

STUDI PENGARUH LINGKUNGAN LAUT TROPIS TERHADAP KARAKTERISTIK BALOK BETON BERTULANG YANG DIPERKUAT DENGAN LEMBAR GFRP

Mufti Amir Sultan¹, Herman Parung², M. Wihardi Tjaronge³ dan
Rudy Djamaluddin⁴

¹ Mahasiswa Program Doktor Teknik Sipil, Universitas Hasanuddin,

Jalan Perintis Kemerdekaan KM-10, Telp 0813-568779, email : muftiasltn@gmail.com

² Dosen Jurusan Teknik Sipil, Universitas Hasanuddin,

Jalan Perintis Kemerdekaan KM-10, Telp 0815-2506454, email:hermanparung@yahoo.com

³ Dosen Jurusan Teknik Sipil, Universitas Hasanuddin,

Jalan Perintis Kemerdekaan KM-10, Telp 0815-52539401, email:tjaronge@yahoo.co.jp

⁴ Dosen Jurusan Teknik Sipil, Universitas Hasanuddin,

Jalan Perintis Kemerdekaan KM-10, Telp 0811-460132, email:rudy0011@hotmail.com

ABSTRAK

Perkembangan dunia konstruksi sekarang ini sedang mengalami kemajuann yang sangat pesat. Pembangunan struktur beton di daerah pantai bahkan di dalam air laut pun adalah hal yang tidak mustahil dapat dilaksanakan. Dimana dalam proses pembuatannya kontak dengan air laut terkadang tidak dapat dihindarkan. Selain itu, perkembangan teknologi beton juga dihadapkan pada masalah-masalah kegagalan struktur misalnya keruntuhan, kegagalan struktur tersebut diakibatkan oleh pembebanan yang dialami ternyata melebihi beban rencana, faktor intern seperti korosi pada beton, maupun faktor extern seperti gempa bumi. Salah satu cara perkuatan adalah dengan metode *external reinforcement* khususnya pemberian *Fiber Reinforced Polymer* yang direkatkan pada permukaan komponen beton yang diperkuat dengan bantuan perekat *epoxy*. Pada penelitian ini akan dilakukan studi eksperimental untuk menyelidiki perilaku struktur balok beton bertulang dengan perkuatan lember GFRP yang dipengaruhi lingkungan laut tropis. Benda uji terdiri dari 20 buah balok bertulang dengan dimensi (15x20x300) disimbolkan BN. 5 buah balok beton bertulang BN dak diberi perkuatan lembar GFRP yang berfungsi sebagai balok kontrol, sisanya diperkuat dengan lembar GFRP. 12 dari 15 benda uji BN yang telah diperkuat lembar GFRP diberi perlakuan dengan cara direndam pada kolam yang telah dimodelkan sebagai lingkungan laut, dengan waktu perendaman 1 bulan, 3 bulan, 6 bulan dan 12 bulan. Benda uji tersebut nantinya dibebani dengan beban monotonik sampai mencapai keadaan batas. Hasil yang diharapkan dari penelitian ini adalah akan diperoleh hubungan antara katahanan dan lama pengaruh air laut tropis pada balok beton bertulang dengan perkuatan lembar GFRP, serta menjadi referensi dalam mendesain perkuatan balok pada daerah yang dipengaruhi lingkungan laut tropis.

Kata kunci : GFRP, Perkuatan, Kuat tekan, Tegangan regangan, Air laut

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan dunia konstruksi sekarang ini sedang mengalami kemajuann yang sangat pesat. Pembangunan struktur beton di daerah pantai bahkan di dalam air laut pun adalah hal yang tidak mustahil dapat dilaksanakan. Dimana dalam proses pembuatannya kontak dengan air laut terkadang tidak dapat dihindarkan. Selain itu, perkembangan teknologi beton juga dihadapkan pada masalah-masalah kegagalan struktur misalnya keruntuhan, kegagalan struktur tersebut diakibatkan oleh pembebanan yang dialami ternyata melebihi beban rencana, faktor intern seperti korosi pada beton, maupun faktor extern seperti gempa bumi. Salah satu cara perkuatan adalah dengan metode *external reinforcement* khususnya

pemberian *Fiber Reinforced Polymer* yang direkatkan pada permukaan komponen beton yang diperkuat dengan bantuan perekat *epoxy*.

