

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Beton merupakan salah satu konstruksi yang sering digunakan untuk pembangunan. Salah satu kelebihan beton adalah kedap air. Jadi, semakin banyak bangunan akan semakin sedikit tempat resapan air. Untuk itu perlu adanya inovasi baru yang konstruksinya kuat namun tidak mengurangi tempat resapan air. Salah satu inovasi dari beton adalah beton non pasir (*no fines concrete*).

Beton non pasir (*no fines concrete*) adalah salah satu dari beton ringan yang dalam pembuatannya mengurangi atau menghilangkan agregat halus. Dengan tidak adanya agregat halus pada beton, maka akan menciptakan rongga, sehingga air dapat menembus beton dan meresap ke dalam tanah. Beton ini banyak digunakan untuk konstruksi gedung, perkerasan jalan, dan jembatan. Keuntungan dari beton non pasir adalah tetap adanya tempat resapan air meskipun terjadi pembangunan.

Penelitian terdahulu yang telah diteliti terkait kuat tekan beton dan porositas antara lain meliputi:

1. Pengaruh Rasio Agregat Semen Terhadap Kuat Tekan Beton Dan Porositas Beton *Porous* (Ginting, 2015).
2. Pengaruh Pengisian Rongga Pada Perkerasan Beton Berpori Terhadap Permeabilitas, Kecepatan Resapan dan Kuat Tekan (Rochim, dkk, 2015).
3. Pengaruh Gradasi Terhadap Porositas dan Kuat Tekan Beton Berpori (Pratomo, dkk, 2016).
4. Beton Non Pasir dengan Agregat dari Batu Alam (Batu Ape) Sungai Lua Kabupaten Kepulauan Talaud Sulawesi Utara. (Trisnoyuwono, dkk, 2009)
5. Tinjauan Durabilitas Beton Berpori Sebagai Perkerasan Jalan yang Ramah Lingkungan (Sari, dkk, 2013).
6. Kuat Tekan, Porositas dan Permeabilitas *Pervious Concrete* dengan Campuran Agregat Limbah Gerabah (Astutik, dkk, 2014).
7. Kuat Tekan dan Porositas Beton *Porous* dengan Bahan Pengisi *Styrofoam* (Ginting, 2015).

8. Kajian Pendahuluan Beton Lolos Air (*Porous Concrete*) dengan Penambahan *Masterroc HCA10* (Zulfikar dan Karolina, 2017).
9. Variasi Faktor Air Semen terhadap Kekuatan Beton Non Pasir (Ricardo dan Susilowati, 2013)
10. Kajian jenis agregat dan proporsi campuran terhadap kuat tekan dan daya tembus beton *porous* (adi, 2013).

2.1.1. Penelitian Terdahulu tentang Agregat

Prasetyo, dkk (2016) telah melakukan pemeriksaan pada agregat kasar dengan ukuran agregat 1-2 mm dan 2-3 mm. Agregat kasar yang digunakan berasal dari Clereng Kulon Progo. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kuat tekan beton dan daya tembus air pada beton *porous* dengan menggunakan agregat kasar yang berbeda. Pengujian ini meliputi berat jenis, penyerapan, MHB, dan keausan. Hasil dari pengujian berat jenis adalah 2,69 termasuk dalam kategori agregat normal, untuk hasil dari penyerapan adalah 0,83%. Nilai keausan yang didapat adalah 27,24% telah memenuhi syarat yaitu kurang dari 50%. Nilai MHB (modulus halus butir) yang didapat adalah 7,94.

Pradana, dkk (2016) telah melakukan pemeriksaan pada agregat kasar berupa batu pecah dengan ukuran agregat maksimum sebesar 38 mm. Agregat kasar yang digunakan berasal dari Air Hitam, Pekanbaru. Pengujian ini meliputi berat jenis SSD, kadar air, analisa saringan, keausan agregat dan berat isi agregat. Hasil pengujian dari berat jenis sebesar 2,63 yang termasuk dalam kategori normal, untuk hasil dari kadar air sebesar 0,91%. Nilai dari keausan agregat yang didapat sebesar 29,82%. Untuk hasil dari berat isi sebesar 1550 kg/m³ dengan hasil MHB sebesar 6,95.

Ervianto, dkk (2016) telah melakukan pemeriksaan pada agregat kasar berupa batu pecah yang berasal dari Clereng, Kulon Progo. Pengujian ini meliputi berat jenis, penyerapan, kadar air, kadar lumpur, berat satuan dan keausan. Hasil dari pengujian berat jenis adalah 2,63 termasuk dalam kategori normal dan berat satuan sebesar 1550 kg/m³ untuk hasil dari penyerapan sebesar 1,438%. Nilai kadar air yang didapat sebesar 0,549% dengan kadar lumpur sebesar 1,75%. Nilai keausan agregat yang diperoleh sebesar 21,36%.

Dari hasil penelitian sebelumnya mengenai agregat maka diperoleh hasil yang telah memenuhi persyaratan sehingga dapat digunakan sebagai referensi peneliti selanjutnya. Perbedaan mengenai penelitian-penelitian sebelumnya dapat dilihat pada Tabel 2.1. Sedangkan perbedaan penelitian sebelumnya dengan penelitian ini terletak pada ukuran agregat dan jenis pengujian agregat. pada pengujian ini digunakan agregat kasar yang berasal dari Clereng, Kulon Progo dengan ukuran 1cm s/d 2cm. dan jenis pengujian agregat berupa: pengujian berat jenis dan penyerapan air, kadar air, keausan dan berat satuan.

Tabel 2.1 Perbedaan agregat kasar berupa batu pecah

No	Jenis Pengujian	Penguji			Satuan
		Prasetyo, dkk (2016)	Pradana, dkk (2016)	Erviyanto, dkk (2016)	
1	Berat jenis SSD	2,69	2,63	2,63	-
2	Penyerapan	0,83	-	1,438	%
3	Kadar air	-	0,91	0,549	%
4	Keausan	27,24	29,82	21,36	%
5	MHB	7,94	6,95	-	-
6	Kadar lumpur	-	-	1,75	%
7	Berat satuan	-	1500	1550	kg/m ³

2.1.2. Penelitian Terdahulu tentang Pemeriksaan Beton Non Pasir

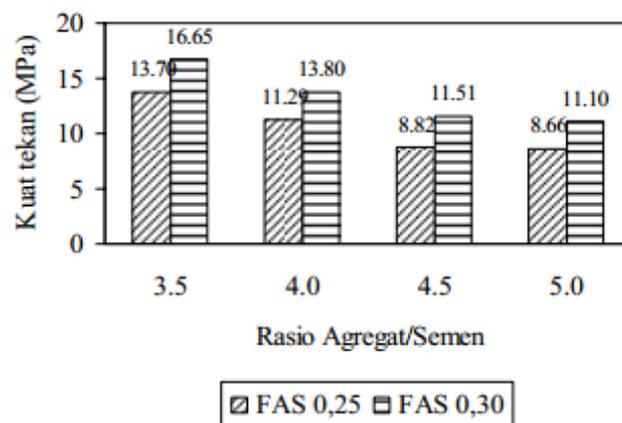
Penelitian kuat tekan beton non pasir (*no fines concrete*) dilakukan dengan merujuk pada penelitian-penelitian sebelumnya sebagai pembandingan agar hasil yang diharapkan dapat optimal. Hasil dari penelitian-penelitian sebelumnya antara lain:

Ginting (2015) telah melakukan penelitian “Pengaruh Rasio Agregat Semen Terhadap Kuat Tekan Beton dan Porositas Beton *Porous*”. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai kuat tekan beton dan porositas dengan berbagai variasi rasio agregat dengan semen. Penelitian ini menggunakan perbandingan agregat 3,5:1 sampai 5:1 dengan nilai fas 0,25 dan 0,3. Untuk menambah kuat tekan beton digunakan bahan tambah *SicaCim Concrete Additive*. Perancangan *mix design* penelitian ini mengacu pada ACI 522R-10. Dari penelitian ini diperoleh nilai kuat tekan terendah sebesar 8,66 MPa dengan nilai fas 0,25, perbandingan agregat semen 5:1 dan nilai *slump* 0, sedangkan nilai kuat tekan tertinggi sebesar 16,65 MPa

dengan nilai fas 0,3, perbandingan agregat semen 3,5:1 dan nilai *slump* 16 cm. Hasil dari pengujian *slump* beton seperti pada Tabel 2.2 dan kuat tekan beton seperti pada Gambar 2.1.

