

**LAPORAN**  
**PROGRAM MERDEKA BELAJAR KAMPUS MERDEKA (MBKM) STUDI**  
**INDEPENDEN EVALUASI STRUKTUR DAN REKOMENDASI PERKUATAN**  
**GEDUNG FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT**



**Dosen Pembimbing:**

**Wiku Adhiwicaksana Krasna, S.T., M.Eng., Ph.D.**

**NIP. 19860628 201212 1 002**

**Oleh:**

**Fajar Marshandhy**

**2110811210087**

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI**  
**UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK SIPIL**  
**BANJARBARU**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**LAPORAN AKHIR**

**PROGRAM MERDEKA BELAJAR KAMPUS MERDEKA (MBKM) STUDI  
INDEPENDEN EVALUASI STRUKTUR DAN REKOMENDASI PERKUATAN  
GEDUNG FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT**

Disusun oleh:

**Fajar Marshandhy**

**NIM 2110811210087**

Telah dipertimbangkan dan disetujui pada tanggal 6 Januari 2024

Disetujui Oleh

**Dosen Penguji I,**



**Dr. Nursiah Chairunnisa, S.T., M. Eng**  
NIP. 197907232005012005

**Dosen Penguji II,**



**Aulia Isramaulana, S.T., M.T**  
NIP. 198205222008121001

**Dosen Pembimbing**



**Wiku A. Krasna, S.T., M.Eng., Ph.D.**  
NIP. 198606282012121002

Laporan Studi Independent ini telah diterima sebagai salah satu tugas akademik

Pada tanggal 6 Januari 2024

Mengetahui

**Wakil Dekan Bidang Akademik**

**Fakultas Teknik ULM,**



**Dr. Mahmud, S.T., M.T.**

NIP. 19740107 199802 1 001

**Koordinator Program Studi,**



**Dr. Muhammad Arsyad, S.T., M.T.**

NIP. 197208261998021002

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah Subhanahu wa Ta'ala atas segala rahmat dan karunia Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Studi Independen Kampus Merdeka ini yang berjudul **PROGRAM MERDEKA BELAJAR KAMPUS MERDEKA (MBKM) STUDI INDEPENDEN EVALUASI STRUKTUR DAN REKOMENDASI PERKUATAN GEDUNG FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT**. Penyusunan Tugas Akhir ini merupakan syarat kelulusan mahasiswa/i Program Studi S-1 Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat. Selama penyusunan laporan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak yang telah memberikan kontribusi baik berupa bantuan maupun dukung, untuk itu penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua saya, Abah Syarifuddin dan Mama Emy Fitria serta adik saya Najwa Afifa Nuriel atas doa, dukungan, semangat, kasih sayang dan segala yang diperlukan hingga saya dapat menyelesaikan gelar sarjana ini.
2. Partner yang paling saya sayangi dan perjuangkan sampai titik ini Luthfi Azizah.
3. Wiku Adhiwicaksana Krasna, S.T., M.Eng., Ph.D. selaku dosen pembimbing yang selalu sabar dalam memberikan arahan dan penjelasan kepada saya sehingga Laporan Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik.
4. Bapak Dr. Muhammad Arsyad, S.T, M.T. selaku Koordinator Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat.
5. Ibu Dr. Nursiah Chairunnisa, S.T., M. Eng selaku dosen penguji I Sidang Tugas Akhir.
6. Bapak Aulia Isramaulana, S.T., M.T. selaku dosen penguji II Sidang Tugas Akhir.
7. Segenap dosen Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat yang telah banyak memberikan ilmu kepada kami.
8. Rekan Instruktur Laboratorium Struktur dan Material Universitas Lambung Mangkurat, yang telah banyak memberi semangat dan membantu saya dalam mengerjakan tugas akhir ini.

Akhir kata, saya menyadari penyusunan Tugas Akhir ini tidak luput dari kekurangan, oleh karena itu diharapkan kritik dan saran yang membangun agar Tugas Akhir ini lebih baik lagi. Saya berharap Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua.

Banjarbaru, 6 Januari 2024

Penulis

Fajar Marshandhy

NIM. 2010811210015

# EVALUASI STRUKTUR DAN REKOMENDASI PERKUATAN GEDUNG FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT

Fajar Marshandhy<sup>1</sup>, Wiku Adhiwicaksana Krasna<sup>2</sup>

Program Studi Teknik Sipil, Universitas Lambung Mangkurat

Jl. Jenderal Achmad Yani Km 35,5 Banjarbaru, Kalimantan Selatan – 70714

E-mail: [fajar15yu@gmail.com](mailto:fajar15yu@gmail.com) ; [w\\_krasna@yahoo.com](mailto:w_krasna@yahoo.com)

## ABSTRAK

Gedung Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat, yang telah dibangun berdasarkan peraturan lama, memerlukan evaluasi ulang untuk menilai kesesuaiannya dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) terbaru, seperti SNI 2847:2019, SNI 1726:2019 dan SNI 1727:2020. Evaluasi ini penting untuk memastikan keselamatan, efisiensi, dan kenyamanan bangunan sesuai standar terkini. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kapasitas struktur eksisting gedung, mengidentifikasi model retrofitting yang efisien, serta menentukan rencana anggaran biaya (RAB) retrofitting.

