

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Beton adalah bahan konstruksi yang terbentuk dari perpaduan berbagai komponen, termasuk agregat halus, bahan pengikat, agregat kasar, serta air. Bahan pengikat yang umum dipakai dalam beton adalah semen Portland, yang bercampur dengan air untuk menghasilkan pasta semen yang berperan menjadi perekat bagi agregat halus serta kasar. Beton menampilkan sifat mekanik yang istimewa, termasuk keunggulan dalam kekuatan tekan dan rigiditas, serta kualitas fisik yang memadai, seperti ketahanan terhadap pengaruh cuaca dan kebakaran. (SNI 2847, 2019).



Gambar 1. 1 Foto Penambangan Batu Krikil Alami

Agregat, sebagai komponen utama dalam beton, memiliki peran penting dalam menentukan sifat-sifat mekanik dan fungsional beton. Agregat merupakan komponen material yang terdiri dari butiran-butiran, yang difungsikan untuk bahan campuran dalam mortar atau beton. Agregat memiliki andil signifikan dalam volume total beton, mencapai sekitar 60% hingga 80%, oleh karena itu, proses pemilihan agregat memiliki pengaruh yang substansial terhadap sifat-sifat mekanik dan teknis dari mortar atau beton yang dihasilkan. (Tjokrodimulyo, 1995). Asosiasi Beton Indonesia (ABI) memproyeksikan permintaan beton

ready mix di tahun 2024 mencapai 90 juta meter³. Sekitar 72 juta meter³ agregat kasar dibutuhkan untuk 90 juta meter kubik beton. Dengan pembangunan yang terus berkembang, Penambangan batu krikil di Indonesia telah menimbulkan kerusakan lingkungan yang signifikan di berbagai wilayah. Contohnya di Cibinong, Bogor, 70% habitat alami hilang, erosi tanah meningkat 50%, kualitas air sungai Cibinong turun 50%, dan kadar debu di udara naik 200%. Di Jawa Barat, 17% hutan hilang dan 30% sungainya tercemar akibat sedimentasi dan limbah penambangan. Di Kalimantan Timur, 20% hutan hilang dan pencemaran air tanah dan sungai terjadi akibat kegiatan penambangan batu bara dan batu krikil. Data-data ini menunjukkan bahwa penambangan batu krikil membawa dampak negatif yang serius bagi lingkungan dan perlu ditangani dengan tegas. Dengan pembangunan yang terus berkembang, penggunaan agregat kasar menjadi komponen utama pada beton juga meningkat, yang menyebabkan peningkatan produktivitas penambangan agregat dan kerusakan lingkungan yang signifikan.

Untuk mengatasi dampak lingkungan tersebut, perlu dicari agregat yang lebih ramah lingkungan. Salah satu solusinya adalah membuat agregat geopolimer dengan *silica fume* dan *fly ash*. *Fly ash* adalah residu pembakaran batubara di pembangkit listrik, sementara *silica fume* adalah produk sampingan dari produksi silikon dan ferrosilicon alloy. Kedua material ini memiliki potensi signifikan untuk dimanfaatkan sebagai bahan utama dalam produksi agregat geopolimer yang lebih ramah lingkungan serta memiliki sifat-sifat unggul.

Fly ash, juga dikenal sebagai abu terbang, adalah produk sampingan dari pembakaran batu bara di pembangkit listrik di Indonesia. Potensi material ini sebagai bahan baku dalam industri konstruksi sangatlah besar. Namun, penggunaannya masih terbatas di Indonesia, dan sebagian besar *fly ash* yang dihasilkan masih terbuang ke tempat pembuangan akhir. *Fly ash*, sebagai bagian dari komponen Pezzellan, memiliki kandungan yang tinggi akan Si dan Al. Sifat ini mendukung proses polimerisasi dan polikondensasi yang terjadi selama pembentukan

