

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI**

#### **2.1. Tinjauan Pustaka**

Perkerasan kaku atau dalam bahasa Inggris disebut sebagai *Rigid Pavement* merupakan salah satu jenis perkerasan yang banyak digunakan di Indonesia. Perkerasan kaku mampu menahan beban yang lebih besar dibandingkan dengan perkerasan lentur (*Flexible Pavement*). Perkerasan kaku digunakan ketika daya dukung tanah sudah atau tidak mampu menerima beban vertikal yang berada di atasnya sehingga diperlukan tipe perkerasan kuat dan mampu menopang beban yang berada di atasnya. Bahan utama yang digunakan dalam perkerasan kaku adalah beton dengan atau tidak penambahan tulangan. Seperti yang diketahui bahwa pada dasarnya, beton dapat ditambahkan dengan zat adiktif yang berguna untuk menambah kualitas beton dan memberi kemudahan dalam pengerjaannya (*workability*) maupun memperlambat waktu ikat beton segar seperti halnya ketika pengiriman beton segar dari *batching plan* menuju lokasi pengecoran.

##### **2.1.1. Penelitian Terdahulu**

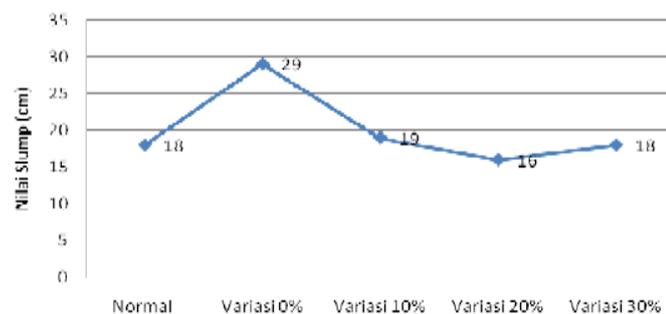
Penelitian Novan dan Ermiyati (2010) yang berjudul “Pengaruh Kuat Tekan Beton dengan Penambahan *Sikament NN*”. *Sikament NN* yang digunakan diproduksi oleh PT. Sika Indonesia. Zat adiktif ini tergolong ke dalam Tipe F yang memiliki fungsi ganda yaitu mempermudah pekerjaan (*workability*) dan mengurangi penggunaan air (*water reduced*). Dosis penggunaan *Sikament NN* berkisar antara 0,6% - 2,3% dari berat semen dengan pengurangan jumlah penggunaan air sampai dengan 30% dari campuran beton dengan kuat tekan rencana sebesar 22,5 MPa. Pemeriksaan bahan dalam penelitian ini meliputi pengujian berat jenis, kadar air, satuan gradasi, dan lain-lain.

Penggunaan dosis *Sikament NN* yaitu 1,5% dengan variasi pengurangan air 0%, 10%, 20%, dan 30%. Masing-masing variasi terdiri dari 2 buah benda uji

berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Metode pengujian yang dilakukan adalah test *slump* dan kuat tekan. Dari hasil pengujian dapat diketahui bahwa beton tanpa pengurangan air dengan dosis *Sikament NN* 1,5% memiliki nilai slump yang sangat tinggi yaitu 29 cm. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan *Sikament NN* berperan sangat masif dalam menambah kelecakan pada beton segar seperti yang terdapat pada Tabel 2.1 dan Gambar 2.1 dibawah ini.

Tabel 2.1. Hasil pengujian nilai slump (Novan dan Ermiyati, 2010)

Variasi Sampel	Nilai Slump (cm)
Beton normal	18
Tanpa pengurangan air dengan Sikament NN 1,5% dari berat semen	29
Pengurangan air 10% dengan dosis Sikament NN 1,5% dari berat semen	19
Pengurangan air 20% dengan dosis Sikament NN 1,5% dari berat semen	16
Pengurangan air 30% dengan dosis Sikament NN 1,5% dari berat semen	18



Gambar 2.1. Grafik hasil nilai slump (Novan dan Ermiyati, 2010)

Hasil kuat tekan rata-rata beton normal tanpa penambahan *admixture* dan pengurangan air diumur 28 hari yaitu 21,4 Mpa. Hasil tersebut tidak sesuai dengan *mix design* rencana yaitu sebesar 22,5 Mpa. Hal ini disebabkan penggunaan agregat halus yang tidak memenuhi standar spesifikasi. Hasil pengujian kuat tekan rata-rata beton normal dapat dilihat pada Tabel 2.2 berikut ini.

Tabel 2.2. Hasil kuat tekan beton normal (Novan dan Ermiyati, 2010)

Umur Beton (hari)	Rata-rata Kuat Tekan (MPa)
3	12,3
14	18,4
28	21,4

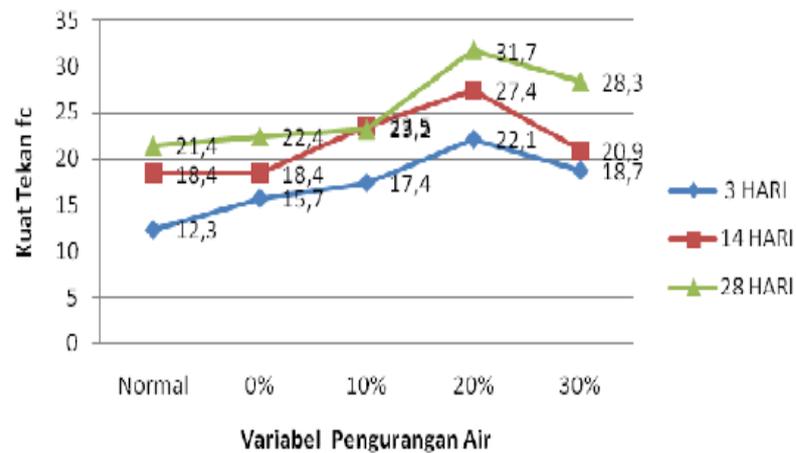
Pengujian kuat tekan beton dengan dosis penggunaan *Sikament NN* 1,5% tanpa variasi pengurangan air memiliki kuat tekan maksimum rata-rata diumur 28 hari yaitu sebesar 22,4 MPa. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa hasil kuat tekan beton bertambah seiring dengan bertambahnya umur beton. Sedangkan pengujian dengan pengurangan penggunaan air 10%, 20%, dan 30% dari berat semen dengan penambahan *Sikament NN* 1,5% menunjukkan hasil bahwa pengurangan air sebanyak 20% memiliki hasil kuat tekan yang paling tinggi. Hasil pengujian dan grafik diatas dapat dilihat pada Tabel 2.3, Tabel 2.4, Gambar 2.2 dan Gambar 2.3 di bawah ini.

Tabel 2.3. Hasil pengujian kuat tekan beton dengan *admixture Sikament NN* 1,5% dengan variasi pengurangan air 0% (Novan dan Ermiyati, 2010)

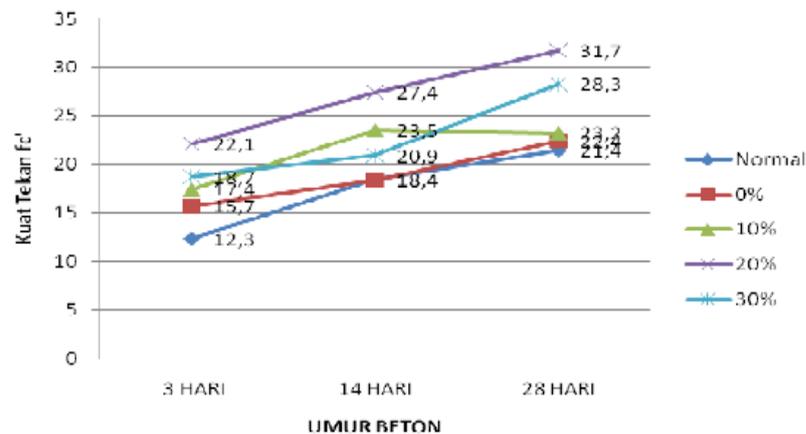
Umur Beton (hari)	Rata-rata Kuat Tekan (Mpa)
3	15,7
14	18,7
28	22,4

Tabel 2.4. Hasil pengujian kuat tekan beton dengan penggunaan *Sikament NN* 1,5% dari berat semen dan variasi pengurangan air 10%, 20%, 30% (Novan dan Ermiyati, 2010)

Variasi Air (%)	Rata-rata Kuat Tekan(Mpa)		
	3 hari	14 hari	28 hari
10	17,4	23,5	23,2
20	22,1	27,4	31,7
30	18,7	20,9	28,3



Gambar 2.2. Grafik kuat tekan beton berdasarkan variasi *Sikament NN*  
(Novan dan Ermiyati, 2010)



Gambar 2.3. Grafik kuat tekan beton berdasarkan umur beton  
(Novan dan Ermiyati, 2010)

Perbedaan penelitian di atas dengan penelitian yang dilakukan oleh peneliti adalah peneliti menambahkan 1 bahan *admixture* lain berupa *Plastocrete RT06 Plus*. Peneliti juga tidak membandingkan variasi penggunaan air terhadap penggunaan *Sikament NN* maupun *Plastocrete RT06 Plus*. Fokus utama peneliti adalah perbandingan perendaman beton *admixture* terhadap air pH normal (pH = 8,5) dengan air pH basa (NaOH). Persentase penggunaan bahan *admixture* berbeda pada setiap bahan, *Sikament NN* digunakan sebanyak 2,3% dari berat total semen, *Plastocrete RT 06 Plus* sebanyak 0,6% dari total berat semen dan pengurangan air sebanyak 25% dari total penggunaan air normal.

Penelitian Meidiani dkk., (2017) berjudul “Studi Eksperimen Penggunaan Variasi pH Air pada Kuat Tekan Beton Normal Fc 25 MPa” memiliki tujuan untuk menganalisis kuat tekan beton dengan menggunakan tiga variasi air yaitu, air pH asam, air pH normal, dan air pH basa. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah beton normal Fc 25 MPa dengan agregat kasar Bojonegoro, agregat halus Palembang, air dengan variasi pH dan semen pcc Padang. Variasi pH yang digunakan dalam penelitian ini, ialah variasi pH asam nomot 4, 5 dan 6, pH normal 7 dan variasi pH basa nomor 8, 10 dan 12. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Beton dan Teknologi Bahan Universitas IBA Palembang. Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur beton ke 7, 21 dan 28 hari. Berikut ini pada Tabel 2.5 dan 2.6 merupakan variabel sampel dan hasil perbandingan kuat tekan beton.

Tabel 2.5. Variabel sampel kuat tekan (Meidiani dkk., 2017)

Benda Uji	Umur Sampel (Hari)	Jumlah Sampel (Buah)
BNA 7	3	3
	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

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

Tabel 2.6. 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

Hasil dari kuat tekan beton di atas dapat disimpulkan bahwa semakin asam dan basa pH pada air maka kuat tekan beton semakin menurun, akan tetapi penurunan yang sangat tinggi terjadi air pH basa dengan nilai 19,44 Mpa.

Perbedaan penelitian diatas dengan penelitian yang dilakukan oleh peneliti adalah pada penggunaan variasi pH air. Jika dalam penelitian diatas menggunakan berbagai variasi pH air sebagai metode perendaman beton, peneliti hanya menggunakan pH air basa dengan menggunakan senyawa kimia NaOH dan air pH normal sebagai perbandingan. Perbedaan lainnya adalah peneliti menggunakan beton mutu tinggi ( $F_c$  32,5 MPa) dengan bahan tambahan (*admixture*) berupa *Sikament NN* dan *Plastocrete RT06 Plus*.

Penelitian Miswar (2011) dengan judul “Kuat Tekan Beton Terhadap Lingkungan Agresif” memiliki tujuan untuk mengetahui perbandingan penurunan kuat tekan beton antara beton yang direndam dengan air normal dan dengan beton

yang direndam dengan air payau. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Almuslim, Aceh. Benda uji yang digunakan berbentuk kubus dengan ukuran  $15 \times 15 \times 15$  cm sebanyak 42 buah benda uji. Perendaman sebanyak 21 benda uji dilakukan dengan air normal dan 21 benda uji dengan menggunakan air payau. Berikut pada Tabel 2.7 dan 2.8 adalah jumlah benda uji yang dikelompokkan berdasarkan hari dan jenis air perendamannya.

