

TESIS

**ANALISIS PERBANDINGAN BIAYA *PERKUATAN BALOK DENGAN
METODE JACKETING GROUTING DAN CARBON FIBER
REINFORCED POLYMER* PADA PROYEK RUMAH SAKIT
VERTIKAL PAPUA**

s



Disusun Oleh:

NURHADI DWI SAPUTRO

NIM : 13123065

PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS NAROTAMA SURABAYA

2025

**TESIS INI
TELAH DIUJIKAN DAN DIPERTAHANKAN DIHADAPAN TIM
PENGUJI
PADA HARI JUMAT, TANGGAL 1 AGUSTUS 2025**

**Judul Penelitian : ANALISIS PERBANDINGAN BIAYA
PERKUATAN
BALOK DENGAN METODE JACKETING
GROUTING
DAN FIBER REINFORCED POLYMER PADA
PROYEK
RUMAH SAKIT VERTIKAL PAPUA**

**Disusun Oleh : NURHADI DWI SAPUTRO
NIM : 13123065
Fakultas : TEKNIK SIPIL
Program Studi : MAGISTER TEKNIK SIPIL
Perguruan Tinggi : UNIVERSITAS NAROTAMA SURABAYA**

**Tim penguji terdiri :
1. Ketua Penguji**

**Mengesahkan,
Ketua Program Studi Magister Teknik Sipil,**

**Dr. Ir. ADI PRAWIRO M.M.,M.T.,IPM
NIDN : 0706056601**

**Dr. Ir. KOES PIADI, M.T, M.H.
NIDN : 0701046501**

2.Sekretaris

**Dr. Ir. F.ROOSLAN EDY SANTOSA, M.M.P.
NIDN : 0722126301**

**Dr. Ir. ADI PRAWIRO M.M.,M.T.,IPM
NIDN : 0706056601**

3.Anggota

**Dr. Ir. KOES PIADI, M.T, M.H.
NIDN : 0701046501**

**ANALISIS PERBANDINGAN BIAYA PERKUATAN BALOK DENGAN
METODE JACKETING GROUTING DAN CARBON FIBER
REINFORCED POLYMER PADA PROYEK RUMAH SAKIT
VERTIKAL PAPUA**

Disusun Oleh :

Nurhadi Dwi Saputro
NIM : 13123065

Penelitian ini telah memenuhi persyaratan dan disetujui untuk di ujikan.



Surabaya, 20 Mei 2025
Menyetujui,

Dosen Pembimbing I,

Dr. Ir. KOESPIADI, M.T., MH
NIDN : 0701046501

Dosen Pembimbing II,

Dr. Ir. F. ROOSLAN EDY SANTOSA, M.MT
NIDN : 0722126301

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini, saya :

Nama : Nurhadi Dwi Saputro
NIM : 13123065
Judul Tugas Akhir : Analisis Perbandingan Biaya Perkuatan Balok dengan Metode Jacketing dan *Carbon Fiber Reinforced Polymer* pada Proyek Rumah Sakit Vertikal Papua

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam tesis ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan disuatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya/ pendapat yang pernah ditulis oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar acuan/ daftar pustaka. Apabila ditemukan suatu jiplakan/ plagiat, maka saya bersedia menerima akibat berupa sanksi akademis dan sanksi lain yang diberikan oleh yang berwenang sesuai ketentuan peraturan dan perundang-undangan yang berlaku.

Surabaya, 13 Juli 2025
Yang Membuat Pernyataan


Nurhadi Dwi Saputro
13123065

**ANALISIS PERBANDINGAN BIAYA PERKUATAN BALOK DENGAN
METODE JACKETING GROUTING DAN CARBON FIBER
REINFORCED POLYMER PADA PROYEK RUMAH SAKIT
VERTIKAL PAPUA**