Dari beberapa hasil peneliti (Saadatmanesh dan Ehsani dalam Jumaat and Alam, 1990; Banthia, 2003; Fikri Alam, 2010; Ida Bagus Rai Widiarsa dan Putu Deskarta, 2011) memperlihatkan bahwa dengan penggunaan GFRP dapat meningkatkan kapasitas balok beton bertulang. Dari penelitian lain (A. Khaled Sudki, Ted Sherwood and Sobhy Masoud, 2009; A. Leema Rose, K. Suguna and P.N. Rangunath, 2009), menyatakan bahwa GFRP dapat menghambat korosi dan meningkatkan kapasitas balok yang telah terkorosi tulangnya. Berdasarkan hal tersebut penulis juga tertarik untuk meneliti balok beton bertulang yang telah diperkuat lembar GFRP yang dipengaruhi oleh lingkungan laut tropis. Sehingga objek dalam penelitian ini dikhususkan pada balok beton bertulang dengan perkuatan lembar GFRP yang terpengaruh lingkungan laut tropis. Kekuatan dan perilakunya akan dibandingkan dengan balok yang tidak diperkuat serta balok yang diperkuat tetapi tidak terpengaruh lingkungan laut tropis.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan permasalahan adalah sebagai berikut:

- a. Bagaimana karakteristik balok beton bertulang dengan perkuatan GFRP yang terpengaruh lingkungan laut tropis.
- b. Bagaimana Efektifitas penggunaan GFRP pada struktur balok beton bertulang yang terpengaruh lingkungan laut tropis dalam menerima beban monotonik.
- c. Bagaimana model hubungan tegangan regangan beton bertulang yang terpengaruh lingkungan laut tropis dalam menerima beban monotonik
- d. Bagaimana model kurva hubungan ketahanan balok beton bertulang yang menerima beban monotonik terhadap lama pengaruh lingkungan laut tropis
- e. Bagaimana validasi antara model analitis dengan hasil eksperimen

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian dapat dikemukakan sebagai berikut:

- a. Menyelidiki karakteristik balok beton bertulang dengan perkuatan GFRP yang dipengaruhi lingkungan laut tropis.
- b. Meneliti sampai sejauh mana efektifitas penggunaan GRFP pada balok beton bertulang yang terpengaruh lingkungan laut tropis dalam menerima beban monotonik.
- c. Merumuskan model kurva tegangan regangan beton bertulang dengan perkuatan lembar GFRP yang terpengaruh lingkungan laut tropis
- d. Merumuskan model kurva hubungan ketahanan balok beton bertulang yang diperkuat lembar GFRP dengan waktu pengaruh lingkungan laut tropis.
- e. Membuktikan validasi antara hasil eksperimen terhadap model analitis.

1.4 Ruang Lingkup dan Batasan Masalah

Ruang lingkup penelitian dapat dikemukakan sebagai berikut:

- a. Menyelidiki karakteristik balok beton bertulang dengan perkuatan GFRP yang dipengaruhi lingkungan laut tropis.
- b. Meneliti sampai sejauh mana efektifitas penggunaan GRFP pada balok beton bertulang yang terpengaruh lingkungan laut tropis dalam menerima beban monotonik.
- c. Merumuskan model kurva tegangan regangan beton bertulang dengan perkuatan lembar GFRP yang terpengaruh lingkungan laut tropis
- d. Merumuskan model kurva hubungan ketahanan balok beton bertulang yang diperkuat lembar GFRP dengan waktu pengaruh lingkungan laut tropis.

- e. Membuktikan validasi antara hasil eksperimen terhadap model analitis.

