

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 PENDAHULUAN

Penelitian yang dilakukan adalah menggunakan campuran beton ($f_c' = 25$ MPa) dengan cacahan limbah *geomembrane (HDPE)* sebagai bahan tambahan. Sedangkan untuk pengujian yang dilakukan adalah kuat tekan dan kuat tarik pada campuran beton normal. Sebelum itu dilakukan pengujian terhadap komponen beton seperti agregat kasar halus terhadap mutu dan kondisi yang sudah ditetapkan menjadi acuan

Setelah diketahui sifat dari agregat kasar dan halus, langkah selanjutnya adalah merancang campuran beton biasa sesuai standar ACI (*American Concrete Institute*). Benda uji yang dibuat adalah silinder berukuran 15 x 30 cm sebanyak 50 buah yang digunakan sebagai kuat tekan beton sejumlah 25 unit dan kuat tarik belah beton sejumlah 25 unit benda uji. Sedangkan proses untuk pengujian agregat, pembuatan benda uji hingga pengujian beton yang dihasilkan mengacu pada standar SNI (Standar Nasional Indonesia).

3.2 PENELITIAN TERHADAP BAHAN BAKU

Dalam penelitian ini, dilakukan pengujian di laboratorium pada agregat halus (pasir beton) dan agregat kasar (batu pecah/kerikil), sedangkan untuk material *Portland Cement (PC)*, cacahan limbah *geomembrane (HDPE)* dan air tersebut tidak dilakukan pengujian. Karakteristik *Portland Cement (PC)* disesuaikan dengan hasil pengujian pabrik, bahan tambahan berupa cacahan limbah *geomembrane (HDPE)* mengacu pada sifat mekanik dan sifik dari *High Density Polyethylene (HDPE)* itu sendiri, sedangkan untuk air yang digunakan adalah sesuai dengan mutu baku air. SNI (Standar Nasional Indonesia) digunakan sebagai standar pengujian yang akan dilakukan.

3.2.1 Bahan Baku Penelitian

1. Portland Cement (PC)
Jenis : Semen/PC type I (Tiga Roda)
2. Agregat Halus
Jenis : Pasir Halus
Asal : Tayan
3. Agregat Kasar
Jenis : Split/Kerikil
Asal : Ciledug
4. Air
Jenis : Air olahan/PAM
5. Bahan Tambah
Jenis : *High Density Polyethylene* (HDPE)
Asal : Hasil cacahan limbah *geomembrane* dengan ukuran maksimal 0,5 x 0,5 cm

3.3 PENGUJIAN AGREGAT

Penelitian ini menggunakan dua macam agregat, yang pertama adalah pecahan batu atau agregat kasar dan yang berupa pasir beton atau agregat halus untuk dijadikan bahan uji pada campuran beton normal. Pengujian dilakukan di laboratorium dengan menggunakan peralatan yang telah terstandarisasi dengan baik. Pengujian juga mengacu pada persyaratan yang harus terpenuhi dalam SNI dan ASTM.

3.3.1 Metode Standar Pengujian Agregat

Pengujian yang dilakukan pada agregat halus dan agregat kasar berdasarkan pada standar SNI dan ASTM sesuai dengan jenis pengujian terhadap agregat yang dilakukan. Dimana pada standar tersebut terdapat pengujian agregat halus dan agregat kasar yang biasa dilakukan, diantaranya :

Tabel 3. 1 Metode Pengujian dan Persyaratan Agregat

No	Pengujian	Standar	Persyaratan	
			Agregat Halus Pasir Tayan	Agregat Kasar Split Ciledug
1	Berat Jenis (SSD)	SNI 03-1970-1990	≥ 2.5	≥ 2.5

2	Penyerapan (%)		≤ 5	≤ 3
3	Kadar Air (%)	SNI 03-1971-1990		
4	Berat Isi (kg/m ³)	ASTM C 29 - 97	≥ 1.3	≥ 1.3
5	Modulus Kehalusan	ASTM C 33 - 03	2.15 - 3.45	-

3.3.2 Jenis Pengujian Agregat

3.3.2.1 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

Pengujian berat jenis bertujuan untuk menghasilkan volume yang akan diisi oleh agregat, karena agregat merupakan faktor pengisi berat jenis beton terbesar sehingga menentukan banyaknya campuran agregat nantinya. Berat jenis selalu digunakan dalam perhitungan perencanaan campuran beton.

