

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Penggunaan semen dalam produksi beton konvensional menjadi salah satu faktor penyebab terjadinya pemanasan global. Proses pembuatan semen menghasilkan emisi gas karbon dioksida (CO₂) dalam jumlah yang cukup besar, di mana industri semen berkontribusi sekitar 4,5% terhadap total emisi CO₂ yang memicu pemanasan global. Secara kuantitatif, setiap 1 kilogram semen yang diproduksi diperkirakan menghasilkan emisi CO₂ sebesar 1 kilogram. (Lianasari dan Siahaan, 2019).

Berdasarkan kondisi tersebut maka diupayakan *low carbon* pada pembangunan infrastruktur yang secara tidak langsung memberikan kontribusi polusi CO₂. Upaya yang dilakukan adalah pembuatan inovasi beton yang *low carbon* atau bahkan *zero carbon* dengan tidak menggunakan semen sebagai bahan ikat. Inovasi tersebut yang banyak diupayakan untuk ditingkatkan produksi dan pemakaiannya. Teknologi beton geopolimer dan beton *high volume fly ash*, sebagai salah satu alternatif pemecahan masalah tersebut.

Secara fisik, material *fly ash* memiliki kemiripan dengan semen dalam hal kehalusan butir – butirnya, *fly ash* mempunyai butiran yang cukup halus, yaitu lolos ayakan No. 325 (45 mili micron) 5-27 % dengan specific gravity antara 2,15-2,6 dan berwarna abu-abu kehitaman. Sifat kimia yang dimiliki oleh *fly ash* berupa silica dan alumina dengan presentase mencapai 80%. Adanya kemiripan

sifat-sifat ini menjadikan *fly ash* sebagai material pengganti untuk mengurangi jumlah semen sebagai material penyusun beton (Setiawati, 2018).

Penggunaan *fly ash* pada beton segar akan memperbaiki sifat pengerjaan, mengurangi jumlah air campuran, mengurangi panas hidrasi sehingga baik untuk mass concrete, mencegah segregasi dan bleeding. Sedangkan pada beton keras keuntungannya adalah meningkatnya ketahanan terhadap lingkungan agresif, meningkatkan kerapatan beton, mengurangi penyusutan (Lianasari, Tansia, dan Nike, 2017).

Fly ash sebagai substitusi semen sebesar 50%, 60%, dan 70% dengan penambahan superplasticizer 0,6% dari berat binder, memberikan hasil kuat tekan beton umur 28 hari berturut-turut 38,197 MPa, 37,820 MPa, dan 37,726 MPa. Sedangkan pengujian pada umur 56 hari diperoleh 67,363 MPa, 63,468 MPa, dan 60,159 MPa (Lianasari, dan Aji., 2017). Melihat penurunan yang tidak signifikan, maka potensi penggantian *fly ash* terhadap semen sampai 70% dapat digunakan. Sehingga potensi pengurangan semen dalam industri konstruksi semakin besar.

Perilaku benda uji balok berbahan *fly ash* mempunyai daktilitas yang lebih baik dibandingkan pada uji balok yang terbuat dari beton normal, hal ini menunjukkan bahwa balok beton yang dicor dengan *fly ash* volume tinggi mampu mempunyai defleksi yang cukup besar sebelum menuju kegagalan (Lisanton, Wigroho, dan Krisna, 2018).

Beton memadat mandiri (*self-compacting concrete/SCC*) memberikan manfaat yang besar dalam proses pelaksanaan konstruksi. SCC memiliki sifat *high flowability*, material yang padat, dan kekuatan tinggi karena kualitas spesifik

dari agregat, *filler*, dan proporsi campuran bahan susun beton serta penggunaan superplasticizer berbasis polikarboksilat. Kerugian utama dari beton SCC adalah harga tinggi dan kesulitan dalam mendapatkan campuran yang tepat. Penggunaan substitusi semen dengan *fly ash* tipe F adalah salah satu cara membuat harga SCC menjadi lebih murah. Penggantian 60% semen dengan *fly ash* dalam beton SCC dengan kandungan *air-entrained* 3,5% pada umur 7 hari kuat tekan mencapai kisaran 41,8MPa (Bakhrakh, Solodov dan Larsen, 2017).

