

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Pengujian Bahan (Material)

1. Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat

Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan dilakukan terhadap agregat halus dan agregat kasar. Agregat halus dan agregat kasar adalah material penyusun beton segar. Sebelum dilakukan perhitungan pencampuran bahan (*mix design*), terlebih dahulu dilakukan pengujian berat jenis dan penyerapan terhadap masing-masing agregat. Berikut ini pada Tabel 4.1 dan 4.2 adalah hasil dari pengujian berat jenis dan penyerapan masing-masing agregat.

Tabel 4.1. Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar

No	Item Pengujian	Sampel Uji		Nilai Rata-rata	Notasi
		Sampel 1	Sampel 2		
1	Berat sampel SSD di udara (gr)	5000	5000	5000	B
2	Berat sampel SSD di air (gr)	3010	3009	3009,5	C
3	Berat sampel kering oven (gr)	4933	4930	4931,5	D
4	Berat jenis semu	2,57	2,57	2,57	D / (D-C)
5	Berat jenis curah kering	2,48	2,48	2,48	D / (B-C)
6	Berat jenis curah jenuh kering (Maksimal: 2,80)	2,51	2,51	2,51	B / (B-C)

Dari hasil pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar dapat disimpulkan bahwa berat jenis curah kering rata-rata sebesar 2,48, berat jenis semu rata-rata sebesar 2,57, berat jenis curah jenuh kering (SSD) rata-rata sebesar 2.51 dan penyerapan air sebanyak 1,39%.

Tabel 4.2. Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan agregat halus

No	Item Pengujian	Sampel Uji		Nilai Rata-rata	Notasi
		Sampel 1	Sampel 2		
1	Berat piknometer (gr)	200	200	200	
2	Berat sampel SSD di udara (gr)	500	500	500	B
3	Berat piknometer + air + sampel SSD (gr)	988	1043	1015,5	C
4	Berat piknometer + air (gr)	695,8	763	729,4	D
5	Berat sampel kering oven (gr)	453,1	445	449,05	L
6	Berat jenis semu	2,82	2,70	2,76	$L / (D+L-C)$
7	Berat jenis curah kering	2,18	2,02	2,1	$L / (D+B-C)$
8	Berat jenis curah jenuh kering (Maksimal: 2,60)	2,41	2,27	2,34	$B / (D+B-C)$

Dalam pengujian pada Tabel 4.2 di atas disimpulkan bahwa berat jenis curah kering rata-rata sebesar 2,10, berat jenis semu rata - rata sebesar 2,76, berat jenis curah jenuh kering (SSD) rata – rata 2.34 dan penyerapan air sebanyak 11,36 %.

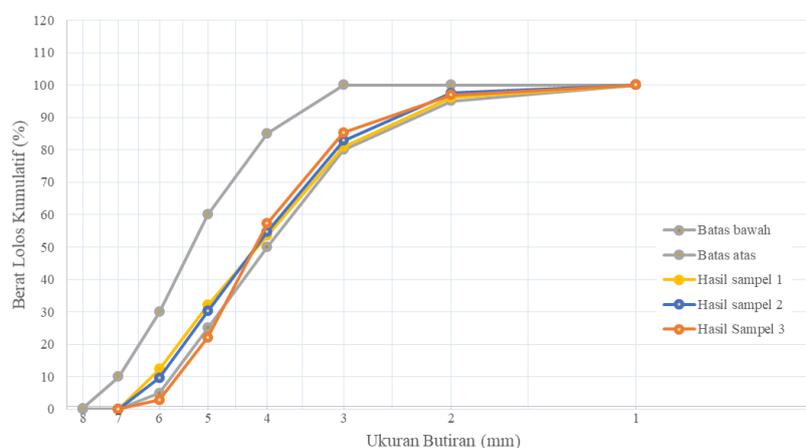
Berdasarkan peraturan ASTM C 128 dan C127, nilai berat jenis Agregat halus berkisar diantara 2,30 - 2,60 dan Berat jenis agregat kasar diantara 2,50 - 2,80. Dari pengujian tersebut, berat jenis agregat halus memperoleh hasil 2,34 dan berat jenis agregat kasar sebesar 2,51, sehingga dapat disimpulkan bahwa pengujian berat jenis agregat halus dan kasar telah memenuhi standar spesifikasi.

2. Analisis Saringan Agregat

Pengujian analisis saringan agregat bertujuan untuk menentukan pembagian butir agregat (gradasi) yang berguna dalam perhitungan pencampuran bahan (*mix design*). Alat yang digunakan dalam pengujian ini adalah yaitu satu set ringan yang tdisusun sesuai dengan ukuran yang dibutuhkan. Berikut ini merupakan tabel dan gambar hasil dari pengujian analisis gradasi butiran agregat.

Tabel 4.3. Hasil pengujian analisis saringan agregat halus

Ukuran Saringan	Persen Lolos		Hasil		
	Batas Bawah	Batas Atas	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3
3/8 in	100	100	100	100	100
No. 4	95	100	96,1	97,5	96,95
No. 8	80	100	80,9	82,8	85,3
No. 16	50	85	53,6	54,8	57,3
No. 30	25	60	32,1	30,2	22,05
No. 50	5	30	12,4	9,7	2,8
No. 100	0	10	0	0	0
No. 200	0	0,3	0	0	0