Prosedur pengujian sesuai dengan SNI 03-1970-1990, Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus:

Pengujian berat jenis bertujuan untuk menghasilkan volume yang akan diisi oleh agregat, karena agregat merupakan faktor pengisi berat jenis beton terbesar sehingga menentukan banyaknya campuran agregat nantinya. Berat jenis selalu digunakan dalam perhitungan perencanaan campuran beton.

Prosedur pengujian ini mengacu pada SNI 1970 : 2008 mengenai Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus, yaitu:

1. Siapkan 1000 gram agregat halus.
2. Agregat/Benda uji tersebut dikeringkan terlebih dahulu dalam pemanggang dengan suhu $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ sampai beratnya (0,1%) dan dinginkan. Kemudian rendam didalam air selama 24 ± 4 jam.
3. Buang air tanpa adanya butiran yang terlarut, sebarkan agregat di atas nampan sampai merata, kemudian keringkan dengan membalikkan benda uji dan lakukan hingga tercapai keadaan pengeringan permukaan jenuh
4. Kemudian perhatikan keadaan kering permukaan jenuh dengan melakukan hal sebagai berikut:
 - Secara bertahap letakkan dasar kerucut di atas permukaan yang rata dan kedap air
 - Masukkan benda uji yang agak kering ke dalam kerucut.

- Ratakan terlebih dahulu permukaan benda uji pada kerucut dengan menggunakan jari sebelum dipalu.
 - Lakukan 25 kali tumbukan terhadap benda uji di dalam kerucut. Tumbukan dilakukan dengan cara menjatuhkan alat tumbuk pada ketinggian 5mm dari atas permukaan benda yang diuji kemudian menghilangkan butiran yang ada pada permukaan sekitar pangkal kerucut. Angkat kerucut secara vertical, jika:
 - Benda uji yang kering akan hancur
 - Jika benda uji terlalu basah, benda itu menjadi berbentuk kerucut
 - Benda uji pada kondisi jenuh , permukaannya akan runtuh namun masih dalam keadaan tercetak
5. Setelah tercapai keadaan kering permukaan jenuh, masukkan 500 gram benda uji ke dalam piknometer, kemudian tambahkan air suling hingga 90% dari isi piknometer, selama memasukkan air suling, putar piknometer sesekali sambil dikocok hingga tidak ada gelembung udara terlihat di dalamnya. Untuk mempercepat proses dapat menggunakan pompa vakum untuk menghilangkan molekul gas, tetapi jangan sampai ada air atau agregat yang terhisap. Tambahkan air suling hingga mencapai tanda pada piknometer, kemudian timbang piknometer sudah mengandung agregat dan air (*Bt*).
 6. Keluarkan benda uji dari piknometer, kemudian bawa ke dalam hingga bobotnya tersisa, kemudian dinginkan dalam tempat desikator, setelah dingin, timbang bobot benda uji (*Bk*).
 7. Selanjutnya adalah menimbang piknometer yang didalamnya sudah berisi air hingga mencapai tanda batas yang ada pada piknometer (*B*), lalu ukur suhu air tersebut dengan tujuan untuk penyesuaian perhitungan kepada suhu standar (25° C).
 8. Persamaan untuk menghitung penyerapan dari agregat halus serta berat jenis (*specific gravity*):

$$\text{Berat jenis curah agregat} = \frac{Bk}{(B+500-Bt)}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat jenis jenuh kering permukaan agregat} &= \frac{500}{(B+500-Bt)} \\ \text{Berat jenis semu agregat} &= \frac{Bk}{(B+Bk-Bt)} \\ \text{Penyerapan agregat halus} &= \frac{(500-B)}{Bk} \times 100\% \end{aligned}$$

Dimana:

- Bk = berat benda uji kering pemanggang (gram)
 B = berat piknometer di tambah dengan air (gram)
 Bt = berat piknometer di tambah dengan benda uji dan air (gram)
 500 = berat benda uji dengan keadaan kering permukaan jenuh (gram)

3.3.2.2 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar

Volume dalam campuran dan rongga dalam agregat dihitung dari berat jenis semu dan berat jenis curah. Penyerapan agregat digunakan dasar perhitungan perubahan berat karena adanya air yang diserap oleh pori-pori agregat dibandingkan dengan berat agregat kering.

