

MODIFIKASI BETON NORMAL SEBAGAI *RIGID PAVEMENT* YANG MEMENUHI SYARAT KUAT LENTUR

I Made Suardana Kader^{1,*}), I Made Jaya¹⁾

¹⁾Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Bali

Jl. Kampus Bukit Jimbaran Badung Bali

^{*)}Email : suardanakader@gmail.com

Abstract

Minimum specification of concrete flexural strength for rigid pavement structure is 4.5 MPa. If it is estimated, the concrete quality that meets these requirements is f'c 41. To get concrete f'c 41 requires very good material, measurable methods of implementation and strict supervision. Therefore, the procurement of concrete is very expensive. In addition to price issues, the provision of coarse aggregates with specific gravity above 2.5 in Bali Province is still difficult. Under these conditions, normal concrete is designed but meets the requirements by 1) adding wire fibers with a variation of 0.5%, 0.75%, 1%, 3% and 5% of the concrete weight and 2) giving a layer of carbon fiber under a layer of concrete without resin adhesive. The results of the study revealed that the addition of wire fibers of less than 5% turned out to make the value of flexural strength lower than without wire, so that at 5% wire content the flexural strength slightly exceeded the flexural strength without wire. The value of flexural strength without wire is 4.57 MPa, flexural strength with a 5% wire content is 4.94 MPa, resulting in a difference of 0.44 MPa or greater 9.47%. For flexural strength with carbon fiber layer at the bottom, the value of flexural strength increased significantly to 5.63 MPa or about 25.10%. This is understandable because carbon fiber has a high tensile strength specification and is the main material in retrofit activity.

Kata kunci : *rigid pavement, flexural strenght, wire fibers, carbon fiber*

PENDAHULUAN

Beton untuk jalan memiliki spesifikasi tersendiri salah satunya adalah kuat lentur minimal 4,5 MPa yang diperoleh dengan metode pengujian SNI 4431 – 2011 (Widodo, 2011). Berdasarkan nilai kuat lentur tersebut, maka sesuai dengan SNI 03-2874-2002 dapat diperkirakan mutu beton yang harus digunakan adalah f'c 41. Beton dengan mutu 41 Mpa. Untuk memperoleh beton mutu tersebut material yang digunakan harus terukur dan memenuhi

persyaratan, perancangan campuran beton harus tepat, teknik pelaksanaan pengecoran hingga perawatan harus cermat dan benar, serta wajib dilakukan pengawasan selama proses pelaksanaan berlangsung. Namun di Provinsi Bali syarat berat jenis (BJ) agregat kasar minimal 2,5 sering kali tidak tercapai (Kader, 2013). Hal ini terjadi karena industry pemecah batu yang ada belum sanggup menyediakannya. Dengan demikian pengadaan beton menjadi sangat mahal. Sesuai dengan uraian tersebut,

maka akan dicoba membuat beton dengan mutu normal namun mampu memenuhi persyaratan kuat lentur yang ditetapkan dengan cara 1) menambahkan kawat dalam beton dan 2) memberi lapis serat karbon pada bagian dasar beton. Dipilih beton mutu normal karena panduan perancangannya sudah tertuang dalam SNI 03-2835-2000, mudah dikerjakan, material yang mudah diperoleh dan lebih murah.

Penelitian-penelitian terdahulu dengan menambahkan serat kawat pada beton (Foermansah, 2013) memberi hasil bahwa penambahan serat kawat dapat meningkatkan nilai kuat tekan dan tarik belah beton. Serat kawat yang dipergunakan dalam berbagai variasi jumlah maupun bentuk dan panjangnya. Untuk penelitian yang menggunakan serat karbon (Nugraha, 2004) juga memberikan hasil yang serupa dengan penggunaan serat kawat di mana hasil diperoleh adalah meningkatnya kemampuan Tarik beton maupun lentur beton. Perbedaan penelitian ini dengan penelitian terdahulu adalah karakteristik beton yang diuji adalah kuat lentur dan penggunaan serat karbon bukanlah untuk perbaikan struktur (retrofit) melainkan digunakan sejak awal pengecoran dan tanpa perekat resin. Artinya serat karbon dijadikan alas pengecoran beton segar.