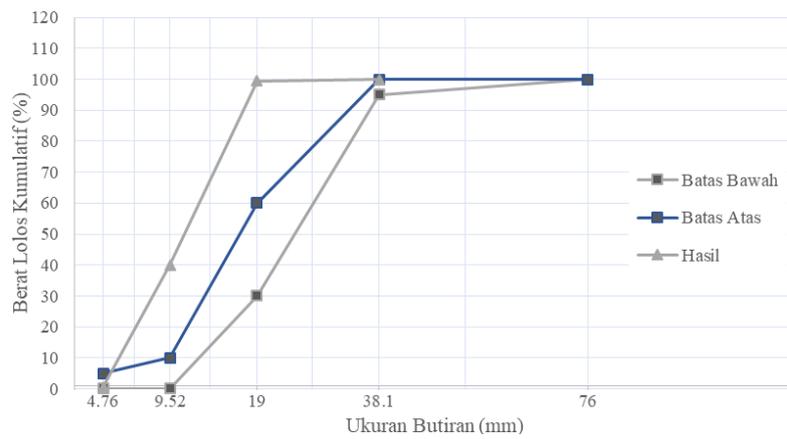


Gambar 4.1. Grafik gradasi agregat halus

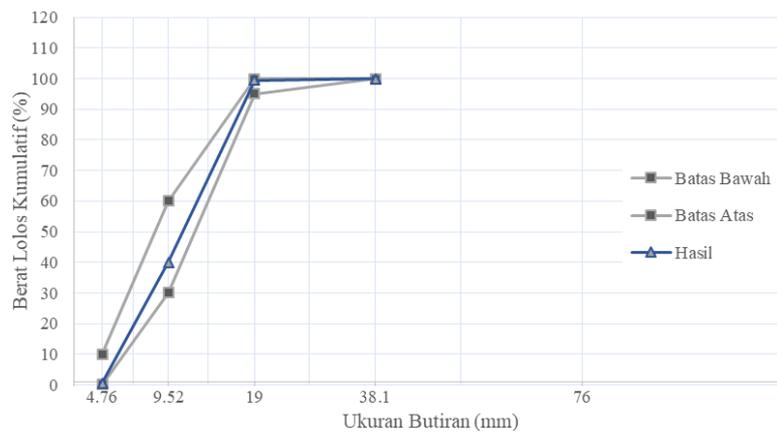
Dari hasil pengujian di atas, berdasarkan pada ASTM C 136 diperoleh hasil bahwa analisis saringan agregat halus jenis pasir kali progo di atas sudah memenuhi standar spesifikasi.

Tabel 4.4. Hasil pengujian analisis saringan agregat kasar

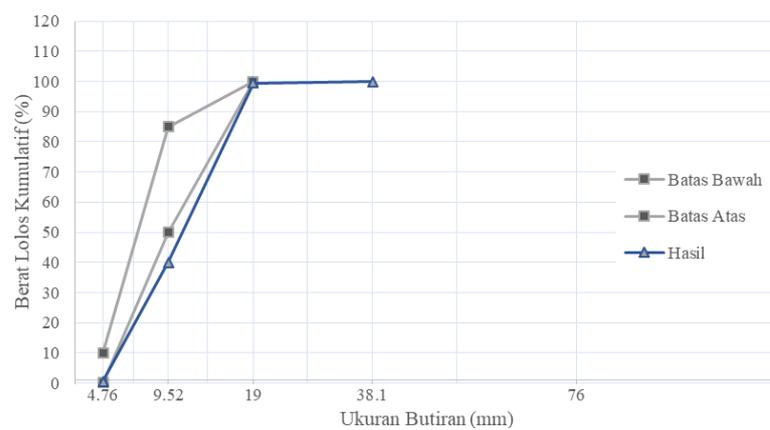
Lubang mm	Maksimum 40 mm		Maksimum 20 mm		Maksimum 10 mm		Hasil
	Bts. Bawah	Bts. Atas	Bts. Bawah	Bts. Atas	Bts. Bawah	Bts. Atas	
	76	100	100				
37,5	95	100	100	100			100
19	30	60	95	100	100	100	99.50
9,5	0	10	30	60	50	85	40.00
4,75	0	5	0	10	0	10	0.50



Gambar 4.2. Grafik gradasi agregat kasar ukuran 40 mm



Gambar 4.3. Grafik gradasi agregat kasar ukuran 20 mm



Gambar 4.4. Grafik gradasi agregat kasar ukuran 10 mm

Dari hasil pengujian analisis saringan agregat kasar di atas, berdasarkan ASTM C 33 diperoleh hasil agregat kasar berada pada zona ukuran maksimal 20 mm, sehingga agregat tersebut masuk dalam klasifikasi agregat berukuran 11mm – 20 mm (Sedang).

3. Kadar Lumpur Agregat

Pemeriksaan kadar lumpur agregat bertujuan untuk mengetahui presentase kadar lumpur yang terdapat dalam masing-masing agregat. Berdasarkan peraturan ASTM C 117 dan C 142 kandungan kadar lumpur maksimal yang diperbolehkan adalah 5% untuk agregat halus dan 1% untuk agregat kasar. Berikut ini Tabel 4.5 adalah hasil pengujian kadar lumpur agregat.

Tabel 4.5. Analisis hasil pengujiann kadar lumpur agregat halus

No	Item Pengujian	Sampel Uji		Rata-rata
		Sampel 1	Sampel 2	
1	Berat wadah (gr)	210	210	210
2	Berat wadah + sampel (gr)	710	710	710
3	Berat sampel sebelum dicuci (gr)	500	508	504
4	Berat sampel kering oven setelah dicuci (gr)	488	491	489,5
5	Kadar lumpur (%) (Maksimal: 5%)	2,4	3,35	2,28

Dari hasil pengujian di atas didapatkan hasil bahwa kadar lumpur rata-rata agregat halus yaitu 2,88%. Menurut ASTM C 117 untuk agregat halus maksimal yaitu 5%, sehingga hasil pengujian di atas telah memenuhi persyaratan standar spesifikasi.

Tabel 4.6. Analisis hasil pengujiann kadar lumpur agregat kasar

No	Item Pengujian	Sampel Uji		Rata-rata
		Sampel 1	Sampel 2	
1	Berat wadah (gr)	195	195	195
2	Berat wadah + sampel (gr)	5195	5195	5195
3	Berat sampel sebelum dicuci (gr)	5000	5000	5000
4	Berat sampel kering oven setelah dicuci (gr)	4935	4985	4970
5	Kadar lumpur (%) (Maksimal: 1%)	1,3	0,3	0,8

Dari hasil pengujian di atas didapatkan hasil bahwa kadar lumpur rata-rata agregat kasar yaitu 0,8%. Menurut ASTM C 142 untuk agregat kasar maksimal

yaitu 1%, sehingga hasil pengujian di atas telah memenuhi persyaratan standar spesifikasi.

4. Pemeriksaan Kadar Air Agregat Halus

Pemeriksaan kadar air agregat merupakan perbandingan antara berat basah agregat dengan agregat dalam keadaan setelan kering oven. Berikut ini Tabel 4.7 adalah hasil pengujian kadar air pada agregat halus.

Tabel 4.7. Analisis hasil pengujian kadar air agregat halus

No	Item Pengujian	Sampel Uji		Rata-rata
		Sampel 1	Sampel 2	
1	Berat wadah (gr)	128	128	128
2	Berat wadah + sampel (gr)	628	628	628
3	Berat sampel basah (gr)	500	500	500
4	Berat wadah + sampel kering oven (gr)	613	611	612
5	Berat sampel kering oven (gr)	485	483	484
6	Kadar Air (%) (Maksimal: 5%)	3,09	3,52	3,31

Dari hasil pengujian kadar air diatas di peroleh nilai kadar air yaitu sebesar 3,31%. Menurut peraturan ASTM C 566 syarat kadar air agregat halus yang diperbolehkan berkisar diantara 3% - 5%, sehingga agregat halus di atas telah memenuhi spesifikasi syarat uji kadar air.

