

BAB I

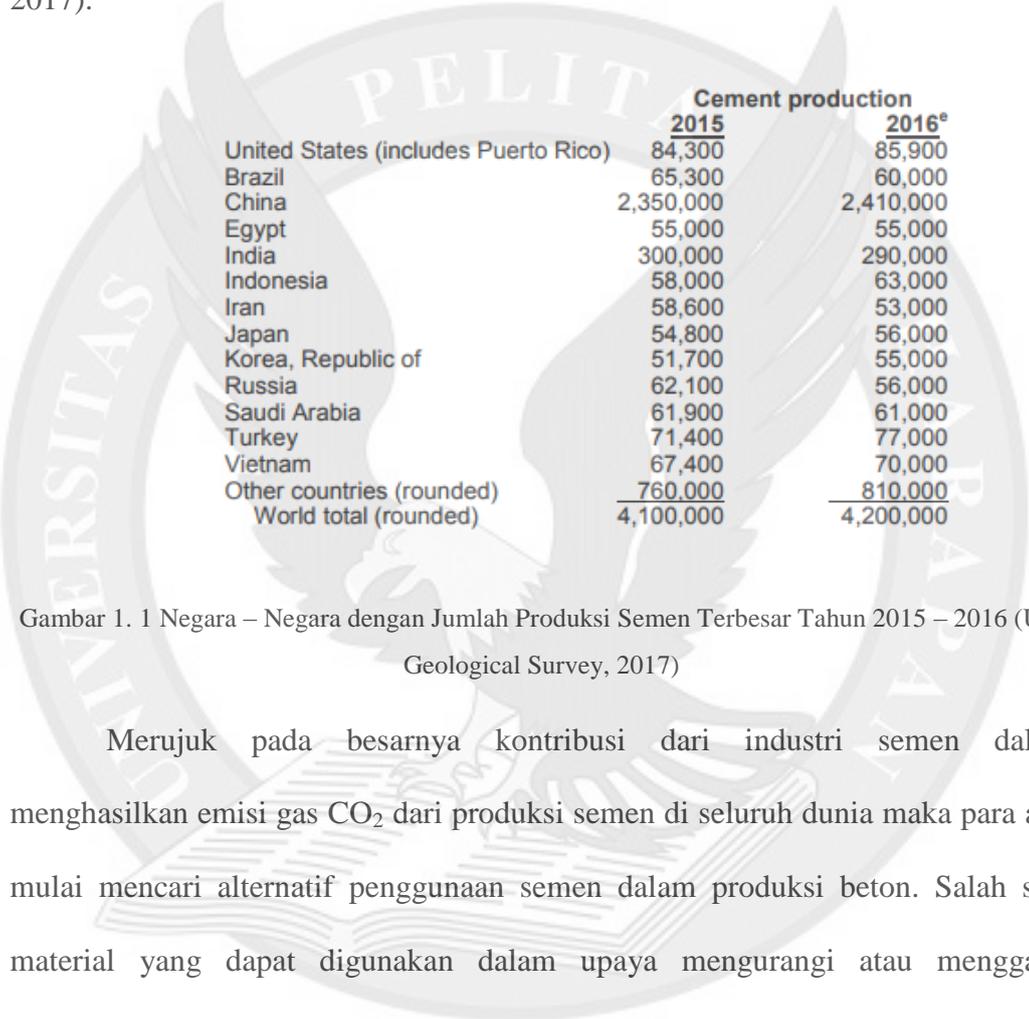
PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Beton merupakan material yang sangat sering digunakan di dalam dunia konstruksi masa kini sebagai material utama penyusun struktur bangunan. Beton adalah material yang terdiri dari agregat halus, agregat kasar, semen, dan air. Popularitas material beton di dunia konstruksi sendiri disebabkan karena beton memiliki keunggulan dalam segi ekonomi, kualitas, dan durabilitas. Material – material penyusun beton mudah dicari dan harganya relatif ekonomis. Dari segi produksi, material beton sendiri memiliki proses produksi yang sederhana dan perawatan yang mudah dilakukan. Karena memiliki kekuatan yang tinggi, durabilitas yang baik, ekonomis, dan mudah diproduksi maka tentunya material beton sangat banyak digunakan untuk struktur bangunan.