Dengan latar belakang tersebut, rumusan masalah dari penelitian ini adalah apakah penambahan serat kawat dan melapisi bagian bawah dari balok beton dapat membuat beton normal

mencapai persyaratan kuat lentur yang ditetapkan?

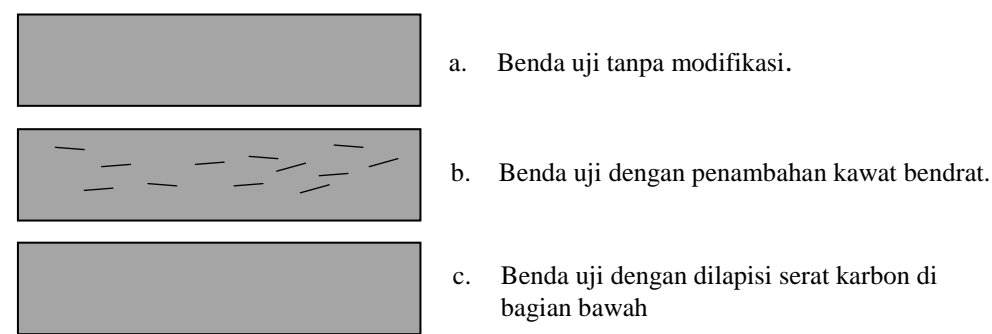
METODE PENELITIAN

Penelitian bersifat eksperimental yang dilakukan di laboratorium. Penelitian ini dilakukan dengan menguji balok beton dengan uji lentur sesuai dengan SNI 03-4431-2011. Secara umum akan ada tiga tipe benda uji. Pertama balok beton tanpa modifikasi, kedua balok beton dengan penambahan serat kawat bendrat, dan ketiga balok beton dengan lapis serat karbon. Benda uji pertama yang tanpa modifikasi adalah kondisi awal yang menjadi acuan dari penelitian ini. Benda uji kedua dan ketiga adalah modifikasi yang dilakukan. Hasil uji benda uji kedua dan ketiga akan dibandingkan dengan benda uji pertama. Dari hasil perbandingan tersebut akan diketahui apakah modifikasi akan meningkatkan kemampuan kuat lentur balok beton.

Satu komposisi tertentu digunakan untuk membuat seluruh benda uji. Variabel yang diukur dalam pembuatan benda uji adalah nilai Slump beton segar, di mana akan dipertahankan slump pada nilai 10 ± 2 cm. Bentuk benda uji yang dibuat adalah balok dengan dimensi $150 \times 150 \times 600$ mm. Beton akan diuji kuat lentur pada umur 28 hari. Kawat yang digunakan adalah kawat stainless untuk menghindari karat yang mungkin terjadi agar tulangan terhindar dari karat dan memiliki diameter 1 mm. Variasi persentase kawat bendrat yang diberikan adalah 0,50%, 0,75%, 1,0%, 3% dan 5% dari berat beton. Tipe benda uji ketiga

adalah beton yang pada bagian bawahnya dilapisi dengan serat karbon. Berbeda dengan penggunaan serat karbon pada umumnya untuk perbaikan kerusakan beton, maka pada penelitian ini serat karbon akan menjadi pelapis beton sejak pelaksanaan. Tidak akan digunakan

perekat resin karena beton yang digunakan adalah beton segar. Spesifikasi teknis woven roving yang dipergunakan dalam penelitian ini ditunjukkan Tabel 1 sedangkan alur penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 3 di bawah.



