

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Beton konvensional merupakan material konstruksi yang paling umum digunakan karena memiliki kekuatan tinggi, durabilitas yang baik, serta dapat dibentuk sesuai dengan kebutuhan. Di dalam campuran beton, semen berfungsi pengikat antara agregat kasar dan agregat halus. Namun, proses pembakaran bahan dasar semen dianggap kurang ramah lingkungan karena membutuhkan temperatur hingga 1500°C yang menghasilkan emisi karbon dioksida setara dengan jumlah produksi semen itu sendiri (Irawan, 2021). Secara global, industri semen berkontribusi terhadap emisi karbon dioksida sekitar 1,6 miliar ton metrik, setara dengan 8% dari total emisi CO<sub>2</sub> dunia. (Ubaidillah, 2024). Upaya untuk menemukan material pengganti beton yang ramah lingkungan serta berkelanjutan penting dalam perkembangan industri konstruksi.

Beton geopolimer merupakan alternatif pengganti beton konvensional. Berbeda dengan beton konvensional, beton geopolimer tidak memanfaatkan semen sebagai material pengikat, melainkan menggunakan *fly ash* yang memiliki sifat pozzolanik. Pozzolanik adalah material yang mengandung aluminosilikat atau aluminium dan silikat, senyawa inilah yang akan menggantikan C-S-H pada semen Portland. C-S-H atau kalsium silika hidrat merupakan senyawa pengikat agregat beton dari hasil hidrasi semen dan air. Perbedaan pada beton geopolimer adalah reaksi yang terbentuk yaitu N-A-S-H pada *fly ash* tipe F. Jika air pada semen merupakan reaktan utama, maka dalam beton geopolimer air merupakan media pelarut yang melarutkan

aktivator untuk bereaksi dengan *fly ash* membuat ikatan reaksi pengikat agregat pada beton.

*Fly ash* umumnya dihasilkan dari pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) atau industri yang menggunakan batu bara sebagai bahan bakar. Sebagai contoh, PLTU Suralaya di Indonesia mengonsumsi sekitar 35.000 – 40.000 ton batu bara setiap harinya dan menghasilkan kurang lebih 1.750 ton *fly ash* serta *bottom ash* per hari (Ester Ghozali et al., 2018). *Fly ash* yang berasal dari PLTU Suralaya termasuk dalam tipe F. Tipe ini lebih disarankan untuk beton geopolimer dibandingkan tipe lainnya, karena kandungan SiO<sub>2</sub> dan Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> yang tinggi dimilikinya berperan penting dalam proses pembentukan ikatan N-A-S-H pada beton geopolimer.

Dengan memanfaatkan limbah industri dari hasil pembakaran batu bara, tidak hanya mengurangi ketergantungan pada semen *portland* akan tetapi juga dapat mengurangi emisi karbon yang dihasilkan dari pembuatan semen. Berikut adalah perbandingan susunan kimia semen dengan *fly ash* dapat dilihat pada Tabel 1.1.

Tabel 1.1 Perbandingan Susunan Unsur Semen dengan *Fly Ash* tipe F

Unsur Kimia (%)	CaO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	SO <sub>3</sub>
Semen	65	25	8	6	4	2
Fly Ash F	9	50	16	13	3	1

Sumber: Sucofindo

Untuk menilai apakah beton geopolimer dapat dijadikan alternatif pengganti beton konvensional, perlu dilakukan pengujian terhadap sifat fisik maupun mekaniknya. Karakteristik fisik dan mekanik beton geopolimer dipengaruhi oleh beberapa faktor, salah satunya adalah faktor air semen. Apabila nilai faktor air semen terlalu tinggi, kebutuhan air menjadi lebih besar sehingga porositas meningkat dan kuat tekan beton menurun. Sebaliknya, jika faktor air semen terlalu rendah, jumlah air

yang tersedia lebih sedikit sehingga jarak antar butiran semakin pendek, yang pada akhirnya membuat beton segar sulit dikerjakan. (Sari et al., 2015). Oleh karena itu, pada penelitian ini digunakan tiga variasi faktor air semen 0,3; 0,4 dan 0,5 untuk membandingkan sifat fisik dan sifat mekanik beton geopolimer dengan beton konvensional pada beton mutu tinggi, sedang, dan rendah.