Prosedur pengujian SNI 03-1970-1990, Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar:

1. Siapkan agregat benda uji yang tertahan oleh saringan no. 4 (4,75) mm dari pemisah dengat berat perkiraan 5kg.
2. Bersihkan benda uji dengan air untuk menghilangkan debu atau bahan lain yang menempel di permukaan.
3. Keringkan benda uji dalam pemanggang pada suhu $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ sampai beratnya konstan.
4. Pengeringan tidak perlu diulang bila nilai berat jenis dan penyerapan digunakan dalam pekerjaan beton dengan menggunakan agregat pada kadar air aslinya.
5. Biarkan benda uji diletakkan pada ruangan dengan suhu kamar normal hingga 3 jam, Setelah itu ukur ketelitiannya hingga mencapai 0,5 cm (Bk).
6. Rendam benda uji menggunakan air pada suhu ruang normal selama 24 ± 4 jam. Kemudian keluarkan air dari benda uji, keringkan dengan kain penyerap sampai lapisan air di permukaan hilang, dan keringkan agregat

besar satu per satu. Timbang sampel kering permukaan jenuh (Bj).

7. Tempatkan benda uji di keranjang, kocok agregat untuk menghilangkan udara yang terperangkap, ukur berat air (Ba) dan ukur suhu air untuk menyesuaikan perhitungan dengan suhu standar (25°C).

Perhitungan berat jenis dan penyerapan agregat kasar dihitung dengan persamaan berikut:

$$\text{Berat jenis curah} = \frac{B_k}{(B_j - B_k)}$$

$$\text{Berat jenis jenuh kering permukaan} = \frac{B_j}{(B_j - B_k)}$$

$$\text{Berat jenis semu} = \frac{B_k}{(B_k - B_k)}$$

$$\text{Penyerapan} = \frac{(B_j - B_k)}{B_k} \times 100\%$$

Dimana:

Bk = berat benda uji kering pemanggang (gram)

Bj = berat benda uji kering permukaan jenuh (gram)

Ba = berat benda uji kering permukaan jenuh di dalam air (gram)

3.3.2.3 Pengujian Kadar Air Agregat

Pengujian kadar air pada agregat dilakukan untuk mendapatkan angka prosentase dari kadar air yang terkandung dalam agregat yang merupakan besarnya perbandingan antara berat kandungan air dalam agregat dengan agregat dalam keadaan kering.

Prosedur pengujian SNI 03-1971-1990, Metode Pengujian Kadar Air Agregat:

1. Menimbang berat wadah/talam (W1),
2. Masukkan agregat ke dalam talam kemudian timbang dan catat berat keseluruhannya (W2),
3. Hitunglah berat benda uji tersebut (W3 = W2 – W1),
4. Keringkan benda uji dengan menggunakan pemanas/oven dengan suhu (110 ± 5) °C hingga beratnya tidak berubah,
5. Setelah kering, kemudian timbang dan catat berat benda uji beserta talam

(W4),

6. Hitunglah berat benda uji kering ($W5 = W4 - W1$).
7. Perhitungan dalam pengujian ini adalah :
8. Kadar air agregat = $\frac{W3-W5}{W5} \times 100\%$

Dimana:

W3 = berat benda uji awal (gram)

W5 = berat benda uji kering (gram)

3.3.2.4 Pengujian Berat Isi Agregat

Pengujian berat isi dalam agregat ini bertujuan untuk memperhitungan berat isi dalam kondisi padat. Berat isi agregat adalah berat agregat per satuan isi.

Prosedur pengujian ASTM C 29-07 atau SNI 03-4804-1998, Metode Pengujian Berat Isi Agregat:

1. Oven material yang akan digunakan sebagai pengujian hingga beratnya stabil,
2. Isi penakar sepertiga dari volume penuh dan kemudian ratakan dengan batang perata. Padatkan untuk setiap lapisan dengan cara mengetuk-ngetukan atas penakar dengan secara bergantian di atas lantai yang rata sebanyak 50 kali,
3. Ratakan permukaan agregat uji dengan batang perata hingga permukaan rata,
4. Tentukan berat penakar dan isinya dan berat penakar itu sendiri, dan catat beratnya sampai ketelitian 0,05 kg,
5. Hitung berat isi agregat menurut rumus ;

$$M = \frac{(G-T)}{V}$$

Dimana:

M = berat isi agregat dalam kondisi kering oven, dalam kg/m³

G = berat agregat dan penakar, dalam kg

T = berat penakar, dalam kg

V = volume penakar, dalam m³

3.3.2.5 Pengujian Modulus Kehalusan Agregat Halus

Pengujian ini dilakukan dengan cara pencucian agregat untuk mendapatkan prosentase dari jumlah dalam bahan agregat yang lolos saringan No. 200 (0,075 mm). Jumlah tersebut adalah banyaknya bahan yang lolos saringan No. 200 (0,075 mm) setelah agregat tersebut dicuci sampai jernih.