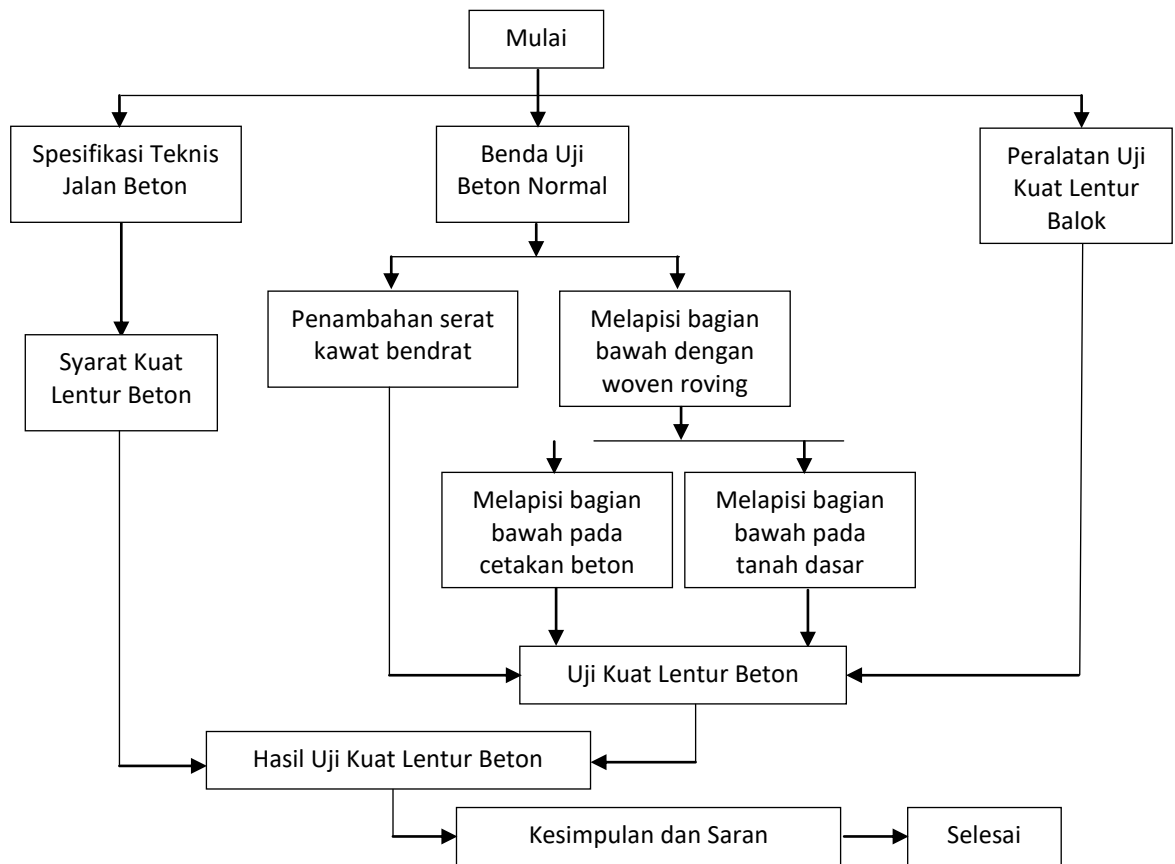
Gambar 1. Benda Uji dengan Berbagai Variasi



Gambar 2. Kawat Bendrat dan Serat Karbon Woven Roving

Tabel 1. Spesifikasi Woven Roving yang Digunakan

Grade	FRC 200
Weight (g/m^2)	200
Design Thickness (mm)	0.111
Tensile Strength for Design (kgf/cm^2)	35.500
Tensile Modulus for Design (kgf/cm^2)	2.35×10^6
Elongation at Break (%)	1.5



Gambar 3. Alur Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Komposisi campuran untuk membuat beton adalah semen : pasir : batu pecah : air = 1 pc : 1,93 ps : 2,67 kr : f.as 0,52. Adapun berat kawat yang dicampurkan dalam beton adalah seperti pada Tabel 2 sedangkan hasil kuat tekan dan nilai perkiraan kuat lentur beton berdasarkan hasil uji kuat tekan adalah seperti pada pada Tabel 3 dan Tabel 4 di bawah.

Sesuai dengan SNI T-15-1991-03 pendekatan yang dilakukan untuk mencari hubungan antara kuat tekan dan kuat lentur beton sebagai berikut :

$$f_r = 0,7 \cdot \sqrt{f'_c} \quad (1)$$

di mana :

f_r = kuat lentur beton (MPa)

dan f'_c = kuat tekan beton (MPa)

Tabel 2. Berat Kawat dalam Kandungan Beton

Volume Beton (m ³) 15x15x60 cm	Berat Beton (kg) (asumsi 2400 kg/m ³)	Berat Kawat (kg)				
		0.5%	0.75%	1%	3%	5%
0.0135	32.4	0.162	0.243	0.32	0.97	1.62

