

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1. Kesimpulan**

Berdasarkan analisis pada bab-bab sebelumnya, didapati kesimpulan sebagai berikut : .

1. Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, kekuatan pada setiap balok yang di *jacketing* dengan material FRP bertambah, dibuktikan dengan perbandingan kebutuhan awal dengan kebutuhan akhir sehingga balok-balok tersebut mampu menahan beban yang nilainya melebihi kapasitas awal yang telah ditetapkan. Hal ini menunjukkan bahwa *jacketing* FRP efektif dalam perkuatan struktur. Berikut adalah rekapitulasi dari analisis perkuatan balok setelah di *jacketing* dengan FRP yang telah dilakukan tercantum pada tabel 5.1.

**Tabel 5. 1** Rekapitulasi Perhitungan Momen Lentur Dengan *Jacketing* FRP

<b>Nama Balok</b>	<b>Gaya Dalam</b>	<b>Lokasi</b>	<b>Kapasitas Awal (kN.m)</b>	<b>Kebutuhan (kN.m)</b>	<b>Tambahan gaya dalam</b>	<b>Kapasitas Akhir (kN.m)</b>
B17	Momen Positif (+)	Tumpuan Kanan Bawah	479,72	623,76	1 <i>Layer</i> TYFO SCH-41	758,63
B18	Momen Negatif (-)	Tumpuan Kanan Atas	932,23	1067,2	1 <i>Layer</i> TYFO SCH-41	1157,93
	Momen Positif (+)	Tumpuan Kanan Bawah	479,72	623,76	1 <i>Layer</i> TYFO SCH-41	758,63
B124	Momen Negatif (-)	Tumpuan Kiri Atas	2087,85	2459,48	2 <i>Layer</i> TYFO SCH-41	2889,92
	Momen Negatif (-)	Tumpuan Kanan Atas	2087,85	2459,48	2 <i>Layer</i> TYFO SCH-41	2889,92
B137	Momen Negatif (-)	Tumpuan Kiri Atas	1077,02	1199,15	1 <i>Layer</i> TYFO SCH-41	1285,67

<b>Nama Balok</b>	<b>Gaya Dalam</b>	<b>Lokasi</b>	<b>Kapasitas Awal (kN.m)</b>	<b>Kebutuhan (kN.m)</b>	<b>Tambahan gaya dalam</b>	<b>Kapasitas Akhir (kN.m)</b>
B137	Momen Positif (+)	Tumpuan Kiri Bawah	633,58	774,6	1 Layer TYFO SCH-41	894,41
B136	Momen Negatif (-)	Tumpuan Kiri Atas	1077,02	1199,15	1 Layer TYFO SCH-41	1285,67
	Momen Positif (+)	Tumpuan Kiri Bawah	633,58	774,6	1 Layer TYFO SCH-41	894,41
	Momen Negatif (-)	Tumpuan Kanan Atas	1077,02	1328,07	2 Layer TYFO SCH-41	1592,57
	Momen Positif (+)	Tumpuan Kanan Bawah	633,58	774,6	1 Layer TYFO SCH-41	894,41
B135	Momen Negatif (-)	Tumpuan Kiri Atas	1077,02	1453,97	2 Layer TYFO SCH-41	1592,57
	Momen Positif (+)	Tumpuan Kiri Bawah	633,58	912,59	2 Layer TYFO SCH-41	1209,87

<b>Nama Balok</b>	<b>Gaya Dalam</b>	<b>Lokasi</b>	<b>Kapasitas Awal (kN.m)</b>	<b>Kebutuhan (kN.m)</b>	<b>Tambahan gaya dalam</b>	<b>Kapasitas Akhir (kN.m)</b>
B135	Momen Negatif (-)	Lapangan Atas	633,58	774,6	1 Layer TYFO SCH-41	894,41
	Momen Positif (+)	Lapangan Bawah	1077,02	1328,07	2 Layer TYFO SCH-41	1592,57
	Momen Negatif (-)	Tumpuan Kanan Atas	1077,02	1328,07	2 Layer TYFO SCH-41	1592,57
	Momen Positif (+)	Tumpuan Kanan Bawah	633,58	912,59	2 Layer TYFO SCH-41	1209,87
B134	Momen Negatif (-)	Tumpuan Kiri Atas	1077,02	1576,84	3 Layer TYFO SCH-41	1891,1
	Momen Positif (+)	Tumpuan Kiri Bawah	633,58	1199,15	3 Layer TYFO SCH-41	1516,97

