

## Bab II Kajian Literatur

### II.1 Beton

Beton adalah material yang digunakan untuk keperluan struktural yang terbuat dari campuran semen, agregat halus (pasir), agregat kasar (kerikil) dan air, setelah semua bahan tercampur akan terjadi hidrasi yang membuat material tersebut mengeras (Sumajouw dkk., 2014). Material beton digunakan pada konstruksi seperti jalan, rumah, jembatan, gedung pencakar langit, drainase, bendungan, dan bahkan silo rudal. Beton adalah material yang paling sering digunakan dalam konstruksi karena mempunyai keunggulan dibandingkan dengan material bangunan lain (Pane dkk., 2015), seperti:

- a. Dapat dibentuk sesuai kebutuhan.
- b. Kualitas yang dapat ditentukan sesuai kebutuhan.
- c. Kuat tekan yang cukup tinggi bahkan sebelum digabungkan dengan tulangan baja.
- d. Ketahanan terhadap suhu tinggi sehingga struktur tidak langsung roboh jika terjadi kebakaran.
- e. Harga dapat menjadi murah apabila bahan-bahan dasar banyak tersedia atau harganya yang menurun.
- f. Pembuatannya yang relatif mudah karena bahan dasar mudah didapatkan.

Dari beberapa kelebihanannya, material beton juga mempunyai beberapa kekurangan seperti:

- a. Kuat tarik yang rendah, sehingga mudah terjadi retak.
- b. Tidak mudah untuk membuat struktur beton yang kedap air secara sempurna.
- c. Jika air yang digunakan sebagai bahan dasar memiliki kandungan garam dapat merusak beton.

Terdapat tiga kelas beton yang mempunyai kuat tekan yang berbeda (Karimah, 2017), seperti berikut:

a. Beton Kelas I

Beton kelas I memiliki mutu yang rendah sehingga penggunaan beton tersebut biasanya untuk pekerjaan non struktural. Mutu beton kelas I terdiri dari K-100, K-125, K-150, K-175, dan K-200.

b. Beton Kelas II

Beton kelas II memiliki mutu yang cukup untuk pekerjaan struktural secara umum. Mutu beton kelas II terdiri dari K-225, K-250, dan K-275.

c. Beton Kelas III

Beton kelas III memiliki mutu yang tinggi sehingga pekerjaannya memerlukan keahlian khusus. Mutu beton kelas III terdiri dari K-325, K-350, K-375, K-450, dan K-500.

Dalam penelitian ini, digunakan beton dengan mutu K-225 dikarenakan kelas beton tersebut sangat sering digunakan dalam pekerjaan konstruksi struktural umum seperti pembuatan kolom, balok, pelat, dinding, dan pekerjaan beton lainnya.

## **II.2 Material Pembentuk Beton**

Untuk mendapatkan beton dengan kualitas yang baik, maka perlu adanya pemilihan material/bahan yang baik sesuai dengan standar yang sudah ada. Untuk membuat material beton dibutuhkan material/bahan seperti semen, agregat halus, agregat kasar dan air. Pada umumnya pedoman yang digunakan sebagai ketentuan material yang baik adalah SNI (Standar Nasional Indonesia) dan ASTM (*American Standard for Testing and Materials*).

### **II.2.1. Semen**

Semen adalah bahan pengikat berupa bubuk halus yang dihasilkan dari campuran batu kapur, lempung dan bahan tambahan lainnya seperti pasir kuarsa atau batu silika (Adha, 2011). Semen adalah material dengan sifat hidrolis yang di mana saat material tersebut dicampur dengan air akan membentuk pasta yang akan mengeras,

tetapi setelah mengeras material tersebut menjadi tahan air. Ada 5 jenis semen yang mempunyai sifat dan fungsi yang berbeda seperti Semen Portland Tipe I yang sering digunakan untuk konstruksi umum, Semen Portland Tipe II yang tidak tahan dengan suhu tinggi karena digunakan untuk konstruksi ketahanan terhadap sulfat atau kalor hidrasi sedang, Semen Portland Tipe III yang memiliki daya tahan tinggi, Semen Portland Tipe IV yang penggunaannya memerlukan kalor hidrasi lebih rendah dari Tipe II, dan Semen Portland Tipe V yang memiliki ketahanan terhadap sulfat yang tinggi (SNI 15-2049-2004).

### **II.2.2. Agregat Halus**

Agregat halus adalah material *filler* yang dihasilkan dari pecahan batu menggunakan alat pemecah batu. Agregat halus atau pasir memiliki kriteria kelayakan yang telah lolos uji saringan nomor 4 atau saringan dengan ukuran 4,75 mm (ASTM C33). Terdapat tiga jenis pasir yaitu pasir galian, pasir sungai, dan pasir pantai. Masing-masing jenis pasir memiliki kriteria yang berbeda, seperti pada pasir galian yang memiliki bentuk yang tajam bersudut, berpori dan bebas dari kandungan garam walaupun biasanya harus dibersihkan dari kotoran tanah dengan jalan dicuci terlebih dahulu, pasir sungai yang berbutir halus, dan memiliki daya lekat yang kurang karena bentuknya yang bulan, kadang juga mengandung humus tergantung dari sungai tertentu, dan pasir pantai yang memiliki bentuk dan kriteria yang sama dengan pasir sungai tetapi merupakan salah satu jenis pasir yang tidak baik digunakan karena memiliki kandungan garam yang tinggi (Dumyati & Manalu, 2015). Adapun persyaratan agregat halus (Dumyati & Manalu, 2015), seperti:

- a. Butiran material keras dan tidak memiliki pori.
- b. Tidak hancur oleh pengaruh cuaca.
- c. Bebas dari bahan organik.
- d. Tidak mengandung lumpur lebih dari 5%.
- e. Tidak mengandung zat-zat reaktif terhadap alkali untuk keawetan beton.