ABSTRAK

Pembangunan Gedung Rumah Sakit UPT Vertikal Provinsi Papua merupakan bagian dari program strategis nasional dalam meningkatkan pelayanan kesehatan di wilayah timur Indonesia. Salah satu tantangan utama dalam pelaksanaan proyek ini adalah pemanfaatan kembali dua gedung eksisting yang telah terbengkalai selama lebih dari satu dekade. Untuk menjawab tantangan struktural pada bangunan tersebut, dilakukan perbandingan dua metode perkuatan struktur balok beton, yaitu Concrete Jacketing dan Fiber Reinforced Polymer (FRP). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas biaya, waktu pelaksanaan, dan dampak lingkungan dari kedua metode tersebut. Hasil analisis menunjukkan bahwa metode FRP lebih unggul dari sisi efisiensi waktu, dengan rata-rata waktu pelaksanaan 6–8 minggu per zona, dibandingkan metode Jacketing yang memerlukan waktu 15–28 minggu. Dari segi biaya, metode FRP memberikan efisiensi sebesar Rp163.217.173,60 atau sekitar 0,75% lebih murah dibandingkan Jacketing. Namun, dari perspektif lingkungan, metode Jacketing memiliki keunggulan dalam hal keberlanjutan material dan potensi daur ulang jangka panjang, sedangkan FRP memerlukan manajemen limbah khusus karena sifatnya yang tidak mudah terurai. Dengan mempertimbangkan ketiga aspek utama biaya, waktu, dan lingkungan penelitian ini merekomendasikan penggunaan metode FRP untuk proyek yang menuntut efisiensi waktu tinggi dan volume pekerjaan ringan hingga sedang, serta penggunaan metode Jacketing untuk proyek yang menekankan keberlanjutan material. Hasil studi ini diharapkan dapat menjadi acuan dalam pengambilan keputusan teknis pada proyek rehabilitasi struktur bangunan di masa mendatang.

Kata Kunci: Perkuatan struktur, FRP, Jacketing, rumah sakit vertikal, efisiensi biaya, waktu pelaksanaan, keberlanjutan lingkungan.

COMPARATIVE ANALYSIS OF BEAM REINFORCEMENT COSTS WITH JACKETING GROUTING AND CARBON FIBER REINFORCED POLYMER METHODS IN THE PAPUA VERTICAL HOSPITAL PROJECT

ABSTRACT

The construction of the UPT Vertical Hospital Building in Papua Province is part of a national strategic program to improve healthcare services in Eastern Indonesia. One of the main challenges in the implementation of this project is the rehabilitation of two existing buildings that have been abandoned for more than a decade. To address the structural challenges of these buildings, a comparison was made between two methods for strengthening concrete beam structures, namely Concrete Jacketing and Fiber Reinforced Polymer (FRP). This research aims to analyze the cost-effectiveness, execution time, and environmental impact of both methods. The analysis results show that the FRP method is superior in terms of time efficiency, with an average execution time of 6–8 weeks per zone, compared to the Jacketing method which requires 15–28 weeks. In terms of cost, the FRP method offers an efficiency of Rp163,217,173.60 or about 0.75% cheaper compared to Jacketing. However, from an environmental perspective, the Jacketing method has advantages in terms of material sustainability and potential long-term recyclability, while FRP requires specialized waste management due to its non-biodegradable nature. Considering the three main aspects of cost, time, and environment, this study recommends the use of the FRP method for projects that demand high time efficiency and light to moderate workloads, as well as the use of the Jacketing method for projects that emphasize material sustainability. The results of this study are expected to serve as a reference for technical decision-making in future building structure rehabilitation projects.

Keywords: Structural reinforcement, FRP, Jacketing, vertical hospitals, cost efficiency, execution time, environmental sustainability.

KATA PENGANTAR

Saya ingin mengucapkan puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga terselesaikannya penelitian ini. Sebagai manusia, saya mengetahui keterbatasan, kelemahan dan kesalahan. Akan tetapi, saya berjuang sebaik mungkin untuk menuntaskan penelitian ini sesuai rencana. Sehubungan dengan hal tersebut saya ingin berterimakasih yang sebesar-besarnya yang tertuju kepada :

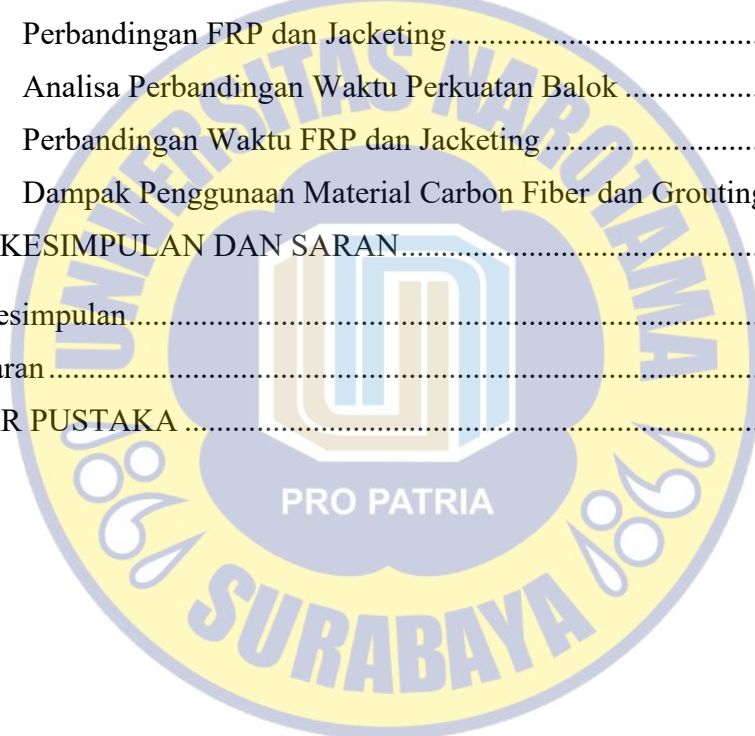
1. Istri tercinta Nurul dan Anak- anak Neysha dan Ody yang selalu memberikan semangat dan doa.
2. Kedua orang tuaku, saudara-saudara yang berada didekat saya, yang sudah memberikan dukungan moril dan materiil serta doa-doa..
3. Bapak Dr.Ir. Adi Prawito, MM,MT selaku Dekan Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Narotama Surabaya.
4. Bapak Ir. Koespadi,MT,MH, selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Narotama Surabaya sekaligus dosen pembimbing.
5. Bapak Dr, Ir. F. ROOSLAN EDY SANTOSA, M.MT selaku Dosen Pembimbing
6. Rekanan semua mahasiswa Teknik Sipil Universitas Narotama Surabaya dan pihak-pihak yang ikut serta membimbing atau membantu dalam penyusunan penelitian ini.

