adalah studi literatur yang bertujuan untuk mempelajari landasan teori yang berkaitan langsung dengan permasalahan penelitian yang akan diteliti serta mencari cara penyelesaian yang dihadapi dengan melakukan pengujian kuat tekan beton. Pengujian kuat tekan beton dilaksanakan di Laboratorium PT Perkasa Adiguna Sembada Kota Palembang Sumatera Selatan. Pada penelitian kuat tekan beton menggunakan variasi campuran abu sekam padi dan abu serabut kelapa sebanyak 0%+0%, 1%+1%, 2%+2% dan 3%+3%. Hasil pengujian mendapatkan kuat tekan optimum dengan variasi abu serabut kelapa 3%+3%. Menghasilkan nilai kuat tekan beton sebesar 315,17 kg/cm². Dari hasil pengujian yang didapatkan, yang memenuhi syarat mutu kuat tekan beton umur 28 hari variasi campuran 25+2% dan 3%+3% mengalami peningkatan dibandingkan dengan beton normal. Ini menunjukkan bahwa penambahan abu sekam padi dan abu serabut kelapa mengalami peningkatan pada beton normal K-225 pada umur 28 hari (Amiwarti, Setiobudi, & Apriko, 2019).
3. Hasil penelitian Eduardi Prahara, Gouw Tjie Liong dan Rachmansyah (2015) berjudul *“Analisa Pengaruh Penggunaan Serat Serabut Kelapa Dalam Persentase Tertentu Pada Beton Mutu Tinggi”*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pemanfaatan abu-abu serabut kelapa sebagai substitusi sebagian semen pada pembuatan beton dan juga untuk mengetahui jumlah optimum abu serabut kelapa sebagai substitusi sebaaian semen untuk meningkatkan sifat-sifat mekanik beton, khususnya kuat tekan. Metode yang dilakukan pada penelitian terdiri dari 2 tahapan, pada tahapan pertama akan dilakukan studi literatur untuk mempelajari dasar-dasar teori yang berhubungan dengan penelitian yang akan

dilaksanakan serta memperhatikan riset-riset sejenis yang telah dilakukan sebagai acuan dalam melaksanakan penelitian. Selanjutnya dilakukan pemilihan bahan material yang akan dipergunakan dalam penelitian untuk kemudian dilakukan pengujian kelayakan terhadap material tersebut. Pada penelitian kekuatan beton mutu tinggi menggunakan variasi campuran abu serabut kelapa sebanyak 1,5%, 2%, 2,5% dan 3%.

Hasil pengujian mendapatkan kuat tekan optimum dengan variasi abu serabut kelapa 1,5%. Menghasilkan nilai kuat tekan beton sebesar 44,1 Mpa. Dari hasil pengujian yang didapatkan, yang memenuhi syarat mutu kuat tekan beton umur 28 hari hanyalah variasi campuran 1,5% yang mengalami peningkatan dibandingkan dengan beton normal. Ini menunjukkan bahwa penambahan abu serabut kelapa mengalami peningkatan pada beton mutu tinggi (Prahara, Liong, & Rachmansyah, 2015).

4. Hasil penelitian Hendramawat Aski, Marwahyudi dan Wahyu Aji Pamungkas (2021) berjudul "*Beton Ramah Lingkungan Dengan Abu Sekam Padi Sebagai Pengganti Sebagian Semen Pada Era New Normal*". Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan abu sekam padi agar dapat dimanfaatkan dengan maksimal untuk bahan campuran beton yang dapat meningkatkan kuat tekan beton itu sendiri. Metode yang digunakan adalah penelitian destruktif laboratis menggunakan sampel benda uji. Pada penelitian ini variasi abu sekam padi ditambah kedalam campuran sebesar 8%, 9%, 10%, 11% dan 12% yang diambil atau dikurangi dari berat semen.

Hasil pengujian mendapatkan kuat tekan optimum dengan variasi abu sekam padi 10%. Menghasilkan nilai kuat tekan beton sebesar 25,70 Mpa. Dari hasil pengujian yang didapatkan, yang memenuhi syarat mutu kuat tekan beton umur 28 hari terdapat variasi campuran 9% dan 10% yang mengalami peningkatan dibandingkan dengan beton normal. Ini menunjukkan bahwa penambahan abu sekam padi mengalami peningkatan pada mutu kuat tekan beton. (Safarizki, Marwahyudi, & Aji, 2021)

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Beton

Pengertian beton secara sederhana merupakan hasil pengerasan dari campuran semen, agregat kasar (batu pecah), agregat halus (pasir), air dengan atau tanpa bahan tambah. Menurut Tri Mulyono didalam bukunya yang berjudul "Teknologi Beton" beton merupakan fungsi dari bahan penyusunnya yang terdiri dari bahan semen hidrolis (*portland cement*), agregat kasar, agregat halus, air dan bahan tambah (*admixture* atau *additive*). Menurut Nawy, beton didefinisikan sebagai sekumpulan interaksi mekanis dan kimiawi dari material pembentuknya.