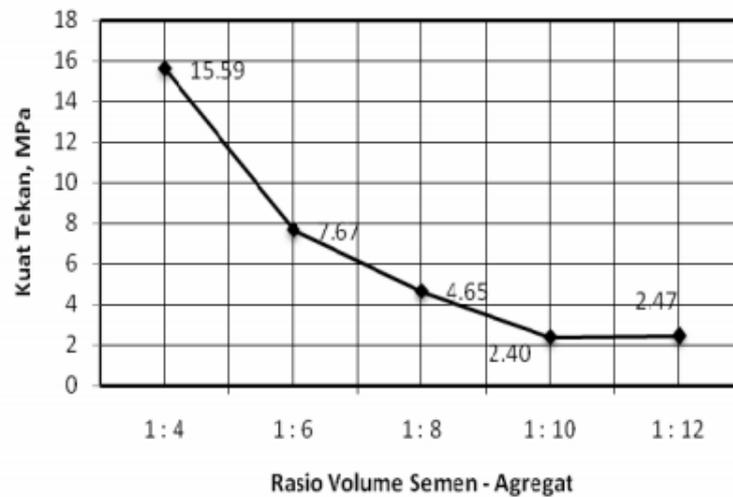
Tabel 2.2 Pengujian *slump* beton (Ginting, 2015)

No	Perbandingan Agregat/Semen	FAS	F'c Rata-Rata (MPa)
1		0,25	13,7
2	3,5	0,30	16,65
3		0,25	11,29
4	4,0	0,30	13,8
5		0,25	8,82
6	4,5	0,30	11,51
7		0,25	8,66
8	5,0	0,30	11,1



Gambar 2.1 Hasil kuat tekan beton *porous* umur 28 hari (Ginting, 2015)

Trisnoyuwono, dkk (2009) telah melakukan penelitian “Beton Non Pasir Dengan Agregat Dari Batu Alam (Batu Ape) Sungai Lua Kabupaten Kepulauan Talaud Sulawesi Utara”. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis kuat tekan beton yang menggunakan agregat dari batu alam (batu Ape). Penelitian ini menggunakan ukuran agregat antara 1 cm s/d 2 cm dan semen tipe 1. Pada penelitian ini menggunakan variasi rasio agregat dengan semen. Rasio agregat dengan semen yang digunakan meliputi: 4:1, 6:1, 8:1, 10:1, 12:1 dan tidak ditambahkan bahan tambah. Hasil dari kuat tekan tertinggi sebesar 15,59 MPa yang terdapat pada variasi rasio agregat dengan semen 4:1. Sedangkan hasil dari kuat tekan beton terkecil sebesar 2,47 MPa yang terdapat pada variasi rasio agregat dengan semen 12:1. Hasil pengujian dari pengujian kuat tekan beton disajikan pada Gambar 2. 2



Gambar 2.2 Hubungan rasio volume semen dengan agregat dan kuat tekan beton (Trisnoyuwono, dkk, 2009)

Adi (2013) telah melakukan penelitian “Kajian Jenis Agregat dan Proporsi Campuran Terhadap Kuat Tekan dan Daya Tembus Beton *Porous*”. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kuat tekan beton dan daya tembus beton berongga dengan variasi jenis agregat dan variasi rasio agregat dengan semen. Penelitian ini menggunakan agregat kasar (split) dari aliran kali Progo (Clereng) dan aliran kali yang berhulu di Merapi (Boyong) dengan proporsi 4,4:1 sampai 5,8:1 dengan nilai fas 0,4 dan 0,5. Semen yang digunakan pada penelitian ini adalah semen *Portland* tipe 1 dan air yang digunakan telah memenuhi persyaratan PBI – 1982. Hasil kuat tekan beton terendah pada penelitian ini sebesar 1,886 MPa pada split merapi dengan proporsi 4,9:1 dan 5,8:1 dan nilai fas 0,4, sedangkan kuat tekan beton tertinggi sebesar 8,205 MPa pada split Clereng dengan proporsi 4,4:1 dengan fas 0,4 dan proporsi 4,4:1 dengan fas 0,5. Hasil dari pengujian kuat tekan beton seperti pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Pengujian kuat tekan beton umur 28 hari (Adi, 2013)

Perbandingan Semen/Agregat	Kuat Tekan (MPa)	
	Split Clereng	Split Merapi
1 : 4,4	8,20	4,53
1 : 4,9	6,98	1,89
1 : 5,8	4,72	1,89
1 : 4,4	8,20	5,09
1 : 4,9	5,85	5,19
1 : 5,8	5,85	3,39

Rochim, dkk (2015) telah melakukan penelitian “Pengaruh Pengisian Rongga Pada Perkerasan Beton Berpori Terhadap Permeabilitas, Kecepatan Resapan dan Kuat Tekan”. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kuat tekan beton porous yang dipengaruhi oleh bahan pengisi. Penelitian ini menggunakan pengisian rongga pasir merapi, pasir sungai, dan tanah. Semen yang digunakan pada penelitian ini adalah semen PCC tipe 1 dan ukuran agregat antara 1 cm s/d 2 cm. Hasil kuat tekan beton terendah pada penelitian ini sebesar 5,19 MPa pada proporsi tanpa pengisi rongga, sedangkan kuat tekan beton tertinggi sebesar 5,71 MPa pada proporsi dengan pengisi rongga pasir Merapi. Hasil pengujian porositas tertinggi sebesar 25,04%, sedangkan hasil terendah sebesar 24,54%. Hasil pengujian porositas dapat dilihat pada Tabel 2.4 dan hasil pengujian kuat tekan beton umur 28 hari seperti pada Tabel 2.5.

Tabel 2.4 Pengujian porositas (Rochim, dkk, 2015)

No. Benda Uji	Berat Sampel (gram)	Berat Sampel + Plastisin (gram)	Berat dalam air (gram)	Berat SSD (gram)	SGmix	Porositas	Porositas Rata-Rata (%)
1	1082	1096	584,6	1104,6	2,72	25,04	
2	1081	1094	581,2	1115,7	2,72	24,73	24,77
3	1078	1094	578,9	1104,6	2,72	24,54	

Tabel 2.5 Pengujian kuat tekan beton umur 28 hari (Rochim, 2015)

Variasi Benda Uji	F’c (MPa)
Tanpa Pengisi Rongga	5,19
Tanah	5,62
Pasir Merapi	5,71
Pasir Sungai	5,28

Pratomo, dkk (2016) telah melakukan penelitian “Pengaruh Gradasi Terhadap Porositas Dan Kuat Tekan Beton Berpori”. Pada penelitian ini menggunakan agregat kasar yang bergradasi seragam dengan ukuran 1-2 mm dan 2-3mm. selain menggunakan agregat kasar, pada penelitian ini juga digunakan agregat halus sebesar 30% dan menggunakan nilai fas sebesar 0,45. Untuk

menambah kuat tekannya, pada penelitian ini juga ditambahkan zat aditif. Hasil dari pengujian kuat tekan beton sebesar 7,42 MPa–10,58 MPa, sedangkan hasil dari porositas sebesar 18,52% - 19,89%. Hasil dari pengujian kuat tekan beton umur 28 hari pada penelitian ini seperti pada Tabel 2.6 dan hasil dari pengujian porositas seperti pada Tabel 2.7.

Tabel 2.6 Pengujian kuat tekan beton umur 28 hari (Pratomo, dkk, 2016)

Kode Benda Uji	Berat (kg)	Luas Penampang (mm^2)	P max 28 hari (KN)	P max 28 hari (N)	F'c 28 Hari (MPa)	F'c Rata-Rata
A1	9,90	17210,29	120	120000	7,16	
A2	10,30	17678,57	120	120000	6,97	7,42
A3	10,30	17678,57	140	140000	8,13	
B1	10,70	17678,57	170	170000	9,68	
B2	10,50	17678,57	190	190000	10,84	10,58
B3	10,70	17678,57	200	200000	11,23	
C1	10,90	17443,64	150	150000	8,63	
C2	10,70	17443,64	110	110000	6,28	7,94
C3	10,60	17678,57	155	155000	8,91	
D1	10,80	17678,57	170	170000	9,68	
D2	10,60	17678,57	180	180000	10,07	8,94
D3	10,20	17443,64	120	120000	7,06	

Keterangan: A: Beton Berpori Agregat 1-2
 B: Beton Berpori Agregat 1-2 dengan bahan aditif
 C: Beton Berpori Agregat 2-3
 D: Beton Berpori Agregat 2-3 dengan bahan tambah aditif

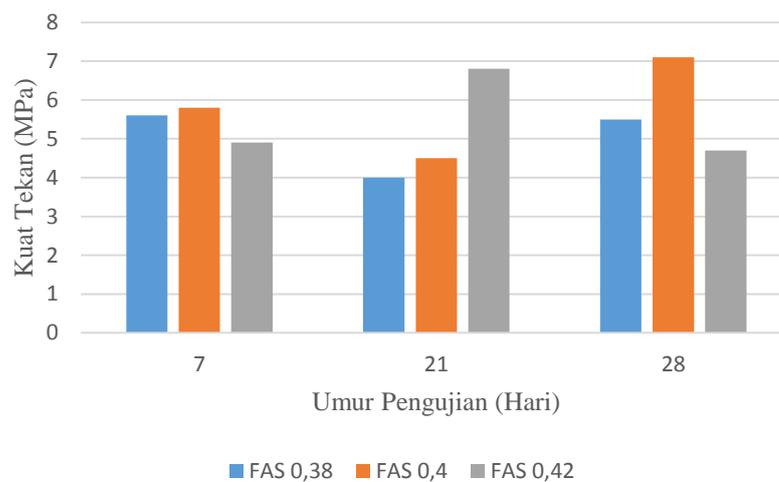
Tabel 2.7 Pengujian porositas (Pratomo, dkk, 2016)

