

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Uraian Umum

Semakin majunya perkembangan zaman, inovasi – inovasi di bidang konstruksi khususnya dalam pembuatan beton semakin bervariasi. Perkembangan tersebut ditandai dengan banyaknya penelitian beton tanpa menggunakan semen dalam pembuatannya atau dikenal dengan beton geopolimer. Polimer merupakan susunan rantai berulang dari atom yang panjang, terbentuk dari pengikat yang berupa molekul identik yang disebut monomer. Beton geopolimer merupakan beton yang terbentuk akibat reaksi polimerisasi senyawa silika (Si) dan alumina (Al) dengan natrium silika (Na_2SiO_3) dan natrium hidroksida (NaOH) yang akan menghasilkan ikatan struktur konsisten (Davidovits, 1999). Namun beton geopolimer masih jauh dari kata sempurna, karena kesulitan dalam pembuatan *mix design*, banyak peneliti menggunakan metode pendekatan *trial and error* dalam pembuatan beton geopolimer. Dalam penelitian ini penulis menggunakan beberapa jurnal sebagai acuan dalam melakukan penelitian, dengan tujuan agar permasalahan baru yang muncul dapat terpecahkan dengan memanfaatkan penelitian – penelitian yang telah ada. Usaha pengembangan beton geopolimer diharapkan dapat menggantikan beton konvensional di masa mendatang.

2.2 Ground Granulated Blast Furnace Slag

Ground granulated blast furnace slag (GGBFS) merupakan produk sampingan dari manufaktur besi/baja yang ketika ditambahkan ke dalam pembuatan beton dapat meningkatkan sifat seperti *workability*, kekuatan, dan daya tahan. GGBFS diperoleh dengan memanaskan bijih besi, batu kapur, dan *coke* pada suhu sekitar 1500 °C. Proses ini dilakukan di dalam *blast furnace* yang kemudian menghasilkan terak cair atau besi cair, terak cair tersebut mengandung alumina, silika, dan oksida – oksida tertentu. Terak kemudian digranulasi dengan cara pendinginan. Dihasilkan butiran – butiran dengan ukuran kurang dari 5mm, lalu butiran dikeringkan dan dihaluskan hingga menjadi bubuk halus, dan terbentuklah *ground granulated blast furnace slag*.

Tabel 2.1 Sifat Fisik *Ground Granulated Blast Furnace Slag*

No	Sifat Fisik	Hasil
1	Berat Jenis	2.90
2	Kepadatan Massa, kg/m ³	1245
3	Warna	Keputihan
4	Ukuran Butiran	Mendekati ukuran butiran semen

(Sumber : Kumar dkk, 2017)

2.3 Beton Geopolimer

Penelitian mengenai perbandingan sifat mekanik beton normal dengan beton geopolimer berbasis GGBFS (*Ground Granulated Blast Furnace Slag*) (Padmanaban dkk, 2018). Dalam pembuatan beton normal digunakan *mix design* IS 10262-2009 untuk mutu M30, sedangkan beton geopolimer digunakan *mix design* perbandingan volume dan massa. Perbandingan alkali aktivator yang digunakan sebesar 5:2 dan molaritas sebesar 8M. Perbandingan aktivator dan GGBFS yang digunakan sebesar 26% : 74%. Perbandingan agregat kasar dan

agregat halus sebesar 65% : 35%. Dilakukan pengujian kuat tekan, kuat tarik, dan kuat lentur pada beton geopolimer serta beton normal. Didapatkan hasil kuat tekan beton geopolimer pada umur 7, 21, dan 28 hari, berturut – turut sebesar 42,67 MPa; 52,08 MPa; 57,42 MPa, kuat tekan beton normal pada umur 7, 21, dan 28 hari, berturut – turut sebesar 24,89 MPa; 30 MPa; 39,42 MPa, kuat tarik beton geopolimer umur 21 dan 28 hari sebesar 4,24 MPa dan 5,98 MPa, kuat tarik beton normal umur 21 dan 28 hari sebesar 2,89 MPa dan 4,24 MPa, kuat lentur beton geopolimer umur 21 dan 28 hari sebesar 1,68 MPa dan 1,92 MPa, kuat lentur beton normal umur 21 dan 28 hari sebesar 1,51 MPa dan 1,77 MPa. Dari hasil pengujian terlihat bahwa terdapat perbedaan yang cukup signifikan antara beton normal dengan beton geopolimer, dimana beton geopolimer menghasilkan hasil yang lebih baik terutama dalam pengujian kuat tekan.