Beton menurut SNI-03-2847-2002 tentang Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung, pengertian beton adalah campuran antara semen *Portland* atau semen hidraulik lainnya, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk masa padat. Beton disusun dari agregat kasar dan agregat halus. Agregat halus yang digunakan biasanya adalah pasir alam maupun pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu, sedangkan agregat kasar yang dipakai biasanya berupa batu alam maupun batuan yang dihasilkan oleh industri pemecah batu.

2.2.2 Kekuatan Tekan Beton (f'_c)

Kekuatan tekan beton mengidentifikasi mutu dari sebuah struktur. Semakin tinggi tingkat kekuatan struktur yang dikehendaki, semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan. Kekuatan tekan beton dinotasikan sebagai berikut (PB,1989:16).

f'_c = Kekuatan tekan beton yang diisyaratkan (Mpa).

f_{ck} = Kekuatan tekan beton yang didapatkan dari hasil uji kubus 150 mm atau dari silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm (Mpa).

f_c = Kekuatan tarik dari hasil uji belah silinder beton (Mpa).

f'_{cr} = Kekuatan tekan beton rata-rata yang dibutuhkan, sebagai dasar pemilihan perancangan campuran beton (Mpa).

S = Deviasi standar (s) (Mpa).

Penggunaan mutu beton f'_c ini mengacu pada standar SNI 03-2847-2002 tentang Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung yang merujuk pada ACI (*American Concrete Institute*).

2.3 Material Penyusun Beton

2.3.1 Semen

Semen merupakan bahan campuran beton yang secara kimiawi aktif setelah berhubungan dengan air. Agregat tidak memainkan peranan yang penting dalam reaksi kimia tersebut, tetapi berfungsi sebagai bahan pengisi mineral yang dapat mencegah perubahan-perubahan volume beton setelah pengadukan selesai dan memperbaiki keawetan beton yang dihasilkan (Mulyono, Teknologi Beton, 2003). Pengertian semen sendiri secara umum diartikan sebagai bahan perekat yang memiliki sifat mampu mengikat bahan-bahan padat, menjadi satu kesatuan yang kompak dan kuat (Pangaribuan, 2013).

Berdasarkan SNI No.15-2049-2004 tentang Semen *Portland*, semen *portland* adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak (*clinker*) *portland* terutama yang terdiri dari kalsium silikat ($\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$) yang bersifat hidrolis dan digiling bersama-sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat ($\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lain. Karena didalam semen *portland* mengandung kalsium silikat ($\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$) dan kalsium sulfat ($\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) yang mempunyai sifat hidrolis ini berarti semen *portland* sangat cepat bereaksi dengan air. Reaksi yang terjadi antara semen dan air ini memiliki sifat *irreversible* yang berarti hanya terjadi satu kali dan tidak dapat kembali ke kondisi sebelumnya.

Fungsi utama semen adalah mengikat butir-butir agregat hingga membentuk suatu massa padat dan mengisi rongga-rongga udara di antara butir-butir agregat. Walaupun komposisi semen dalam beton hanya sekitar 10%, namun karena fungsinya sebagai bahan pengikat maka peranan semen menjadi penting.

Semen dapat dibedakan menjadi dua kelompok, yaitu: 1) semen non-hidrolik dan 2) semen hidrolik.

1. Semen non-hidrolik

Semen non-hidrolik tidak dapat mengikat dan mengeras di dalam air, akan tetapi dapat mengeras di udara. Contoh utama dari semen non-hidrolik adalah kapur. Jenis kapur yang baik adalah kapur putih, yaitu yang mengandung kalsium oksida yang tinggi ketika masih berbentuk kapur tohor (belum berhubungan dengan air) dan akan mengandung banyak kalsium hidroksida ketika telah berhubungan dengan air.

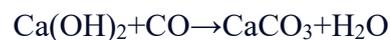
Kapur tersebut dihasilkan dengan membakar batu kapur atau kalsium karbonat bersama beserta bahan-bahan pengotornya, yaitu magnesium, silikat, besi, alkali, alumina dan belerang. Proses pembakaran dilaksanakan dalam tungku tanur tinggi yang berbentuk vertikal atau tungku putar pada suhu 800°-1200° C. Kalsium karbonat terurai menjadi kalsium oksida dan karbon dioksida dengan reaksi kimia sebagai berikut.



Kalsium oksida yang terbentuk disebut kapur tohor dan jika berhubungan dengan air akan menjadi kalsium hidroksida serta panas. Reaksi kimianya adalah:



Proses ini dinamakan proses mematikan kapur (*slaking*) dan hasilnya, yaitu kalsium hidroksida, sering disebut sebagai kapur mati. Kapur mati didapatkan dengan menambahkan air secukupnya (sekitar sepertiga dari berat kapur tohor). Proses pengerasan berlangsung akibat reaksi karbondioksida dari udara dengan kapur mati. Reaksinya adalah sebagai berikut.