2. LANDASAN TEORI

2.1 Beton Serat

Aplikasi material FRP sebagai fungsi perbaikan dan perkuatan struktur beton yang sudah ada telah berkembang pesat di beberapa negara seperti Amerika Utara (Labossiere et.al. 1997; Hasen et.al. 1998; Grace and Abdel-Sayed 2003), Eropa (Meier et.al. 1992; Steiner 1996; Nanni 1997; Matthys et.al. 2004; Blasi et.al. 2004; Rostasy et.al. 2004) dan di Jepang (Ichimasu et.al. 1993; Katsumata et.al. 2001). Teknik perkuatan seperti ini dapat dibuat efisien, tidak menyebabkan karat seperti plat baja external. Fungsi perkuatan dengan sistim komposit FRP adalah untuk meningkatkan kekuatan atau memberikan peningkatan kapasitas lentur, geser, axial dan daktilitas, atau berbagai kombinasi diantaranya. Daya tahan FRP yang tinggi lebih ekonomis digunakan pada lingkungan korosif dimana baja akan mudah berkarat. Penggunaan FRP lebih populer mengingat banyaknya keuntungan yang dapat diperoleh seperti bobot unit yang kecil, mudah diaplikasikan dan ditangani, biaya instalasi dan pemeliharaan yang rendah. Kerugian yang paling prinsip penggunaan FRP sebagai sistim perkuatan adalah harga material yang relatif lebih mahal. Pada situasi tertentu, bagaimanapun, FRP memberikan jalan keluar yang paling ekonomis dalam masalah perkuatan karena secara dramatis dapat menekan biaya tenaga kerja [Meier and Erki, 1997]. FRP dapat digunakan untuk meningkatkan kapasitas lentur dan geser balok beton bertulang, lentur pelat, desak, geser dan lentur kolom. FRP dalam bentuk lembaran, plat atau batangan dapat dipasang pada permukaan balok atau plat yang mengalami peregangan sebagai perkuatan lentur. Sebagai perkuatan geser balok, lembaran FRP dapat direkatkan pada sisi balok. Penggunaan pada kolom, lembaran FRP atau pelapisan dapat ditempatkan pada bagian luar kolom untuk meningkatkan daktilitas dan kekuatan.

Fiberglass adalah bahan sangat serbaguna yang ringan dengan kekuatan yang melekat untuk memberikan ketahanan pada cuaca, dengan berbagai tekstur permukaan. Untuk memaksimalkan kemampuan GFRP, permukaan serat harus menjadi hampir seluruhnya bebas dari cacat, karena hal ini memungkinkan serat untuk mencapai gigapascal kekuatan tarik. Sebuah serat kaca individu struktural bersifat kaku dan kuat dalam ketegangan. Di sisi lain, serat kaca lemah dalam geser di porosnya. Oleh karena itu jika kumpulan serat dapat diatur secara permanen ke arah yang lebih disukai dalam suatu material, dan jika serat dapat dicegah dari tekuk dalam kompresi, maka itu akan menjadi bahan istimewa yang kuat ke arah itu.

Selanjutnya dengan meletakkan beberapa lapisan serat di atas satu sama lain, dengan setiap lapisan berorientasi ke arah yang disukai berbagai sifat kekakuan dan kekuatan materi secara keseluruhan dapat dikendalikan dengan cara yang efisien. Dalam kasus fiberglass, itu adalah matriks plastik yang permanen membatasi serat kaca struktural untuk arah yang dipilih oleh desainer.

Fiberglass tahan terhadap jamur namun pertumbuhan dapat terjadi jika fiberglass menjadi basah dan terkontaminasi dengan bahan organik. Fiberglass isolasi yang telah menjadi basah harus diperiksa untuk bukti kelembaban residu dan kontaminasi. Serat *glass* adalah jenis serat sintesis yang paling banyak digunakan. Harganya relatif murah dan sudah tersedia cukup banyak di pasaran. Serat jenis ini biasanya digunakan sebagai penguat matrik jenis polymer. Kuat tarik fiber glass yang tinggi membuat GFRP dapat dimanfaatkan sebagai tulangan yang menerima gaya tarik pada elemen struktur. GFRP dapat dibuat berbentuk batangan atau pelat. Khusus untuk yang berbentuk pelat, dibuat dari anyaman serat GFRP yang direkatkan lapis per lapis dengan matrik (pengisi) dari bahan epoxy. Karena itu jumlah dan arah dari serat akan berpengaruh terhadap kuat tarik GFRP.

Semakin cermat penataannya makin banyak serat yang dapat dimasukkan sehingga semakin besar pula kuat tariknya.

1. Karakteristik Material GFRP

a. Dalam keadaan lepas

Tabel 1. Karakteristik Fiber Lepas

Karakteristik Tipe Fiber Lepas	
Tegangan tarik	470.000 psi (3.24 GPa)
Modulus tarik	10.5×10^6 psi (72.4 GPa)
Regangan maksimum	4.5%
Kerapatan	0.092 lbs/in ³ (2.55 g/cm ³)
Berat per yd kuadrat	27 oz (915 g/m ²)
Tebal fiber	0.14 in (0.36 mm)

Sumber : Fyfo.Co. LLC

b. Dalam keadaan komposit

Tabel 2. Presentase Properti Setelah Berinteraksi Dengan Air Laut

Properti	Prosentase Properti Setelah Berumur			
	100 jam dalam		100 jam dalam	
	Air tawar	Air laut	Air tawar	Air laut
Kekuatan Tarik	100 %	100 %	100 %	100 %
Modulus Tarik	99 %	95 %	99 %	95 %
Kegagalan Tegangan	105 %	128 %	100 %	102 %
Kekuatan Lentur	100 %	97 %	100 %	97 %
Modulus Lentur	100 %	97 %	100 %	100 %