Metodologi penelitian dimulai dengan pengumpulan data teknis melalui inspeksi visual, pengukuran dimensi menggunakan alat seperti laser distance dan rebar scanner, serta pengujian material menggunakan metode *Hammer Test* dan *Ultrasonic Pulse Velocity (UPV)*. Selanjutnya, struktur eksisting dimodelkan menggunakan SAP2000 V.25, diikuti dengan analisis struktur berdasarkan standar SNI terbaru. Jika ditemukan elemen struktur yang tidak memenuhi standar, dilakukan perencanaan perkuatan (*retrofitting*) menggunakan portal baja, dengan sambungan yang dianalisis menggunakan *IDEA StatiCa*. Rencana anggaran biaya disusun menggunakan *Tekla Structure* dan mengikuti pedoman AHSP Bidang Cipta Karya.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa elemen kritis yakni balok ekisting persentasenya masih 86% dari momen nominal seharusnya dan pada gedung tidak memenuhi ketentuan SNI 2847:2019. Retrofitting menggunakan portal baja mampu meningkatkan persentase pada elemen kritis eksisting sebesar 159% dibandingkan kondisi elemen kritis eksisting awal. Estimasi biaya perbaikan menggunakan portal baja untuk implementasi retrofitting ini adalah sebesar Rp 1.927.690.000 sedangkan menggunakan FRP sebesar Rp 2.340.766.306,05. Penelitian ini memberikan kontribusi dalam mengidentifikasi kelemahan struktur eksisting serta menawarkan solusi perkuatan portal baja sebagai perkuatan pada Gedung Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat.

Kata Kunci: Evaluasi struktur, SNI 2847:2019, SNI 1726:2019, *retrofitting*, portal baja, *Hammer Test*, SAP2000.

## ABSTRACT


The Faculty of Engineering building of Lambung Mangkurat University, which has been built based on old regulations, requires re-evaluation to assess its compliance with the latest Indonesian National Standards (SNI), such as SNI 2847:2019, SNI 1726:2019 and SNI 1727:2020. This evaluation is important to ensure the safety, efficiency and comfort of the building according to the latest standards. This research aims to evaluate the capacity of the building's existing structure, identify an efficient retrofitting model, and determine the retrofitting budget plan (RAB).

The research methodology began with technical data collection through visual inspection, dimensional measurement using tools such as laser distance and rebar scanner, and material testing using Hammer Test and Ultrasonic Pulse Velocity (UPV) methods. Next, the existing structure was modeled using SAP2000 V.25, followed by structural analysis based on the latest SNI standards. If structural elements were found that did not meet the standards, retrofitting was planned using a steel portal, with connections analysed using IDEA StatiCa. The cost budget plan was prepared using Tekla Structure and following the AHSP guidelines AHSP Bidang Cipta Karya.

Results showed that the critical element, namely the extending beam, the percentage was still 86% of the nominal moment and the building did not meet the provisions of SNI 2847: 2019. Retrofitting using steel portals can increase the percentage of existing critical elements by 159% compared to the initial existing critical element conditions. The estimated repair cost using a steel portal for this retrofitting implementation is IDR 1,927,690,000 while using FRP is IDR 2,340,766,306.05. This research contributes to identifying the weaknesses of the existing structure and offers a solution to retrofitting the steel portal as reinforcement in the Faculty of Engineering Building, Lambung Mangkurat University.

Keywords: Structural evaluation, SNI 2847:2019, SNI 1726:2019, *retrofitting*, steel portal, *Hammer Test*, SAP2000

## LEMBAR ASISTENSI

 <p style="text-align: center;"><b>KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK SIPIL BANJARBARU</b></p>	<b>LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR</b>							
	<b>KEHADIRAN</b>							
No	Nama	NIM	1	2	3	4	5	6
1.	Fajar Marshandhy	2110811210087						

## KEGIATAN ASISTENSI

No	Tanggal	Keterangan	Paraf
1.	04/09/2024	Buat draft laporan yang sesuai dengan format Studi Independen	/
2.	30/09/2024	Konsentrasikan aturan yang digunakan pada standar aturan Beron struktur bertuang dan Pembobanan	/
3	20/10/2024	Perbaiki Penulisan dan lanjutkan ke BAB II	/
4	11/11/2024	Sesuaikan format pada BAB II,	/
5.	13/11/2024	Langjutkan Penulisan BAB II,	/

26/11/2024	Lanjutkan Penulisan BAB II, pada perhitungan koefisien respon Seismik		
23/11/2024	Perbaiki Penulisan pada Bab 2, Gambar ulang gambar referensi.		
05/01/2025	lap Sidang		
	Acc		

Banjarbaru, Desember 2024

Dosen Pembimbing

Wiku Adhiwicaksana Krasna, S.T., M.Eng., Ph.D.

NIP. 1979072320050120

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
KATA PENGANTAR .....	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN .....	0
1.1 Latar Belakang.....	0
1.2 Lingkup Studi Independen.....	2
1.3 Profil Gedung .....	4
1.4 Rumusan Masalah .....	5
1.5 Tujuan Penelitian.....	6
1.6 Batasan Masalah.....	6
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA .....	7
2.1 Evaluasi Struktur Bangunan .....	7
2.2 Bangunan Gedung Bertingkat .....	14
2.3 Analisis Struktur.....	15
2.4 Prinsip Desain Bangunan Tahan Gempa.....	26
2.5 Desain Struktur Bangunan Terhadap Gempa berdasarkan SNI 1726:2019 .....	27
2.6 Sistem Struktur Gedung pada Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) .....	52
2.7 Elemen Struktur Beton Berdasarkan SNI 2847:2019.....	60
2.8 Analisis Struktur Bangunan Menggunakan SAP2000.....	101
2.9 Perkuatan Struktur Bangunan .....	102
2.10 Pondasi Dangkal .....	104