2. Semen hidrolik

Semen hidrolik mempunyai kemampuan untuk mengikat dan mengeras di dalam air. Contoh semen hidrolik antara lain kapur hidrolik, semen *pozzolan*, semen terak, semen alam, semen *portland*, semen *portland-pozzolan*, semen *portland* terak tanur tinggi, semen alumina dan semen ekspansif.

a. Kapur hidrolik

Sebagian besar (65%-75%) bahan kapur hidrolik terbuat dari batu gamping, yaitu kalsium karbonat beserta bahan pengikatnya berupa silica, alumina, magnesia dan oksida besi. Perawatan kapur hidrolik dimulai setelah 1 (satu) jam dan diakhiri setelah 15 (lima belas) jam. Kapur memiliki sifat umum seperti kekuatannya rendah, berat jenis rata-rata sebesar 1000 kg/m^3 , bersifat hidrolik, tidak menunjukkan pelapukan dan dapat terbawa arus.

b. Semen pozollan

Pozollan adalah sejenis bahan yang mengandung silisium atau aluminium, yang tidak mempunyai sifat penyemenan. Butirannya halus dan dapat bereaksi dengan kalsium hidroksida pada suhu ruang serta membentuk senyawa-senyawa yang mempunyai sifat-sifat semen.

Semen pozollan adalah bahan ikat yang mengandung silika amorf, yang apabila dicampur dengan kapur akan membentuk benda padat yang keras. Bahan yang mengandung pozollan adalah semen merah, abu terbang (*fly ash*) dan bubukan terak tanur tinggi (SK.SNI T-15-1990-03:2).

c. Semen terak

Semen terak adalah semen hidrolik yang sebagian besar terdiri dari satu campuran seragam serta kuat dari terak tanur kapur tinggi dan kapur tohor. Sekitar 60% beratnya berasal terak tanur tinggi. Campuran ini biasanya tidak dibakar. Terak tanur tinggi adalah suatu bahan non-metalik, yang sebagian besar terdiri dari silikat, alumina silikat, kalsium dan senyawa basa lainnya yang berbentuk dalam keadaan cair bersama-sama dengan besi dalam tanur tinggi.

d. Semen alam

Semen alam dihasilkan melalui pembakaran batu kapur yang mengandung lempung pada suhu lebih rendah dari suhu pengerasan yang kemudian digiling menjadi serbuk halus. Kadar silika, alumina dan oksida besi pada serbuk cukup untuk membuatnya bergabung dengan kalsium oksida sehingga membentuk senyawa kalsium silikat dan aluminat yang dapat dianggap mempunyai sifat hidrolik.

Semen alam yang dihasilkan biasanya mempunyai komposisi sebagai berikut:

- SiO₂ 22%-29%
- CaO 31%-57%
- MgO 1,5%-2,2%
- Fe₂O₃ 1,5%-3,2%
- Al₂O₃ 5,2%-8,8%

Semen alam tidak boleh digunakan di tempat yang terpapar langsung pada perubahan cuaca, tetapi dapat digunakan dalam adukan beton untuk konstruksi yang tidak memerlukan kekuatan tinggi.

e. Semen portland

Semen portland adalah bahan konstruksi yang paling banyak digunakan dalam pekerjaan beton. Menurut ASTM C-150,1985, semen portland didefinisikan sebagai semen hidrolis yang dihasilkan dengan menggiling klinker yang terdiri dari kalsium silikat hidrolis, yang umumnya mengandung satu atau lebih bentuk kalsium sulfat sebagai bahan tambahan yang digiling bersama-sama dengan bahan utamanya.

Semen *portland* memiliki sifat-sifat kimia dan juga fisika yang memiliki ciri sebagai berikut :

1. Sifat Kimia Semen

Semen *portland* dibuat dari berbagai serbuk mineral yang komposisi utamanya terdiri dari kalsium atau batu kapur (CaCO₃), aluminium oksida (Al₂O₃), pasir silikat (SiO₂) dan juga bijih besi (Fe₂O₃) serta senyawa-senyawa lain yang jumlahnya hanya persenan kecil dari jumlah semen yaitu, minor oksida yang terdiri dari : MgO, SO₃, K₂O, Na₂O.

Empat unsur yang paling penting dalam semen adalah :

- a. Trikalium Silikat (C3S) atau 3CaO.SiO₃, yang berpengaruh sebagai pengerasan awal sebelum mencapai usia 15 hari

- b. Dikalsium Silikat (C2S) atau $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$, yang memiliki pengaruh besar terhadap semen setelah mencapai umur sekitar 14-28 hari. C2S ini juga membuat semen mampu mengurangi besar susutan pengeringan.
- c. Trikalsium Aluminat (C3A) atau $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$, yang berpengaruh besar terhadap pengerasan setelah 24 jam.
- d. Tetrakalsium Aluminoforit (C4AF) atau $4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$, yang pengaruhnya masih kurang terhadap kekerasan semen.