agregat. Ketika teraktivasi oleh aktivator, kandungan tersebut memungkinkan fly ash untuk mengeras menjadi struktur padat yang kokoh. Beton geopolimer, sebuah inovasi dalam teknologi material konstruksi, terbuat dari bahan-bahan alami seperti fly ash, pasir, dan larutan alkali. Beton geopolimer unggul dalam beberapa aspek, termasuk kekuatan yang lebih tinggi, ketahanan terhadap korosi, serta dampak lingkungan yang lebih rendah dibandingkan beton konvensional. Berbeda dengan beton biasa yang mengalami reaksi hidrasi, beton geopolimer terbentuk melalui reaksi kimia (Davidovits, 1985). Salah satu aspek yang menonjol dari beton geopolimer adalah kekuatan tekan dan daya tahan yang tinggi (Hardjito dan Rangan, 2005). Penelitian telah menunjukkan bahwa beton geopolimer yang direstrukturisasi menjadi pilihan yang memadai untuk pengembangan di wilayah yang rentan terhadap gempa bumi (Ganesan, N., 2014).

Silica fume adalah bahan pozzolanik reaktif tinggi, silica fume berpotensi untuk meningkatkan kinerja mortar beton geopolimer. Kandungan silica fume yang berkontribusi terhadap peningkatan sifat mortar geopolimer. Silica fume secara signifikan meningkatkan kekuatan tekan mortar geopolimer karena partikelnya yang sangat halus mengisi celah dan rongga dalam pasta semen, memperkuat matriks dan meningkatkan kepadatannya (Malhotra, 2004; Neville, 2000). Peningkatan ini dapat mencapai 30% dibandingkan dengan mortar geopolimer tanpa *silica fume*. *Silica fume* meningkatkan ketahanan mortar geopolimer terhadap serangan sulfat, klorida, dan bahan kimia agresif lainnya (ACI Committee 223, 2003). Hal ini diakibatkan oleh reaksi pozzolanik dari kalsium hidroksida (Ca(OH)_2) serta *silica fume* pada pasta semen, menghasilkan senyawa gel silika-alumina (C-S-H) yang lebih stabil dan tahan lama. *Silica fume* meningkatkan workability mortar geopolimer, membuatnya lebih mudah dicampur, diaplikasikan, dan dipadatkan (ACI Committee 211, 1999). Efek pelicin partikel *silica fume* mengurangi gesekan antar partikel dan meningkatkan aliran campuran, memungkinkan aplikasi yang lebih mudah dan efisien. *Silica fume* meningkatkan

ketahanan mortar geopolimer terhadap retak, abrasi, dan siklus pembekuan-pencairan (ACI Committee 318, 2019). Partikel *silica fume* memperkuat matriks dan meningkatkan kohesi antar partikel, menghasilkan mortar geopolimer yang lebih tahan lama dan tahan terhadap kerusakan.

Metode pelletized dengan wadah berputar bersudut diterapkan untuk menghasilkan beton geopolimer. Dua belas kilogram fly ash dengan kandungan air 10% dari berat total disemprotkan ke dalam wadah berputar selama 20 menit. Dua metode curing digunakan: curing dingin dengan menempatkan agregat buatan dalam wadah plastik pada suhu dan kelembaban relatif 70% selama 28 hari, dan curing panas dengan mengeringkan agregat buatan pada suhu selama 24 jam dan kemudian menyimpannya pada suhu ruang selama 28 hari (Terzic, Pezo, Mitic, & Radojevic, 2014). Pengaruh rasio silika (SiO_2) terhadap alumina (Al_2O_3) dalam proses polimerisasi beton geopolimer fly ash. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rasio $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{SiO}_3$ yang optimal untuk mencapai kekuatan tekan maksimum berkisar antara 2,6 dan 3,6. Rasio ini penting untuk memastikan polimerisasi yang tepat dan pembentukan gel silika-alumina yang kuat dalam matriks beton geopolimer (Al Rasyid, The Content Ratio of SiO_2 , Al_2O_3 , Na_2O dan H_2O in Geopolymer Concrete, 2015).

