

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

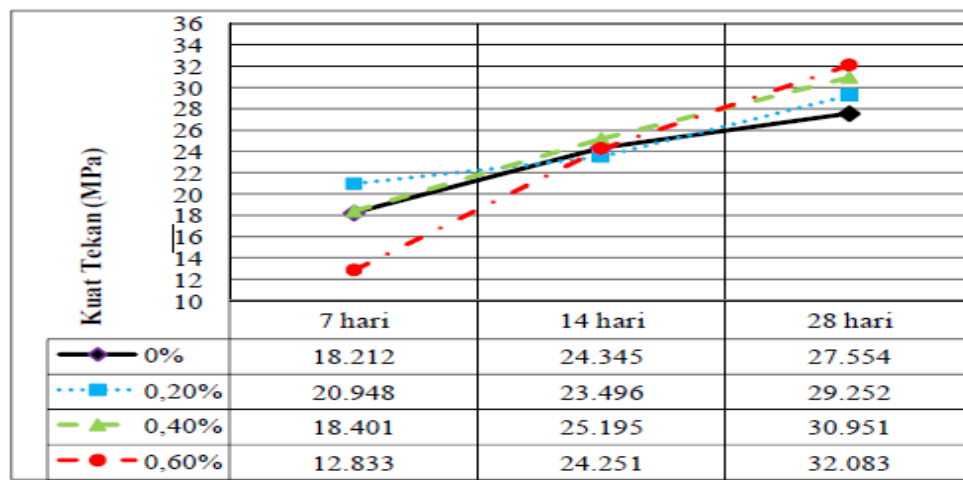
Perkerasan kaku *rigid pavement* merupakan salah satu perkerasan yang pada dasarnya bahan untuk membuat perkerasan kaku yaitu beton, dimana bahan dasarnya seperti beton pada umumnya yang memungkinkan ditambah dengan bahan zat adiktif untuk menambah kualitas dan juga kemudahan pengerjaanya (*workability*).

2.2.1. Penelitian Terdahulu tentang Beton Mutu Tinggi

Maricar dkk (2013) dalam penelitiannya yang berjudul “Pengaruh Bahan Tambah Plastiment-VZ Terhadap Sifat Beton”. Disebutkan bahwa dengan penambahan bahan tambah (*admixtures*) yang digunakan untuk pencampuran beton, perlu diketahui jenisnya, sifat dan manfaat dari campuran yang dihasilkan oleh berbagai perusahaan. Bahan dan material utama yang digunakan yaitu semen merek Tanosa, agregat kasar yang berasal dari sungai Labuan dengan ukuran butir maksimal 20 mm serta agregat halus yang berasal dari sungai Palu. Air yang digunakan berasal dari Laboratorium Bahan Bangunan dan Beton Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tadulako, dan bahan tambah yang dipergunakan adalah *Plastiment-VZ* produksi PT. Sika Indonesia. *Plastiment-VZ* merupakan *admixture* jenis D yang berfungsi sebagai *retarder* dan *water deducer* yaitu mengurangi jumlah air dalam pencampuran yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu dan menghambat pengikatan awal. Benda uji berbentuk silinder digunakan untuk pengujian kuat tekan dengan diameter 15 cm dan panjang 30 cm dengan total 36 benda uji. Penelitian ini membandingkan dua variasi beton, yaitu beton normal tanpa *admixture* dan beton dengan penambahan *Plastiment-VZ* tanpa mengurangi volume air dengan persentase penggunaan 0,20%, 0,40% dan 0,60% dari berat semen yang digunakan dalam beton normal. Setiap percobaan terdiri dari 3 benda uji yang sama. Pada tiap-tiap benda uji di tes dan di ukur kekuatan betonnya (*compressive strength*) pada umur 7, 14, dan 28

Tabel 2.1. Hasil dari pengujian kuat tekan beton dengan variasi Plastimen-VZ(Maricar dkk, 2013)

Umur (hari)	Kuat Tekan Beton Dengan Variasi Penambahan Plastimen-VZ			
	% (MPa)	0,20% (MPa)	0,40% (MPa)	0,60% (MPa)
7	18,212	20,948	28,401	12,833
14	24,345	23,496	25,195	24,251
28	27,554	29,525	30,951	32,083

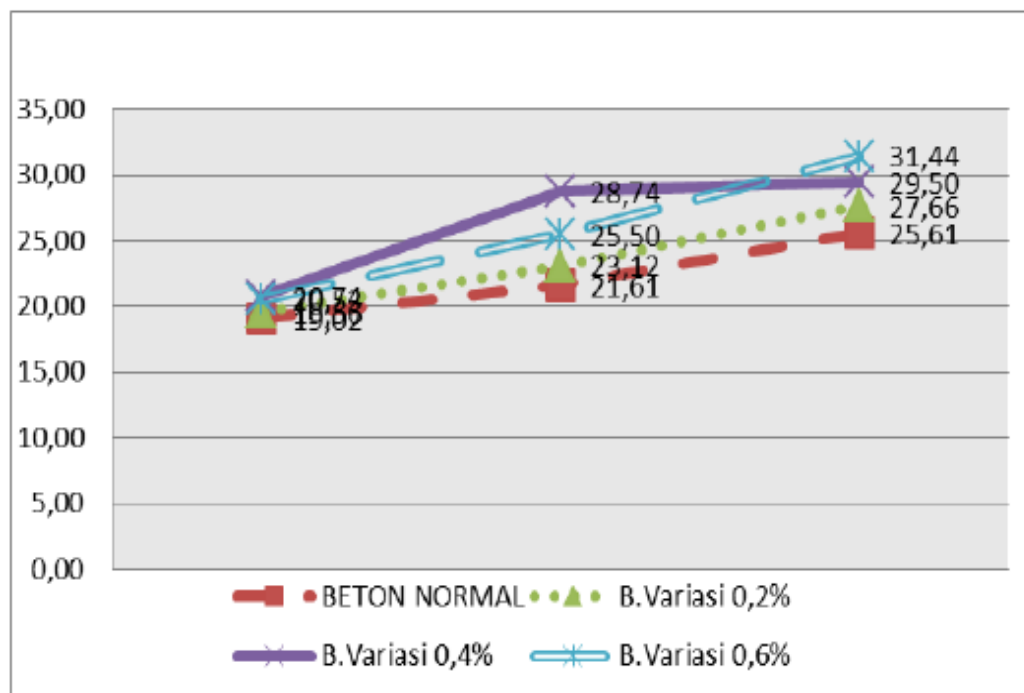


Gambar 2.1 Hubungan antara umur pengujian dengan kuat tekan beton (Maricar dkk, 2013)

Perbedaan penelitian diatas dengan penelitian penulis lakukan adalah pada penggunaan bahan tambah (*admixture*), perawatan (*curing*). Pada penelitian penulis menggunakan bahan tambah (*admixture*) *plastocrete RT06* dan *Sikament NN*, dan pada perawatan (*curing*) penulis menggunakan air normal dan air asin.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Rahmad dkk (2016) yang berjudul “Analisis Kuat Tekan Beton Dengan Bahan Tambah *Reduced Water* dan *Accelerated Admixture*”. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui komposisi optimum bahan tambahan sebagai *accelerated* dan *reduced water* untuk mendapatkan kuat tekan yang maksimal dan pengaruh bahan tambahan yang berfungsi sebagai *accelerated* dan *reduced water* pada campuran beton. bahan tambahan yang digunakan penelitian ini yaitu *Bestmittel*. *Bestmittel* adalah bahan tambahan yang berfungsi sebagai pengurangan air dan mempercepat pengerasan beton. *Bestmittel* dapat mengurangi air 5% - 20% dan mempersingkat proses *setting*

time sehingga menjadikan beton lebih solid dan plastis. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Balikpapan. Bahan untuk *mix design* meliputi agregat kasar kerikil palu, agregat halus pasir palu, air PDAM, semen tipe 1 merk Gresik dan bahan tambahan (*add mixture*) yaitu *Bestmittel*. Pada penelitian ini dilakukan pemeriksaan bahan meliputi pemeriksaan agregat halus, agregat kasar. Benda uji menggunakan silinder yang berukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm, dengan variasi kadar *Bestmittel* yaitu 0,2%, 0,4%, dan 0,6% dari berat semen. Hasil dari kuat tekan beton rencana yaitu $f_c' 25$, setelah melakukan pengujian dapat disimpulkan bahwa penggunaan *accelerated* dan *reduced water* yang baik pada umur 14 hari yaitu dengan kadar *bestmittel* 0,4%, dengan kuat tekan 28,74 Mpa. Penambahan *bestmittel* dengan kadar 0.6% kuat tekan beton yaitu 25,50Mpa. Berikut grafik hasil kuat tekan beton yang dilakukan pada penelitian ini



Gambar 2.2 Grafik Hasil Kuat Tekan Rata-rata Beton Normal dan Beton Dengan Bahan Tambah (Rahmad dkk, 2016)

Perbedaan penelitian diatas dengan penelitian yang peneliti lakukan adalah peneliti menggunakan bahan *admixture* yaitu *sikament NN* yang tergolong tipe F yang berfungsi mengurangi penggunaan jumlah air dan mempercepat pengerasan serta waktu ikat. Sedangkan *Plastocrete RT06* tipe D berfungsi mengurangi air dan menghambat pengikatan beton. Pada penelitian ini menggunakan air asin sebagai metode perendamanya sehingga berbeda dengan penelitian diatas.