2.11 Rencana Anggaran Biaya (RAB) .....	113
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>116</b>
3.1 Diagram Alir Penelitian.....	116
3.2.                   Lokasi Tugas Akhir .....	118
3.3 Studi Literatur.....	118
3.4 Tahapan Penelitian .....	119
<b>BAB IV PENGAMBILAN DATA LAPANGAN DAN PERHITUNGAN STRUKTUR .....</b>	<b>127</b>
4.1 Pengambilan Data Lapangan .....	127
4.2 Data Struktur Gedung dan Permodelan Struktur Menggunakan SAP2000.....	154
4.3 Analisis Pembebanan Berdasarkan SNI 1726:2019 dan SNI 1727:2020.....	156
4.4 Output Gaya Dalam dan Hasil Analisis SAP 2000 .....	185
4.5 Cek Desain Kapasitas Komponen Elemen Struktur Sesuai SNI 2847:2019 .....	188
<b>BAB V REKOMENDASI PERKUATAN STRUKTUR GEDUNG .....</b>	<b>287</b>
5.1 Rekomendasi .....	287
5.2 Analisis Gaya Dalam Retrofitting pada Stuktur .....	287
5.3 Cek Kapasitas Retrofitting Struktur Menggunakan SAP 2000 .....	290
5.4 Cek Kapasitas Retrofitting Gedung Elemen Struktur Beton Menggunakan Analisa Manual SNI 2847:2019 .....	292
5.5 Cek Kapasitas Retrofitting Gedung Elemen Struktur Baja Menggunakan Analisa Manual SNI 1729:2015 .....	311
5.7 Perencanaan Perkuatan FRP sebagai Pemanding, Berdasarkan (ACI440.1R-15, 2015).....	359
<b>BAB VI RENCANA ANGGARAN BIAYA .....</b>	<b>365</b>
6.1 Rekap Volume Pada Tekla Structure.....	365
6.2 RAB (Rencana Anggaran Biaya) .....	369

6.4 Efisiensi Penggunaan Retrofitting Baja dari FRP pada Struktur Gedung Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat.....	377
6.5 Kesimpulan Rencana Anggaran Biaya.....	379
<b>BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>380</b>
7.1 Kesimpulan.....	380
7.2 Saran.....	382

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Classification of The Quality of Concrete on the Basis of Pulse Felocity ....	12
Tabel 2. 2 Tinggi Minimum Balok Non Prategang .....	16
Tabel 2. 3 Ketebalan Minimum Pelat Dua Arah Non Prategang .....	17
Tabel 2. 4 Beban hidup terdistribusi merata minimum dan beban hidup terpusat minimum .....	19
Tabel 2. 5 Kategori risiko bangunan gedung dan nongedung untuk beban gempa.....	27
Tabel 2. 6 Klasifikasi Situs.....	31
Tabel 2. 7 Koefisien Situs Fa .....	33
Tabel 2. 8 Koefisien Situs Fv .....	33
Tabel 2. 9 Kategori Desain Seismik Berdasarkan SDS.....	35
Tabel 2. 10 Kategori Desain Seismik Berdasarkan SD1 .....	36
Tabel 2. 11 Faktor R, Cd, dan , $\Omega_0$ untuk sistem pemikul gaya seismik .....	38
Tabel 2. 12 Ketidakberaturan horizontal pada struktur .....	41
Tabel 2. 13 Ketidakberaturan vertikal pada struktur .....	43
Tabel 2. 14 Koefisien untuk batas atas pada periode yang dihitung .....	46
Tabel 2. 15 Koefisien untuk batas atas pada periode yang dihitung .....	47
Tabel 2. 16 Simpangan antar tingkat izin, $\Delta_a^{a,b}$ .....	51
Tabel 2. 17 Tulangan transversal untuk kolom-kolom sistem rangka pemikul momen. 58	58
Tabel 2. 18 Tinggi minimum balok non prategang .....	61
Tabel 2. 19 Momen inersia dan luas penampang yang diizinkan untuk analisis elastis 87	87
Tabel 2. 20 Momen inersia dan luas penampang yang diizinkan untuk analisis elastis 88	88
Tabel 2. 21 Ketebalan minimum pelat solid satu arah nonprategang.....	95
Tabel 2. 22 Ketebalan minimum pelat dua arah nonprategang tanpa balok interior (mm) .....	95
Tabel 2. 23 Ketebalan selimut beton untuk beton pracetak nonprategang dan prategang .....	97
Tabel 3. 1 Data Struktur .....	119
Tabel 4. 1 Tabel Pengukuran Eksisting Balok Lantai 2 .....	128

Tabel 4. 2 Tabel Pengukuran Eksisting Balok Lantai 2 .....	131
Tabel 4. 3 Tabel Pengukuran Eksisting Kolom Lantai 1.....	134
Tabel 4. 4 Tabel Pengukuran Eksisting Kolom Lantai 2.....	136
Tabel 4. 5 Tabel Pengukuran Eksisting Kolom Lantai 3.....	138
Tabel 4. 6 Dokumentasi dari pemeriksaan dan pengukuran eksisting pada bangunan	139
Tabel 4. 7 Batasan lebar retak pada elemen struktur menurut ACI Committee 224....	141
Tabel 4. 8 Pengujian Lebar Retak pada elemen struktur tervisualiasi retak lebar.....	141
Tabel 4. 9 Hasil pengujian Hammer Test pada Gedung Fakultas Teknik Universitas Lambung Mamkurat .....	146
Tabel 4. 10 Kalibrasi Alat UPV pada saat dilakukan pengujian .....	150
Tabel 4. 11 Rekapitulasi Hasil Analisa nilai UPV Test di Lapangan untuk Elemen Balok .....	151
Tabel 4. 12 Rekapitulasi Hasil Analisa nilai UPV Test di lapangan untuk Elemen Kolom dan Pelat .....	152
Tabel 4. 13 Hasil Rata-Rata Pengujian Mutu Beton .....	153
Tabel 4. 14 Kategori Risiko Bangunan dan Struktur lainnya untuk Beban Banjir, Angin,Salju, Gempa*, dan Es, SNI 1727:2020 .....	158
Tabel 4. 15 Faktor Arah Angin, Kd, SNI 1727:2020 .....	160
Tabel 4. 16 Jenis dan Kelas Kategori Eksposur, SNI 1727:2020.....	161
Tabel 4. 17 Faktor Elevasi Permukaan Tanah, Ke, SNI 1727:2020.....	164
Tabel 4. 18 Koefisien Tekanan Internal Gcpi, SNI 1727:2020 .....	164
Tabel 4. 19 Koefisien Eksposure Tekanan Velositas, Kh dan Kz, SNI 1727:2020 .....	165
Tabel 4. 20 Koefisien Tekanan Eksternal.....	167
Tabel 4. 21 Penampang Segi Empat angin tegak lurus permukaan) .....	167
Tabel 4. 22 Rekapitulasi parameter dasar.....	167
Tabel 4. 23 Koefisien Situs Fa .....	171
Tabel 4. 24 Koefisien Situs Fv .....	171
Tabel 4. 25 Koefisien untuk batas atas pada periode yang dihitung .....	173
Tabel 4. 26 Faktor Keutamaan Gempa.....	174
Tabel 4. 27 Prosedur analisis yang diizinkan (SNI 1726:2019 Tabel 16).....	174
Tabel 4. 28 Kategori Desain Seismik Berdasarkan SDS.....	175

