

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Perbedaan *Ground Granulated Blast Furnace Slag*, *Iron Slag* dan *Steel Slag*

2.1.1. *Ground granulated blast furnace slag*

Pembuatan baja menggunakan bahan baku yakni biji baja, *coke* dan *limestone* dimasukkan ke dalam tungku kemudian dipanaskan hingga suhu 1500°C. Biji baja direduksi menjadi baja dan bahan yang tersisa membentuk terak yang mengapung di atas baja. *Ground Graanulated Blast Furnace Slag* adalah produk sampingan dari *blast furnace* yang digunakan untuk membuat baja. *Ground Granulated Blast Furnace Slag* diperoleh dengan memadamkan lelehan terak baja dari *blast furnace* dalam air atau uap, keringkan dan digiling menjadi bubuk halus yang memiliki permukaan spesifik sekitar 400 hingga 600 m² / kg. Penggilingan terak pasir dilakukan dalam *ball mill* yang berputar.

Tabel 2.1 Sifat Fisik *Ground Granulated Blast Furnace Slag*

No	Sifat Fisik	Hasil
1	Berat Jenis	2.90
2	Kepadatan Massa, kg/m ³	1245
3	Warna	Keputihan
4	Ukuran Butiran	Mendekati ukuran butiran semen

Sumber : Kumar, dkk (2017)

2.1.2. *Steel Slag*

Terak baja, produk sampingan dari pembuatan baja, diproduksi selama pemisahan baja cair dari kotoran di tungku pembuatan baja. Terak terjadi sebagai cairan leleh cair dan merupakan larutan kompleks silikat dan oksida yang mengeras pada pendinginan. Dalam proses oksigen dasar, logam tungku ledakan

panas, skrap, dan fluks, yang terdiri dari kapur (CaO) dan kapur dolomit (CaO.MgO atau "dolime"), dibebankan ke konverter (tungku). Tombak diturunkan ke konverter dan oksigen tekanan tinggi disuntikkan. Oksigen bergabung dengan dan menghilangkan kotoran dalam muatan. Sisa ini terdiri dari karbon sebagai gas karbon monoksida, dan silikon, mangan, fosfor dan beberapa besi sebagai oksida cair, yang bergabung dengan kapur dan dolime untuk membentuk terak baja. Pada akhir operasi pemurnian, baja cair diambil (dituangkan) ke dalam tempat sementara terak baja dipertahankan dalam bejana dan kemudian disadap ke dalam panci terak yang terpisah. Terak baja yang diproduksi selama tahap utama produksi baja disebut sebagai terak tanur. Ini adalah sumber utama agregat terak baja. Setelah disadap dari tungku, baja lebur dipindahkan dalam tempat untuk pemurnian lebih lanjut untuk menghilangkan kotoran tambahan yang masih terkandung di dalam baja.

Tabel 2.2 Sifat Fisik *Steel Slag*

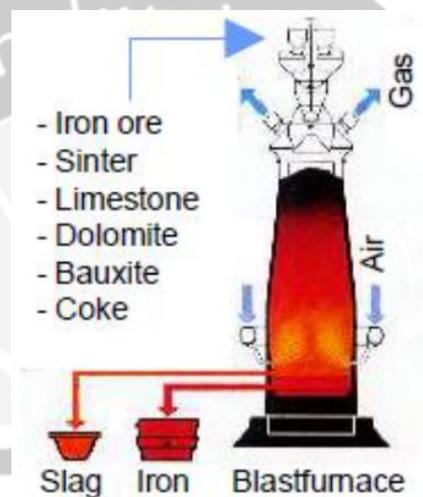
No	Sifat Fisik	Hasil
1	Berat Jenis	3.2 - 3.6
2	Kepadatan Massal, kg/m ³	1600 – 1920
3	Warna	Orange
4	Ukuran Butiran	Mendekati ukuran butiran agregat kasar

Sumber : <https://www.fhwa.dot.gov>

2.1.3. *Iron slag*

Terak besi merupakan produk sampingan dari pembuatan besi. Pembuatan besi menggunakan bahan baku yakni biji besi, *coke* dan *limestone* dimasukkan ke dalam tungku kemudian dipanaskan hingga suhu 1500°C. Dua produksi yang dihasilkan berupa besi dan slag dalam bentuk cair. Slag berada di atas puncak karena lebih ringan dari besi seperti ditunjukkan pada Gambar 2.1 berikut. Biji

besi direduksi menjadi besi dan bahan yang tersisa membentuk terak yang mengapung di atas besi. Karakteristik Fisik Limbah padat (slag) mempunyai butiran partikel berpori pada permukaannya. Limbah padat (slag) merupakan material dengan gradasi yang baik, dengan variasi ukuran partikel yang berbeda-beda. Ukuran gradasi limbah padat (slag) lebih mendekati ukuran agregat kasar 2/3.