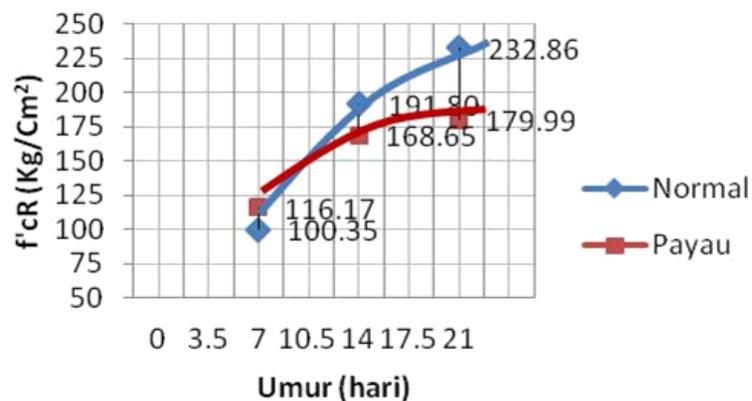
Tabel 2.7. Pembuatan beton untuk rendaman air normal (Miswar, 2011)

No	FAS	Dimensi (cm <sup>2</sup> )	Jumlah benda uji untuk umur (hari)			Total
			7 hari	14 hari	21 hari	
1	0,6	225	7	7	7	21

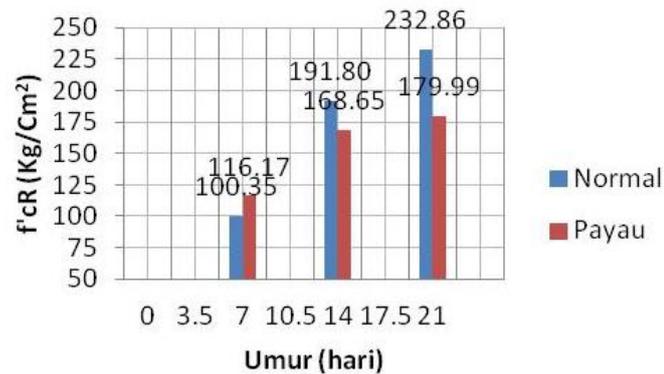
Tabel 2.8. Pembuatan beton untuk rendaman air payau (Miswar, 2011)

No	FAS	Dimensi (cm <sup>2</sup> )	Jumlah benda uji untuk umur (hari)			Total
			7 hari	14 hari	21 hari	
1	0,6	225	7	7	7	21

Data hasil kuat tekan dapat disimpulkan bahwa pada penggunaan air payau sebagai media perendaman menunjukkan hasil kuat tekan  $116.17 \text{ Kg/Cm}^2$  pada umur 7 hari,  $168,65 \text{ Kg/Cm}^2$  pada umur 14 hari dan  $179,99 \text{ Kg/Cm}^2$  pada umur 21 hari. Sedangkan perendaman dengan memakai air normal menunjukkan hasil kuat tekan pada umur 7, 14 dan 21 hari yaitu  $100,35 \text{ Kg/Cm}^2$ ,  $191.80 \text{ Kg/Cm}^2$  dan  $232,86 \text{ Kg/Cm}^2$ . Grafik hasil kuat tekan dapat dilihat pada Gambar 2.4 dan 2.5 berikut ini.



Gambar 2.4. Grafik garis pengujian kuat tekan beton (Miswar, 2011)



Gambar 2.5. Grafik batang pengujian kuat tekan beton (Miswar, 2011)

Perbedaan penelitian di atas dengan peneliti adalah air yang digunakan sebagai perendaman. Selain itu, perbandingan yang digunakan adalah umur beton dan bahan tambahan yang digunakan. Air yang digunakan pada penelitian ini adalah air pH basa (NaOH) dan air normal sebagai acuan perbandingan. Umur beton yang diteliti adalah 3 hari, 7 hari, 14 hari dan 28 hari. Peneliti juga menggunakan bahan tambahan (*admixture*) untuk beton, yaitu *Sikament NN* dan *Plastocrete RT 06 Plus*.

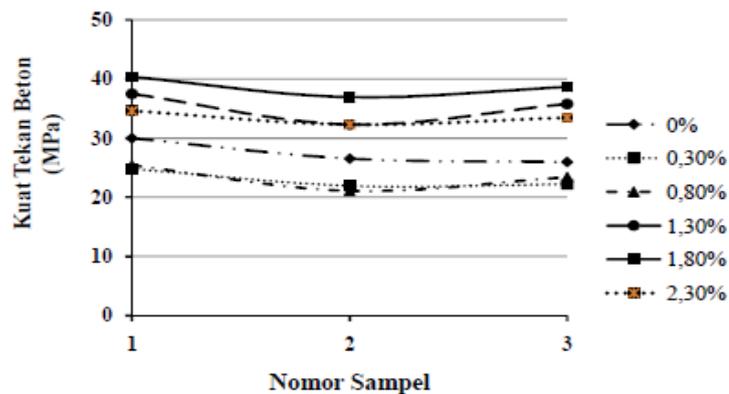
Megasari dan Winayati (2017) dalam penelitian yang berjudul “Analisis Pengaruh Penambahan *Sikament NN* terhadap Karakteristik Beton”. *Sikament NN* merupakan *superplasticizer* yang berfungsi untuk menghasilkan kekuatan awal dan kekuatan akhir yang tinggi. Penggunaan agregat kasar dan agregat halus untuk pembuatan beton diperoleh dari Provinsi Riau. Berdasarkan hasil pengujian agregat dinyatakan bahwa material tersebut telah memenuhi persyaratan sebagai bahan campuran beton.

Penambahan variasi pada *Sikament NN* dimaksudkan untuk menganalisis kuat tekan terhadap beton, serta terdapat penambahan *Plastiment VZ* yang diasumsikan untuk meningkatkan kelecakan (*workability*) selama beton dalam perjalanan menuju tempat pengecoran. Metode perancangan beton menggunakan metode *Department of Environment (DOE)* dengan sampel benda uji berbentuk silinder berdiameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Mesin pengaduk beton (*mixer*) diatur pada kecepatan 25 putaran per menit dengan lama pengadukan tidak lebih dari 5 menit.

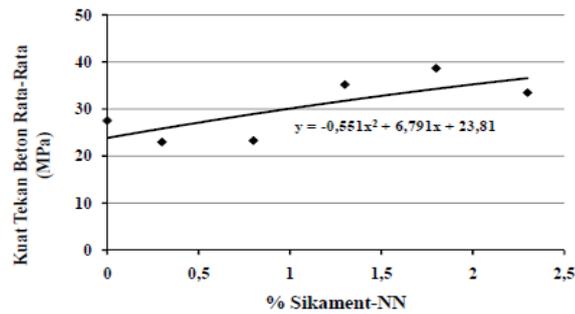
Persentase penambahan *Sikament NN* adalah 0%, 0,3%, 0,8%, 1,3%, 1,8%, 2,3%. Total jumlah sampel yang digunakan adalah 18 buah dengan masing-masing persentase 3 sampel. Untuk pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur beton 28 hari. Hasil pengujian terhadap benda uji menunjukkan hasil bahwa terjadi peningkatan nilai kuat tekan beton dengan penambahan *Sikament NN* sebesar 1,3% dan 1,8%. Hasil pengujian kuat tekan dapat dilihat pada Tabel 2.9, dan grafik kuat tekan beton pada Gambar 2.6 dan Gambar 2.7 di bawah ini.

Tabel 2.9. Hasil pengujian kuat tekan beton (Megasari dan Winayati, 2017)

% Sikamen NN	Berat	Luas	Beban	Kuat Tekan
	Rata-rata (g)	Rata-rata (cm <sup>2</sup> )	Rata-rata (kN)	Rata-rata (kg/cm <sup>2</sup> )
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



Gambar 2.6. Hasil kuat tekan beton pada benda uji dengan penambahan *Sikament NN* (Megasari dan Winayati, 2017)



Gambar 2.7. Hubungan kuat tekan beton rata-rata dengan penambahan *Sikament NN* (Megasari dan Winayati, 2017)

Perbedaan penelitian sebelumnya dengan penelitian yang dilakukan oleh peneliti adalah presentase penggunaan *Sikament NN* yang digunakan, yaitu 2,3%, dan dikombinasikan penambahan *Plastocrete RT06 Plus* sebesar 0,6% dari berat total beton. Sampel benda uji yang digunakan oleh peneliti adalah kubus dengan ukuran 15cm × 15cm × 15cm. Pengujian beton juga dilakukan pada umur beton 3 hari, 7 hari, 14 hari, dan 28 hari.

Penelitian Maricar dkk., (2013) “Pengaruh Bahan Tambah *Plastiment VZ* terhadap Sifat Beton” mengkaji tentang pengaruh penggunaan bahan tambahan (*admixture*) tipe D, yaitu *Plastiment VZ* terhadap beton. *Admixture* tipe D memiliki fungsi ganda, yaitu sebagai pengurangan penggunaan jumlah air dan menghambat waktu pengikatan awal. Penelitian ini menggunakan agregat halus *ex. Sungai Palu*, agregat kasar *ex. Sungai Labuan*, Semen merk “Tonasa”, Air dan bahan tambah. Dosis penambahan *Plastiment VZ* sebesar 0%, 0,20%, 0,40% dan 0,60% dari berat semen yang digunakan. Benda uji yang digunakan adalah silinder dengan diameter 15 cm dan panjang 30cm. Berikut pada Tabel 2.10 di bawah ini adalah tabel kebutuhan benda uji.

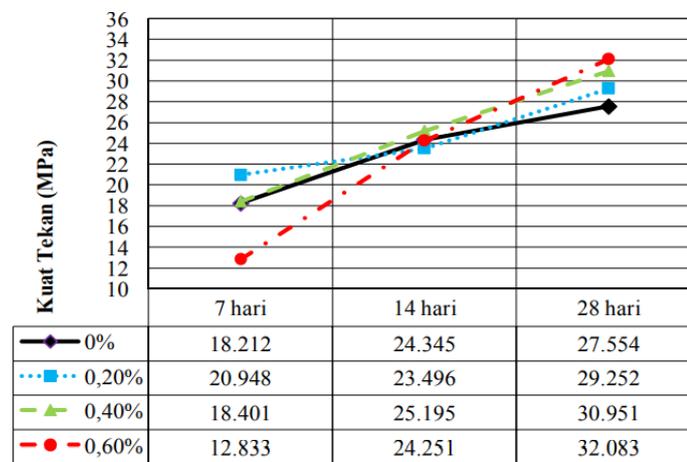
Tabel 2.10. Kebutuhan benda uji (Maricar dkk., 2013)

Umur Beton (Hari)	Variasi Penambahan <i>Plastiment VZ</i>			
	0%	0,20%	0,40%	0,60%
7	3	3	3	3
14	3	3	3	3
28	3	3	3	3
Jumlah	9	9	9	9

Hasil pengujian memberikan hasil bahwa penggunaan bahan tambahan tidak banyak memberikan pengaruh terhadap kuat tekan beton akhir pada umur 28 hari. Akan tetapi memberikan pengaruh yang berbeda pada umur beton 7 hari, khususnya pada penggunaan *Plastiment VZ* dengan dosis 0,60%. Beton memiliki kuat tekan yaitu 12,83 MPa, sehingga mengalami perlambatan pencapaian kuat tekan sebesar 29,54% dari kuat tekan beton normal sebesar 18,21 MPa. Hasil dan grafik pengujian kuat tekan dapat dilihat pada Tabel 2.11 dan Gambar 2.8 di bawah ini.

Tabel 2.11. Hasil pengujian kuat tekan beton (Maricar dkk., 2013)

Umur (Hari)	Kuat Tekan Beton dengan Variasi Penambahan <i>Plastiment VZ</i> (MPa)			
	0%	0,20%	0,40%	0,60%
7	18,212	20,958	18,401	12,833
14	24,345	23,496	25,195	24,251
28	27,554	29,252	30,951	32,083



Gambar 2.8. Grafik perbandingan kuat tekan beton (Maricar dkk., 2013)

Perbedaan penelitian sebelumnya dengan penelitian yang dilakukan oleh peneliti adalah penggunaan *admixture*, peneliti menggunakan *Sikament NN* yang dikombinasikan penggunaan *Plastocrete RT06 Plus*. Sampel benda uji yang digunakan oleh peneliti adalah kubus berukuran 15cm × 15cm × 15cm. Pengujian beton juga dilakukan pada umur beton 3 hari, 7 hari, 14 hari, dan 28 hari. Peneliti juga menggunakan NaOH sebagai air pH basa untuk media perendaman pada beton setelah proses perawatan beton (*curing*).

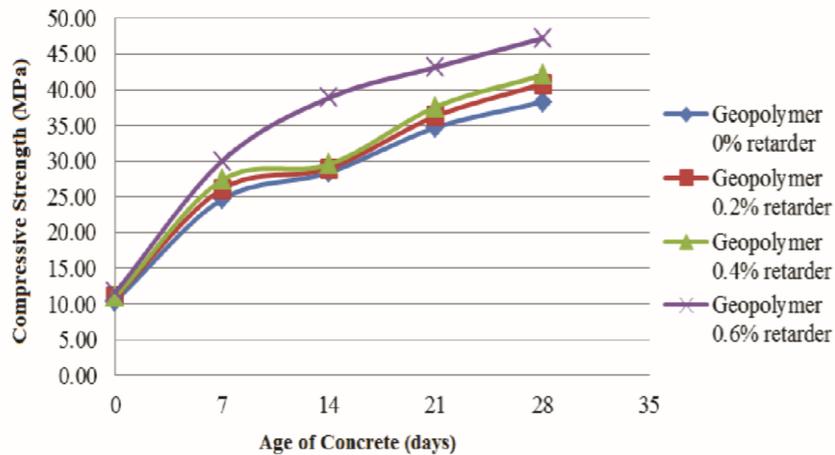
Penelitian Umniati dkk., (2017) “*Workability Enhancement of Geopolymer Concrete through the Use of Retarder*” mengkaji tentang peningkatan kuat tekan beton *geopolymer* dengan menggunakan bahan tambahan (*admixture*) tipe D yaitu *Plastocrete RT 06 Plus*. Beton *geopolymer* merupakan beton ramah lingkungan karena komposisi penggunaan semennya rendah. Beton *geopolymer* menggunakan *fly ash* sebagai pengganti semen, aquadest dan NaOH sebagai larutan aktivator. Penggunaan bahan tambahan *Plastocrete RT 06 Plus* bertujuan mengurangi jumlah penggunaan air dan menghambat waktu ikat. Selain itu, penggunaan bahan tambahan tersebut juga meningkatkan kuat tekan beton *geopolymer*.