Prosedur pengujian ASTM C 33-03 dan SNI ASTM C 136-2012, Metode Uji Untuk Analisis Saringan Agregat Halus

1. Timbang berat wadah/talam tanpa benda uji,
2. Timbang benda uji/agregat dan masukkan ke dalam wadah.
3. Masukkan air pencuci agregat yang sudah berisi bahan pembersih ke dalam wadah, sehingga benda uji terendam sepenuhnya.
4. Aduk benda uji sehingga antara butir kasar dan halus yang lolos saringan No.200 (0,075 mm) terpisah sempurna. Usahakan bahan halus tersebut mengapung di dalam larutan pencuci agar mudah dipisahkan.
5. Tuangkan air pencuci pada saringan No. 16 (1,18 mm) yang di bawahnya dipasang saringan No.200 (0,075 mm). Dilakukan dengan hati-hati agar bahan yang kasar tidak ikut tertuang.
6. Ulangi proses pengujian 3,4 dan 5, hingga air pencuci terlihat jernih.
7. Kembalikan semua benda uji yang tertahan saringan No. 16 (1,18 mm) dan No. 200 (0,075 mm) ke wadah lalu keringkan dengan oven pada temperatur $(110\pm 5)^{\circ}\text{C}$, sampai mencapai berat tetap, dan timbang dengan ketelitian maksimum 0,1 % dari berat contoh.
8. Perhitungan prosentase bahan yang lolos saringan No.200 (0,075 mm):

Berat kering benda uji awal, $w_3 = w_1 - w_2$

Berat kering benda uji sesudah pencucian, $w_5 = w_4 - w_2$

Bahan lolos saringan no. 200, $w_6 = \{(w_3 - w_5) / w_3\} \times 100 \%$

Dimana :

w_1 = berat kering benda uji + wadah (gram)

w_2 = berat wadah (gram)

w_3 = berat kering benda uji awal (gram)

w_4 = berat kering benda uji setelah pencucian + wadah (gram)

w_5 = berat kering benda uji sesudah pencucian (gram)

w_6 = % bahan lolos saringan No. 200 (0,075 mm)

3.4 PROSES PEMBUATAN BAHAN TAMBAH HDPE

Proses pembuatan bahan tambah HDPE yang berupa cacahan dari lembaran *geomembrane* dikategorikan sebagai material sisa/limbah dalam proses pembuatan kolam (*pond*) di Kawasan Panas bumi (*geothermal*), proses ini cukup mudah untuk dilakukan, karena dalam proses pencacahan lembaran *geomembrane* itu dilakukan dengan bantuan mesin pencacah atau dapat dilakukan secara manual dengan menggunakan gunting seng. Proses pembuatan bahan tambah ini adalah sebagai berikut:

1. Lembaran *geomembrane* (HDPE) dibersihkan terlebih dahulu dari sisa cairan, kandungan tanah, oli, minyak atau campuran lainnya dengan menggunakan air bersih dan kain/lap hingga bersih. Pembersihan dilakukan terdapat 2 sisi dari lembaran tersebut.



Gambar 3. 1 Sisa Lembaran Geomembrane di Lokasi Panas Bumi

2. Kemudian *geomembrane* (HDPE) tersebut dipotong dengan ukuran 10 x10 cm agar mudah dalam dimasukkan ke dalam mesin pencacah atau dengan gunting seng.
3. Apabila keluaran dari mesin pencacah masih diatas 0,5 x 0,5 cm, maka

cacahan tersebut dimasukkan kembali kedalam mesin hingga target rata-rata dari cacahan tersebut berukuran 0,5 x 0,5 cm.



Gambar 3. 2 Hasil Cacahan Geomembrane

4. Setelah proses pencacahan sesuai dengan target, selanjutnya dicuci kembali dengan air bersih hingga bersih, dan kemudian dikeringkan.
5. Setelah cacahan *geomembrane* (HDPE) telah dicuci dan mengering, maka bahan tambah tersebut siap untuk digunakan sebagai campuran pada penelitian ini. Bahan cacahan *geomembrane* (HDPE) ini nantinya akan menggantikan material agregat kasar dengan prosentase sesuai dengan rencana.