### **II.2.3. Agregat Kasar**

Agregat kasar adalah material yang tertahan oleh saringan nomor 4 atau saringan dengan ukuran 4,75 mm (ASTM C33). Agregat kasar mempunyai pengaruh terhadap kekuatan akhir dan daya tahan beton terhadap disintegrasi, cuaca dan dampak-dampak perusak lainnya (Bumulo & Rusnadin, 2018). Agregat kasar biasanya berupa kerikil, batu pecah, kricak dan lainnya. Adapun persyaratan agregat kasar (Dumyati & Manalu, 2015), seperti:

- a. Material keras.
- b. Tidak hancur oleh pengaruh cuaca.
- c. Bebas dari bahan organik.
- d. Tidak mengandung lumpur dari 5%.
- e. Tidak mengandung zat-zat reaktif terhadap alkali untuk keawetan beton.

### **II.2.4. Air**

Air adalah salah satu material yang paling penting dalam pembuatan beton. Air berfungsi dalam proses hidrasi semen yang di mana proses tersebut material semen yang tercampur dengan air akan mengeluarkan kalor untuk mempercepat proses pengerasan semen yang digunakan sebagai pengikat agregat (Dumyati & Manalu, 2015). Jenis air yang baik dan boleh digunakan untuk pembuatan material beton berdasarkan SK SNI S-04-1989-F, seperti:

- a. Bersih, jernih, tidak berbau dan tidak berwarna.
- b. Tidak mengandung kotoran atau senyawa kimia.
- c. Tidak mengandung garam lebih dari 15 gram per liter air.
- d. Tidak mengandung senyawa klorida lebih dari 0.5 gram per liter air.
- e. Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram per liter air.

## **II.3 Limbah Cangkang Kerang *Pinctada maxima***

Banyaknya limbah cangkang kerang yang menumpuk pada daerah pesisir, seperti di Desa Bulan Kenjeran Surabaya berasal dari warga sekitar yang bekerja sebagai nelayan dan pengupas kerang, dan cangkang kerang yang terbawa oleh arus pantai menyebabkan pencemaran lingkungan yang cukup serius karena dapat menjadi

sarang hidupnya bakteri (Kurniasih dkk., 2017). Di daerah perairan Nusa Tenggara Barat juga merupakan tempat penangkaran dan budidaya kerang Mutiara, serta mayoritas pekerjaan masyarakat sekitar adalah nelayan. Kegunaan kerang mutiara pada daerah tersebut hanya untuk dikonsumsi dan pengambilan mutiaranya, sedangkan cangkang kerangnya hanya menjadi limbah. Tiap tahun provinsi Nusa Tenggara Barat menghasilkan 600 kg limbah cangkang kerang mutiara yang belum banyak dimanfaatkan oleh masyarakat sekitar (Rahayu dkk., 2018). Sebelumnya pada beberapa daerah limbah cangkang kerang dipergunakan sebagai kerajinan tangan oleh warga yang tinggal di daerah pesisir pantai dan hasil kerajinannya dijual kepada wisatawan maupun warga sekitar. Namun penggunaan cangkang kerang tidak hanya sebatas sebagai kerajinan. Pada penelitian ini akan diuji pengaruh penggunaan cangkang kerang *Pinctada maxima* sebagai pengganti agregat halus pada campuran beton terhadap kuat tekan beton.

#### **II.4 Cangkang Kerang sebagai Pengganti Agregat Halus**

Penggunaan cangkang kerang sebagai pengganti agregat halus pada pembuatan material beton adalah salah satu cara untuk mengurangi penggunaan pasir yang dapat berdampak pada eksploitasi sumber daya alam dan mengganggu keseimbangan alam. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Juliutomo dkk. (2018) menyatakan bahwa komposisi cangkang kerang *Pinctada maxima* atau kerang mutiara adalah CaO (kalsium oksida), SiO<sub>2</sub> (silikon dioksida), Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (ferioksida), MgO (magnesium oksida), dan Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (aluminium oksida). Persentase komposisi cangkang kerang dapat dilihat pada Tabel II.1. Pada penelitian yang dilakukan Basar dan Aksoy (2017), dapat dilihat bahwa komposisi senyawa kimia pada cangkang kerang mutiara hampir sama dengan cangkang kerang *Anadara granosa* atau kerang darah. Persentase komposisi cangkang kerang dapat dilihat pada Tabel II.1. Komposisi CaO dapat membantu material campuran beton lebih menyatu dan saling mengikat satu sama lain, dan karena bentuk dari cangkang kerang yang digunakan berupa agregat halus maka akan membantu mengisi rongga-rongga kosong hingga meningkatkan kuat tekan beton (Olivia & Oktaviani, 2017). Selain senyawa CaO, SiO<sub>2</sub> juga berperan dalam meningkatkan kuat tekan beton karena sifatnya yang membantu penyerapan air dalam beton.

