

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar belakang

Beton merupakan material yang banyak digunakan sebagai material bangunan di seluruh dunia. Beton dibuat dari campuran semen *Portland*, air, dan agregat dan terkadang juga menggunakan bahan *admixture* lainnya dengan perbandingan tertentu. Semen yang digunakan sebagai pengikat pada campuran beton ternyata menyumbang 8% dari emisi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) dunia (Chatham House, 2018). Dalam proses produksi semen, karbondioksida (CO<sub>2</sub>) berasal dari dua sumber utama yaitu dari hasil pembakaran bahan bakar fosil dan reaksi kimia. Batubara digunakan dalam proses pemanasan *raw meal*, yaitu campuran batu kapur sebagai material utama semen beserta pasir besi dan silika, dalam kiln pada temperatur sangat tinggi dan menghasilkan klinker. Dalam proses ini, batu kapur mengalami kalsinasi untuk menghasilkan kalsium oksida (CaO) yang berperan dalam proses hidrasi semen dan melepaskan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) ke udara.

Penggunaan semen dan beton diperkirakan akan terus meningkat karena pembangunan ekonomi meningkatkan permintaan akan bangunan dan infrastruktur baru. Hal ini tentunya membutuhkan inovasi dalam proses produksi semen dan beton untuk mengurangi emisi CO<sub>2</sub>. Terdapat suatu cara untuk mengurangi emisi CO<sub>2</sub> di dunia, salah satunya adalah dengan mengurangi pemakaian semen pada campuran beton. Supartono dalam Seminar Nasional bertajuk "*Sustainability* dalam Bidang Material, Rekayasa dan Konstruksi Beton" (2007) mengungkapkan banyak solusi pengembangan beton yang ramah lingkungan tanpa mengorbankan kualitas beton yaitu dengan mengurangi rasio semen dalam campuran beton. Ia mengusulkan menggunakan limbah mineral, seperti penggunaan *elkem (silicafume)*, debu terbang (*fly ash*), sisa bakar tanur baja (*blast furnance/steel slag*) sebagai campuran dalam pembentukan beton. *Fly ash* sendiri merupakan produk sampingan terutama dari pembangkit listrik tenaga batubara yang dikumpulkan dari sistem pembuangan debu hasil pembakaran batu bara. Sedangkan *steel slag* (terak baja) adalah limbah dari pembuatan baja yang diproduksi selama pemisahan *molten*

*steel* (baja lumer) dari kotoran dalam *blast furnace* (ruang tertutup untuk pemanasan logam atau dapur api). *Steel slag* merupakan zat yang tersisa (limbah) ketika baja telah diekstrak dari bijinya. *Fly ash* dan *slag* termasuk dalam kategori limbah beracun dan berbahaya (B3) dan produksinya meningkat seiring dengan produksi besi dan penggunaan batubara. *Fly ash* dan *slag* dikategorikan limbah B3 karena terdapat kandungan oksida logam berat pada *fly ash* dan *slag* yang akan mengalami pelindihan secara alami dan mencemari lingkungan.

Penambahan zat aditif yang bersifat *cementitious* dalam campuran beton seperti *fly ash* dan *slag* merupakan suatu teknologi yang saat ini sedang diteliti dan dikembangkan. Berbagai industri di Indonesia telah melakukan beberapa penelitian tentang pemanfaatan limbah *fly ash* dan *steel slag*. Khusus untuk industri batu bara dan besi baja, perusahaan yang memproduksinya telah memanfaatkan kedua limbah tersebut sebagai bahan bangunan. Hal ini dikarenakan komposisi kimia pada *fly ash* dan *slag* yang menyerupai semen, sangat cocok jika ditambahkan pada campuran beton. Selain itu molekul-molekul dalam *fly ash* dan *slag* yang berbentuk bulat cocok sebagai *filler* dalam beton.

Tambahan-tambahan baru pada campuran beton ini memperkenalkan variabel baru pada pemodelan kekuatan tekan beton yang berakibat pada bertambahnya tingkat kerumitan. Para ahli memprediksi kekuatan tekan beton dengan melihat tabel dan grafik, mengacu pada kondisi lapangan, dan dengan mengikuti aturan dan rumus standar tertentu. Banyak penelitian dilakukan dengan cara menggunakan uji eksperimen yang biasanya memakan waktu dan biaya yang besar. Oleh karena itu, diperlukan sistem pemodelan baru yang tidak mengandalkan eksperimen, tetapi dapat memprediksi kekuatan beton dengan tingkat akurasi yang tinggi.

