

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sejauh ini beton dikenal sebagai material bangunan paling populer. Hal ini karena bahan dasarnya mudah didapati dan harganya relatif murah, serta teknologi pembuatannya relatif sederhana. Namun, akhir-akhir ini penggunaan beton makin sering mendapatkan kritik, khususnya dari kalangan yang peduli dengan kelestarian lingkungan hidup. Yang menjadi sasaran perhatian adalah emisi gas rumah kaca (CO_2) yang dihasilkan dari proses kalsinasi kapur dan pembakaran pada proses produksi semen yang memerlukan suhu tinggi.

Disisi lain, permintaan beton sebagai material konstruksi semakin meningkat sehingga permintaan semen juga ikut meningkat. Pertumbuhan konsumsi semen dalam negeri saja untuk semester I-2008 meningkat 21,1 persen dari 15,5 juta ton per Juni 2007 menjadi 18,8 juta ton per Juni 2008. Diperkirakan konsumsi semen hingga akhir tahun ini mencapai 20,4-21,3 juta ton. Menurut Davidovits (1994), produksi 1 ton semen Portland akan menghasilkan 1 ton CO_2 yang dilepas ke atmosfer, yang akan berakibat terhadap efek pemanasan global. Kontribusi CO_2 itu sendiri terhadap pemanasan global adalah sekitar 65% (McCaffery, 2002). Peningkatan produksi semen tentunya akan meningkatkan pula jumlah CO_2 yang dilepas ke atmosfer sehingga akan mempercepat proses pemanasan global.

Merujuk pada besarnya sumbangan industri semen terhadap total emisi CO_2 maka perlu segera dilakukan upaya untuk menekan angka produksi gas yang memicu pemanasan global ini karena tampaknya proporsi sumbangan CO_2 ini akan terus bertahan atau bahkan meningkat sesuai dengan peningkatan produksi semen. Oleh karena itu, penggantian sejumlah bagian semen dalam proses pembuatan beton, atau secara total menggantinya dengan bahan lain yang lebih ramah lingkungan menjadi pilihan yang lebih menjanjikan.

Usaha yang telah dilakukan untuk mengurangi konsumsi semen adalah dengan mempromosikan penggunaan *pozzolan* non semen sebagai additif pada

pembentukan beton semen Portland. *Pozzolan* adalah bahan yang mengandung silika dan alumina yang tidak mempunyai sifat mengikat seperti semen tetapi dalam bentuk yang halus dan dengan adanya air, senyawa-senyawa tersebut akan bereaksi dengan kalsium hidroksida pada suhu kamar membentuk senyawa kalsium silikat hidrat dan kalsium hidrat yang bersifat seperti semen. Salah satu material yang bersifat *pozzolan* adalah abu layang yang merupakan sisa pembakaran batubara. Abu layang dapat bereaksi dengan kapur bebas yang dilepaskan semen saat proses hidrasi dan membentuk senyawa yang bersifat mengikat pada suhu kamar dengan adanya air. Penggunaan abu layang sebagai bahan additif pada pembuatan beton dikembangkan oleh pakar teknologi beton Kanada yaitu VM Malhotra (Hardjito, 2008). Beliau mempelopori riset penggunaan abu layang dalam proporsi cukup besar (sekitar 60-65 % dari total semen Portland yang dibutuhkan) sebagai pengganti sebagian semen dalam proses pembuatan beton.

Dalam 2 dekade terakhir ini, perkembangan mutakhir yang lebih menjanjikan adalah penggunaan abu layang sepenuhnya sebagai pengganti semen lewat proses yang disebut polimerisasi anorganik yang dipelopori oleh seorang ilmuwan Prancis, Prof. Joseph Davidovits, yang dikenal sebagai geopolimer (Hardjito, 2008). Geopolimer, demikian nama yang diberikan, menjadi harapan utama mereduksi penggunaan semen untuk keperluan pembangunan infrastruktur. Walaupun tahapan yang harus dilalui untuk penggunaan teknologi ini masih jauh, setidaknya hasil riset yang ada selama ini menunjukkan hasil yang menjanjikan. Pembuatan semen geopolimer dapat mereduksi hingga 80 % jumlah CO₂ yang dihasilkan dari proses pembuatan semen biasa.