Tabel 4. 29 Kategori Desain Seismik Berdasarkan $S_{D1}$ .....	176
Tabel 4. 30 Sistem Struktur yang Diijinkan (Pasal 7.2.2 Tabel 12 SNI 1726:2019) ...	176
Tabel 4. 31 Perhitungan Gaya Geser Seismik pada Tingkat Dasar (V) .....	178
Tabel 4. 32 Analisis Distribusi Beban Gaya Gempa Dasar ( $F_i$ ).....	179
Tabel 4. 33 Perhitungan Analisis terhadap Periode Dasar T1 X .....	181
Tabel 4. 34 Perhitungan Analisis terhadap Periode Dasar T1 Y .....	181
Tabel 4. 35 Perhitungan Kontrol T ijin .....	182
Tabel 4. 36 Simpangan antar Tingkat Izin SNI 1726:2019.....	183
Tabel 4. 37 Kontrol Kinerja Batas Layan & Kinerja Batas Ultimate arah Sumbu X... 183	183
Tabel 4. 38 Kontrol Kinerja Batas Layan & Kinerja Batas Ultimate arah Sumbu X... 183	183
Tabel 4. 39 Tabel Modal Participating Mass Ratios.....	184
Tabel 4. 40 Base Reaction Pengecekan Faktor Skala Gempa .....	184
Tabel 4. 41 Perbandingan Gaya Geser Gempa Statis & Gempa Dinamis Sebelum Pengecekan .....	185
Tabel 4. 42 Gaya Dalam Hasil Analisis Pada Elemen Kolom .....	188
Tabel 4. 43 Gaya Hasil Analisis Pada Elemen Balok.....	188
Tabel 4. 44 Gaya Hasil Analisis Pada Elemen Pelat Lantai .....	188
Tabel 4. 45 Cek Kapasitas Lentur Balok 35x40 berdasarkan SNI 2847:2019 .....	214
Tabel 4. 46 Cek Kapasitas Lentur Balok 35x40 berdasarkan SNI 2847:2019 .....	214
Tabel 4. 47 Cek Penampang Torsi Balok 35x40 berdasarkan SNI 2847:2019 .....	214
Tabel 4. 48 Cek Kapasitas Lentur Balok 30x35 berdasarkan SNI 2847:2019 .....	221
Tabel 4. 49 Cek Kapasitas Lentur Balok 30x35 berdasarkan SNI 2847:2019 .....	222
Tabel 4. 50 Cek Penampang Torsi Balok 30x35 berdasarkan SNI 2847:2019 .....	222
Tabel 4. 51 Kesimpulan Cek Kapasitas Balok 30 x 35 ... <b>Error! Bookmark not defined.</b>	
Tabel 4. 52 Tabel Factored Loads and Moments with Corresponding Ratios based using critical capacity, Kolom 40 x40.....	228
Tabel 4. 53 Cek Kapasitas Aksial dan Momen Kolom 40x40 berdasarkan SNI .....	241
Tabel 4. 54 Cek Kapasitas Geser Kolom 40x40 berdasarkan SNI 2847:2019 dibantu	241
Tabel 4. 55 Tabel Factored Loads and Moments with Corresponding Ratios based ...	245
Tabel 4. 56 Cek Kapasitas Aksial dan Momen Kolom 40x40 berdasarkan SNI .....	246
Tabel 4. 57 Cek Kapasitas Geser Kolom 40x40 berdasarkan SNI 2847:2019 dibantu	246