Gambar 2.1 Diagram proses produksi *Iron Slag*

2.2. Penelitian Beton *Ground Granulated Blast Furnace Slag*

Pada penelitian penelitian sebelumnya yang membahas mengenai pemanfaatan limbah dalam pembuatan beton. Beberapa diantaranya penelitian tentang pemanfaatan limbah slag baja yang bernama *Ground Granulated Blast Furnace Slag* dan serat dari serabut kelapa sebagai campuran dalam beton. Peninjauan pustaka ini perlu dilakukan untuk menghindari pembuatan ulang penelitian yang sama. Beberapa penelitian sebelumnya yang menggunakan limbah *Ground Granulated Blast Furnace Slag* sebagai berikut:

Kumar, (2017) melakukan percobaan menggunakan *Ground Granulated Blast Furnace Slag* dengan variasi 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80%, 90%, dari berat semen yang digunakan dengan faktor air smen 0.4. Dalam penelitian tersebut mendapat kesimpulan bahwa untuk beton normal tanpa penambahan apapun memperoleh nilai slump 60 mm untuk 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80%, 90%, adalah 65, 70, 75, 78, 80, 74, 70, 65, 60 mm. Kuat tekan beton dengan umur 28 hari untuk beton normal diperoleh 57.40, untuk 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80%, 90%, adalah 59.85, 60.74, 62.37, 73.48, 73.93, 70.37, 60.59, 49.19, 35.11 KN. Untuk kuat tarik belah dengan umur 28 hari untuk beton normal diperoleh 3.80 MPa, untuk 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80%, 90%, adalah 3.70, 3.85, 4.20, 4.45, 4.30, 3.90, 3.85, 3.20, 3.00 MPa. Modulus elastisitas yang diperoleh belah dengan umur 28 hari untuk beton normal diperoleh 39.98 GPa, untuk 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80%, 90%, adalah 40.54, 42.64, 44.48, 45.33, 46.08, 47.1, 49.56, 49.86, 50.26 GPa.

Babu (2016) melakukan penelitian mengenai tingkah laku *Ground Granulated Blast Furnace Slag* dengan variasi 0%, 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, dari berat semen, dengan kuat tekan rencana 20 MPa dan kuat tekan rencana 30 MPa. Nilai Slump yang didapat untuk kuat tekan rencana 20 MPa dengan variasi 0%, 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, adalah 43, 57, 64, 67, 74, 82 mm. Nilai Slump yang didapat untuk kuat tekan rencana 30 MPa dengan variasi 0%, 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, adalah 39, 50, 54, 59, 69, 81 mm. Hasil kuat tekan untuk beton umur 28 hari dengan kuat tekan rencana 20 MPa dengan variasi 0%, 10%, 20%,

30%, 40%, 50%, adalah 27.85, 29.59, 31.96, 33.62, 30.63, 26.54 MPa. Hasil kuat tekan untuk beton umur 28 hari dengan kuat tekan rencana 30 MPa dengan variasi 0%, 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, adalah 41.70, 43.63, 45.66, 47.83, 44.62, 40.27 MPa.

Atis (2009) melakukan percobaan untuk mengetahui kuat tekan beton menggunakan *Ground Granulated Blast Furnace Slag* dengan variasi 0%, 20%, 40%, 60%, 80%, dengan faktor air semen 0.3, 0.4, 0.5 dengan kuat tekan rencana 35 MPa, 40 MPa, 45 MPa. Dalam penelitian tersebut mendapat kesimpulan dengan umur beton 28 hari bahwa untuk kuat tekan rencana 35 MPa, faktor air semen 0.30 untuk variasi *Ground Granulated Blast Furnace Slag* 0%, 20%, 40%, 60%, 80%, adalah 75.8, 81.4, 81.0, 73.3, 62.7 MPa, faktor air semen 0.40 untuk variasi *Ground Granulated Blast Furnace Slag* 0%, 20%, 40%, 60%, 80%, adalah 63.9, 65.8, 67.2, 61.8, 50.4 MPa, faktor air semen 0.50 untuk variasi *Ground Granulated Blast Furnace Slag* 0%, 20%, 40%, 60%, 80%, adalah 53.6, 57.0, 55.9, 45.1, 29.9 Mpa. Untuk kuat tekan rencana 40 MPa, faktor air semen 0.30 untuk variasi *Ground Granulated Blast Furnace Slag* 0%, 20%, 40%, 60%, 80%, adalah 80.7, 81.4, 82.0, 77.8, 67.7 MPa, faktor air semen 0.40 untuk variasi *Ground Granulated Blast Furnace Slag* 0%, 20%, 40%, 60%, 80%, adalah 63.9, 66.0, 66.9, 61.1, 53.1 MPa, faktor air semen 0.50 untuk variasi *Ground Granulated Blast Furnace Slag* 0%, 20%, 40%, 60%, 80%, adalah 51.4, 52.6, 51.6, 40.1, 25.3 MPa. Untuk kuat tekan rencana 450 kg/m³, faktor air semen 0.30 untuk variasi *Ground Granulated Blast Furnace Slag* 0%, 20%, 40%, 60%, 80%, adalah 80.3, 81.8, 83.8, 80.6, 66.3 MPa, faktor air semen 0.40 untuk variasi