Agregat yang digunakan dalam penelitian ini adalah agregat halus (pasir) Lumajang dan agregat kasar batu pecah Lumajang. Penelitian dilakukan di Laboratorium Mekanika Material Jurusan Teknik Sipil Universitas Negeri Malang. Dosis penggunaan *Plastocrete RT 06 Plus* adalah 0%, 0,2%, 0,4% dan 0,6% dengan pengujian kuat tekan pada umur beton 3, 7, 14, 21 dan 28 hari.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa beton *geopolymer* normal telah lulus persyaratan beton struktural dengan nilai kuat tekan beton diatas 20 MPa. Penambahan *Plastocrete RT 06 Plus* juga memberikan pengaruh pada peningkatan kuat tekan beton *geopolymer*. Semakin tinggi dosis campuran yang digunakan, semakin tinggi kuat tekan beton yang dihasilkan. Namun perbedaan kuat tekan yang dihasilkan dari penambahan adiktif tersebut tidak terlalu signifikan, sehingga dapat disimpulkan bahwa penambahan zat adiktif tersebut tidak berpengaruh banyak terhadap kuat tekan beton. Hasil dan grafik kuat tekan beton dapat dilihat pada Tabel 2.12 dan Gambar 2.9 berikut ini.

Tabel 2.12. Hasil pengujian kuat tekan beton (Umniati dkk., 2017)

<i>Retarder</i>	<i>Concrete Strength (MPa)</i>				
	<i>Variance</i>	<i>3 Days</i>	<i>7 Days</i>	<i>14 Days</i>	<i>21 Days</i>
0%	10.43	24.66	28.42	34.72	38.29
0.2%	10.96	26.10	29.02	36.30	40.81
0.4%	11.01	27.36	29.55	37.61	42.05
0.6%	11.64	30.03	38.88	43.16	47.21



Gambar 2.9. Grafik pengujian kuat tekan beton (Umniati dkk., (2017))

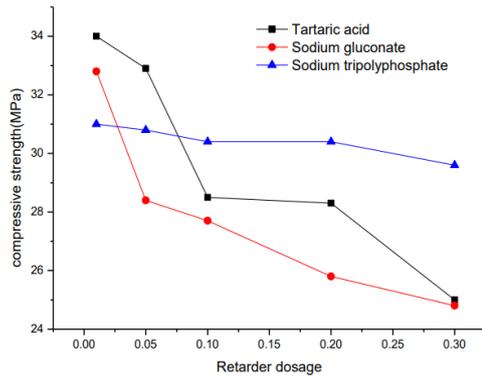
Perbedaan penelitian diatas dengan penelitian yang dilakukan peneliti lakukan adalah peneliti menggunakan beton normal. Peneliti juga menambahkan bahan tambahan (*admixture*) lain, yaitu *Sikament NN* yang dikombinasikan dengan *Plastocrete RT06 Plus*. Selain perbedaan penggunaan *admixture* tersebut, peneliti juga merendam beton Dengan air pH basa (NaOH) sebagai metode perendamanya untuk mengetahui perbandingan kuat tekan beton terhadap kuat tekan beton dengan perendaman air yang memiliki pH normal.

Penelitian Li dkk., (2017) berjudul “*A Study of the Effect of Chemical Admixtures on the Strength of Portland Cement*” memiliki tujuan untuk meneliti pengaruh penggunaan bahan tambahan (*admixture*) pada beton dengan 3 jenis bahan tambahan, yaitu *retarder* (*tartacic acid*, *sodium tripolyphosphate* dan *sodium gluconate*), *organic alcohol amine* (*diethylenetriamine*, *aminoethylethanolamine*, *triethanolamine*, *triisopropanolamine* dan *polyvinyl*) dan *inorganic salt* ( $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{Na}_3\text{SiO}_4$ ,  $\text{FeCl}_3$  dan  $\text{NaCl}$ ). Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan menggunakan semen *Portland*, air dan bahan tambahan. Untuk dosis penggunaan 3 jenis bahan tambahan dapat dilihat pada Tabel 2.13 berikut ini.

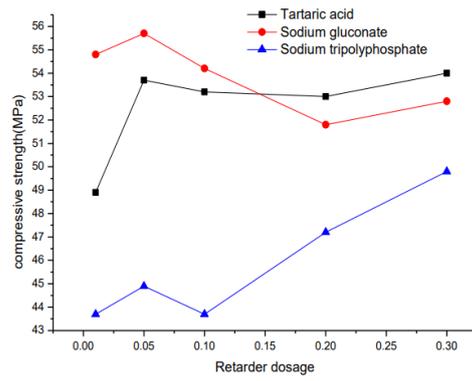
Tabel 2.13. Dosis penggunaan bahan tambahan (Li dkk., 2017)

Jenis Bahan Tambahan	Dosis Penggunaan (dari total berat beton)
<i>Retarder</i>	0,01%
	0,05%
	0,1%
	0,2%
	0,3%
<i>Organic Alcohol Amine</i>	0,01%
	0,15%
	0,2%
	0,5%
	1%
<i>Inorganic Salt</i>	0,01%
	0,2%
	0,5%
	1%
	2%

Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur beton 3 dan 28 hari. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penggunaan *retarder* memberi pengaruh yang baik dalam pengurangan penggunaan air disbanding dengan 2 jenis bahan tambahan lainnya, *retarder* memberikan kekuatan tekan awal yang kecil namun memberikan pengaruh yang kuat tekan yang signifikan pada kekuatan akhir. Terlihat pada dosis penggunaan *sodium gluconate* 0,05%. *Organic Alcohol Amine* menunjukkan hasil kuat tekan yang lebih baik diantara 2 bahan tambahan lainnya, termasuk ketika kekuatan tekan awal dan akhir seperti pada dosis penggunaan *triisopropanolamine* 1%. Hasil kuat tekan dapat dilihat pada Gambar 2.10 sampai 2.12 berikut ini.

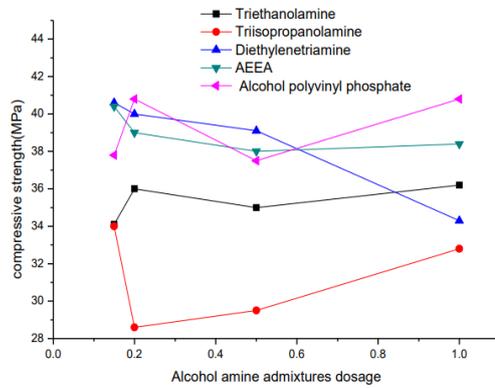


Umur 3 Hari

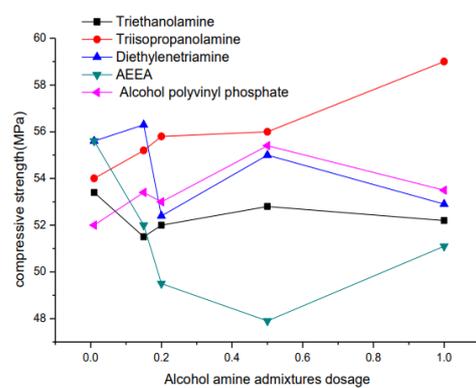


Umur 28 Hari

Gambar 2.10. Kuat tekan beton dengan *Retarder* pada umur 3 dan 28 hari (Li dkk., 2017)

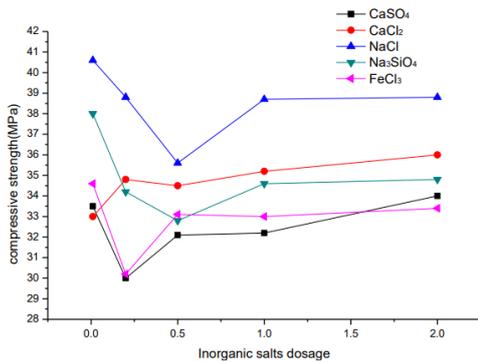


Umur 3 Hari

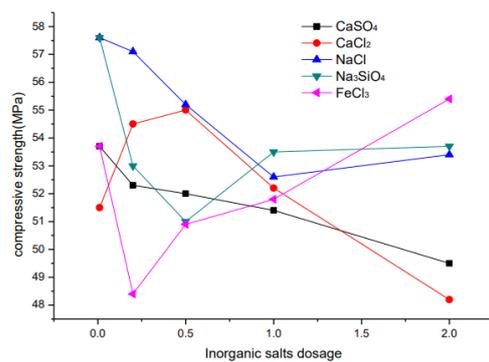


Umur 28 Hari

Gambar 2.11. kuat tekan beton dengan *Organic Alcohol Amine* pada umur 3 dan 28 hari (Li dkk., 2017)



Umur 3 Hari



Umur 28 Hari

Gambar 2.12. Hasil kuat tekan beton dengan *Inorganic Salt* pada umur 3 dan 28 hari (Li dkk., 2017)

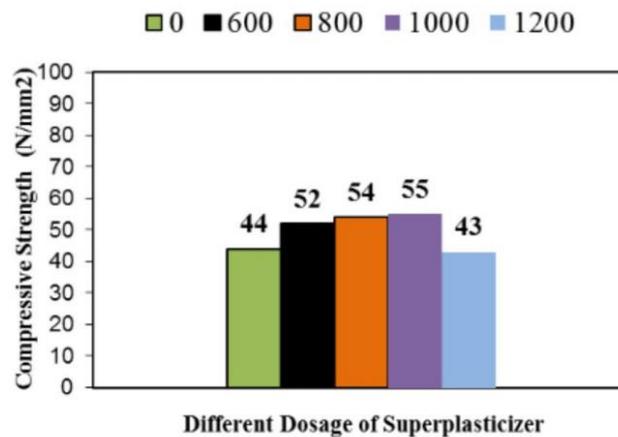
Perbedaan penelitian di atas dengan penelitian yang dilakukan oleh peneliti adalah peneliti menggunakan agregat kasar dan halus dalam pembuatan beton segar. Bahan tambahan (*Admixture*) selain *retarder* jenis *Plastocrete RT06 Plus*, peneliti juga menggunakan bahan tambahan *superplasticizer* jenis *Sikament NN* yang dicampur secara bersamaan sebagai bahan campuran untuk beton segar. Umur beton yang dilakukan oleh peneliti adalah pada umur 3, 7, 14 dan 28 hari.

Penelitian Alsadey (2012) berjudul “*Influence of Superplasticizer Strength of Concrete*” bertujuan meneliti mengenai efek penggunaan *superplasticizer* terhadap beton segar dan dosis terbaik dalam penggunaannya. *Superplasticizer* yang digunakan dalam penelitian adalah *Sikament® R2002* dengan kuat tekan beton rencana adalah  $F_c = 30$  MPa. Agregat kasar menggunakan granit 20 mm dan agregat halus menggunakan pasir laut. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksperimental yang dilakukan di Laboratorium Teknik Struktur Universitas Azzaytuna, Libya.

Dosis penggunaan *superplasticizer* adalah 0%, 0,6%, 0,8%, 1,0% dan 1,2% dengan menggunakan benda uji berbentuk kubus dengan ukuran  $15 \times 15 \times 15$  cm. Dari hasil pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur 28 hari menunjukkan hasil bahwa dosis penggunaan *superplasticizer* terbaik ialah pada dosis 1,0% sebesar 55 MPa. Sedangkan penggunaan dengan dosis tertinggi pada 1,2% menunjukkan penurunan kuat tekan sebesar 43 MPa. Hasil dan diagram kuat tekan beton dapat di lihat pada Tabel 2.14 dan Gambar 2.13 berikut ini.

Tabel 2.14. Hasil kuat tekan beton (Alsadey, 2012)

Sampel Beton	Dimensi Benda uji (cm)	Dosis <i>Sikament®</i> <i>R2002</i> (%)	Kuat Tekan (MPa)
M	$15 \times 15 \times 15$	0,0	44
M1	$15 \times 15 \times 15$	0,6	52
M2	$15 \times 15 \times 15$	0,8	54
M3	$15 \times 15 \times 15$	1,0	55
M4	$15 \times 15 \times 15$	1,2	43



Gambar 2.13. Diagram hasil kuat tekan beton (Alsadey, 2012)

Perbedaan penelitian di atas dengan yang dilakukan peneliti adalah peneliti menggunakan pasir kali sebagai agregat kasar dan batu pecah sebagai agregat kasar. Dosis penggunaan *Sikament* yang digunakan peneliti hanya 2,3% (Dosis maksimal berdasarkan data teknis dari PT. Sika Indonesia), peneliti juga menggunakan *retarder* jenis *Plastocrete RT06 Plus* sebagai bahan tambahan pada beton segar. Pengujian kuat tekan yang dilakukan oleh peneliti adalah pada umur beton 3, 7, 14 dan 28 hari.

Penelitian Lateef (2016) berjudul “*Studying of Effect the High Range, Water Reducer/Superplasticizer, Retarder Admixture on Properties of Concrete*” meneliti mengenai pengaruh penggunaan *superplasticizer* dan *retarder* pada beton dan menentukan dosis optimal dalam penggunaan bahan tambahan tersebut. Penelitian ini dilatar belakangi oleh suhu tinggi yang berada di negara Irak sehingga diperlukan bahan adiktif yang dapat menunda pengikatan awal beton segar (*retarder*) dan mampu meningkatkan kuat tekan akhir beton serta mengurangi komposisi penggunaan air (*superplasticizer/water reducer*).

