

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. LATAR BELAKANG¹

Industri semen dan beton akhir-akhir ini semakin sering disorot, khususnya oleh para pecinta lingkungan. Ini disebabkan oleh besarnya pembuangan emisi gas karbon dioksida, komponen terbesar gas rumah kaca, yang dihasilkan dari proses kalsinasi kapur dan pembakaran batu bara dalam proses pembuatan semen.

Produksi Semen Portland dihasilkan melalui reaksi kimia sebagai berikut :



Dalam produksi satu ton semen Portland, akan dihasilkan sekitar satu ton gas karbon dioksida yang dilepaskan ke atmosfer. Dari data tahun 1995, jumlah produksi semen di dunia tercatat 1,5 miliar ton. Hal ini berarti industri semen melepaskan karbon dioksida sejumlah 1,5 miliar ton ke alam bebas. Pada tahun 2010, diperkirakan total produksi semen di dunia mencapai angka 2,2 miliar ton.

Konferensi Bumi yang diselenggarakan pada tahun 1992 di Rio de Janeiro, Brasil dan pada tahun 1997 di Kyoto, Jepang menyatakan bahwa emisi gas karbon dioksida ke atmosfer yang tak terkendali telah banyak merugikan kepentingan sosial dan menghancurkan kelestarian lingkungan dalam kerangka pembangunan yang berkelanjutan.

Menurut International Energy Authority : World Energy Outlook, jumlah karbon dioksida yang dihasilkan tahun 1995 adalah 23,8 miliar ton. Angka itu menunjukkan bahwa produksi semen portland menyumbang 7% dari keseluruhan karbon dioksida yang dihasilkan berbagai sumber. Proporsi ini akan terus bertahan atau bahkan meningkat sesuai dengan peningkatan produksi semen kalau

tidak ada perubahan berarti dalam teknologi produksi semen atau didapatkan bahan pengganti semen.

Merujuk pada besarnya sumbangan industri semen terhadap total emisi karbon dioksida, perlu segera dicarikan upaya untuk bisa menekan angka produksi gas yang mencemari lingkungan ini. Perbaikan teknologi produksi semen tidak akan banyak menekan produksi karbon dioksida secara signifikan. Penggantian sejumlah bagian semen dalam proses pembuatan beton, atau secara total menggantinya dengan bahan lain yang lebih ramah lingkungan menjadi pilihan yang lebih menjanjikan.

Beton Geopolimer, material beton dengan pasta geopolimer sebagai pengganti pasta semen, merupakan salah satu alternatif mutakhir dalam dunia konstruksi bangunan. Material geopolimer ditemukan pertama kali oleh ilmuwan Prancis, Prof. Joseph Davidovits, merupakan sintesa bahan-bahan alam anorganik melalui proses polimerisasi. Bahan dasar utama yang diperlukan untuk pembuatan material geopolimer ini adalah bahan-bahan yang banyak mengandung unsur-unsur silikon dan aluminium; seperti *iron blast furnace slag*, *bottom ash*, atau *fly ash*; sebagai bahan-bahan hasil buangan industri. Unsur-unsur silikon dan aluminium ini direaksikan secara kimiawi dengan larutan alkalis, sehingga menghasilkan pasta geopolimer. Pasta geopolimer digabung dengan agregat akan menghasilkan beton geopolimer, tanpa perlu menggunakan semen lagi.

Fly ash merupakan salah satu limbah yang dihasilkan oleh proses pembakaran batu bara pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU). Proses pembakaran ini menghasilkan residu yang unsur utamanya berupa oksida alumina dan silika. *Fly ash* sendiri tidak memiliki kemampuan mengikat seperti halnya semen, tetapi dengan kehadiran air dan ukuran partikelnya yang halus, oksida silika yang dikandung oleh abu terbang akan bereaksi secara kimia dengan kalsium hidroksida yang terbentuk dari proses hidrasi semen dan menghasilkan zat yang memiliki kemampuan mengikat.

Selama ini *fly ash* tidak dimanfaatkan dan dibuang begitu saja, sehingga memiliki potensi mencemari lingkungan. Total produksi abu dunia tahun 2000 mencapai

angka 661 miliar ton, dengan sumbangan produksi terbesar dari negara Cina dengan angka lebih dari 110 miliar ton.

Tingkat pemanfaatan *fly ash* (abu terbang) dalam produksi beton saat ini masih tergolong amat rendah, dimana Cina mencetak angka sekitar 15% dan India kurang dari 5% dari total produksi beton di negara – negara tersebut. *Fly ash* ini sendiri, kalau tidak dimanfaatkan juga bisa menjadi ancaman bagi lingkungan. Oleh karena itu pemanfaatan *fly ash* akan mendatangkan efek ganda pada tindak pembangunan lingkungan yang berkelanjutan, dimana penggunaan *fly ash* akan memangkas dampak negatif dibanding jika bahan sisa ini dibuang begitu saja, sekaligus penggunaan *fly ash* akan mengurangi penggunaan semen Portland dalam pembuatan beton.

Penggantian pasta semen dengan pasta geopolimer berbahan dasar *fly ash* dalam proses produksi beton ini diperkirakan akan meningkat dengan cepat di masa mendatang. Selain dapat diproduksi dari bahan-bahan buangan atau limbah industri, lebih ramah lingkungan, dapat mengurangi emisi karbon dioksida secara signifikan karena berkurangnya pemakaian semen, bahan ini juga lebih awet, dan tetap menunjukkan perilaku mekanik memuaskan. Keunggulan inilah yang semakin mengukuhkan beton geopolimer berbahan dasar *fly ash* sebagai material konstruksi masa depan.