Tabel 3. Perkiraan Nilai Kuat Lentur Beton Berdasarkan Uji Kuat Tekan

No.	Kuat Tekan (Kg/cm ²)	Kuat tekan setelah Konversi Bentuk (0.83)	Kuat Tekan setelah Konversi Satuan (0.0981)	Perkiraan Kuat Lentur (MPa)
1	319.40	265.10	26.01	3.57
2	309.39	256.79	25.19	3.51
3	363.89	302.03	29.63	3.81
4	370.96	307.90	30.20	3.85
5	410.13	340.40	33.39	4.05
Rata-rata			28.34	3.76

Dilihat dari Tabel 3 diketahui bahwa hasil kuat lentur berdasarkan perkiraan adalah 3.76 MPa. Nilai ini masih di bawah nilai yang disyaratkan yaitu 4,5 MPa. Dengan demikian, sesuai analisis di atas, beton yang dibuat masih di bawah nilai kuat tekan yang mencapai syarat kuat lentur. Dan ini sesuai dengan harapan dari penelitian yang akan membuat beton itu mencapai nilai kuat lentur dengan modifikasi.

Dalam SNI 03-4431-2011 perhitungan kuat lentur balok dapat dilakukan dengan 2 persamaan yaitu persamaan (2) dan persamaan (3). Jika balok patah pada daerah pusat (daerah 1/3 jarak titik perletakan bagian tengah), maka dihitung dengan menggunakan persamaan (2). Jika

balok patah pada daerah diluar pusat (daerah 1/3 jarak titik perletakan bagian tengah), jarak antara titik pusat dan titik patah kurang dari 5% dari jarak antara titik perletakan, maka dihitung dengan menggunakan persamaan (3).

$$\sigma_1 = \frac{P \cdot L}{b \cdot h^2} \quad (2)$$

$$\sigma_1 = \frac{P \cdot a}{b \cdot h^2} \quad (3)$$

Dimana :

σ_1 = kuat lentur benda uji (MPa)

P = beban maksimum (N)

L = jarak antar perletakan (mm)

a = jarak rata-rata tampang lintang patah dan perletakan terdekat (mm)

b = lebar tampak lintang (mm)

h = tinggi tampak lintang (mm)



Gambar 4. Pola Balok Patah Yang Dihitung Dengan Persamaan (2) (a) dan (3) (b)

Tabel 4. Perkiraan Nilai Kuat Lentur Beton Berdasarkan Uji Kuat Tekan

No.	Variasi Benda Uji	Kuat Lentur (Mpa)	Perbandingan dengan Spesifikasi	
			Selisih	Persentase
1	Spesifikasi	4.50	0	0
2	Perkiraan dari kuat tekan	3.76	-0.74	-16.44 %
3	Tanpa Kawat	4.57	0.07	1.56 %
4	Kawat 0.50%	3.78	-0.72	-16.00 %
5	Kawat 0.75%	4.07	-0.43	-9.56 %
6	Kawat 1.00%	4.17	-0.33	-7.33 %
7	Kawat 3.00%	4.30	-0.20	-4.53
8	Kawat 5.00%	4.94	0.44	9.74
9	Woven Roving	5.63	1.13	25.10 %

Beberapa hal dapat diketahui dari hasil penelitian ini. Hal-hal tersebut dapat menjadi bahan diskusi dan bahan penelitian di masa yang akan datang. Hal tersebut sebagai berikut :

1. Pada penelitian terdahulu yang dilakukan oleh peneliti lain diketahui penambahan serat kawat dapat meningkatkan nilai kuat tekan beton tetapi pada penelitian ini ternyata didapati bahwa penambahan serat kawat pada persentase di bawah 5% malah membuat kuat lentur balok menurun dari tanpa serat kawat. Hingga pada persentase 5% nilai kuat lentur dapat sedikit terlampaui. Kondisi hingga 5% perbandingan antara penambahan serat kawat dengan kuat lentur adalah berbanding lurus. Namun demikian belum diketahui apakah perbandingan tersebut akan berubah atau tetap pada persentase lebih besar dari 5%.
2. Sesuai diskusi no. 1 maka, perlu dilakukan penelitian mengenai pola pecah benda uji pada pengujian kuat tekan dengan kuat lentur. Mengingat banyak perbedaan dari kedua pengujian tersebut.
3. Penurunan kuat lentur beton yang terjadi karena penambahan serat kawat diperkirakan disebabkan oleh :
 - a. Permukaan serat kawat yang halus dan licin sehingga tidak terjadi ikatan yang kuat antara beton dengan kawat.
 - b. Bentuk serat kawat yang ditambahkan adalah lurus sehingga tidak ada kait yang menambah ikatan antara beton dengan kawat.
 - c. Sekumpulan kawat yang dicampurkan dalam beton akan menyebar pada berbagai posisi di dalam beton pada saat pengadukan sehingga bisa dikatakan posisinya sembarangan, sehingga tidak mampu memberikan kontribusi yang cukup untuk menahan gaya lentur yang diberikan. Hal ini terlihat pada Gambar 6 yaitu pada permukaan beton yang patah.