5. Pemeriksaan Keausan Agregat Kasar

Pemeriksaan keausan agregat bertujuan untuk mengetahui ketahanan agregat kasar yang memiliki ukuran lebih kecil dari 37,5 mm ($1\frac{1}{2}$ "') terhadap keausan dengan menggunakan *Los Angeles Machine*. Berikut ini Tabel 4.8 adalah hasil dari pengujian keausan agregat.

Tabel 4.8. Analisis hasil pengujian keausan agregat kasar

No	Item Pengujian	Sampel Uji		Rata-rata
		Sampel 1	Sampel 2	
1	Berat sampel lolos saringan 3/4 (gr)	2500	2500	2500
2	Berat sampel tertahan sarigan 1/2 (gr)	2500	2500	2500
3	Total (W1) (gr)	5000	5000	5000

Tabel 4.9. Analisis hasil pengujian keausan agregat kasar

No	Item Pengujian	Sampel Uji		Rata-rata
		Sampel 1	Sampel 2	
4	Berat sampel tertahan saringan 12 (W2) (gr)	3552	3467	3509,5
5	Ketahanan terhadap aus (%) ((W1-W2)/W1)*100%	28,96	30,66	29,81

Hasil pengujian keausan agregat diatas diperoleh hasil nilai keausan rata-rata sebesar 29,81%. Menurut peraturan ASTM C 535 nilai keausan agregat yang diperbolehkan dalam kontruksi yaitu < 50%, sehingga agregat kasar diatas telah memenuhi syarat spesifikasi untuk kontruksi, terutama konstruksi jalan.

4.2. Hasil Penelitian

4.2.1. Perencanaan Pencampuran Beton (*Mix Design*)

Perencanaan pencampuran beton merupakan penentuan jumlah komposisi material-material yang digunakan sebagai bahan penyusun beton, diantara menentukan jumlah agregat kasar, agregat halus, semen dan air yang digunakan, serta dosis bahan tambahan (*admixture*) yang digunakan untuk *Sikament NN* dan *Plastocrete RT06 Plus*. Berikut di bawah ini Tabel 4.10 - 4.12 merupakan tabel perhitungan dari perencanaan pencampuran beton (*mix desain*).

Tabel 4.10. Perhitungan perencanaan pencampuran beton

No	Uraian	Kuantitas
1	Kuat Tekan yang disyaratkan, pada umur 28 hari (Fc')	33.20 MPa
2	Deviasi standar (s)	- MPa
3	Nilai tambah (margin) (m)	8.5 MPa
4	Kuat tekan rata-rata yang direncanakan (Fc'r)	42.0 MPa
5	Jenis semen (Biasa)	Type I
6	Jenis agregat kasar (Batu Pecah)	Kerikil Clereng
7	Jenis agregat halus (Alami)	Pasir Progo
8	Faktor air semen	0.48
9	Faktor air semen maksimum	0.6
	Dipakai faktor air semen yang rendah	0.48
10	Nilai slump	7.2 cm
11	Ukuran maksimum agregat kasar	20 mm

Tabel 4.11. Perhitungan perencanaan pencampuran beton

No	Uraian	Kuantitas
12	Kebutuhan	
	Air	204.90 liter
	Agregat halus (Ah)	195 Kg
	Agregat kasar (Ak)	225 Kg
13	Kebutuhan semen portland	426.88 Kg
14	Daerah gradasi agregat halus	
	Persen berat agr. halus thp campuran	51.5 %
	Persen berat agr. kasar thp campuran	48.5 %
16	Berat jenis agregat campuran (dihitung)	2.41 kg/m ³
	Berat jenis ag. Halus	2.31
	Berat jenis ag. Kasar	2.51
17	Berat jenis beton	2213 kg/m ³
18	Kebutuhan agregat halus dan kasar	1581.23 kg/m ³
19	Kebutuhan agregat halus	814.33 kg/m ³
20	Kebutuhan agregat kasar	766.89 kg/m ³
21	Kebutuhan bahan yang didapat	
	Air	204.90 kg/m ³
	Semen	426.88 kg/m ³
	Pasir	814.33 kg/m ³
	Kerikil	766.89 kg/m ³
22	Volume kubus 15 cm x 15 cm	0.0034 m ³
	Luas Penampang	225.00 cm
	Tinggi	15.00 cm
23	<i>Safety factor</i>	35.00 %

Tabel 4.12. Komposisi perencanaan pencampuran beton

Proporsi 1 campuran beton kubus 15 × 15 cm dengan pengurangan air 25%		
No	Komposisi	Jumlah
1	Air	0.71 Kg
2	Semen	1.96 Kg
3	Pasir	3.74 Kg
4	Kerikil	3.52 Kg
5	Plastocrete 0.6%	11.76 ml
6	Sikament NN 2.3%	45.07 ml
	Total	9.98 Kg

Dari hasil perencanaan pencampuran beton di atas pada Tabel 4.10 – 4.12 diperoleh total berat 1 benda uji sebesar 9,98 Kg dengan pengurangan penggunaan air sebesar 25% dikarenakan dari penggunaan bahan tambahan (*admixture*) *Sikament NN* dengan dosis maksimal sebesar 2,3%. Dikarenakan perhitungan pencampuran bahan diperuntukan untuk beton dengan sampel benda uji berbentuk silinder seperti pada Tabel 4.10 dan 4.11, maka dilakukan konversi menjadi sampel benda uji berbentuk kubus dengan hasil yang dapat di lihat pada Tabel 4.12.

Penurunan pemakaian air sebanyak 25% sangat berpengaruh pada sifat beton segar. Dengan berkurangnya penggunaan air yang digunakan, maka akan mengurangi jumlah penggunaan agregat kasar yang digunakan. Untuk mengisi kekosongan tersebut, maka penggunaan agregat halus mengalami peningkatan kebutuhan pada *mix design*. hal ini lah yang sering digunakan oleh *batching plan* untuk menghemat pemakaian agregat kasar yang cukup mahal. Pengurangan ini juga berdampak pada berkurangnya eksploitasi sumber daya alam, khususnya agregat kasar yang berlebihan. Namun, kekuatan tekan beton tetap sesuai dengan spesifikasi yang direncanakan.