Hasil penelitian untuk kapasitas geser pengujian balok penampang persegi *High Volume Fly Ash Self Compacting Concrete* (HVFA-SCC) dengan penggantian 60% semen dengan *fly ash* memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan dengan kapasitas geser hasil pengujian balok beton normal yang diuji pada umur 28 hari yakni sebesar 26,125 kN untuk HVFA-SCC 60% dan 21,500 kN untuk beton normal (Prasetyo, Setia, dan Adi, 2019).

Balok beton normal dengan penampang T yang diperkuat dengan *carbon fiber reinforced polymer* (CFRP) dengan sistem pembalutan U-Wrap dapat meningkatkan geser balok sebesar 45% (Abdalla, Mhanna, dan Hawileh, 2022). Namun demikian penelitian tersebut bukan termasuk beton HVFA-SCC.

Wrapping dengan CFRP sangat sesuai digunakan untuk balok dengan kapasitas geser yang kurang. dimana regangan ,dan lendutan untuk balok dengan kapasitas geser yang kurang, mampu memiliki kemampuan yang hampir sama dengan balok yang didesain dengan kapasitas geser mencukupi. (Prashanth, dan Manjunath, 2023)

Saat ini telah dilakukan studi perilaku lentur balok beton *High Volume Fly*

Ash Self Compacting Concrete (HVFA-SCC) dengan perkuatan *Carbon Fiber Reinforced Polymer* (CFRP), namun penelitian dilakukan pada balok berpenampang persegi. Sedangkan penelitian balok beton *High Volume Fly Ash Self Compacting Concrete* (HVFA-SCC) dengan penampang T belum ada. Dalam prakteknya balok lantai pada umumnya menyatu secara monolit dengan pelat lantai, begitu pula peningkatan penggunaan *fly ash* cenderung menurunkan kekuatan geser dan membuat beton rapuh (Lisanton, A., et al, 2017). Dengan demikian perlu dilakukan studi tentang perkuatan geser balok dengan penampang T beton *High Volume Fly Ash Self Compacting Concrete* (HVFA-SCC) yang diperkuat dengan *Carbon Fiber Reinforced Polymer* (CFRP), Penelitian pengusul sebelumnya adalah beton *High Volume Fly Ash* dengan penggantian semen dengan *fly ash* mencapai 50% dan penerapan pada Kemampuan geser struktur balok dengan penampang persegi. Kebaharuan penelitian ini adalah penerapan pada kemampuan geser struktur balok penampang T dengan perkuatan CFRP, dan penggunaan *fly ash* 50% , dengan target kuat tekan $f_c' = 30$ MPA, dan jenis beton adalah HVFA *Self- Compacting Concrete*.

2.2 Fiber Reinforced Polymer (FRP)

FRP merupakan material komposit yang banyak digunakan sebagai bahan perkuatan pada elemen struktur seperti kolom, balok, dan pelat. Penggunaan FRP bertujuan untuk meningkatkan kekuatan struktur serta menambah kapasitas lentur, geser, aksial, dan daktilitas elemen yang diperkuat. Teknik perkuatan seperti ini dapat dibuat efisien. Tidak menyebabkan karat seperti plat baja

external. Daya tahan FRP yang tinggi lebih ekonomis digunakan pada lingkungan korosif dimana baja akan mudah berkarat.

