

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Pengertian beton

Beton adalah suatu campuran yang terdiri dari pasir, kerikil, batu pecah atau agregat agregat lain yang dicampur jadi satu dengan suatu pasta yang terbuat dari semen dan air membentuk suatu massa mirip batuan.

Terkadang satu atau lebih bahan aditif ditambahkan untuk menghasilkan beton dengan karakteristik tertentu, seperti kemudahan pengerjaan (*workability*), durabilitas, dan waktu pengerasan. Secara Sederhana Beton dibentuk oleh pengkerasan campuran antara semen, air, agregat halus (pasir), dan agregat kasar (batu pecah kerikil). Biasanya ditambahkan campuran bahan lain (*admixture*) untuk memperbaiki kualitas beton (Asroni, 2010).

Beton diperoleh dengan cara mencampurkan semen, air, agregat dengan atau tanpa bahan tambah tertentu. Material pembentuk beton tersebut dicampur merata dengan komposisi tertentu menghasilkan suatu campuran yang plastis sehingga dapat dituang dalam cetakan untuk dibentuk sesuai dengan keinginan. Perbandingan campuran bahan susun disebutkan secara urut, dimulai dari ukuran butir yang paling kecil (lembut) ke butir yang besar, yaitu :semen, pasir, dan kerikil. Jadi jika campuran beton menggunakan semen 1 : 2 : 3, berarti campuran adukan betonnya menggunakan semen 1 bagian, pasir 2 bagian, dan kerikil 3 bagian.

Menurut Tjokrodimuljo (1996), macam-macam beton sebagai berikut:

1) Beton normal

Beton normal merupakan beton yang cukup berat, dengan Berat Volume 2400 kg/m^3 dengan nilai kuat tekan $15 - 40 \text{ MPa}$ dan dapat menghantar panas.

2) Beton ringan

Beton ringan merupakan beton dengan berat kurang dari 1800 kg/m^3 . Nilai kuat tekannya lebih kecil dari beton biasa dan kurang baik dalam menghantarkan panas.

3) Beton massa

Beton massa adalah beton yang dituang dalam volume besar yaitu perbandingan antara volume dan luas permukaannya besar. Biasanya dianggap beton massa jika dimensinya lebih dari 60 cm .

4) *Ferosemen*

Feroseen adalah suatu bahan gabungan yang diperoleh dengan memberikan kepada mortar semen suatu tulangan yang berupa anyaman. Ferosemen dapat diartikan beton bertulang.

5) Beton serat

beton serat adalah beton komposit yang terdiri dari beton biasa dan bahan lain yang berupa serat. Bahan serat dapat berupa serat asbes, serat tumbuh-tumbuhan (rami, bamboo, ijuk), serat plastic (*polypropylene*) atau potongan kawat logam.

6) Beton non pasir

Beton non pasir adalah suatu bentuk sederhana dan jenis beton ringan yang diperoleh menghilangkan bagian halus agregat pada pembuatannya. Rongga dalam beton mencapai $20-25 \%$.

7) Beton siklop

Beton ini sama dengan beton biasa, bedanya digunakan agregat dengan ukuran besar-besar. Ukurannya bisa mencapai 20 cm. Namun, proporsi agregat yang lebih besar tidak boleh lebih dari 20 %.

8) Beton hampa (*Vacuum Concrete*)

Beton ini dibuat seperti beton biasa, namun setelah tercetak padat kemudian air sisa reaksi disedot dengan cara khusus, disebut cara vakum (*vacuum method*). Dengan demikian air yang tinggal hanyalah air yang dipakai sebagai reaksi dengan semen sehingga beton yang diperoleh sangat kuat.

9) Mortar

Mortar sering disebut juga mortel atau spesi ialah adukan yang terdiri dari pasir, bahan perekat, kapur dan PC.

2.2 Beton Geopolimer

Beton geopolimer adalah beton yang tidak menggunakan semen portland dalam produksinya. Pada proses pembuatannya, beton geopolimer menggunakan cairan alkali agar bereaksi dengan *silika* (Si) dan *aluminium* (Al) yang terdapat pada mineral alam seperti kaolin, tanah liat dan lain-lain. Limbah seperti *fly ash*, terak, abu sekam padi, *red mud* dan lain-lain dapat digunakan sebagai bahan pengganti semen pada beton geopolimer. Cairan alkali adalah logam alkali larut yang didapat dari pencampuran *natrium hidroksida* (NaOH) atau *kaliium hidroksida* (KOH) dan *natrium silikat* atau *kaliium silikat*.