Penelitian yang dilakukan Meidiani dkk (2017) yang berjudul “Studi Eksperimen Penggunaan Variasi pH Air Pada Kuat Tekan Beton Normal $f_c' 25$ Mpa”. Tujuan penelitian ini menganalisis kuat tekan beton menggunakan tiga variasi air yaitu, air asam, air normal, dan basa. Bahan yang digunakan yaitu beton pada umumnya yaitu agregat kasar Bojonegoro , agregat halus Palembang , air dan semen pcc Padang. Menggunakan tiga macam variasi asam dan basa, yaitu variasi pH asam 4,5, dan 6, sedangkan variasi pH basa 8,10, dan 12. Untuk pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur beton 7, 21 dan 28 hari. Berikut tabel hasil perhitungan *mix design* dan tabel jumlah benda uji dan umur beton

Tabel 2.2. Perbandingan Kuat Tekan (Meidiani, dkk, 2017)

Benda uji	w/c	Kuat Tekan Beton	Persentase kuat tekan	
			Peningkatan	Penurunan
BVA 4	0,47	20,32	-	21,71
BVA 5	0,47	20,87	-	19,58
BVA 6	0,47	22,01	-	15,21
BNA 7	0,47	25,96	-	-
BVB 8	0,47	21,27	-	14,92
BVB 10	0,47	20,32	-	18,72
BVB 12	0,47	19,44	-	22,23

Tabel 2.3. Variabel Sampel kuat tekan (Meidiani, dkk,2017)

	Benda Uji	Umur Sampel (Hari)	Jumlah Sampel (Buah)
		3	3
BNA	7	7	3
		28	3
BVA	6	3	3
		7	3
		28	3
BVA	5	3	3
		7	3
		28	3
BVA	4	3	3
		7	3
		28	3
BVB	8	3	3
		7	3
		28	3
BVB	10	3	3
		7	3
		28	3
BVB	12	3	3
		7	3
		28	3

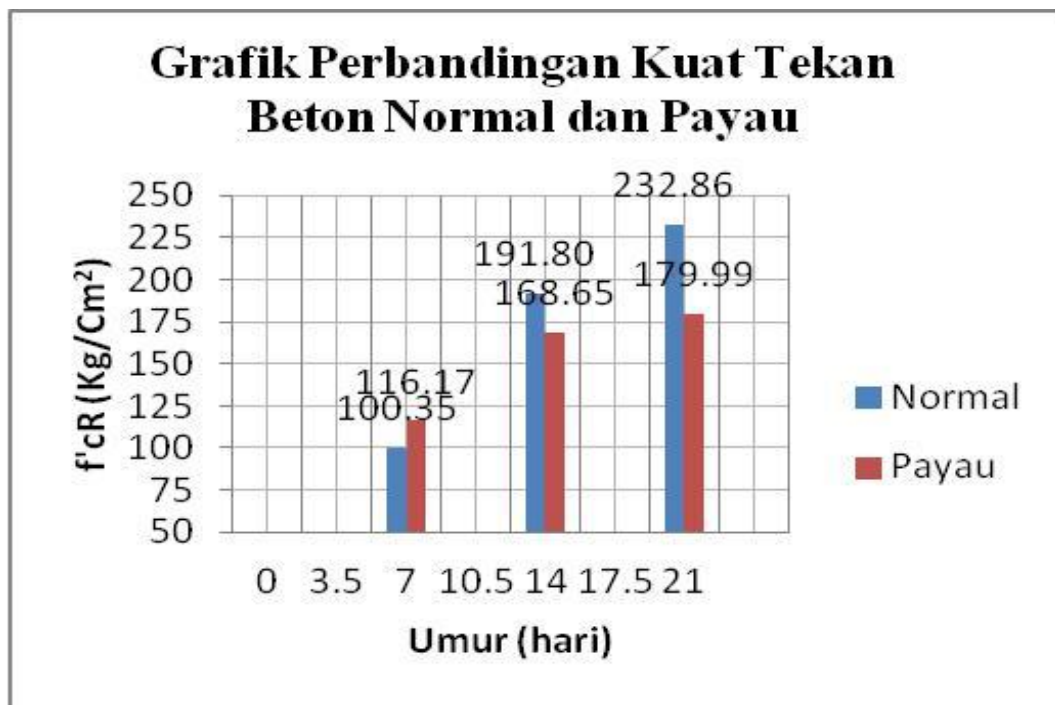
Ket : BNA = Beton Normal air
 BVA = Beton Variasi Asam
 BVB = Beton Variasi Basa

Hasil kuat tekan beton di atas dapat dilihat bahwa semakin asam air semakin menurun kuat tekan betonya, adapun sama dengan basa, semakin basa maka semakin turun juga kuat tekan betonya.

Perbedaan penelitian diatas dengan penelitian penulis yaitu pada letak penggunaan variasi airnya, pada penelitian ini, penulis menggunakan lingkungan asin sebagai metode perendaman beton, yaitu dalam jangka waktu 6 jam dan 12 jam perendamannya. Penelitian ini juga menggunakan bahan tambahan (*admixture*) yaitu *sikament NN* yang tergolong tipe F yang berfungsi mengurangi penggunaan jumlah air dan mempercepat pengerasan serta waktu ikat. Sedangkan *Plastocrete RT06* tipe D berfungsi mengurangi air dan menghambat pengikatan beton.

Penelitian yang dilakukan oleh Miswar (2011) yang berjudul “Kuat Tekan Beton Terhadap Lingkungan Agresif”. Tujuan penelitian ini yaitu mengetahui penurunan kuat tekan beton antara beton yang direndam dengan air payau dan

dengan beton yang direndam dengan air normal. Penelitian ini dilakukan di laboratorium Teknik Sipil Universitas Almuslim Matangglumpangdua, dengan benda uji berbentuk kubus dengan diameter 15 x 15 x 15 cm sebanyak 42 benda uji, dimana 21 benda uji direndam dengan air normal dan 21 benda uji di rendam di air payau. Berikut hasil kuat tekan beton normal dan air payau



Gambar 2.3 Grafik Batang Pengujian Kuat Tekan Beton (Miswar, 2011)

Dari data hasil kuat tekan diatas dapat disimpulkan bahwa pada penggunaan air payau sebagai media rendaman menunjukkan hasil kuat tekan 116.17 kg/cm² pada umur 7 hari, 168,65 kg/cm² pada umur 14 hari dan 179,99 kg/cm² pada umur 21 hari. Sedangkan dengan rendaman air normal menunjukkan hasil kuat tekan pada umur 7, 14 dan 21 hari yaitu 100,35 kg/cm², 191.80 kg/cm² dan 232,86 kg/cm²

Perbedaan penelitian diatas dengan penelitian penulis yaitu pada perawatan, air yang digunakan, umur beton dan juga bahan tambahan yang digunakan. Pada teknik perendaman penulis hanya merendam benda uji selama 6 jam dan 12 jam air asin. Air yang digunakan pada penelitian yang dilakukan penulis yaitu menggunakan air laut di pelabuhan Tanjung Emas Semarang yang sudah terteliti. Pada umur beton penulis menggunakan 7 hari, 21 hari dan 28 hari, sedangkan pada penelitian penulis menggunakan bahan *admixture* tipe D dan tipe F.

Penelitian yang dilakukan oleh Husin dan Andriati Amir (2010) yang berjudul “Pengaruh Larutan Garam Sulfat terhadap Kualitas Beton Ringan”. Tujuan penelitian ini yaitu untuk memanfaatkan limbah industri dan limbah katalis untuk beton ringan yang tahan terhadap sulfat. Pada penelitian ini yang dimaksud beton ringan yaitu beton dari campuran *fly ash*, *bottom ash*, limbah katalis RCC, pasir, semen Portland, garam Natrium sulfat, *foam gent*, air dan lain – lain. Jenis pengujian yang dilakukan yaitu kuat tekan, berat jenis, kuat tarik, absorpsi dan ketahanan terhadap garam natrium sulfat. Untuk ukuran benda uji yang digunakan yaitu 5 cm x 5 cm x 5 cm untuk kuat tekan, sedangkan untuk kuat tarik dan ketahanan terhadap garam sulfat adalah 5 cm x 5 cm x 3 cm. Ada 3 jenis campuran yang digunakan, untuk tiap campuran memiliki perbedaan material yang digunakan, untuk campuran 1 memiliki komposisi yaitu 75 % *fly ash*, 25 % pasir dan *foam agent* sebanyak 0,8 % , untuk campuran 2 yaitu 100 % *bottom ash* dan *foam agent* sebanyak 0,8 % dan untuk campuran 3 yaitu 25 % RCC, 75 % pasir dan *foam agent* sebanyak 0,8 % . Berikut ini adalah tabel hasil pengujian tersebut

Tabel 2.4. Data Hasil Pengujian Absorpsi (Husin dan Andriati Amir, 2010)

No. Campuran		Absorpsi (24 jam, %)
Berdasarkan Berat Kering Oven		
1.	I	6,04
2.	II	6,59
3.	III	8,33

Tabel 2.5. Data Hasil Pengujian Sifat Fisik Bahan (Husin dan Andriati, 2010)

No	Parameter	Pasir	<i>Fly ash</i>	<i>Bottom ash</i>	Limbah Katalis
<i>RCC</i>					
1.	Kadar Air (%)	0,30	0,43	1,23	5,83
2.	Kadar Bahan yang Lolos Saringan 0,075 mm (%)	14,18	85,62	26,83	73,39
3.	Zat Organik	Negatif	Negatif	Negatif	Negatif
Bobot Isi (kg/L):					
4.	Gembur	1,333	0,836	0,975	0,817
	Padat	1,574	1,067	1,192	1,042
5.	Berat Jenis (g/cc)	2,58	1,19	1,21	1,89
6.	Angka Kehalusan	2,5	1,8	3,1	1,1

Tabel 2.6. Hasil Pengujian Ketahanan Terhadap Garam Sulfat (Husin dan Andriati, 2010)

No	Campuran	Kehilangan berat (%)
1	I	7,68
2	II	8,26
3	III	11,09

Tabel 2.7 Data Hasil Pengujian Berat Jenis, Kuat Tekan dan Kuat Tarik (Husin dan Andriati, 2010)

No.	Campuran	Berat Jenis (g/cc)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tarik (MPa)
		Hasil	Hasil	Hasil
1.	I	1,85	31	2,9
2.	II	1,48	24	2.0
3.	III	1,57	12	0,9

Perbedaan penelitian diatas dengan penelitian penulis yaitu pada penelitian penulis hanya menggunakan air asam sebagai metode perendaman dengan durasi waktu 6 jam dan 12 jam sesuai mendekati keadaan dilapangan. Dan juga peneliti menambahkan bahan *admixture* tipe D dan tipe F dengan total 27 benda uji dengan umur beton rencana 7, 21 dan 28 hari dengan bentuk benda uji silinder berukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.