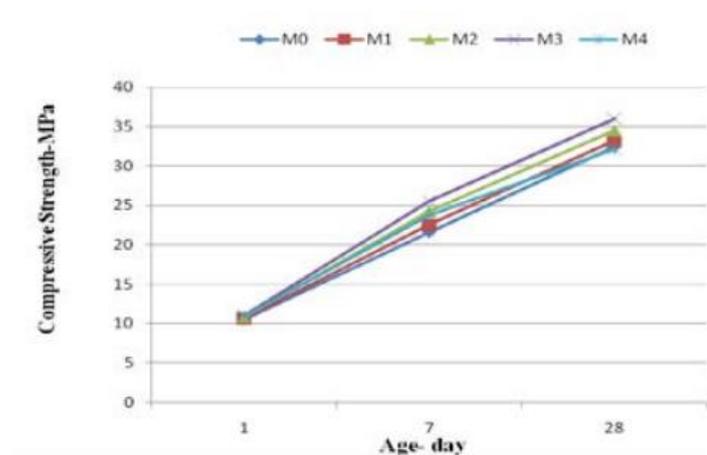
Metode hitungan pencampuran bahan (*mix desain*) sesuai dengan ACI 318, 1995 dengan kuat tekan rencana pada umur 28 hari adalah 30 MPa. Material yang digunakan adalah semen *Portland* yang memenuhi persyaratan spesifikasi Irak No. 5/1984, Agregat halus dan kasar menggunakan pasir local dan kerikil dengan ukuran maksimal 19 mm sesuai spesifikasi Irak No. 45/1984 dan air sebagai pencampur. *Admixture* yang digunakan yaitu ISOPLAS SP-530 (ISOLA) yang

memiliki sifat ganda sebagai *superplasticizer* dan *retarder*. Dosis penggunaan bahan tambahan sebesar 0%, 0,5%, 1%, 1,5% dan 2% dari total berat semen.

Pengujian menggunakan kubus berukuran  $15 \times 15 \times 15$  cm dengan pengujian kuat tekan pada umur beton 1, 7 dan 28 hari. Hasil pengujian menunjukkan hasil bahwa penggunaan dosis terbaik ISOPLAS SP-530 ada pada dosis 1,5% dengan nilai kuat tekan umur 28 hari sebesar 35,99 MPa. Sedangkan pada dosis tertinggi 2% menunjukkan penurunan kuat tekan beton umur 28 hari sebesar 32,1 MPa, Sehingga dapat disimpulkan bahwa penggunaan dosis yang berlebih menyebabkan berkurangnya kuat tekan beton. Hasil dan grafik kuat tekan beton dapat dilihat pada Tabel 2.15 dan Gambar 2.14 di bawah ini.

Tabel 2.15. Hasil kuat tekan beton (Lateef, 2016)

Kode Beton	Dosis (%)	Kuat Tekan Beton (MPa)		
		1 hari	7 hari	28 hari
M0	0	10,49	21,6	32,45
M1	0,5	10,61	22,48	33,16
M2	1	10,77	24,24	34,5
M3	1,5	11,02	25,56	35,99
M4	2	10,88	23,69	32,1



Gambar 2.14. Grafik kuat tekan beton (Lateef, 2016)

Perbedaan penelitian di atas dengan penelitian yang dilakukan oleh peneliti adalah peneliti menggunakan *Sikament NN* yang berfungsi sebagai pengurangan penggunaan jumlah air dan peningkatan kuat tekan beton dengan dosis 2,3% dari berat semen, Serta *Plastocrete RT06 Plus* yang berguna sebagai memperlambat pengikatan awal beton segar dengan dosis 0,6% dari berat semen. Metode perhitungan campuran (*mix desain*) pada penelitian peneliti mengacu pada SNI 7656:2012 tentang “Tata Cara Pemilihan Campuran untuk Beton Normal, Beton Berat dan Beton Massa”. Peneliti juga melakukan pengujian kuat tekan beton pada umur 3, 7, 14 dan 28 hari.

Penelitian Pathan dan Singh (2018) berjudul “*Using Molasses in Concrete as A Time Retarding Admixture*” memanfaatkan molasses sebagai bahan tambahan (*admixture*) pada beton segar. Molases merupakan salah satu produk limbah yang berasal dari pengolahan gula tebu yang sudah tidak dapat dikristalkan. Dalam penelitian ini, molasses digunakan sebagai *retarder* yang berfungsi dalam memperlambat waktu pengikatan beton segar. Metode pencampuran bahan (*mix desain*) yang digunakan dalam penelitian ini mengadopsi metode desain konvensional IS 456:2000 & IS: 10262:2009 dengan kuat tekan rencana  $F_c = 30$  Mpa dan  $F_c = 60$  MPa.

Material yang digunakan dalam penelitian adalah, semen *Portland* kelas 53, agregat halus dan kasar sesuai persyaratan IS: 383, air dan molasses dengan dosis 0%, 0,4%, 0,6% dan 0,8%. Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur beton 7, 14 dan 21 hari dengan sampel benda uji berbentuk kubus, silinder dan balok. Akan tetapi sampel yang digunakan dalam pengujian kuat tekan hanya benda uji berbentuk kubus yang memiliki ukuran  $15 \times 15 \times 15$  cm. Pengujian menggunakan 3 sampel benda uji untuk masing-masing dosis dalam setiap umur beton.

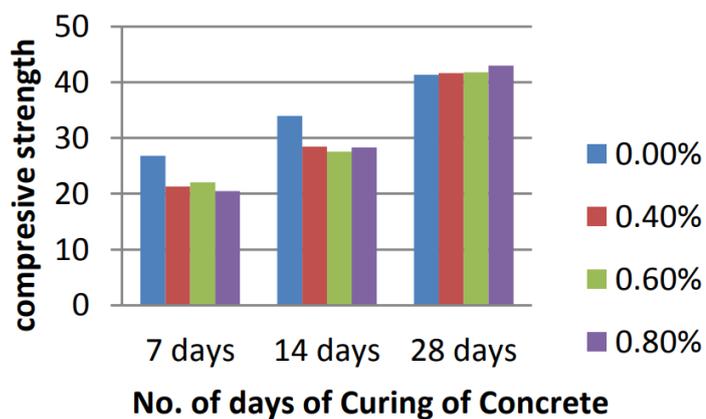
Hasil pengujian kuat tekan menunjukkan hasil bahwa penggunaan molasses pada dosis tertinggi, 0,8% menghasilkan kuat tekan yang tinggi, baik pada kuat tekan rencana 30 MPa maupun 60 MPa. Pada kuat tekan rencana 30 MPa, beton memiliki kuat tekan sebesar 42,96 MPa pada umur 28 hari. Sedangkan dengan kuat tekan rencana 60 MPa, beton memiliki kuat tekan sebesar 74,22 MPa. Hasil dan diagram kuat tekan beton dapat di lihat pada Tabel 2.16 – 2.17 dan Gambar 2.15 – 2.16 berikut ini.

Tabel 2.16. Hasil Kuat tekan dengan kuat tekan rencana 30 MPa (Pathan dan Singh, 2018)

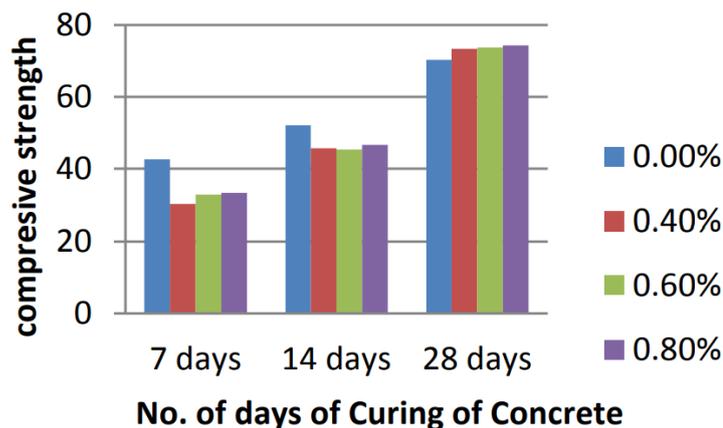
Bentuk Benda Uji	Umur Beton	Kuat Tekan Beton (MPa)			
		0% Molasses	0,4% Molasses	0,6% Molasses	0,8% Molasses
Kubus	7 Hari	26,82	21,33	22,07	20,44
	14 Hari	33,92	28,44	27,55	28,29
	28 Hari	41,33	41,63	41,77	42,96

Tabel 2.17. Hasil kuat tekan dengan kuat tekan rencana 60 MPa (Pathan dan Singh, 2018)

Bentuk Benda Uji	Umur Beton	Kuat Tekan Beton (MPa)			
		0% Molasses	0,4% Molasses	0,6% Molasses	0,8% Molasses
Kubus	7 Hari	42,67	30,22	30,22	33,33
	14 Hari	52,11	52,11	45,77	46,67
	28 Hari	70,22	70,22	73,33	74,22



Gambar 2.15. Diagram kuat tekan dengan kuat tekan rencana 30 MPa (Pathan dan Singh, 2018)



Gambar 2.16. Diagram kuat tekan dengan kuat tekan rencana 60 MPa  
(Pathan dan Singh, 2018)

Perbedaan penelitian di atas dengan penelitian yang dilakukan oleh peneliti adalah peneliti menggunakan *retarder Plastocrete RT06 Plus* dengan dosis penggunaan 0,6% dari berat semen. Selain itu, peneliti juga menggunakan *superplasticizer Sikament NN* dengan dosis 2,3% dari berat semen. Pengujian kuat tekan beton pada penelitian peneliti dilakukan pada umur beton 3, 7, 14 dan 21 hari.

Penelitian Patel dkk., (2017) berjudul “*The Experimental Investigation of Durability Test on Concrete Cubes*” bertujuan untuk melakukan eksperimen terhadap durabilitas (ketahanan) pada sambel beton kubus berukuran  $15 \times 15$  cm dengan menggunakan standar prosedur IS: 516-1959. Metode pengujian dilakukan dengan merendam sampel beton pada air dengan tambahan  $H_2SO_4$  dan HCL dengan kadar 5% selama 56 dan 90 hari setelah sebelumnya direndam untuk perawatan (*curing*) selama 28 hari dan diuji menggunakan pengujian tekan. Penelitian ini menggunakan 2 jenis sampel beton, yaitu beton M30 dan beton mikro dengan total jumlah sampel yang digunakan sebanyak 24 buah dengan umur pengujian pada 7, 28, 56 dan 90 hari. Namun, beton yang direndam menggunakan  $H_2SO_4$  dan HCL hanya untuk umur beton 56 dan 90 hari, seperti pada Tabel 2.18 mengenai informasi perendaman sebagai berikut ini.

Tabel 2.18. Jumlah sampel beton pengujian (Patel dkk., 2017)

Jenis Beton	Metode Perendaman	Umur Beton			
		7 hari	28 hari	56 hari	90 hari
Beton M30	Air Normal	3	3	3	3
	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> setelah umur beton 28 hari	-	-	3	3
	HCL setelah umur beton 28 hari	-	-	3	3
	Air Normal	3	3	3	3
Beton Mikro	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> setelah umur beton 28 hari	-	-	3	3
	HCL setelah umur beton 28 hari	-	-	3	3
	Air Normal	3	3	3	3
	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> setelah umur beton 28 hari	-	-	3	3

Sedangkan material yang digunakan dan hasil dari penelitian dapat dilihat pada Tabel 2.19 – 2.21 dan Gambar 2.17 – 2.18 di bawah ini.