Telah dilakukan studi tentang sifat – sifat fisik *ground granulated blast furnace slag* dalam beton geopolimer yang dilakukan oleh Ahmed dan Lakshmi (2016). Dalam penelitian tersebut digunakan GGBFS 100% dalam pembuatan beton geopolimer dengan kandungan SiO₂, CaO, dan Al₂O₃, berturut – turut sebesar 35,2%; 37,9%; dan 10,7%. Sampel benda uji berupa kubus dengan ukuran 150 mm x 150 mm x 150 mm. Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur 7, 14, dan 28 hari. Sodium silikat (Na₂SiO₃) dan sodium hidroksida (NaOH) digunakan sebagai cairan alkali dan dengan perbandingan 4:2. Perbandingan aktivator dengan GGBFS sebesar 26% : 74%. Perbandingan agregat kasar dengan agregat halus sebesar 70% : 30%. Alkali aktivator dalam penelitian didiamkan selama 24 jam setelah dicampur sebelum digunakan. Dilakukan pengujain *slump*, kuat tekan, dan permeabilitas pada pembuatan beton geopolimer. Didapatkan hasil dari pengujian

slump sebesar 72 mm, kuat tekan beton geopolimer pada umur 7, 14, dan 28 hari, berturut – turut sebesar 54,17 MPa; 66 MPa; 69,43 MPa, dan hasil pengujian permeabilitas mendapatkan hasil yang rendah (*low permeability*) mengartikan air tidak mudah masuk kedalam beton dan beton tahan terhadap cuaca yang ekstrim. Dapat disimpulkan dari penelitian tersebut bahwa beton geopolimer berbasis GGBFS mendapatkan kuat tekan cukup tinggi terutama di umur awal dan memiliki permeabilitas yang rendah.

2.4 Konsentrasi NaOH dan Perbandingan Na_2SiO_3 : NaOH

Penelitian mengenai pengaruh molaritas aktivator alkalin terhadap kuat mekanik beton geopolimer (Ekaputri dkk, 2014). Dalam penelitian tersebut digunakan variasi perbandingan aktivator sebesar 0,5; 1; 1,5; 2; dan 2,5. Konsentrasi molaritas sebesar 8M dan 10M. *Mix design* digunakan perbandingan volume dan massa. Dengan perbandingan *fly ash* : aktivator sebesar 74% : 26%, agregat : binder sebesar 75% : 25%, agregat kasar : agregat halus sebesar 60% : 30%. Digunakan metode *ambient curing* dalam perawatan beton geopolimer. Pengujian kuat mekanik beton yakni tes kuat tekan dilakukan pada benda uji berumur 3, 7, 14, 21, dan 28 hari. Didapatkan hasil pada 5 jenis perbandingan, yaitu 0,5; 1; 1,5; 2; dan 2,5; baik molaritas 8M maupun 10M. beton geopolimer molaritas 8 molar, kuat tekan tertinggi dimiliki oleh beton dengan perbandingan Na_2SiO_3 : NaOH sebesar 2, sedangkan untuk beton geopolimer molaritas 10 molar, kuat tekan tertinggi dimiliki oleh beton dengan perbandingan Na_2SiO_3 : NaOH sebesar 2,5. Disimpulkan bahwa semakin tinggi perbandingan aktivator yang digunakan tidak selalu diiringi oleh semakin tingginya kuat tekan beton yang dihasilkan.

Penelitian mengenai pengembangan dari beton geopolimer berbasis *fly ash* rendah kalsium (Hardjito dan Rangan, 2005). *Mix design* dibuat dengan melakukan perbandingan volume dan massa terhadap bahan – bahan yang digunakan. Natrium silikat (Na_2SiO_3) dan natrium hidroksida (NaOH) digunakan sebagai larutan alkali aktivator. Larutan alkali aktivator dicampur dan digunakan setelah 24 jam pencampuran. Konsentrasi molaritas yang digunakan sebesar 8 M dan 14 M. Perbandingan alkali aktivator digunakan sebesar 0,4 dan 2,5. Metode *curing* yang digunakan merupakan metode *dry curing* dengan variasi suhu sebesar 30 °C, 45 °C, 60 °C, 75 °C, dan 90 °C dengan waktu *curing* selama 6 jam dan 24 jam. Dari hasil penelitian tersebut disimpulkan bahwa konsentrasi molaritas sebesar 14 M, perbandingan aktivator 2,5, suhu curing 60 °C, dengan waktu curing selama 24 jam menghasilkan kuat tekan tertinggi.