Menurut Ilmiah R (2017) geopolimer merupakan produk beton yang bereaksi pengikatnya adalah reaksi polimerisasi. Dalam reaksi polimerisasi ini *Aluminium* (Al) dan *silika* (Si) mempunyai peranan penting dalam ikatan polimerisasi karena reaksi aluminium dan silika dengan alkali akan menghasilkan. Proses polimerisasi menghasilkan

suatu rantai dalam bentuk struktur yang disebut *polysialate* (Si-O-Al-Si). Air dilepaskan selama reaksi kimia terjadi dalam pembentukan senyawa geopolimer. Air dikeluarkan selama masa perawatan atau curing.

Menurut Lloyd dan Rangan (2010) pengikat (*binder*) adalah perbedaan utama antara beton geopolimer dan beton konvensional dari pembuatan beton tersebut. Beton konvensional mengandalkan semen portland dan air untuk mengikat agregat halus dan agregat kasar pada pembuatan beton tersebut. Pada beton geopolimer, silika dan alumina pada *Fly Ash* bereaksi dengan cairan alkali untuk membuat pasta geopolimer yang mengikat agregat kasar, agregat halus, dan bahan-bahan lain untuk membuat beton geopolimer. Dari segi struktur, kulit durian terdiri dari tiga bagian, yaitu bagian dari daging durian sekitar 20-30%, biji durian sekitar 5-15%, dan bagian kulit durian sekitar 60-70% (Untung, 2008). Kulit durian yang mengandung selulosa yang tinggi sekitar (50-60%) dan kandungan lignin sekitar (5%) serta kandungan pati rendah sekitar (5%) serta dapat diindikasikan bahan tersebut sebagai campuran sebagai zat tambah dalam campuran beton. (Indra, S. F., ddk. 2014).

Beton geopolimer adalah beton yang material utamanya mengandung bahan yang bersifat pozzolan. Pozzolan adalah bahan yang mengandung senyawa silika dan Alumina. Dengan bentuknya yang halus, pozzolan dapat direaksikan dengan alkali aktivator. Material alternatif pengganti semen sebagai bahan pengikat dalam beton geopolimer biasanya menggunakan abu terbang (*fly ash*), sekam padi (*risk husk ash*), ampas tebu, cangkang telur dan lain-lain, yang mengandung silikon dan aluminium. Aktivator pada umumnya digunakan natrium hidroksida dan sodium silikat. (Yoga Sandya, Prihartono, Sitatti Musalamah).

2.3 Bahan Penyusun Beton Geopolimer

Komposisi utama beton geopolimer adalah agregat, aktivator, dan prekursor. Total agregat kasar dan agregat halus pada pembuatan beton geopolimer adalah 70-75%, sedangkan untuk total aktivator dan prekursor 20-35%. Aktivator pada beton geopolimer berupa natrium hidroksida ($NaOH$) yang berguna untuk mereaksikan binder dengan senyawa yang terdapat dalam *Fly Ash* dan *natrium silikat* yang berguna untuk mempercepat proses polimerisasi, sedangkan prekusornya adalah *fly ash*. Berikut uraian mengenai material-material penyusun beton geopolimer

2.3.1 Agregat

Agregat adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai campuran beton. Agregat mempunyai peranan yang penting karena komposisi agregat yang mencapai 70-75% terhadap volume beton. Agregat ini harus bergradasi untuk membuat beton menjadi satu kesatuan yang utuh, homogen, dan rapat. Gradasi atau distribusi ukuran beton dibuat dengan ukuran yang bervariasi agar volume pori beton menjadi lebih kecil. Hal ini disebabkan butiran yang lebih kecil akan mengisi pori antara butiran yang lebih besar, sehingga pori-porinya menjadi lebih sedikit dan beton memiliki kepadatan yang lebih tinggi dan dapat meningkatkan kuat tekan beton.

Secara umum agregat dapat dibedakan berdasarkan ukurannya, yaitu agregat halus dan agregat kasar. Pada penelitian ini digunakan agregat halus berupa pasir dan agregat kasar berupa kerikil.

1. Agregat Halus

Menurut SNI 03-6820-2002, agregat halus adalah agregat besar butir maksimum 4,76 mm berasal dari alam atau hasil alam, sedangkan agregat halus olahan adalah agregat halus yang dihasilkan dari pecahan dan pemisahan butiran dengan cara penyaringan atau cara dari batuan atau terak tanur tinggi.