Sumber : Fyfo.Co.LLC

2. Epoxy (Perekat)

Epoxy atau *polyepoxide* adalah sebuah *polimer epoxide thermosetting* yang bertambah bagus bila dicampur dengan sebuah agen katalis atau "pengeras". Kebanyakan resin epoxy diproduksi dari reaksi antara epichlorohydrin dan bisphenol-A. Resin biasanya polyester dua bagian, vinil atau epoxy dicampur dengan pengeras dan diterapkan ke permukaan. Lembar fiberglass diletakkan ke dalam cetakan, campuran resin kemudian ditambahkan dengan menggunakan kuas atau roller. Materi yang harus sesuai dengan cetakan, dan udara tidak boleh terjebak antara fiberglass dan cetakan. Resin tambahan diterapkan dan mungkin lembaran tambahan dari fiberglass. Tekanan tangan atau rol digunakan untuk memastikan jenuh resin dan penuh membasahi semua lapisan, dan setiap kantong-kantong udara akan dihapus. Pekerjaan harus dilakukan cukup cepat sebelum resin mulai bereaksi. Dalam beberapa kasus, pekerjaan ditutupi dengan plastik lembaran dan vakum ditarik pada pekerjaan untuk menghilangkan gelembung udara dan tekan fiberglass dengan bentuk cetakan.

Bahan perekat yang digunakan dalam penelitian ini juga merupakan produk dari Fyfe Co dengan nama Tyfo S komponen A dan komponen B seperti terlihat dalam Gambar 1.

Untuk proses pencampuran antara komponen A dan komponen B digunakan perbandingan 2:1.



Gambar 1. GFRP Tipe SEH51 dan Epoxy

Tabel 3. Sifat Material Epoksi

Karakteristik Tipe Fiber Lepas	
Tegangan tarik	470.000 psi (3.24 GPa)
Modulus tarik	10.5×10^6 psi (72.4 GPa)
Regangan maksimum	4.5%
Kerapatan	0.092 lbs/in ³ (2.55 g/cm ³)
Berat per yd kuadrat	27 oz (915 g/ m ²)
Tebal fiber	0.14 in (0.36 mm)

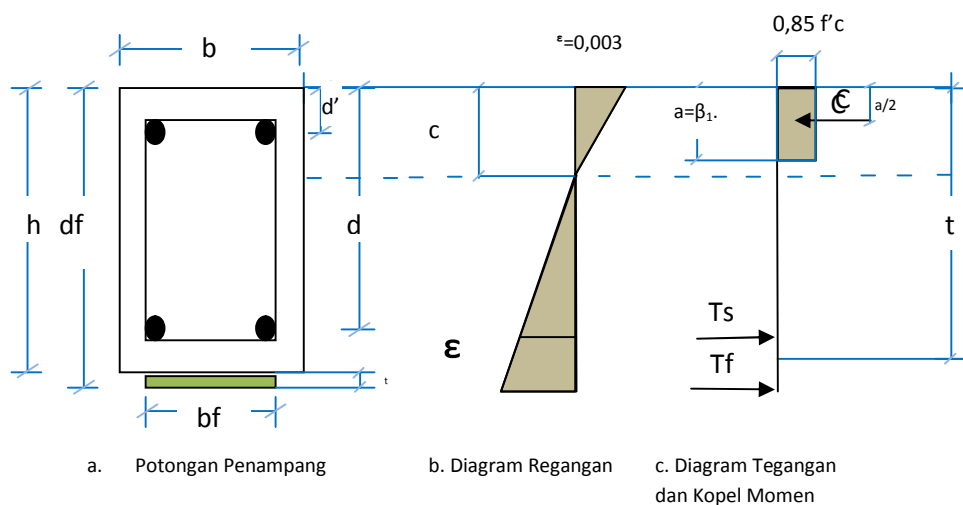
Sumber : Fyfo.Co.LLC

2.2 Standar Perencanaan

Pedoman perencanaan untuk FRP dapat mengacu pada standard ACI yaitu “ACI 440.2R-08 Guide for the Design and Construction of Externally Bonded FRP System for Strengthening Concrete Structures.

1. Kapasitas Balok Beton Bertulang

Untuk perkuatan lentur dengan FRP, perhitungan desain mengacu pada ACI committee 440. Perhitungan tersebut disajikan dalam rumus-rumus berikut.