Geopolimer memiliki banyak keunggulan dibandingkan dengan beton semen Portland. Keunggulan tersebut antara lain dapat diproduksi dari bahan-bahan buangan atau limbah industri dengan kandungan oksida silika tinggi seperti abu sekam padi dan jerami, abu layang dan *slag*. Keunggulan lainnya adalah lebih awet serta mampu memasung bahan-bahan beracun seperti logam-logam berat dan bahan radioaktif.

Van Jaarsveld (2003) melaporkan penggunaan abu layang dari berbagai sumber dan menyelidiki pengaruh komposisi abu layang terhadap sifat-sifat

geopolimer yang dihasilkan. Beliau menemukan bahwa abu layang yang berasal dari jenis batubara dan dari produsen tertentu akan memiliki komposisi kimia yang berbeda dengan abu layang dari jenis batubara dan produsen lain yang akan menyebabkan perbedaan sifat fisik dan mekanik dari geopolimer yang dihasilkan. Sifat-sifat fisik dan mekanik geopolimer ini menjadi pertimbangan utama yang sederhana dalam menentukan kinerjanya dibandingkan beton yang terbuat dari semen. Sayangnya, saat ini belum semua faktor yang menentukan sifat fisik dan mekanik geopolimer telah dipahami dengan baik.

Salah satu sifat mekanik yang banyak digunakan untuk menilai kualitas geopolimer adalah kuat tekan. Menurut Van Jaarsveld, *et. al.*, (2003) kuat tekan geopolimer dipengaruhi oleh sejumlah faktor antara lain tingkat kelarutan Si-Al dari bahan baku geopolimer. Sisa bahan baku yang tidak terlarut dapat memberikan efek negatif terhadap kuat tekan geopolimer yang dihasilkan (Duxson, *et. al.*, 2005). Sementara itu, faktor yang secara signifikan mempengaruhi laju dan kelarutan Si-Al selama proses geopolimerisasi adalah ukuran partikel dan/atau luas permukaan spesifik (Rahier, *et. al.*, 2003). Penurunan ukuran partikel meningkatkan luas permukaan yang berarti pula dapat meningkatkan kelarutan partikel Si-Al (Sutarno, *et. al.*, 2004). Dengan semakin banyaknya Si dan Al yang terlarut dari bahan baku, maka akan semakin baiklah kuat tekan dari geopolimer yang terbentuk.

Berdasarkan uraian di atas, dapat dinyatakan bahwa peningkatan luas permukaan dari abu layang, sebagai bahan baku pembuatan geopolimer, dapat meningkatkan pula kuat tekan geopolimer yang dihasilkan. Salah satu cara yang dapat ditempuh untuk meningkatkan luas permukaan dari abu layang adalah dengan memodifikasinya secara kimia seperti yang dilaporkan oleh Sarbak, *et. al.*, (2001). Modifikasi secara kimia tersebut memicu perubahan pada morfologi dan luas permukaan abu layang (Yu-Fen, *et. al.*, 2006), sekaligus juga akan mempengaruhi kuat tekan geopolimer yang dihasilkannya.