Tabel II.1 Komposisi Kerang Mutiara, Semen Tipe I, dan Pasir

Bahan Analisa	Kadar Senyawa (%)				
	CaO	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
<i>Pinctada maxima</i> (Juliutomo dkk., 2018)	66,70	7,88	0,03	22,28	1,25
Semen Tipe 1 (Olivia & Oktaviani, 2017)	60-67	17-25	-	0,3-0,8	0,3-0,8
Pasir Galian (Basar & Aksoy, 2012)	0,062	97,379	0,137	0,156	1,887

(Sumber: Olahan Pribadi)

Pada Tabel II.1 dapat dilihat persentase komposisi senyawa CaO pada cangkang kerang terbilang hampir sama dengan semen tipe I dan lebih besar dibandingkan dengan pasir galian pada umumnya, tetapi nilai SiO<sub>2</sub> pada pasir galian jauh lebih besar dibandingkan dengan cangkang kerang dan semen tipe 1.

Dari penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Katrina (2014), metode dan jenis kerang yang digunakan adalah eksperimen dengan menggunakan kerang *Perna viridis*. Katrina melakukan penelitian dengan membuat beton yang memiliki kuat tekan K-225 dengan waktu perawatan beton selama 7 hari, 14 hari dan 28 hari. Dalam penelitian yang dilakukan Katrina, varian persentase kerang yang digunakan sebanyak 10%, 15% dan 20%. Penelitian yang dilakukan oleh Katrina memiliki tujuan untuk mengetahui nilai kuat tekan beton dengan substitusi agregat halus dengan kulit kerang dan membandingkan nilai kuat tekan beton tiap variasi persentasenya. Hasil penelitian yang didapatkan oleh Katrina adalah adanya peningkatan kuat tekan beton dengan menggunakan cangkang kerang pada titik maksimal 10%, dan setelah penggunaan cangkang kerang lebih dari 10% akan mengalami penurunan kuat tekan, dan hasil yang kedua adalah penggunaan cangkang kerang sebagai substitusi agregat halus mampu meningkatkan kuat tekan beton, dan penggunaan cangkang kerang sebanyak 15% memiliki kuat tekan lebih

tinggi jika dibandingkan dengan beton normal walaupun pada setelah melewati titik 10% beton mengalami penurunan kuat tekan.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Firdaus dan Andaryati (2019), metode dan jenis kerang yang digunakan adalah eksperimen dengan menggunakan kerang *Bivalvia pectinidae*. Mereka melakukan penelitian dengan membuat beton yang memiliki kuat tekan K-225 dengan waktu perawatan selama 7 hari, 14 hari dan 28 hari. Dalam penelitian yang mereka lakukan, varian persentase kerang yang digunakan sebanyak 5%, 10% dan 15%. Penelitian yang mereka lakukan memiliki tujuan untuk mengetahui kelayakan cangkang kerang sebagai pengganti agregat halus. Hasil penelitian yang mereka dapatkan adalah adanya peningkatan kuat tekan beton saat material tersebut digunakan sebagai pengganti agregat halus jika penggunaan cangkang kerang tidak melebihi dari 10% total berat agregat halus.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Permana dkk. (2014), metode yang digunakan adalah eksperimen dengan menggunakan kerang *Anadara granosa*. Mereka melakukan penelitian dengan membuat beton yang memiliki kuat tekan K-225 dengan waktu selama 7 hari, 14 hari dan 28 hari dengan varian persentase kerang sebanyak 2,5%, 5%, 7,5%, dan 10%. Penelitian yang mereka lakukan memiliki tujuan yaitu untuk mendapatkan nilai kuat tekan optimum akibat pengaruh penggunaan variasi konsentrasi cangkang kerang dan mendapatkan perbandingan antara kuat tekan beton normal dengan kuat tekan beton dengan menggunakan cangkang kerang sebagai pengganti agregat halus. Hasil penelitian yang mereka dapatkan adalah nilai kuat tekan dengan menggunakan serbuk cangkang kerang *Anadara granosa* mengurangi nilai kuat tekan beton.

Tabel II.2 Kontribusi Penelitian

No	Penulis	Metode, Jenis Kerang	Kuat Tekan Beton Rencana	Waktu Perawatan (hari)	Kandungan Kerang (%)	Tujuan Penelitian	Hasil Penelitian
1	Katrina (2014)	Eksperimen, <i>Perna viridis</i>	K-225	7, 14, 28	10%, 15%, 20%	Mengetahui nilai kuat beton dengan substitusi agregat halus dengan kulit kerang.	Peningkatan kuat beton tertinggi pada penggunaan cangkang kerang sebanyak 10% dan terjadi penurunan setelah melewati persentase 10%.