1.2. TUJUAN

Penelitian dengan judul “*Perilaku Balok Beton Bertulang Geopolimer Akibat Pembebanan Statis Dengan Bantuan Software LabVIEW*” ini merupakan salah satu prasyarat kelulusan penulis sebagai sarjana Teknik Sipil pada Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

Selain tujuan utama tersebut di atas, secara lebih mendalam penulis melakukan penelitian ini dengan maksud untuk :

- (1) Mencari alternatif bahan baru yang lebih ramah lingkungan, dengan kekuatan yang sama atau bahkan lebih baik, dalam dunia konstruksi Indonesia

- (2) Memperoleh karakteristik dasar dari material beton geopolimer berupa kuat tekan, kuat tarik, dan kuat lentur
- (3) Memperoleh perilaku lendutan balok beton bertulang geopolimer dalam fase elastis hingga plastis akibat diberikan pembebanan statis
- (4) Memperoleh kekakuan (*stiffness*) dari material beton geopolimer
- (5) Membuktikan bahwa material beton geopolimer ini mampu diaplikasikan di dalam struktural bangunan konstruksi Indonesia

1.3. RUANG LINGKUP PENELITIAN

Penelitian ini menelaah perilaku properti material beton geopolimer secara mekanik, bukan secara kimiawi akibat reaksi unsur-unsur penyusunnya. Perilaku mekanik diteliti dengan analisa pembebanan statis pada struktur balok beton bertulang geopolimer.

1.4. BATASAN PENELITIAN

Beberapa penelitian mengenai material beton geopolimer berbahan dasar *fly ash* telah dilakukan sebelumnya di Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Dari penelitian tersebut, telah ditemukan metode produksi & komposisi campuran material geopolimer (prekursor & aktivator) yang paling optimal untuk menghasilkan kekuatan beton maksimal dalam sampel kubus atau silinder.

Penelitian ini mengembangkan sampel uji menjadi balok beton bertulang geopolimer. Metode produksi sampel balok tidak semudah metode produksi sampel kubus. Penelitian mengambil fokus pada analisa perilaku balok beton bertulang geopolimer dalam keadaan elastis hingga platis akibat diberikan pembebanan statis.

1.5. HIPOTESA AWAL

Pasta geopolimer berbahan dasar *fly ash* dengan komposisi tertentu yang sudah diteliti sebelumnya memiliki kemampuan mengikat setaraf dengan pasta semen.

Daniel A.H. (2007) menyatakan bahwa beton geopolimer berbahan dasar *fly ash* (abu terbang) dengan penggunaan limbah beton sebagai agregat memiliki kekuatan tekan hingga 40 MPa hanya dalam waktu 3 hari. Abdul Hadi (2006) menyatakan bahwa beton geopolimer dengan bahan dasar *bottom ash* (abu dasar) memiliki kekuatan tarik yang lebih besar dari beton konvensional hingga dua kali lipatnya. Hal ini mengindikasikan bahwa material tersebut dapat mengurangi kebutuhan akan tulangan atau bahkan tidak perlu menggunakan tulangan sama sekali.

Hal inilah yang menjadi dasar pemikiran penulis untuk meneliti lebih lanjut mengenai balok beton bertulang geopolimer dengan tujuan untuk mengetahui perilaku material beton geopolimer dalam keadaan elastis dan plastis, serta mencari *stiffness* dari material beton geopolimer.

1.6. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah pengujian sampel uji di laboratorium kemudian membandingkan hasil data uji antar jenis komposisi, dimana kontrol pembanding dipegang oleh teori beton konvensional. Dari perbandingan hasil data inilah dapat diketahui perilaku-perilaku material beton geopolimer.

Penelitian ini juga menggunakan metode komputerisasi dengan bantuan beberapa *software*, seperti *software* LabVIEW untuk pengujian balok beton bertulang geopolimer dan *software* MatLab untuk pengolahan data uji lendutan balok beton bertulang geopolimer.

Secara garis besar, metode penelitian terangkum seperti ini :

- Pengujian Material
- Perhitungan Komposisi
- Pembuatan Benda Uji
- Pengujian Benda Uji
- Pengolahan Data Uji
- Analisa Perbandingan Data Uji
- Penarikan Kesimpulan

1.7. SISTEMATIKA PENULISAN

Sistematika penulisan laporan yang dipilih adalah sistem penulisan yang bersifat objektif dan deksriptif, yaitu penulisan didasarkan pada fakta lapangan hasil penelitian yang dilakukan dan secara objektif dibandingkan dengan sumber-sumber data teoritis.

BAB I PENDAHULUAN

Berisi tentang latar belakang, maksud dan tujuan, ruang lingkup masalah, batasan masalah, hipotesa awal penelitian, metode penulisan, dan sistematika penulisan.

BAB II STUDI PUSTAKA

Berisi tentang teori dan literatur mengenai beton konvensional, beton geopolimer, perilaku mekanik balok, alat uji dan *software* yang digunakan dalam pengujian

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Memberikan penjelasan rinci mengenai langkah – langkah apa (tahapan) dalam melakukan penelitian ini, baik dari awal pengujian material, proses desain, proses produksi dan metode pembuatannya, hingga proses pengujian dan metode pengamatannya

BAB IV ANALISA HASIL DATA

Menjabarkan hasil-hasil data yang diperoleh dari berbagai pengujian terhadap benda uji, baik karakteristik dasar (kuat tekan, tarik, lentur) maupun perilaku balok beton bertulang geopolimer (lendutan, momen leleh & plastis, *stiffness*)

BAB V PENUTUP

Berisi tentang kesimpulan yang diperoleh dari hasil pengujian dan analisa data pengujian, merujuk pada tujuan awal yang ingin dicari