Tabel 2.19. Proporsi material untuk Beton M30 (Patel dkk., 2017)

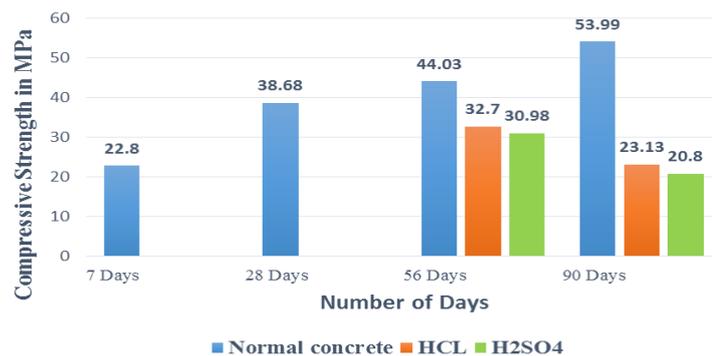
<i>Item</i>	<i>Propotion</i>
<i>Cement (Kg)</i>	45
<i>Fine aggregate (Kg)</i>	69,45
<i>Coarse aggregate (Kg)</i> <i>(10mm &amp; 20mm)</i>	44,39
<i>Grit (Kg)</i>	54,06
<i>Water (litter)</i>	19,55
<i>Water cement ratio</i>	0,43

Tabel 2.20. Proposi material untuk Beton Mikro (Patel dkk., 2017)

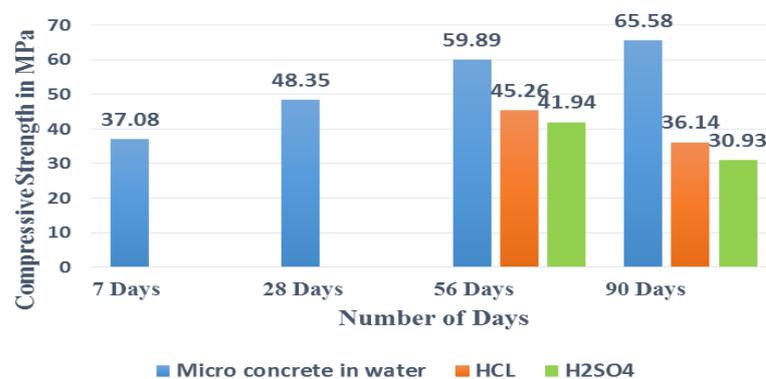
<i>Item</i>	<i>Propotion</i>
<i>Cube size</i>	15 × 15 × 15 mm
<i>Quantity</i>	0,0843 m <sup>3</sup>
<i>Density of micro concrete</i>	2000 kg/m <sup>3</sup>
<i>Total weight of micro concrete</i>	168,78 kg

Tabel 2.21. Hasil pengujian kuat tekan (Patel dkk., 2017)

Jenis Beton	Metode Perendaman	Kuat Tekan (MPa)			
		7 hari	28 hari	56 hari	90 hari
Beton M30	Air Normal	22,8	38,68	44,03	53,99
	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> setelah umur beton 28 hari	-	-	30,98	23,13
	HCL setelah umur beton 28 hari	-	-	32,98	20,8
	Air Normal	37,08	48,35	59,89	65,58
Beton Mikro	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> setelah umur beton 28 hari	-	-	41,94	30,93
	HCL setelah umur beton 28 hari	-	-	45,26	36,14
	Air Normal	37,08	48,35	59,89	65,58
	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> setelah umur beton 28 hari	-	-	41,94	30,93



Gambar 2.17. Grafik hasil kuat tekan beton M30 (Patel dkk., 2017)



Gambar 2.18. Grafik hasil kuat tekan beton mikro (Patel dkk., 2017)

Dari hasil pengujian kuat tekan di atas dapat disimpulkan bahwa beton M30 dan beton mikro mengalami kenaikan kuat tekan seiring dengan bertambahnya umur beton. Sedangkan untuk beton yang direndam menggunakan HCL maupun H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dengan kadar 5% mengalami penurunan kuat tekan seiring bertambahnya umur beton (umur 56 dan 90 hari), namun perendaman menggunakan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> mengalami penurunan lebih tinggi dibandingkan perendaman menggunakan HCL seperti dapat dilihat pada Gambar 2.17 dan 2.18.

Perbedaan penelitian diatas dengan yang dilakukan oleh peneliti adalah peneliti menggunakan beton dengan bahan tambahan (*admixture*). Metode perendaman, peneliti menggunakan larutan NaOH (basa) yang dicampurkan kedalam air, sedangkan umur perendamannya adalah 3, 7, 14 dan 28 hari, sampel beton langsung dimasukkan ke dalam bak perendaman tanpa harus menunggu umur 28 hari seperti pada penelitian diatas. Selain pengujian kuat tekan, peneliti juga menguji nilai hambatan dan kepadatan pada sampel beton.

Penelitian Timotius dkk., (2014) berjudul “Identifikasi Keretakan Beton Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas” memiliki tujuan untuk mengidentifikasi keretakan pada sampel beton menggunakan alat *resistivitymeter*. Alat *resistivitymeter* akan memberikan hasil nilai hambatan yang selanjutnya diolah menggunakan software untuk mengetahui letak retakan dan rongga dengan konfigurasi *schlumberger*. Konfigurasi *schlumberger* merupakan penentuan pola tahanan jenis model berbentuk pipa di bawah permukaan, dimana jarak titik tengah dengan elektroda arus A, sama dengan jarak titik tengah dengan elektroda arus B yakni sepanjang  $x$ , sedangkan elektroda potensial M dan N terletak di dalam elektroda arus, dan masing-masing elektroda tersebut berjarak  $y$  dari titik tengah pengukuran. Susunan elektroda tersebut biasa digunakan untuk menyelidiki variasi resistivitas (tahanan jenis) ke arah vertikal (*Sounding*). Sampel dalam penelitian menggunakan beton dengan panjang 60 cm, tinggi 20 cm dan lebar 10 cm.

Penelitian ini dilakukan dengan melakukan pengamatan terhadap keretakan sampel beton dengan inversi (pengukuran) secara 1D maupun 2D. Hasil dari penelitian tersebut memberikan kesimpulan bahwa semakin banyak atau panjang retakan ataupun rongga maka nilai resistivitasnya (ohm) akan semakin tinggi,

begitu juga untuk sebaliknya, seperti pada Tabel 2.22 di bawah ini yang merupakan hasil pengujian dari penelitian di atas.

Tabel 2.22. Hasil pengujian retakan (Timotius dkk., 2014)

Metode	Pengukuran	Jenis Kerusakan (Retakan)			
		Retakan Diagonal	Retakan Vertikal	Tanpa Retakan	Berongga
Inversi 1D	Titik Retakan dari ujung sampel (cm)	30	20	10	-
	Kedalaman (cm)	20	20	20	-
	Nilai error (%)	10,52	7,31	2,89	2,26
	Jumlah iterasi	25	25	10	10
	Nilai Resistivitas (ohm)	6403,24	5877,76	3741,12	3138,74 (terendah) 3768,5 (tertinggi)
Inversi 2D	Titik Retakan dari ujung sampel (cm)	60	60	60	60
	Tinggi (cm)	20	20	20	20
	Nilai error (%)	38,2	38,2	38,2	9,3
	Jumlah iterasi	4	4	4	18
	Nilai Resistivitas (ohm)	4471	4471	4471	1228

Hasil pengukuran inversi 1D memberikan hasil bahwa pada titik retakan 30 cm dengan kedalaman 20 cm memiliki nilai resistivitas yang tinggi sebesar 6403,24 ohm. Hal ini dipengaruhi keberadaan titik retak, kedalaman dan nilai error yang dihasilkan. Sedangkan untuk inversi 2D, retakan diagonal, vertikal dan tanpa retakan memiliki nilai resistivitas yang sama sebesar 4471 ohm dengan titik retak 60 cm dan tinggi 20 cm. Beton berongga dengan inversi 2D terletak pada titik retak maupun tinggi yang sama namun dengan nilai resistivitas sebesar 1228 ohm.

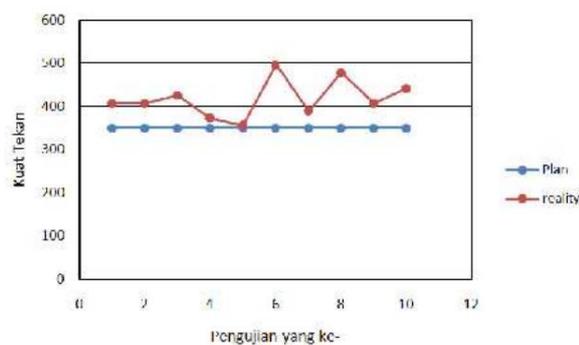
Perbedaan penelitian diatas dengan penelitian yang dilakukan oleh peneliti adalah peneliti menggunakan sampel beton berbentuk kubus berukuran  $15 \times 15$  cm

dan pengujian resistivitas hanya sebatas mengetahui nilai hambatan jenis pada setiap sampel beton yang dilakukan, yaitu terhadap beton dengan perendaman air biasa dan perendaman air basa tanpa melakukan inversi 1D maupun 2D.

Penelitian Apriani (2016) berjudul “Aplikasi *Non Destructive Test* pada Investigasi Keandalan Struktur Beton” bertujuan untuk melakukan pengujian *non destructive* menggunakan *Hammer Test*, *Rebar Locator* dan *Ultrasonic Pulse Velocity Test (UPVT)* terhadap struktur bangunan, dengan studi kasus pada kolom *basement K4 Stadion Utama Riau*. Pengujian dilakukan secara bertahap dengan diawali *Hammer Test*, *Ultrasonic Pulse Velocity Test (UPVT)* dan *Rebar Locator* dengan hasil pengujian yang dapat dilihat pada Tabel 2.23 – 2.25 dan Gambar 2.19 – 2.20 di bawah ini.

Tabel 2.23. Hasil pengujian *Hammer Test* (Apriani, 2016)

No.	Rebound Value (R)	Position	Rebound Value		Compression Strength (Kg/cm <sup>2</sup> )		(x - X)	(x - X) <sup>2</sup>
			After Correction (R)	Plan	Reality			
<b>Kolom Lantai Basement(K4)</b>								
1	40	Horizontal	40,00	350	408,00	-10,90	118,81	
2	40	Horizontal	40,00	350	408,00	-10,90	118,81	
3	41	Horizontal	41,00	350	426,00	7,10	50,41	
4	38	Horizontal	38,00	350	374,00	-44,90	2016,01	
5	37	Horizontal	37,00	350	357,00	-61,90	3831,61	
6	45	Horizontal	45,00	350	497,00	78,10	6099,61	
7	39	Horizontal	39,00	350	390,00	-28,90	835,21	
8	44	Horizontal	44,00	350	479,00	60,10	3612,01	
9	40	Horizontal	40,00	350	408,00	-10,90	118,81	
10	42	Horizontal	42,00	350	442,00	23,10	533,61	
<b>Total Sx</b>					<b>4189,00</b>	<b>S(x - X)<sup>2</sup></b>	<b>17334,90</b>	
<b>Mean Strength, X</b>					<b>418,90</b>	<b>Kg/cm<sup>2</sup></b>		
<b>Standard Deviation, s</b>					<b>41,64</b>	<b>Kg/cm<sup>2</sup></b>		
<b>Carateristic</b>					<b>350,62</b>	<b>Kg/cm<sup>2</sup></b>		
<b>Coefficient of Variation, V</b>					<b>9,94</b>	<b>%</b>		



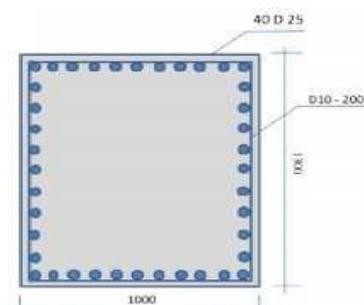
Gambar 2.19. Perbandingan kuat tekan rencana dengan pengujian di lapangan (Apriani, 2016)

Tabel 2.24. Hasil pengujian *Ultrasonic Pulse Velocity Test (UPVT)*  
(Apriani, 2016)

<i>Code</i>	<i>Measurement Type</i>	<i>Distance (m)</i>	<i>Velocity (m/s)</i>	<i>Time (<math>\mu</math>s)</i>	<i>Average (km/s)</i>	<i>Result</i>
Kolom Lt. Basement (K 4)	<i>Semi Direct</i>	0,3	8596	34,9	7,43	Sangat Baik
			8850	33,9		
			9868	30,4		
			5093	58,9		
			4754	63,1		

Tabel 2.25. Hasil pengujian *Rebar Locator* (Apriani, 2016)

<i>Code</i>	<i>Dimension (mm)</i>	<i>Concrete Cover (mm)</i>	<i>Amount of Main Bar</i>	<i>Distance of Main Bar (mm)</i>
Kolom Lt. Basement (K 4)	1000	50	11	90
	1300	50	11	120
	1000	50	11	90
	1300	50	11	120



Gambar 2.20. Hasil pengujian *Rebar Locator* pada kolom *Basement*  
(Apriani, 2016)

Dari hasil penelitian di atas, pada pengujian *hammer test* diperoleh nilai ketidakteraturan sangat tinggi, yaitu 9,4 %, sedangkan untuk kuat tekan relative tinggi dibandingkan dengan kuat tekan rencana sebesar 30 MPa. Pengujian *UPVT* diperoleh hasil sangat baik sebesar 7,43 km/det, hal ini karena hubungan *pulse velocity* dengan kualitas beton berada di atas standar ASTM C597 (>4,57 km/det). Sedangkan pengujian *rebar rotator* hanya untuk mendeteksi keberadaan tulangan, dimensi dan tata letaknya. Hasil keseluruhan dari ketiga pengujian alat *non destructive* di atas diperoleh hasil bahwa struktur kolom *basement* K4 Stadion Utama Riau masih memenuhi sebagai bangunan yang layak fungsi.

Perbedaan penelitian diatas dengan penelitian yang dilakukan oleh peneliti adalah peneliti hanya menggunakan *Ultrasonic Pulse Velocity Test (UPVT)* sebagai alat pengujian untuk mengetahui nilai densitas (kepadatan) pada sampel beton yang telah peneliti buat sebelumnya. Peneliti menggunakan sampel beton mutu tinggi berukuran  $15 \times 15$  cm yang sebelumnya telah direndam sebagai metode perawatan beton (*curing*) menggunakan dua tipe air berbeda pH, yaitu air normal dan air basa.

Penelitian Rochaeti dkk., (2014) melakukan penelitian terhadap pengaruh panas hidrasi beton dengan semen type II terhadap ketebalan elemen beton. Penelitian ini dilakukan dengan membuat sampel benda uji beton dengan mutu beton yang direncanakan adalah K-350 dan penggunaan bahan tambahan *admixture* jenis *superplasticizer* dan *retarder*. Jenis beton yang digunakan dalam penelitian ini adalah beton massa dengan pengujian *hammer test* dan *pundit*. Dari hasil pengujian kepadatan dalam penelitian tersebut hanya ditampilkan untuk pengujian *pundit* dengan hasil cepat rambat gelombang ultrasonik sebesar 3,7 km/s yang masuk kedalam kategori baik.

