

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka

Pemanasan global (*global warming*) merupakan dampak negatif dari perkembangan ilmu dan teknologi. Pekerjaan konstruksi menjadi salah satu kontributor utama penyumbang polusi emisi gas CO₂. Proses produksi semen Portland menyumbang 5% emisi gas CO₂. (Lianasari, A.E, dan Siahaan, RP, 2019)

Fly ash (abu terbang), merupakan hasil residu pembakaran batu bara. Unsur kimia *fly ash* adalah silika (SiO₂), alumina (Al₂O₃), fero oksida (Fe₂O₃) dan kalsium oksida (CaO), dan mengandung unsur lainnya yaitu magnesium oksida (MgO), titanium oksida (TiO₂), alkalin (Na₂O dan K₂O), sulfur trioksida (SO₃), pospor oksida (P₂O₅) dan carbon (C) (Lianasari, A.E., dan Tansia, Nike, 2017).

Pada awalnya *fly ash* dalam inovasi teknologi beton digunakan sebagai pengganti semen dibatasi pada kisaran 15-25%. Kemudian pada saat ini pengembangan kekuatan tinggi menggunakan pada beton dengan menggunakan *fly ash* volume tinggi dimana penggantian semen dengan *fly ash* minimal 50%. Pengujian geser balok dengan beton HVFA variasi penggantian semen 50%,60%, dan 70%, memberikan hasil nilai optimum adalah pada penggantian

50% semen dengan *fly ash* (Lisantonno, A., Wigroho, H. Y., dan Purba, R. A'2017).

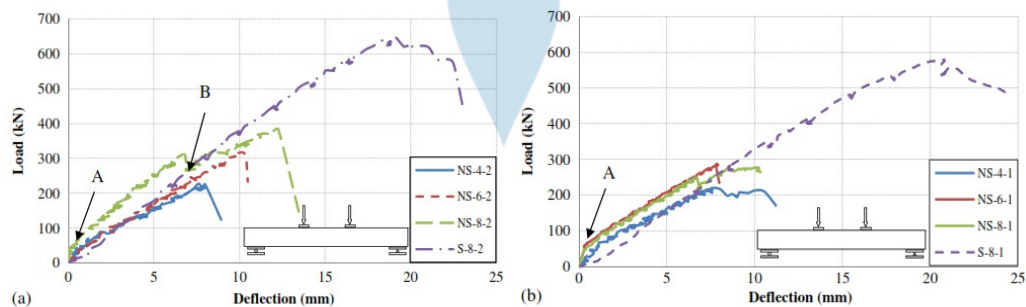
Aplikasi penggunaan *fly ash* 50% pada balok beton bertulang, *self-compacting concrete*, dimensi lebar 150 mm, tinggi 300 mm, dan bentang 2000 mm dengan mutu 40 MPa, dibebani 2 titik dengan posisi 1/3 bentang. Hasil pengujian diperoleh HVFA-SCC memiliki lendutan lebih besar dari balok normal, kemampuan menerima beban lebih rendah, dan nilai daktilitas yang lebih besar (Sugianto, P., Budi, A. S., Kristiawan, S. A, 2018).

Perencanaan beton HVFA *self-compacting concrete* dengan penggantian semen 50% memenuhi syarat sebagai beton memadat mandiri dengan perencanaan bahan susun sebagai berikut. Bahan susun per- m^3 beton kontrol Semen 450 kg, kerikil 970,99 kg, pasir 773,3 kg, air 150lt, *superplasticizer* 5,2lt. Untuk beton HVFA SCC bahan susun per- m^3 adalah Semen 250kg, fly ash 250 kg, kerikil 889,33 kg, pasir 886,79 kg, air 135 lt, *superplasticizer* 10 lt. Mutu beton berkisar 40 MPa. Hasil pengujian beton segar untuk beton HVFA SCC memenuhi persyaratan (tabel 2.1) sedangkan pada beton normal dilakukan pengujian slump dan didapat hasil adalah 11 cm (Sugianto, P., Budi, A. S., Kristiawan, S. A, 2018).