<b>Nama Balok</b>	<b>Gaya Dalam</b>	<b>Lokasi</b>	<b>Kapasitas Awal (kN.m)</b>	<b>Kebutuhan (kN.m)</b>	<b>Tambahan gaya dalam</b>	<b>Kapasitas Akhir (kN.m)</b>
B134	Momen Negatif (-)	Lapangan Atas	633,58	912,59	2 Layer TYFO SCH-41	1209,87
	Momen Positif (+)	Lapangan Bawah	1077,02	1453,97	2 Layer TYFO SCH-41	1592,57
	Momen Negatif (-)	Tumpuan Kanan Atas	1077,02	1453,97	2 Layer TYFO SCH-41	1592,57
	Momen Positif (+)	Tumpuan Kanan Bawah	633,58	912,59	2 Layer TYFO SCH-41	1209,87
B133	Momen Negatif (-)	Tumpuan Kiri Atas	1077,02	1453,97	2 Layer TYFO SCH-41	1592,57
	Momen Positif (+)	Tumpuan Kiri Bawah	633,58	912,6	2 Layer TYFO SCH-41	1209,87

<b>Nama Balok</b>	<b>Gaya Dalam</b>	<b>Lokasi</b>	<b>Kapasitas Awal (kN.m)</b>	<b>Kebutuhan (kN.m)</b>	<b>Tambahan gaya dalam</b>	<b>Kapasitas Akhir (kN.m)</b>
B133	Momen Negatif (-)	Lapangan Atas	633,58	774,6	1 Layer TYFO SCH-41	894,41
	Momen Positif (+)	Lapangan Bawah	1077,02	1199,15	1 Layer TYFO SCH-41	1285,67
	Momen Negatif (-)	Tumpuan Kanan Atas	1077,02	1328,07	2 Layer TYFO SCH-41	1592,57
	Momen Positif (+)	Tumpuan Kanan Bawah	633,58	774,6	1 Layer TYFO SCH-41	894,41
B132	Momen Negatif (-)	Tumpuan Kiri Atas	1077,02	1199,15	1 Layer TYFO SCH-41	1285,67
	Momen Negatif (-)	Tumpuan Kanan Atas	1077,02	1328,07	2 Layer TYFO SCH-41	1592,57

<b>Nama Balok</b>	<b>Gaya Dalam</b>	<b>Lokasi</b>	<b>Kapasitas Awal (kN.m)</b>	<b>Kebutuhan (kN.m)</b>	<b>Tambahan gaya dalam</b>	<b>Kapasitas Akhir (kN.m)</b>
B132	Momen Positif (+)	Tumpuan Kanan Bawah	633,58	774,6	1 Layer TYFO SCH-41	894,41
B123	Momen Negatif (-)	Tumpuan Kiri Atas	2087,85	2274,92	1 Layer TYFO SCH-41	2390,44
	Momen Negatif (-)	Tumpuan Kanan Atas	2087,85	2459,48	2 Layer TYFO SCH-41	2889,92

Sumber : Dokumen Pribadi, 2022.