Perbedaan penelitian di atas dengan penelitian yang dilakukan oleh peneliti adalah peneliti menggunakan beton normal dengan tambahan *admixture* yang diaplikasikan sebagai perkerasan kaku pada jalan raya. Mutu beton yang digunakan adalah  $K > 400$  dengan  $F_c'$  rencana sebesar 33,2 MPa. Dalam penelitian ini hanya menggunakan *UPVT (Pundit)* untuk mengetahui kepadatan dan mutu beton dalam penelitian ini.

Penelitian Alsadey (2015) meneliti mengenai *Effect of Superplasticizer on Fresh and Hardened Properties of Concrete*. Tujuannya adalah untuk mengetahui dampak dari penggunaan *admixture Superplasticizer* terhadap beton dengan karakteristik kekuatan sebesar 30 MPa. Dosis penggunaan *Superplasticizer* beragam, yaitu 0%, 0,6%, 0,8%, 1,2%, 1,8% dan 2,5% dari total berat beton. Dari hasil pengujian kuat tekan diperoleh hasil bahwa penggunaan *Superplasticizer* mampu meningkatkan kuat tekan beton pada semua dosis penggunaannya. Dosis terbaik diperoleh pada penggunaan *Superplasticizer* 0,8% dengan kuat tekan sebesar 40,24 MPa. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 2.26 di bawah ini.

Tabel 2.26. Variasi kuat tekan pada beton 28 hari (Alsadey, 2015)

Concrete Mix	SP%	Compressive Strength (N/mm <sup>2</sup> )
		28 Days
Mc 1	0,0	37,68
MS 2	0,6	37,17
MS 3	0,8	40,24
MS 4	1,2	36,75
MS 5	1,8	36,75
MS 6	2,5	36,17

Perbedaan penelitian di atas dengan penelitian oleh peneliti adalah peneliti tidak hanya menggunakan *Superplastizicer* sebagai bahan tambahan (*admixture*), akan tetapi juga menggunakan *Plastocrete RT06 Plus*. Penggunaan 2 jenis *admixture* tersebut dikarenakan paling umum digunakan dalam proyek pembangunan, terutama pada proyek perkerasan kaku jalan, sehingga peneliti melakukan simulasi tersebut untuk diterapkan dalam penelitian ini.

## 2.2. Dasar Teori

### 2.2.1. Beton

Beton merupakan suatu bahan komposit (campuran) dari beberapa material, yang bahan utamanya terdiri dari campuran antara semen, agregat halus, agregat kasar, air serta bahan tambahan (*admixture*) dengan perbandingan tertentu., karena beton merupakan komposit, maka kualitas beton sangat tergantung dari kualitas masing-masing material pembentuk, oleh Tjokrodimulyo (2007). Beton terbentuk dari campuran bahan batuan yang diikat dengan bahan perekat, yaitu semen. Bahan batuan yang digunakan dalam beton pada umumnya dibedakan menjadi 2, yaitu agregat kasar (kerikil/batu pecah) dan agregat halus (pasir). Agregat halus dan agregat kasar disebut sebagai bahan penyusun campuran dan merupakan komponen utama dalam susunan beton. Penggunaan agregat dalam campuran beton mencapai jumlah  $\pm 70\% - 75\%$  dari total komposisi beton.

Dalam menghasilkan kuat tekan beton sesuai dengan rencana, maka diperlukan perhitungan campuran beton (*mix design*) untuk menentukan komposisi jumlah masing-masing bahan penyusun yang dibutuhkan. Selain itu, diperlukan

adukan beton yang benar-benar homogen dengan kelecakan tertentu agar tidak terjadi segregasi pada beton. Selain perbandingan bahan penyusunnya, kekuatan beton ditentukan oleh padat atau tidaknya campuran bahan penyusun dalam beton. Semakin kecil rongga yang dihasilkan dalam campuran beton, maka semakin tinggi kuat tekan beton yang dihasilkan.

Menurut Mulyono.T, (2004) penggunaan beton dalam kontruksi bangunan terdapat beberapa kelebihanannya yaitu :

1. Mudah dibentuk sesuai dengan kebutuhan kontruksi.
2. Mampu memikul/menahan beban yang berat.
3. Tahan terhadap temperatur suhu tinggi.
4. Biaya perawatan beton tidak terlalu mahal.
5. Umur pemakaian yang lama.

Kekurangan penggunaan beton, yaitu :

1. Bentuk beton yang sulit diubah-ubah apabila sudah mengeras.
2. Pengerjaan beton membutuhkan ketelitian yang tinggi.
3. Beton memiliki bobot yang berat.
4. Daya pantul suara yang dihasilkan besar.

Bahan tambahan merupakan bahan selain unsur utama penyusun beton (air, semen, agregat) yang ditambahkan pada adukan beton, sebelum atau selama pengadukan beton. Tujuan dari pemberian bahan tambahan adalah mengubah sifat beton sewaktu masih dalam keadaan segar atau beton setelah mengeras seperti mempercepat pengerasan, menambah encer adukan beton, menambah.kuat tekan, menambah kuat daktilitas beton dalam jumlah yang relatif sedikit, dan harus dengan pengawasan yang ketat agar tidak berlebihan yang justru.memperburuk sifat dari beton (Tjokrodimulyo, 2007).

Nilai kekuatan dan daya tahan (*durability*) beton merupakan fungsi dari banyak faktor, diantaranya adalah nilai *maning* campuran dan mutu bahan susun, metode pelaksanaan pembuatan adukan beton, temperatur dan kondisi perawatan pengerasan beton. Nilai kuat tekan beton relatif tinggi dibanding dengan kuat tariknya dan merupakan bahan yang getas. Nilai kuat tariknya berkisar antara 9% - 15% dari kuat beton yang diperkuat dengan batang tulangan baja sebagai bahan

yang dapat bekerja sama dan mampu membantu kelemahan beton, terutama pada bagian yang bekerja menahan tarik (Dipohusodo, 1994)

### 2.2.2. Komposisi Beton

#### 1. Semen

Semen merupakan hasil industri yang kompleks dengan campuran dan susunan yang berbeda-beda. Semen terdiri dari bahan mentah yang dicampur dan menghasilkan suatu bahan perekat berupa serbuk halus yang apabila ditambahkan dengan air dapat menimbulkan sebuah reaksi hidrasi, sehingga dapat mengeras dan digunakan sebagai bahan pengikat. Susunan kandungan unsur pada semen dapat dilihat pada Tabel 2.27.

Tabel 2.27. Susunan unsur Semen *Portland* (Tjokrodinuljo, 1995)

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

#### 2. Agregat

Agregat merupakan butiran mineral yang berasal dari hasil disintegrasi alami batu-batuan atau berupa pecahan dari mesin pemecah batu dengan memecah bahan alami. Agregat merupakan bahan pengisi pada beton, sehingga dengan demikian agregat memiliki perananan penting dalam sebuah beton. Kandungan agregat dalam beton adalah 70% - 75% dari volume beton. Agregat dapat mempengaruhi sifat-sifat pada beton, sehingga sangat perlu diperhatikan dalam pemilihan aregat untuk pembuatan beton. Agregat juga dibedakan menjadi 2 jenis yaitu agregat halus dan agregat kasar, baik yang didapat secara alami maupun buatan.

a. Agregat Halus

Agregat halus dapat berupa pasir alam, pasir hasil olahan atau gabungan dari pasir alam dan olahan. Agregat dibedakan berdasarkan berat, asal agregat, diameter butir (gradasi), dan tekstur permukaan agregat. Agregat halus adalah butir-butiran halus yang lolos pada saringan no. 4 atau ukuran 4,8 mm dan tertahan pada saringan no. 100 atau ukuran 150  $\mu\text{m}$  (ASTM C 136). Detail batas gradasi butiran dapat dilihat pada Tabel 2.28.

Tabel 2.28. Batas gradasi agregat halus (ASTM C136)

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 $\mu\text{m}$ )	25 sampai 60
No.50 (300 $\mu\text{m}$ )	5 sampai 30
No.100 (150 $\mu\text{m}$ )	0 sampai 10

Sedangkan dalam peraturan ASTM C-117 tentang persyaratan agregat halus harus memenuhi kriteria di bawah ini.:

- 1) Pasir adalah butir-butiran kasar, kuat, tajam, dan tidak berpori.
- 2) Material bersifat kuat dan tidak terpengaruh oleh cuaca (matahari atau hujan).
- 3) Pasir jika di uji dengan larutan garam natrium 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 pada 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%.

b. Agregat kasar

Agregat kasar terdiri dari kerikil, kerikil remuk, batu pecah, terak tanur tinggi atau beton semen hidrolis yang dihancurkan (ASTM C33, 2013). Agregat kasar sebagai salah satu bahan material pada campuran beton harus memenuhi spesifikasi yang baik. Sifat fisik agregat halus untuk adukan harus memenuhi syarat gradasi seperti pada Tabel 2.29.

Tabel 2.29. Persyaratan agregat kasar (ASTM C33)

Ukuran	Saringan	Persen Lolos		
		Ukuran Maks. 10 mm	Ukuran Maks. 20 mm	Ukuran Maks. 40 mm
3 in	75 mm	-	-	100 - 100
1,5 in	37,5 mm	-	100 - 100	95 - 100
3/4 in	19 mm	100 - 100	95 - 100	30 - 60
3/8 in	9,5 mm	50 - 85	30 - 60	0 - 10
no. 4	4,75 mm	0 - 10	0 - 10	0 - 5

3. Air

Air diperlukan dalam proses pembentukan beton. Air memiliki peran penting dalam proses kimiawi semen, sehingga air dapat menyebabkan terjadinya pengikatan antara pasta semen dengan material penyusun beton lainnya. Semen tidak dapat menjadi pasta tanpa adanya air. Fungsi lain air adalah sebagai pelumas antara butiran-butiran agregat agar dengan mudah dapat dikerjakan dan dipadatkan.

Air dibutuhkan agar terjadi sebuah proses kimiawi, yaitu penggabungan air dengan semen (hidrasi). Penggunaan air berkisar 20% dari berat semen. Akan tetapi penggunaan air harus dibatasi, karena penggunaan air yang berlebihan dapat menyebabkan berkurangnya mutu beton. Dalam proses pembuatan beton, air memiliki peranan penting terhadap nilai perbandingan jumlah air dan semen atau factor air semen (*w/c ratio*) karena dapat mempengaruhi kekuatan beton (*strength of concrete*), kemudahan pengerjaan (*workability*), kestabilan volume (*volume stability*) dan keawetan beton (*durability of concrete*).

Air yang digunakan dalam pembuatan beton harus memenuhi persyaratan yang telah ditentukan berdasarkan ASTM C 1602, yaitu:

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

### 2.2.3. Bahan Tambahan (*Admixture*)

Dalam ASTM C 494, bahan tambahan (*admixture*) memiliki pengertian sebagai suatu bahan yang berupa menyerupai bentuk bubuk atau cair yang kemudian ditambahkan kedalam campuran beton selama proses pengadukan dalam jumlah tertentu untuk merubah beberapa sifat beton. Sedangkan menurut Theodor (1996), dalam mendapatkan beton dengan spesifikasi khusus maka diperlukan bahan tambahan (*admixture*) untuk pencampuran beton. Bahan tambahan digunakan dengan tujuan untuk mempermudah proses pengerjaan beton, memperbaiki *workability*, mengendalikan faktor air semen (fas) beton, menaikkan kuat awal beton, lama pengerasan atau kebutuhan lain tanpa mengurangi kekuatan rencana beton tersebut.

Berdasarkan ketentuan dalam ASTM C 494 mengenai bahan tambahan (*admixture*) terdapat 7 jenis tambah yang dapat digunakan yaitu:

- a. Tipe A (*Water Reducing Admixture*)

Bahan tambahan yang memiliki sifat mengurangi jumlah penggunaan air dalam pencampuran beton untuk menghasilkan beton dengan konsisten tertentu.
- b. Tipe B (*Retarding Admixture*)

Bahan tambahan yang berfungsi sebagai penghambat waktu pengikatan beton.
- c. Tipe C (*Accelerating Admixture*)

Bahan tambahan yang berfungsi untuk mempercepat pengikatan beton dan menaikkan kekuatan awal beton.
- d. Tipe D (*Water Reducing And Retarding Admixture*)

Bahan tambahan 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*)

Bahan tambahan yang 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*)

Bahan tambahan 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*)

Bahan tambahan yang berfungsi mengurangi jumlah air 12% atau lebih didalam pencampuran, sekaligus memperlambat pengerasan.