2. Sifat Fisika Semen

a. Kehalusan Butir (*Fineness / Blaine*)

Kehalusan butir semen sangat mempengaruhi proses hidrasi. Semakin halus butiran semen maka proses hidrasina akan semakin cepat sehingga membuat semen memiliki kekuatan awal tinggi. Semakin tinggi kehalusan butir semen juga akan mengurangi *bleeding*, tetapi semen cenderung terjadi penyusutan yang besar dan mempermudah terjadinya retak susut pada beton.

b. Berat Jenis dan Berat Isi

Berat jenis semen sangat penting untuk diketahui karena BJ semen dapat dilihat kalitas semen tersebut. BJ semen berkisar antara $3,10\text{-}3,30\text{ gram/cm}^3$ dengan BJ rata-rata $3,15\text{ gram/cm}^3$. Berat isi gembur semen kurang lebih $1,1\text{ kg/liter}$, pada berat isi padat semen sebesar $1,5\text{ kg/liter}$.

c. Waktu Pengikatan

Waktu ikat adalah waktu yang diperlukan semen untuk mengeras mulai sejak semen bereaksi dengan air sampai semen mengeras dan memiliki kekuatan yang cukup untuk menahan tekanan. Waktu ikat semen ada dua, yaitu waktu ikat awal (*initial setting time*) yang berlangsung sekitar 1-2 jam, untuk tujuan tertentu terkadang dibutuhkan waktu *initial setting time* lebih dari 2 jam. Lalu ada waktu ikat akhir (*final setting time*) yang berlangsung selama +8 jam hingga beton mengeras. Waktu ikat ini sangat dipengaruhi oleh jumlah air dan lingkungan sekitar.

d. Kekekalan Bentuk

Kekekalan bentuk adalah sifat dari pasta semen yang telah mengeras, apabila pasta semen tersebut dibentuk dengan bentuk tertentu bentuknya tidak berubah. Kapur bebas yang terdapat didalam adukan akan mengikat air dan menimbulkan gaya yang bersifat ekspansif.

e. Kekuatan Semen

Kuat tekan semen sangat berpengaruh terhadap kuat tekan beton kuat tekan semen merupakan kemampuan semen dalam melakukan pengikatan sebagai bahan pengikat.

f. Pengikatan Awal Palsu

Pengikatan awal palsu merupakan pengikatan semen yang terjadi sebelum 60 menit, ketika semen sudah dicampur dengan air dan adonan semen menjadi kaku. Pengikatan ini sifatnya tidak mempengaruhi sifat semen yang lain. Pengikatan terjadi karena pengaruh *gips* yang ada pada semen tidak bekerja sebagaimana mestinya. Seharusnya fungsi *gips* pada semen adalah memperlambat pengikatan, tetapi dikarenakan *gips* yang terdapat dalam semen terurai menyebabkan mempercepatnya pengikatan awal.

3. Jenis dan Penggunaan

Semen portland yang digunakan dalam konstruksi sipil di Indonesia memenuhi syarat mutu yang telah ditetapkan. Menurut SNI 15-2049-2004- Semen Portland, semen portland dibagi menjadi 5 jenis, yaitu:

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

- e. Jenis V, yaitu semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan tinggi terhadap sulfat.

2.4.2 Air

Air merupakan bahan penyusun beton yang diperlukan untuk bereaksi dengan semen, yang juga berfungsi sebagai pemicu proses kimiawi semen, membasahi agregat dan memberikan kemudahan dalam pengerjaan beton. Proses hidrasi dalam beton segar membutuhkan air kurang lebih 25% dari berat semen yang digunakan. Dalam kenyataan, jika nilai faktor air semen kurang dari 35%, beton segar menjadi tidak dapat dikerjakan dengan sempurna, sehingga setelah mengeras beton yang dihasilkan menjadi keropos dan memiliki kekuatan yang rendah. Kelebihan air dari proses hidrasi diperlukan untuk syarat-syarat kekentalan (*consistency*), agar dapat dicapai suatu kelecakan (*workability*) yang baik. Kelebihan air ini selanjutnya akan menguap atau tertinggal di dalam beton yang sudah mengeras, sehingga menimbulkan pori-pori (*capillary poreous*).

Air adalah alat untuk mendapatkan kelecakan yang perlu untuk penggunaan beton. Jumlah air yang digunakan tentu tergantung pada sifat material yang digunakan. Air yang mengandung kotoran yang cukup banyak akan mengganggu proses pengerasan atau ketahanan beton. Ketentuan air yang digunakan dalam campuran beton bila berhubungan dengan air payau, air laut atau air siraman dari sumber-sumber tersebut, maka persyaratan faktor air semennya sebagai berikut.