Tabel 4. 58 Tabel Factored Loads and Moments with Corresponding Ratios based ...	250
Tabel 4. 59 Cek Kapasitas Aksial dan Momen Kolom 25x25 berdasarkan SNI .....	251
Tabel 4. 60 Cek Kapasitas Geser Kolom 25 x 25 berdasarkan SNI 2847:2019 dibantu .....	251
Tabel 4. 61 Cek Kapasitas Lentur Pelat 12 cm berdasarkan SNI 2847:2019.....	274
Tabel 4. 62 Cek Kapasitas Geser Pelat berdasarkan SNI 2847:2019.....	275
Tabel 5. 1 Gaya Dalam Hasil Analisis Pada Elemen Kolom RM .....	289
Tabel 5. 2 Gaya Hasil Analisis Pada Elemen Balok RM .....	289
Tabel 5. 3 Gaya Hasil Analisis Pada Elemen Pelat Lantai RM.....	289
Tabel 5. 4 Hasil Steel Design, AISC 360-10.....	290
Tabel 5. 5 Cek Kapasitas Lentur Balok 35x40.RM berdasarkan SNI 2847:2019.....	292
Tabel 5. 6 Cek Kapasitas Geser Balok 35x40.RM berdasarkan SNI 2847:2019 .....	294
Tabel 5. 7 Cek Kapasitas Lentur Balok 30x35 berdasarkan SNI 2847:2019 .....	296
Tabel 5. 8 Cek Kapasitas Geser Balok 30x35.RM berdasarkan SNI 2847:2019 .....	298
Tabel 5. 9 Tabel Factored Loads and Moments with Corresponding Ratios based using .....	299
Tabel 5. 10 Cek Kapasitas Aksial dan Momen Kolom 40x40 berdasarkan SNI .....	300
Tabel 5. 11 Cek Kapasitas Geser Kolom 40x40.RM berdasarkan SNI 2847:2019 dibantu .....	302
Tabel 5. 12 Tabel Factored Loads and Moments with Corresponding Ratios based ...	303
Tabel 5. 13 Cek Kapasitas Aksial dan Momen Kolom 30x30.RM berdasarkan SNI ..	304
Tabel 5. 14 Cek Kapasitas Geser Kolom 30x30.RM berdasarkan SNI 2847:2019 dibantu .....	306
Tabel 5. 15 Cek Kapasitas Geser Kolom 40x40.RM berdasarkan SNI 2847:2019 dibantu .....	308
Tabel 5. 16 Cek Kapasitas Lentur Pelat 12 cm berdasarkan SNI 2847:2019.....	308
Tabel 5. 17 Cek Kapasitas Geser Pelat berdasarkan SNI 2847:2019.....	310
Tabel 5. 18 Cek Kontrol Kuat Leleh WF 350.175.7.11 .....	323
Tabel 5. 19 Cek Kontrol Kuat Putus WF 350.175.7.11 .....	323
Tabel 5. 20 Cek Kontrol Block Shear WF 350.175.7.11 .....	324
Tabel 5. 21 Cek Kontrol Kelangsingan WF 350.175.7.11 .....	324

Tabel 5. 22 Cek Elemen struktur tekan terhadap beban Pu yang bekerja WF .....	324
Tabel 5. 23 Cek Nilai $\emptyset$ Mn WF 350.175.7.11 .....	324
Tabel 5. 24 Cek Nilai geser nominalWF 350.175.7.11 .....	325
Tabel 5. 25 Cek Kontrol Kuat Leleh WF 350.175.7.11 .....	325
Tabel 5. 26 Cek Kontrol Kuat Putus WF 350.175.7.11 .....	325
Tabel 5. 27 Cek Kontrol Block Shear WF 350.175.7.11 .....	325
Tabel 5. 28 Cek Kontrol Kelangsingan WF 350.175.7.11 .....	325
Tabel 5. 29 Cek Elemen struktur tekan terhadap beban Pu yang bekerja WF .....	326
Tabel 5. 30 Cek Nilai $\emptyset$ Mn WF 350.175.7.11 .....	326
Tabel 5. 31 Cek Nilai geser nominalWF 350.175.7.11 .....	326
Tabel 5. 32 Cek Nilai $\emptyset$ Pn Kolom WF 350.175.7.11 .....	335
Tabel 5. 33 Cek Nilai geser nominalWF 350.175.7.11 ... <b>Error! Bookmark not defined.</b>	
Tabel 5. 34 Cek Sambungan BS-1 .....	336
Tabel 5. 35 Cek Sambungan B-K-Br.1 .....	338
Tabel 5. 36 Cek Sambungan Br-Br.1 .....	339
Tabel 5. 37 Cek Sambungan B-K.1, Mayor .....	340
Tabel 5. 38 Cek Sambungan B-K.1, Mayor .....	341
Tabel 6. 1 Hasil Display Volume Pabrikasi dan Ereksi Baja Profil .....	366
Tabel 6. 2 Rekap Volume berdasarkan Hasil Perhitungan Tekla Structure .....	368
Tabel 6. 3 Rekap Analisa Harga Satuan Pekerjaan .....	369
Tabel 6. 4 Rekap Perhitungan Volume Pekerjaan Struktur.....	370
Tabel 6. 5 Rencana Anggaran Biaya (RAB)Struktur <i>Retrofitting</i> Gedung Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat .....	372
Tabel 6. 6 Rekap Rencana Anggaran Biaya (RAB)Struktur <i>Retrofitting</i> Gedung Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat.....	374
Tabel 6. 7 Kurva S Kegiatan Proyek Struktur <i>Retrofitting</i> Gedung Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat .....	375

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Gedung Fakultas Teknik, ULM.....	5
Gambar 1. 2 Gedung yang ditinjau tampak depan .....	5
Gambar 2. 1 <i>Schmidt Hammer Test</i> .....	8
Gambar 2. 2 Grafik korelasi Nilai Rebound dan Mutu Beton.....	9
Gambar 2. 3 Grafik korelasi Nilai Rebound dan Mutu Beton.....	9
Gambar 2. 4 Pengecekan beton di lapangan menggunakan <i>Hammer Test</i> .....	10
Gambar 2. 5 Alat Ultrasonic Pulse Velocity (UPV).....	10
Gambar 2. 6 Metode Pengujian pada Permukaan Beton menggunakan <i>Alat Ultrasonic Pulse Velocity</i> (UPV).....	11
Gambar 2. 7 Meteran .....	13
Gambar 2. 8 Laser Meter.....	13
Gambar 2. 9 Rebar Scanner.....	14
Gambar 2. 10 Mikroskop Digital.....	14
Gambar 2. 11 Parameter Gerak Tanah S1, Gempa Maksimum yang dipertimbangkan risiko - tertarget (MCER) Wilayah Indonesia untuk Spektrum Respons 1 detik .....	32
Gambar 2. 12 Parameter gerak tanah Ss, gempa maksimum yang dipertimbangkan.....	32
Gambar 2. 13 Respon Desain .....	35
Gambar 2. 14 Ketidakberaturan horizontal .....	43
Gambar 2. 15 Ketidakberaturan vertical.....	44
Gambar 2. 16 Faktor Pembesaran Torsi .....	49
Gambar 2. 17 simpangan antar tingkat.....	50
Gambar 2. 18 Lebar efektif maksimum balok lebar (wide beam) dan persyaratan tulangan transversal .....	55
Gambar 2. 19 Contoh sengkang tertutup ( <i>hoop</i> ) yang dipasang bertumpuk dan ilustrasi batasan maksimum spasi horizontal peumpu batang longitudinal .....	55
Gambar 2. 20 Geser desain untuk balok.....	56
Gambar 2. 21 Momen Terfaktor pada muka tumpuan balok .....	62
Gambar 2. 22 Konsep analisa balok tulangan rangkap .....	64
Gambar 2. 23 Variasi nilai $\phi$ .....	67
Gambar 2. 24 Gambar perletakan tulangan lebih dari satu lapis.....	69

