

TESIS
ANALISIS NUMERIK VARIASI SPASI BOLA DAN
TEBAL PELAT PADA PELAT BETON STRUKTURAL

MUHAMMAD FACHRULLY AZHAR



REKAYASA STRUKTUR
PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT
BANJARMASIN
2026

TESIS
ANALISIS NUMERIK VARIASI SPASI BOLA DAN
TEBAL PELAT PADA PELAT BETON STRUKTURAL

Karya tulis sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Magister dari Universitas Lambung Mangkurat

Oleh
MUHAMMAD FACHRULLY AZHAR
2220828310029



REKAYASA STRUKTUR
PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT
BANJARMASIN
2026

LEMBAR PENGESAHAN

TESIS PROGRAM STUDI S-2 TEKNIK SIPIL

Analisis Numerik Variasi Spasi Bola Dan Tebal Pelat Pada Pelat Beton Struktural

Oleh

Muhammad Fachrully Azhar (2220828310029)

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji pada 3 Juli 2026 dan dinyatakan
LULUS

Komite Penguji :

Ketua : Dr.Rahmani Kadaningsih,S.T.,M.T.
NIP. 19780430 200604 2 001

Sekretaris : Wiku Adhiwicaksana Krasna S.T.,M.Eng.,Ph .D
NIP. 19860628 201212 1 002

Penguji 1 : Dr.Ir.Ratni Nurwidayati,M.T.,M.Eng.Sc.
NIP. 19690106 199502 2 001

Penguji 2 : Ir.Ida Barkiah,M.T.
NIP. 19691110 199303 2 001

Pembimbing : Dr. Nursiah Chairunnisa, S.T., M.Eng
Utama NIP. 19790723 200501 2 00

Banjarbaru,.....**27 Juli 2026**
Diketahui dan disahkan oleh:

Wakil Dekan Bidang Akademik
Fakultas Teknik ULM,

Dr. Mahmud,S.T., M.T
NIP. 19740107 199802 1 001

Koordinator Program Studi
S-2 Teknik Sipil,

Dr. Nursiah Chairunnisa, S.T., M.Eng
NIP. 19790723 200501 2 00

TESIS

Judul Tesis : **ANALISIS NUMERIK VARIASI SPASI BOLA DAN
TEBAL PELAT PADA PELAT BETON STRUKTURAL**
Nama : **MUHAMMAD FACHRULLY AZHAR**
NIM : **2220828310029**

Disetujui Komisi Pembimbing

Pembimbing Utama,



Dr. Nursiah Chairunnisa, S.T., M.Eng
NIP. 19790723 200501 2 005

Koordinator Program Studi
Magister Teknik Sipil



Dr. Nursiah Chairunnisa, S.T., M.Eng
NIP. 19790723 200501 2 005

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tesis ini merupakan penelitian yang telah saya lakukan. Segala kutipan dari berbagai sumber telah diungkapkan sebagaimana mestinya. Tesis ini belum pernah dipublikasikan untuk keperluan lain oleh siapapun juga.

Jika dikemudian hari ternyata pernyataan saya ini tidak benar, maka saya bersedia menerima hukuman dari ketidakbenaran pernyataan tersebut.

Banjarmasin,
Yang memberi pernyataan,

Muhammad Fachrully Azhar
2220828310029

ABSTRAK

ANALISIS NUMERIK VARIASI SPASI BOLA DAN TEBAL PELAT PADA PELAT BETON KONVENSIONAL

Muhammad Fachrully Azhar
2220828310029

Dr. Nursiah Chairunnisa, S.T., M.Eng

Perkembangan teknologi beton modern menuntut solusi yang tidak hanya kuat, tetapi juga efisien dan ramah lingkungan. Sistem bubbledeck hadir sebagai inovasi yang mampu mengurangi berat sendiri pelat tanpa mengorbankan kapasitas struktural. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi spasi bola (180, 200, 250, 300 mm) dan tebal pelat (200, 250, 300, 400 mm) terhadap perilaku pelat beton struktural.