Tabel II.2 Kontribusi Penelitian (Lanjutan)

No	Penulis	Metode, Jenis Kerang	Kuat Tekan Beton Rencana	Waktu Perawatan (hari)	Kandungan Kerang (%)	Tujuan Penelitian	Hasil Penelitian
2	Firdaus & Andaryati (2019)	Eksperimen, <i>Bivalvia</i> <i>pectinidae</i>	K-225	7, 14, 28	5%, 10%, 15%	<ol style="list-style-type: none"> <li>Mengetahui nilai kuat tekan beton dengan menggunakan cangkang kerang sebagai substitusi sebagian agregat halus pada usia 28 hari.</li> <li>Mengetahui persentase substitusi agregat cangkang kerang dengan agregat halus yang menghasilkan kekuatan beton paling optimum.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Hasil pengujian beton pada umur 28 hari dengan persentase cangkang kerang sebanyak 0% sebesar 34,46 MPa, 5% sebesar 36,00 MPa, 10% sebesar 37,57 MPa dan 15% sebesar 34,44 MPa.</li> <li>Penggunaan cangkang kerang paling optimum adalah pada persentase 10-15%.</li> </ol>

Tabel II.2 Kontribusi Penelitian (Lanjutan)

No	Penulis	Metode, Jenis Kerang	Kuat Tekan Beton Rencana	Waktu Perawatan (hari)	Kandungan Kerang (%)	Tujuan Penelitian	Hasil Penelitian
3	Permana, Gunarti & Yulius (2014)	Eksperimen, <i>Anadara granosa</i>	K-225	7, 14, 28	2,5%, 5%, 7,5%, 10%	Mengetahui pengaruh penambahan tumbukan kerang terhadap kuat tekan beton K-225.	Penambahan tumbukan kulit kerang jenis <i>Anadara granosa</i> sebanyak 2,5%, 5%, 7,5% dan 10% terhadap agregat halus tidak dapat menambah kuat tekan beton melainkan menurunkan kuat tekan beton.

(Sumber: Olahan Pribadi)

Pada percobaan yang dilakukan oleh Katrina tahun 2014 seperti pada gambar II.1, kuat tekan beton yang direncanakan adalah K-225 dan cangkang kerang yang digunakan adalah cangkang *Perna viridis* atau cangkang kerang hijau. Dalam percobaan tersebut mereka menggunakan cangkang kerang dengan jumlah 0% dari total berat agregat halus didapatkan hasil kuat tekan sebesar 15,704 MPa untuk beton umur 7 hari, 18,222 MPa untuk beton umur 14 hari, dan 25,556 MPa untuk beton umur 28 hari. Untuk percobaan menggunakan cangkang kerang dengan jumlah 10% dari total berat agregat halus didapatkan hasil kuat tekan sebesar 18,667 MPa untuk beton umur 7 hari, 20,530 MPa untuk beton umur 14 hari, dan 30,444 MPa untuk beton umur 28 hari. Untuk percobaan menggunakan cangkang kerang dengan jumlah 15% dari total berat agregat halus didapatkan hasil kuat tekan sebesar 16,963 MPa untuk beton umur 7 hari, 18,370 MPa untuk beton umur 14 hari, dan 26,222 MPa untuk beton umur 28 hari. Untuk percobaan menggunakan cangkang kerang dengan jumlah 20% dari total berat agregat halus didapatkan hasil kuat tekan sebesar 11,778 MPa untuk beton umur 7 hari, 15,185 MPa untuk beton umur 14 hari, dan 21,556 MPa untuk beton umur 28 hari.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Firdaus dan Andryati di tahun 2019 terlihat pada gambar II.2, kuat tekan beton yang direncanakan adalah K-225 dan cangkang kerang yang digunakan adalah cangkang *Bivalvia pectinidae* atau kerang simping. Dalam percobaan tersebut mereka menggunakan cangkang kerang dengan jumlah 0% dari total berat agregat halus didapatkan hasil kuat tekan beton sebesar 19,99 MPa untuk beton umur 7 hari, 24,87 MPa untuk beton umur 14 hari, dan 34,46 MPa untuk beton umur 28 hari. Untuk percobaan menggunakan cangkang kerang dengan jumlah 5% dari total berat agregat halus didapatkan hasil kuat tekan beton sebesar 22,07 MPa untuk beton umur 7 hari, 26,4 MPa untuk beton umur 14 hari, dan 36 MPa untuk beton umur 28 hari. Untuk percobaan menggunakan cangkang kerang dengan jumlah 10% dari total berat agregat halus didapatkan hasil kuat tekan beton sebesar 23,34 MPa untuk beton umur 7 hari, 27,13 MPa untuk beton umur 14 hari, dan 37,57 MPa untuk beton umur 28 hari. Untuk percobaan menggunakan cangkang kerang dengan jumlah 15% dari total berat agregat halus didapatkan hasil kuat tekan

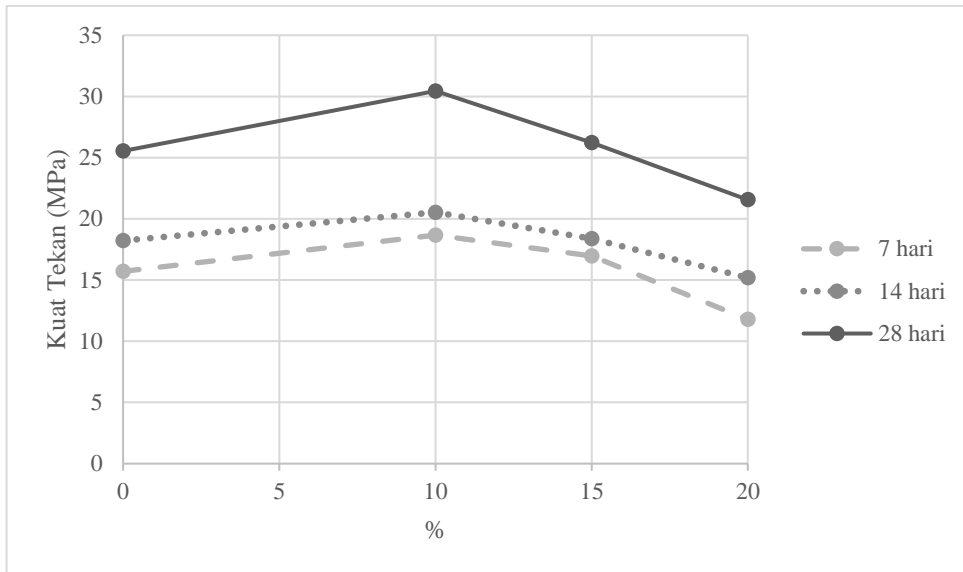
beton sebesar 22,58 MPa untuk beton umur 7 hari, 28,14 MPa untuk beton umur 14 hari, dan 34,44 MPa untuk beton umur 28 hari.