Kode Benda Uji	Diameter (cm)	Tebal (cm)	Berat (gram)	Densitas (gr/cm^2)	SG Mix (gr/cm^3)	Porositas (%)	Rata-rata Densitas (gr/cm^2)	Rata-rata Porositas (%)
A1	10,16	6,50	1152	2,19	2,72	19,52	2,18	19,75
A2	10,16	6,50	1152	2,19	2,72	19,52		
A3	10,16	6,50	1142	2,17	2,72	20,22		
B1	10,16	6,50	1208	2,29	2,72	15,61	2,20	19,01
B2	10,16	6,50	1120	2,13	2,72	21,76		

Tabel 2.7 Pengujian porositas , lanjutan (Pratomo, dkk, 2016)

Kode Benda Uji	Diameter (cm)	Tebal (cm)	Berat (gram)	Densitas (gr/cm^2)	SG Mix (gr/cm^3)	Porositas (%)	Rata-rata Densitas (gr/cm^2)	Rata-rata Porositas (%)
C1	10,16	6,50	1192	2,26	2,72	16,73	2,21	18,52
C2	10,16	6,50	1156	2,19	2,72	19,24		
C3	10,16	6,50	1151	2,18	2,72	19,59		
D1	10,16	6,50	1141	2,17	2,72	20,29	2,18	19,89
D2	10,16	6,50	1136	2,16	2,72	20,64		
D3	10,16	6,50	1163	2,21	2,72	18,75		

Ricardo dan Susilowati (2013) telah melakukan penelitian tentang “Variasi Faktor Air Semen Terhadap Kekuatan Beton Non Pasir”. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji kuat tekan beton non pasir. Nilai fas yang digunakan pada penelitian ini sebesar 0,38, 0,4, dan 0,42. Perbandingan agregat dengan semen yang digunakan sebesar 4:1. Perhitungan rencana adukan per m^3 pada penelitian ini mengacu pada ACI (2010). Hasil pengujian kuat tekan tertinggi terdapat pada variasi dengan nilai fas 0,4 sebesar 7,1 MPa yang berumur 28 hari. Sementara hasil pengujian kuat tekan terendah terdapat pada variasi fas 0,38 sebesar 4 MPa yang berumur 21 hari. Hasil pengujian kuat tekan beton non pasir secara lengkap akan disajikan pada Gambar 2.3. Berdasarkan Gambar 2.3 belum bisa diambil kesimpulan karena hasil dari kuat tekan dengan variasi nilai fas mendapatkan grafik yang *fluktuatif*.



Gambar 2.3 Hubungan antara umur pengujian dengan kuat tekan beton (Ricardo dan Susilowati, 2013)

Sari, dkk (2013) telah melakukan penelitian “Tinjauan Durabilitas Beton Berpori Sebagai Perkerasan Jalan Yang Ramah Lingkungan”. Penelitian ini menggunakan agregat seragam sehingga ketika dilakukan pengujian agregat yang berdasarkan SK SNI S-36-1990-03 tidak memenuhi syarat MHB (modulus halus butir). Nilai fas yang digunakan pada penelitian ini sebesar 0,3, 0,35 dan 0,4. Penelitian ini menggunakan 2 metode untuk mengetahui nilai porositas, yaitu metode beton normal dan metode VIM (*void in mix*). Hasil dari porositas yang menggunakan metode beton normal sebesar 20,24%-20,81%, sedangkan hasil porositas yang menggunakan metode VIM (*void in mix*) sebesar 23,46%-27,70%. Hasil dari pengujian porositas menggunakan metode normal seperti pada Tabel 2.8 dan pengujian porositas menggunakan metode VIM seperti pada Tabel 2.9.

Tabel 2.8 Pengujian porositas metode beton normal (Sari, dkk, 2013)

30% Pasir	No. Benda Uji	Porositas (%)	Porositas Rata-Rata (%)
FAS 0,3	1	20,37	20,24
	2	19,63	
	3	21,90	
	4	19,05	
FAS 0,35	1	20,35	20,61
	2	20,35	
	3	21,05	
	4	20,69	
FAS 0,4	1	20,87	20,81
	2	19,13	
	3	19,01	
	4	24,22	

Tabel 2.9 Pengujian porositas metode VIM (Sari, dkk, 2013)

30% Pasir	No. Benda Uji	Porositas (%)	Porositas Rata-Rata (%)
FAS 0,30	1	23,71	23,46
	2	22,53	
	3	24,13	
FAS 0,45	1	25,81	25,97
	2	27,14	
	3	24,97	
FAS 0,40	1	28,46	27,70
	2	27,21	
	3	27,42	

Astutik, dkk (2014) telah melakukan penelitian “Kuat Tekan, Porositas Dan Permeabilitas *Pervious Concrete* Dengan Campuran Agregat Limbah Gerabah”. Penelitian ini menggunakan agregat kasar yang berasal dari gerabah dengan ukuran 4,75mm-20mm. Hasil dari pengujian gradasi agregat kasar telah memenuhi syarat yang berdasarkan ASTM C-33. Pada penelitian ini menggunakan 4 variasi agregat kasar dari limbah gerabah. Penelitian ini akan diuji kuat tekan pada umur 7, 14, dan 28 hari. Hasil kuat tekan pada penelitian ini sebesar 1,89 MPa–5,66 MPa. Hasil dari porositas yang di uji menggunakan metode perhitungan vim (*void in mix*) sebesar 29,05%-39,32%. Hasil dari pengujian pada penelitian ini seperti pada Tabel 2.10 mengenai rencana campuran adukan benda uji seperti pada Tabel 2.11 mengenai pengujian porositas dan 2.12 mengenai pengujian kuat tekan, yaitu:

Tabel 2.10 Rencana campuran adukan benda uji (Astutik, dkk, 2014)

% Gerabah	Gerabah	Berat (kg) Kerikil	Semen	Total	Berat kerikil (%)	Berat gerabah (%)	Berat Semen (%)
0	0	0,18	0,05	0,23	79,99	0,00	20,01
44,6	0,045	0,14	0,05	0,23	60,65	19,49	19,86
50,9	0,09	0,09	0,05	0,23	40,73	39,27	20,01
100	0,18	0	0,04	0,22	0,00	80,01	19,99

Tabel 2.11 Pengujian porositas metode VIM (Astutik, dkk, 2014)

No	Variasi	Porositas
1	0%	29,05
2	44,6%	30,33
3	50,9%	31,94
4	100%	39,32

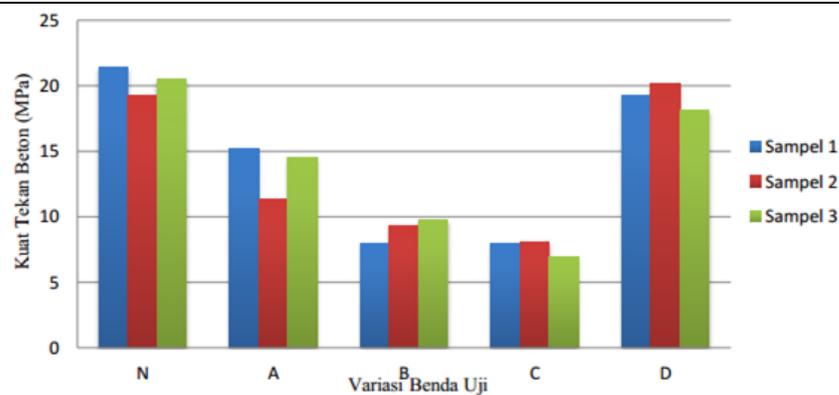
Tabel 2.12 Pengujian kuat tekan beton (Astutik, dkk, 2014)

Variasi	7	14	21	28
0%	4,15	4,62	5,28	5,66
44,6%	2,45	3,21	4,53	5,47
50,9%	2,08	2,74	3,59	3,96
100%	1,89	2,17	2,92	2,92

Zulfikar dan Karolina (2017) telah melakukan penelitian “Kajian Pendahuluan Beton Lolos Air (*Porous Concrete*) Dengan Penambahan *Masterroc HCA10*”. Penelitian ini dilakukan untuk mengkaji mengenai kuat tekan, kuat Tarik belah dan laju infiltrasi. Pada penelitian ini digunakan bahan tambah tipe b yang berupa *Masterroc HCA10* yang berfungsi sebagai *retarder admixture*. Nilai fas yang digunakan sebesar 0,38. Penelitian ini menggunakan 5 variasi yang masing-masing ditambah dengan bahan tambah tipe b sebesar 1,8 liter/m³ dan penambahan pasir yang berbeda-beda. Hasil kuat tekan tertinggi terdapat pada variasi I sebesar 21,4 MPa. Untuk hasil kuat tekan terendah sebesar 6,91 MPa yang terdapat pada variasi IV dengan penambahan pasir sebesar 270 kg/m³. Untuk proporsi per m³ dapat dilihat pada Tabel 2.13 dan hasil dari kuat tekan dapat dilihat pada Gambar 2.4.