Modifikasi kimia abu layang dapat dilakukan dengan menginkubasi abu layang dengan larutan NaOH selama 24 jam pada suhu 100°C seperti yang dilaporkan oleh Pengthamkeerati, *et. al.*, (2008). Hasil dari perlakuan modifikasi ini antara lain menunjukkan terjadinya perubahan morfologi abu layang. Beberapa

perubahan yang terjadi antara lain adalah deformasi bentuk abu layang dari seperti bola menjadi berbentuk piringan dan batangan. Selain itu, modifikasi tersebut juga meningkatkan luas permukaan partikel-partikel abu layang. Penelitian lain (Sarbak, *et. al.*, 2002) menunjukkan bahwa abu layang yang direfluks dalam larutan NaOH selama 24 jam pada suhu 90-100°C mengalami peningkatan luas permukaan, jari-jari pori dan volume pori abu layang serta mengubah struktur abu layang dari amorf menjadi kristalin.

Uraian di atas menunjukkan bahwa modifikasi kimia untuk abu layang dapat meningkatkan luas permukaan abu layang. Lapisan permukaan partikel abu layang yang tidak termodifikasi berbentuk *glassy*, sangat rapat dan stabil. Lapisan ini melindungi susunan ruang di dalamnya yang berpori dan *amorf* dan karenanya mempunyai aktifitas yang tinggi. Rantai *glassy* silika-alumina ini adalah stabil dan rantai ini mengandung Si dan Al yang tinggi. Rantai ini harus dihancurkan untuk meningkatkan aktivitas kimia (Yan, *et. al.*, 2003).

Selain mengubah luas permukaan, modifikasi abu layang juga menghasilkan gugus OH di permukaan partikel-partikel abu layang. Konsentrasi OH permukaan yang tinggi menunjukkan banyaknya rantai *glassy* silika-alumina yang dirusak dan menghasilkan sejumlah besar gugus-gugus yang aktif. Dengan merusak lapisan permukaan yang *glassy* ini maka gugus-gugus aktif seperti silika dan alumina di dalam partikel abu layang yang diperlukan untuk reaksi geopolimerisasi menjadi lebih mudah larut (Goni, *et. al.*, 2003) sedangkan sifat-sifat geopolimer secara signifikan ditentukan oleh perubahan yang kecil dari konsentrasi silika dan alumina selama sintesis. Kombinasi antara ketersediaan gugus OH di permukaan partikel-partikel abu layang ditambah dengan peningkatan kelarutan unsur-unsur Si dan Al akan berimbas kepada perbaikan sifat-sifat fisika dan kimia dari geopolimer yang terbentuk.

1.2. Perumusan Masalah

Uraian di atas menunjukkan bahwa modifikasi permukaan abu layang dapat meningkatkan jumlah Si dan Al reaktif sehingga diharapkan akan menghasilkan geopolimer dengan kualitas yang lebih baik. Modifikasi abu layang dan manfaatnya dalam bidang non geopolimer telah dilaporkan oleh peneliti-peneliti lain, namun manfaatnya untuk kualitas geopolimer belum dilaporkan. Dalam penelitian ini akan diselidiki modifikasi abu layang dengan NaOH dan kaitan antara sifat geopolimer dengan partikel abu layang yang sudah dimodifikasi.

1.3. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk memodifikasi abu layang dengan larutan NaOH pada kondisi reaksi saat terbentuknya fasa geopolimer. Selanjutnya dipelajari pula pengaruh modifikasi tersebut pada sifat fisik dan mekanik dari geopolimer yang dihasilkan.

1.4. Manfaat Penelitian

Pengetahuan tentang proses modifikasi abu layang dan kaitannya dengan sifat mekanik maupun kimia dari geopolimer yang dihasilkannya akan memberikan kontribusi pada pengetahuan tentang proses geopolimerisasi abu layang. Dengan pengetahuan tersebut, maka formulasi dalam pembuatan geopolimer dari abu layang akan dapat lebih dipahami sehingga proses pembuatan geopolimer tidak perlu lagi dilakukan dengan cara coba-coba.

Manfaat global adalah untuk meningkatkan penggunaan abu layang yang merupakan hasil buangan proses pembakaran batubara menjadi geopolimer dan mengatasi dampak buruk dari akumulasi limbah abu layang terhadap lingkungan.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”