Tabel 2.1 Batas-Batas Gradasi Agregat Halus

Diameter saringan (mm)	Persen lolos (%)	Gradasi ideal (%)
9,5 mm	100	100
4,75 mm	95 – 100	97,5
2,36 mm	80 – 100	90
1,18 mm	50 – 85	67,5
0,6 mm	25 – 60	42,5
0,3 mm	5 – 30	17,5
0,15 mm	0 – 10	5

a. Agregat Kasar

Agregat kasar adalah batuan yang mempunyai ukuran butiran lebih dari 4,80 mm. syarat untuk agregat kasar menurut ASTM C 33/03 antara lain :

1. Harus terdiri dari butir-butir yang keras dan tidak berpori
2. Butir-butir agregat kasar harus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh-pengaruh cuaca.
3. Tidak mengandung zat-zat yang dapat merusak beton.
4. Tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1%. Apabila kadar lumpur melampaui 1% maka agregat kasar harus dicuci

Tabel 2.2 Gradasi Saringan Ideal Agregat Kasar

Diameter saringan (mm)	Persen lolos (%)	Gradasi ideal (%)
25,00	100	100
19,00	90 – 100	95
12,50	-	-
9,50	20 – 55	37,5
4,75	0 – 10	5
2,36	0 – 5	2,5

2.3.2 Fly Ash

Fly Ash adalah mineral *admixture* yang berasal dari sisa pembakaran batu bara yang tidak terpakai. Material ini mempunyai kadar bahan semen yang tinggi dan sifat *pozzolanik*. *Fly Ash* memiliki butiran yang lebih halus dari pada butiran semen dan mempunyai sifat hidrolik. *Fly Ash* apabila digunakan sebagai bahan tambah atau penggantian sebagian semen maka tidak sekedar menambah kekuatan mortar, tetapi secara mekanik *Fly Ash* ini akan mengisi ruang kosong (rongga) di antara butiran dan secara kimiawi akan memberikan sifat hidrolik pada kapur mati yang dihasilkan dari proses hidrasi, dimana mortar hidrolik ini akan lebih kuat dari pada mortar udara (kapur mati dan air).

2.3.3 Air

Air diperlukan pada pembuatan beton untuk memicu proses kimiawi semen, membasahi agregat dan memberikan kemudahan dalam pekerjaan beton. Air yang mengandung senyawa yang

berbahaya yang tercemara garam, minyak, gula, atau bahan kimia lainnya, bila dipakai dalam campuran beton akan menurunkan kualitas beton, bahkan mengubah sifat beton yang di hasilkan

2.3.4 Kulit Durian

Kuliat durian merupakan limbah rumah tangga yang di buang sebagai sampah dan tidak memiliki nilai ekonomi. Pada saat puncaknya limbah kulit durian mencapai 100 ton per hari. Kulit durian secara proposional mengandung unsur selulosa yang tinggi (50-60%). Kulit durian mengandung kandungan pati, pektin, minyak atsiri, flavonoid, saponin, unsur selulosa, lignin, serta senyawa ethanol.

2.3.5 Alkali Aktivator

Alkali aktivator adalah aktivator yang mengikat oksida silika pada *Fly Ash* dan akan bereaksi secara kimia dan membentuk ikatan polimer. Larutan alkali yang banyak digunakan dalam beton geopolimer adalah kombinasi dari *Sodium Hidroksida (NaOH)* atau *Calium Hidroksida penelitian (KOH)* dan *Sodium Silikat* atau *Calium Silikat*.

Dalam ini alkali aktivator yang digunakan adalah kombinasi antar *Sodium Hidroksida (NaOH)* dan *Sodium Silikat*. Molaritas yang digunakan berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Adi dkk (2018) dan perbandingan *Sodium Hidroksida (NaOH)* dan *Sodium Silikat* yang digunakan berdasarkan penelitian Ekaputri dkk (2014).

2.4 Metode Perawatan Benda Uji

Metode perawatan benda uji (*curing*) adalah proses perawatan yang dilakukan setelah beton dicor atau di tempatkan dalam konstruksi. Tujuanya adalah untuk menjaga kelembapan dan suhu beton agar dapat mengeras dan menjadi kuat. Proses ini melibatkan pengontrolan kelembapan, perlindungan dari cuaca ekstrem, dan pemeliharaan kondisi yang stabil untuk memastikan beton berkembang dengan baik. Oleh karena itu untuk menghasilkan