Tabel 2.13 Proporsi adukan per m³ (Zulfikar dan Karolina, 2017)

Diskripsi	Pasir (kg)	Air (liter)	Semen (kg)	Kerikil (kg)	<i>Masterroc HCA10</i>
Variasi I (N)	0	121,3	300	1800	1,8
Variasi II (A)	90	121,3	300	1710	1,8
Variasi III (B)	180	121,3	300	1620	1,8
Variasi IV (C)	270	121,3	300	1530	1,8
Variasi V (D)	360	121,3	300	1440	1,8



Gambar 2.4 Hubungan variasi benda uji dengan kuat tekan beton (Zulfikar dan Karolina, 2017)

Ginting (2015) telah melakukan penelitian “Kuat Tekan Dan Porositas Beton Porous Dengan Bahan Pengisi Styrofoam”. Pada penelitian ini menggunakan perbandingan antara agregat dengan semen sebesar 3,5:1, 4:1, 4,5:1, 5:1 dan menggunakan nilai fas sebesar 0,25 dan 0,3. Perancangan *mix design* pada penelitian ini berdasarkan ACI (2010) dan menggunakan bahan tambah *SikaCim*

Concrete Additive. Selain menggunakan *chemical admixture*, penelitian ini juga ditambahkan bahan pengisi *styrofoam* sebesar 3,4 kg/m³. pada penelitian ini akan membuat 24 benda uji dengan bentuk silinder yang berukuran 15cmx 30cm. Hasil dari kuat tekan sebesar 8,11 MPa s/d 14,97 MPa. Hasil dari pengujian pada penelitian ini seperti pada Tabel 2.14 mengenai rencana adukan benda uji seperti pada Tabel 2.15 mengenai pengujian kuat tekan. Berdasarkan Tabel 2.15 terlihat bahwa kuat tekan beton menurun seiring dengan penambahan rasio agregat dengan semen.

Tabel 2.14 Rencana campuran adukan benda uji (Ginting, 2015)

No	Rasio Agregat / Semen	Semen (kg)	Agregat kasar (kg)	SikaCim Concrete Additive (liter)	FAS	Air (Ltr)	Styrofoam (kg)	Benda Uji (buah)
1		419	1466	3,14	0,25	105	3,4	3
2	3,5				0,30	126	3,4	3
3		366	1466	2,75	0,25	92	3,4	3
4	4,0				0,30	110	3,4	3
5		326	1466	2,44	0,25	81	3,4	3
6	4,5				0,30	98	3,4	3
7		293	1466	2,20	0,25	73	3,4	3
8	5,0				0,30	88	3,4	3
Jumlah								24

Tabel 2.15 Pengujian kuat tekan beton umur 28 hari (Ginting, 2015)

No. Urut	Perbandingan Agregat / Semen	FAS	Kuat Tekan Rata-Rata (MPa)
1	3,5	0,25	8,87
2		0,30	14,97
3	4	0,25	8,13
4		0,30	11,13
5	4,5	0,25	7,76
6		0,30	10,25
7	5	0,25	7,37
8		0,30	8,11

2.1.3. Perbedaan Penelitian Terdahulu dengan Sekarang

Terdapat perbedaan antara penelitian terdahulu dengan yang sekarang terkait beton non pasir (*no fines concrete*) pada variasi campurannya seperti pada Tabel 2.16 yang meliputi hal-hal berikut ini.

Tabel 2.16 Perbedaan penelitian terdahulu dengan yang sekarang dilakukan

No	Penelitian	Perbedaan Campuran yang digunakan pada Penelitian	
		Terdahulu	Sekarang
1	Astutik (2014)	Kuat tekan, porositas dan permeabilitas <i>pervious concrete</i> dengan campuran agregat yang berasal dari limbah gerabah dan ukuran gradasi menerus (4,75 mm s/d 40 mm)	Pengaruh penambahan <i>superplasticizer</i> terhadap kuat tekan dan porositas pada beton non pasir dengan menggunakan agregat kasar dari Clereng, Kulon Progo ukuran 1 cm s/d 2 cm
2	Ricardo dan Susilowati (2013)	Variasi faktor air semen terhadap kekuatan beton non pasir dengan menggunakan variasi fas sebesar 0,38, 0,4, 0,42 dan w/c sebesar 4:1.	Pengaruh penambahan <i>superplasticizer</i> terhadap kuat tekan dan porositas pada beton non pasir dengan menggunakan perbandingan w/c sebesar 5:1 dan fas sebesar 0,35.
3	Adi (2013)	Kajian jenis agregat dan proporsi campuran terhadap kuat tekan dan daya tembus beton <i>porous</i> dengan menggunakan fas 0,4 dan 0,5. Perbandingan w/c 4,4:1, 4,9:1, 5,8:1 dan agregat yang berasal dari Merapi dan Clereng.	Pengaruh penambahan <i>superplasticizer</i> terhadap kuat tekan dan porositas pada beton non pasir dengan menggunakan perbandingan w/c sebesar 5:1 dan fas sebesar 0,35. Bahan tambah yang digunakan <i>Sika Viscocrete 1003</i> sebesar 0%, 0,5%, 1% dan 1,5% dan agregat dari Clereng, Kulon Progo ukuran 1 cm s/d 2 cm
4	Ginting (2015)	Pengaruh rasio agregat semen terhadap kuat tekan beton dan porositas beton <i>porous</i> dengan perbandingan w/c sebesar 3,5:1, 4:1, 4,5:1 dan 5:1. Fas yang digunakan 0,25 dan 0,3 dengan bahan tambah SikaCim Concrete Aditive	Pengaruh penambahan <i>superplasticizer</i> terhadap kuat tekan dan porositas pada beton non pasir dengan menggunakan perbandingan w/c sebesar 5:1 dan fas sebesar 0,35. Bahan tambah yang digunakan <i>Sika Viscocrete 1003</i> sebesar 0%, 0,5%, 1% dan 1,5%.

Tabel 2.16 Perbedaan penelitian terdahulu dengan yang sekarang dilakukan
(Lanjutan)

No	Penelitian	Perbedaan Campuran yang digunakan pada Penelitian	
		Terdahulu	Sekarang
5	Trisnoyuwono, dkk (2009)	Beton non pasir dengan agregat dari batu alam (batu ape) Sungai Lua Kabupaten Kepulauan Talaud Sulawesi Utara dengan menggunakan variasi w/c sebesar 4:1, 6:1, 8:1, 10:1, 12:1 dan agregat kasar menggunakan batu Ape	Pengaruh penambahan <i>superplasticizer</i> terhadap kuat tekan dan porositas pada beton non pasir dengan menggunakan perbandingan w/c sebesar 5:1 dan fas sebesar 0,35. Bahan tambah yang digunakan <i>Sika Viscocrete</i> 1003 sebesar 0%, 0,5%, 1% dan 1,5% dan agregat dari Clereng, Kulon Progo ukuran 1 cm s/d 2 cm
6	Sari, dkk (2013)	Tinjauan durabilitas beton berpori sebagai perkerasan jalan yang ramah lingkungan dengan menggunakan variasi fas 0,3, 0,35 dan 0,4.	Pengaruh penambahan <i>superplasticizer</i> terhadap kuat tekan dan porositas pada beton non pasir dengan menggunakan perbandingan w/c sebesar 5:1 dan fas sebesar 0,35.
7	Pratomo, dkk (2015)	Pengaruh gradasi terhadap porositas dan kuat tekan beton berpori dengan menggunakan ukuran gradasi seragam dan fas 0,45	Pengaruh penambahan <i>superplasticizer</i> terhadap kuat tekan dan porositas pada beton non pasir dengan menggunakan perbandingan w/c sebesar 5:1 dan fas sebesar 0,35.
8	Zulfikar dan Karolina (2017)	Kajian pendahuluan beton lolos air (<i>porous concrete</i>) dengan penambahan <i>masterroc hca10</i> dan menggunakan fas 0,38. Penelitian ini menggunakan variasi pasir 0 kg/m ³ , 90 kg/m ³ , 180 kg/m ³ , 270 kg/m ³ dan 360 kg/m ³	Pengaruh penambahan <i>superplasticizer</i> terhadap kuat tekan dan porositas pada beton non pasir dengan menggunakan perbandingan w/c sebesar 5:1 dan fas sebesar 0,35. Bahan tambah yang digunakan <i>Sika Viscocrete</i> 1003 sebesar 0%, 0,5%, 1% dan 1,5% dan agregat dari Clereng, Kulon Progo ukuran 1 cm s/d 2 cm

Pada penelitian ini akan meneliti mengenai porositas dan kuat tekan beton. Perbedaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya terdapat pada ukuran agregat, fas yang digunakan, perbandingan agregat dengan semen (w/c) dan bahan

tambah yang digunakan. Pada penelitian ini akan menggunakan yang berukuran agregat 1cm s/d 2cm dengan nilai fas 0,35 dan perbandingan agregat/semen (w/c) sebesar 5:1. Penelitian ini akan menggunakan variasi *superplasticizer* sebesar 0%, 0,5%, 1% dan 1,5%. *Superplasticizer* ini termasuk bahan *additive* tipe f sebagai *water reducing* yang berfungsi untuk mengurangi air dan menambah *workability* pada proses pengerjaan beton. *superplasticizer* yang digunakan adalah Sika *Viscocrete 1003* dengan berbagai variasi penambahannya. Dengan demikian penelitian ini dijamin keasliannya.