Megasari dan Winayati (2017) dalam penelitian yang berjudul “Analisis Pengaruh Penambahan Sikament-NN Terhadap Karakteristik Beton”. Sikament-NN merupakan superplasticizer untuk membantu menghasilkan kekuatan awal dan kekuatan akhir tinggi. Penggunaan agregat kasar dan agregat halus diperoleh pada Provinsi Riau untuk pembuatan beton berdasarkan hasil pengujian pendahuluan bahwa material tersebut memenuhi persyaratan sebagai bahan campuran beton. Penambahan variasi persentase Sikament-NN untuk menganalisis kuat tekan terhadap beton serta Plastiment-VZ ditambahkan pada saat pengecoran awal yang diasumsikan berguna untuk meningkatkan kelecakan (*workability*) selama di perjalanan. Perancangan pembuatan beton menggunakan metode Department of

Environment (DOE) dengan cetakan sampel berbentuk silinder ukuran diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Mesin molen pengaduk (*molen*) diatur kecepatannya 25 putaran per menit dengan lama pengadukan tidak lebih dari 5 menit. Persentase penambahan Sikament-NN yaitu 0%, 0,3%, 0,8%, 1,3%, 1,8%, 2,3% total jumlah sampel 18 dengan masing-masing persentase 3 sampel dapat dilihat pada table 2.1, dan hasil kuat tekan dilihat pada table 2.2, gambar 2.1 grafik hubungan kuat tekan dengan variasi Sikament NN. Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur 28 hari. Hasil pengujian terhadap benda uji menunjukkan bahwa terjadi peningkatan nilai kuat tekan beton dengan penambahan Sikament-NN sebesar 1,3% dan 1,8%.

Tabel 2.8. Rancangan Benda Uji (Megasari dan Winayati, 2017)

Bahan Tambah	% Penambahan						Jumlah Sampel
	0	0,3	0,8	1,3	1,8	2,3	
Sikament NN	3	3	3	3	3	3	18

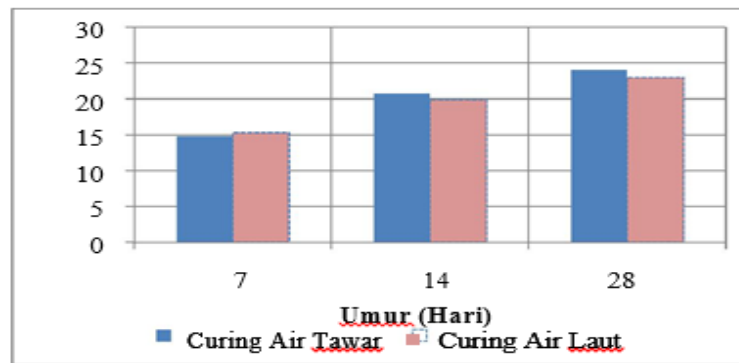
Tabel 2.9. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton (Megasari dan Winayati, 2017)

% Sikamen NN	Berat Rata-rata (g)	Luas Rata-rata (cm ²)	Beban Rata-rata (kN)	Kuat Tekan Rata-rata (kg/cm ²)
0	12783,33	176,79	476,66	27,49
0,3	12161,66	176,79	398,33	22,98
0,8	12316,66	176,79	403,33	23,26
1,3	12511	176,79	610	35,18
1,8	12643,33	176,79	670	38,65
2,3	12405,33	176,79	580	33,45

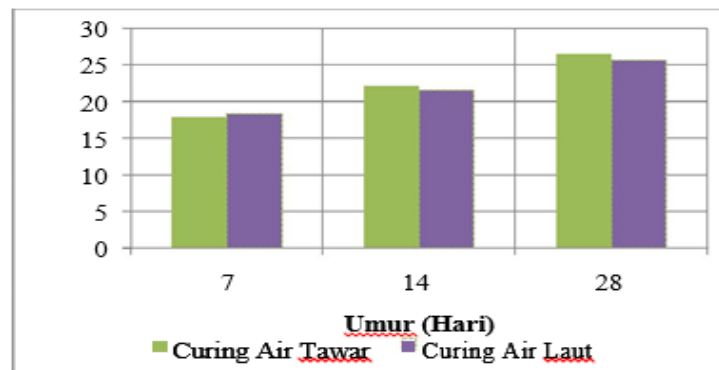
Perbedaan penelitian diatas dengan penelitian penulis yaitu pada bahan tambahan (*admixture*) dan cara perawatanya (*curing*), penelitian yang dilakukan penulis yaitu menggunakan dua bahan tambahan tipe F dan tipe D (*Plastocrete* dan *sikament NN*) dimana kadarnya 0,6% dan 2,3%. Metode perawatan yang dilakukan penulis menggunakan air asin sebagai perawatanya (*curing*) dengan durasi 6 jam dan 12 jam.

Penelitian yang dilakukan oleh Hunggurami dkk (2014) yang berjudul “Pengaruh Masa Perawatan (*Curing*) Menggunakan Air Laut Terhadap Kuat Tekan dan Absorsi Beton”. tujuan penelitian ini yaitu mengetahui kuat tekan dan absorsi beton pada variasi mutu beton. pada penelitian ini menggunakan 3 beton normal

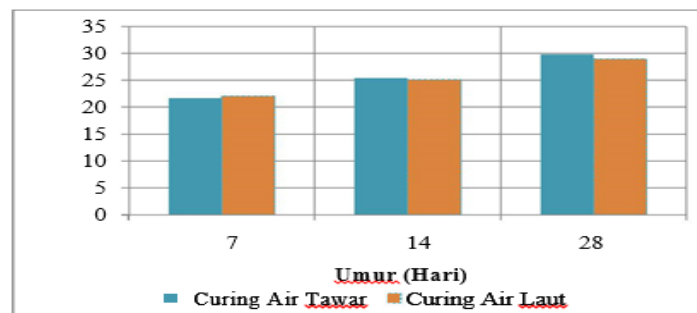
yang memiliki kuat tekan yaitu 20 MPa, 25 MPa, dan 30 MPa. Metode rendaman yang dilakukan pada penelitian ini yaitu menggunakan air tawar dan air laut pada umur beton 7, 14 dan 28 hari. Setelah dilakukan curing selama umur beton yang di tentukan maka dilakukan pengujian kuat tekan beton. Berikut ini gambar grafik hasil kuat tekan dan absorsi beton



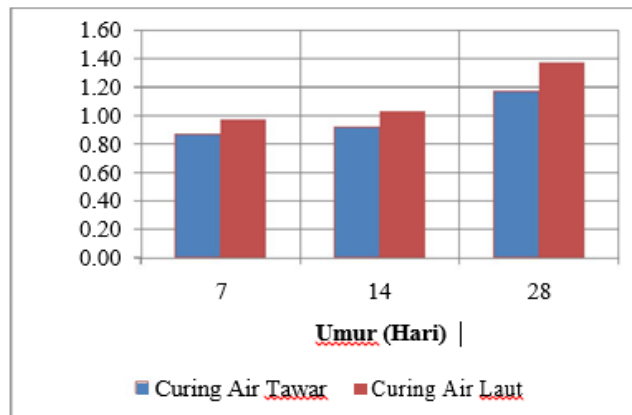
Gambar 2.4 Grafik Kuat Tekan Beton $F_{cr} = 20$ Mpa (Hunggurami dkk, 2014)



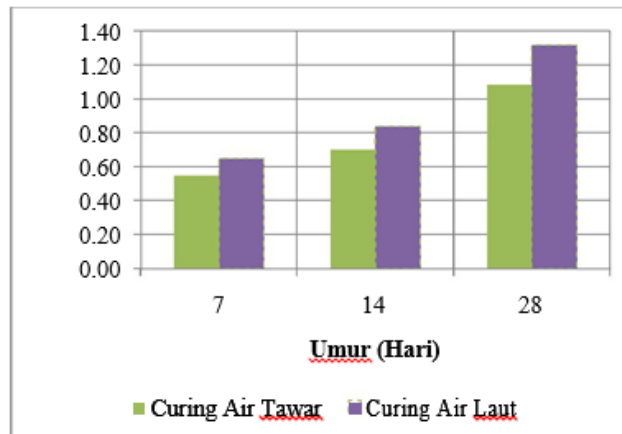
Gambar 2.5 Grafik Kuat Tekan Beton $F_{cr} = 25$ Mpa (Hunggurami dkk, 2014)