Pada penelitian Siswoyo dkk., (2016) menunjukkan bahwa beton normal dengan mutu k-400 membutuhkan agregat kasar sebesar 1010 kg, 190 liter air, 680 kg agregat halus, dan 680 liter untuk setiap meter kubik beton, sedangkan pada penelitian ini dengan beton admixture dengan mutu k-400 membutuhkan 766,89 kg untuk agregat kasar, 153,68 liter air dan 814,33 kg agregat halus per meter kubik beton. Selisih yang terjadi diakibatkan adanya pengurangan air dari Sikament-NN sehingga terjadi penurunan penggunaan agregat kasar sebesar 24,07% dan semen sebesar 17,91%, akan tetapi terjadi kenaikan penggunaan agregat halus sebesar 16,49%.

4.2.2. Pengujian Nilai Slump dan *Workability*

Pengujian nilai slump merupakan suatu metode yang digunakan dalam menentukan kekakuan atau konsistensi dari beton segar untuk menentukan tingkat kemudahan dalam pengerjaan beton segar (*workability*). Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kandungan banyak air yang digunakan dalam beton segar. Semakin tinggi nilai slump yang didapat akan berpengaruh terhadap mudahnya

beton segar dalam pengerjaannya. Dalam beton mutu tinggi menggunakan nilai slump yang rendah, dimana kandungan air pada beton segar sedikit, sehingga akan menghasilkan mutu beton yang baik.

Penelitian ini merencanakan nilai *slump* yang digunakan adalah 7 ± 2 sesuai dengan peraturan ACI 211 tentang persyaratan penggunaan nilai slump. Untuk mendapatkan nilai slump sesuai dengan rencana tersebut, maka dalam perhitungan pencampuran bahan (*mix design*) tanpa penambahan bahan tambahan (*admixture*), air yang digunakan yaitu 940 ml untuk benda uji berbentuk kubus berukuran 15×15 cm. Penggunaan bahan tambahan (*admixture*) *Sikament NN* dengan dosis 2,3% memberikan pengaruh terhadap pengurangan penggunaan air sebesar 25%, sehingga jumlah air yang digunakan menjadi 710 ml. Bahan tambahan *superplasticizier* memberikan dampak *workability* tinggi, walaupun jumlah air yang digunakan berkurang.

Pada penelitian ini memiliki fokus terhadap peningkatan kuat tekan beton dengan adanya pengaruh perendaman air basa pada metode perawatan beton (*curing*). Nilai Faktor Air Semen (FAS) yang digunakan 0,48 bertujuan untuk memberikan nilai kuat tekan tinggi terhadap sampel benda uji. Berikut ini adalah Tabel 4.13 mengenai hasil nilai slump pada umur beton 3, 7, 14, 28, 60 dan 90 hari.

Tabel 4.13. Hasil pengujian nilai slump

No	Umur Beton (Hari)	Faktor Air Semen (FAS)	Nilai Slump (cm)
1	3	0,48	7,4
2	7	0,48	7,2
3	14	0,48	7,0
4	28	0,48	7,2
5	60	0,48	7,1
6	90	0,48	7,3
Rata-rata			7,2

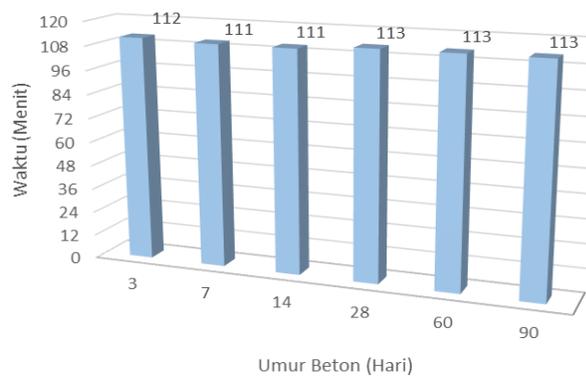
Berdasarkan hasil pengujian nilai slump pada Tabel 4.9 di atas, diperoleh nilai slump tertinggi 7,4 cm pada umur beton 3 hari dan nilai slump terendah 7,0 pada umur 14 hari. Rata-rata nilai slump dalam penelitian ini diperoleh sebesar 7,2 cm, sehingga nilai slump tersebut telah masuk dan memenuhi standar yang ditentukan oleh ACI 211 dengan nilai slump maksimal untuk jalan sebesar 7,5 cm.

4.2.3. Pengujian Waktu Ikat Beton Segar (*Setting Time*)

Pengujian waktu ikat (*setting time*) merupakan pengujian yang dilakukan untuk mengetahui lama waktu yang dibutuhkan untuk beton segar mengeras dan saling mengikat, dari keadaan plastis ketika pengadukan beton segar sampai beton sudah tidak dapat lagi dirubah bentuknya. Pengambilan sampel dilakukan setiap 1 kali adukan dengan kapasitas mesin pengaduk sebesar 40 Kg yang diperhatikan komposisi bahan penyusunnya agar bisa menghasilkan beton segar yang sama dengan beton sebelumnya . Berikut pada Tabel 4.14 merupakan hasil *setting time* beton segar.

Tabel 4.14. Hasil pengujian waktu ikat (*Setting time*)

No	Umur Beton	Waktu Ikat / <i>Setting Time</i> (Menit)			Rata-rata (Menit)
		Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3	
1	3	113	112	111	112
2	7	110	112	111	111
3	14	111	110	112	111
4	28	113	114	112	113
5	60	115	113	111	113
6	90	112	110	113	113



Gambar 4.5. Diagram waktu ikat (*Setting time*)

Gambar 4.5 di atas menunjukkan hasil pengujian waktu ikat (menit) terhadap umur beton (3, 7, 14, 28, 60 dan 90 hari), dapat diketahui bahwa penggunaan bahan tambahan (*Plastocrete RT 06* dan *Sikament NN*) memiliki nilai waktu ikat yang lebih lama yaitu 113 menit pada umur beton 28, 60 dan 90 hari, sedangkan waktu ikat terkecil ada pada umur 7 dan 14 hari selama 111 menit. Rata-rata nilai waktu ikat beton dalam penelitian ini adalah 112,16 menit. Pada penelitian yang dilakukan Setiawan (2017) beton normal tanpa penggunaan bahan tambahan memiliki nilai

waktu ikat rata-rata 68.67 menit. sedangkan dengan bahan tambahan selama 81 menit dengan kadar 1%. Hal ini tentu sangat berbeda dengan penelitian ini, karena kadar *Sikament NN* yang digunakan sebesar 2,3% dan *Plastocrete RT06 Plus* sebesar 0,6%, sehingga mengalami kenaikan nilai *setting time* selama 31 menit. Kesimpulan yang diperoleh adalah penggunaan bahan tambahan (*Sikament NN* dan *Plastocrete RT06 Plus*) dengan kadar yang lebih banyak dapat memperlambat waktu ikat beton.