geopolimer yang sesuai dengan sifat yang diharapkan dibutuhkan beberapa parameter yang harus digunakan dalam proses sintesis. Parameter - parameter yang berpengaruh dalam proses sintesis *slag* agar dapat menghasilkan geopolimer yang berkualitas baik diperoleh dari beberapa penelitian, diantaranya seperti penelitian yang dilakukan oleh Marakos pada tahun 2008 yang menemukan bahwa sifat mekanik (kekuatan tekan) dan sifat fisik (densitas) semen geopolimer dapat dipengaruhi oleh konsentrasi larutan alkali sebagai aktivator, hal serupa juga dilakukan komunitas (2008) dan kalinkin (2012) yang menemukan bahwa temperatur dan waktu *curing* selama proses sintesis juga mempengaruhi sifat mekanik maupun sifat fisik geopolimer. Penelitian lain yang dilakukan oleh Ali Nazari pada tahun 2010 menunjukkan bahwa sifat mekanik dalam seperti kekuatan tekan dari geopolimer dipengaruhi oleh faktor utama yaitu konsentrasi alkali (NaOH), rasio berat NaOH dan (NaSiO₃), rasio berat alkali aktivator, temperatur curing dan waktu *curing*. Berdasarkan hasil yang telah dilakukan pada penelitian ini akan mengkaji dan menganalisa pengaruh dari temperatur dan waktu *curing* terhadap sifat mekanik dan sifat mekanik dan sifat fisik semen geopolimer dengan *slag ferronice* sebagai prekursor dan NaOH sebagai aktivator

Jenis-jenis curing atau perawatan benda uji

1. Curing air
2. Curing udara
3. Curing oven

2.5 Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan persatuan luas. Kuat tekan beton mengidentifikasi mutu dari sebuah struktur. Kuat tekan beton dapat di uji dengan cara memberi beban terhadap benda uji silinder secara bertahap, sampai benda uji mengalami keruntuhan (Hasanr dkk, 2013). Kuat tekan beton masing-

masing benda uji ditentukan oleh tegangan tekan tertinggi ($f'c$) yang dicapai benda uji pada umur 7,14 dan 28 hari akibat beban tekan selama percobaan (Dipohusodo, 1996).

Kuat tekan beton dapat dihitung dengan rumus:

$$F'c = \frac{P}{A}$$

dimana:

$f'c$ = kuat tekan (Mpa)

P = beban tekan (N)

A = luas penampang benda uji (mm^2)

2.6 Porositas

Porositas adalah kadar pori yang terdapat pada beton. Porositas yang dimaksudkan dalam memperoleh berapa persen pori yang terkandung dalam benda uji. Pengujian porositas dilakukan dengan dua tahap yaitu dengan waktu selama 24 jam di dalam oven dan 24 jam di dalam rendaman, penimbangan setiap benda uji di lakukan selama waktu pengujian porositas. Perlakuan yang baik pada benda uji dilakukan untuk mendapatkan porositas yang stabil, mulai dari perlakuan saat penimbangan, penggunaan, cetakan yang presisi, dan perlakuan saat pemadatan benda uji.

Adapun rumus perhitungan pada porositas:

$$\text{Porositas} = \frac{Wb - Wk}{Wb - Wa} \times 100\%$$

Dimana :

Wa = berat sampel dalam air (gr)

Wb = berat sampel basah (gr)

Wk = berat sampel kering (gr)

2.7 Molaritas

Molaritas (M) adalah besaran yang di gunakan untuk menyatakan nilai kosentrasi atau kepekatan suatu larutan. Molaritas juga merupakan suatu larutan untuk menyatakan jumlah mol at yang terlarut dalam liter larutan (Hendryani dan Herlina, 2019)

Rumus molaritas:

$$M = \frac{\text{mol}}{L} \rightarrow \text{mol} = \frac{\text{massa zat}}{M_r} \rightarrow L \frac{\text{volume}}{1000}$$

$$\text{Dengan demikian : } M = \frac{\text{mssa zat}}{M_r} \times \frac{1000}{\text{volume}}$$

Dari rumus diatas didapatkan rumus – rumus sebagai berikut:

$$\text{Massa zat} = (M \times M_r \times \text{volume}) + 1000$$

$$\text{Volume} = \frac{\text{massa zat} \times 1000}{M \times M_r}$$

$$M_r = \frac{\text{massa zat} \times 1000}{M \times \text{volume}}$$

Dimana M_r = massa molekul relative

Dalam penelitian ini digunakan sodium hidroksida (NaOH) sebesar 10 M. untuk mendapatkan massa NaOH diperlukan rumus sebagai berikut.

$$\text{Massa NaOH} = V \times M \times M_r$$

ket : V = volume (liter)

M = Molaritas (mol/liter)

M_r = massa molekul relative (gram /mol)