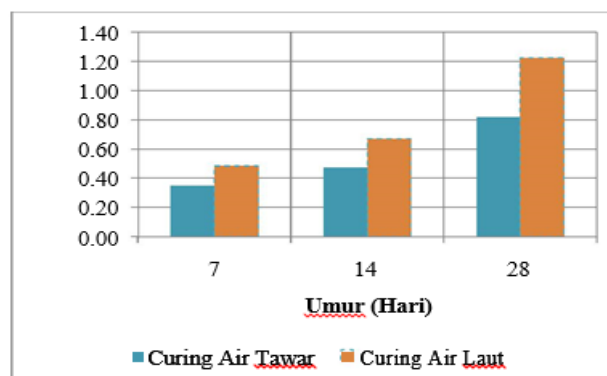
Gambar 2.6 Grafik Kuat Tekan Beton $F_{cr} = 30$ Mpa (Hunggurami dkk, 2014)



Gambar 2.7 Grafik Nilai Absorpsi Beton $F_{cr} = 20$ Mpa (Hunggurami dkk, 2014)



Gambar 2.8 Grafik Nilai Absorpsi Beton $F_{cr} = 25$ Mpa (Hunggurami dkk, 2014)



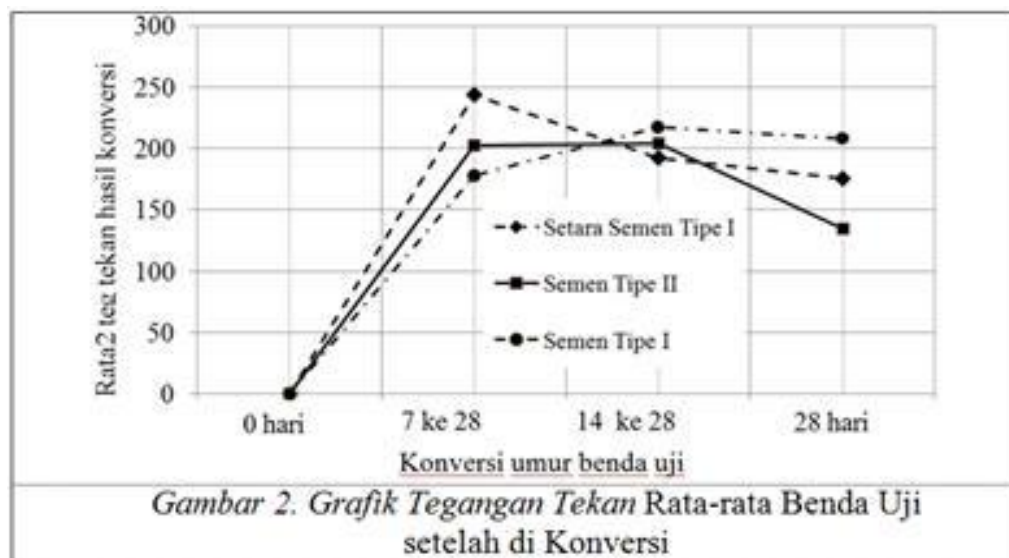
Gambar 2.9 Grafik Nilai Absorpsi Beton $F_{cr} = 30$ Mpa (Hunggurami dkk, 2014)

Perbedaan penelitian diatas dengan penelitian yang dilakukan penulis yaitu terletak pada metode *curing*, air yang digunakan untuk *curing*, mutu beton yang direncanakan dan juga umur beton untuk pengujian. Pada penelitian yang dilakukan

penulis curing yang digunakan adalah air asin yang berasal dari laut pelabuhan Tanjung Emas Semarang dan metode perendamannya hanya dilakukan 6 jam dan 12 jam di air asin dan lebihnya di air biasa. Untuk mutu beton yang direncanakan pada penelitian ini yaitu f_c' 33,2 MPa. Untuk umur beton yang diuji kuat tekan beton yaitu umur 7, 21 dan 28 hari tanpa pengujian absorsi beton.

Penelitian yang dilakukan oleh Wedhanto (2017) yang berjudul “Pengaruh Air Laut Terhadap Kekuatan Tekan Beton yang Terbuat Dari Berbagai Merk Semen yang Ada Di Kota Malang”. Tujuan penelitian ini yaitu mengetahui kekuatan tekan beton menggunakan berbagai jenis merk jenis yang beredar di Malang terhadap pengaruh air laut dan mengetahui semen terkuat terhadap air laut.

Pada penelitian ini menggunakan total benda uji sebanyak 45 buah dengan menggunakan 3 jenis semen yang berbeda. Setiap jenis semen menggunakan 5 buah benda uji yang diuji pada umur beton 7, 14 dan 28 hari. Pada penelitian ini air laut digunakan bukan untuk campuran beton tetapi untuk metode *curing* (perendaman). Berikut gambar grafik hasil kuat tekan.



Gambar 2.10 Grafik Tegangan Tekan Rata-rata Benda Uji (Wedhanto, 2017)

Dari gambar grafik diatas dapat disimpulkan bahwa pengaruh air laut yaitu pada umur 7 hari kekuatan meingkat dengan cepat, tetapi pada umur selanjutnya kekuatan itu meingkat tetapi kenaikanya semakin kecil hngga umur 28 hari. untuk semen yang tahan terhadap air laut yaitu menggunakan semen tipe I.

Perbedaan penelitian diatas dengan penelitian penulis lakukan yaitu terletak pada jumlah benda uji, umur beton yang akan diuji, metode perendaman

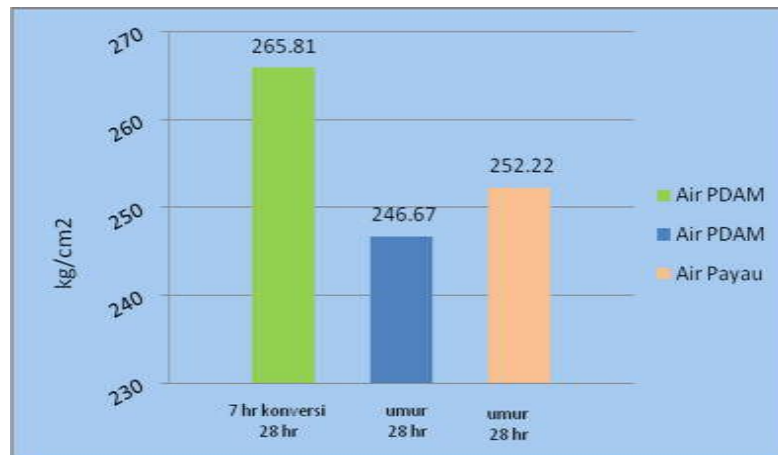
(*curing*), dan bahan tambahan (*admixture*) pada beton. Pada penelitian yang dilakukan penulis yaitu menggunakan benda uji berjumlah 27, masing – masing 3 pada umur beton 7, 21 dan 28 hari dengan bahan tambahan yaitu tipe D dan tipe F. untuk metode perendaman (*curing*) penulis merendam dengan air Laut (air asin) dengan durasi waktu 6 jam dan 12 jam setelah dilakukan perendaman dengan air biasa selama waktu umur beton yang akan diuji.

Penelitian yang dilakukan oleh Mulyono dan Prayitno (2015) yang berjudul “Studi Pengaruh Penggunaan Air Payau Dalam Mix Design Beton Untuk Pembuatan Konstruksi Dermaga Akibat Rendaman Air Laut”. Penelitian ini bertujuan mengetahui perbedaan kuat tekan beton dengan variabel campuran air menggunakan air bersih dan air payau. Pada penelitian ini mutu beton yang direncanakan yaitu k-250 dengan sampel benda uji berbentuk kubus dengan ukuran 15x15x15 cm sebanyak 14 benda uji dimana sampel diuji paada umur 3, 7, 14, 21, 28 dan 90 hari. pada penelitian ini acuan dalam *mix design* menggunakan acuan SNI. 03-2834- 2002 ("Tata Cara Pembuatan Rencana campuran Beton Normal").

Berikut tabel hasil dari pengujian beton

Tabel 2.10. Data *Mix Design* (Mulyono dan Prayitno, 2015)

NO	Campuran air	Umur Beton	Rendaman	Kuat Tekan (Kg/cm ²)
1	Air PDAM	7 hari	Air PDAM	265,81
2	Air PDAM	28 hari	Air Laut	246,67
3	Air PDAM	28 hari	Air Laut	252,22
4	Air PDAM	56 hari	Air Laut	264,70
5	Air Payau	56 hari	Air Laut	216,30



Gambar 2.11 Grafik Perbandingan Kuat Tekan (Mulyono dan Prayitno, 2015)

Pada penelitian diatas dapat disimpulkan bahwa air yang baik untuk campuran ataupun rendaman dengan air normal (Air PDAM) nilai kuat tekan betonya lebih besar yaitu 265,81 (Kg/cm²).

Perbedaan penelitian diatas dengan penelitian penulis yaitu terletak pada jumlah benda uji, bentuk dari sampel benda uji, bahan tambahan (*admixture*), dan metode perendaman. Pada penelitian penulis total sampel pengujian yaitu 27, dimana masing – masing pengujian umur beton 7 , 21 dan 28 hari yaitu 3. Untuk *mix Design* penelitian penulis menggunakan (*admixture*) tipe D dan tipe F yang memiliki fungsi masing – masing dan untuk campuran air penelitian penulis menggunakan air biasa . Sedangkan untuk metode perendaman penulis merendam dengan air normal dan hanya merendam dengan air laut selama 6 jam dan 12 jam sebelum pengujian.