Ground Granulated Blast Furnace Slag 0%, 20%, 40%, 60%, 80%, adalah 64.3, 73.5, 66.4, 61.8, 46.8 MPa, faktor air semen 0.50 untuk variasi *Ground Granulated Blast Furnace Slag* 0%, 20%, 40%, 60%, 80%, adalah 48.7, 50.4, 49.3, 39.5, 27.7 MPa,

Gidion (2013) melakukan percobaan untuk mengetahui efek dari suhu pemeliharaan terhadap pertumbuhan kekuatan beton *Ground Granulated Blast Furnace Slag* serta pengaruh level *Ground Granulated Blast Furnace Slag* terhadap kekuatan beton, maka suhu pemeliharaan divariasi pada 20°C dan 50°C serta pemeliharaan secara adiabatik dengan level *Ground Granulated Blast Furnace Slag* 0%, 20%, 35%, 50% dan 70%. Hasil yang didapat dari penelitian tersebut adalah pada umur awal beton, pertumbuhan kekuatan beton *Ground Granulated Blast Furnace Slag* lebih tinggi pada suhu yang lebih tinggi. Hal ini ditunjukkan dari hasil kuat tekan yang diperoleh pada umur beton 28 hari untuk beton yang dirawat pada suhu 20°C dengan variasi *Ground Granulated Blast Furnace Slag* 0% 20%, 35%, 50% dan 70%, adalah 55, 59, 57, 62, 55 MPa, untuk beton yang dirawat pada suhu 50°C dengan variasi *Ground Granulated Blast Furnace Slag* 0% 20%, 35%, 50% dan 70%, adalah 55, 62, 59, 65, 55 MPa, Kekuatan awal beton GGBFS yang dirawat dibawah suhu standar (20°C) yang mempunyai kuat tekan rencana yang sama dengan beton dengan semen saja, berkurang dengan meningkatnya level GGBFS dalam beton. Akan tetapi pada beton GGBFS yang dirawat pada suhu yang lebih tinggi yakni 50°C, kekuatan beton pada umur awal sangat meningkat dan sebanding dengan kuat tekan beton dengan semen saja. Peningkatan kekuatan beton lebih signifikan pada beton

dengan 70% GGBFS. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi level GGBFS dalam beton, kekuatan beton semakin sensitif terhadap suhu perawatan.

2.3. Penelitian Beton Serabut Kelapa

Wijadi (2018) melakukan percobaan untuk mengetahui pengaruh penambahan *superplasticizer* dengan variasi sebesar 1,5%; 2%; dan 2,5% terhadap sifat mekanik beton memadat mandiri dengan serat serabut kelapa sebesar 1% dari berat semen yang diberi perlakuan alkali. Dalam penelitian tersebut mendapat kesimpulan bahwa hasil kuat tekan beton dengan variasi kadar *superplasticizer* 0%; 1,5%; 2%; dan 2,5% pada umur 14 hari adalah 30.29, 30.34, 34.16, 44.85 MPa. Hasil kuat tekan beton dengan variasi kadar *superplasticizer* 0%; 1,5%; 2%; dan 2,5% pada umur 28 hari adalah 34.46, 36.80, 49.15, 54.41 MPa. Untuk hasil kuat tariknya dengan variasi kadar *superplasticizer* 0%; 1,5%; 2%; dan 2,5% pada umur 14 hari adalah 2.46, 2.88, 3.05, 3.26 MPa. Hasil kuat tariknya dengan variasi kadar *superplasticizer* 0%; 1,5%; 2%; dan 2,5% pada umur 28 hari adalah 2.62, 3.39, 3.48, 3.51 MPa.