2.2. Landasan Teori

Beton normal adalah suatu campuran yang terbuat dari agregat kasar, agregat halus, semen *Portland* dan air dengan bahan tambah maupun tidak dalam perbandingan tertentu sesuai dengan kebutuhan yang telah direncanakan (Nugroho dan Antoni, 2007). Adapun beton non pasir (*no fines concrete*) adalah campuran beton yang tidak menggunakan agregat halus (pasir). Dengan tidak adanya agregat halus maka beton menjadi berongga dan mengalami penurunan kekuatan yang masih bisa diperhitungkan. Apabila beton berongga maka berat beton menjadi ringan sehingga termasuk dalam beton ringan (Harber, 2005).

Selain itu, beton non pasir (*no fines concrete*) segar dibentuk dengan cara mencampurkan agregat kasar, semen *portland* dan air, kemudian di tuang dalam cetakan dan dipadatkan dengan rata. Beton ini bersifat plastis karena masih mudah dibentuk dan akan mengeras seiring dengan berjalannya waktu. Beton yang mudah diaduk, diangkut, mudah dipadatkan, tidak mengalami *segregasi* (pemisahan agregat) maupun *bleeding* (pemisahan semen dan air pada adukan) adalah beton non pasir (*no fines concrete*) segar yang baik. Pengerasan pada beton terjadi karena adanya reaksi kimia antara semen *Portland* dengan air (Hidrasi). Faktor penentu baik tidaknya beton adalah dari pemilihan material dan faktor air semen nya. Suatu beton dikatakan baik apabila, awet, kuat, tahan korosi dan perubahan volume atau kembang susut yang kecil.

2.2.1. Kelebihan dan Kelemahan Beton Non Pasir (*No Fines Concrete*)

Menurut (Fatharoni, dkk, 2015) kelebihan beton non pasir (*no fines concrete*) dibanding dengan beton normal meliputi hal-hal berikut ini.

1. *Low shrinkage*, beton non pasir mengalami penyusutan yang cukup kecil, sehingga dimensi dari beton tersebut tidak mengalami perubahan yang signifikan.
2. *Light weight*, beton non pasir memiliki rongga yang cukup besar sehingga membuat beratnya ringan.
3. *Reduce cement demand*, dengan tidak adanya agregat pasir, maka kebutuhan semen sedikit.
4. *Simple*, cara pembuatannya cukup mudah dan sederhana.
5. *Environment Friendly*, dengan adanya rongga yang cukup besar, maka beton non pasir mudah meloloskan air sehingga cocok digunakan sebagai sumur resapan dan perkerasan jalan yang rawan banjir.

Kelemahan beton non pasir (*no fines concrete*) dibanding beton normal meliputi hal-hal berikut ini.

1. Beton non pasir mudah mengalami korosi sehingga tidak disarankan menggunakan tulangan baja.
2. Beton non pasir memiliki berat yang ringan sehingga kuat tekannya ringan dan penggunaannya terbatas.
3. Beton mempunyai sifat yang getas jadi harus ada kombinasi material agar menjadi kuat.
4. Perlu pengontrolan nilai fas yang tepat agar mendapatkan beton yang sesuai dengan yang telah direncanakan.
5. Kurangnya acuan dalam perencanaan desain beton non pasir di Indonesia.

2.2.2. Bahan Penyusun Beton

Salah satu parameter yang menentukan baik tidaknya beton dapat dilihat dari pemilihan materialnya. Material yang baik adalah yang memenuhi standar yang telah di syaratkan. Untuk mengetahui suatu material sesuai syarat maupun tidak dapat dilakukan pengujian material sebelum pembuatan beton segar sesuai dengan standar yang akan digunakan oleh perencana. Penyusun beton sendiri terdiri dari semen *portland*, agregat kasar, agregat halus dengan bahan tambah maupun tidak.

1. Semen *Portland*

Portland Cement (PC) adalah bahan pengikat yang akan bereaksi jika dicampur dengan air kemudian menjadi pasta semen dan seiring berjalan nya waktu

akan mengeras. Pertama kali semen *portland* di temukan di pulau *Portland* oleh seorang tukang batu yang berasal dari Inggris tahun 1824 yang bernama Joseph Aspdin.

Menurut (Neville dan Brooks, 1987) semen terdiri dari 4 bahan dasar yaitu, C_3S (*trikalsium silikat*), C_2S (*dikalsium silikat*), C_3A (*trikalsium aluminat*), dan C_4AF (*tetrakalsium aluminoforit*). Selain 4 bahan dasar tersebut, ada beberapa bahan yang kandungannya sedikit, contohnya: MgO , Fe_2O_3 , TiO_2 , K_2O , Na_2O .

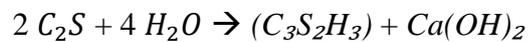
Bahan yang menempati proporsi terbanyak dari semen adalah C_2S dan C_3S . Kedua bahan tersebut menempati 70%-80% dari semen. Jika semen bereaksi dengan air maka air terhidrasi dan menghasilkan panas kemudian mengeras, apabila kandungan C_2S lebih banyak maka semen akan lebih lambat mengeras namun menahan efek kimia lebih baik dan memberikan kekuatan akhir yang tinggi, sedangkan apabila kandungan C_3S lebih banyak maka semen akan lebih cepat mengeras dan memberikan kekuatan awal beton yang tinggi.

C_3A memberikan efek kekuatan setelah 24 jam dan sangat reaktif dengan air sehingga menambah panas pada semen, namun kandungan dari bahan tersebut sedikit maka tidak terlalu besar pengaruhnya terhadap semen. Bahan ini tidak tahan terhadap H_2SO_4 (*asam sulfat*) jika kandungannya $> 10\%$, namun apabila jumlahnya $\leq 5\%$ bisa tahan terhadap H_2SO_4 (*asam sulfat*). Bahan C_4AF tidak memberikan efek yang besar terhadap semen. Berdasarkan sifat fisis pada semen sebagai berikut.

- a. Kehalusan butir (*fineness*) : semakin kecil butir – butir semen maka semakin cepat proses hidrasi sehingga semen akan cepat mengeras dan mengurangi *bleeding*.
- b. Waktu ikat (*setting time*): waktu yang dibutuhkan untuk pencampuran semen dengan air menjadi bubur plastis hingga kehilangan keplastisannya disebut waktu ikat awal. Waktu ikat awal yang diperlukan > 60 menit. Sedangkan waktu dari pasta semen sampai menjadi keras disebut waktu ikat akhir. Waktu yang diperlukan > 480 menit.
- c. Panas hidrasi: terjadi akibat alumina dan silika yang bereaksi dengan air dan menghasilkan panas pada beton. Suhu sangat berpengaruh terhadap reaksi hidrasi.

- d. Akibat dari hidrasi yang cepat maka beton rentan menyusut dan mengalami retak – retak.

Hidrasi semen dapat terjadi apabila semen bertemu dengan air sehingga menghasilkan reaksi yang dinamakan hidrasi semen. Reaksi hidrasi menyebabkan perbedaan suhu pada beton yaitu suhu bagian luar cepat turun dan yang bagian masih panas. Reaksi ini berlangsung sangat lambat dan semakin lama akan semakin kuat karena telah banyak yang terhidrasi. Proses hidrasi yang terjadi pada semen sangat banyak dan lengkap, namun tidak semua reaksi bisa diketahui. Reaksi yang terjadi pada C_2S dan C_3S meliputi hal-hal berikut ini.



$C_3S_2H_3$ dinamakan *Tobermorite* adalah hasil utama dari proses reaksi ini yang dominan berbentuk gel dan sebagian berbentuk kristal. Selain menghasilkan *Tobermorite* reaksi ini juga menghasilkan $Ca(OH)_2$ atau zat kapur yang memberikan efek melemahkan beton karena dapat bereaksi dengan unsur lain seperti sulfat sehingga akan menyebabkan korosi pada beton.

Jenis – jenis semen *portland* yang digunakan di indonesia berdasarkan ASTM (2006) terdiri dari 5 jenis meliputi hal-hal berikut ini.

- Jenis I adalah semen *portland* yang dirancang tidak membutuhkan persyaratan khusus dan umum digunakan.
- Jenis II adalah semen *portland* yang di rancang agar tahan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang.
- Jenis III adalah semen *portland* yang di rancang agar menghasilkan kekuatan awal yang tinggi.
- Jenis IV adalah semen *portland* yang dirancang agar menghasilkan panas hidrasi rendah.
- Jenis V adalah semen *portland* yang dirancang harus bisa tahan terhadap sulfat.

Perbedaan kandungan zat kimia yang terdapat pada masing–masing jenis semen dapat dilihat pada Tabel 2.17.