Gambar 6. Penampang Patah Balok dengan Serat Kaawat Tersebar

Penyebaran yang tidak cukup pada zona patah balok sehingga tidak banyak kontribusi kawat menahan gaya lentur yang terjadi. Penambahan lapisan carbon woven roving pada bagian bawah dari balok terbukti mampu meningkatkan nilai kuat lentur

balok. Melapisi woven roving ini dengan cara meletakkannya di dasar cetakan lalu dicor dengan beton segar. Tidak mempergunakan perekat sebagaimana penggunaan woven roving pada perbaikan kerusakan beton.



Gambar 7. Woven Roving Melekat dengan Baik pada Permukaan Beton

SIMPULAN

Setelah melalui serangkaian pengujian dan analisis dapat ditarik beberapa kesimpulan bahwa pada penambahan serat kawat kurang dari 5% nilai kuat lentur yang diperoleh di bawah nilai kuat lentur beton tanpa serat kawat, hingga pada penambahan 5% kuat lentur mencapai kuat lentur tanpa serat kawat. Pada penambahan serat kawat mencapai 5% perbandingan antara penambahan serat kawat dengan kuat

lentur adalah berbanding lurus. Melapisi bagian bawah dari balok beton menggunakan woven roving dapat meningkatkan kuat lentur balok hingga 25% dibandingkan kuat lentur balok tanpa modifikasi. Penambahan serat kawat pada campuran beton sangat mempengaruhi kuat lenturnya.

DAFTAR PUSTAKA

Aris Widodo, 2012, "Pengaruh Penggunaan Potongan Kawat

- Bendrat Pada Campuran Beton Dengan Konsentrasi Serat Panjang 4 Cm Berat Semen 350 Kg/M³ Dan Fas 0,5*”, Jurnal TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN, Universitas Negeri Semarang (UNNES), Nomor 2 Volume 14 – Juli 2012, hal: 131 – 140.
- Emon, Adul Basar. MD., 2014, “*Study of Strength and Ductility of Galvanized Iron Wire Reinforced Concrete*”, Thesis, Bangladesh University of Engineering and Technology,
- Fawzi Julianto, Eddy Samsurizal, Crisna Djaja Mungok, 2016, *Pengaruh Campuran Kawat Bendrat terhadap Kekuatan Balok Beton dengan Mutu 20 MPa*”, Jurnal Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Tanjungpura, Volume 2, Nomor 2.
- Kader, I Made Suardana dan I Made Jaya, 2013, “*Analisis pola retak dan mekanisme kegagalan balok beton bertuang dengan perkuatan lentur lembar CFRD*”, Jurnal LOGIC, Vol. 13, No. 3, hlm. 87- 95, Bali.
- Nugraha, Paul dan Antoni, 2004, “*Teknologi Beton dari material, Pembuatan, ke Beton Kinerja Tinggi*”, LPPM Univ. Kristen Petra dan Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Rony Foermansah, 2013, “*Tinjauan Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Beton dengan Serat Kawat Bendrat Berbentuk Z sebagai Bahan Tambah*”, Skripsi, Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Soebandono, Bagus. dkk., 2011, “*Perbaikan Balok Beton Bertulang dengan Metode Jacketing dengan Bahan Fero semen Akibat Beban Siklik pada Beban Ultimit*”, Jurnal Ilmiah Semesta Teknika, Vo. 14, No, 2, Hal. 166-176, Yogyakarta.
- Spesifikasi Teknis, 2016, Pelelangan Pengusahaan Jalan Tol, Batang-Semarang, Panitia Pelelangan Pengusahaan Jalan Tol, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, Jakarta.
- Spesifikasi woven roving, Nitrowrap FRC, Fosroc.