Bahan tambahan yang digunakan dalam penelitian ini memakai jenis bahan tambahan tipe D, yaitu *Plastocrete RT06 Plus (Water Reducing And Retarding Admixture)*, dan tipe F *Sikament NN (Water Reducing And High Range Admixture)*. Berdasarkan data teknis PT. Sika Indonesia terdapat karakteristik dari masing-masing produk yaitu :

a. *Plastocrete RT06 Plus*

Menurut data teknis PT. Sika Indonesia (2007) *Plastocrete RT 06 Plus* merupakan campuran beton yang dapat mereduksi penggunaan air pada pencampuran beton serta mengontrol waktu pengerasan, bahan tambahan ini masuk dalam ASTM C 494 Tipe D. Fungsi dari sifat bahan tambahan ini adalah menghindari sendi kaku, penempatan yang sulit, penuangan dengan skala besar, mengurangi penyusutan beton yang akan berakibat retakan. Tingkat kesempurnaan campuran dipengaruhi oleh tingkat dosis yang digunakan, kualitas semen, kualitas agregat dan suhu. Dosis penggunaan bahan tambah ini yaitu antara 0,2 % - 06 % dari berat semen pencampuran.

b. *Sikament NN*

Menurut data teknis PT. Sika Indonesia (2007) *Sikament NN* adalah *superplasticizer* yang memiliki sifat untuk mengurangi jumlah penggunaan air

dengan jumlah yang besar namun dapat mempercepat pengerasan pada pencampuran beton. *Sikament NN* dapat digunakan dalam dosis 0,3% - 2,30% dari berat semen sesuai dengan kuat tekan beton dan kelecakan yang direncanakan. *Superplasticizer* sangat efektif digunakan dalam beton mengalir serta menghasilkan kekuatan awal dan akhir yang tinggi sesuai dengan kriteria ASTM C 494 Tipe F. Beberapa produksi beton yang membutuhkan kekuatan awal dan akhir yang tinggi seperti:

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

Keuntungan dalam penggunaan *Sikament NN* diantaranya:

- a) Mempermudah pengecoran pada struktur yang ramping (*workability*)
- b) Mengurangi getaran ketika pengecoran (*retardation*)
- c) Mengurangi resiko pemisahan (*segregation*)
- d) Dapat mengurangi penggunaan air hingga 25%
- e) Kekuatan tinggi selama 12 jam

Berikut dibawah ini adalah Tabel 2.30 mengenai karakteristik bahan tambahan *Plastocrete RT06 Plus* dan *Sikament NN*.

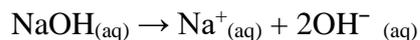
Tabel 2.30. Data produk (PT. Sika Indonesia, 2007)

Bahan Tambahan	Tipe	Warna	Berat Jenis	Umur Produk	Penyimpanan	Kemasan
<i>Plastocrete RT06 Plus</i>	Campuran bahan organik khusus	Coklat gelap	$1,12 \pm 0,01$ Kg/lit	12 Bulan dari tanggal produksi	Tempat kering, dingin, teduh	200 lt/drum
<i>Sikament NN</i>	<i>Poly-naphthalene kondesat</i>	Coklat Gelap	$\pm 1,29$ Kg/lit	12 Bulan dari tanggal produksi	Area kering 5° - 35°	200 lt/drum

#### 2.2.4. Air Basa (NaOH)

Kata “Basa” (alkali) berasal dari bahasa arab yaitu *alquili* berarti abu. Basa merupakan zat dalam air yang memiliki nilai pH diatas 7 dan dapat menghasilkan  $\text{OH}^-$  (Ion hidroksida). Ion hidroksida terbentuk oleh senyawa hidroksida yang mampu mengikat satu electron pada saat dimasukkan ke dalam air. Rumus kimia yang mengandung basa pada umumnya merupakan gugus dari OH. Dalam kehidupan sehari-hari kita dapat menemukan salah satu penggunaan larutan basa, seperti sabun, detergen, obat maag (*antacid*), air kapur dan air soda, oleh Yusnita (2010). Sedangkan senyawa basa itu sendiri contohnya adalah *kalium hidroksida*, *kalsium hidroksida*, dan *natrium hidroksida* yang digunakan dalam penelitian ini .

Menurut Arrhenius (dalam Yusnita, 2010) jika suatu larutan basa dilarutkan ke dalam air maka akan terjadi sebuah proses ionisasi dan terjadi ion  $\text{OH}^-$  , karena ion  $\text{OH}^-$  merupakan sebuah ion yang membawa sifat basa. Sedangkan rumus basa untuk larutan NaOH adalah sebagai berikut.



*Natrium Hidroksida* (NaOH) terbentuk oleh oksida basa *natrium oksida* yang dilarutkan dengan air dan membentuk larutan alkalin kuat. *Natrium Hidroksida* memiliki sifat lembab cair dan spontan menyerap *karbon dioksida* dari udara bebas, oleh Prasetya (2012).Sifat-sifat secara umum yang dimiliki oleh larutan basa adalah sebagai berikut (Yusnita, 2010).

1. Memiliki rasa yang pahit
2. Licin seperti sabun jika disentuh
3. Mengubah kertas lakus merah menjadi biru
4. Dapat menghantarkan listrik (elektrolit)
5. Bersifat dapat merusak kulit (kaustik)
6. Bersifat korosif, jika basa kuat
7. Menghasilkan ion  $\text{OH}^-$

### 2.2.5. Pengujian Agregat

1. Pengujian Agregat Halus
  - a. Pengujian gradasi agregat halus

Berdasarkan pada ASTM C 136 mengenai *standard test method for sieve analysis of fine and coarse aggregates* untuk agregat halus dispesifikasikan dengan 1 zona dengan batas atas dan bawah seperti pada Tabel 2.31 berikut ini yang merupakan distribusi presentasi dan ukuran ayakan.

Tabel 2.31. Batas-batas zona gradasi agregat halus (ASTM C 136)

Ukuran Saringan	Persentase Berat Lolos Saringan	
	Batas Atas	Batas Bawah
3/8 in. (9,5 mm)	100	100
No.4 (4,75 mm)	100	95
No.8 (2,36 mm)	100	80
No.16 (1,18 mm)	85	50
No.30 (600 µm)	60	25
No.50 (300 µm)	30	5
No.100 (150 µm)	10	0

- b. Pengujian Nilai Modulus Halus Butir (MHB)

Pengujian modulus halus butir (MHB) merupakan pengujian dengan tujuan untuk mengukur kehalusan dan kekerasan butiran-butiran agregat. Semakin tinggi nilai kekasaran pada butiran atau Semakin kasar suatu butiran maka semakin tinggi nilai Modulus Halus Butir (MHB) tersebut. Kekasaran butiran mempengaruhi kelecakan pada perencanaan campuran bahan (*mix desain*). Nilai MHB untuk agregat halus berkisar diantara 1,5 – 3,8 dan untuk nilai MHB pada agregat kasar berkisar 5 – 8. Sedangkan untuk agregat campuran nilai MHB adalah 5,0 – 6,0 seperti hitungan persamaan di bawah ini.

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

Pengujian modulus halus butiran dan gradasi untuk agregat halus berdasarkan acuan dari ASTM C 117 dan C 136.

- 1) Benda uji (agregat halus) dikeringkan pada suhu  $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$  sampai selama 24 jam atau sampai berat benda uji tetap.
- 2) Ambil sampel agregat halus yang telah di keringkan oven sebanyak 1000 gram.
- 3) Saringan disusun secara urut mulai dari atas dengan ukuran 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 saringan ukuran 4,8 mm, kemudian letakan pada mesin pengayak otomatis (*sieve shaker machine*) lalu kunci saringan dan atur mesin pengayak selama 15 menit.
- 5) Keluarkan saringan dari mesin dan timbang sampel uji yang tertahan pada setiap saringan untuk mencari nilai MHB menggunakan persamaan 2.1.

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

Berdasarkan (ASTM C 128) adalah perbandingan antara berat dari volume agregat terhadap berat air dengan volume yang sama dengan keadaan yang sama. Nilai-nilainya tanpa dimensi, maka.

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

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

Keterangan :

A = Berat sampel uji kering oven (gram)

B = Berat piknometer dengan isi air (gram)

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

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

Tahapan-tahapan pengujian penyerapan air dan berat jenis pada agregat halus, seperti berikut ini.

- 1) Siapkan sampel benda uji (agregat halus pasir) sebanyak lebih dari 500 gram.
- 2) Masukkan sampel uji kedalam oven dengan suhu  $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$  selama kurang lebih 24 jam sampai berat sampel tetap.

- 3) Rendam benda uji kurang lebih 24 jam, Setelah 24 jam buang air secara perlahan dan hati-hati agar sampel agregat halus tidak terbang dan keringkan sampel sampai keadaan jenuh kering permukaan.
- 4) Persiapkan piknometer, kemudian isi air penuh dan timbang beratnya (B) dan setelahnya dibuang dan dikeringkan.
- 5) Masukkan sampel uji jenuh kering permukaan ke dalam piknometer sebanyak 500 gram. Masukkan air murni kedalam piknometer sampai leher piknometer dan guncangkan piknometer secara hati-hati untuk menghilangkan gelembung udara yang terjebak didalam sampel uji.
- 6) Tambahkan air lagi kedalam piknometer sampai penuh dan timbang piknometer beserta isinya dengan menggunakan timbangan ketelitian 0,1 g (C).
- 7) Keluarkan sampel uji dari piknometer secara perlahan agar tidak terbawa oleh air, kemudian sampel uji dikeringkan pada oven dengan suhu  $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$  selama 24 jam agar beratnya tetap (A).
- 8) Hitung berat jenis agregat halus dengan menggunakan persamaan 2.2 dan 2.3.

d. Pengujian kadar air pada agregat halus

Berdasarkan pada ASTM C 566 pengujian kadar air merupakan perbandingan antara agregat dalam kondisi basah dengan agregat dalam kondisi kering yang dinyatakan dalam persen.

$$\left( \frac{S-A}{A} \right) \times 100 \dots\dots\dots (2.4)$$

Keterangan :

A = Berat sampel uji kering oven (gram)

S = Berat basah sampel uji (gram)

Tahapan pengujian kadar air adalah sebagai berikut ini.

- 1) Timbang berat wadah (cawan) (W1).
- 2) Masukkan sampel agregat halus ke dalam wadah (cawan) dan timbang berat kedua benda tersebut secara bersamaan (W2).
- 3) Hitung berat sampel agregat halus ( $S = W2 - W1$ )

- 4) Keringkan sampel beserta cawan dengan memasukan sampel uji pada oven dalam suhu  $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$  sampai 24 jam atau beratnya sudah tetap.
- 5) Keluarkan sampel uji beserta cawan dari dalam oven dan hitung beratnya (W4).
- 6) Hitung berat sampel kering oven ( $A = W4 - W1$ ).
- 7) Hitung kadar air pada sampel uji dengan menggunakan persamaan 2.4.

e. Pengujian kadar lumpur agregat halus

Berdasarkan pada ASTM C 117 pengujian kadar lumpur agregat halus memiliki tujuan untuk mengetahui kadar lumpur yang terdapat pada agregat halus (pasir).

$$\left( \frac{B1-B2}{B1} \right) \times 100 \dots\dots\dots(2.5)$$

Keterangan :

B1 = Pasir jenuh kering permukaan (gram)

B2 = Pasir setelah kering oven (gram)

Tahapan pengujian kadar lumpur adalah sebagai berikut.

- 1) Siapkan sampel uji pasir yang telah dikering dalam oven sebanyak 500 gram (B1).
- 2) Pasir dibersihkan dengan di cuci sampai air cucian tampak bening dan air keluarkan air perlahan-lahan agar sampel uji tidak terbuang terbawa air.
- 3) Masukan 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).
- 5) Hitunglah kadar lumpur agregat halus dengan persamaan 2.5.

2. Pengujian Agregat Kasar

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

Berdasarkan ASTM C 127 berat jenis agregat kasar dan berapa persentase berat air yang dapat diserap agregat kasar. Perhitungan berat jenis dan penyerapan air agregat kasar menggunakan persamaan sebagai berikut.

Berat Jenis

$$\frac{A}{B-C} \dots\dots\dots(2.6)$$

Keterangan :

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)

Penyerapan Air Agregat Kasar

$$\left( \frac{B-A}{A} \right) \times 100 \dots\dots\dots (2.7)$$

Keterangan

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)

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

- 1) Siapkan sampel uji agregat kasar yang akan diteliti, cuci dan bersihkan agregat kasar dari lumpur maupun kotoran.
- 2) Keringkan sampel benda uji pada oven dengan suhu  $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$  sampai beratnya tetap.
- 3) Keluarkan sampel uji dari dalam oven, diamkan pada suhu ruangan selama  $\pm 3$  jam. Kemudian timbang sampel dan hitung berat dalam kondisi kering oven (A).
- 4) Sampel uji selanjutnya direndam dengan air normal selama 24 jam.
- 5) Sampel uji setelah direndam kemudian dikeringkan dengan menggunakan kain agar kondisinya kering permukaan. Timbang dan hitung sampel benda uji tersebut (B).
- 6) Sampel uji dimasukkan kedalam wadah dan ditimbang beratnya didalam air (C).
- 7) Hitung berat jenis agregat kasar dengan menggunakan persamaan 2.6.
- 8) Hitung penyerapan air agregat kasar dengan menggunakan persamaan 2.7.

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

Berdasarkan pada ASTM C 556 pengujian kadar air agregat kasar bertujuan untuk mengetahui nilai persentase kadar air yang terdapat dalam agregat kasar, Sedangkan perhitungan dapat dilihat pada persamaan berikut ini.

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

Keterangan :

A = Berat sampel uji awal (gram)

S = Berat sampel uji pada kering oven (gram)

Tahapan pengujian kadar air agregat dapat dilihat sebagai berikut.