Tahapan pembuatan larutan NaOH 10 molar

1. Menimbang NaOH 400 gram
2. Masukkan NaOH 400 gram kedalam labu ukur berkapasitas 1000 cc
3. Masukkan aquades kedalam labu ukur sampai mencapai volume 1000 cc

Langka –langka mencari jumlah air dalam larutan NaOH 10 Molar adalah :

1. Meletakkan gelas ukur diatas timbangan digital.
2. Menekan tombol *tare* pada timbangan digital.
3. Masukkan NaOH kedalam gelas ukur sebanyak 400 gram.
4. Menekan tombol *tare* pada timbangan digital.
5. Menuangkan air kedalam gelas ukur sampai batas 1000 milimeter.
6. Mencatat berat air.

Molaritas (M) adalah salah satu parameter penting dalam kimia yang digunakan untuk mengukur konsentrasi suatu larutan. Konsep ini disebutkan pertama kali oleh Viktor Meyer, seorang ahli kimia Jerman, pada tahun 1871. Molaritas adalah jumlah mol suatu zat tertentu yang terkandung dalam satu liter larutan. Rumus molaritas adalah sebagai berikut:

$$M = \frac{n}{V}$$

Keterangan:

M = Molaritas (mol/L atau Molar)

n = mol zat terlarut (mol)

V = Volume larutan (Liter)

Jumlah mol zat tertentu dalam suatu larutan dapat ditentukan dengan menggunakan Persamaan Massa Mol:

$$n = \frac{m}{Mr}$$

Keterangan:

n = mol zat terlarut (mol)

m = massa zat (gram)

Mr = Molekul relatif (Mr)

Berat molekul (BM) atau biasa disebut molekul relatif (M_r) adalah berat suatu molekul dalam satuan massa atom. Berat molekul dapat dihitung dengan menjumlahkan berat seluru, atom yang menyusunnya. Berat molekul merupakan variabel yang penting karena berhubungan langsung dengan sifat-sifat fisika polimer. Untuk mendapatkan Berat molekul (BM) dapat dilihat pada persamaan berikut ini :

$$M_r = \sum A_r \text{ atom}$$

Keterangan :

M_r = Molekul relatif (g/mol)

A_r = Atom relatif (g/mol)

Berat atom (BA) atau atom relatif (A_r) dapat diperoleh dengan membulatkan nomor massa yang tertera dalam tabel periodik yang ada pada lampiran. Untuk mendapatkan berat molekul (BM) dapat dilihat pada persamaan berikut ini :

A_r = nomor massa (dibulatkan)

Keterangan :

A_r = Atom relatif (g/mol)

2.8 Penelitian sebelumnya

1. Pemanfaatan kulit durian sebagai pengganti sebagian semen dalam pembuatan beton K-300. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui hasil pengujian kuat tekan beton dengan penambahan kulit durian sebesar 3%, 6%, dan 9%. Mutu beton yang direncanakan adalah 24 Mpa dengan estimasi umur 28 hari. Penelitian ini menggunakan benda uji berbentuk silinder dengan ukuran (15×30) cm (Fynniza Z, Muhammad Irwansyah, dan Putri Handayani 2022).

2. Pemanfaatan limbah kulit durian yang kembali digunakan merupakan penanggulangan yang tepat terhadap limbah, oleh karena itu dilakukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui berapa besar pengurangan atau penambahan kuat tekan beton terhadap faktor keamanan suatu bangunan, untuk dapat di aplikasikan pada bangunan-bangunan masyarakat umum. Variasi persentase penambahan serat kulit durian adalah 0,5%, 1%, dan 1,5% terhadap berat semen. Mutu K.175 dan dilakukan pengujian kuat tekan dan tarik belah. Dari hasil pembahasan dilakukan dapat ditarik kesimpulan, beton dengan penambahan kulit durian 0,5%, 1%, dan 1,5% mengalami peningkatan sebesar 2,71%, 3,29%, dan 4,97% di bandingkan beton normal (Indra Syahrul Fuad, Bahder Djohan, dan Midun Saputra).
3. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik *slag* nikel. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan silinder berukuran diameter 10x20 pada umur 28 hari. Hasil pengujian kuat tekan beton curing udara meningkat dari umur 3 hari ke umur 7 hari sebesar 31,50%, sedangkan umur 7 hari ke 28 hari sebesar 33,63%. Untuk curing air meningkat dari umur 3 hari ke umur 7 hari sebesar 13,38%, sedangkan umur 7 hari ke 28 hari sebesar 42,59%.