Tabel 2.1 Ketentuan Minimum untuk Beton Kedap Air

Jenis Beton	Kondisi Lingkungan Berhubungan dengan	Faktor Air Semen Maksimum	Kadar Semen Minimum, kg/m ²	
			40 mm	20 mm
Beton Bertulang	Air Tawar	0,50	260	290
	Air Payau	0,45	320	360
	Air Laut			
Beton Pratekan	Air Tawar	0,50	300	300
	Air Payau	0,45	320	360
	Air Laut			

(Sumber : Mulyono, 2003)

Tabel 2.2 Persyaratan untuk Kondisi Lingkungan Khusus

Jenis Beton	Kondisi Lingkungan	Faktor Air Semen Maksimum, Beton Normal	Kandungan semen minimum, kg/m ³ .			
			Ukuran agregat maksimum, mm			
			40	20	14	10
Bertulang	Ringan	0,65	220	250	270	290
	Sedang	0,55	260	290	320	340
	Berat	0,45	320	360	390	410
Pratekan	Ringan	0,65	300	300	300	300
	Sedang	0,55	300	300	320	340
	Berat	0,45	320	360	390	410
Tidak Bertulang	Ringan	0,65	200	220	250	270
	Sedang	0,55	220	250	280	300
	Berat	0,45	270	310	330	360

(Sumber: Mulyono, 2003)

Keterangan Kondisi lingkungan :

- Ringan = Terlindung sepenuhnya dari cuaca atau kondisi agresif, kecuali sesaat pada waktu konstruksi terbuka terhadap cuaca normal
- Sedang = Terlindung dari hujan deras, beton yang tertanam dan beton yang selamanya terendam air.
- Berat = Terbuka terhadap air laut, air payau, hujan yang lebat dan keras, pergantian antara basah dan kering. Mengalami kondensasi yang berat atau uap yang korosif.

Pengaruh kotoran secara umum dapat menyebabkan:

1. Gangguan pada hidrasi dan pengikatan.
2. Gangguan pada kekuatan dan ketahanan.
3. Perubahan volume yang dapat menyebabkan keretakan.
4. Korosi pada tulangan baja maupun kehancuran beton.
5. Bercak-bercak pada campuran beton.

SNI 03-2847-2002 tentang Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung, menjelaskan 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 organis lainnya yang dapat merusak beton atau tulangnya.

Hal-hal yang perlu diperhatikan pada air, yang akan digunakan sebagai bahan pencampur beton, meliputi kandungan lumpur maksimal 2 gr/lt, kandungan garam-garam yang dapat merusak beton maksimal 15 gr/lt, tidak mengandung klorida lebih dari 0,5 gr/lt, serta kandungan senyawa sulfat maksimal 1 gr/lt. Secara umum, air dinyatakan memenuhi syarat untuk dipakai sebagai bahan pencampur beton, apabila dapat menghasilkan beton dengan kekuatan lebih dari 90% kekuatan beton yang menggunakan air suling (Tjokrodinuljo, 1996).

Secara praktis, air yang baik untuk digunakan sebagai bahan campuran beton adalah air yang layak diminum, tidak berwarna, tidak berbau, dan tidak berasa. Selain untuk reaksi pengikatan, dapat juga untuk perawatan sesudah beton dituang. Air untuk perawatan (*curing*) harus memiliki syarat-syarat yang lebih tinggi dari air untuk pembuatan beton. Keasamannya tidak boleh PHnya > 6 , juga tidak dibolehkan terlalu sedikit mengandung kapur.

2.4.3 Agregat

Agregat adalah suatu bahan yang berasal dari butir-butir batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lain, baik yang berasal dari alam maupun buatan yang berbentuk mineral padat berupa ukuran besar maupun kecil. Kandungan agregat dalam campuran beton biasanya sangat tinggi, komposisi agregat tersebut berkisar 60% - 70% dari berat campuran beton. Walaupun fungsinya hanya sebagai pengisi, tetapi karena komposisinya yang cukup besar, agregat menjadi komponen penting (Tri Mulyono, 2003).

Faktor lain yang perlu diperhatikan adalah gradasi atau distribusi ukuran butir agregat, karena bila butir-butir agregat mempunyai ukuran yang seragam berakibat volume pori lebih besar tetapi bila ukuran butirnya bervariasi maka volume pori menjadi kecil. Hal ini disebabkan butir yang lebih kecil akan mengisi

pori di antara butiran yang lebih besar. Agregat sebagai bahan penyusun beton diharapkan mempunyai kemampuan yang tinggi, sehingga volume pori dan bahan pengikat yang dibutuhkan lebih sedikit.