Penggunaan material beton sebagai material utama penyusun struktur bangunan memang memudahkan para pekerja di dalam dunia jasa konstruksi namun hal tersebut menimbulkan masalah lain di bidang lingkungan. Penyebabnya adalah semen yang digunakan sebagai salah satu material penyusun beton membutuhkan proses pembakaran di dalam produksinya. Semen adalah bahan perekat untuk memproduksi beton (Klute, 2016). Semen mengandung batu kapur (*limestone*), tanah liat (*clay*), silika, dan bijih besi yang dipanaskan hingga suhu 1200 – 1500 °C (Kour & Hammad, 2010).

Seperti yang bisa dilihat pada Gambar 1.1, produksi semen di seluruh dunia mencapai 4.2 milyar ton pada tahun 2016. Jumlah produksi semen diperkirakan akan terus meningkat dari 3.27 milyar ton pada 2010 menjadi 4.83 milyar ton pada tahun 2030 (The Statistics Portal, 2017; U.S Geological Survey, 2017).



	Cement production	
	2015	2016 ^e
United States (includes Puerto Rico)	84,300	85,900
Brazil	65,300	60,000
China	2,350,000	2,410,000
Egypt	55,000	55,000
India	300,000	290,000
Indonesia	58,000	63,000
Iran	58,600	53,000
Japan	54,800	56,000
Korea, Republic of	51,700	55,000
Russia	62,100	56,000
Saudi Arabia	61,900	61,000
Turkey	71,400	77,000
Vietnam	67,400	70,000
Other countries (rounded)	760,000	810,000
World total (rounded)	4,100,000	4,200,000

Gambar 1. 1 Negara – Negara dengan Jumlah Produksi Semen Terbesar Tahun 2015 – 2016 (U.S Geological Survey, 2017)

Merujuk pada besarnya kontribusi dari industri semen dalam menghasilkan emisi gas CO₂ dari produksi semen di seluruh dunia maka para ahli mulai mencari alternatif penggunaan semen dalam produksi beton. Salah satu material yang dapat digunakan dalam upaya mengurangi atau mengganti penggunaan semen dalam produksi beton adalah material – material yang bersifat *pozzolan* yaitu material yang banyak mengandung silika (SiO₂) dan alumina (Al₂O₃). Salah satu material *pozzolan* yang banyak digunakan dalam produksi beton sekarang adalah abu terbang (*fly ash*).

Berdasarkan PP Nomor 101 tahun 2014, abu terbang (*fly ash*) adalah limbah hasil pembakaran batu bara yang dikategorikan sebagai limbah bahan berbahaya dan beracun (B3). Abu terbang yang dihasilkan dari PLTU di Indonesia juga memiliki jumlah yang cukup tinggi sehingga pemanfaatannya di dalam produksi beton sangat membantu dalam mengurangi emisi gas CO₂ sekaligus memaksimalkan penggunaan limbah B3 agar tidak merusak dan mencemari lingkungan. Berikut ini adalah tabel perkiraan produksi abu terbang dan abu dasar oleh PLTU di Indonesia.

Tahun	Kapasitas listrik PLTU (MW)	Konsumsi batu bara (juta ton)	Produksi abu dasar (juta ton)	Produksi abu terbang (juta ton)	Jumlah abu (juta ton)
1996	2,66	7,3	0,04	0,25	0,29
2000	10,155	27,7	0,25	1,41	1,66
2006	12,22	33,3	0,30	1,70	2,00
2009	19,99	54,5	0,49	2,78	3,27

Tabel 1. 1 Perkiraan Jumlah Produksi Abu Dasar dan Abu Terang dari PLTU di Indonesia

Penemuan bahwa abu terbang dapat dimanfaatkan sebagai material pengganti OPC (*Ordinary Portland Cement*) dilakukan oleh Prof. Joseph Davidovits. Prof. Davidovits menyatakan bahwa proses polimerisasi yang terjadi antara larutan alkali dengan silika dan aluminium yang terdapat pada abu terbang dapat membentuk suatu ikatan yang menjadi perekat (Davidovits, 1988;1994). Beliau menamai penemuannya tersebut sebagai semen geopolimer. Larutan alkali sendiri adalah larutan yang terdiri dari Sodium Hidroksida (NaOH), Sodium Silikat (Na₂SiO₃), dan air (H₂O).