Penelitian yang dilakukan oleh Syamsuddin dkk (2011) yang berjudul “Pengaruh Air Laut pada Perawatan (*Curing*) Beton Terhadap Kuat Tekan dan Absorpsi Beton dengan Variasi Faktor Air Semen dan Durasi Perawatan”. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kuat tekan beton akibat pengaruh perawatan dengan air laut dan variasi faktor air semen. Pada penelitian ini kuat tekan rencana yaitu 22.5 MPa dengan acuan SNI. 03-2834- 2002 ("Tata Cara Pembuatan Rencana campuran Beton Normal") dengan faktor air semen sebesar 0,45 , 0,50 dan 0,55. Benda uji berbentuk silinder yang berukuran 15 x 30 cm yang direndam selama 1 , 2 dan 3 hari dengan air laut dan 3 hari direndam dengan air bersih.

Dari pengujian dapat disimpulkan bahwa variasi faktor air semen berpengaruh terhadap kuat tekan beton, penggunaan air bersih mendapatkan hasil kuat tekan beton yang lebih besar terhadap air laut. Semakin lama masa *curing* dan semakin besar faktor air semen maka semakin besar absorpsi yang terjadi pada beton

Perbedaan penelitian diatas dengan penelitian penulis yaitu terletak pada jumlah benda uji, bentuk dari sampel benda uji, bahan tambahan (*admixture*), dan metode perendaman. Pada penelitian penulis total sampel pengujian yaitu 27, dimana masing – masing pengujian umur beton 7 , 21 dan 28 hari yaitu 3. Untuk *mix Design* penelitian penulis menggunakan (*admixture*) tipe D dan tipe F. untuk perawatannya penuliss merendam dengan air normal, 6 jam air asin dan 12 jam asin.

2.2. Dasar Teori

2.2.1. Beton

Beton adalah campuran antara semen hidrolis atau semen portland, agregat kasar, agregat halus dan air dengan atau tidak menggunakan bahan tambahan (*admixture*), membentuk massa yang padat, kuat, dan stabil. (SNI 7656 – 2012). Beton normal yaitu beton yang mempunyai berat isi 2.200 kg/m³ hingga 2.500 kg/m³, sedangkan beton berat yaitu memiliki berat isi lebih besar dari 2.500 kg/m³. Untuk beton massa yaitu beton yang mempunyai penampang komponen besar, sehingga harus di perlakukan khusus untuk mengatasi masalah panas hidrasi dari semen dan menjaga perubahan volume yang dapat menimbulkan keretakan.

Menurut Mulyono (2004) beton di klasifikasikan menjadi tiga berdasarkan kelas dan mutu beton yaitu mengetahui kekuatan tekan beton yang menggunakan berbagai jenis merk semen

a. Beton kelas I

Beton kelas 1 adalah beton yang digunakan sebagai pekerjaan non structural. Tidak perlu keahlian khusus dalam pelaksanaan dan pekerjaanya. Pengawasan mutu dibatasi pada pengawasan ringan terhadap mutu bahan dan untuk kekuatan tekan tidak disyaratkan pemeriksaan. Untuk kelas 1, mutu dinyatakan dengan Bo

b. Beton kelas II

Beton kelas 2 merupakan beton yang di pergunakan untuk pekerjaan-pekerjaan struktural secara umum. Pelaksanaanya memerlukan keahlian

yang cukup dan dilakukan di bawah tenaga-tenaga ahli. Untuk mutu kelas II dinyatakan dalam B1, K125, K175, dan K225. Mutu B1, dilakukan pengawasan mutu hanya dibatasi dengan mutu bahan-bahan sedangkan pada kekuatan tekan tidak disyaratkan pemeriksaan. Pada mutu K125, K175, dan K225 diharuskan untuk dilakukan pemeriksaan kekuatan tekan beton.

c. Beton kelas III

Beton kelas III merupakan beton yang di pergunakan untuk pekerjaan-pekerjaan struktural yang lebih tinggi dari K225. Pelaksanaanya diperlukan keahlian khusus dan dilakukan dibawah pimpinan tenaga ahli. Untuk membuat beton kelas III diisyaratkan adanya laboratorium beton dengan peralatan yang memenuhi dan dilayani oleh tenaga ahli untuk melakukan pengawasan mutu beton secara menerus dan berkala.

Dalam merencanakan pembuatan beton dengan hasil yang bermutu baik atau sesuai kekuatan yang direncanakan harus menggunakan bahan-bahan yang memiliki kelolosan dalam uji bahan sesuai yang diisyaratkan, namun dengan nilai ekonomis. Menurut Mulyono (2004) Beton bermutu baik yaitu beton sesuai dalam perencanaan dan material yang awet serta bebas pemeliharaan untuk beberapa tahun dan dapat dicetak sesuai kebutuhan.

Menurut Mulyono (2004) penggunaan beton dalam kontruksi terdapat beberapa kelebihan dan kekurangan yaitu

1. Beton mampu memikul beban yang berat
2. Tahan terhadap temperature tinggi
3. Umur pemakaian lama
4. Dapat dibentuk sesuai kebutuhan kontruksi
5. Murah dalam biaya perawatan

Kekurangan :

1. Pengerjaan beton membutuhkan ketelitian yang tinggi
2. Memiliki bobot yang berat
3. Bentuk beton sulit untuk di ubah – ubah

2.2.2. Komposisi Beton

1. Agregat

Menurut Tjokrodimuljo (2007) agregat adalah butiran mineral alami baik itu kerikil atau pasir yang berfungsi untuk bahan pengisi dalam campuran beton atau mortar. Dalam penggunaan agregat dalam campuran beton dapat berupa agregat buatan atau agregat alam. Komposisi agregat berkisar 60% hingga 70% dari total presentase beton

Agregat memiliki peranan yaitu sebagai bahan pengisi utama dalam campuran beton, maka sifat dari beton yang menentukan yaitu dari agregat penyusunnya. Maka pemilihan agregat harus bergradasi sesuai ukuran sehingga massa beton berfungsi bagus, padat dan rapat. Menurut Tjokrodimuljo (2007) dalam aspek pemilihan agregat, sebagai berikut :

- 1) Ukuran maksimum agregat untuk beton adalah $\frac{3}{4}$ “ (19,10 mm). Namun dilapangan sering juga dipakai ukuran maksimum $1\frac{1}{2}$ “ (38,10 mm), $\frac{3}{8}$ “ (9,50 mm) hingga ukuran 6 “.
- 2) Kekuatan beton normal di pengaruhi oleh kekuatan agregat penyusunnya. Maka dilakukan pengujian agregat terlebih dahulu sebelum menentukan sebuah campuran
- 3) Pada tekstur permukaan agregat, tekstur agregat tergantung pada kekuatan dan ukuran molekul. Agregat yang memiliki tekstur permukaan kasar dapat meningkatkan rekatan antara agregat dengan agregat lainnya dan semen.

Agregat dibedakan menjadi 2 macam yaitu agregat halus dan agregat kasar, syarat- syarat agregat kasar dan agregat halus yaitu

a. Agregat Kasar (*Coarse Aggregate*)

Menurut SNI-03-2847 2002, agregat adalah butiran – butiran kasar lebih besar dari pasir dan berfungsi sebagai bahan pengisi pencampuran beton terdiri dari kerikil sebagai hasil disintegritas alamiah dari batuan atau hasil industry batu pecah (*split*) dan ukuran butirannya antara 5 mm sampai 4 mm.

- 1) Agregat kasar kerikil berasal dari hasil pembentukan alami, terbentuk dari faktor sedimen, geologi, metamorf menjadi bagian – bagian lebih kecil
- 2) Agregat kasar batu pecah (*split*) yaitu kerikil yang di dapatkan di pemecahan batu , cenderung lebih kasar dan tajam

Menurut SNI-03-2847 2002 persyaratan agregat kasar sebagai berikut :

- 1) Agregat kasar keras dan tajam memiliki indek kekerasan tidak kurang dari 2,2
 - 2) Tahan terhadap cuaca (hujan dan matahari)
 - 3) Tidak mengandung lumpur lebih dari 5%, jika lebih maka harus dicuci
 - 4) Modulus halus butir agregat kasar yaitu 5 sampai 8 dan variasi gradasi sesuai dengan standar.
 - 5) Agregat kasar tidak reaktif terhadap alkali, khusus untuk tingkat keawetan yang tinggi.
- b. Agregat Halus (*Fine Aggregate*)

Menurut ASTM C 33 agregat halus adalah agregat butir butiran halus yang lolos pada saringan no 4 atau berukuran 4,8 mm dan tertahan pada saringan no. 100 atau ukuran 150 μm

Tabel 2.11 Batas Gradasi Agregat Halus (ASTM C30)

Ukuran Saringan	Persentase Lolos dari berat (%)
3/8 in. (9,5 mm)	100
No.4 (4,75 mm)	85 sampai 100
No.8 (2,36 mm)	80 sampai 100
No.16 (1,18 mm)	50 sampai 85
No.30 (600 μm)	25 sampai 60
No.50 (300 μm)	5 sampai 30
No.100 (150 μm)	0 sampai 10

Menurut SNI-03-2834-2000 persyaratan agregat halus yaitu :

- 1) Pasir adalah butir-butirannya kasar, kuat, tajam, dan tidak berpori.
- 2) Materian yang bersifat kuat tidak terpengaruh oleh cuaca (matahari atau hujan).
- 3) Pasir jika di uji dengan larutan garam naturium sulfat maksimal hancur tidak lebih dari 12%.
- 4) Pasir jika di uji dengan garam magnesium sulfat maksimal hancur tidak lebih dari 18%.
- 5) Tidak mengandung lumpur lebih dari 5%, yang dimaksud lumpur adalah butiran halus yang lolos saringan 0,06 mm.
- 6) Tidak boleh mengandung zat-zat yang reaktif terhadap alkali.