3.5 RENCANA CAMPURAN BETON

Standar ACI digunakan untuk menghitung campuran beton yang menggunakan bahan tambahan seperti cacahan limbah *geomembrane* (HDPE). Data-data penting harus ditemukan sebelum campuran dapat dihitung, namun jika data yang diharapkan tidak dapat diakses, maka dapat diperoleh dari tabel yang dikembangkan untuk melengkapi metode ACI. Standar deviasi dari hasil pengujian yang berlaku untuk pekerjaan dengan jenis yang sama termasuk dalam data desain pada cara/metode ini. Data kuat tekan rencana, berat jenis agregat, data *slump*, data butir nominal yang akan digunakan dan karakteristik lingkungan yang diperlukan adalah data untuk merancang campuran beton dalam metode ini.

3.5.1 Tahapan Perencanaan Campuran Beton dengan Metode ACI

Proses perancangan mengikuti langkah-langkah sebagai berikut :

1. Kuat tekan rata-rata yang akan rencanakan dapat dihitung melalui persamaan:

$$\bullet f'_{cr} = f'_c + 1,64. Sd,$$

dengan table standar deviasi:

Tabel 3. 2 Klasifikasi Standar Deviasi untuk Berbagai Kondisi Pekerjaan

Kondisi Pengerjaan	Stadar Deviasi (MPa)	
	Lapangan	Laboratorium
Sempurna	< 3	< 1,5
Sangat Baik	3 - 3,5	1,5 - 1,75
Baik	3,5 - 4	1,75 - 2
Cukup	4 - 5	2 - 2,5
Kurang Baik	> 5	> 2,5

2. Tetapkan nilai *slump*, dan nilai ukuran butir maksimum agregat.
3. Selanjutnya adalah menentukan volume air yang dibutuhkan dengan acuan dari nilai *slump* dan juga ukuran maksimum dari butir agregat:

Tabel 3. 3 Metode ACI - Perkiraan Campuran Air dan Persyaratan Kandungan Udara dalam Beton

Slump (mm)	Kebutuhan air (lt/m ³)							
	Ukuran maksimum butir agregat (mm)							
	9,5	12,5	19	25	37,5	50	75	150
25 - 50	207	199	190	179	166	154	130	113
75 - 100	238	216	205	193	181	169	145	124
150 - 175	243	228	216	202	190	178	160	-
Kandungan udara beton (%)	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0	0,5	0,3	0,2
25 - 50	181	175	168	160	150	142	122	107
75 - 100	202	193	184	175	165	157	133	119
150 - 175	202	193	184	175	165	157	133	119
Total kandungan udara (%)	216	205	197	184	174	166	154	-
Peningkatan workabilitas	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0

Terekspose sedang	6,0	5,5	5,0	4,5	4,5	4,0	3,5	3,0
Terekspose ekstrim	7,5	7,0	6,0	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0

4. Tentukan nilai faktor air-semen (fas)

Tabel 3. 4 Nilai Faktor Air Semen (FAS) menurut ACI

Kekuatan tekan pada 28 hari (MPa)	Fas	
	Beton tanpa kandungan udara (<i>non air-entrained</i>)	Beton dengan kandungan udara (<i>air – entrained</i>)
40	0,42	-
35	0,47	0,39
30	0,54	0,45
25	0,61	0,52
20	0,69	0,60
15	0,79	0,70

Catatan: Nilai fas dapat diinterpolasi apabila nilai kuat tekan di antara nilai-nilai yang diberikan.

5. Bandingkan faktor air semen (fas) yang diperoleh dari tabel di atas dengan faktor air semen (fas) maksimum untuk kebutuhan durabilitas, kemudian ambil nilai yang terkecil.
6. Hitung jumlah semen yang diperlukan dengan perhitungan = jumlah air : fas
7. Tentukan volume rencana agregat kasar berdasarkan ukuran butir maksimum agregat dan modulus kehalusan agregat berdasarkan tabel berikut:

Tabel 3. 5 Volume Agregat Kasar /m³ beton

Ukuran agregat maksimum (mm)	Volume agregat kasar kering/m ³ untuk berbagai modulus halus butir			
	2,40	2,60	2,80	3,00
9,5	0,50	0,48	0,46	0,44
12,5	0,59	0,57	0,55	0,53
19	0,66	0,64	0,62	0,60
25	0,71	0,69	0,67	0,65
37,5	0,75	0,73	0,71	0,69
50	0,78	0,76	0,74	0,72

75	0,82	0,80	0,78	0,76
15	0,87	0,85	0,83	0,81

Catatan: Dapat dilakukan interpolasi apabila nilai modulus kehalusan berada di antara nilai yang ada. Berat agregat kasar = % agregat kasar x berat kering agregat kasar.