Penemuan ini lalu dimanfaatkan sebagai salah satu bahan alternatif pengganti semen dalam produksi beton. Beton yang menggunakan penemuan ini

sering disebut sebagai beton geopolimer, beberapa penelitian mengenai beton geopolimer telah dilakukan di beberapa negara. Dengan memanfaatkan penemuan dari Prof. Davidovits ini, produksi beton diharapkan menjadi semakin efisien dan ramah lingkungan karena penemuan ini bisa dimanfaatkan untuk mengurangi produksi semen sehingga mengurangi emisi gas CO₂ yang ada di dunia ini.

Penggunaan abu terbang untuk membentuk semen geopolimer didasarkan pada pengetahuan bahwa abu terbang mengandung silika dan alumina dengan kadar yang cukup tinggi sehingga dapat menjadi perekat yang baik melalui proses polimerisasi tersebut. Namun selain abu terbang terdapat limbah – limbah lain yang juga mengandung kadar silika yang cukup tinggi, salah satunya adalah abu sekam padi. Dari penelitian – penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya di Universitas Pelita Harapan, hasilnya menunjukkan bahwa abu sekam padi mengandung kadar silika yang lebih tinggi dibandingkan dengan abu terbang. Salah satunya adalah penelitian yang dilakukan oleh Roland Pungus dimana dengan proses pembakaran mencapai suhu 600 °C dan penahanan suhu selama 30 – 45 menit didapatkan bahwa kadar silika dalam abu sekam padi lebih tinggi ($\pm 97\%$) daripada kadar silika dalam abu terbang ($\pm 38\%$), berdasarkan pengetahuan dari penelitian sebelumnya abu sekam padi dapat membantu meningkatkan kekuatan beton semen Portland karena kandungan SiO₂ yang tinggi pada abu sekam padi dapat membantu mengubah bagian lemah dari reaksi semen dan air yaitu Ca(OH)₂ menjadi CSH (*Calcium Silicate Hydrate*) yang berperan sebagai *binder* dari beton. Untuk beton geopolimer sendiri peningkatan SiO₂ yang didapat dari abu sekam padi juga diharapkan mampu meningkatkan kekuatan dari

beton geopolimer karena semakin banyak silika yang tersedia dari reaksi geopolimerisasi maka ikatan geopolimer yang terbentuk juga menjadi semakin besar dan kuat. Untuk penelitian beton geopolimer pada Universitas Pelita Harapan, perkembangan terakhir menunjukkan bahwa *mix design* yang paling baik digunakan dalam pembuatan beton geopolimer adalah dengan konsentrasi 12M, hal ini dikarenakan campuran beton geopolimer dengan konsentrasi 12M menghasilkan *workability* yang cukup baik dan kuat tekan yang optimal. Sedangkan cara terbaik untuk melakukan *curing* beton geopolimer adalah dengan *steam curing* yaitu dilakukan penguapan air pada permukaan beton geopolimer dengan menggunakan dandang. Oleh karena hal tersebut penelitian mengenai beton geopolimer ini dilanjutkan dan dikembangkan dengan harapan hasil penggunaan abu sekam padi sebagai pengganti abu terbang dapat menghasilkan kuat tekan dan kuat lentur beton geopolimer yang lebih baik dari sebelumnya.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan tujuan penelitian di atas, maka dapat ditentukan rumusan masalah sebagai berikut.