Pada percobaan yang dilakukan oleh Permana dkk. (2014) seperti pada gambar II.3, kuat tekan beton yang direncanakan adalah K-225. Dalam percobaan tersebut mereka menggunakan cangkang kerang dengan jumlah 0% dari total berat agregat halus didapatkan hasil kuat tekan beton sebesar 16,553 MPa untuk beton umur 7 hari, 22,029 MPa untuk beton umur 14 hari, dan 24,783 MPa untuk beton umur 28 hari. Untuk percobaan menggunakan cangkang kerang dengan jumlah 2,5% dari total berat agregat halus didapatkan hasil kuat tekan beton sebesar 14,977 MPa untuk beton umur 7 hari, 21,311 MPa untuk beton umur 14 hari, dan 22,947 MPa untuk beton umur 28 hari. Untuk percobaan menggunakan cangkang kerang dengan jumlah 5% dari total berat agregat halus didapatkan hasil kuat tekan beton sebesar 14,61 MPa untuk beton umur 7 hari, 19,72 MPa untuk beton umur 14 hari, dan 22,167 MPa untuk beton umur 28 hari. Untuk percobaan menggunakan cangkang kerang dengan jumlah 7,5% dari total berat agregat halus didapatkan hasil kuat tekan beton sebesar 14,227 MPa untuk beton umur 7 hari, 18,848 MPa untuk beton umur 14 hari, dan 21,157 MPa untuk beton umur 28 hari. Untuk percobaan menggunakan cangkang kerang dengan jumlah 10% dari total berat agregat halus didapatkan hasil kuat tekan beton sebesar 12,911 MPa untuk beton umur 7 hari, 17,479 MPa untuk beton umur 14 hari, dan 19,674 MPa untuk beton umur 28 hari.

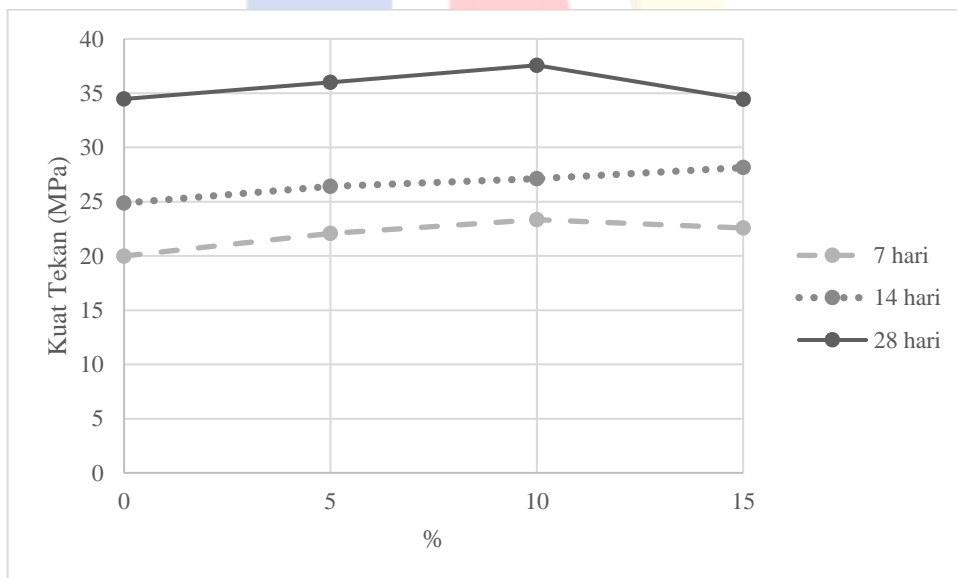
Tabel II.3 Rangkuman Hasil Penelitian dari 3 Sumber

Penulis	Kuat Tekan Beton	Jenis Kerang	Persentase Kerang	Hasil Kuat Tekan (MPa)		
				Hari		
				7	14	28
Katrina (2014)	K-225	<i>Perna viridis</i>	0%	15,704	18,222	25,556
			10%	18,667	20,530	30,444
			15%	16,963	18,370	26,222
			20%	11,778	15,185	21,556
Firdaus & Andaryati (2019)	K-225	<i>Bivalvia pectinidae</i>	0%	19,99	24,87	34,36
			5%	22,07	26,40	36,00
			10%	23,34	27,13	37,57
			15%	22,58	28,14	34,44
Permana dkk. (2014)	K-225	<i>Anadara granosa</i>	0%	16,553	22,029	24,783
			2,5%	14,977	21,311	22,947
			5%	14,610	19,720	22,167
			7,5%	14,277	18,848	21,157
			10%	12,911	17,479	19,674