8. Tentukan perkiraan berat beton segar

Tentukan nilai perkiraan berat beton segar berdasarkan ukuran agregat dan jenis beton yang nantinya akan digunakan, berdasarkan tabel berikut:

Tabel 3. 6 *Perkiraan Berat Beton segar (kg/m³)*

Ukuran agregat maksimum (mm)	Beton <i>air-entrained</i>	Beton <i>non air- entrained</i>
9,5	2200	2280
12,5	2230	2310
19	2275	2345
25	2290	2380
37,5	2350	2410
50	2345	2445
75	2405	2490
150	2435	2530

Catatan : Dapat dilakukan perhitungan volume absolut untuk hasil yang lebih teliti.

9. Hitung berat agregat halus dengan perhitungan = berat beton basah – berat (air + semen + agregat kasar).
10. Volume absolut adalah berat bahan dibagi dengan kepadatan absolut. Kepadatan absolut = berat jenis x kepadatan air.
11. Tetapkan proporsi campuran hasil perhitungan.
12. Lakukan koreksi proporsi campuran berdasarkan kondisi agregat saat pelaksanaan.

3.5.2 Koreksi Proporsi Campuran

Dalam perencanaan campuran metode ACI, diperoleh proporsi bahan agregat halus dan agregat kasar dalam keadaan kering. Pada saat pencampuran di

lokasi pekerjaan, keadaan agregat yang digunakan dalam campuran beton adalah keadaan pada saat itu juga, sehingga harus dilakukan penyesuaian terhadap rencana. Data kadar air dan resapan agregat diperlukan untuk melakukan koreksi pada penyesuaian desain campuran. Jika dengan keadaan agregat kering diperoleh proporsi,

- G = berat semen/m³
- G_2 = berat air/m³
- G_3 = berat agregat halus/m³, kering
- G_4 = berat agregat kasar/m³, kering
- C_m = kadar air agregat halus (%)
- C_a = resapan agregat halus (%)
- D_m = kadar air agregat kasar (%)
- D_a = resapan agregat kasar (%)

Proporsi campuran yang disesuaikan adalah :

Semen, tetap = G_1

Agregat halus = $G_3 \times (C_m - C_a)/100$

Agregat kasar = $G_4 + (D_m - D_a)/100$

A i r = *Penambahan dari agregat halus dan agregat kasar*

3.6 PEMBUATAN BENDA UJI BETON NORMAL

Pembuatan benda uji ini dilakukan sesuai dengan jenis campuran yang akan diuji. Penelitian ini menggunakan rencana dengan 5 jenis untuk campuran beton normal dengan bahan tambah dari cacahan limbah *geomembrane* (HDPE) dengan prosentase yang berbeda-beda. Cacahan dari limbah *geomembrane* (HDPE) nantinya akan menggantikan dari campuran agregat kasar dengan perubahan prosentase dari berat yang akan digunakan dengan nilai yang sama. Banyaknya bahan tambah yang digunakan, jenis pengujian yang akan dilakukan, umur benda uji dan jumlah dari benda uji yang dibuat dapat lebih jelas dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 3. 7 Benda Uji Beton Normal

Kode Benda Uji	Prosentase Bahan Tambah HDPE	Bentuk Benda Uji	Jenis Pengujian	Umur Beton (hari)	Jumlah Benda Uji (buah)
BU ₀₀	0,00 %	Silinder (15 x 30 cm)	Kuat Tekan	28	5
			Kuat tarik belah	28	5
BU ₂₅	0,25 %	Silinder (15 x 30 cm)	Kuat Tekan	28	5
			Kuat tarik belah	28	5
BU ₅₀	0,50 %	Silinder (15 x 30 cm)	Kuat Tekan	28	5
			Kuat tarik belah	28	5
BU ₇₅	0,75 %	Silinder (15 x 30 cm)	Kuat Tekan	28	5
			Kuat tarik belah	28	5
BU ₁₀	1,00 %	Silinder (15 x 30 cm)	Kuat Tekan	28	5
			Kuat tarik belah	28	5
Jumlah Total Benda Uji					50

