

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Uji Pendahuluan

4.1.1 Prekursor

Kaolin sebagai bahan dasar (prekursor) pembentuk geopolimer diuji untuk mengetahui komposisi kimia penyusun kaolin. Diharapkan sebagian besar senyawa yang terkandung pada kaolin adalah silikon (Si) dan alumina (Al). Kaolin yang digunakan berasal dari Bangka Belitung.

Pengujian dilakukan di Laboratorium *Fire, Material and Safety Engineering*, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta. Komposisi kimia kaolin terdapat pada Tabel 4.1:

Tabel 4.1 Komposisi Kimia Kaolin Hasil Uji Unsur

Komposisi Kimia	% Berat
O	71,15
Al	14,50
Si	14,36

Sumber: Pengujian oleh mesin JED-2300 *AnalysisStation* di Laboratorium *Fire, Material and Safety Engineering*

Agar dapat menjadi bahan dasar pasta geopolimer, kaolin harus diubah menjadi metakaolin dengan proses pemanasan pada suhu 800⁰C selama kurang lebih 3 jam. Tujuan dari pemanasan kaolin ini adalah agar sifat kaolin menjadi lebih halus sehingga reaktif terhadap aktivator. Pemanasan kaolin dilakukan di Laboratorium Material dan Unsur Teknik Mesin Universitas Negeri Jakarta. Uji unsur pun dilakukan pada metakaolin, komposisi kimia metakaolin terdapat pada Tabel 4.2:

Tabel 4.2 Komposisi Kimia Metakaolin Hasil Uji Unsur

Komposisi Kimia	% Berat
O	60,38
Al	20,01
Si	19,61

Sumber: Pengujian oleh mesin JED-2300 *AnalysisStation* di Laboratorium *Fire, Material and Safety Engineering*

4.1.2 Agregat Halus dan Agregat Kasar

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah pasir beton dari Cimangkok, Sukabumi dan kerikil dari Toko Material bahan bangunan di Bogor. Langkah selanjutnya, sebagian dari bahan-bahan tersebut diteliti kadar lumpur, gradasi butir agregat, berat jenis dan kadar airnya.

Hasil pengujian bahan yang telah dilakukan pada bahan dasar pembentuk beton berdasarkan SNI 03-1766-1990. Hasil pengujian pendahuluan dapat dilihat pada Tabel berikut:

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Bahan

Pengujian	Pasir	Kerikil
Kadar Lumpur	4,77 %	-
Modulus Kehalusan Butir	3,10	7,08
Berat Jenis dan Penyerapan Air		
1. BJ Kering	1,97	2,33
2. BJ SSD	2,1	2,46
3. BJ Semu	2,38	2,69
4. Penyerapan Air	8,62	0,06

Berdasarkan Tabel 4.3 mengenai hasil uji terhadap bahan penyusun beton dapat diketahui bahwa bahan tersebut lolos uji Standar Nasional Indonesia (SNI) sebagai bahan campuran penyusun beton. Dari hasil uji analisa dan grafik saringan diketahui bahwa pasir yang digunakan termasuk kedalam zona 3 (pasir halus) dan *split* termasuk pada ukuran maksimum 40 mm.

4.2 Perhitungan Rancangan Campuran Beton

Perhitungan rancangan campuran beton ini dilakukan berdasarkan ASTM dan ACI, sesuai dengan data-data hasil uji pemeriksaan agregat dan semen portland. Untuk campuran beton dengan mutu yang direncanakan adalah f_c' 35 MPa, dengan pertimbangan slump 100 ± 20 mm, FAS 0,41 dan dari hasil uji penyerapan air, kadar lumpur dan berat jenis agregat maka proporsi masing-masing bahan penyusun beton (jelasnya pada Lampiran *Mix Design*) tersebut seperti Tabel 4.4:

Tabel 4.4 Proporsi Bahan Campuran Beton per-meter Kubik (m^3)

Bahan	Berat (kg)
Semen	450
Air	184,5
Agregat Halus	576
Agregat Kasar	981
Jumlah	2.191,5

Setelah direncanakan sesuai *mix design* sesuai dengan ASTM dan ACI selanjutnya *mix design* dikoreksi dengan kebutuhan bahan yang dipergunakan. Pada penelitian ini semen diganti menjadi semen geopolimer yang terdiri dari kaolin, NaOH, dan Na_2SiO_3 dengan persentase yang saya dapat dari penelitian Afrizal (2010), sehingga komposisinya seperti Tabel 4.5:

Tabel 4.5 Proporsi Bahan Campuran Beton Geopolimer per-meter kubik (m^3)

Bahan	Berat (kg)
Kaolin (52 %)	234
NaOH (13 %)	58,5
Na_2SiO_3 (35 %)	157,5
Air	184,5
Agregat Halus	576
Agregat Kasar	981
Jumlah	2.191,5

Proses koreksi kebutuhan bahan diperoleh dari volume 15 benda uji silinder pada Lampiran *Mix Design*.