- 7) Agregat halus memiliki gradasi yang bagus sesuai standar gradasi sehingga tidak memiliki rongga, modulus halus butir antara 1,5 – 3,8.
- 8) Butiran agregat pipih atau panjang tidak lebih dari 18%.

2. Semen Portland

Menurut Tjokrodimuljo (2007) Semen portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan proses penggilingan klinker sebagai bahan utama yang terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis dengan gypsum sebagai bahan tambah. Menurut Istianto (2010) Sifat – sifat penting dari semen adalah waktu pengikat awal, kehalusan butir, panas hidrasi dan berat jenis semen. Semen hidrolis memiliki sifat kohesif maupun adhesive yaitu mampu merekatkan butir-butir agregat menjadi padat sehingga terjadi siati massa rapat serta dapat mengisi rongga-rongga diantara butiran agregat. Pada semen terdapat susunan kandungan kimia sebagai berikut :

Tabel 2.12 Susunan Unsur Semen *Portland* (Tjokrodimuljo, 2007)

Oksida	Persen (%)
Kapur (CaO)	60 – 65
Silika (SiO ₂)	17 – 25
Alumina (Al ₂ O ₃)	3 – 8
Besi (FeO ₂)	0,5 – 6
Magnesia (MgO)	0,5 – 4
Sulfur (SO ₃)	1 – 2
Soda / potash (Na ₂ O + K ₂ O)	0,5 – 1

Klinker merupakan bahan utama hasil pembakaran kiln berbentuk butiran yang berdiameter 3 – 25 mm. senyawa organik di tambahan sebagai media untuk menghindari aglomerasi dan juga gypsum sebagai pengatur waktu ikat semen dalam prosen penggilingan klinker menjadi semen.

Menurut Tjokrodimuljo (2007) semen *portland* berdasarkan karakteristiknya dikelompokan menjadi 5 jenis yaitu:

- a. Jenis I, yaitu Semen *Portland* untuk penggunaan umum tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti diisyaratkan pada jenis yang lain.
- b. Jenis II, yaitu Semen *Portland* dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang.
- c. Jenis III, yaitu Semen *Portland* yang dalam penggunaannya memerlukan persyaratan kekuatan awal yang tinggi setelah pengikatan.

- d. Jenis IV, yaitu Semen Portland yang dalam penggunaannya menuntut panas hidrasi rendah.
 - e. Jenis V, yaitu Semen Portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan ketahanan terhadap sulfat.
3. Air

Air adalah bahan dasar sebagai penyusun beton yang sangat penting. Air berfungsi sebagai proses kimiawi dengan semen sehingga menyebabkan terjadi pengikatan antara agregat penyusun beton dengan pasta semen dalam pembuatan beton, dan juga air berfungsi sebagai pelumas butiran agregat agar mudah dalam pengerjaannya. Air yang digunakan disyaratkan memenuhi kekuatan lebih dari 90% dari beton yang menggunakan air suling. Sedangkan untuk perawatan digunakan saat beton mengeras yaitu sebagai perawatan (*curing*)

Air yang dibutuhkan dalam campuran yaitu sekitar 20% dari berat semen. Penggunaan air yang berlebihan akan menyebabkan mutu beton yang tidak sesuai dengan rencana. Namun jika kekurangan air beton juga akan menyebabkan beton mudah retak. Kasus yang terjadi ketika pembuatan perkerasan kaku (*rigid pavement*) jika terjadi penguapan maka beton akan mudah retak.

Menurut SNI 03 – 2847 2002, air yang dapat digunakan pembuatan beton harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

- a. Air yang dipergunakan untuk pencampuran beton harus bersih, bebas bahan-bahan merusak seperti oli, asam, alkali, garam, bahan organik, atau bahan merusak lainnya.
- b. Air pencampuran untuk beton yang terkandung logam didalamnya atau beton beton prategang tidak boleh mengandung ion klorida.
- c. Air bersih atau air yang dapat diminum.

2.2.3. Bahan Tambahan (*Admixture*)

Menurut SNI 03-2487, 2002 bahan tambah adalah suatu bahan berbentuk bubuk atau cair, yang ditambahkan kedalam campuran beton selama proses pengadukan dalam jumlah tertentu sesuai kebutuhan. Untuk mendapatkan beton dengan spesifikasi khusus diperlukan bahan tambahan (*admixture*) dalam pencampuran beton. bahan tambahan tersebut bertujuan untuk memperbaiki *workability* beton (mempermudah pengerjaan), menaikkan kuat tekan,

mengendalikan faktor air semen (FAS), lama pengerasan dan kebutuhan lain tanpa mengurangi kuat tekan beton.

Menurut ASTM C 494 ketentuan bahan tamah terdapat 7 jenis yang digunakan yaitu :

- a. Tipe A, *Water Reducing Admixture*. Adalah bahan tambah yang bersifat mengurangi jumlah air dalam pencampuran beton untuk menghasilkan beton dengan konsisten tertentu.
- b. Tipe B, *Retarding Admixture*. Adalah bahan tambah yang berfungsi untuk menghambat waktu pengikatan beton.
- c. Tipe C, *Accelerating Admixture*. Adalah bahan tambah berfungsi untuk mempercepat pengikatan dan menaikkan kekuatan awal beton.
- d. Tipe D, *Water Reducing And Retarding Admixture*. Adalah bahan tambah yang berfungsi ganda yaitu untuk mengurangi proporsi penggunaan air dalam pencampuran guna menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu dan menghambat pengikatan beton.
- e. Tipe E, *Water Reducing And Accelerating Admixture*. Adalah bahan tambah berfungsi ganda untuk mengurangi jumlah air dalam pencampuran yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu namun mempercepat pengikatan beton.
- f. Tipe F, *Water Reducing And High Range Admixture*. Adalah bahan tambah yang berfungsi mengurangi jumlah proporsi penggunaan air 12% atau lebih dan mempercepat pengerasan serta waktu ikat lebih singkat.
- g. Tipe G, *Water Reducing, High Range and Retarding Admixture*. Adalah bahan tambahan yang berfungsi mengurangi jumlah air 12% atau lebih didalam pencampuran, sekaligus memperlambat pengerasan.

Pada penelitian ini penulis menggunakan bahan tambah berjenis tipe F yaitu *sikament NN (Water Reducing and High Tange Admixture)*, dan tipe D yaitu *Plastocrete RT06 Plus (Water Reducing And Retarding Admixture)*. PT. Sika Indoensia memiliki data teknis karakteristik atau spesifikasi dalam penggunaan masing – masing produk bahan tambah (*admixture*).

1) Sikament NN

Sikament NN adalah *superplasticizer* yang berfungsi mengurangi penggunaan air dengan jumlah besar dan juga dapat mempercepat proses pengerasan pada pencampuran beton. penggunaan sikamen NN berdosisi antara 0.3% hingga 2,3% dari berat semen sesuai kelecakan dan kuat tekan beton yang diinginkan. Sesuai kriteria ASTM C 494 Tipe F *superplasticizer* efektif digunakan untuk beton mengalir serta menghasilkan kekuatan awal dan akhir beton yang tinggi. Contoh produksi yang membutuhkan kekuatan awal dan akhir tinggi sebagai berikut :

- a) Beton Pra-cetak
- b) Beton Pra-tekan
- c) Jembatan atau struktur penyangga lainnya
- d) Area dimana bekisting atau cetakan harus di bebani

Kelebihan menggunakan Sikament NN yaitu :

- a) Kekuatan tinggi selama 12 jam
- b) Mempermudah pekerjaan pengecoran (*workability*)
- c) Mengurangi getara selama pengecoran (*retardation*)
- d) Mengurangi resiko pemisahan (*segregation*)
- e) Mengurangi penggunaan air hingga 25%

Tabel 2.13 Data Produk (Megasari dan Winayati, 2007)

Tipe	Poly-naphthalene kondensat
Bentuk	Cairan coklat
Kemasan	200 lt/drum dan 1000 lt/truck tangki
Penyimpanan	Simpan di area kering 5 ⁰ - 35 ⁰ , hindari sinar matahari
Umur	12 Bulan dari tanggal produksi
Berat Jenis	±1,29 kg/lt
Nilai Ph	±8
Kandungan	Klorida nil (EN 934-2)

2) Plastocrete RT06 Plus

Menurut Megasari dan Winayati (2007) Plastocrete RT06 Plus adalah campuran beton yang mereduksi penggunaan air pada pencampuran beton dan mengontrol waktu pengerasan. Fungsi dari bahan tambah ini untuk menghindari penempatan yang sulit, sendi kaku, penuangan skala besar dan penyusutan beton yang mengakibatkan keretakan. Untuk mendapat hasil yang maksimal

dalam campuran dipengaruhi oleh kualitas semen, tingkat dosis, kualitas agregat. Bahan tambah ini berdosis yaitu antara 0,2% sampai 0,6% dari berat semen.

Tabel 2.14 Data Teknis (Megasari dan Winayati, 2007)

Tipe	Sebuah campuran agen organik khusus
Warna	Coklat gelap
Berat Jenis	1,12 ± 0,01 kg/lt
Umur Produk	12 Bulan dari tanggal produksi
Penyimpanan	Tempat kering, dingin, teduh
Kemasan	200 liter/drum

2.2.4. Air Asin (Air Laut)

Laut merupakan daerah yang berpresentase dengan luas 70% di permukaan Bumi dan bersifat korositas. Keasaman laut bernilai sebesar 8,2 hingga 8,4 yang berisi air 96,5% dan kandungan ion dan material sebesar 3,5%. Material terlarut mencapai 89% yang terdiri dari garam klorida dan sisanya merupakan unsur yang berbeda (Syamsuddin dkk., 2017).