Tata cara pembuatan benda uji beton normal mengacu pada standar SNI. Prosedurnya dapat dibagi menjadi 3 tahapan, yaitu :

3.6.1 Proses Pengadukan

1. Bahan baku campuran beton (PC, agregat, air dan geomembrane) diukur sesuai dengan rasio berat yang sudah ditetapkan.
2. Agregat' kasar dan halus beserta cacahan geomembrane (HDPE) dimasukkan seluruhnya ke dalam mesin pengaduk, selanjutnya adalah hidupkan mesin. Campurkan bahan – bahan diatas hingga merata.
3. Matikan mesin dan masukkan cement dan 2/3 bagian dengan air, restart mesin.
4. Jika sudah 2 menit, mesin dimatikan dan aduk kembali bahan yang belum tercampur rata menggunakan sendok cement.
5. Jika sudah teraduk hingga rata, mesin kembali dinyalakan kemudian air yang tersisa ditambahkan
6. Bahan campuran yang sudah masuk kedalam mesin kemudian diaduk

dengan durasi kurang lebih 3 menit. Matikan mesin, dan proses pun selesai.

3.6.2 Proses Pencetakan Benda Uji

1. Siapkan cetakan, lapisi dengan pelumas bagian dinding dalam cetakan untuk mempermudah ketika melepaskan benda uji beton silinder dari cetakannya.
2. Adukan beton dimasukkan ke cetakan silinder secara bertahap.
3. Lakukan pemadatan dengan menusukan tongkat pemadat sebanyak 25 kali untuk tiap lapisan lalu getarkan cetakan tersebut.
4. Tambahkan adukan beton pada lapisan akhir hingga melebihi permukaan sehingga tidak perlu penambahan lagi setelah beton dipadatkan.
5. Ratakan permukaan beton dan diamkan pada udara terbuka selama 24 jam hingga beton mengeras, hindari adanya hubungan langsung dengan air.

3.6.3 Perawatan (*Curing*)

1. Rendam benda uji (beton) yang telah mengeras dalam air hingga umur beton yang direncanakan untuk pengujian selanjutnya.
2. Berikan kode dan nama benda uji untuk mempermudah dalam identifikasi pengujian selanjutnya.
3. Temperatur air pada bak perendaman benda uji tersebut harus berkisar antara 25-27°C.

3.7 PENGUJIAN BETON

Pengujian beton segar menggunakan *slump test* merupakan pengujian pada beton normal yang akan dilakukan melalui penelitian kali ini, sedangkan untuk pengetesan beton keras dilakukan dengan pengujian kuat tekan beton dengan mesin di laboratorium.

Pengujian terhadap beton normal mengacu pada standar ASTM C-143 mengenai metode standar untuk pengujian dan pengukuran nilai *slump* dari beton normal. Sedangkan untuk beton yang telah mengeras mengacu pada SNI 03-1974-1990 untuk pengujian kuat tekan beton dan SNI 03-2491-2002 untuk pengujian kuat

tarik belah beton.

3.7.1 Pengujian Beton Segar (*Slump Test*)

Jenis pengujian ini dilaksanakan sesuai dengan metode ASTM C-143, yaitu metode standar untuk pengujian dan pengukuran nilai *slump* dari beton normal. Pengujian ini bertujuan untuk mengukur kekentalan dari adukan beton yang dihasilkan pada setiap proses pencampuran beton. Kekentalan beton ini akan berpengaruh pada kemudahan pengerjaan (*workability*) di lapangan.

Prosedur pengujian :

1. Sebelum pengujian, basahi permukaan alat yang akan digunakan agar tidak terjadi proses penyerapan air dari campuran beton.
2. Tempatkan kerucut Abrams pada permukaan yang rata sambil menekan penyangga.
3. Masukkan campuran beton ke dalam kerucut dalam 3 lapisan yang sama dan tusuk setiap lapisan 25 kali dengan batang baja.
4. Kemudian ratakan permukaannya dan biarkan selama 30 detik.
5. Selanjutnya kerucut ditarik perlahan secara vertikal ke atas, ukur penurunan yang terjadi pada kerucut.
6. Hasil pengukuran dapat kita sebut dengan nilai slump.