4.3 Deskripsi Data

4.3.1 Nilai *Slump*

Sebelum dilakukan pencetakan pada silinder, dilakukan uji *slump* terlebih dahulu, data hasil pengujian *slump* harus sesuai dengan perencanaan penelitian yaitu 100 ± 20 mm. Nilai *slump* beton geopolimer bernilai 220 mm. Nilai *slump* beton geopolimer dengan beton semen sangat berbeda karena tingkat kekentalannya berbeda, dikarenakan semen digantikan oleh kaolin, NaOH, dan Na_2SiO_3 . Campuran antara NaOH dan Na_2SiO_3 berbentuk cairan sehingga membuat campuran beton geopolimer ini lebih cair atau memiliki nilai *slump* yang lebih besar dari yang direncanakan.



Gambar 4.1 *Slump* beton geopolimer

4.3.2 Perawatan Beton Geopolimer

Perawatan atau *curing* yang dimaksud pada penelitian ini adalah proses pengerasan beton geopolimer. seperti halnya beton konvensional, *curing* dimaksudkan untuk meningkatkan kekuatan tekan dari beton. Namun pada beton geopolimer, *curing* didapat dengan menaikkan suhu lingkungan.

Proses *curing* dilakukan dengan oven yang terdapat di Laboratorium Uji Bahan Teknik Sipil. Temperatur *curing* pada penelitian ini adalah 60°C, 75°C, 90°C, 105°C, dan 120°C selama 8 jam.



Gambar 4.2 *Curing* beton dengan oven listrik

4.3.3 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Geopolimer

Pengujian kuat tekan dilakukan untuk mendapatkan nilai kuat tekan dari benda uji yang telah dirancang kuat tekannya. Nilai kuat tekan yang didapat merupakan hasil dari beban maksimum yang diterima oleh benda uji dibagi dengan luas penampang benda uji. Data hasil pengujian kuat tekan beton untuk setiap perlakuan benda uji yang menggunakan temperatur *curing* berbeda dapat dilihat pada lampiran. Hasil rata-rata kuat tekan beton dapat dilihat pada tabel 4.6:

Tabel 4.6 Hasil Kuat Tekan Beton Geopolimer

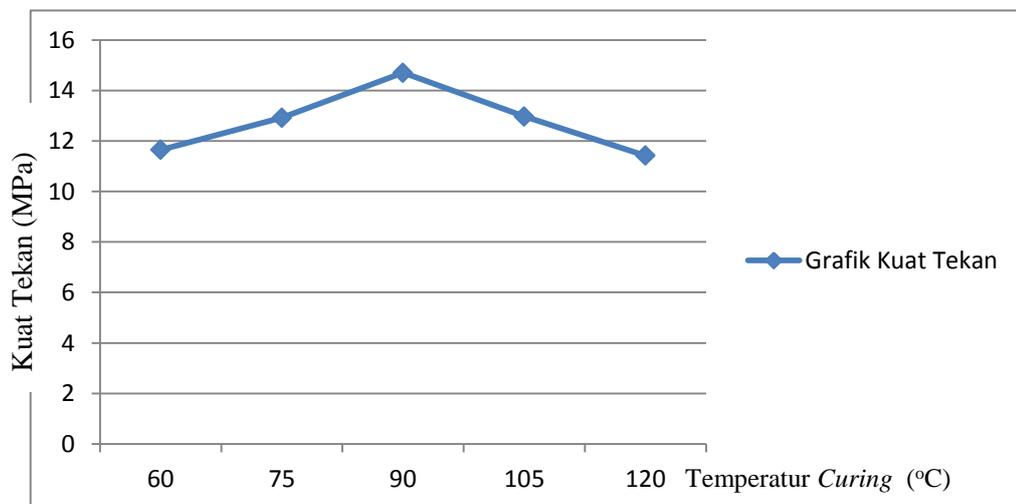
Umur (Hari)	Temperatur <i>Curing</i> (°C)	Sampel	Kuat Tekan (MPa)
14	60°C	1	11,70
		2	10,80
		3	12,45
	Rata-rata		11,65
	75°C	1	14,78
		2	11,78
		3	12,20
	Rata-rata		12,92
	90°C	1	12,82
		2	13,80

		3	17,48
	Rata-rata		14,70
105°C		1	11,53
		2	14,96
		3	12,42
	Rata-rata		12,97
120°C		1	11,42
		2	12,70
		3	10,14
	Rata-rata		11,42

4.4 Pembahasan Hasil Penelitian

Pembahasan berdasarkan data hasil penelitian yang telah dilakukan yaitu rancangan $f'c$ 35 MPa dengan menggunakan temperatur *curing* 60°C, 75°C, 90°C, 105°C, dan 120°C.