4.2.4. Analisis Durabilitas Beton

1. Pengujian Hambatan Beton

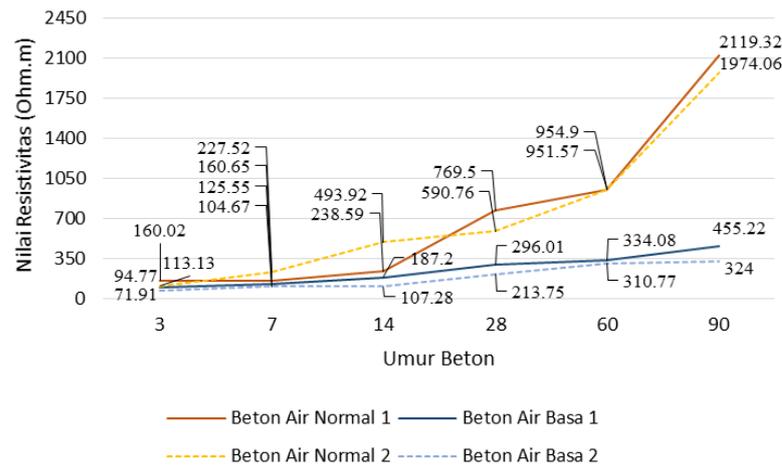
Pengujian hambatan beton dimaksudkan untuk mengetahui ketahanan jenis pada setiap sampel beton dalam menerima arus maupun tegangan. Setelah melewati tahap pembuatan dan perawatan beton (*curing*), beton masuk ke dalam tahap pengujian hambatan menggunakan alat *resistivitymeter*. Pengujian dilakukan pada umur beton 3, 7, 14, 28, 60 dan 90 hari. Sampel yang diuji berjumlah 36 buah, terdiri dari 18 sampel dengan perawatan menggunakan air basa untuk masing-masing umur sebanyak 3 buah sampel dan 18 sampel dengan perawatan menggunakan air normal untuk masing-masing umur sebanyak 3 buah sampel. Pengambilan data penelitian dilakukan dengan pemilihan data secara *duplo*, hal ini dikarenakan terdapat perbedaan hasil yang terlampau jauh, sehingga dipilih cara tersebut agar mendapatkan data akurat dan baik. Berikut ini pada tabel 4.15 – 4.16 dan Gambar 4.6 adalah hasil dari pengujian hambatan beton dengan kode N yang berarti beton air normal dan kode B sebagai beton air basa.

Tabel 4.15. Hasil pengujian nilai resistivitas beton air normal dan basa

Umur Beton	Kode Sampel	Rho (Ohm.m)	Rata-rata (Ohm.m)	Kode Sampel	Rho (Ohm.m)	Rata-rata (Ohm.m)
3	N3-1	160.02	136.575	B3-1	94.77	83.34
	N3-3	113.13		B3-2	71.91	
7	N7-1	160.65	194.085	B7-1	125.55	115.11
	N7-3	227.52		B7-2	104.67	
14	N14-2	238.59	366.255	B14-1	187.2	147.24
	N14-3	493.92		B14-2	107.28	

Tabel 4.16. Hasil pengujian nilai resistivitas beton air normal dan basa

28	N28-1	769.5	680.13	B28-2	296.01	254.88
	N28-3	590.76		B28-3	213.75	
60	N60-1	951.57	953.235	B60-1	334.08	322.425
	N60-2	954.9		B60-2	310.77	
90	N90-1	2119.32	2046.69	B90-2	455.22	389.61
	N90-2	1974.06		B90-3	324	



Gambar 4.6. Diagram perbandingan nilai resistivitas beton

Gambar 4.6 di atas menunjukkan perbandingan hasil pengujian nilai resistivitas (Ohm.m) beton air normal dan basa terhadap umur beton (3, 7, 14, 28, 60 dan 90 hari). Beton air normal dan basa mengalami kenaikan nilai resistivitas seiring dengan bertambahnya umur beton, akan tetapi kenaikan paling tinggi dialami oleh sampel beton air normal. Pada umur 7 dan 14 hari beton air normal 2 mengalami kenaikan signifikan dibandingkan dengan sampel lainnya, yaitu dengan nilai resistivitas sebesar 227,52 Ω m dan 493,92 Ω m. Peningkatan sangat signifikan terlihat pada umur 90 hari untuk kedua sampel beton air normal, kedua sampel mencapai nilai resistivitas sebesar 2119,32 Ω m dan 1974,06 Ω m. Sampel beton air basa juga mengalami kenaikan pada umur 90 hari akan tetapi tidak terlalu tinggi, yaitu 455,22 Ω m dan 324 Ω m.

Menurut Timotius dkk., (2014) semakin tinggi nilai resistivitas yang dimiliki suatu benda maka semakin sulit bahan tersebut untuk dapat menghantarkan listrik, begitu juga untuk sebaliknya, terlihat pada seluruh sampel beton air normal memiliki indikasi bahwa sampel tersebut lebih sulit untuk menghantarkan listrik dibandingkan sampel beton air basa dan memiliki ketahanan jenis yang tinggi.

Menurut Qu dkk., (2008) Na^+ (Natrium) memiliki kandungan pendukung dari sifat elektrolit dan merupakan bahan elektroda dalam aplikasi kapasitor, sehingga dapat disimpulkan bahwa kandungan senyawa tersebut tertinggal di dalam sampel beton air basa ketika dilakukannya proses perendaman beton (*curing*) menggunakan NaOH dan memudahkan alat *resistivitymeter* untuk menghatarkan arus listrik ketika dilakukan pengujian terhadap sampel beton basa.