Menurut latar belakang penelitian diatas, penelitian ini dilaksanakan guna mengeksplorasi lebih luas lagi mengenai *Artificial aggregate*. Agregat kasar geopolymer berbasahdasar *fly ash* yang disubtitusikan dengan *silica fume* sebanyak 0%, 5%, dan 10% merupakan inovasi ramah lingkungan yang menarik dan juga memiliki potensi besar untuk menghadirkan *Artificial aggregate* di dunia konstruksi. Diharapkan dengan adanya penelitian ini dapat memenuhi kebutuhan konstruksi dalam meningkatkan kekuatan agregat kasar sehingga dapat tercipta beton dengan mutu yang lebih baik dan juga dapat mengetahui pengaruh yang di berikan *silica fume* terhadap karakteristik batu kerikil.

1.2 Rumusan Masalah

Pada penelitian ini rumusan masalahnya yakni :

- a. Bagaimana merancang campuran agregate buatan geopolymer menggunakan *fly ash* yang di substitusikan dengan *silica fume* ?
- b. Berapakah proporsi substitusi *silica fume* yang optimal dari 0%, 5%, dan 10% untuk membuat aggregate buatan yang dapat menggantikan aggregate alami?
- c. Bagaimana karakteristik fisik dan mekanis dari agregat geopolimer yang dibuat dengan bahan dasar *fly ash* dan *silica fume*?
- d. Seberapa besar pengaruh substitusi *silica fume* terhadap sifat-sifat agregat geopolimer?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini mempunyai tujuan yaitu :

- a. Mengidentifikasi proporsi optimal agregate buatan geopolymer menggunakan *fly ash* yang di substitusikan dengan *silica fume* dengan sifat mekanik yang diinginkan dan dampak lingkungan yang lebih sedikit.
- b. Mengetahui persentase optimal untuk proporsi *fly ash* yang disubstitusikan *silica fume* dengan persentasi 0%, 5%, dan 10%.
- c. Mengetahui sifat fisik dan mekanik agregat kasar ramah lingkungan berbahan dasar geopolimer *fly ash* dan *silica fume*.
- d. Mengetahui pengaruh substitusi *silica fume* terhadap sifat-sifat agregat geopolimer.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini yakni:

- a. Memberikan tambahan wawasan dan pengetahuan dalam bidang material konstruksi, khususnya dalam penggunaan bahan-bahan alternatif yang lebih berkelanjutan.
- b. Menyediakan alternatif agregat yang lebih ramah lingkungan untuk industri konstruksi. Mengurangi dampak negatif dari penambangan agregat alami.
- c. Memberikan dasar bagi penelitian selanjutnya dalam mengembangkan teknologi bahan bangunan berkelanjutan.

1.5 Batasan Penelitian

Berikut merupakan batasan permasalahan dalam penelitian ini yakni:

- a. Pengujian dilakukan untuk mengetahui karakteristik fisik dan mekanis agregat geopolimer saja, tanpa melibatkan pengujian pada beton yang menggunakan agregat tersebut.
- b. Dalam penelitian ini, beberapa pengujian dilakukan untuk mengevaluasi sifat material, meliputi uji berat jenis, uji Bulk density, dan uji los angeles.
- c. Pengujian dilakukan untuk karakteristik fisik dan mekanis agregat geopolimer saja, tanpa melibatkan pengujian pada beton yang menggunakan agregat tersebut.
- d. Para peneliti mengevaluasi dampak silica fume terhadap karakteristik agregat buatan geopolimer yang berasal dari fly ash. Variasi persentase *silica fume* yang dimanfaatkan adalah 0%, 5%, dan 10%. Agregat buatan menjalani proses curing dua tahap: curing oven pada 60°C selama 4 jam dan curing suhu ruang selama 28 hari.
- e. Penelitian agregat kasar buatan yang akan diuji hanya menggunakan spesifikasi 8M, pada aktivator.