1. Bagaimana pengaruh penggantian sebagian abu terbang dengan abu sekam padi terhadap kuat tekan dan kuat lentur beton geopolimer?
2. Bagaimana perbandingan penambahan silika (SiO_2) dengan abu sekam padi pada beton semen Portland dan beton geopolimer?
3. Bagaimana pengaruh *steam curing* terhadap kuat tekan dan kuat lentur beton geopolimer?

1.3. Maksud dan Tujuan Penelitian

Penelitian yang dilakukan ini memiliki maksud untuk mempelajari dan mengembangkan studi mengenai beton geopolimer berbahan dasar abu terbang dari PLTU Suralaya sebagai beton struktural.

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui kekuatan beton geopolimer yang disimpulkan dari penelitian sebelumnya memiliki kuat tekan yang cukup tinggi dan *workability* optimal yaitu beton geopolimer dengan konsentrasi NaOH 12M, apabila sebagian abu terbang sebagai bahan dasar beton geopolimer digantikan dengan abu sekam padi. Dalam penelitian ini abu sekam padi diharapkan dapat dijadikan sebagai bahan penyedia silika alami sehingga ikatan geopolimer yang terbentuk menjadi semakin kuat dan dapat meningkatkan kekuatan beton geopolimer. Penelitian ini dilakukan dengan melakukan pengujian kuat tekan dan kuat lentur pada Universitas Pelita Harapan. Selain itu dilakukan juga dua variasi cara *curing* untuk meneliti pengaruh cara *curing* bagi beton geopolimer untuk mendapatkan kekuatan beton yang terbaik yaitu *curing* suhu ruangan dan *steam curing*.

Penelitian ini juga diharapkan menjadi pertimbangan bagi para penyedia jasa konstruksi untuk memanfaatkan limbah – limbah lain yang mengandung silika selain abu terbang yang salah satunya adalah abu sekam padi. Diharapkan dengan pemanfaatan limbah *pozzolan* yang maksimal, Indonesia dapat semakin mengurangi penggunaan semen sehingga dapat mencapai target pengurangan emisi gas CO₂ yang telah ditetapkan. Diharapkan juga ke depannya Indonesia

dapat menjadi negara yang memiliki industri beton ramah lingkungan sehingga dapat semakin mengurangi produksi dan penggunaan semen yang dalam produksinya merusak lingkungan.

1.4. Batasan Masalah

Penelitian yang dilakukan untuk laporan tugas akhir ini bersifat uji coba. Untuk penentuan *mix design* penulis menggunakan referensi yang sama dari penelitian – penelitian beton geopolimer sebelumnya pada Universitas Pelita Harapan, yaitu penelitian yang telah dikembangkan oleh Prinya Chindrapasirt. Alasan mengapa digunakan referensi dari penelitian tersebut adalah karena kesamaan karakteristik abu terbang dari penelitian tersebut yang didapatkan dari pembangkit listrik Mae Moh, Thailand dengan abu terbang yang dihasilkan dari PLTU Suralaya, Banten.

Berikut adalah batasan masalah yang diterapkan di dalam penelitian ini:

1. *Fly Ash* atau abu terbang yang digunakan adalah produksi dari PLTU Suralaya, Banten.
2. Abu sekam padi didapatkan dari proses pembakaran dan penggilingan yang dilakukan sendiri pada Universitas Pelita Harapan.
3. *Alkaline Activator* yang digunakan adalah *Caustic Soda* (NaOH) merk ASC berbentuk *Flake* yang diproduksi oleh PT. Asahimas Chemical dan sodium silikat / *waterglass* (Na₂SiO₃) yang dijual bebas di pasar.