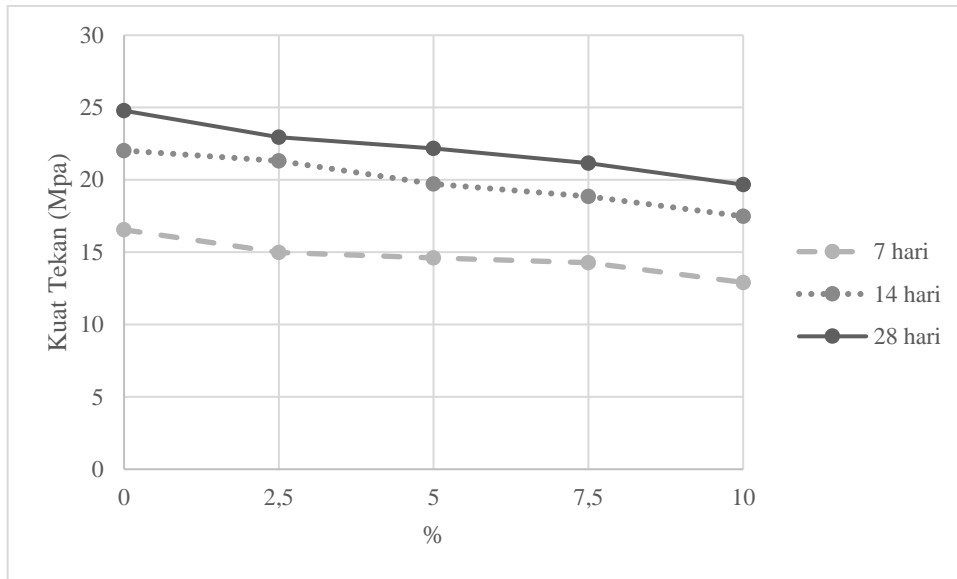
(Sumber: Olahan Pribadi)



Gambar II.1 Grafik Hasil Pengujian Kuat Tekan Benda Uji Beton oleh Katrina pada Tahun 2014  
(Sumber: Katrina, 2014)



Gambar II.2 Grafik Hasil Pengujian Kuat Tekan Benda Uji Beton Umur oleh Firdaus dan Andaryati pada Tahun 2019  
(Sumber: Firdaus & Andaryati, 2019)



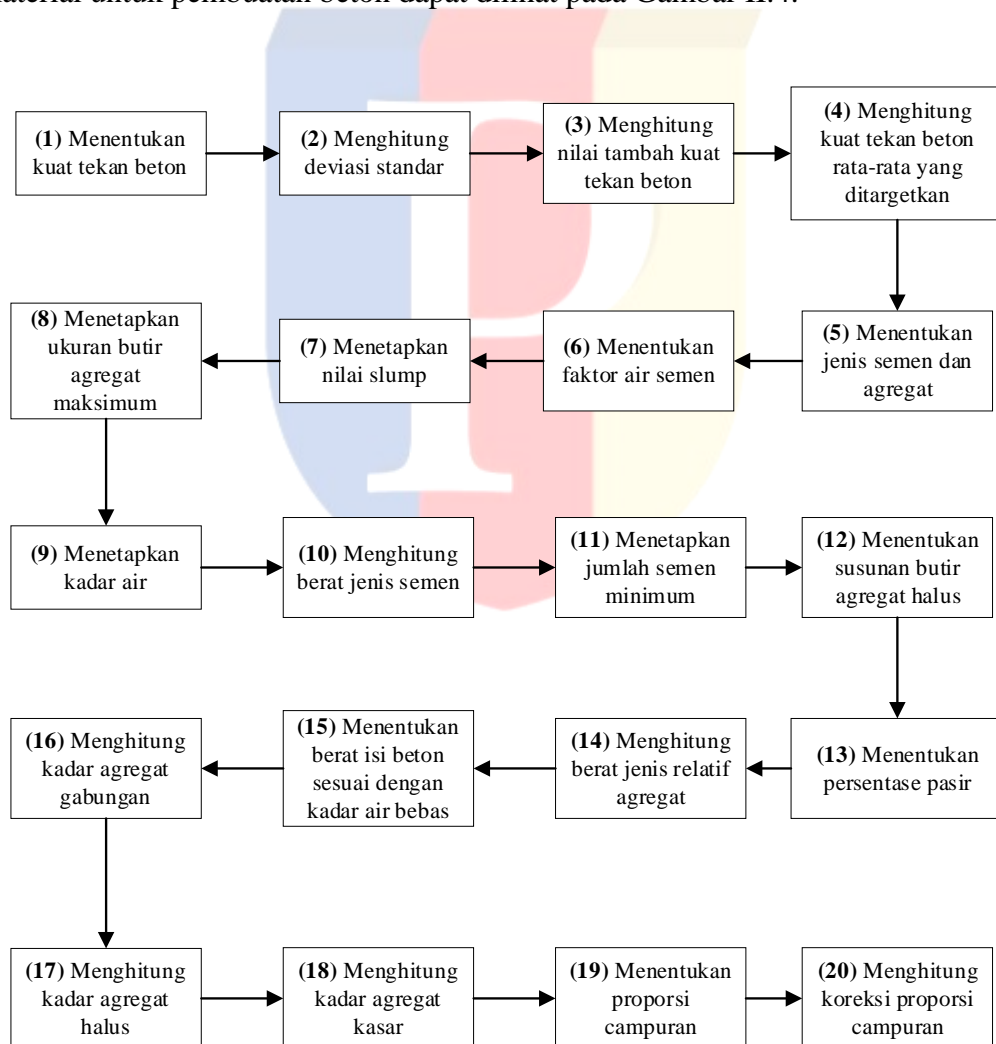
Gambar II.3 Grafik Hasil Pengujian Kuat Tekan Benda Uji Beton oleh Permana dkk. pada Tahun 2014  
(Sumber: Permana dkk., 2014)