Metode penelitian menggunakan software ABAQUS CAE dengan data material beton mengacu pada hasil eksperimen. Mode pembebanan menggunakan pembebanan dua titik dengan pembebanan berupa displacement-controlled. Tahap awal dilakukan validasi model numerik terhadap data eksperimen, dilanjutkan dengan pemodelan variasi spasi bola dan tebal pelat.

Hasil analisis menunjukkan bahwa penambahan bola pada pelat solid menurunkan kapasitas beban maksimum yang dapat dipikul hingga sebesar 28% dari pelat solid biasa. Adapun semakin lebar spasi antar bola, semakin mendekati perilaku pelat solid. Tebal pelat terbukti menjadi faktor dominan dalam peningkatan kapasitas beban, dengan nilai ultimit meningkat dari sekitar hingga 138% dan peningkatan kekakuan lentur hingga 50% dari pelat solid, namun dengan konsekuensi penurunan daktilitas sebesar 4% hingga 37% dari pelat solid. Penelitian ini menegaskan bahwa sistem bubbledeck berfungsi sebagai inovasi pengurang berat, namun dengan konsekuensi berupa penurunan kapasitas beban yang dapat dipikul pelat, namun dengan penurunan yang relatif kecil sehingga kinerja struktural tetap terjaga.

Kata Kunci: Pelat Beton, *Bubbledeck*, ABAQUS, Tebal, Spasi

ABSTRACT

NUMERICAL ANALYSIS OF BALL SPACING AND SLAB THICKNESS VARIATIONS IN CONVENTIONAL CONCRETE SLABS

Muhammad Fachrully Azhar
2220828310029

Dr. Nursiah Chairunnisa, S.T., M.Eng

Modern concrete technology requires solutions that balance strength, efficiency, and sustainability. The bubble deck system offers a way to reduce slab self-weight without undermining structural performance. This study investigates the effect of ball spacing (180, 200, 250, 300 mm) and slab thickness (200, 250, 300, 400 mm) on structural concrete slabs. The research methodology using the ABAQUS CAE software, with concrete material properties referenced from experimental data. The loading scheme was applied using a four point bending under displacement-controlled conditions. The initial stage involved validating the numerical model against experimental results, followed by simulations incorporating variations in ball spacing and slab thickness.

The analysis results indicate that the addition of void balls in solid slabs reduces the maximum load capacity by up to 28% compared to conventional solid slabs. Moreover, the wider the spacing between the balls, the closer the behavior approaches that of a solid slab. Slab thickness is proven to be the dominant factor in enhancing load capacity, with the ultimate strength increasing up to 138% and increasing flexural rigidity up to 50% compared to conventional solid slabs, albeit at the expense of ductility from 4% until 37% compared to conventional solid slabs. This study confirms that the bubble deck system serves as an innovative weight-reduction method, though accompanied by a slight decrease in load capacity. Nevertheless, the reduction remains relatively minor, ensuring that the overall structural performance is preserved.

Keywords: Concrete Slab, Bubble deck, ABAQUS, Thickness, Spacing

PRAKATA

Segala puji dan syukur Alhamdulillah kehadiran Allah SWT karena atas rahmat, karunia dan hidayah-Nya, sehingga saya dapat menyelesaikan tesis dengan judul “Analisis Numerik Variasi Spasi Bola Dan Tebal Pelat Pada Pelat Beton Konvensional”. Tesis ini ditulis untuk memenuhi persyaratan selesainya pendidikan Program Magister Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat. Selesainya Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak, untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Ibu Dr. Nursiah Chairunnisa, S.T., M.Eng selaku dosen pembimbing atas bantuan dan bimbingan yang telah diberikan.
2. Bapak Andry Soeharno atas jurnal penelitian yang menjadi acuan dan sumber data dalam penelitian ini.
3. Kedua orang tua saya Alm Masrul Razi dan Noor Hilyati yang telah banyak memberikan doa, semangat, dana, cinta dan ridho kepada saya selama ini.
4. Istri saya Hafizah Aulia yang telah memberikan dukungan, bimbingan dan tenaga dalam menyelesaikan tesis ini.
5. Teman-teman Angkatan 2022 bidang pilihan rekayasa struktur program Studi Magister Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat Banjarmasin.