4. Agregat kasar yang digunakan adalah batu pecah yang berukuran maksimal 1 cm.
5. Agregat halus yang digunakan adalah pasir Bangka. Pasir lolos ayakan No. 30 dengan ukuran butiran 600 μm .
6. *Mix design* menggunakan ketentuan sebagai berikut:
 - Beton geopolimer terdiri dari 73% agregat dan 27% abu terbang + larutan alkali.
 - Rasio abu terbang : larutan alkali = 0.5 : 1
 - Rasio berat Na_2SiO_3 : NaOH = 3 : 1
 - Rasio agregat kasar : agregat halus = 0.65 : 0.35
 - Jumlah penggunaan abu sekam padi diambil dari persentase berat abu terbang.
7. Setiap pengecoran dilakukan dengan bekisting sebagai berikut:
 - 4 buah sampel silinder berukuran diameter 10 cm dan tinggi 20 cm.
 - 4 buah sampel balok lentur berukuran 30 cm x 6 cm x 6 cm.
8. Metode *curing* yang digunakan ada dua macam yaitu:
 - *Room Temperature Control* (suhu ruangan).
 - *Steam Curing*.

1.5. Metodologi Penulisan

Metodologi yang digunakan dalam laporan tugas akhir ini adalah dengan melakukan penelitian mengenai kuat tekan dan kuat lentur beton geopolimer berbahan dasar abu terbang dari PLTU Suralaya dan abu sekam padi. Penelitian dilakukan di Laboratorium Universitas Pelita Harapan dengan melakukan uji tekan pada Laboratorium Beton Universitas Pelita Harapan dan uji lentur yang dilakukan pada Laboratorium Teknik Industri Universitas Pelita Harapan.

Penelitian ini juga disertai dengan literatur – literatur yang mendukung berjalannya penelitian ini sebagai informasi tambahan dan pedoman dalam melakukan penelitian. Berbagai literatur yang digunakan berasal dari buku – buku, jurnal, maupun karya tugas akhir yang terdapat pada perpustakaan dan juga internet. Setelah penelitian dilakukan, akan dilakukan pengumpulan data – data dari benda uji yang telah dibuat yang nantinya akan dievaluasi dan diinterpretasikan dalam laporan tugas akhir ini. Pada bab terakhir penulis akan menyertakan kesimpulan dan saran – saran mengenai penelitian yang telah dilakukan dan diharapkan dapat membantu penelitian berikutnya agar hasil yang didapatkan menjadi lebih baik lagi.

1.6. Sistematika Penulisan

Sistematika dari penulisan laporan tugas akhir dengan judul “**Pengaruh Penggunaan Abu Sekam Padi Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton Geopolimer**” adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi tentang pendahuluan dari laporan tugas akhir ini yang mencakup latar belakang, rumusan masalah, maksud dan tujuan penulisan, batasan masalah, metodologi penulisan, dan sistematika penulisan.

BAB II LANDASAN TEORI

Bab ini berisi tentang penjelasan lebih mendalam teori – teori yang didapatkan dari studi literatur yang digunakan dalam penulisan laporan tugas akhir ini seperti penjelasan mengenai pasta atau semen geopolimer, abu sekam padi, reaksi pembentukan geopolimer, beton geopolimer beserta bahan – bahan penyusunnya, faktor – faktor yang mempengaruhi kuat beton geopolimer, dan pengujian kuat tekan dan kuat lentur beton geopolimer serta teori – teori lainnya yang mendukung topik penelitian.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini membahas mengenai metodologi penelitian yang dilakukan untuk mendapatkan data untuk penulisan laporan tugas akhir ini dimulai dari proses persiapan material, peralatan – peralatan yang digunakan, prosedur pemeriksaan karakteristik material, perhitungan *mix design*, dan proses pembuatan, perawatan, dan pengujian benda uji.

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi tentang pembahasan dan hasil penelitian yang dilakukan seperti pengujian karakteristik material, pengujian kuat tekan dan kuat lentur

beton geopolimer, analisa terhadap kuat tekan dan kuat lentur beton geopolimer, dan pembahasan lain yang dilakukan.

BAB V KESIMPULAN

Bab ini berisi tentang garis besar proses penelitian hingga hasil penelitian, kesimpulan penelitian, dan evaluasi dalam bentuk saran – saran terhadap pengembangan penelitian maupun penerapan di lapangan