Hal ini juga terlihat ketika dilakukannya pengujian resistivitas, peneliti mengamati bahwa sampel beton yang direndam menggunakan air basa cenderung sudah memiliki tegangan arus listrik terlebih dahulu dibandingkan dengan beton yang direndam menggunakan air normal. Arus listrik yang ada pada sampel beton air basa tersebut sedikit menyulitkan ketika akan dilakukannya kalibrasi sebelum dilakukan perhitungan resistivitas, sehingga diperlukan lebih banyak pengambilan data resistivitas agar diperoleh hasil yang baik. Sedangkan jika dilihat dari segi korosifnya, pengujian resistivitas tidak dapat dijadikan sebagai acuan. Hal ini disebabkan oleh pengaruh dari sifat NaOH sebagai larutan elektrolit yang dapat menghantarkan listrik, sehingga nilai resistivitas yang dihasilkan sangatlah kecil. Namun sifat korosif dari beton air basa dapat di lihat pada pengujian densitas dan kuat tekan seperti di bawah ini.

2. Pengujian Densitas Beton

Pengujian densitas atau kepadatan beton dimaksudkan untuk mengetahui kepadatan pada sebuah sampel beton yang di uji. Setelah melewati tahapan pengujian hambatan menggunakan *resistivitymeter* untuk mengetahui nilai resistivitasnya, maka selanjutnya beton akan diuji mengenai kepadatannya atau mengetahui mutu dari beton tersebut dengan menggunakan gelombang *ultrasonic*. Pengujian dilakukan pada umur sampel beton 3, 7, 14, 28, 60 dan 90 hari. Sampel yang diuji berjumlah 36 buah yang terdiri dari 18 sampel dengan perendaman menggunakan air basa untuk masing-masing umurnya sebanyak 3 buah sampel dan 18 sampel dengan perendaman menggunakan air normal untuk masing-masing umurnya sebanyak 3 buah sampel. Pengujian dilakukan menggunakan metode *direct transmission* atau pengukuran secara langsung. Pengambilan data penelitian dilakukan dengan pemilihan data secara *duplo*, hal ini dikarenakan terdapat perbedaan hasil yang terlampau jauh, sehingga dipilih cara tersebut agar

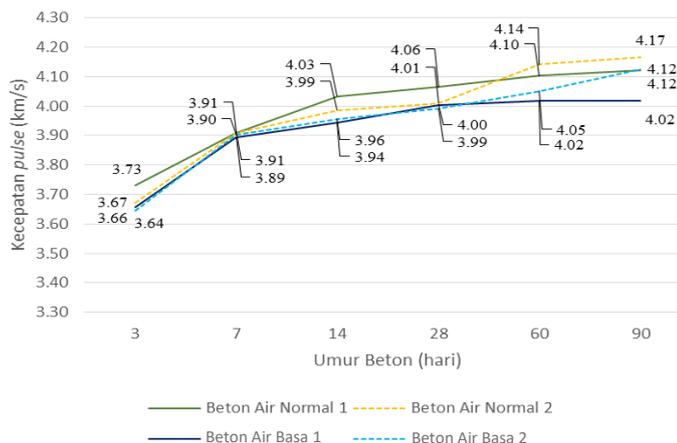
mendapatkan data akurat dan baik. Berikut ini pada Tabel 4.17 dan 4.18 dan Gambar 4.7 merupakan hasil dari pengujian kepadatan beton dengan kode N yang berarti beton air normal dan kode B sebagai beton air basa.

Tabel 4.17. Hasil pengujian *UPVT* beton air normal

Umur Beton	Panjang Lintasan (m)	Kode Sampel	Kecepatan <i>Pulse</i> (km/s)	Rata-rata (km/s)	Hasil
3	0,15	N3-1	3,73	3,71	Baik
		N3-2	3,67		
7	0,15	N7-1	3,91	3,91	Baik
		N7-2	3,91		
14	0,15	N14-1	3,90	4,02	Baik
		N14-2	3,92		
28	0,15	N28-1	4,06	4,04	Baik
		N28-2	4,01		
60	0,15	N60-1	4,10	4,13	Baik
		N60-2	4,14		
90	0,15	N90-1	4,12	4,15	Baik
		N90-2	4,17		

Tabel 4.18. Hasil pengujian *UPVT* beton air basa

Umur Beton	Panjang Lintasan (m)	Kode Sampel	Kecepatan <i>Pulse</i> (km/s)	Rata-rata (km/s)	Hasil
3	0,15	B3-1	3.66	3.65	Baik
		B3-2	3.64		
7	0,15	B7-1	3.89	3.9	Baik
		B7-2	3.90		
14	0,15	B14-1	3.94	3.96	Baik
		B14-2	3.96		
28	0,15	B28-1	4.00	4.00	Baik
		B28-2	3.99		
60	0,15	B60-1	4.02	4,04	Baik
		B60-2	4.05		
90	0,15	B90-1	4.02	4.08	Baik
		B90-2	4.12		



Gambar 4.7. Diagram perbandingan kepadatan beton

Gambar 4.7 di atas merupakan grafik hasil pengujian densitas beton (kepadatan beton) pada usia 3, 7, 14, 28, 60 dan 90 hari terhadap kecepatan *pulse* (km/s). Terlihat jelas bahwa pada grafik menunjukkan angka kenaikan yang signifikan seiring dengan bertambahnya umur beton. Beton dengan perendaman air normal pada usia 3 hari menunjukkan hasil sebesar 3,67 dan 3,73 km/s dan naik signifikan mencapai 4,12 dan 4,17 km/s pada usia 90 hari. Sangat menarik apabila dilihat pada beton yang direndam menggunakan air basa, dimana pada usia 3 hari didapatkan hasil sebesar 3,64 dan 3,66 km/s dan beranjak naik mencapai 4,02 dan 4,12 km/s pada usia 90 hari. Namun, kenaikan kecepatan *pulse* beton basa berada di bawah dibandingkan dengan beton yang direndam menggunakan air normal. Berdasarkan kriteria mutu beton yang telah diatur dalam ASTM C597, hasil dari seluruh pengujian diatas masuk ke dalam kategori “Baik” dengan rentang nilai yang berada dalam 3,67 - 4,57 km/s.