Tabel 2.17 Kandungan zat kimia tiap jenis semen (BSN, 2004)

Jenis Semen	Kandungan Kimia						
	C_3S	C_2S	C_3A	C_4AF	$CaSO_4$	CaO	MgO
Jenis I	49	25	12	8	2,9	0,8	2,4
Jenis II	46	29	6	12	2,8	0,6	3
Jenis III	56	15	12	8	3,9	1,4	2,6
Jenis IV	30	46	5	13	2,9	0,3	2,7
Jenis V	43	36	4	12	2,7	0,4	1,6

Pada penelitian ini menggunakan jenis semen *portland pozzolan* (PPC) tipe 1 dengan *Merk* Semen Gresik. Semen *portland pozzolan* adalah campuran semen yang mengisi 15% - 40% dari berat total semen. Bahan yang terkandung dalam pozzolan adalah *silika*, *alumina* dan *ferum* ($SiO_2 + Al_2O_3 + F_2O_3$).

Bahan *pozzolan* akan menghasilkan senyawa seperti semen yang berfungsi sebagai pengikat apabila bereaksi dengan kalsium, namun apabila tidak ada tambahan kalsium bahan *pozzolan* tidak dapat berfungsi sebagai bahan pengikat. Hasil dari *pozzolan* adalah panas hidrasi yang lebih rendah daripada PC dan tahan terhadap sulfat, namun mempunyai kecepatan pertambahan kuat yang rendah. Biasanya PPC digunakan untuk beton dengan mutu yang tinggi.

2. Agregat

Menurut (Tjokrodimuljo, 2007) agregat merupakan bahan pengisi dari campuran beton yang berasal dari mineral alami. Agregat menempati ruang paling besar yaitu sekitar 70% dari volume total beton. Pemilihan agregat sangat penting karena karakteristik, bentuk dan dimensinya sangat mempengaruhi kekuatan beton. Berdasarkan BSN (2002) agregat adalah suatu bahan yang berupa pasir, kerikil, batu pecah/split, kerak tungku pijar yang dicampur dengan bahan ikat untuk membentuk adukan semen hidraulik atau beton.

Agregat terdiri dari 2 jenis yaitu agregat kasar dan halus, yang membedakan kedua jenis agregat ini adalah ukurannya. Apabila agregat kasar ukurannya antara 5 mm – 40 mm, sedangkan agregat halus ukuran terbesarnya adalah 5mm. Berdasarkan ACI (2010) ukuran agregat yang digunakan untuk beton non pasir adalah diantara 9,5 mm – 19 mm. Untuk mendapatkan agregat yang baik, maka perlu dilakukan pemilihan agregat dan melakukan pengujian sesuai dengan acuan yang dipakai.

Berdasarkan BSN (2002) suatu agregat kasar/ split harus memenuhi syarat sebagai berikut ini.

- a. Bentuk agregatnya berbutir keras dan tidak berpori. Kekerasan dan keausan butir – butir agregat dapat diketahui dari pengujian menggunakan alat uji keausan *Los Angles*. Syarat yang harus dipenuhi untuk pengujian keausan dapat dilihat pada Tabel 2.18.

Tabel 2.18 Syarat keausan agregat kasar untuk beton (BSN, 2002)

Kekuatan Beton	Bejana <i>Rudeloff</i> Maksimum bagian yang hancur, menembus ayakan 2 mm (persen)		Mesin <i>Los Angles</i> Maksimum bagian yang hancur, menembus ayakan 1,7 mm (persen)
	Ukuran butir		
	19 - 30 mm	9,6 - 19 mm	
Kelas I ≤ 10 Mpa	30	32	50
Kelas II 10 - 20 Mpa	22	24	40
Kelas III > 20 Mpa	14	16	27

- b. Apabila bentuk agregat pipih dan panjang dapat digunakan jika jumlahnya kurang dari 20% dari jumlah total agregat.
- c. Agregat kasar/split harus memiliki sifat yang kekal, yaitu tidak mudah pecah oleh pengaruh dari cuaca.
- d. Untuk menguji bahwa agregat tersebut memiliki sifat yang kekal dapat dilakukan pengujian sebagai berikut ini.
 - 1) Apabila yang digunakan untuk pengujian adalah Natrium Sulfat, maka jumlah agregat yang hancur maksimum 12%.
 - 2) Apabila yang digunakan untuk pengujian adalah Magnesium Sulfat, maka jumlah agregat yang hancur maksimum 10%.
 - 3) Tidak boleh ada unsur tambahan yang dapat merusak beton, seperti unsur yang dapat bereaksi dengan alkali.
- e. Kandungan lumpur yang terkandung dalam agregat tidak boleh lebih dari 1%. Apabila lebih dari 1% maka agregatnya dicuci terlebih dahulu.
- f. Terdiri dari butiran yang beraneka ragam (menerus) atau bergradasi yang baik. Jika agregat kasar diayak menggunakan alat *shaker* maka nilai modulus halus

butir (MHB) antara 6 -7,10 dan agregat diharuskan agar memenuhi kriteria sebagai berikut ini.

- 1) Tidak boleh ada agregat yang tersisa diatas 38mm.
- 2) Agregat yang terdapat pada ayakan yang berdiameter 4,8mm, harus berkisar antara 90-98%.
- 3) Selisih yang tersisa antara masing – masing ayakan yang saling berurutan sebesar maksimal 60% dan minimal 10% dari beratnya.

3. Air

Air adalah suatu bahan penyusun beton yang berfungsi sebagai bahan yang bereaksi dengan semen dan sebagai pelumas agregat sehingga beton segar menjadi mudah dikerjakan dan dipadatkan. Pada beton non pasir (*no fines concrete*) jumlah air yang dibutuhkan pada beton tergantung nilai fas yang digunakan. Berdasarkan ACI (2010) semakin kecil nilai fas nya maka kebutuhan air akan semakin sedikit, *workability* nya akan semakin menurun, namun kekuatan beton akan meningkat. Sedangkan apabila nilai fasnya besar, maka kebutuhan air akan lebih besar, *workability* nya akan semakin bagus, namun kekuatannya berkurang. Nilai fas yang di syaratkan pada ACI (2010) diantara 0,26 – 0,45.

Berdasarkan (BSN, 2002) air yang dapat digunakan adalah air yang bersih dan bebas dari bahan yang bisa merusak beton seperti bebas dari oli, alkali, garam, organik, asam. Air yang bersih adalah air yang tidak berbau, tidak berwarna, dan tidak berasa.

4. Bahan Tambah

Menurut (Nawy, 1996) bahan tambahan adalah suatu bahan yang ditambahkan selama pencampuran maupun setelah pencampuran. Bahan yang ditambahkan selain agregat, air, dan semen yang berfungsi untuk mengubah sifat-sifat beton agar bisa dikerjakan dengan lebih baik. Berdasarkan (BSN, 1991) bahan tambahan adalah suatu bahan yang ditambahkan ke dalam campuran beton pada proses pengadukan, maupun setelah mengeras dengan jumlah tertentu untuk mngubah satu maupun beberapa sifat fisisnya. Bahan tambah ini berupa cairan dan bubuk.

Bahan tambah ini memiliki jenis memiliki jenis yang berbeda sesuai dengan bahan dasar pembuatnya dan fungsi dari setiap jenis bahan tambah. Menurut

(Tjokrodinuljo, 2007) bahan tambah dapat dibedakan menjadi 3 yaitu bahan tambah zat kimia (*chemical admixture*), bahan tambah *pozzolan* (yang memiliki sifat seperti semen), bahan tambah serat (*fiibe*). Bahan tambah zat kimia (*chemical admixture*) adalah bahan tambah yang terbuat dari bahan kimia berupa cairan maupun bubuk. Berdasarkan BSN (1991) bahan tambah zat kimia (*chemical admixture*) terdiri dari beberapa tipe, diantaranya sebagai berikut ini.

- a. Tipe A adalah bahan tambah yang berfungsi untuk mengurangi jumlah air (*water reducing*) agar beton yang dihasilkan sesuai dengan konsistensi yang telah direncanakan.
- b. Tipe B adalah bahan tambah yang berfungsi untuk memperlambat waktu pengikatan pada beton.
- c. Tipe C adalah bahan tambah yang berfungsi agar menambah kekuatan awal pada beton dan untuk mempercepat pengikatan pada beton.
- d. Tipe D adalah bahan tambah yang berfungsi untuk memperlambat waktu pengikatan pada beton dan mampu mengurangi campuran agar beton sesuai dengan konsistensi yang telah direncanakan.
- e. Tipe E adalah bahan tambah yang berfungsi sebagai penambah kuat tekan awal pada beton, mengurangi campuran air pada beton, dan mempercepat waktu pengikatan pada beton.
- f. Tipe F adalah bahan tambah yang berfungsi untuk mengurangi air pada campuran beton sebesar 12% atau lebih agar dihasilkan beton yang sesuai dengan konsistensi yang telah direncanakan.
- g. Tipe G adalah bahan tambah yang berfungsi untuk mengurangi air pada campuran beton sebesar 12% atau lebih dan untuk memperlambat waktu pengikatan pada beton.