Pengaruh variasi molaritas terhadap sifat mekanik beton geopolimer berbasis *fly ash* (Purwanto dkk, 2018). Dalam penelitian tersebut dilakukan perbandingan antara sifat mekanik beton konvensional dengan beton geopolimer dengan variasi molaritas. Variasi konsentrasi molaritas yang digunakan sebesar 6, 8, dan 10 molar. Perbandingan aktivator sebesar 4:2. Komposisi volume antara beton geopolimer dengan beton konvensional disamakan, yakni agregat : binder sebesar 70% : 30%, agregat kasar : agregat halus sebesar 60% : 40%, dan binder : air/aktivator sebesar 65% : 35%. Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur 7, 14, dan 28 hari. Didapatkan hasil uji kuat tekan pada umur 7, 14, dan 28 hari pada beton geopolimer 6M berturut – turut sebesar 15,29 MPa; 31,33 MPa; 41,52 MPa, pada beton geopolimer 8M berturut – turut sebesar 21,14 MPa; 36,42 MPa; 45,29 MPa,

pada beton geopolimer 10M berturut – turut sebesar 19,06 MPa; 35,67 MPa; 43,22 MPa, dan beton konvensional pada umur 28 hari 25,86 MPa. Dari hasil penelitian tersebut didapatkan kesimpulan beton geopolimer memiliki kuat tekan tinggi pada umur 28 hari dibandingkan dengan beton konvensional, konsentrasi molaritas 8M merupakan konsentrasi optimum dikarenakan pada konsentrasi molaritas 10M proses pembuatan beton geopolimer sulit dilakukan dan sulit dalam pemadatan sehingga terdapat rongga pada beton yang menyebabkan penurunan kuat tekan.

2.5 Suhu dan Waktu Curing Beton Geopolimer

Beton geopolimer memiliki proses perawatan / *curing* yang berbeda dengan perawatan beton normal. Dalam proses pembuatannya, beton geopolimer membutuhkan suhu panas untuk membantu reaksi polimerisasi antara GGBFS dan alkali aktivator. Metode perawatan / *curing* beton geopolimer yang biasa dilakukan yaitu dengan cara dipanaskan ke dalam oven atau biasa disebut *dry curing* dan dibiarkan di suhu ruangan atau biasa disebut *ambient curing*. Dalam penelitian ini digunakan 2 metode, yaitu *dry curing* dan *ambient curing*. Setelah beton geopolimer dibuat dan dimasukkan kedalam cetakan beton akan di diamkan selama 24 jam dalam suhu ruangan sebelum nantinya dimasukkan ke dalam oven dengan suhu 60°C selama 24 jam. Setelah dikeluarkan dari oven, beton geopolimer dimasukkan ke dalam plastik lalu ditutup rapat sampai waktu pengujian. Kuat tekan akan meningkat saat di *curing* dengan suhu antara 30°C sampai 90°C (Hardjito dan Rangan, 2005).

Penelitian mengenai efek penggunaan GGBFS dan *curing temperature* terhadap susunan karakteristik mikrostruktural pada beton ringan geopolimer (Hilal

dkk, 2017). Dalam penelitian tersebut dilakukan penggantian 0%, 25%, dan 50% GGBFS terhadap *fly ash* dan dilakukan *curing* dengan suhu 30°C, 60°C , dan suhu ruangan, pengujian dilakukan pada umur 7 hari dan 28 hari untuk melihat hasil mikrostruktural. Didapatkan hasil pada umur 7 hari bahwa reaksi polimerisasi belum terlalu sempurna, dan pada umur 28 hari menghasilkan reaksi polimerisasi yang cukup sempurna. Penambahan GGBFS pada adukan beton yang di *curing* pada suhu 60 °C menghasilkan pembentukan yang lebih sempurna dibandingkan dengan suhu 30 °C dan suhu ruangan.