Gambar 2. Regangan untuk metode ACI 440-2R-02

Dalam mendesain kekuatan lentur diperlukan faktor reduksi terhadap momen yang terjadi.

$$\phi Mn \geq Mu \dots\dots\dots (1)$$

Untuk melindungi kemampuan lekatan FRP diberikan persamaan untuk menghitung koefisien lekatan yaitu :

$$k_m = \frac{1}{60 \epsilon_{fu}} \left(1 - \frac{n E_f t_f}{360.000} \right) \leq 0.90 \text{ untuk } n E_f t_f \leq 180.000 \dots\dots\dots (2)$$

Dengan memberikan asumsi bahwa nilai regangan maksimum pada beton sebesar 0,003, maka regangan yang terjadi pada FRP dapat dihitung dengan persamaan (3)

$$\epsilon_{fe} = \epsilon_{cu} \frac{h-c}{c} - \epsilon_{bi} \leq k_m \epsilon_{fu} \dots\dots\dots (3)$$

Setelah mendapatkan nilai regangan pada FRP, Nilai tegangan pada FRP dapat dihitung dengan persamaan (4)

$$f_{fe} = E_f \epsilon_{fe} \dots\dots\dots (4)$$

Dengan menggunakan persamaan (4) dan (5) nilai regangan dan nilai tegangan pada tulangan dapat dihitung. Setelah diketahui nilai regangan dan tegangan pada tulangan dan FRP, posisi garis netral dapat dicek berdasarkan gaya dalam yang terjadi dengan menggunakan persamaan (5).

$$\epsilon_s = \epsilon_{fe} + \epsilon_{bi} \frac{d-c}{h-c} \dots\dots\dots (5)$$

$$f_s = E_s \epsilon_s \leq f_y \dots\dots\dots (6)$$

$$c = \frac{A_s f_s + A_f f_{fe}}{\gamma f_c \beta_1 b} \dots\dots\dots (7)$$

Kapasitas momen nominal perkuatan lentur dengan menggunakan FRP dapat dihitung dengan persamaan (7). Untuk perkuatan lentur ACI committee 440 merekomendasikan nilai faktor reduksi untuk FRP (ψ_f) sebesar 0,85.

$$M_n = A_s f_s \left(d - \frac{\beta_1 c}{2} \right) + \psi_f A_f f_{fe} \left(d - \frac{\beta_1 c}{2} \right) \dots\dots\dots (8)$$

2. Retak pada balok.

Retak terjadi pada umumnya menunjukkan bahwa lebar celah retak sebanding dengan besarnya tegangan yang terjadi pada batang tulangan baja tarik dan beton pada ketebalan tertentu yang menyelimuti batang baja tersebut. Meskipun retak tidak dapat dicegah, namun ukurannya dapat dibatasi dengan cara menyebar atau mendistribusikan tulangan.

Apabila struktur dibebani dengan suatu beban yang menimbulkan momen lentur masih lebih kecil dari momen retak maka tegangan yang timbul masih lebih kecil dari modulus of rupture beton $f_r = 0,70 f'_c$ ($7,5 f'_c$ psi). Apabila beban ditambah sehingga tegangan tarik mencapai f_r , maka retak kecil akan terjadi. Apabila tegangan tarik sudah lebih besar dari f_r , maka penampang akan retak.

Ada tiga kasus yang dipertimbangkan dalam masalah retak yaitu :

- a) Ketika tegangan tarik $f_t < f_r$, maka penampang dipertimbangkan untuk tidak terjadi retak. Untuk kasus ini $I_g = 1/12 b.h^3$
- b) Ketika tegangan tarik $f_t = f_r$, maka retak mulai timbul. Momen yang timbul disebut momen retak dan dihitung sebagai berikut :

$$M_{cr} = f_r \frac{I_g}{c}, \text{ dimana } c = h/2 \dots \dots \dots (9)$$

- c) Apabila momen yang bekerja sudah lebih besar dari momen retak, maka retak penampang sudah meluas. Untuk perhitungan digunakan momen inersia retak (I_{cr}), transformasi balok beton yang tertekan dan transformasi dari tulangan $n.A_s$.

2.3 Durabilitas beton

Struktur beton harus mampu menghadapi kondisi dimana beton tersebut direncanakan, tanpa mengalami kerusakan (*deteriorate*) selama jangka waktu yang direncanakan. Beton yang demikian disebut mempunyai ketahanan yang tinggi (*durable*). Kurangnya ketahanan dapat disebabkan oleh pengaruh luar seperti pengaruh fisik, kimia, maupun mekanis, misalnya pelapukan oleh cuaca, perubahan temperatur yang drastis, abrasi, aksi elektrolisis, serangan oleh cairan atau gas alami ataupun industri. Besarnya kerusakan yang timbul sangat tergantung pada kualitas beton, meskipun pada kondisi yang ekstrem, beton yang terlindung dengan baik pun akan mengalami kehancuran.