FRP memiliki beberapa keunggulan dan keterbatasan:

• Keunggulan FRP antara lain :

- Bobotnya yang relatif ringan
- Kemudahan dalam proses pemasangan
- Kebutuhan biaya pemeliharaan yang rendah
- Efisiensi biaya tenaga kerja
- Ketahanan terhadap korosi
- Memiliki kekuatan dan kekakuan tarik yang tinggi

• Kerugian :

- Harga material yang cukup mahal

Dalam penerapannya pada balok, FRP umumnya digunakan dalam bentuk lembaran atau lapisan yang dipasang pada bagian luar balok, sehingga dapat meningkatkan kekuatan serta daktilitas struktur. Berdasarkan jenis serat penyusunnya, FRP dibedakan menjadi tiga jenis, yaitu Glass Fiber Reinforced Polymer (GFRP), Aramid Fiber Reinforced Polymer (AFRP), dan Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP).

2.2.1 Carbon

Serat karbon didefinisikan sebagai jenis serat yang memiliki kandungan karbon minimal sebesar 90% berdasarkan beratnya. Pada kondisi suhu ruang, serat karbon menunjukkan ketahanan yang sangat baik terhadap korosi maupun kerusakan. Sistem perkuatan menggunakan Carbon Fiber Reinforced Polymer

(CFRP) bertujuan untuk meningkatkan kinerja struktur, khususnya dalam meningkatkan kapasitas lentur, geser, aksial, serta daktilitas elemen beton yang diperkuat. Cara pemasangan CFRP adalah dengan melilitkannya mengelilingi permukaan perimeter elemen struktur yang diperkuat dengan menggunakan perekat epoxy resin. Sistem kerjanya sama dengan tulangan transversal konvensional, Material *Carbon Fiber* bisa dilihat pada Gambar 2.1 dibawah ini



Gambar 2.1. Material *Carbon Fiber*

Dalam thesis ini penulis menggunakan *CFRP* produksi dari SIKA, dimana SIKA memproduksi 3 jenis *CFRP* yaitu SIKA CarboDur dengan bentuk pelat tipis dengan epoxy SIKADUR 30 sebagai bahan perekatnya, *NSM (Near Surface Mounted)* dengan bentuk 2 jenis seperti tulangan dan pelat kecil dimana material tersebut ditanam dalam beton, SIKAWRAP berbentuk serat fiber dengan perekat epoxy SIKADUR 330.

- SIKA CarboDur

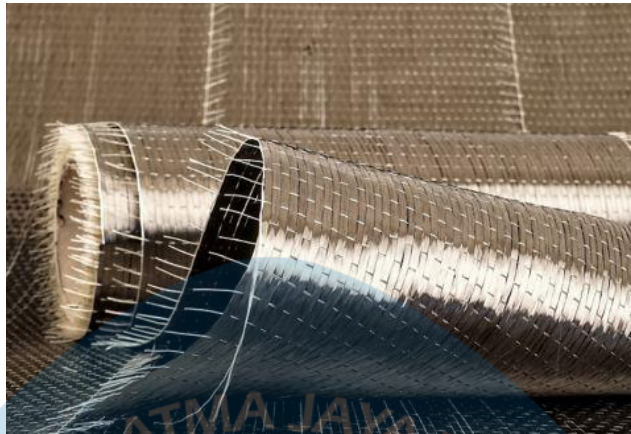
Berbentuk plat dengan tebal 1.2mm, dengan epoxy SIKADUR 30 sebagai bahan perekatnya, dengan cara pemasangan yaitu dengan membuat kasar permukaan beton, dan dioleskan epoxy sebagai bahan perekatnya, epoxy tersebut juga dioleskan pada SIKA CarboDur, yang lalu di rekatkan pada beton, untuk material SIKA Carbodur bisa dilihat pada Gambar 2.2 dibawah ini.