Gambar 2. 25 Penentuan gaya geser <i>ultimate</i> maksimum pada balok. ....	73
Gambar 2. 26 Faktor panjang efektif.....	87
Gambar 2. 27 Geser desain untuk kolom .....	92
Gambar 2. 28 Parameter klasifikasi pondasi .....	105
Gambar 2. 29 Kondisi satu arah, <i>A<sub>eff</sub></i> bagian diarsir .....	111
Gambar 2. 30 Kondisi dua arah, Kondisi satu arah, <i>A<sub>eff</sub></i> bagian diarsir.....	111
Gambar 2. 31 Software Tekla Structure .....	115
Gambar 3. 1 Diagram Alir Tugas Akhir.....	117
Gambar 3. 2 Lokasi Kajian Tugas Akhir.....	118
Gambar 3. 3 (a) Pengukuran dimensi elemen struktur memakai meteren, (b) Penentuan letak dan dimensi tulangan menggunakan <i>Rebbar Scanner</i> .....	120
Gambar 3. 4 <i>UPV</i> pada Elemen Struktur Bangunan .....	121
Gambar 3. 5 (a) dan (b) Pengujian <i>Hammer Test</i> pada Balok dan Kolom Bangunan .	123
Gambar 3. 6 Permodelan 3D Bangunan .....	123
Gambar 3. 7 Permodelan 3D Bangunan dengan <i>Retrofitting</i> Portal Baja .....	124
Gambar 3. 8 Desain Sambungan Portal Baja menggunakan <i>Software Idea Statica</i> ....	125
Gambar 4. 1 Denah Balok Lantai 1 .....	127
Gambar 4. 2 Grafik Teridentifikasi Retak Balok Lantai 1 .....	130
Gambar 4. 3 Denah Balok Lantai 2 .....	131
Gambar 4. 4 Grafik Teridentifikasi Retak Balok Lantai 3 .....	133
Gambar 4. 5 Denah Kolom Lantai 1.....	133
Gambar 4. 6 Grafik Teridentifikasi Retak Kolom Lantai 1.....	135
Gambar 4. 7 Denah Kolom Lantai 2.....	135
Gambar 4. 8 Grafik Teridentifikasi Retak Kolom Lantai 2.....	137
Gambar 4. 9 Denah Kolom Lantai 3.....	137
Gambar 4. 10 Grafik Teridentifikasi Retak Kolom Lantai 3.....	139
Gambar 4. 11 Detail Penulangan Balok Dimensi 35x40.....	143
Gambar 4. 12 Detail Penulangan Balok Dimensi 30x35.....	144
Gambar 4. 13 Detail Penulangan Balok Dimensi 40x40.....	144
Gambar 4. 14 Detail Penulangan Balok Dimensi 30x30.....	144
Gambar 4. 15 Detail Penulangan Balok Dimensi 25x25.....	145

Gambar 4. 16 Detail Penulangan Pelat Lantai.....	145
Gambar 4. 17 (a), (b) (c) dan (d) Pengujian Hammer Test pada Gedung Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat .....	146
Gambar 4. 18 Pengujian Hammer test pada Gedung Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat .....	148
Gambar 4. 19 (a), (b) (c) dan (d) Pengujian UPV pada Gedung Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat .....	151
Gambar 4. 20 Diagram Pengujian <i>Ultrasonic Pulse Velocity</i> pada Gedung Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat.....	153
Gambar 4. 21 Grafik Pengujian Ultrasonic Pulse Velocity dan Hammer Test pada Gedung Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat .....	154
Gambar 4. 22 Hasil model SAP2000 V.25 struktur gedung menggunakan data eksisting pada pengambilan data di lapangan.....	156
Gambar 4. 23 Kecepatan angin wilayah Indonesia, Faktor Arah Angin, SNI 1727:2020 .....	160
Gambar 4. 24 Faktor topografi, $K_{zt}$ (Gambar 26.8-1 – SNI 1727:2020) .....	163
Gambar 4. 25 SNI 1727:2020 Terkait Faktor Tiupan Angina atau Efek Hembusan Angin. ....	164
Gambar 4. 26 SNI 1727:2020 Diagram Beban Angin .....	166
Gambar 4. 27 Titik Koordinat Lokasi Gedung Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat pada Kota Banjarbaru Via:Google Earth).....	169
Gambar 4. 28 Parameter Gempa dari Desain Spektra Kota Banjarbaru .....	169
Gambar 4. 29 Gaya Aksial .....	186
Gambar 4. 30 Gaya Geser Arah X.....	186
Gambar 4. 31 Gaya Geser Arah Y .....	186
Gambar 4. 32 Momen Arah Y .....	187
Gambar 4. 33 Momen Arah x.....	187
Gambar 4. 34 Hasil Cek Kapasitas Elemen Struktur.....	187
Gambar 4. 35 Detail Penulangan Balok Dimensi 35x40.....	189
Gambar 4. 36 Perbandingan Momen Lentur Nominal terhadap Momen Lentur Ultimate Balok 35 x 40.....	216