Secara umum ketahanan beton akan bertambah bila permeabilitasnya berkurang. Penting untuk mempertimbangkan lingkungan di mana beton itu akan berada dengan memilih proporsi campuran yang dapat memastikan pematangan sempurna pada faktor air semen yang sesuai.

Penyebab dari dalam adalah reaksi alkali agregat, perubahan volume akibat perbedaan sifat termal dari agregat terhadap pasta, dan yang lebih penting adalah permeabilitas. Yang terakhir ini sangat menentukan kemudahan beton mendapat serangan dari luar.

Hancurnya beton jarang disebabkan oleh penyebab tunggal. Beton umumnya dapat bertahan meskipun menghadapi serangan. Namun demikian bila ada tambahan faktor buruk yang lain lagi maka kerusakan akan dapat terjadi. Oleh sebab ini kadang-kadang sukar untuk menentukan penyebab utama. Tetapi mutu beton, secara umum, merupakan faktor penting.

Umur efektif beton dapat menjadi lebih singkat dari semestinya apabila dipengaruhi oleh :

1. Cuaca,
2. Air yang agresif,
3. Pengikisan pada bangunan keairan,
4. Korosi kimiawi,
5. Kehancuran mekanis.

3. METODE PENELITIAN

3.1 Rancangan Penelitian

1. Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini selain kajian pustaka juga dilakukan uji eksperimental dan analisis teoritis dengan metode elemen hingga serta analisis parametrik faktor-faktor dominan yang mempengaruhi kekuatan elemen struktur balok beton dengan perkuatan GFRP yang dipengaruhi oleh lingkungan laut tropis.

2. Tahapan Penelitian

a. Tahap Persiapan

Tahap ini meliputi kajian pustaka mengenai teori dasar dan penelitian-penelitian terdahulu yang berkaitan, persiapan alat dan bahan, termasuk juga perhitungan mix design campuran untuk mutu beton yang direncanakan.

b. Tahap Pembuatan Benda Uji

1. Benda uji silinder untuk pengujian material beton
2. Benda uji balok

c. Tahap Pengujian

Set-up pengujian diilustrasikan secara skematis yang menunjukkan beberapa LVDT dipasang untuk merekam lendutan vertikal pada beberapa lokasi pada specimen. Dial gauge diletakkan pada kedua tumpuan balok untuk mengetahui putaran sudut puntir balok. Untuk regangan pada tulangan diagonal dan longitudinal, juga permukaan beton, dipasang beberapa strain gauge pada posisi-posisi tertentu

Instrumen yang digunakan pada pengujian balok uji adalah sebagai berikut :

a. Alat ukur regangan baja tulangan

Pada tulangan longitudinal bawah dipasang strain gauge tipe FLA-2-11 (gauge factor $2,12 \pm 1\%$), ditempatkan pada tengah bentang (momen maksimum). Pada tulangan transversal dan diagonal dipasang strain gauge tipe FLA-2-11 (gauge factor $2,12 \pm 1\%$).

b. Alat ukur regangan GFRP

Alat ukur regangan GFRP adalah strain gauge tipe FLA-2-11 (gauge factor $2,12 \pm 1\%$), yang dilekatkan pada permukaan GFRP di tengah bentang

c. Alat ukur regangan beton

Alat ukur regangan beton adalah strain gauge tipe PFL-60-11 (gauge factor $2,09 \pm 1\%$), yang dilekatkan pada permukaan beton

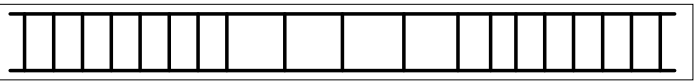
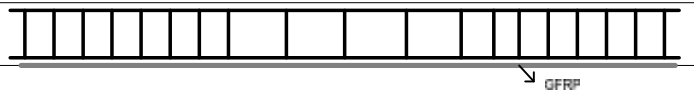
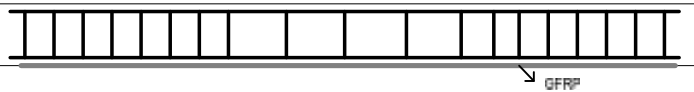
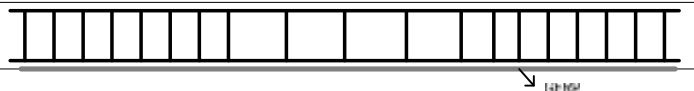
d. Alat ukur lendutan



Alat yang digunakan untuk mengukur besar dan arah lendutan yang terjadi pada balok uji selama pembebanan adalah LVDT (Linier Variable Displacement Transducer) dengan ketelitian 0,01 mm.