Dengan acuan hasil penelitian terdahulu yang digunakan sebagai referensi, penelitian ini menggunakan persentase cangkang kerang sebanyak 0%, 5%, 10% dan 15% untuk melihat apakah hasil kuat tekan beton akan berkurang setelah penggantian pasir dengan cangkang kerang di atas 10%.

Untuk penelitian yang dilakukan sekarang, metode dan jenis kerang yang digunakan adalah eksperimen dengan jenis kerang *Pinctada maxima*. Kuat tekan beton yang direncanakan adalah K-225 dengan waktu perawatan 14 hari, 21 hari dan 28 hari. Kandungan cangkang kerang yang digunakan sebanyak 5%, 10% dan 15%. Penelitian yang akan dilakukan memiliki tujuan untuk mengetahui kuat tekan beton jika komposisi agregat halus untuk bahan campuran pembuat beton diganti sebagian dengan cangkang kerang yang dihaluskan dan mencari nilai kehalusan agregat halus cangkang kerang atau *sieve analysis*. Parameter pembeda penelitian yang akan dilakukan dengan penelitian terdahulu adalah penggunaan jenis kerang yang berbeda dan adanya pengujian *sieve analysis* untuk memastikan kehalusan dari agregat halus cangkang kerang yang digunakan dan mengetahui nilai gradasinya dan dampak lingkungan dari penggunaan agregat halus cangkang kerang sebagai pengganti pasir dalam campuran beton.

## II.5 Mix design

*Mix design* adalah proses pemilihan bahan campuran dalam pembuatan beton untuk menyesuaikan proporsi ideal sesuai karakteristik dan sifat beton sehingga mencapai pada standar yang diinginkan (Lian & Zhuge, 2010). *Mix design* mempunyai sifat yang sangat bervariasi karena unsur-unsur dan proporsi bahan, kondisi dan situasi saat pengerjaan, dan spesifikasi beton yang diinginkan sesuai dengan rencana pekerjaan tidak selalu sama. Pentingnya dalam pemilihan dan proporsi bahan yang digunakan dalam pembuatan beton sangat penting dikarenakan dampaknya yang dapat berakibat pada kekuatan pada sebuah struktur yang menggunakan material beton (Le dkk., 2012). Untuk proses pemilihan dan perhitungan proporsi bahan material untuk pembuatan beton dapat dilihat pada Gambar II.4.



Gambar II.4 Alur untuk Menentukan Proporsi Campuran Material Beton  
(Sumber: SNI 03-2834-2000)



## II.6 Pengujian *Slump*

Pengujian *slump* adalah metode untuk mengukur konsistensi sebuah beton yang akan diproduksi. Pengujian *slump* dapat menunjukkan indikasi dari ketidakseragaman beton. Tujuan dari pengujian *slump* adalah untuk memeriksa kekentalan beton segar agar beton yang diproduksi dapat mencapai kekuatan mutu yang baik sesuai dengan rencana pekerjaan. Pada umumnya, pengujian *slump* dilakukan sebelum pengantaran beton segar ke proyek agar dapat diketahui kekentalan dari adukan beton segar (Figueiredo & Ceccato, 2015). Pengujian *slump* dilakukan dengan kerucut Abrams berdiameter 102 mm dan 203 mm, memiliki tebal minimal 1,5 mm dan mempunyai tinggi 305 mm, dan batang besi pematik berdiameter 16 mm, panjang 60 cm, dan memiliki ujung berbentuk bulat (SNI 1972:2008). Menurut PBI 1971 N.I.-2 seperti tabel II.2, penggunaan beton untuk pelat fondasi dan fondasi telapak bertulang harus mempunyai nilai *slump* maksimal 12,5 cm dan minimal 5 cm, fondasi telapak tidak bertulang dan konstruksi di bawah tanah dengan nilai *slump* maksimal 9 cm dan minimal 2,5 cm, pelat lantai, balok, kolom dan dinding dengan nilai *slump* maksimal 15 cm dan minimal 7,5 cm, jalan beton bertulang dengan nilai *slump* maksimal 7,5 cm dan minimal 5 cm, dan pembetonan massal dengan nilai *slump* maksimal 7,5 cm dan minimal 2,5 cm.