- 1) Timbang berat wadah (cawan) (W1)
- 2) Masukkan sampel agregat kasar ke dalam cawan, kemudian timbang berat sampel dan cawan (W2).
- 3) Hitung berat sampel agregat kasar ( $S = W2 - W1$ )
- 4) Keringkan sampel tersebut beserta cawan pada oven bersuhu  $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$  selama 24 jam atau sampai beratnya tetap.
- 5) Keluarkan sampel uji dari oven dan timbang beratnya (W4).
- 6) Hitung berat sampel agregat kasar kering oven ( $A = W4 - W1$ ).
- 7) Hitung kadar air agregat kasar dengan menggunakan persamaan 2.8.

c. Pengujian keausan agregat kasar (*Split* dan *Slag*)

Berdasarkan ASTM C535 (2003), pengujian ini dilakukan pada agregat kasar untuk mengetahui ketahanan agregat kasar yang memiliki ukuran lebih kecil dari 37,5 mm terhadap keausan menggunakan alat *Los Angeles Machine*. Nilai presentase dihitung dengan persamaan berikut.

$$\left(\frac{a-b}{a}\right) \times 100 \dots\dots\dots(2.9)$$

Keterangan :

a = Berat benda uji semula (gram)

b = Benda uji tertahan saringan no. 12 atau saringan 1,70 mm (gram)

Tahapan pengujian keausan adalah sebagai berikut:

- 1) Benda uji dan bola baja dimasukkan ke dalam mesin abrasi *Los Angeles*.
- 2) Putaran mesin dengan kecepatan 30 rpm sampai dengan 33 rpm, jumlah putaran adalah 1000 putaran.
- 3) Setelah selesai pemutaran, keluarkan benda uji dari mesin kemudian saring dengan saringan no. 12 (1,70 mm), butiran yang tertahan di atasnya dicuci

bersih dan selanjutnya dikeringkan dalam oven temperatur  $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$  sampai berat tetap.

4) Hitunglah presentase keausan agregat kasar menggunakan persamaa 2.9.

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

Berdasarkan dalam ASTM C 142 pengujian kadar lumpur agregat kasar merupakan pengujian yang memiliki tujuan untuk mengetahui perentase kandungan lumpur pada agregat kasar. Perhitungan kadar lumpur agregat kasar dapat di lihat sebagai berikut ini.

$$\left( \frac{B1-B2}{B1} \right) \times 100 \dots\dots\dots (2.10)$$

Keterangan :

B1 = Agregat jenuh kering permukaan (gram)

B2 = Agregat kering oven (gram)

Pemeriksaan kadar lumpur melalui tahapan sebagai berikut ini.

- 1) Siapkan agregat kasar kering oven sebanyak 5000 gram (B1).
- 2) Agregat dicuci bersih sampai tidak ada lumpur pada agregat kasar, keluarkan air secara perlahan dan pastikan agregat kasar tidak ada yang terbang atau terbawa oleh air.
- 3) Masukkan kembali sampel kedalam oven dengan suhu  $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$  selama  $\pm$  24 jam atau berat agregat menjadi tetap.
- 4) Timbang kembali sampel agregat setelah kering oven (B2).
- 5) Hitunglah kandungan kadar lumpur agregat kasar dengan menggunakan persamaan 2.10.

### 2.2.6. Pencampuran Bahan (*Mix Desain*)

Pencampuran bahan (*mix desain*) merupakan proses pemilihan bahan-bahan yang digunakan untuk membuat sebuah beton dan memutuskan kuantitas ketergantungan dari setiap bahan yang digunakan dengan mempertimbangkan syarat mutu beton, kekuatan beton (*strength*), kemudahan pengerjaan (*workability*) dan ketahanan beton (*durability*), oleh Siswanto (2015). Menurut ACI 318 dalam merencanakan campuran pada beton diperlukan informasi dari setiap bahan yang

akan digunakan dalam menentukan proposi campuran, diantaranya adalah analisis ayakan, berat jenis, kadar air, berat isi, air, rasio air semen dan berat jenis semen.

### 2.2.7. Pengujian Slump

Pengujian Slump (*Slump Test*) merupakan salah satu cara mengukur kelecakan (*workability*) pada beton segar, yang dipakai untuk mengukur kemudahan dalam pengerjaan beton, oleh Tjokrodinuljo (2007). Menurut ATM C 143, *slump test* merupakan suatu ukuran kekentalan pada adukan beton segar yang dinyatakan dalam mm kemudian ditentukan oleh alat kerucut.

Kelecakan pada beton merupakan sifat plastis dan kekentalan pada beton segar sehingga dapat mempengaruhi mudah atau tidaknya beton untuk dikerjakan. Secara umum semakin banyak penggunaan air pada beton maka akan semakin tinggi nilai slump, sehingga hal ini akan mempengaruhi pada mutu beton. Bahan campuran beton adalah air, semen portland, dan agregat dengan perbandingan yang telah dihitung dalam *mix desain* sesuai dengan kuat tekan yang direncanakan. Maka nilai pengujian slump dalam beton juga ditentukan oleh bahan pengisi dalam beton segar tersebut.

Dalam ACI 211:2002, nilai slump telah ditetapkan dengan kondisi kegunaan pekerjaan dilapangan, maka agar diperoleh hasil beton segar yang mudah dikerjakan dilapangan dapat di lihat Tabel 2.32 di bawah ini.

Tabel 2.32. Perkiraan kadar air bebas untuk kemudahan pengerjaan  
(ACI 211,2002)

No	Tipe Konstruksi	Slump (mm)	
		Minimal	Maksimal
1	Dinding, Pelat pondasi dan Pondasi telapak bertulang	25	75
2	Pondasi telapak tidak bertulang, Kaisong dan Konstruksi di bawah tanah	25	75
3	Pelat, Balok, Kolom dan Dinding	25	100
4	Kolom Gedung	25	100
5	Perkeasan Jalan	25	75
6	Pembetonan Massal	25	50

### 2.2.8. Perendaman Beton (*Curing*)

Perawatan atau *curing* pada beton ini bertujuan untuk mencegah penguapan beton. Berdasarkan persyaratan ASTM C192, benda uji harus disimpan (untuk perawatan curing) segera setelah selesai dikeluarkan dari cetakan untuk mencegah hilangnya kelembaban dari spesimen. Prosedur perawatan ini ada berbagai cara, yaitu dengan digunakan karung goni basah untuk menutupi beton dan harus menjaga karung goni agar tetap basah atau dengan perendaman pada kolam curing untuk menjaga kelembaban dari beton tersebut.

### 2.2.9. Durabilitas Beton

#### 1. Resistivitas Beton

Menurut Timotius dkk., (2014) metode resistivitas adalah metode geofisika yang mempelajari mengenai sifat resistivitas pada lapisan batuan bumi. Metode ini memiliki prinsip dengan mengalirkan arus ke dalam sampel uji dengan menggunakan dua kontak elektroda arus dari sebuah alat bernama *Resistivitymeter*, kemudian alat akan memberikan hasil distribusi potensial dari sampel yang dilakukan pengujian. Teori utama metode resistivitas adalah hukum ohm yang dirumuskan sebagai berikut ini.

$$R = \frac{V}{I} \dots\dots\dots(2.12)$$

Keterangan :

(I) = Arus (mA)

(V) = Tegangan (mV)

(R) = Resistivitas (Ohm)

Dasar kelistrikan dalam batuan maupun mineral dikelompokkan menjadi 3, yaitu konduksi secara elektrolitik, elektronik dan dielektrik. Konduksi secara elektrolitik terjadi pada batuan dengan konduktor buruk dan memiliki resistivitas (tahanan jenis) yang sangat tinggi karena konduksi arus listrik dibawa oleh ion-ion elektrolit dalam air, Konduksi secara elektronik terjadi akibat batuan mengandung banyak elektron bebas sehingga arus listrik dihantarkan oleh elektron-elektron bebas tersebut, Sedangkan konduksi secara dielektrik disebabkan oleh batuan

memiliki kandungan elektron bebas yang sangat sedikit atau tidak ada sama sekali. Batuan memiliki kemampuan untuk menghantarkan arus listrik yang disebut sebagai resistivitas (tahanan jenis), Semakin tinggi nilai resistivitas maka semakin sulit bahan tersebut menghantarkan listrik, begitu juga untuk sebaliknya (Timotius dkk., 2014).

Perhitungan nilai resistivitas dapat dihitung dengan persamaan berikut ini Telford (dalam Timotius dkk., 2014).

$$\rho = \frac{\Delta V}{I} \times \frac{A}{L} \dots\dots\dots(2.13)$$

Keterangan :

$\rho$  = Nilai resistivitas ( $\Omega\text{m}$ )

$\Delta V$  = Beda potensial (Volt)

I = Kuat arus (Ampere)

A = Luas penampang (cm)

L = Panjang spasi kawat (cm)

## 2. Densitas Beton (Kepadatan)

Pengujian densitas beton merupakan suatu pengujian yang berguna untuk mengetahui kepadatan, kedalaman retakan beton dengan menggunakan alat *Ultrasonic Portable Velocity Test (UPVT)* yang mengacu pada ASTM C 597-83, 1991. Berdasarkan ASTM C 597-83, 1991 pengujian ini menggunakan kecepatan gelombang ultrasonik yang dipengaruhi oleh homogenitas campuran beton dan kepadatan beton. Semakin cepat gelombang ultrasonik melewati sampel uji, maka semakin rapat dan padat sampel uji tersebut, Apabila gelombang ultrasonik semakin lambat melewati sampel uji, maka sampel uji dinyantakan kurang padat dan terdapat rongga maupun retakan. Untuk perhitungan densitas beton dapat diketahui sebagai berikut ini.

$$V = \frac{L}{t} \text{ (km/s)} \dots\dots\dots(2.14)$$

Keterangan :

V = Kecepatan gelombang (km/s)

L = Panjang lintasan (km)

$t$  = Waktu perpindahan (s)

Pengujian *UPVT* memiliki standar nilai yang telah diatur dalam ASTM C 597 seperti pada Tabel 2.33 di bawah ini.

Tabel 2.33. Hubungan kecepatan gelombang dan kualitas beton  
(ASTM C 597)

Kecepatan Gelombang (km/s)	Hasil
>4,57	Sangat Baik
4,57 – 3,67	Baik
3,66 – 3,06	Cukup Baik
3,05 – 2,13	Cukup
<2,13	Kurang

### 3. Kuat Tekan Beton

Dalam setiap perencanaan pencampuran beton, kuat tekan dari beton harus memenuhi kekuatan karakteristik yang disyaratkan, dimana kekuatan karakteristik adalah nilai dari kekuatan beton dari sejumlah besar benda uji. Kekuatan dari nilai tersebut hanya terbatas sampai dengan 5%, oleh DPU (1971). Berdasarkan ASTM C 136-06, kuat tekan merupakan besarnya beban per satuan luas penampang yang menyebabkan benda uji beton hancur dengan gaya tekan tertentu yang diberikan oleh mesin tekan. Dalam penelitian kali ini, peneliti menggunakan ASTM C 136-06, 1990 sebagai acuan untuk menentukan kuat tekan (*compressive strength*) beton dengan benda uji berbentuk kubus yang dibuat dilaboratorium. Perhitungan kuat tekan beton dapat diketahui sebagai berikut ini :

$$\text{Kuat Tekan} = \frac{P}{A} \text{ (kg/cm}^2\text{)} \dots\dots\dots(2.15)$$

Keterangan :

P = Beban maksimum (Kg)

A = Luas penampang (cm<sup>2</sup>)

### 2.2.10. Modulus Elastisitas

Menurut ACI 318, 1995, Modulus elastisitas merupakan rasio perbandingan antara tegangan normal ratik (tekan) dengan regangan yang timbul dari tegangan tersebut. Pengujian modulus elastisitas menggunakan mesin uji tekan yang terpasang alat ukur (*dial gauge*) dengan arah *longitudinal*, dimana arah gelombang getaran memiliki arah yang tegak lurus dengan arah rambatnya.

Modulus elastisitas dipengaruhi oleh bahan pengisi dalam sampel beton uji, kelembaban sampel uji, nilai faktor air semen (FAS), umur sampel beton dan temperatur beton.

Berdasarkan dalam ASTM 318-95, hubungan antara nilai modulus elastisitas beton dengan kuat tekan beton dihiung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut ini.

$$4700 \sqrt{f'c'} \text{ 28 hari} . \dots\dots\dots(2.16)$$

Keterangan :

Fc' 28 hari = Kuat tekan beton berumur 28 hari (MPa)

### 2.2.11. Waktu Ikat

Pengujian waktu ikat memiliki peranan penting untuk mengetahui proses waktu perkerasan pada beton, karena hal ini berkaitan dengan kekuatan beton yang dihasilkan dari pelaksanaan pembuatan sampel yang berkaitan dengan kemudahan dalam pengerjaannya (*Workability*). Berdasarkan ASTM C403-99, Pengujian waktu ikat bertujuan untuk menentukan pengaruh dari variabel seperti air, tipe, jumlah material semen atau bahan tambah (*admixture*) ketika menentukan waktu pengikatan beton.

Acuan waktu ikat secara umum terhadap sampel benda uji yang menggunakan bahan tambahan (*admixture*) adalah sebagai berikut (Rahmat, 2016).

1. Waktu pengikatan sampel beton yang menggunakan bahan tambahan (*admixture*) rata-rata berkisar diantara 90 sampai 125 menit, tergantung dari kadar penggunaan bahan tambahan.
2. Rentang waktu pengikatan yang ditetapkan sebagai batas kondisi plastis telah hilang antara 1-2 jam dari dimulainya pencampuran semua bahan.

3. Total waktu pengikatan (*final setting time*) adalah 2-3 jam dari dimulainya pencampuran semua bahan.