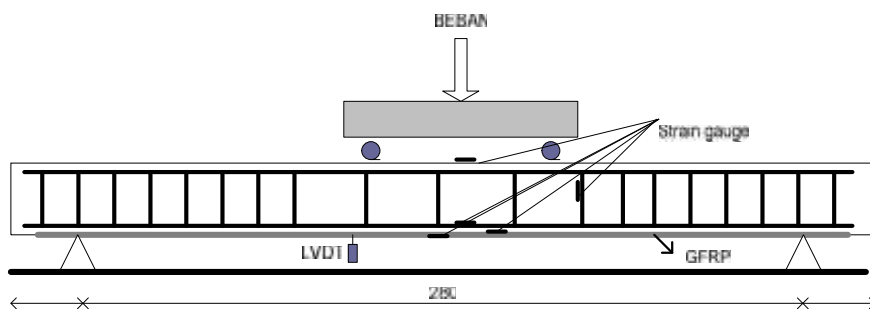
e. Alat uji pembebanan

Balok uji yang akan dibebani diletakkan pada loading frame. Di atas balok uji di tengah bentang diletakkan seperangkat alat pembebanan balok, yaitu :

Tabel 5. Rincian Jumlah Specimen Sambungan Balok

No	Kode	Waktu Perendaman dengan Air Laut	Profil Balok
1.	BN ₀ BN ₁ BN ₃ BN ₆ BN ₁₂	0 bulan	
2.	BRN ₁ BRN ₂ BRN ₃	0 bulan	
3.	BRE ₁₋₁ BRE ₂₋₁ BRE ₃₋₁	1 bulan	
4.	BRE ₁₋₃ BRE ₂₋₃ BRE ₃₋₃	3 bulan	

5.	BRE ₁₋₆ BRE ₂₋₆ BRE ₃₋₆	6 bulan	
6.	BRE ₁₋₁₂ BRE ₂₋₁₂ BRE ₃₋₁₂	12 bulan	



Gambar 5. Model pengujian

3.2. Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian direncanakan berlangsung selama 12 (duabelas) bulan, mulai bulan Desember 2013 sampai dengan November 2014 yang akan dilaksanakan di laboratorium Struktur Jurusan Sipil Fakultas Teknik Gowa Universitas Hasanuddin.

4. HASIL YANG DIHARAPKAN

Hasil dari penelitian ini diharapkan:

- Memberikan kontribusi ilmiah yang mendasar terhadap pengembangan ilmu pengetahuan dan sumber informasi teknologi dalam bidang rekayasa struktur.
- Dapat dijadikan sebagai landasan teori, pertimbangan-pertimbangan dan acuan bagi teknisi bangunan dan rekayasawan di bidang struktur beton dalam aplikasi pelaksanaan.
- Dijadikan acuan dalam perencanaan bangunan baru atau perkuatan bangunan yang terpengaruh lingkungan laut tropis

5. DAFTAR PUSTAKA

- ACI 440.2R-02, *Guide for The Design and Construction of Externally Bonded FRP Systems for Strength Concrete Structures* Reported by ACI Committee 440
- Armeyn (2010), *Tinjauan Ulang Durabilitas Pada Beton* Jurnal Menara Ilmu, Volume VI No. 26, Nov 2011 : 1-11
- Alami, Fikri. (2010), *Perkuatan Lentur Balok Beton Bertulang Dengan GFRP (Glass Fiber Reinforced Polymer)*, Seminar dan Pameran HAKI
- Banthia, N., et al (2009), *Field Assessment Of FRP Sheets-Concrete Bond Durability*, SBEIDCO – 1st International Conference on Sustainable Built Environment Infrastructures in Developing Countries ENSET Oran (Algeria) - October 12-14, 2009