Gambar 4. 37 Grafik Persentase Momen Lentur Nominal terhadap Momen Lentur Ultimate 35 x40 .....	216
Gambar 4. 38 Grafik Gaya Geser Nominal terhadap Gaya Geser Ultimate Balok 30x45 .....	217
Gambar 4. 39 Gaya Geser Nominal terhadap Gaya Geser Ultimate (%) .....	218
Gambar 4. 40 Grafik Penampang Torsi Transerval Perlu Terhadap Torsi Transerval Terpasang Balok 35 x40 .....	219
Gambar 4. 41 Grafik Persentase Penampang Torsi Transerval Perlu Terhadap Torsi Transerval Terpasang .....	219
Gambar 4. 42 Grafik Penampang Torsi Longitudinal Perlu Terhadap Torsi Longitudinal Terpasang Balok 35 x40 .....	220
Gambar 4. 43 Grafik Persentase Penampang Torsi Longitudinal Perlu Terhadap Torsi Longitudinal Terpasang Balok 35x40 .....	220
Gambar 4. 44 Detail Penulangan Balok Dimensi 30x35 .....	221
Gambar 4. 45 Grafik Momen Lentur Nominal terhadap Momen Lentur Ultimate Balok .....	223
Gambar 4. 46 Grafik Persentase Momen Lentur Nominal terhadap Momen Lentur ...	223
Gambar 4. 47 Grafik Gaya Geser Nominal terhadap Gaya Geser Ultimate Balok 30x35 .....	224
Gambar 4. 48 Gaya Geser Nominal terhadap Gaya Geser Ultimate (%), Balok 30 x 35 .....	224
Gambar 4. 49 Grafik Penampang Torsi Transerval Perlu Terhadap Torsi Transerval Terpasang Balok 30 x35 .....	225
Gambar 4. 50 Grafik Persentase Penampang Torsi Transerval Perlu Terhadap Torsi Transerval Terpasang .....	226
Gambar 4. 51 Grafik Penampang Torsi Longitudinal Perlu Terhadap Torsi Longitudinal Terpasang Balok 30 x 35 .....	226
Gambar 4. 52 Grafik Persentase Penampang Torsi Longitudinal Perlu Terhadap Torsi Longitudinal Terpasang Balok 30x35 .....	227
Gambar 4. 53 Detail Penulangan Kolom Dimensi 40x40 .....	227
Gambar 4. 54 Hasil dari Analisa spCollumn pada kolom K.40 X 40 .....	228

Gambar 4. 55 Grafik Perbandingan Gaya Aksial Nominal terhadap Ultimate, Critical Capacity Ratio Kolom 40 x40 .....	242
Gambar 4. 56 Persentase Gaya Aksial Nominal terhadap Ultimate, Critical Capacity Ratio Kolom 40 x40 .....	242
Gambar 4. 57 Grafik Perbandingan Gaya Momen Nominal terhadap Ultimate, Critical Capacity Ratio Kolom 40 x40 .....	243
Gambar 4. 58 Grafik Perbandingan Gaya Momen Nominal terhadap Ultimate, Critical Capacity Ratio Kolom 40 x40 .....	243
Gambar 4. 59 Grafik Perbandingan Gaya Geser Nominal terhadap Ultimate, Kolom 40x40 .....	244
Gambar 4. 60 Grafik Persentase Geser Nominal terhadap Ultimate, Kolom 40 x40...	244
Gambar 4. 61 Detail Penulangan Kolom Dimensi 30 x 30 .....	245
Gambar 4. 62 Hasil dari Analisa spCollumn pada kolom 30 X 30 .....	245
Gambar 4. 63 Grafik Perbandingan Gaya Aksial Nominal terhadap Ultimate, Critical Capacity Ratio Kolom 30 x 30 .....	247
Gambar 4. 64 Grafik Persentase Gaya Aksial Nominal terhadap Ultimate, Critical Capacity Ratio Kolom 30 x 30 .....	247
Gambar 4. 65 Grafik Perbandingan Momen Nominal terhadap Ultimate, Critical Capacity Ratio Kolom 30 x 30 .....	248
Gambar 4. 66 Grafik Persentase Momen Nominal terhadap Ultimate, Critical Capacity Ratio Kolom 30 x 30 .....	248
Gambar 4. 67 Grafik Perbandingan Gaya Geser Nominal terhadap Ultimate, Kolom 30x30 .....	249
Gambar 4. 68 Grafik Persentase Geser Nominal terhadap Ultimate, Kolom 30 x30...	249
Gambar 4. 69 Hasil dari Analisa spCollumn pada kolom K 25 X 25 .....	250
Gambar 4. 70 Grafik Perbandingan Gaya Aksial Nominal terhadap Ultimate, Critical Capacity Ratio Kolom 25 x 25 .....	252
Gambar 4. 71 Grafik Persentase Gaya Aksial Nominal terhadap Ultimate, Critical Capacity Ratio Kolom 25 x 25 .....	252
Gambar 4. 72 Grafik Perbandingan Momen Nominal terhadap Ultimate, Critical Capacity Ratio Kolom 25 x 25 .....	252