Fandy (2013) melakukan percobaan untuk mengetahui pengaruh pemanfaatan serat serabut kelapa dengan perlakuan alkali terhadap kuat tekan dan kuat tarik beton. Dalam penelitian tersebut mendapat kesimpulan bahwa hasil kuat tekan beton 7 hari pada umur untuk beton konvensional adalah 25.556 MPa, untuk variasi jumlah serat yang digunakan 0.5%, 0.75% dan 1% dengan tanpa NaOH adalah 23.631, 20.635, 18.413 MPa, untuk variasi jumlah serat yang digunakan 0.5%, 0.75% dan 1% dengan NaOH sebesar 1M adalah 30.796, 30.159, 27.937 MPa, untuk variasi jumlah serat yang digunakan 0.5%, 0.75% dan 1% dengan

NaOH sebesar 1.25M adalah 31.905, 21.905, 23.175 MPa. Hasil kuat tekan beton 14 hari pada umur untuk beton konvensional adalah 23.990 MPa, untuk variasi jumlah serat yang digunakan 0.5%, 0.75% dan 1% dengan tanpa NaOH adalah 23.661, 20.581, 18.182 MPa, untuk variasi jumlah serat yang digunakan 0.5%, 0.75% dan 1% dengan NaOH sebesar 1M adalah 31.944, 37.399, 28.662 MPa, untuk variasi jumlah serat yang digunakan 0.5%, 0.75% dan 1% dengan NaOH sebesar 1.25M adalah 29.040, 23.485, 23.864 MPa. Hasil kuat tekan beton 28 hari pada umur untuk beton konvensional adalah 30.444 MPa, untuk variasi jumlah serat yang digunakan 0.5%, 0.75% dan 1% dengan tanpa NaOH adalah 23.333, 21.667, 19.444 MPa, untuk variasi jumlah serat yang digunakan 0.5%, 0.75% dan 1% dengan NaOH sebesar 1M adalah 34.556, 26.000, 28.111 MPa, untuk variasi jumlah serat yang digunakan 0.5%, 0.75% dan 1% dengan NaOH sebesar 1.25M adalah 35.889, 27.444, 23.222 MPa. Hasil kuat tarik beton 7 hari pada umur untuk beton konvensional adalah 1.897 MPa, untuk variasi jumlah serat yang digunakan 0.5%, 0.75% dan 1% dengan tanpa NaOH adalah 1.338, 1.628, 1.451 MPa, untuk variasi jumlah serat yang digunakan 0.5%, 0.75% dan 1% dengan NaOH sebesar 1M adalah 1.932, 2.088, 2.045 MPa, untuk variasi jumlah serat yang digunakan 0.5%, 0.75% dan 1% dengan NaOH sebesar 1.25M adalah 1.897, 1.946, 2.159MPa. Hasil kuat tarik beton 14 hari pada umur untuk beton konvensional adalah 2.300MPa, untuk variasi jumlah serat yang digunakan 0.5%, 0.75% dan 1% dengan tanpa NaOH adalah 1.669, 1.953, 1.861MPa, untuk variasi jumlah serat yang digunakan 0.5%, 0.75% dan 1% dengan NaOH sebesar 1M adalah 2.314, 2.095, 2.081MPa, untuk variasi jumlah serat yang digunakan 0.5%, 0.75%

dan 1% dengan NaOH sebesar 1.25M adalah 2.166, 2.109, 2.229 MPa. Hasil kuat tarik beton 28 hari pada umur untuk beton konvensional adalah 3.008, untuk variasi jumlah serat yang digunakan 0.5%, 0.75% dan 1% dengan tanpa NaOH adalah 1.826, 2.229, 2.017 MPa, untuk variasi jumlah serat yang digunakan 0.5%, 0.75% dan 1% dengan NaOH sebesar 1M adalah 2.137, 2.491, 2.215 MPa, untuk variasi jumlah serat yang digunakan 0.5%, 0.75% dan 1% dengan NaOH sebesar 1.25M adalah 2.159, 2.611, 2.371 MPa.

Ardy (2017) telah melakukan penelitian tentang Studi Pemanfaatan Serat Serabut Kelapa Dengan Variasi Perlakuan Alkali Terhadap Sifat Mekanik Beton. Hasil kuat tekan beton tanpa serat adalah 31.35 MPa, beton dengan penambahan 0.5% serat serabut kelapa pada variasi 0M, 1M, 1,5M, dan 2M adalah 30.84, 32.41, 40.37, dan 33.48 MPa, beton dengan penambahan 1% serat serabut kelapa pada variasi 0M, 1M, 1,5M, dan 2M adalah 30.84, 32.41, 40.37, dan 33.48 MPa. Hasil pengujian kuat tarik belah beton normal tanpa serat adalah 3.57 MPa, beton dengan penambahan 0.5% serat serabut kelapa pada variasi 0M, 1M, 1,5M, dan 2M adalah 3.58, 3.62, 3.90, dan 3.75 MPa, beton dengan penambahan 1% serat serabut kelapa pada variasi 0M, 1M, 1,5M, dan 2M adalah 3.68, 3.92, dan 3.73 MPa.