Gambar 3. 3 Kerucut Abrams Sumber : *Jenis Slump Beton dan Kerucut Abram untuk Pengujian Nilai Slump Rencana*

3.7.2 Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian yang dilakukan pada beton yang mengeras adalah untuk mengetahui kuat tekan beton untuk setiap prosentase penambahan *geomembrane (HDPE)* pada benda uji.

Jenis pengujian ini berdasarkan pada metode Standar Nasional Indonesia (SNI), dengan langkah – langkah sebagai berikut :

Persiapan Pengujian

1. Untuk uji kuat tekan, keluarkan benda uji dari air perendam (curing) dan kemudian gunakan kain untuk membersihkan kotoran di permukaan.
2. Ukur dan catat berat masing-masing benda uji.
3. Lapisi bagian atas dan bawah sampel dengan mortar belerang dengan cara melelehkan mortar belerang dalam pot peleleh.
4. Kemudian letakkan benda uji tegak lurus dengan cetakan pelapis, sampai mortar belerang meleleh, sampai mortar mengeras, lakukan pada semua benda uji.

Pengujian

Tahapan pengujian kuat tekan beton adalah sebagai berikut:

1. Tempatkan benda uji secara terpusat.
2. Nyalakan mesin uji kuat tekan dengan peningkatan yang stabil mulai dari 2 hingga 4 kg/cm² per detik.
3. Lakukan pembebanan sampai benda uji hancur dan catat beban maksimum selama pemeriksaan benda uji. Gambar bentuk pecah dan catatlah keadaan benda uji.
4. Perhitungan:

$$\text{Kuat tekan beton } f_c' = \frac{P}{A} \text{ (MPa)}$$

Keterangan:

P = beban maksimum (N)

A = luas penampang (mm²)

3.7.3 Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

Telah diketahui bahwa beton memiliki kelemahan secara struktural yaitu memiliki kuat tarik belah yang rendah dimana besar kuat tarik belah beton memiliki perbandingan sekitar 9% - 15% dari kuat tekannya. Nilai kuat tekan dan nilai kuat beton tidak berbanding lurus, setiap usaha perbaikan mutu kekuatan tekan hanya disertai peningkatan kecil nilai kuat tarik belahnya (*Istimawan Dipohusodo, 1996*).

Kuat tarik belah belah benda uji silinder beton adalah nilai kuat tarik belah tidak langsung dari benda uji beton berbentuk silinder, yang diperoleh dari hasil pembebanan sesuai dengan SNI 2491:2014. Metode uji ini terdiri dari pemberian gaya sepanjang diameter beton silinder pada kisaran laju yang ditentukan sampai batas keruntuhan. Pembebanan ini menimbulkan tegangan tarik pada bidang datar yang diberi beban dan gaya tekan yang relatif tinggi di daerah sekitar beban kerja. Berikut adalah prosedur yang dilakukan:

1. Dengan peralatan mesin uji tekan untuk uji kuat tarik belah belah, pelat penekan dengan permukaan rata dengan panjang melebihi ukuran benda uji dan lebar tidak lebih dari 50 mm serta ketebalan tidak kurang dari tebal meja penekan, alat bantu penandaan dan penempatan benda uji, jangka sorong dan alat penata beban.
2. Bahan penunjang uji lainnya terdiri dari dua buah bantalan penekan terbuat dari kayu lapis dengan tabal 13 mm, lebar ± 25 mm, panjang benda uji.
3. Benda uji dibaut dan dirawat sesuai dengan SNI 03-2492-1991 ketelitian ukuran diameter $\pm 0,1$ mm, ketelitian ukuran panjang ± 1 mm.
4. Benda uji beton ringan pada umur 28 hari dalam kondisi kering. Benda uji tersebut dirawat dari umur 7 hari dalam kondisi lembab dengan temperatur (21-25 C) dan kelembaban nisbi (45-55)%.
5. Cara pengujian adalah dengan mengambil benda uji dari tempat perawatan, bungkus dengan kain basan dan bersihkan, catat no uji.
6. Selanjutnya dilakukan pengujian, dengan perhitungan:

$$\text{Kuat tarik belah beton } f_{ct} = \frac{2P}{\pi.d.l} \text{ (MPa)}$$

Keterangan:

P = beban maksimum (N)
d = diameter benda uji (mm)
l = panjang benda uji (mm)