SNI 03-2834-1992 mengklasifikasikan distribusi ukuran butiran agregat halus menjadi empat daerah atau *zone* yaitu : *zone* I (kasar), *zone* II (agak kasar), *zone* III (agak halus) dan *zone* IV (halus) sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2.3 dan distribusi agregat kasar yang ditunjukkan pada Tabel 2.4:

Tabel 2.3 Batas-batas gradasi agregat halus (SNI 03-2834-1992)

Ukuran Saringan	Persentase Berat yang Lolos Saringan			
	Gradasi Zona I	Gradasi Zona II	Gradasi Zona III	Gradasi Zona IV
9,6 mm	100	100	100	100
4,80 mm	90-100	90-100	90-100	95-100
2,40 mm	60-95	75-100	85-100	95-100
1,20 mm	30-70	55-90	75-100	90-100
0,60 mm	15-34	35-59	60-79	80-100
0,30 mm	5-20	8-30	12-40	15-50
0,15 mm	0-10	0-10	0-10	0-15

(Sumber : SNI 03-2834-1992)

Tabel 2.4 Batas-batas gradasi agregat kasar (SNI 03-2834-1992)

Ukuran Saringan	Persentase Berat yang Lolos Saringan	
	5 mm - 38 mm	5 mm - 18 mm
38,0 mm	90-100	100
19,0 mm	35-70	90-100
9,6 mm	10-40	50-85
4,8 mm	0-5	0-10

(Sumber : SNI 03-2834-1992)

Ukuran agregat pada umumnya digolongkan menjadi kedalam 3 kelompok, yaitu:

1. Batu, jika ukuran butiran lebih dari 40 mm.
2. Kerikil, jika ukuran butiran antara 40 mm sampai 5 mm.
3. Pasir, jika ukuran butiran antara 5 mm sampai 0,15 mm.

Menurut Persyaratan Umum Bahan Bangunan, agregat kasar di Indonesia perlu diuji ketahanannya terhadap keausan dengan mesin Los Angeles. Persyaratan mengenai ketahanan agregat kasar beton terhadap keausan ditunjukkan di tabel 2.5.

Tabel 2.5 Persyaratan kekasaran agregat kasar (SNI 03-2834-1992)

Kekuatan Beton	Maksimum Bagian yang Hancur Dengan mesin Los Angeles, Lolos Ayakan 1,7 mm (%)
Kelas I (sampai 10 Mpa)	50
Kelas II, (10 Mpa – 20 Mpa)	40
Kelas III (diatas 20 Mpa)	27

(Sumber : SNI 03-2834-1992)

2.4.4 Abu Sekam Padi (ASP)

Abu sekam padi (*rice husk ash*) merupakan limbah dari sisa hasil penggilingan padi yang kemudian dibakar pada suhu tinggi (600°C – 800°C) hingga berubah menjadi abu. Abu sekam padi memiliki kandungan kimia yang terdiri dari SiO_2 sebanyak 86,90% - 97,30%, K_2O sebanyak 0,58% - 2,50%, Na_2O 0,00% - 1,75%, CaO 0,20% - 1,50%, MgO 0,12% - 1,96%, Fe_2O_3 0,00% - 0,54% dan SO_3 sebanyak 0,10% - 1,13%. Kandungan SiO_2 atau silika yang tinggi pada abu sekam padi membuatnya memiliki potensi yang besar sebagai sumber silika pada pembuatan bahan berbasis silika, yang pada umumnya menggunakan pasir kuarsa. (Coniwanti, 2008).

Abu sekam padi merupakan bahan tambah berupa pozzollan termasuk bahan tambah mineral yang digunakan untuk memperbaiki kinerja beton dan mengurangi

komposisi semen sehingga penggunaan semen tidak terlalu banyak. Bahan tambah yang digunakan dalam penelitian ini adalah abu sekam padi dimana sekam padi didapatkan dari limbah pembakaran batu bata (Dian Fathur Rahman, 2017).



Gambar 2.1 Abu Sekam Padi

Tabel 2.6 Perbandingan Kandungan Kimia Antara Abu Sekam Padi dan Semen

Semen	Abu Sekam Padi
SiO ₂	SiO ₂ (97,30%)
CaO	CaO (0,20%)
MgO	MgO (1,96%)
Fe ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃ (2,74%)
Al ₂ O ₃	-

(Sumber : Mulyono dan Coniwanti, 2008)

2.4.5 Abu Serabut Kelapa (ASK)

Serabut kelapa mengandung unsur kalium sebesar 10,25%, sehingga dapat menjadi alternatif sumber kalium organik dari alam. Serabut kelapa mempunyai tekstur permukaan serat yang lebih kasar daripada kaca, sehingga ikatannya dengan pasta semen akan lebih kuat untuk dapat mengisi rongga pada beton.

Limbah abu serabut kelapa terdiri dari unsur organik seperti serat selulosa dan lignin. Disamping itu, limbah ini juga mengandung mineral yang terdiri dari silika (SiO₂), alumina (Al₂O₃) dan oksida-oksida besi (Fe₂O₃). SiO₂ dalam abu

serabut kelapa merupakan hal yang paling penting karena dapat bereaksi dengan kapur dan air (Andika Setiawan dan Team, 2013).