Kandungan garam terlarut dalam air sebesar 55% klorida, 8% sulfat, 31% natrium, 1% kalsium, 4% magnesium dan sisanya adalah asam borak, strontium, bromide, dan florida. Sumber garam air laut berasal dari rongga udara *hydrothermal* di laut, batuan yang berada di darat. Penyebab air laut memiliki sifat merusak sebagai berikut :

1. Oksigen terlalu besar
2. Air laut merupakan elektrolit dengan nilai konduktif yang besar
3. Temperatur di permukaan air bernilai tinggi
4. Klorida dalam air laut bersifat ion yang agresif

Tabel 2.15. *Result of Chemical Test of Water from different sources*

Parameter	Unit	Source of Water	
		Distilled water	Tidal Water at Tanjung Emas
pH	-	7,38	7,24
Alkalinity (CO)	(mg/l)	0	0
Alkalinity (HCO)	(mg/l)	137,25	112,85
Chloride (CL)	(mg/l)	14,99	18400,99
Sulfate (SO)	(mg/l)	0,17	6697,25

2.2.5. Komposisi Beton

5. Agregat

a. Pengujian gradasi agregat halus (pasir)

Berdasar dari SNI 03-2834, 2000 tentang kajian tata cara pembuatan rencana beton normal, distribusi ukuran butiran agregat halus dispesifikasikan dalam empat zona yaitu : zona I (kasar), zona II (agak kasar), zona III (agak halus), dan zona IV (halus). Tabel 2.20 berikut ini menunjukkan distribusi presentasi dan ukuran ayakan disetiap zona.

Tabel 2.16 Batas-Batas Zona Gradasi Agregat Halus (SNI 03-2834, 2002)

Ukuran Saringan	Persentase berat yang lolos saringan			
	Zona I	Zona II	Zona III	Zona IV
3/8 in. (9,5 mm)	100	100	100	100
No.4 (4,75 mm)	90-100	90-100	90-100	95-100
No.8 (2,36 mm)	60-95	75-100	85-100	95-100
No.16 (1,18 mm)	30-70	55-90	75-100	90-100
No.30 (600 μ m)	15-34	35-59	60-79	80-100
No.50 (300 μ m)	5-20	8-30	12-40	15-50
No.100 (150 μ m)	0-10	0-10	0-10	0-15

b. Pengujian Modulus Halus Butir (MHB)

Pengujian modulus halus butir (MHB) bertujuan mengukur kehalusan dan kekerasan butiran – butiran agregat. Semakin kasar butiran atau semakin tinggi nilai kekasaran butiran maka semakin tinggi pula nilai Modulus Halus Butir (MHB). Kekasaran butiran berpengaruh pada kelecakan dari campuran. Nilai Modulus Halus Butir (MHB) agregat halus sekitar 1,5 – 3,8 dan untuk nilai modulus halus butir (MHB) agregat kasar sekitar 5 – 8. Untuk agregat campuran nilai modulus halus butir (MHB) 5,0 – 6,0.

$$MHB = \left(\frac{\text{persen jumlah komulatif tertahan}}{100} \right) \dots\dots\dots (2.1)$$

Pengujian gradasi agregat halus dan modulus halus butiran berdasarkan SNI 03-2834, 2000.

- 1) Keringkan benda uji agregat halus dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai beratnya tetap.
- 2) Ambil agregat halus yang telah di keringkan sebanyak 1000 gram.

- 3) Susun saringan mulai dari 4,8 mm; 2,4 mm; 1,2 mm; 0,6 mm; 0,3 mm; 0,15 mm dan pan.
- 4) Masukkan benda uji ke dalam saringa secara perlahan kemudian letakan pada mesin *Electrick sieve shaker machin*, atur guncangan mesin selama 15 menit.
- 5) Timbang benda uji yang tertahan pada masing-masing saringan untuk mencari MHB menggunakan persamaan 2.1.

a. Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus(pasir)

Berdasarkan (SNI 03-1970, 2008) adalah perbandingan antara berat dari volume agregat terhadap berat air dengan volume yang sama dengan keadaan yang sama. Nilai-nilainya tanpa dimensi, maka:

$$\frac{A}{(B+A-C)} \dots\dots\dots(2.2)$$

$$\left(\frac{S-A}{A}\right) \times 100 \dots\dots\dots(2.3)$$

A = Berat benda uji kering dioven (gram)

B = Berat piknometer berisi air (gram)

C = Berat piknometer dengan benda uji dan air sampai batas bacaan (gram)

S = Berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan (gram)

Tahapan-tahapan pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus yaitu:

- 1) Siapkan benda uji agregat halus (pasir) terlebih dahulu sebanyak lebih dari 500 gram.
- 2) Benda uji dimasukkan kedalam oven dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ selama ± 24 jam supaya beratnya tetap.
- 3) Rendam benda uji selama 24 jam, kemudian buang air rendaman secara hati-hati, supaya agregat halus berupa pasir tidak terbuang dan keringkan benda uji hingga keadaan jenuh kering permukaan.
- 4) Masukkan benda uji jenuh kering permukaan sebanyak 500 gram ke dalam piknometer. Kemudian masukan air murni kedalam

piknometer hingga leher piknometer. Putar-putar atau guncang secara hati-hati, bertujuan untuk menghilangkan gelembung udara dalam benda uji.

- 5) Isi kembali air hingga penuh pada piknometer, kemudian timbang dengan timbangan ketelitian 0,1 gram berat air, benda uji beserta piknometernya (C).
- 6) Keluarkan benda uji dari piknometer secara hati-hati supaya tidak terbawa air, dan keringkan benda uji pada oven dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ selama 24 jam agar beratnya tetap (A).
- 7) Isi piknometer berisi air penuh dan timbang beratnya (B).
- 8) Hitunglah berat jenis agregat halus dalam berbagai kondisi dengan persamaan 2.2 dan 2.3.

b. Pengujian kadar air pada agregat halus (pasir)

Berdasarkan SNI 03-1971, 1990 kadar air adalah perbandingan berat air yang terdapat pada rongga-rongga agregat dengan agregat dalam kondisi kering yang dinyatakan dalam persen.

$$\left(\frac{S-A}{A} \right) \times 100 \quad \text{..... (2.4)}$$

Dengan :

A = Berat awal benda uji (gram)

S = Berat benda uji pada kondisi kering oven (gram)

Pengujian kadar air menggunakan tahapan-tahapan yaitu:

- 1) Timbang cawan atau wadah (W1).
- 2) Masukkan agregat halus ke dalam cawan, kemudian timbang berat total kedua benda tersebut, catat totalnya (W2).
- 3) Hitung berat agregat halus ($S = W2 - W1$)
- 4) Keringkan pada oven dalam suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ cawan dan agregat halus di dalamnya hingga 24 jam atau beratnya tetap.
- 5) Keluarkan sampel dari oven, kemudian timbang beratnya (W4).
- 6) Hitung berat agregat halus kering oven ($A = W4 - W1$).
- 7) Hitung kadar air pada agregat halus dengan menggunakan persamaan 2.4.

c. Pengujian kadar lumpur agregat halus (pasir)

Pengujian kadar lumpur agregat halus berdasarkan SNI 03-2461, 1991. Tujuannya adalah untuk mengetahui kadar lumpur yang terkandung pada agrgat halus (pasir).

$$\left(\frac{B1-B2}{B1} \right) x100 : \dots\dots\dots (2.5)$$

Dengan :

B1 = Pasir jenuh kering muka (gram)

B2 = Pasir setelah dioven (gram)

Tahapan pengujian lumpur:

- 1) Ambil pasir yang telah dikering oven sebanyak 500 gram (B1).
- 2) Pasir di cuci bersih hingga air cucian tampak bening, kemudian keluarkan air secara hati-hati agar sampel agregat halus tidak terbang atau terbawa air.
- 3) Masukkan kembali sampel kedalam oven bersuhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ selama kurang lebih 24 jam agar air yg terkandung didalamnya hilang atau kering.
- 4) Sampel agregat halus yang telah kering kemudian di timbang kembali (B2).

Hitunglah kadar lumpur agregat halung dengan persamaan 2.5.

d. Pengujian berat satuan agregat halus (pasir)

Berdasarkan SNI 03-4804, 1998 pengujian ini bertujuan untuk mengetahui volume campuran beton yang dinyatakan kg/m^2 , berat satuan agregat halus (pasir) dihitung dengan persamaan:

$$\left(\frac{W3}{V} \right) : \dots\dots\dots (2.6)$$

Dengan :

W3 = Berat benda uji (kg)

V = Volume mould (m^3)

Tahapan pengujian berat satuan:

- 1) Siapkan cetakan silinder dan agregat halus jenuh kering permukaan.
- 2) Timbang berat cetakan silinder (Z1).

- 3) Masukkan agregat halus sebanyak 1/3 dari volume silinder, kemudian tumbuk dengan batang penusuk sebanyak 25 kali.
- 4) Masukkan benda uji sebanyak 2/3 dari volume silinder kemudian tumbuk kembali, dan masukan hingga penuh lakukan penumbukan yang sama.
- 5) Timbang silinder beserta isinya (Z2).
- 6) Hitung berat benda uji dengan ($W3 = Z2 - Z1$).
- 7) Hitung volume silinder dengan dimensi 75 mm dan tinggi 150 mm (V).

e. Berat jenis dan penyerapan air agregat kasar (*Split* dan *Slag*)

Berdasarkan SNI 03-1969, 2008 berat jenis agregat kasar dan berapa persentase berat air yang dapat diserap agregat kasar.