Saya harap penelitian ini dapat memenuhi kebutuhan dan tujuan bagi kita semua, terima kasih atas perhatiannya.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGAJUAN	ii
LEMBAR PERSETUJUAN UJIAN	iii
LEMBAR PERNYATAAN	iv
LEMBAR PENGESAHAN	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT.....	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	6
1.3 Batasan Masalah.....	6
1.4 Tujuan Penelitian	6
1.5 Manfaat Penelitian	6
1.6 Sistematika Penulisan	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	9
2.1 Dasar Teori.....	9
2.2 Matrix Penelitian Terdahulu	38
2.3 Persamaan dan Perbedaan antara penelitian terdahulu.....	49
BAB III METODE PENELITIAN.....	60
3.1 Data Umum Proyek.....	60
3.2 Jenis Penelitian.....	60
3.3 Diagram Alir	61

3.4	Pengumpulan Data	62
3.5	Studi Literatur	63
3.6	Lokasi dan Waktu Penelitian	63
3.7	Tekhnik Analisis Data	64
3.8	Kesimpulan dan Saran.....	64
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN		65
4.1	Pengumpulan Data	65
4.2	Data Analisa	65
4.3	Metode pelaksanaan	77
4.4	Analisa Biaya Pekerjaan Balok.....	85
4.5	Perbandingan FRP dan Jacketing.....	132
4.6	Analisa Perbandingan Waktu Perkuatan Balok	133
4.7	Perbandingan Waktu FRP dan Jacketing.....	150
4.8	Dampak Penggunaan Material Carbon Fiber dan Grouting.....	151
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		158
5.1	Kesimpulan.....	158
5.2	Saran	159
DAFTAR PUSTAKA		160



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu	39
Tabel 2. 2 Persamaan dan Perbedaan Penelitian Terdahulu FRP	50
Tabel 2. 3 Persamaan dan Perbedaan Penelitian Terdahulu Metode Jacketing	51
Tabel 2. 4 Persamaan dan Perbedaan Penelitian Terdahulu GFRP	52
Tabel 2. 5 Persamaan dan Perbedaan Penelitian Terdahulu Studi Kasus	53
Tabel 2. 6 Persamaan dan Perbedaan Penelitian Terdahulu Metode FRP	54
Tabel 2. 7 Persamaan dan Perbedaan Penelitian Terdahulu Metode CFRP	55
Tabel 2. 8 Persamaan dan Perbedaan Penelitian Terdahulu Struktur Kolom	56
Tabel 2. 9 Persamaan dan Perbedaan Penelitian Terdahulu Perkuatan Kolom	57
Tabel 2. 10 Persamaan dan Perbedaan Penelitian Terdahulu GFRP Strips	58
Tabel 2. 11 Persamaan dan Perbedaan Penelitian Terdahulu Rc Jacketing	59
Tabel 3. 1 Informasi Umum Proyek.....	60
Tabel 4. 1 Daftar Harga Material dan Alat	86
Tabel 4. 2 Daftar Harga Material dan Alat Pengecoran.....	88
Tabel 4. 3 Design Rencana Perkuatan.....	90
Tabel 4. 4 Perhitungan Chipping Balok.....	91
Tabel 4. 5 Perhitungan Chipping Plat	93
Tabel 4. 6 Perhitungan Volume Grouting.....	95
Tabel 4. 7 Perhitungan Volume Pembesian Tulangan Utama	96
Tabel 4. 8 Perhitungan Tulangan Sengkang	<u>99</u>
Tabel 4. 9 Perhitungan Volume Perancah.....	<u>101</u>
Tabel 4. 10 Perhitungan Volume Bekisting	103
Tabel 4. 11 Perhitungan Volume Chemset	104
Tabel 4. 12 AHS Bekisting	111
Tabel 4. 13 AHS Pembesian	113
Tabel 4. 14 AHS Grouting	115
Tabel 4. 15 AHS Chipping.....	116
Tabel 4. 16 AHS Chipping.....	118