Menurut Soroushian dan Bayasi (1987) serta menurut Tjokrodimuljo (1996), bahwa serabut kelapa serta gelas/kaca bisa dijadikan material serat pada adukan beton. Akan tetapi, kekuatan dan keuletan serabut kelapa lebih tinggi daripada kaca (kaca lebih getas daripada serabut kelapa).

Serabut kelapa memiliki daya serap air yang cukup tinggi yaitu sekitar 8-9 kali dari massanya, dan mampu menyerap air di sekitarnya. Selain itu, serabut kelapa mengandung kadar garam yang rendah sehingga bebas dari bakteri dan jamur (Anonim, 2008). Serabut kelapa memiliki sifat fisik yaitu memiliki porositas 95% dan densitas kamba atau *bulk density* $\pm 0,25$ gram/ml (Manzen dan Van Holm, 1993).



Gambar 2.2 Abu Serabut Kelapa

Tabel 2.7 Perbandingan Kandungan Kimia Antara Abu Serabut Kelapa dan Semen

Semen	Abu Serabut kelapa
SiO ₂	SiO ₂ (43,90%)
Al ₂ O ₃	Al ₂ O ₃ (2,99%)
Fe ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃ (2,11%)
MgO	MgO (4,35%)
CaO	CaO (6,72%)

(Sumber : Mulyono dan Andika Setiawan, 2013)

2.5 *Slump Test*

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

1. Kelekatan adukan pasta semen (*cohesiveness*)
2. Kemampuan alir beton segar (*flowability*)
3. Homogenitas atau rata-rata campuran adukan beton segar (*homogeneity*)
4. Kemampuan beton segar dalam mempertahankan rata-rata dan kelekatan jika dipindahkan dengan alat pengangkut (*mobility*)
5. Mengindikasikan apakah beton segar masih dalam kondisi plastis (*plasticity*).

Slump test beton segar harus dilakukan sebelum beton segar akan dituangkan ke dalam cetakan (acuan) dan apabila terindikasi plastisitas beton segar mengalami penurunan cukup banyak, untuk menentukan apakah beton segar tersebut layak dipakai atau tidak. *Slump test* dilakukan dengan mengacu pada aturan yang telah ditetapkan pada dua aturan standar, yaitu SNI 1972-2008 : Cara Uji Slump Beton dan PBI 1971 N.1-2 : Peraturan Beton Bertulang Indonesia.

1. Pengukuran *slump* berdasarkan peraturan SNI 1972-2008 dengan alat adalah sebagai berikut:
 - a. Kerucut Abrams: Kerucut terpancung, dengan bagian atas dan bawah terbuka.
 - Diameter atas 10 cm
 - Diameter bawah 20 cm
 - Tinggi 30 cm
 - b. Batang besi penusuk:
 - Diameter 16 mm
 - Panjang 60 cm
 - Ujung dibulatkan
 - c. Alas: rata, tidak menyerap air

2. Pengukuran slump berdasarkan peraturan PBI N.1-2 dengan alat adalah sebagai berikut:
 - a. Kerucut Abrams
 - Kerucut terpancung, dengan bagian atas dan bawah terbuka
 - Diameter atas 102 mm
 - Diameter bawah 203 mm
 - Tinggi 305 mm
 - Tebal plat min 1,5 mm
 - b. Batang besi penusuk:
 - Diameter 16 mm
 - Panjang 60 cm
 - Memiliki salah satu atau kedua ujung berbentuk bulat setengah bola dengan diameter 16 mm.
 - c. Alas: datar, dalam kondisi lembab, tidak menyerap air dan kaku.

2.6 Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton adalah besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan. Kekuatan tekan merupakan salah satu kinerja utama beton. Nilai kekuatan beton diketahui dengan melakukan pengujian kuat tekan terhadap benda uji silinder ataupun kubus pada umur 28 hari yang dibebani dengan gaya tekan sampai mencapai beban maksimum (Fadli M. Van Gobel, 2017).

1. Kuat tekan beton merupakan meter utama yang wajib diketahui dan dapat memberikan informasi tentang hampir semua sifat-sifat mekanis yang lain dari beton tersebut. Kuat tekan beton dipengaruhi oleh sejumlah faktor selain oleh perbandingan faktor air semen (f.a.s) dan tingkat pematatannya. Faktor-faktor tersebut antara lain adalah jenis semen dan kualitasnya, jenis dan bentuk permukaan agregat, efisiensi peralatan, faktor umur dan mutu agregat.

2.7 Perawatan Beton (*Curing*)

Perawatan beton bertujuan untuk memelihara beton dalam kondisi tertentu pasca-pembukaan bekisting (*demoulding of form work*) agar optimasi kekuatan beton dapat dicapai mendekati kekuatan yang telah direncanakan. Pengendalian suhu dan kelembaban didalam beton sangat penting, karena dua hal tersebut berpengaruh secara langsung terhadap sifat-sifat beton. Pengukuran *curing* mencegah air hilang dari adukan dan membuat hidrasi semen lebih optimal. Untuk memaksimalkan mutu beton perlu ditetapkan pengukuran *curing* sesegera mungkin setelah beton dicetak. *Curing* beton merupakan hal kritis untuk membuat permukaan beton yang kuat.