Grafik kuat tekan seluruh benda uji dapat dilihat pada grafik berikut:

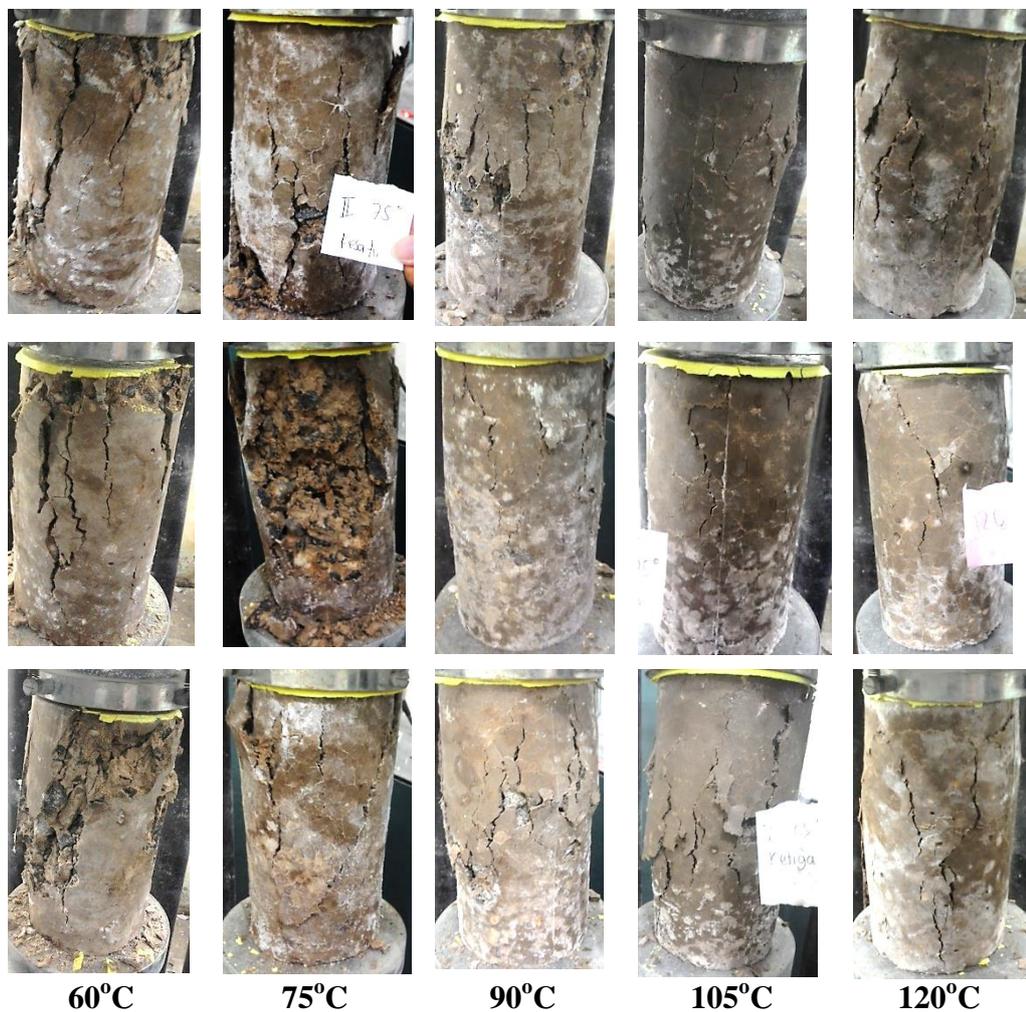


Gambar 4.3 Grafik kuat tekan rata-rata beton geopolimer umur 14 hari

Proses benda uji dilakukan dengan cara sama setiap variasinya yaitu dengan pengadukan manual. Berdasarkan gambar 4.3 umur beton adalah 14 hari, sedangkan rencana penelitian umur beton adalah setelah *curing* dalam oven selama 8 jam. Keterlambatan penekanan dikarenakan oven dan alat uji

tekan (*crussing machine*) di laboratorium bahan sedang masa perbaikan menyebabkan pengujian harus dilakukan secara bersamaan pada alat uji tekan yang sama.