Pada penelitian ini menggunakan jenis bahan tambah *Sika Viscocrete 1003* yang berfungsi sebagai penambah kekuatan awal pada beton dan dapat mengurangi air. zat aditif ini termasuk dalam kategori *superplasticizer* karena mampu mengurangi air dalam jumlah yang tinggi yaitu mampu mencapai 30% dari volume total air, sehingga *workability* akan meningkat.

Selain menambah *workability* dan mengurangi air, bahan tambah ini juga berfungsi untuk mengurangi terjadinya *bleeding* (pemisahan semen dengan air) dan

segregasi (pemisahan agregat), dapat memperbaiki penyusutan, dan meningkatkan ketahanan karbonasi.

2.2.3. Pengujian Agregat Kasar

1. Pengujian Kadar Air

Berdasarkan BSN (1990) pengujian kadar air adalah perbandingan berat air terhadap berat benda uji yang telah kering. Tujuan dari pengujian ini untuk mengetahui kandungan air pada suatu agregat. Hasil dari pengujian kadar air ini berupa persentase. Manfaat dari pengujian ini sebagai pengontrol mutu beton dalam perencanaan pencampuran *mix design* dan pengontrol mutu yang digunakan untuk perkerasan jalan.

Berdasarkan BSN (1990) untuk menghitung kadar air dapat digunakan Persamaan 2.1.

$$\text{Kadar air agregat} = \frac{W_{air}}{W_k} \times 100\% \dots\dots\dots (2.1)$$

dengan,

W_{air} = volume air (liter)

W_k = berat benda uji kering (kg)

2. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air

Berdasarkan BSN (2008) berat jenis adalah perbandingan berat satuan dari suatu bahan terhadap berat volume air pada suhu tertentu. Berat jenis suatu agregat sangat penting untuk diketahui. Berat jenis ini berguna dalam perencanaan beton. selain itu, fungsi dari berat jenis adalah untuk mengetahui jenis dari suatu agregat. Tujuan dari pengujian ini adalah sebagai berikut:

- a. Untuk mengetahui nilai dari berat jenis curah (*bulk specific gravity SSD*), merupakan perbandingan antara berat agregat pada kondisi kering permukaan jenuh terhadap berat total volume agregat.
- b. Untuk mengetahui nilai berat jenis curah kering (*bulk specific gravity*), merupakan perbandingan antara berat agregat pada kondisi kering oven terhadap berat total volume agregat.
- c. Untuk mengetahui nilai berat jenis semu (*apparent specific gravity*) merupakan, perbandingan antara berat agregat pada kondisi kering oven terhadap volume total agregat.

- d. Untuk mengetahui nilai penyerapan air (*absorpsi*), merupakan perbandingan antara berat air dengan berat agregat pada kondisi kering oven.

Berdasarkan BSN (2008) perhitungan berat jenis dapat diketahui dengan menggunakan Persamaan 2.2, Persamaan 2.3, Persamaan 2.4 dan Persamaan 2.5.

$$\text{Berat jenis curah (SSD)} = \frac{B}{B-C} \dots\dots\dots (2.2)$$

$$\text{Berat jenis curah} = \frac{A}{B-C} \dots\dots\dots (2.3)$$

$$\text{Berat jenis semu} = \frac{A}{A-C} \dots\dots\dots (2.4)$$

$$\text{Penyerapan air} = \frac{B-A}{A} \times 100\% \dots\dots\dots (2.5)$$

dengan,

A = berat benda uji kondisi kering oven (gram)

B = berat benda uji kondisi jenuh air permukaan di udara (gram)

C = berat benda uji kondisi di dalam air (gram)

3. Pengujian Berat Satuan

Berat satuan adalah perbandingan antara total berat isi benda uji terhadap volume cetakan benda uji. Pada beton non pasir (*no fines concrete*) berat satuan ini digunakan untuk perencanaan campuran beton. Setiap kerikil memiliki berat satuan yang berbeda, tergantung jenis kerikilnya. Berat satuan kerikil berkisar antara 1300 kg/m³ - 1600 kg/m³.

Perhitungan berat satuan pada kerikil/split dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.6.

$$\text{Berat satuan} = \frac{B}{V} \dots\dots\dots (2.6)$$

dengan,

B = berat isi (kg)

V = volume (m³)

4. Pengujian Keausan

Keausan agregat adalah perbandingan antara berat sisa dari benda uji setelah mengalami pengujian dengan menggunakan mesin abrasi *Los Angeles* terhadap berat total benda uji. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui ketahanan suatu agregat terhadap beban dan cuaca. Ketahanan suatu agregat sangatlah penting karena agregat akan mengisi 90-98% dari total volume beton.

Berdasarkan BSN (2008) perhitungan keausan agregat dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.7.

$$\text{Keausan} = \frac{A-B}{A} \times 100\% \dots\dots\dots (2.7)$$

dengan,

A = berat benda uji awal (gram)

B = berat benda uji yang tertahan pada ayakan nomor 12 (1,7mm) (gram)

2.2.4. Perencanaan Adukan Beton Non Pasir

Perencanaan adukan beton berfungsi untuk mengetahui jumlah kebutuhan campuran beton secara total. Jumlah dari adukan ini dipengaruhi oleh mutu beton yang akan direncanakan. Mutu beton yang direncanakan dapat memperhatikan beberapa hal, seperti aplikasi dari beton itu sendiri, *workability* yang baik, dan ekonomis. Untuk perencanaan adukan beton non pasir (*no fines concrete*) mengacu pada ACI (2010).

Langkah – langkah dalam perencanaan adukan beton non pasir (*no fines concrete*) berdasarkan ACI (2010) sebagai berikut ini.

1. Menentukan nilai fas yang akan digunakan. Nilai fas yang dapat digunakan antara 0,26–0,45. Semakin besar nilai fas maka kekuatan beton akan semakin rendah, namun apabila semakin kecil nilai fas maka kekuatan beton akan semakin tinggi. Nilai kuat tekan beton pada beton non pasir diantara 2,8MPa s/d 28MPa.
2. Menentukan perbandingan agregat dengan semen. Perbandingan agregat dengan semen yang biasa digunakan antara 4:1 – 10:1.
3. Menghitung jumlah kebutuhan masing – masing material dengan menggunakan Persamaan 2.8, Persamaan 2.9 dan Persamaan 2.10.

$$W_s = \frac{\text{perbandingan semen}}{\text{jumlah perbandingan total}} \times W_{ss} \dots\dots\dots (2.8)$$

$$W_k = \frac{\text{perbandingan agregat}}{\text{jumlah perbandingan total}} \times W_{sk} \dots\dots\dots (2.9)$$

$$W_a = FAS \times W_s \dots\dots\dots (2.10)$$

dengan,

W_s = berat semen (kg/m^3)

W_k = berat kerikil/split (kg/m^3)

W_a = volume air (liter)

W_{ss} = berat satuan semen (kg/m^3)

W_{sk} = berat satuan kerikil/split (kg/m^3)

FAS = faktor air semen

Dari langkah–langkah diatas dihasilkan rencana campuran adukan beton 1 m^3 .

2.2.5. Pengujian *Slump* Beton

Pengujian *slump* beton dapat dilakukan setelah pencampuran bahan penyusun beton ketika beton masih bersifat plastis. Alat yang digunakan untuk mengukur nilai *slump* adalah kerucut *abrams*. Tujuan dari pengujian *slump* sendiri untuk mengetahui tingkat kelecekan suatu adonan beton. Kelecekan suatu adonan beton berfungsi untuk mengetahui *workability* suatu beton. nilai *slump* pada beton normal berkisar antara 8cm–12cm.

Menurut (Tjokrodimuljo, 2007) kelecekan suatu adonan beton dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya adalah sebagai berikut ini.

1. Volume air yang digunakan pada campuran.
2. Jumlah semen dalam campuran beton.
3. Ukuran gradasi agregat.
4. Ukuran butir terbesar agregat yang digunakan.

Berdasarkan ACI (2010) nilai *slump* pada beton non pasir sebesar 0cm, sehingga *workability*nya jelek. Nilai *slump* yang sangat kecil dipengaruhi oleh nilai fas. Semakin kecil nilai fas maka akan semakin kecil nilai *slump*nya. Sedangkan semakin besar nilai fasnya maka akan semakin besar nilai *slump* nya.

2.2.6. Perawatan Beton

Perawatan beton atau proses *curing* adalah proses terakhir yang dilakukan setelah pengadukan selesai dan adonan beton dituang kedalam cetakan. Proses ini dilakukan agar beton tetap lembab selama proses hidrasi berlangsung, sehingga mutu beton tetap terjaga dengan baik.

Proses hidrasi sendiri berlangsung sangat lama, namun waktu yang dibutuhkan proses hidrasi untuk mencapai kestabilan kurang lebih 28 hari. Dampak buruk apabila proses *curing* tidak dilakukan, maka akan menyebabkan proses hidrasi terlalu cepat, sehingga beton yang bagian luar menjadi retak – retak.