Tabel 2.1. Pengujian beton segar HVFA SCC [8]

Pengujian	Parameter	Hasil Pengujian Beton HVFA 50% SCC	Persyaratan Beton SCC (EFNARC 2002)
Flow table	T50 detik	4,6	2-5 dt
L-box	h2/h1	0,82	0,8-1 dt
V-funnel	T detik	10,3	6-12 dt
	T 5 menit	11,7	
	t detik	,1,4	0-3

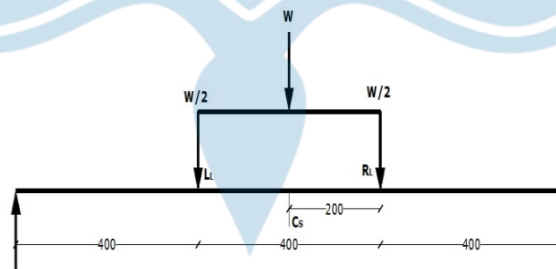
Prilaku balok HVFA (50% *fly ash*) dengan balok kontrol (ukuran penampang 12x18in, panjang 3600mm) menunjukkan hubungan linier elastis curam yang sama pada grafik P- (beban-defleksi) sebelum retak pertama (titik A). Setelah penambahan beban balok mengalami retak geser-lentur kritis (titik B) yang mengakibatkan penurunan beban dan redistribusi geser internal sampai terjadi kegagalan (gambar 2.1) (Arezoumandi, M., et al, 2015)..



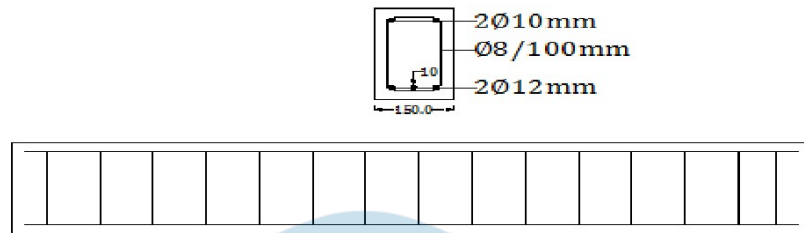
Gambar 2 1. Beban-defleksi (a) Balok beton bertulang HVFA (b) Balok Kontrol/Normal

Balok beton bertulang yang diperkuat lentur dengan serat karbon (CFRP), mengalami peningkatan kapasitas lentur dan regangan elastisnya. Dengan meningkatnya kekuatan berdampak pada penurunan daktilitas yang secara signifikan dipengaruhi oleh jumlah baja dan CFRP (Yost, J. R., & Steffen, R. E, 2014).

Balok beton bertulang laminasi *Carbon Fiber Reinforced Plastics* (CFRP) dengan dimensi 150 x 230 x 1500 mm dibebani dengan beban dua titik pada pengujian lentur. Hasil pengujian menunjukkan bahwa balok beton bertulang yang diperkuat dengan laminasi CFRP secara structural efisien dan meningkat daya dukung bebannya. Balok kontrol beton bertulang kegagalan lentur dapat menerima beban maksimal 120kN sedangkan yang diperkuat dengan laminasi CFRP 168 kN meningkat 40% (Kishore, R. Zia Nasiry and A. Muslim Rujan, 2016). Spesimen dan pengaturan pembebanan tertera pada Gambar 2.2 sampai dengan 2.4.



Gambar 2.2. Beban 2 titik



Gambar 2 3. Spesimen pengujian lentur (penulangan) [11]



Gambar 2 4 . Spesimen pengujian lentur (pemasangan CFRP) [11]

Penelitian pengusul sebelumnya adalah beton *High Volume Fly Ash* dengan penggantian semen dengan *fly ash* mencapai 50% dan penerapan pada kemampuan lentur struktur balok.

Fly ash biasanya digunakan sebagai bahan semen tambahan dalam beton. Penggantian agregat halus dengan menggunakan *High Volume Fly Ash Concrete* (HVFAC) dapat menghemat agregat halus alam. *Fly Ash* dengan porsi 50%; 60%; dan 70% sebagai pengganti agregat halus. Hasil percobaan menunjukkan bahwa daya dukung kapasitas balok *High Volume Fly Ash Concrete* (HVFAC) meningkat dengan meningkatnya porsi *fly ash* sebagai pengganti agregat halus [12]