Pada data tekan diatas terlihat kenaikan nilai kuat tekan searah dengan kenaikan temperatur *curing* pada temperatur 60°C, 75°C dan 90°C. Namun kuat nilai kuat tekan menurun saat temperatur *curing* 105°C dan 120°C dikarenakan sebagian air sudah menguap sehingga mengurangi kualitas beton geopolimer. Temperatur *curing* optimal pada penelitian ini adalah 90°C.



Gambar 4.4 Pola retak beton geopolimer dengan temperatur *curing* 60°C, 75°C, 90°C, 105°C, dan 120°C

Pola retak dari benda uji dengan temperatur *curing* 60°C adalah vertikal menunjukkan bahwa kepadatan silinder merata, besarnya celah retak menunjukkan benda uji basah atau lembab karena temperatur *curing* yang masih belum optimal. Pola retak dari benda uji dengan temperatur *curing* 75°C adalah vertikal namun terlihat ada runtuhan bagian beton yang menunjukkan masih belum optimal pengikatan pasta geopolimer karena temperatur *curing* yang belum memenuhi. Sedangkan pola retak dari benda uji dengan temperatur *curing* 90°C adalah vertikal dan jarak celah retakannya mulai mengecil, dikarenakan beton geopolimer tidak terlalu lembab sehingga kualitas beton geopolimer naik.

Pola retak dari benda uji dengan temperatur *curing* 105°C dan 120°C adalah vertikal, serta celah retakannya tidak terlalu besar namun nilai kuat tekannya rendah. Hal ini terjadi karena temperatur *curing* diatas 100°C sehingga sebagian besar air dalam beton geopolimer sudah menguap, hal ini ditunjukkan dengan retakan yang terlihat pada bagian tengah beton geopolimer yang ditunjukkan oleh gambar 4.5.



Gambar 4.6 Retakan beton geopolimer setelah proses *curing* dengan temperatur 120°C

Selain temperatur *curing* kondisi lingkungan sekitar beton geopolimerpun sangat mempengaruhi kualitas beton, maka harus diperhatikan penyimpanan beton

geopolimer setelah proses *curing* dari oven. Udara lembab atau suhu rendah laboratorium bahan menyebabkan beton geopolimer mengeluarkan garam yang diduga dihasilkan dari sisa ikatan NaOH dan Na_2SiO_3 yang tidak bereaksi akibat udara lembab disekitarnya. Namun dugaan ini harus diteliti lebih lanjut agar jelas kebenarannya.



(a) (b) (c)
Gambar 4.7 Beton geopolimer yang baru diangkat dari oven (a), beton geopolimer setelah dua hari diangkat dari oven (b), dan jenis garam yang dihasilkan dari sisa ikatan NaOH dan Na_2SiO_3 (c)

4.5 Keterbatasan Penelitian

Dalam penelitian ini masih banyak keterbatasan penelitian yang diantaranya adalah:

1. Peneliti hanya menguji kuat tekan beton geopolimer saja tidak menguji penyerapan air, porositas dan modulus elastisitas pada beton geopolimer.
2. Tidak adanya indikator pengukur suhu saat pembakaran kaolin, dikarenakan alat sedang rusak.
3. Penelitian hanya menggunakan pengadukan manual dengan tangan yang memungkinkan kurangnya pengadukan secara sempurna.

4. Penelitian hanya menggunakan timbangan manual yang mengakibatkan kurangnya keakuratan data penelitian yang diharapkan.
5. Terbatasnya oven sehingga tertundanya pengujian tekan beton geopolimer.
6. Terbatasnya alat laboratorium sehingga pengujian kuat tekan diundur dan umur beton menjadi tidak seragam, hal ini menyebabkan kualitas beton geopolimer menurun dan belum adanya penelitian yang meneliti pengaruh kuat tekan terhadap umur beton geopolimer.
7. Kurang mendukungnya kondisi laboratorium yang pada saat penelitian sedang dilakukan perbaikan atap karena kebakaran, sehingga peneliti tidak dapat memastikan benda uji aman 100% setelah ditinggalkan peneliti.
8. Kurang mendukungnya cuaca pada saat pembuatan beton geopolimer, yaitu sering turun hujan yang menyebabkan suhu udara menurun yang mempengaruhi kualitas beton geopolimer pada pengujian tekan.
9. Perancangan campuran tidak memperhatikan bj semen geopolimer.
10. Perancangan campuran tidak memperhatikan kebutuhan air agar semen geopolimer dapat bereaksi dengan baik.