2. Metode instalasi pemasangan *Carbon Fiber Reinforced Polymer* (CFRP) SCH-41 dengan metode *wet lay-up* digunakan pada Proyek Masjid Raya Al-Jabbar Jawa Barat dikarenakan kemudahan dalam pengaplikasiannya. Metode ini diawali dengan persiapan permukaan dimana semua material *finishing* pada permukaan beton harus dihilangkan dan dilakukan perataan terhadap permukaan beton dengan alat grinda serta pengisian lubang-lubang apabila terdapat pada permukaan beton. Langkah berikutnya adalah membuat campuran *epoxy* sebagai pelapis permukaan beton sebelum dipasang material FRP. Langkah selanjutnya adalah melakukan *priming* atau saturasi permukaan beton dengan campuran *epoxy* yang telah dicampurkan pada langkah sebelumnya hingga permukaan beton jenuh. Kemudian, mempersiapkan material serat FRP sesuai dengan luas kebutuhan struktur yang akan di *jacketing* dan dilakukan saturasi serat dengan *epoxy* hingga jenuh. Langkah berikutnya adalah *wrapping* FRP per-lapisan pada permukaan beton yang sudah di *priming* dengan *epoxy* dan pastikan merekat dengan baik. Apabila serat yang sudah disaturasi dipastikan merekat dengan baik maka lapis dengan lapisan *epoxy* final. Setelah pelapisan dengan epoxy final, maka komposit CFRP SCH-41 memasuki fase *curing time* selama rentang waktu 48-72 jam untuk memastikan kualitas komposit CFRP SCH-41 terpasang dengan baik dan tidak terdapat kecacatan. Langkah terakhir adalah *finishing* apabila komposit CFRP SCH-41 dilapisi plesteran ataupun pengecatan.
  
3. Setelah dipasang, perkuatan struktur dengan komposit CFRP SCH-41 wajib dilakukan pengujian. Sesuai dengan yang dipersyaratkan pada ACI 440.3R-04, metode pengujian yang sesuai dengan instalasi *jacketing* FRP yang terpasang di Masjid Raya Al-Jabbar Jawa Barat adalah dengan metode *Pull Off Test*. Metode ini bertujuan untuk mengetahui kekuatan kelekatan antara FRP dengan struktur balok. Pengujian ini memerlukan peralatan utama yaitu 1 set *pull off test*

*digital*, media bahan penarik uji plat besi diameter 25-40 mm, dan *bonding agent epoxy*. Metode pengujiannya dimulai dengan mempersiapkan semua alat dan bahan pengujian, kemudian membuat spesimen lubang untuk area uji berukuran 25-40 mm dengan kedalaman 6-12 mm, langkah berikutnya adalah meletakkan plat besi spesimen *pull off test* dan direkatkan dengan *bonding agent*, kemudian dilakukan pengujian dengan mesin *pull off test* dan kecepatan tarik mesin diatur sebesar 0.05 MPa/s. Dari 4 titik pengujian *pull off test*, nilai *bonding strength* semua titik pengujian melampaui 1,4 MPa sesuai yang dipersyaratkan pada ACI 440.2R-08. Hal ini menandakan bahwa antara material FRP dengan struktur balok yang di *wrapping* memiliki kelekatan yang baik sehingga dapat dipastikan bahwa kekuatan balok rencana telah tercapai.

4. Pada dasarnya, instalasi FRP tidak memerlukan perawatan khusus setelah pemakaian jangka panjang selama tidak terdapat kerusakan. Oleh karena itu, perlu diperhatikan apabila terdapat kerusakan yang bersifat *minor* maupun *major* agar dapat dilakukan perbaikan supaya kualitas perkuatan struktur tambahan dengan FRP dapat terjaga sesuai dengan kekuatan rencana. Pengecekan dengan peralatan dan hasil yang mendetail perlu dijadwalkan secara berkala untuk memastikan bahwa tidak terdapat kerusakan baik dari bagian dalam maupun bagian luar struktur dengan metode antara lain; uji dengan gelombang *ultrasonic*, uji dengan *acoustic sounding (hammer tap)*, dan uji *thermographic*.

## 5.2. Saran

Dari hasil analisis yang telah dilakukan, diambil beberapa saran untuk kemajuan penulisan tugas akhir, diantaranya :

1. Diperlukan ketelitian lebih pada saat melakukan analisis perhitungan kekuatan struktur.
2. Diperlukan peningkatan referensi terkait kekuatan struktur dengan material komposit FRP mengingat penggunaannya yang masih jarang ditemui di Indonesia dibuktikan dengan masih terbatasnya literatur yang berkaitan dengan material FRP dalam Bahasa Indonesia.
3. Material FRP dinilai sangat efisien, mudah dikerjakan, dan dapat cepat digunakan meski memerlukan biaya yang cukup tinggi dalam pengaplikasiannya.