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

Ash - Self- Compacting Concrete (HVFA SCC) dengan perkuatan *Carbon Fiber Reinforced Plastics* (CFRP), namun penelitian tersebut dilakukan pada balok berpenampang persegi. Sedangkan penelitian balok beton *High Volume Fly Ash - Self Compacting Concrete* (HVFA SCC) dengan penampang T belum ada. Dalam praktek balok lantai pada umumnya menyatu secara monolit dengan pelat lantai. Dengan demikian perlu dilakukan studi tentang perkuatan lentur balok dengan penampang T beton *High Volume Fly Ash - Self Compacting Concrete* (HFVA-SCC) yang diperkuat dengan CFRP. Penelitian pengusul sebelumnya adalah beton *High Volume Fly Ash* dengan penggantian semen dengan *fly ash* mencapai 50% dan penerapan pada kemampuan lentur struktur balok dengan penampang persegi. Kebaharuan penelitian ini adalah penerapan pada kemampuan lentur struktur balok penampang T dengan perkuatan *Carbon Fiber Reinforced Plastics* (CFRP), dan penggunaan *fly ash* 50% , dengan target kuat tekan $f_c' = 30$ MPA, dan jenis beton adalah *High Volume Fly Ash - Self Compacting Concrete* (HFVA- SCC)

2.1 Fiber Reinforced Polymer (FRP)

FRP merupakan material komposit yang dapat digunakan sebagai bahan perkuatan kolom, balok, dan plat lantai yang berfungsi untuk meningkatkan kekuatan atau memberikan peningkatan kapasitas lentur, geser, *axial* dan daktilitas. 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.

Adapun kelebihan dan kekurangan FRP yakni :

• Keuntungan :

- Cukup Ringan
- Mudah diaplikasi dan ditangani
- Biaya pemeliharaan yang rendah
- Dapat menekan biaya tenaga kerja
- Ketahanan terhadap korosi
- Kekakuan dan kekuatan tarik yang tinggi
- Koefisien muai panas yang sangat rendah searah serat

• Kerugian :

- Harga material yang relatif lebih mahal
- Material getas tidak cocok di pasang pada area sendi plastis

Penggunaan pada Balok, lembaran FRP atau pelapisan dapat ditempatkan pada bagian sisi luar balok untuk meningkatkan daktilitas dan kekuatan. FRP ada tiga macam yakni *Glass Fiber Reinforced Polymer* (GFRP), *Aramid Fiber Reinforced Polymer* dan *Carbon Fiber Reinforced Polymer* (CFRP).

2.1.1 Carbon

Serat karbon didefinisikan sebagai serat yang mengandung setidaknya 90% berat karbon. Serat karbon tidak menunjukkan korosi atau pecah pada suhu kamar. Fungsi perkuatan dengan system CFRP adalah untuk meningkatkan kekuatan atau memberikan peningkatan kapasitas lentur, geser, *axial* dan daktilitas. 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*. (Karmila,Agoes,Tavio,2013)