Gambar 4. 73 Grafik Persentase Momen Nominal terhadap Ultimate, Critical Capacity Ratio Kolom 25 x 25 .....	253
Gambar 4. 74 Grafik Perbandingan Gaya Geser Nominal terhadap Ultimate, Kolom	253
Gambar 4. 75 Grafik Persentase Geser Nominal terhadap Ultimate, Kolom 25 x 25..	254
Gambar 4. 76 Detail Penulangan Pelat Lantai 12 cm.....	254
Gambar 4. 77 Grafik Perbandingan Momen Lentur Nominal terhadap Momen Lentur Ultimate Pelat 12 cm .....	274
Gambar 4. 78 Grafik Persentase Momen Lentur Nominal terhadap Momen Lentur Ultimate Pelat 12 cm .....	275
Gambar 4. 79 Grafik Perbandingan lendutan maksimum lendutan jangka panjang Pelat 12 cm .....	276
Gambar 4. 80 Persentase Perbandingan Lendutan Maksimum Lendutan Jangka Panjang Pelat 12 Cm .....	276
Gambar 5. 1 Hasil Model Rekomendasi <i>Retrofitting</i> .....	287
Gambar 5. 2 Gaya Aksial Struktur Rekomendasi <i>Retrofitting</i> .....	288
Gambar 5. 3 Gaya Momen Struktur Rekomendasi <i>Retrofitting</i> .....	288
Gambar 5. 4 Gaya Geser Struktur Rekomendasi <i>Retrofitting</i> .....	289
Gambar 5. 5 Cek Kapasitas <i>Retrofitting</i> Struktur Elemen Struktur Beton pada SAP 2000 V.25 .....	290
Gambar 5. 6 Cek Kapasitas <i>Retrofitting</i> Struktur Elemen Struktur Baja pada SAP 2000 V.25 .....	290
Gambar 5. 7 Detail Penulangan Balok Dimensi 35x40.RM .....	292
Gambar 5. 8 Grafik Perbandingan Momen Lentur Nominal terhadap Momen Lentur Ultimate Balok 35x40.RM .....	293
Gambar 5. 9 Grafik Persentase Momen Lentur Nominal terhadap Momen Lentur Ultimate Balok 35x40.RM .....	294
Gambar 5. 10 Grafik Perbandingan Gaya Geser Nominal terhadap Gaya Geser Ultimate Balok 35x45.RM .....	294
Gambar 5. 11 Grafik Persentase Gaya Geser Nominal terhadap Gaya Geser Ultimate Balok 35x45.RM .....	295
Gambar 5. 12 Detail Penulangan Balok Dimensi 30x35.RM.....	296

Gambar 5. 13 Grafik Perbandingan Gaya Geser Nominal terhadap Gaya Geser Ultimate Balok 30x35.RM .....	297
Gambar 5. 14 Grafik Persentase Gaya Geser Nominal terhadap Gaya Geser Ultimate Balok 30x35.RM .....	297
Gambar 5. 15 Grafik Perbandingan Gaya Geser Nominal terhadap Gaya Geser Ultimate Balok 30x35.RM .....	298
Gambar 5. 16 Grafik Perbandingan Gaya Geser Nominal terhadap Gaya Geser Ultimate Balok 30x35.RM .....	298
Gambar 5. 17 Hasil dari Analisa spCollumn pada kolom K 40 X 40.RM .....	299
Gambar 5. 18 Grafik Perbandingan Gaya Aksial Nominal terhadap Ultimate, Critical Capacity Ratio Kolom 40 x 40.RM .....	300
Gambar 5. 19 Grafik Persentase Gaya Aksial Nominal terhadap Ultimate, Critical Capacity Ratio Kolom 40 x 40.RM .....	301
Gambar 5. 20 Grafik Perbandingan Momen Nominal terhadap Ultimate, Critical Capacity Ratio Kolom 40 x 40.RM .....	301
Gambar 5. 21 Grafik Persentase Momen Nominal terhadap Ultimate, Critical Capacity Ratio Kolom 40 x 40.RM .....	302
Gambar 5. 22 Grafik Perbandingan Gaya Geser Nominal terhadap Ultimate, Kolom 303	
Gambar 5. 23 Grafik Persentase Gaya Geser Nominal terhadap Ultimate, .....	303
Gambar 5. 24 Hasil dari Analisa spCollumn pada kolom K 30 X 30.RM .....	303
Gambar 5. 25 Grafik Perbandingan Gaya Aksial Nominal terhadap Ultimate, Critical Capacity Ratio Kolom 30 x 30.RM .....	304
Gambar 5. 26 Grafik Persentase Gaya Aksial Nominal terhadap Ultimate, Critical Capacity Ratio Kolom 30 x 30.RM .....	305
Gambar 5. 27 Grafik Perbandingan Momen Nominal terhadap Ultimate, Critical Capacity Ratio Kolom 30 x 30.RM .....	305
Gambar 5. 28 Grafik Persentase Momen Nominal terhadap Ultimate, Critical Capacity Ratio Kolom 30 x 30.RM .....	306
Gambar 5. 29 Grafik Perbandingan Gaya Geser Nominal terhadap Ultimate, Critical Capacity Ratio Kolom 30 x 30.RM .....	306

Gambar 5. 30 Grafik Persentase Gaya Geser Nominal terhadap Ultimate, Critical Capacity Ratio Kolom 30 x 30.RM.....	307
Gambar 5. 31 Hasil dari Analisa spCollumn pada kolom K 40 X 40.PERKUATAN .	307
Gambar 5. 32 Perbandingan Momen Lentur Nominal terhadap Momen Lentur Ultimate Pelat 12 cm.RM.....	309
Gambar 5. 33 Perbandingan Momen Lentur Nominal terhadap Momen Lentur Ultimate Pelat 12 cm.RM.....	309
Gambar 5. 34 Lendutan Jangka Panjang, $\Delta_{LT}$ terhadap Syarat Lendutan.....	310
Gambar 5. 35 Perbandingan Lendutan Jangka Panjang, $\Delta_{LT}$ terhadap Syarat Lendutan .....	311
Gambar 5. 36 Hasil Running Sambungan Base Plate, Base Plate, BS-1 .....	336
Gambar 5. 37 Hasil Running Sambungan B-K-Br.1 .....	337
Gambar 5. 38 Hasil Running Sambungan Br-Br.1 .....	339
Gambar 5. 39 Hasil Running Sambungan B-K.1, Mayor.....	340
Gambar 5. 40 Hasil Running Sambungan B-K.1, Mayor.....	341
Gambar 6. 1 Hasil Modelling 3D Tekla Strcuture pada Struktur <i>Retrofitting</i> .....	365
Gambar 6. 2 Hasil Modelling 3D <i>Visuealize</i> pada Tekla Strcuture pada Struktur <i>Retrofitting</i> .....	366