Tahapan-tahapan pengujian berat jenis dan kadar air agregat kasar:

- 1) Persiapkan benda uji, kemudian cuci dan bersihkan agregat kasar dari kotoran yang melekat.
- 2) Keringkan agregat kasar pada suhu oven (110 ± 5)°C hingga beratnya tetap.
- 3) Keluarkan benda uji dari dalam oven kemudian diamkan pada suhu kamar selama ± 3 jam. Timbang benda uji dan catat beratnya dalam kondisi kering (A).
- 4) Rendam benda uji menggunakan air yang bersuhu ruangan dan diamkan selama 24 jam.
- 5) Benda uji yang di rendam kemudian di keringkan dengan menggunakan lap agar kondisinya jenuh kering muka. Timbang dan catat berat benda uji dalam kondisi jenuh kering muka (B).
- 6) Benda uji dimasukkan kedalam keranjang atau wadah kemudian timbang beratnya didalam air (C).
- 7) Hitung berat jenis agregat kasar menggunakan persamaan 2.7.

$$\frac{A}{B-C} : \dots\dots\dots (2.7)$$

A = Berat benda uji kering dioven (gram)

B = Berat benda uji pada kondisi jenuh kering diudara (gram)

C = Berat benda uji di timbang dalam air (gram)

- 8) Hitung penyerapan air pada agregat kasar menggunakan persamaan 2.8.

$$\left(\frac{B-A}{A}\right) \times 100 : \dots\dots\dots (2.8)$$

A = Berat benda uji kering dioven (gram)

B = Berat benda uji pada kondisi jenuh kering diudara (gram)

C = Berat benda uji di timbang dalam air (gram)

- f. Pengujian kadar air pada agregat kasar (*Split* dan *Slag*)

Berdasarkan SNI 03-1971, 1990 tujuan pengujian kadar air pada agregat kasar adalah untuk mengetahui nilai persentase kadar air yang terdapat pada agregat kasar.

$$\left(\frac{S-A}{A}\right) \times 100 : \dots\dots\dots (2.9)$$

Dengan :

A = Berat awal benda uji (gram)

S = Berat benda uji pada kondisi kering oven (gram)

Pengujian kadar air melalui langkah-langkah berikut:

- 1) Timbang cawan atau wadah (W1)
- 2) Masukkan agregat kasar ke dalam cawan, kemudian timbang berat total kedua benda tersebut, catat totalnya (W2).
- 3) Hitung berat agregat kasar ($S = W2 - W1$)
- 4) Keringkan pada oven dalam suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ cawan dan agregat kasar di dalamnya hingga 24 jam atau beratnya tetap.
- 5) Keluarkan sampel dari oven, kemudian timbang beratnya (W4).
- 6) Hitung berat agregat kasar kering oven ($A = W4 - W1$).
- 7) Hitung kadar air pada agregat kasar dengan menggunakan persamaan 2.9.

- g. Pengujian berat satuan agregat kasar (*Split* dan *Slag*)

Berdasarkan SNI 03-4142-1996, pengujian ini bertujuan untuk mengetahui berat satuan/isi dari agregat kasar pada bejana, yang dinyatakan dalam kg/m^2 .

Langkah-langkah pengujian berat satuan sebagai berikut:

- 1) Timbang cawan atau wadah (W1).

- 2) Siapkan cetakan silinder dan agregat kasar jenuh kering permukaan.
- 3) Timbang berat cetakan silinder ($Z1$).
- 4) Masukkan agregat kasar sebanyak $1/3$ dari volume silinder, kemudian tumbuk dengan batang penusuk sebanyak 25 kali.
- 5) Masukkan benda uji sebanyak $2/3$ dari volume silinder kemudian tumbuk kembali, dan masukan hingga penuh lakukan penumbukan yang sama.
- 6) Timbang silinder beserta isinya ($Z2$).
- 7) Hitung berat benda uji dengan ($W3 = Z2 - Z1$).
- 8) Hitung volume silinder dengan dimensi 75 mm dan tinggi 150 mm (V).
- 9) Hitung berat sis atau berat satuan agregat kasar menggunakan persamaa 2.10.

$$10) \left(\frac{W3}{V} \right) : \dots\dots\dots (2.10)$$

Dengan :

11) $W3$ = Berat benda uji (kg)

12) V = Volume mould (m^3)

h. Pengujian kadar lumpur agregat kasar (*Split* dan *Slag*)

Berdasarkan SNI 03 4142, 1996 pengujian kadar lumpur agregat kasar bertujuan untuk mengetahui perentase kandungan lumpur pada agregat kasar.

$$\left(\frac{B1-B2}{B1} \right) \times 100 : \dots\dots\dots (2.11)$$

Dengan :

$B1$ = Pasir jenuh kering muka (gram)

$B2$ = Pasir setelah dioven (gram)

Pemeriksaan kadar lumpur melalui langkah-langkah sebagai berikut:

- 1) Ambil agregat kasaryang telah dikering oven sebanyak 5000 gram ($B1$).

- 2) Pasir di cuci bersih hingga air cucian tampak bening, kemudian keluarkan air secara hati-hati agar sampel agregat kasar tidak terbangun atau terbawa air.
- 3) Masukkan kembali sampel kedalam oven bersuhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ selama kurang lebih 24 jam agar air yg terkandung didalamnya hilang atau kering.
- 4) Sampel agregat kasar yang telah kering kemudian di timbang kembali (B2).
- 5) Hitunglah kadar lumpur agregat kasar dengan persamaan 2.11.

2.2.6. Pengujian *slump*

Menurut Tjokrodinuljo (2007), pengujian *slump* merupakan salah satu cara untuk mengukur kelecakan (*workability*) beton segar. Sedangkan menurut SNI 03-2834 (2000) *slump* merupakan suatu ukuran kekentalan pada adukan beton segar yang dinyatakan dalam mm kemudian di tentukan oleh alat kerucut bernama abram.

Kelecakan pada beton merupakan kekentalan dan sifat plastis pada beton segar sehingga memudahkan untuk pengerjaan. Bahan pencampuran beton diantara lain semen portland, air dan agregat dengan rencana *mix design* yang telah ditentukan. Semakin encer pencampuran beton maka semakin tinggi nilai *slump* dan sebaliknya. nilai *slump* telah ditetapkan dengan kondisi kegunaan pekerjaan dilapangan, agar diperoleh beton segar yang mudah dikerjakan dilapangan SNI 03-2834, 2000. Berikut ini tabel perkiraan kadar air bebas untuk (*workability*)

Tabel 2.17 Perkiraan kadar air bebas untuk kemudahan pengerjaan (SNI 03-2834, 2000)

Slump (mm)		0-10	10-30	30-60	60-180
Ukuran besar butir agregat maksimum	Jenis agregat	-	-	-	-
10	Batu tak dipecah	150	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	250
20	Batu tak dipecah	135	160	180	195
	Batu pecah	170	190	210	225
40	Batu tak dipecah	115	140	160	170
	Batu pecah	170	175	190	205

2.2.7. Pengujian Kuat Tekan Beton

Kuat tekan adalah kuat tekan besarnya beban per satuan luas penampang, yang menyebabkan benda uji beton hancur dengan gaya tekan tertentu yang diberikan oleh mesin tekan (SNI 03-1974, 1990). Metode yang dilakukan beracuan pengujian untuk menentukan kuat tekan (*compressive strength*) beton dengan benda uji berbentuk selinder yang dibuat dilapangan maupun dilaboratorium.

Perhitungan kuat tekan diketahui sebagai berikut :

$$\text{Kuat tekan} = \frac{P}{A} \text{ (kg/cm}^2\text{)} : \dots\dots\dots (2.12)$$

Keterangan :

P = Beban maksimum (kg)

A = Luas penampang (cm²)

2.2.8. Modulus Elastisitas

Modulus elastisitas beton merupakan rasio (perbandingan) tegangan normal tarik atau tekan terhadap regangan yang timbul akibat tegangan tersebut (SNI 03-2847, 2002). Pengujian modulus elastisitas beton ini digunakan mesin uji tekan dengan dipasang alat ukur (*dial gauge*) arah *longitudinal* , arah gelombang getaran memiliki arah tegak lurus dengan arah rambatnya.

Modulus elastisitas ini dipengaruhi oleh bahan pengisi beton, kelembaban benda uji, faktor air semesta (FAS), umur beton serta temperaturnya.

Berdasarkan (SNI 03-2847, 2002) hubungan antara nilai modulus elastisitas beton dengan kuat tekan beton adalah

$$4700 \sqrt{f'c} \text{ 28 hari} \quad : \dots\dots\dots(2.15)$$

Keterangan :

$f'c$ 28 hari = kuat tekan beton setelah berumur 28 hari (Mpa)

2.2.9. Setting Time

Waktu setting penting untuk dipantau karena berkaitan dengan fase beton yang mempengaruhi kekuatan beton yang dihasilkan dari pelaksanaan pengecoran yang berkaitan dengan kemudahan pengerjaan.

Menurut Rahmad dkk (2016) Pada beton menggunakan bahan tambahan (*admixture*), secara umum disepakati atau dipakai acuan waktu sebagai berikut:

1. Waktu initial setting time beton menggunakan bahan tambahan (*admixture*) rata- rata 90 hingga 125 menit tergantung dari kadar bahan tambahan tersebut
2. Rentang waktu initial setting yang ditetapkan sebagai batas kondisi plastis telah hilang pada umumnya adalah 1-2 jam dari dimulainya pencampuran/mixing beton
3. Waktu total/final setting dianggap adalah 2-3 jam dari dimulainya pencampuran/mixing beton