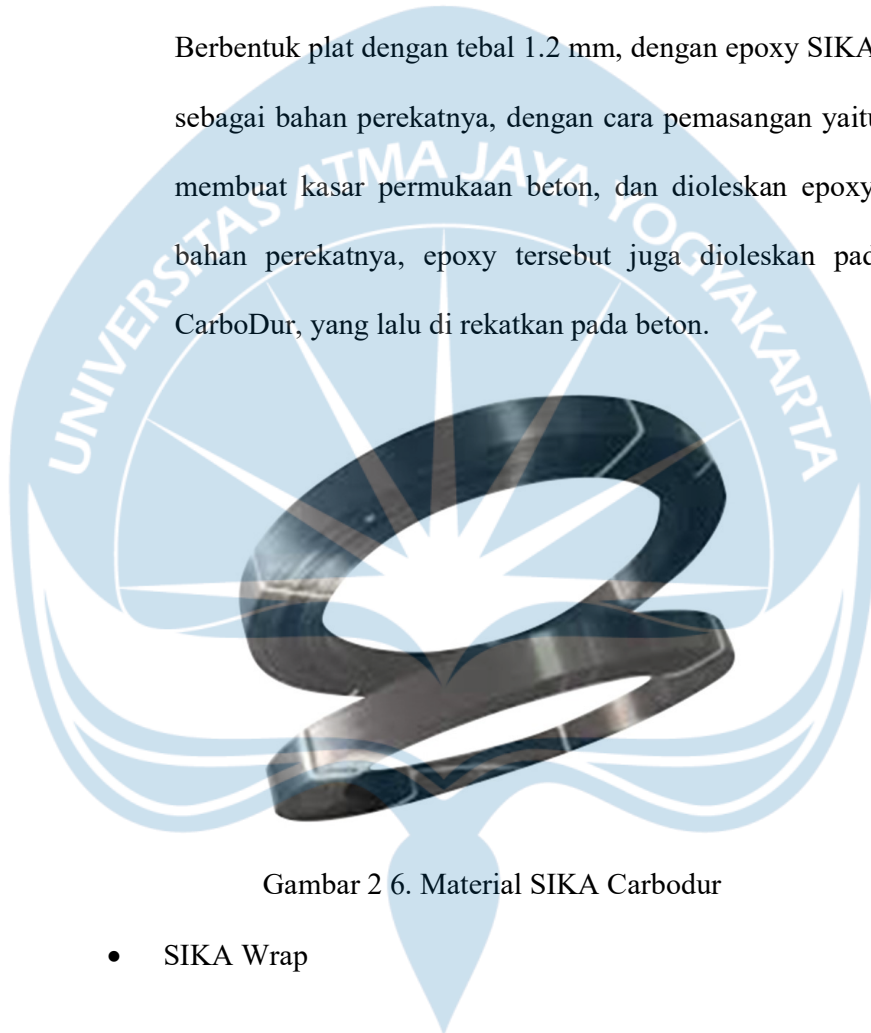
Gambar 2 5. Material Carbon Fiber

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 1.2 mm, 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.



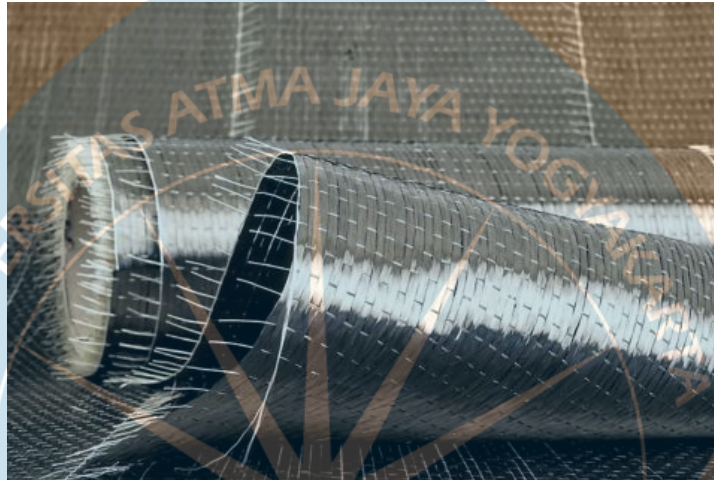
Gambar 2 6. Material SIKA Carbodur

- 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.

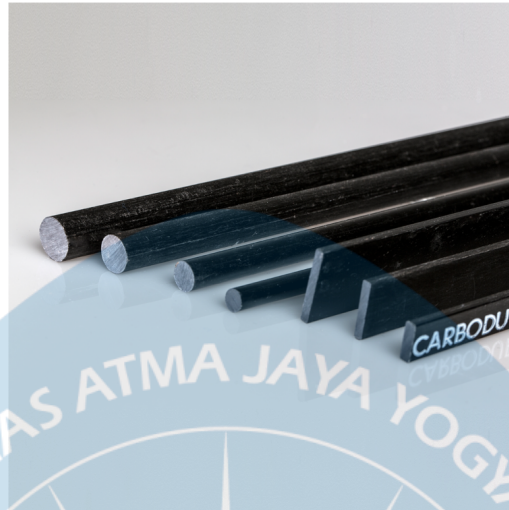
Bahan ini yang akan digunakan oleh penulis untuk perkuatan kapasitas geser balok T



Gambar 2 7. Material SIK A 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.



Gambar 2 8. Material SIKA Carbodur NSM

2.1.2 *Glass*

Glass Fiber Reinforced Polymer (GFRP) adalah serat halus dari kaca. Jenis kekuatan GFRP memiliki kekuatan yang lebih rendah dari serat karbon dan kurang kaku. Bahannya sangat ringan tetapi juga lebih rapuh. Dalam pemasangannya menggunakan perekat epoxy resin sama dengan CFRP. Selain dipakai untuk perkuatan balok, kolom, dan struktur lainnya, GFRP juga dapat digunakan untuk interior maupun eksterior ruangan karena GFRP adalah bahan yang tahan akan segala jenis cuaca.