Tabel 4. 17 Perhitungan Biaya Pelaksanaan Jacketing	120
Tabel 4. 18 Daftar Harga Material	124
Tabel 4. 19 Daftar Harga Upah	125
Tabel 4. 20 Perhitungan Volume Pekerjaan.....	126
Tabel 4. 21 Voleme Item FRP	128
Tabel 4. 22 Analisa Harga Carbon Fiber	128
Tabel 4. 23 Rincian Item Pekerjaan	130
Tabel 4. 24 Perhitungan Jumlah Jam Kerja dr Pengamatan di Lapangan.....	133
Tabel 4. 25 Form Pengawasan Waktu Perkuatan Balok Beton	139
Tabel 4. 26 Waktu Pelaksanaan FRP	140
Tabel 4. 27 Perhitungan Jumlah Jam Kerja dari Pengamatan di Lapangan.....	142
Tabel 4. 28 Form Pengambilan Data Waktu Pelaksanaan Jacketing	148
Tabel 4. 29 Waktu Pelaksanaan Metode Jacketing	149
Tabel 4. 30 Perbandingan Waktu FRP dan Jacketing	150
Tabel 4. 31 Dampak Penggunaan Material	151
Tabel 4. 32 Emisi CO ₂	152
Tabel 4. 33 Limbah Konstruksi.....	153
Tabel 4. 34 Daur Ulang.....	154
Tabel 4. 35 Bahan Kimia	155
Tabel 4. 36 Jejak Material.....	156
Tabel 4. 37 Dampak Jangka Panjang	157

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Diagram Alir	61
Gambar 3. 2 Peta Lokasi Proyek.....	63
Gambar 4. 1 Denah Lantai 2 Zona A1	66
Gambar 4. 2 Denah Lantai 3 Zona A1	66
Gambar 4. 3 Denah Lantai 2 Zona A1	67
Gambar 4. 4 Denah Lantai 3 Zona A2	67
Gambar 4. 5 Denah Lantai 2 Zona A3	67 <u>8</u>
Gambar 4. 6 Denah Lantai 3 Zona A3	68
Gambar 4. 7 Detil Balok A1	69
Gambar 4. 8 Detil Balok A1	69
Gambar 4. 9 Detil Balok A1	70
Gambar 4. 10 Detil Balok A1	70
Gambar 4. 11 Detil Balok A1	71
Gambar 4. 12 Detil Balok A1	71
Gambar 4. 13 Balok A2	72
Gambar 4. 14 Balok A2	72
Gambar 4. 15 Balok A2	73
Gambar 4. 16 Balok A2	73
Gambar 4. 17 Balok A2	74
Gambar 4. 18 Detil Balok	74
Gambar 4. 19 Detil Balok A3	75
Gambar 4. 20 Detil Balok A3	75
Gambar 4. 21 Detil Balok A3	76
Gambar 4. 22 Detil Balok A3	76
Gambar 4. 23 Permukaan Balok Chipping	93
Gambar 4. 24 Permukaan Plat Chipping.....	94
Gambar 4. 25 Balok Grouting.....	96
Gambar 4. 26 Potongan Tulangan Utama	98
Gambar 4. 27 Tulangan Sengkang (Pembesian Balok)	100
Gambar 4. 28 Perancah Pada Balok.....	102

Gambar 4. 29 Permukaan Bekesting Balok Perkuatan	104
Gambar 4. 30 Mapping Denah Titik Chemset Lantai 2 A1	108
Gambar 4. 31 Mapping Denah Titik Chemset Lantai 2 A1	108
Gambar 4. 32 Mapping Denah Titik Chemset Lantai 2 A3	109
Gambar 4. 33 Mapping Denah Titik Chemset Lantai 3 A1	109
Gambar 4. 34 Mapping Denah Titik Chemset Lantai 3 A2	110
Gambar 4. 35 Mapping Denah Titik Chemset Lantai 3 A3	110
Gambar 4. 36 Detil Rencana Perkuatan Balok Dengan CFRP	123
Gambar 4. 37 Rencana Perkuatan Balok dengan CFRP setelah Proses VE	123
Gambar 4. 37 Rencana Perkuatan Balok dengan CFRP setelah Proses VE	123



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Gambar 3 Dimensi.....	162
Lampiran 2 Gambar Pelaksanaan FRP	165
Lampiran 3 Dokumentasi Pelaksanaan Jacketing	168