Berdasarkan BSN (2011) proses perawatan beton pada laboratorium meliputi hal-hal berikut ini.

1. Menutup benda uji beton setelah pekerjaan akhir. Proses ini dilakukan agar tidak terjadi penguapan air pada beton yang belum mengeras secara sempurna. Untuk menghindari penguapan air lakukan penutupan pada bagian luar cetakan menggunakan lembaran plastik yang kedap air dan awet, kemudian di atasnya diberi karung goni yang basah. Waktu yang dibutuhkan untuk menutup permukaan benda uji beton pada cetakan kurang lebih 24 jam atau sampai mengeras.
2. Membuka cetakan benda uji beton. Pembukaan benda uji beton dari cetakan nya dapat dilakukan setelah 24jam dari benda uji tersebut dicetak.
3. Lingkungan perawatan. Lingkungan perawatan yang diperlukan benda uji beton adalah dengan cara dirawat basah dengan suhu udara berkisar $23^{\circ}\text{C} \pm 1,7^{\circ}\text{C}$. perawatan basah yang dilakukan adalah dengan cara merendam benda uji beton. Selama 48 jam beton harus terbebas dari getaran.

Berdasarkan ASTM (2006) mensyaratkan lamanya proses *curing* dilihat dari tipe semen yang digunakan, berikut ini adalah:

1. Semen *Portland* tipe 1, proses *curing* yang dilakukan minimal selama 7 hari.
2. Semen *Portland* tipe 2, proses *curing* yang dilakukan minimal selama 10 hari.
3. Semen *Portland* tipe 3, proses *curing* yang dilakukan minimal selama 3 hari.
4. Semen *Portland* tipe 4, proses *curing* yang dilakukan minimal selama 14 hari.

Berdasarkan BSN (2002) mensyaratkan lamanya proses *curing* sebagai berikut:

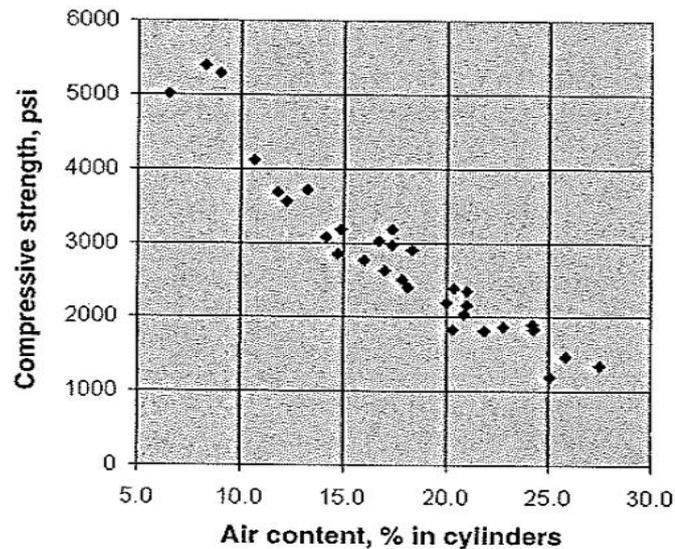
1. Proses *curing* untuk beton normal dilakukan selama 7 hari.
2. Proses *curing* untuk beton dengan kuat tekan awal tinggi dilakukan selama 3 hari.

2.2.7. Pengujian pada Beton

1. Pengujian Porositas Pada Beton

Porositas adalah perbandingan antara berat volume rongga pada benda uji beton terhadap volume total pada benda uji beton. Rongga pada beton ini berupa udara maupun air yang saling berikatan yang disebut kapiler. Dengan meningkatnya volume pori pada beton, maka akan menyebabkan bertambahnya porositasnya,

sehingga akan menurunkan kekuatan beton. Hal ini seperti yang disajikan pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Hubungan rongga udara dengan kuat tekan beton (ACI, 2010)

Porositas terdiri dari 2 jenis yaitu tertutup dan terbuka. Porositas tertutup adalah ketika gelembung udara atau rongga terdapat di dalam beton dan tidak terlihat dari luar. Apabila porositas terbuka adalah gelembung udara atau rongga terlihat dari luar dan air bisa keluar masuk. Hasil dari porositas dalam bentuk persentase. Berdasarkan ACI (2010) porositas yang di ijinakan pada beton non pasir (*no fines concrete*) antara 15% - 25%.

Pada beton non pasir (*no fines concrete*) termasuk dalam jenis porositas terbuka. Menurut (Nur, 2016) rumus porositas dapat menggunakan Persamaan 2.11 dan Persamaan 2.12.

$$V_p = \frac{V_{bu} - V_{po}}{V_{bu}} \times 100\% \dots\dots\dots (2.11)$$

$$V_{po} = \frac{W_w - W_a}{\gamma_w} \dots\dots\dots (2.12)$$

dengan,

V_p = persentase volume porositas (%)

W_w = berat sampel di air (kg)

W_a = berat sampel kering udara (kg)

V_{bu} = volume sampel (liter)

V_{po} = volume porositas (liter)

γ_w = berat jenis air (1 kg/liter)

2. Pengujian Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton adalah perbandingan beban maksimal terhadap luasan. Beban maksimal disebut juga dengan batas ultimate, dimana apabila beban yang diberikan melebihi batas ultimate, maka beton tersebut mengalami keruntuhan. Kuat tekan beton ini dilakukan untuk mengetahui suatu mutu beton. Pada dasarnya pengujian kuat tekan beton dilakukan apabila beton telah mencapai umur 28 hari. Dengan waktu yang cukup lama maka, kuat tekan beton dapat dilakukan pada umur 3, 7, 14, 21 hari, sehingga ada faktor konversi agar kuat tekan beton seperti umur 28hari. Berdasarkan PBI (1971) faktor koreksi kuat tekan beton dapat dilihat pada Tabel 2.19.

Tabel 2.19 Faktor konversi kuat tekan beton (PBI, 1971)

Umur Beton (Hari)	Semen <i>Portland</i> biasa
3	0,4
7	0,65
14	0,88
21	0,95
28	1
90	1,2
365	1,35

Untuk mendapatkan kuat tekan beton dapat menggunakan Persamaan 2.13.

$$f'_c = \frac{P_{max}}{A} \dots \dots \dots (2.13)$$

dengan,

P_{max} = beban maksimal (gram)

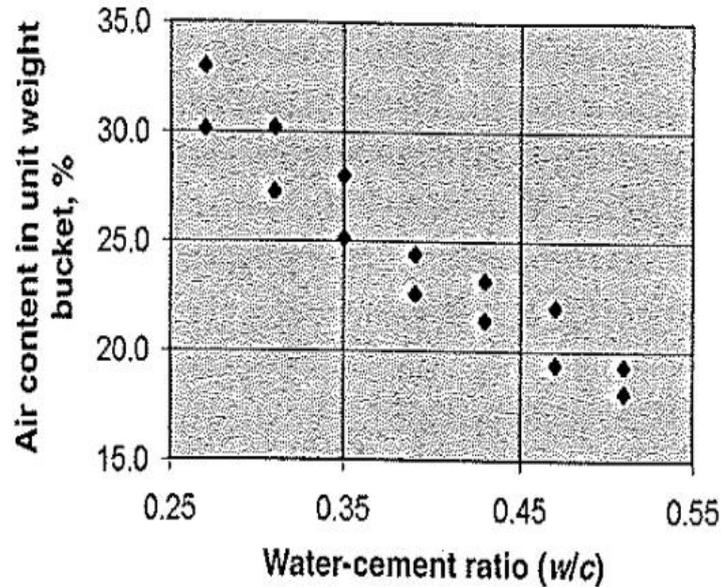
A = luas penampang (cm²)

2.2.8. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kuat Tekan Beton Non Pasir

1. Nilai FAS (Faktor Air Semen)

Nilai fas sangat berpengaruh terhadap kuat tekan beton. Apabila nilai fas terlalu besar maka beton segar akan mengalami segregasi (pemisahan agregat dengan semen) dan *bleeding* (pemisahan agregat dengan air). Namun, apabila nilai

fas terlalu rendah maka proses pengikatan material beton tidak sempurna, sehingga untuk mendapatkan kuat tekan yang maksimal diperlukan nilai fas yang optimal. Hubungan antara fas dengan kuat tekan akan disajikan pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Hubungan antara FAS dengan kuat tekan beton (ACI, 2010)

2. Dimensi dan Jenis Material

Bahan penyusun yang digunakan untuk membuat beton sangat menentukan kuat tekannya. Ukuran agregat yang seragam dengan menerus akan menghasilkan kuat tekan yang berbeda, demikian juga dengan jenis agregat yang digunakan, Tipe semen yang digunakan turut serta berpengaruh terhadap kuat tekan beton.

3. Kepadatan beton

Kepadatan beton juga berpengaruh terhadap kuat tekannya. Beton yang padat akan menghasilkan kuat tekan beton yang lebih besar dibanding dengan beton yang keropos. Untuk menghasilkan kepadatan yang maksimal proses pencampuran adonan beton dan penusukan dilakukan dengan optimal.