Pada Gambar 4.7 terlihat bahwa seluruh sampel beton dengan perendaman air normal memiliki mutu beton yang berada di atas dari nilai mutu beton dengan perendaman menggunakan air basa. Pada penelitian yang dilakukan oleh Rochaeti dkk., (2014) diperoleh kecepatan *pulse* sebesar 3,7 km/s dengan penggunaan bahan tambahan *chemical admixture* jenis *superplasticizer* dan *retarder*. Sedikit berbeda dengan penelitian di atas, dimana pada penelitian kali ini kecepatan *pulse* beton air normal mencapai 4,06 km/s untuk umur 28 hari dan meningkat sampai 4,17 km/s untuk umur 90 hari. Sedangkan terhadap untuk beton air basa juga diperoleh nilai

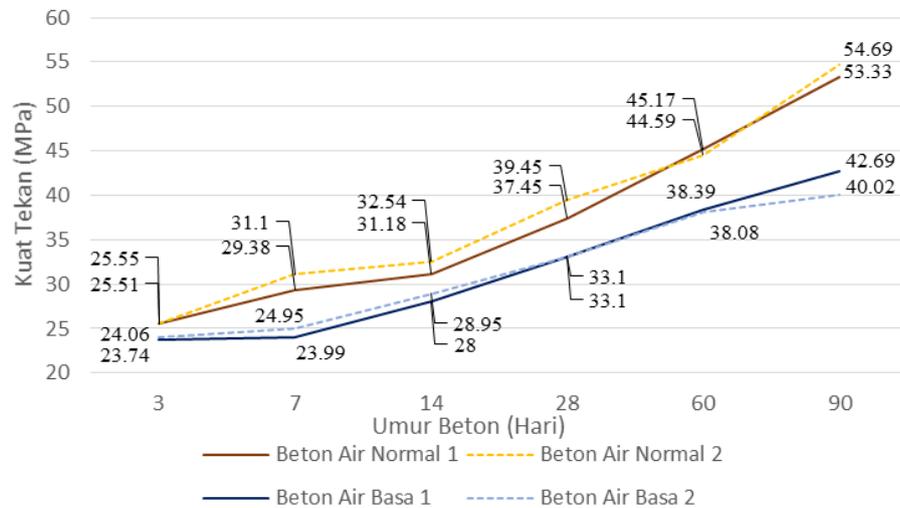
kecepatan *pulse* yang berada diatas dari penelitian tersebut, yaitu 4,00 km/s untuk umur 28 hari dan meningkat sampai 4,12 km/s untuk umur 90 hari.

3. Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton dimaksudkan untuk mengetahui kemampuan beton dalam menahan gaya tekan vertikal yang diterimanya. Setelah melewati tahap pengujian resistivitas dan kepadatan, maka beton masuk ke tahap pengujian kuat tekan, khususnya pada penelitian ini dengan menggunakan beban statis. Pengujian dilakukan pada umur beton 3, 7, 14, 28, 60 dan 90 hari dengan kuat tekan rencana sebesar 33,2 MPa. Sampel uji berjumlah 36 buah, terdiri dari 18 sampel dengan perendaman air basa untuk masing-masing umurnya sebanyak 3 buah sampel dan 18 sampel dengan perendaman air normal untuk masing-masing umurnya sebanyak 3 buah sampel. Pengambilan data penelitian dilakukan dengan pemilihan data secara *duplo*, hal ini dikarenakan terdapat perbedaan hasil yang terlampau jauh, sehingga dipilih cara tersebut agar mendapatkan data akurat dan baik. Berikut ini pada Tabel 4.19 dan Gambar 4.8 merupakan hasil dari pengujian kuat tekan beton.

Tabel 4.19. Hasil pengujian kuat tekan

Metode Perendaman (<i>Curing</i>)	Umur Beton (Hari)	Berat Benda Uji (Gram)			Kuat Tekan (MPa)	
		Sebelum direndam	Sesudah direndam	Selisih Berat	Sampel 1	Sampel 2
Air Normal	3	8215	8285	70	25,55	25,51
	7	8293	8370	78	29,38	31,10
	14	8371	8458	87	31,18	32,54
	28	8163	8258	95	37,45	39,45
	60	8280	8372	92	45,17	44,59
	90	8180	8270	90	53,33	54,69
Air Basa	3	8233	8305	72	23,74	24,06
	7	8305	8370	65	23,99	24,95
	14	8375	8405	30	28,00	28,95
	28	8173	8210	37	33,10	33,10
	60	8243	8275	32	38,39	38,08
	90	8288	8315	27	42,69	40,02



Gambar 4.8. Grafik perbandingan nilai kuat tekan beton

Gambar 4.8 di atas menunjukkan perbandingan kuat tekan (MPa) terhadap umur beton (hari) dengan umur pengujian 3, 7, 14, 28, 60 dan 90 hari. Sangat menarik bahwa kuat beton air normal dan basa terus mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya umur beton. Peningkatan kuat tekan tertinggi terdapat pada sampel beton air normal 2 yang mencapai 39,45 MPa pada umur 28 hari dan 54,69 MPa pada umur 90 hari, sedangkan peningkatan kuat tekan kedua sampel beton air basa tidak terlalu signifikan seperti pada sampel beton air normal, dimana pada umur 28 hari sebesar 33,1 MPa untuk kedua sampel beton air basa dan meningkat mencapai 42,69 MPa dan 40,02 MPa untuk sampel beton air basa 1 dan 2 pada umur 90 hari.

Pada umur 7 hari terlihat kenaikan kuat tekan tertinggi untuk beton air normal 2 dari 25,51 MPa menjadi 31,10 MPa, akan tetapi untuk beton air basa umur 7 hari tidak mengalami peningkatan kuat tekan yang berarti seperti halnya pada kedua sampel beton air normal. Ketika umur beton mencapai 28 hari, terjadi peningkatan tertinggi kuat tekan pada beton air normal 2 yang mencapai kuat tekannya sebesar 39,45 MPa dan terus melonjak naik sampai pada umur beton 90 hari menjadi 54,69 MPa, sedangkan untuk sampel beton air basa 1 mengalami kenaikan yang berarti pada umur 28, 60 dan 90 hari sebesar 33,1 MPa, 38,39 MPa dan 42,69 MPa. Namun, pada umur 90 hari, beton air basa 2 hanya melonjak naik sebesar 1,94 MPa dari beton basa umur 60 hari menjadi 40,02 MPa.

Menurut Lauw (1990) dalam seminar mengenai korosi pada beton menjelaskan penyebab utama kerusakan pada beton disebabkan oleh serangan sulfat pada beton. Salah satu garam sulfat yang paling berbahaya terhadap semen *Portland* adalah sodium (NaOH) seperti yang digunakan dalam penelitian ini sebagai metode perendaman menggunakan air basa. Korosi akibat basa disebabkan oleh pembentukan kristal pada pori-pori beton atau biasa disebut sebagai *swelling corrosion* yang akan meninggalkan garam-garam putih tipis yang menyelimuti selimut sampel beton, seperti halnya ketika sampel beton basa akan dikeluarkan dari bak perendaman untuk proses pengeringan. Pada grafik gambar 4.8 terlihat bahwa beton air basa memiliki kuat tekan yang lebih rendah dibandingkan dengan beton air normal. Namun seiring dengan bertambahnya umur beton, masing-masing sampel beton normal dan basa mengalami peningkatan nilai kuat tekan beton.