Perawatan beton merupakan prosedur yang digunakan untuk membantu mempercepat proses hidrasi beton, menjaga kestabilan temperatur, dan perubahan kelembaban di dalam maupun di luar beton itu sendiri. Bila terjadi kekurangan/kehilangan air maka proses hidrasi akan terganggu/terhenti dan dapat mengakibatkan terjadinya penurunan perkembangan kekuatan beton, terutama penurunan kuat tekan (Lubis dalam Indrayurmansyah, 2001).

Penurunan kualitas atau kuat tekan beton sendiri seharusnya, masih dalam dalam batas-batas toleransi dan memenuhi kondisi batas struktur dimana kondisi batas merupakan fungsi dari kekuatan(*strength*),kemampulayanan (*serviceability*), stabil (*stable*), berumur panjang (*durable*), dan sebagainya.

Curing yang baik berarti penguapan dapat dikurangi atau dicegah, berikut merupakan macam-macam *curing*:

1. *Water Curing*

Water curing merupakan jenis perawatan pada beton dengan metode yang paling mudah dan umum dilakukan di lapangan. Metode ini sangat cocok untuk konstruksi rumah dan tidak memerlukan infrastruktur atau keahlian khusus.

Untuk mencegah penguapan air yang cepat serta menghemat penggunaan air perlu dilakukan pengukuran air pada produk semen serta beton harus dilindungi dari paparan cahaya matahari langsung dan angin.

Caranya dapat dengan menutup beton dengan pasir, serbuk gergaji, terpal ataupun dedaunan ketika beton selesai dilakukan penyiraman. Jika proses hidrasi secara dini berakhir akibat kelebihan panas (tanpa *curing*), air yang disiram pada beton yang sudah mengalami hidrasi dini tersebut tidak akan mengaktifkan kembali proses hidrasi, akan kehilangan kekuatan secara permanen.

2. *Membrane Curing*

Membrane curing merupakan perawatan beton dengan menggunakan metode membrane, metode ini digunakan apabila pembuatan beton berada pada wilayah yang sulit untuk mengakses air. Caranya adalah dengan melakukan pelapisan dengan membrane. Tujuannya untuk mencegah air pada beton agar tidak menguap dengan cepat.

3. *Curing* uap panas

Curing uap panas biasanya hanya digunakan pada pabrik yang memproduksi produk beton secara massal. Sistem *curing* uap panas tergolong mahal dan membutuhkan banyak energy untuk membangkitkan panas yang dibutuhkan untuk uap panas. Produk *curing* uap panas dapat digunakan setelah kira-kira 24-36 jam setelah produksi, yang mempunyai keunggulan dibandingkan *curing* sistem lainnya.

2.8 Pengujian Beton

Berikut ini merupakan macam-macam pengujian pembuatan beton :

1. Uji validitas data

Validitas adalah tingkat kendala dari kestabilan alat ukur yang digunakan. Instrument dikatakan valid apabila menunjukkan alat ukur yang dipergunakan untuk mendapatkan data itu valid atau dapat digunakan untuk mengukur apa yang seharusnya diukur. Dengan demikian, instrumen yang valid merupakan instrumen yang benar-benar tepat untuk mengukur apa yang hendak diukur.

Analisa data kuat tekan dan penyerapan air beton dilakukan dengan menggunakan program computer, yaitu *Microsoft Excel*, adapun analisis yang akan dilakukan secara variabel dan persamaan hubungannya.

2. Uji korelasi

Anailisis korelasi adalah metode statistika yang digunakan untuk menentukan kuatnya data derajat hubungan linier antara dua variabel atau lebih. Semakin nyatanya hubungan garis lurus, maka semakin tinggi hubungan garis lurus antara kedua variabel atau lebih tersebut. Hubungan garis lurus ini dinamakan koefisien korelasi. Korelasi menyatakan hubungan antara dua variabel tanpa memperhatikan variabel mana yang menjadi perubahan. Karena itu hubungan korelasi masih belum dapat dikatakan sebagai hubungan korelasi masih belum dapat dikatakan sebagai sebab - akibat.

Hubungan antar variabel dinyatakan dalam koefisien korelasi. Koefisien korelasi dapat diketahui berdasarkan penyebaran titik-titik pertemuan antara dua variabel, misalnya X dan Y yang digambarkan dalam diagram pencar. Dari diagram tersebut akan diperoleh nilai koefisien korelasi (r). Untuk mengetahui kuat atau tidaknya hubungan antar variabel berdasarkan nilai koefisien korelasi (r) yang didapat.