5. Bruhwiler, Eugen. Mivelaz, Pierre (1999), *From Corrosion of Existing to Durability of New Concrete Structures*, IABSE Symposium – Rio de Janeiro.
6. Faella, C., et al (2007), *Debonding Failure in FRP-Strengthened RC Beams : A Model-Based Approach*, Asia-Pacific Conference on FRP in Structures (APFIS 2007)
7. J.D.Hall. et al (2002), *Ductile Anchorage for Connecting FRP Strengthening of Under-Reinforced Masonry Buildings*, Journal of Composites for Construction (ASCE), Vol. 6, No. 1; 3 - 10
8. Keong, Ong Wee.(2010), *Rehabilitation Of Infrastructures Using Fibre-Reinforced Polymer (FRP) Strengthening Technology*, Fype Asia Bridge Paper. : 2-8

DAFTAR ISI

SUHERIYATNA Uji Model Sekala Penuh Perkuatan Tanah Pada Deposisi Tanah Lunak Dengan Cerucuk Miring	1-10
TUMINGAN Perilaku Campuran Beton Menggunakan Bahan Limbah Abu Batubara (<i>Coal Ash</i>)	11-20
RUSDI USMAN LATIEF Model Risiko Public Private Partnership (Ppp) Infrastruktur Bandar Udara Di Indonesia	21-30
ABDUL GAUS Studi Eksperimental Karakteristik Campuran Aspal Ac Bc Dengan Bahan Pengikat Bga Dan Bahan Tambah Serat Polypropylene	31-40
ARBAIN TATA Studi Pengaruh Lingkungan Laut Terhadap Karakteristik Balok Beton Bertulang Diperkuat Lembaran GFRP Yang Dikena Beban FATIK	41-50
MUHAMMAD RIDWAN Studi Eksperimental Kapasitas Daya Dukung tiang Mikro Grid Kayu Galam Pada Tanah Lunak	51-60
JUNUS MARA Perilaku Elemem Balok Kolom Kastella Akibat Beban Bolak Balik	61-70
MUFTI AMIR SULTAN Studi Pengaruh Lingkungan Laut Tropis Terhadap Karakteristik Balok Beton Bertulang Yang Diperkuat Dengan Lembar GFRP	71-80
AHMAD YAURI YUNUS Studi Karakteristik Dan Kebutuhan Moda Transportasi Angkutan Umum Informal (Studi Kasus: Angkutan Umum Informal Daya, Sudiang, Perumahan Telkomas Kota Makassar)	81-90
ARIFIN MATOKA Pemodelan Bak Pengendap (Settling Basin) Untuk Mereduksi Pengaruh Sedimentasi Saluran Irigasi Pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (Studi Kasus Saluran Irigasi Provinsi Gorontalo)	91-100
LANTU Model Hubungan Antara Sifat Kelistrikan Dan Sifat Mekanik Batuan Bawah Permukaan	101-110

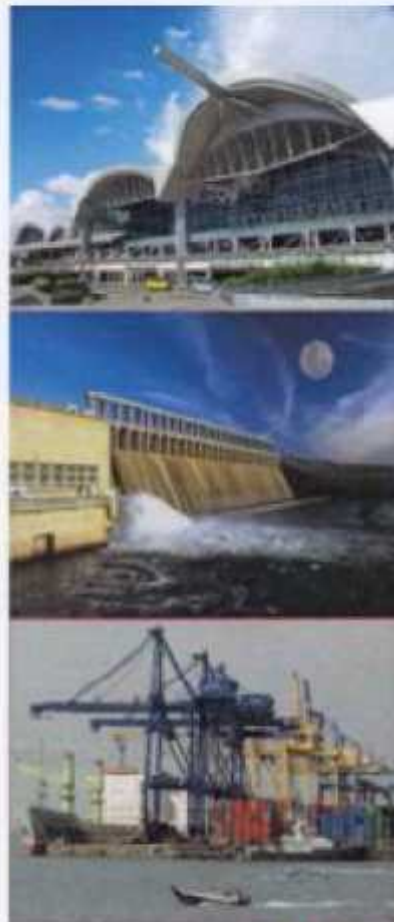
ISSN: 2087-7986

PUBLIKASI ILMIAH

RENCANA PENELITIAN

PENULIS

SUHERIYATNA
TUMINGAN
RUSDI USMAN LATIEF
ABDUL GAUS
ARBAIN TATA
MUHAMMAD RIDWAN
JUNUS MARA
MUFTI AMIR SULTAN
AHMAD YAURI YUNUS
ARIFIN MATOKA
LANTU



EDITOR

SALEH PALLU
LAWALENNA SAMANG
WIHARDI TJARONGE



DITERBITKAN OLEH
PROGRAM DOKTOR TEKNIK SIPIL
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
VOLUME XII-NOPEMBER 2013