Sejumlah penelitian mengungkapkan bahwa kekuatan tekan beton geopolimer sangat dipengaruhi oleh karakteristik *fly ash* serta jenis aktivator yang digunakan. Aktivator yang umumnya digunakan ialah alkali aktivator, yaitu campuran dari larutan sodium silikat dan sodium hidroksida. Akan tetapi, alkali aktivator memiliki beberapa kekurangan untuk beton geopolimer. Kekurangan penggunaan aktivator kondisi basah ialah *setting time* beton yang cepat dan keenceran campuran beton dapat berpengaruh pada porositas dan mutu kuat tekan beton geopolimer (Luukkonen et al., 2018). Oleh karena itu, aktivator dalam kondisi kering mulai digunakan sebagai alternatif. Aktivator kondisi kering yang digunakan merupakan campuran dari sodium metasilikat pentahidrat dan sodium hidroksida dalam bentuk bubuk yang nantinya akan digiling bersama *fly ash* menjadi semen geopolimer.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Rumusan masalah dalam penelitian ini dapat dirincikan sebagai berikut:

1. Bagaimana perbedaan pengaruh faktor air semen terhadap beton konvensional dengan beton geopolimer?
2. Bagaimana pengaruh faktor air semen terhadap sifat fisik beton geopolimer?
3. Bagaimana pengaruh faktor air semen terhadap sifat mekanik beton geopolimer?

### 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang hendak dicapai melalui penelitian ini dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui perbedaan pengaruh faktor air semen terhadap beton konvensional dengan beton geopolimer.
2. Untuk mengetahui pengaruh faktor air semen terhadap sifat fisik beton geopolimer.
3. Untuk mengetahui pengaruh faktor air semen terhadap sifat mekanik beton geopolimer.

### 1.4 Batasan Masalah

Untuk mencegah terjadinya perluasan masalah, maka dalam penelitian ini digunakan beberapa pembatasan masalah sebagai berikut:

1. Faktor air semen yang digunakan sebesar 0,3; 0,4 dan 0,5 untuk mengetahui sifat fisik dan mekanik beton geopolimer pada beton mutu tinggi, sedang dan rendah.
2. Pengujian sifat fisik beton adalah uji SEM EDX untuk mengetahui morfologi, porositas, *interface*, dan sebaran unsur. Pengujian sifat mekanik beton untuk mengetahui nilai *slump*, *workability* dan kuat tekan beton.
3. Pengujian SEM EDX dan kuat tekan beton di uji pada umur 28 hari.
4. *Fly ash* kelas F yang diperoleh dari PLTU Suralaya digunakan dalam penelitian ini, karena tipe F memiliki kandungan aluminosilikat yang tinggi, dengan proporsi campuran semen sebesar 0% dan 100%.
5. Aktivator terdiri dari Sodium Hidroksida (NaOH) 10 M dan Sodium Metasilikat Pentahidrat ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ) perbandingan 1:1. Perbandingan ini dapat menghasilkan reaksi yang ideal dan stabil, jika NaOH terlalu besar mengakibatkan reaksi terlalu cepat dan  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  terlalu besar campuran menjadi terlalu kental dan *workability*

sulit. Metode pencampuran kering digunakan agar mengurangi reaksi yang terlalu cepat pada metode pencampuran basah sehingga campuran lebih merata dan *workability* lebih mudah

6. Cetakan benda uji beton dibuat dalam dua bentuk, yaitu silinder berukuran 15 cm x 30 cm untuk pengujian sifat mekanik, serta kubus berukuran 1 cm x 1 cm x 1 cm untuk pengujian sifat fisik.
7. Jumlah sampel yang dipersiapkan sebanyak 24 benda uji, dengan rincian 18 sampel digunakan untuk pengujian kuat tekan dan 6 sampel dialokasikan untuk pengujian SEM-EDX.
8. Agregat kasar yang digunakan berasal dari Mojosari karena memiliki bentuk yang relative tajam dan keras sehingga memberikan ikatan yang lebih baik, agregat halus berasal dari Lumajang karena memiliki FM yang sesuai serta kandungan lumpu yang rendah sehingga tidak mengganggu ikatan antara agregat dengan pasta.

### **1.5 Lokasi Penelitian**

Uji kandungan *fly ash* di laksanakan di PT Sucofindo (Persero) Laboratorium Surabaya. Untuk pelaksanaan pembuatan beton dan uji kuat tekan dilaksanakan di Laboratorium Bahan dan Konstruksi Teknik Sipil kampus UPN “Veteran” Jawa Timur. Uji *Scanning Electron Microscope* untuk pengujian sifat fisik beton dilaksanakan di Laboratorium Pengujian Terpadu UPN “Veteran” Jawa Timur.