Gambar 2.2. Material SIKA Carbodur

- Sika Wrap

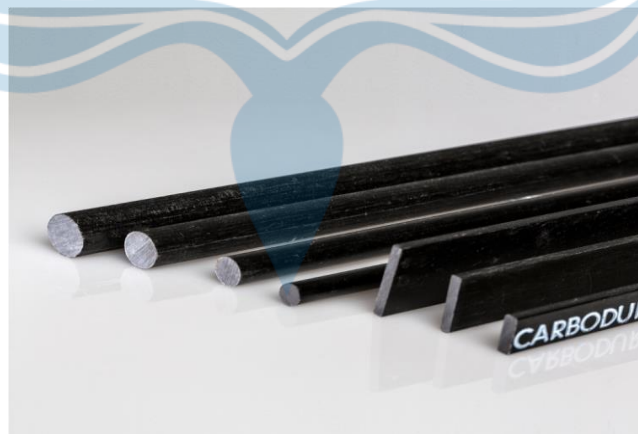
Berbentuk serat dengan berbagai tipe ketebalan 0,131;0.167;0.331 mm. dan menggunakan SIKADUR 330 sebagai bahan perekat ke beton. Cara pemasangan yaitu dengan menempelkan ke permukaan beton yang sudah dikasarkan dan sudah terolesi oleh epoxy, dan ditekan dengan rol pada saat penempelan agar epoxy dapat masuk kedalam serat, material SIKA Wrap dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3. Material SIKA Wrap

- NSM (*Near Surfaced Mounted*)

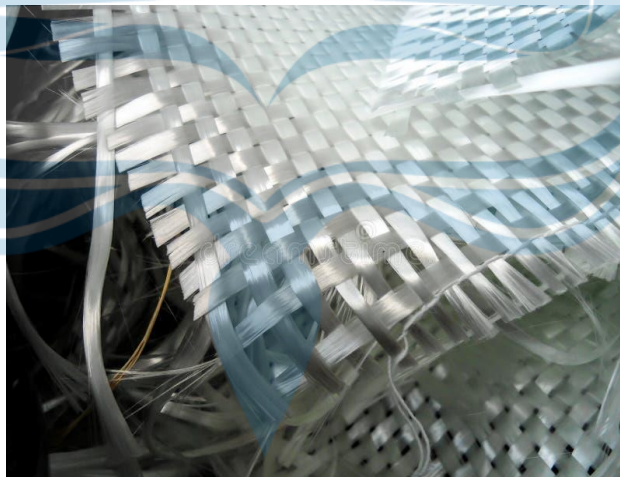
Berbentuk plat kecil dan tulangan. Dipasang didalam beton dengan cara melubangi beton. Dan dimasukan tulangan kedalamnya dan diisi dengan epoxy SIKADUR 30, material SIKA Carbodur NSM dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4. Material SIKA Carbodur NSM

2.2.2 Glass

Glass Fiber Reinforced Polymer (GFRP) merupakan material komposit yang tersusun dari serat kaca berukuran halus. Dibandingkan dengan serat karbon, GFRP memiliki kekuatan dan kekakuan yang lebih rendah, meskipun bobotnya relatif ringan dan bersifat lebih rapuh. Proses pemasangan GFRP umumnya menggunakan perekat epoxy resin, serupa dengan metode yang diterapkan pada CFRP. Selain dimanfaatkan sebagai material perkuatan pada balok, kolom, dan elemen struktur lainnya, GFRP juga banyak digunakan pada aplikasi interior dan eksterior bangunan karena memiliki ketahanan yang baik terhadap berbagai kondisi cuaca. Ilustrasi material GFRP ditampilkan pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5. Material GFRP

2.2.3 Aramid

Bahan sintesis bernama aramid ini memiliki tekstur yang cukup kuat, memiliki ketahanan tinggi terhadap panas, modulus tinggi, dan ketahanan asam,

Pemasangan Aramid Fiber Reinforced Polymer (AFRP) yaitu dengan menempelkan pada permukaan elemen struktur yang membutuhkan perkuatan dengan menggunakan perekat epoxy resin, material aramid bisa dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6. Material Aramid