Tabel II.4 Tabel Persyaratan Nilai *Slump*

Fungsi	Nilai <i>Slump</i> (cm)	
	Minimal	Maksimal
Pelat fondasi	5	12,5
Fondasi telapak bertulang		
Fondasi telapak tidak bertulang	2,5	9
Konstruksi bawah tanah		
Pelat lantai, balok, kolom, dinding	7,5	15
Pembetonan massal	2,5	7,5

(Sumber: PBI 1971 N.I.-2)

Faktor yang dapat mempengaruhi nilai *slump* adalah volume air, kualitas dan ukuran agregat, penggunaan *admixture* dan waktu pengujian setelah beton segar

dihasilkan (Figueiredo & Ceccato, 2015). Pengujian *slump* ulang pada beton segar dapat dilakukan maksimal 3 kali sebelum beton segar dinyatakan tidak memenuhi syarat dan ditolak (SNI 1972:2008).

## II.7 Perawatan Beton

Perawatan beton atau *curing* adalah tahap yang bertujuan untuk menjaga beton untuk tidak terlalu cepat kehilangan air atau untuk menjaga kelembaban dan suhu beton setelah proses pengecoran hingga waktu yang ditentukan. Dalam proses perawatan beton harus dipastikan terjadinya hidrasi senyawa semen termasuk *additive* dan *admixture* atau bahan material pengganti secara optimal agar tercapainya mutu beton yang diharapkan, dan menjaga supaya beton tidak mengalami penyusutan yang berlebih akibat kelembaban yang tidak stabil atau berubah secara spontan (Wallah dkk., 2013). Beberapa metode perawatan beton yang sudah dipakai adalah (Angjaya dkk., 2013):

- a. Menggunakan air pada permukaan beton, dapat dilakukan dengan cara perendaman, penyiraman atau penutupan beton dengan karung yang basah. Metode perendaman beton dilakukan pada beton untuk benda uji.
- b. Menggunakan membran, dapat dilakukan dengan cara melapisi permukaan beton dengan menggunakan membran agar kandungan air tidak mudah hilang karena proses penguapan.
- c. Menggunakan uap, dapat dilakukan dengan memberikan uap tekanan rendah yang berlangsung selama 10-12 jam pada suhu 40°C sampai 55°C atau tekanan tinggi selama 10-16 jam pada suhu 65°C sampai 95°C. Penggunaan metode tersebut biasanya digunakan pada produksi beton pracetak untuk mempercepat peningkatan kekuatan tekan beton sehingga beton dapat dilepas dari cetakan dapat dilakukan pada umur pendek, atau digunakan pada daerah bermusim dingin.
- d. Menggunakan kalsium klorida, dapat dilakukan dengan cara melapisi permukaan atau digunakan sebagai campuran. Kalsium klorida dapat menyerap kelembaban dari udara dan dapat mempertahankan kelembaban pada permukaan beton.

Beton untuk benda uji yang masih dalam kondisi segar harus dibiarkan untuk mengering dalam kondisi suhu ruangan dengan waktu  $48 \pm 4$  jam. Sesudah benda uji dilepas dari cetakannya segera di rendam di dalam larutan yang jenuh senyawa kapur hidroksida dengan suhu  $23^{\circ}\text{C} \pm 1,7^{\circ}\text{C}$  selama waktu pengujian yang ditentukan. Sebelum dilakukan pengujian kuat tekan, benda uji beton yang telah direndam dalam larutan yang jenuh dengan senyawa kapur hidroksida harus disimpan selama  $24 \pm 4$  jam dan dibiarkan kering secara alami (SNI 2493:2011).

## II.8 Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton adalah proses di mana beton dapat ditentukan apakah material yang dihasilkan sudah sesuai dengan desain yang direncanakan. Ada beberapa metode untuk menguji kuat tekan beton diantaranya pengujian yang mempunyai sifat merusak (*destructive*), setengah merusak (*semi destructive*), dan tidak merusak (*non destructive*). Pada penelitian ini untuk pengujian kuat tekan beton menggunakan pengujian *destructive* merupakan proses yang paling mendekati dengan nilai kuat tekan riil karena diuji dengan alat *Compression Testing Machine* (Talinusa dkk., 2014).

Pengujian dengan alat *Compression Testing* dilakukan dengan cara memasukkan benda uji ke dalam alat uji coba, menutup benda uji dengan penutup yang disediakan oleh alat uji tersebut dan kemudian alatnya akan menekan benda uji dengan beban yang dapat dipantau dari *dial gauge*. Saat beton mengalami retak segera mematikan alat tersebut dan catat angka yang tertera pada *dial gauge*. Untuk menggunakan alat tersebut, benda uji beton tidak boleh mempunyai berat isi lebih dari  $800 \text{ kg/m}^3$ , mempunyai ukuran diameter lebih dari landasan benda uji pada alat tersebut sebesar 2%, dan harus mempunyai permukaan atas dan bawah yang rata agar pemberian beban akan seimbang (SNI 1974:2011).

Untuk pengujian *destructive* dengan menggunakan *Compression Testing Machine*, diperlukan penggunaan *capping* tebal maksimal 6 mm dengan bahan sulfur. Setelah proses *capping*, benda uji beton akan didiamkan minimal 16 jam sebelum diuji kekuatan agar sulfur yang digunakan untuk *capping* kering dan dalam kondisi yang

optimal (ASTM C 617 – 98). Pengimplementasian *capping* sulfur dilakukan sebelum benda di uji. Penggunaan *capping* berfungsi untuk meratakan permukaan yang tidak rata dan membagi beban agar merata (ASTM C31 / C31M – 19a).