Dalam beberapa tahun terakhir, metode *artificial intelligence* (AI) salah satunya *Artificial Neural Network* (ANN) semakin banyak digunakan dalam penyelesaian masalah klasifikasi dan regresi karena telah terbukti lebih akurat daripada metode konvensional. Penelitian ini menggunakan teknologi AI untuk memprediksi kekuatan tekan beton dari berbagai macam komponen. *Neural network* memiliki kemampuan hubungan nonlinier yang kompleks antara faktor prediksi dan hasil prediksi. Data eksperimen diambil dari beberapa penelitian

penggunaan material *fly ash* dan *slag* sebagai bahan substitusi semen pada campuran beton yang telah dilakukan di beberapa negara yang ditinjau dari sisi kekuatannya. Dengan menggunakan metode ini, maka akan dapat diprediksi bagaimana kadar optimum *fly ash* dan *slag* pada campuran beton sesuai dengan acuan SNI 7656:2012.

Selain meninjau dari sisi kekuatannya, penelitian ini juga akan mengkaji *fly ash* dan *slag* sebagai bahan substitusi semen ditinjau dari sisi lingkungan, yaitu menghitung emisi karbon yang dikeluarkan oleh beton dengan campuran kedua material tersebut. Perhitungan emisi karbon pada penelitian ini menggunakan database inventory analysis dengan referensi dari Idemat2014 dan Ecoinvent V3, yang tertuang dalam *database Eco-costs 2012 V2* mengacu pada metode *Life Cycle Assessment (LCA)*.

### **1.2. Maksud dan Tujuan Penelitian**

Maksud dan tujuan yang hendak dicapai dalam penelitian ini adalah :

1. Mengetahui hasil prediksi kadar optimum *fly ash* dan *slag* pada campuran beton ditinjau dari sisi kekuatannya dengan menggunakan metode *Artificial Neural Network (ANN)* dan sesuai dengan SNI 7656:2012.
2. Mengetahui perbandingan besarnya emisi karbon yang dihasilkan dari beton normal, beton dengan *fly ash*, dan beton dengan *slag* dengan referensi dari Idemat2014 dan Ecoinvent V3.

### **1.3. Batasan Penelitian**

Untuk memudahkan penelitian maka diperlukan pembatasan permasalahan diantaranya sebagai berikut :

1. Bahan *aditif* yang bersifat *cementitious* dalam campuran beton yang dikaji pada penelitian ini hanya material *fly ash* dan *slag*.
2. Material *slag* yang dibahas pada penelitian ini terbatas pada *steel slag*.
3. Material *fly ash* yang dibahas pada penelitian ini terbatas pada *fly ash* kelas F dan *fly ash* kelas C.
4. Analisis prediksi kuat tekan beton yang digunakan untuk mengkaji hasil penelitian-penelitian tentang *fly ash* dan *slag* serta menentukan kadar optimum *fly ash* dan *slag* pada campuran beton adalah dengan

menggunakan metode *Artificial Neural Network* dalam bentuk file excel dan didesain oleh Andrew Coffman dari University of Toledo.

5. Jumlah iterasi yang digunakan sebanyak 7000 iterasi
6. Jenis perawatan (curing) beton tidak diperhitungkan dalam variabel penelitian
7. Rujukan yang digunakan adalah :
  - a. SNI 2847:2019 tentang Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung.
  - b. SNI 2460:2014 tentang Spesifikasi abu terbang batubara dan pozolan alam mentah atau yang telah dikalsinasi untuk digunakan dalam beton.
  - c. SNI 6385:2016 tentang Spesifikasi semen *slag* untuk digunakan dalam beton dan mortar.
  - d. SNI 7656:2012 tentang Tata cara pemilihan campuran untuk beton normal, beton berat, dan beton massa.
  - e. Perhitungan emisi karbon menggunakan referensi dari Idemat2014 dan Ecoinvent V3, yang tertuang dalam *database Eco-costs 2012 V2*.

#### **1.4. Sistematika Penulisan**

Sistematika pembahasan dan penulisan penelitian ini disusun ke dalam sejumlah bab dengan uraian sebagai berikut :

##### **Bab I Pendahuluan**

Bab ini menjelaskan latar belakang, maksud dan tujuan, ruang lingkup penelitian serta sistematika penulisan penelitian.

##### **Bab 2 Tinjauan Pustaka**

Bab ini berisi mengenai teori-teori yang digunakan dalam penelitian tentang perkembangan beton, material *fly ash* dan *slag*, serta metode *Artificial Neural Network* (ANN).

##### **Bab 3 Metodologi Penelitian**

Bab ini membahas mengenai prosedur dan langkah-langkah penelitian.

##### **Bab 4 Analisis dan Pembahasan**

Bab ini menjelaskan pembahasan mengenai hasil analisis prediksi kadar optimum dan kuat tekan penggunaan *fly ash* dan *slag* dari data eksperimen pada campuran beton dengan menggunakan metode *Artificial Neural*

*Network* (ANN) serta kajian kedua material tersebut ditinjau dari perhitungan emisi karbon yang dikeluarkan.

### **Bab 5 Kesimpulan dan Saran**

Bab ini berisi kesimpulan serta saran yang diambil dari hasil analisis dan pembahasan.