Penggunaan *superplasticizer* mampu memberikan hasil peningkatan kuat tekan beton yang baik, seperti penelitian yang dilakukan oleh Alsadey (2015) dengan karakteristik beton 30 MPa dengan *superplasticizer* jenis *Liboment* mampu meningkatkan kuat tekan pada beton umur 28 hari mencapai 40,24 MPa, sedangkan dalam penelitian ini dengan *superplasticizer* menggunakan *Sikament NN* dan kuat tekan rencana sebesar 33,2 MPa, beton mencapai kuat tekan 39,45 MPa dan 37,45 MPa untuk beton air normal, sedangkan untuk beton air basa juga mampu memberikan pengaruh terhadap kuat tekan sebesar 33,1 MPa walaupun beton sudah direndam dalam air basa.

Penggunaan *retarder* jenis *Plastocrete RT06 plus* dalam penelitian ini memberikan pengaruh meningkatnya kuat tekan beton, seperti dalam penelitian yang dilakukan oleh Umniati dkk., (2017) diperoleh nilai kuat tekan beton umur 28 hari sebesar 47.21 MPa dari kuat tekan beton rencana diatas 20 MPa. Namun, dalam penelitian ini peningkatan kuat tekan beton terlihat pada umur 60 dan 90 hari sebesar 45,17 MPa dan 54,69 untuk beton air normal, sedangkan untuk umur 28 hari sebesar 39,45 MPa. Untuk beton air basa umur 60 dan 90 hari mencapai kuat tekannya sebesar 38,39 MPa dan 42,69 MPa, sedangkan 28 hari sebesar 33,1 MPa dari kuat tekan beton rencana 33,2 MPa.

Dari hasil pengujian kuat tekan di atas pada Tabel 4.15 maupun Gambar 4.11 diperoleh presentase penurunan kuat tekan beton perendaman air basa terhadap perendaman air normal seperti pada Tabel 4.20 berikut ini.

Tabel 4.20. Presentas penurunan kuat tekan beton

Umur Beton	Penurunan Nilai Kuat Tekan
	(%)
3	6,39
7	14,59
14	10,61
28	13,92
60	14,8
90	23,43

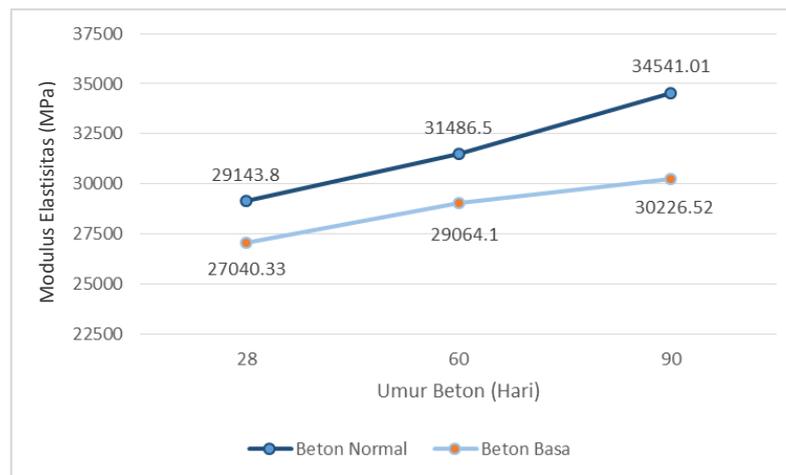
Dari Tabel 4.20 di atas, pengambilan data dilakukan secara rata-rata. Presentase penurunan kuat tekan beton air normal dan basa berada pada rentang 6,39% - 23,43%. Penurunan terendah sebesar 6,39% terjadi pada sampel benda uji dengan umur 3 hari dengan selisih nilai kuat tekan sebesar 1,63 MPa. Sedangkan penurunan tertinggi sebesar 23,43 % terjadi pada sampel beton berumur 90 hari dengan selisih nilai kuat tekan beton sebesar 12,65 MPa. Pada beton umur 7 hari memiliki selisih penurunan sebesar 4,41 MPa, beton umur 14 hari sebesar 3,38 MPa, beton umur 28 hari sebesar 5,35 MPa dan beton umur 60 hari sebesar 6,64 MPa.

4.2.5. Modulus Elastisitas Beton

Modulus elastisitas merupakan rasio perbandingan antara tegangan normal ratik (tekan) dengan regangan yang timbul dari tegangan tersebut. Modulus elastisitas dihitung menggunakan persamaan 2.16 dan diperoleh hasil yang disajikan pada Tabel 4.21 dan Gambar 4.9 berikut ini.

Tabel 4.21. Perhitungan modulus elastisitas beton

Umur Beton (Hari)	Kuat Tekan Beton Air Normal (MPa)	Modulus Elastisitas (MPa)	Kuat Tekan Beton Air Basa (MPa)	Modulus Elastisitas (MPa)
28	38,45	29143,8	33,1	27040,33
60	44,88	31486,5	38,24	29064,1
90	54,01	34541,01	41,36	30226,52



Gambar 4.9. Nilai modulus elastisitas

Gambar 4.9 di atas menunjukkan perbandingan nilai modulus elastisitas terhadap umur beton (hari) pada umur 28, 60 dan 90 hari. Pengambilan data nilai modulus elastisitas dilakukan secara rata-rata terhadap masing-masing sampel beton. Modulus elastisitas terbesar beton air normal sebesar 34541,01 terdapat pada usia beton 90 hari dan nilai modulus elastisitas terbesar beton air basa sebesar 30226,52 pada umur beton 90 hari.

Dari hasil penelitian di atas dapat disimpulkan bahwa perendaman beton menggunakan air basa mampu mempengaruhi dalam berbagai pengujian, seperti halnya kecilnya nilai resistivitas beton basa karena terdapat kandungan elektrolit di dalam beton, nilai mutu beton basa yang berada di bawah mutu beton normal dan penurunan nilai kuat tekan beton dengan intensitas yang tidak buruk. Hal ini tentu saja dapat di lihat dari ketiga pengujian durabilitas, terutama pada hasil pengujian kuat tekan beton dengan perendaman air basa, beton mengalami peningkatan kuat tekan seiring bertambahnya umur, namun bisa jadi air basa dapat merusak sampel beton ketika umurnya telah melebihi dari 90 hari.