Penulis berharap tesis ini dapat berguna bagi semua orang dan dapat menjadi sumber informasi dan literatur bagi yang ingin melakukan penelitian sejenis berikutnya.

Banjarmasin,.....

Penulis

DAFTAR ISI

TESIS	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
PRAKATA	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR PERSAMAAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Batasan Masalah	5
1.5 Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1. Teori Pelat	7
2.1.1. Pelat Satu Arah	7
2.1.2. Pelat Dua Arah	8
2.2. Kuat Lentur Pelat	10
2.3. Kuat Geser Pelat	11

2.4.	Lendutan.....	12
2.5.	Kekakuan.....	13
2.6.	Daktilitas	14
2.7.	Retak.....	16
2.8.	Konsep Dasar <i>Bubbledeck</i>	17
2.9.	Konstruksi Pelat Lantai dengan bola <i>bubble</i>	18
2.10.	Pengantar Metode Elemen Hingga / <i>Finite Element Analysis</i> ..	19
2.11.	Pengantar ABAQUS.....	20
2.12.	Konversi Data Tegangan – Regangan Beton ke Model <i>Concrete Damaged Plasticity</i> (CDP).....	23
2.13.	Pendekatan Eksponensial Linier dalam Permodelan <i>Post - Crushing</i> Beton	25
2.14.	Penelitian Soeharno (2009).....	27
2.15.	Penelitian Terdahulu Tentang pelat <i>bubbledeck</i>	28
2.16.	Keuntungan dan Kerugian Penggunaan bola pada pelat beton .	32
BAB III METODE PENELITIAN.....		34
3.1.	Bagan Alir Penelitian	34
3.2.	Pendekatan Penelitian	35
3.3.	Variabel Penelitian.....	36
3.3.1	Variabel Bebas.....	36
3.3.2	Variabel Terikat	38
3.3.3	Variabel Kontrol	38
3.4.	Alat dan Software.....	39
3.5.	<i>Preliminary Design</i> Benda Uji	40
3.5.1	Unit Satuan.....	40
3.5.2	Dimensi Struktur	41
3.5.3	Material Beton.....	46
3.5.4	Tulangan.....	46
3.5.5	Pembebanan	47

3.5.6	<i>Boundary Condition</i>	48
3.6.	Model Numerik Validasi	48
3.6.1	Geometri Model	49
3.6.2	Definisi Material	49
3.6.3	Permodelan Tulangan	51
3.6.4	Interaksi Beton- <i>Bubble</i>	52
3.6.5	<i>Mesh</i> dan Diskretisasi	52
3.6.6	<i>Boundary Condition</i>	52
3.6.7	Prosedur Analisis	53
3.7.	Langkah Validasi Model	53
3.7.1	Data Model	53
3.7.2	<i>Create Part</i>	54
3.7.3	<i>Input Data</i>	56
3.7.4	<i>Assembly</i>	57
3.7.5	<i>Constraint</i>	58
3.7.6	<i>Interaction</i>	59
3.7.7	<i>Boundary Condition</i>	60
3.7.8	<i>Step</i>	61
3.7.9	<i>Mesh</i>	62
3.7.10	Pembebanan	63
3.7.11	<i>Job</i>	63
BAB IV HASIL PENELITIAN		65
4.1.	Penyusunan CDP (<i>Concrete Damaged Plasticity</i>)	65
4.2.	Hasil Model Metode Elemen Hingga (MEH) Struktur Dengan Software ABAQUS	69
4.2.1	Beban dan Lendutan	70

4.2.2	Pola Retak	74
4.2.3	Kekakuan Lentur.....	74
4.3.	Hasil Analisis.....	76
4.3.1.	Beban dan Lendutan.....	76
4.3.2.	Regangan.....	91
4.3.3.	Pola Retak	93
4.2.4	Kekakuan Lentur.....	95
4.2.5	Daktilitas	97
4.2.6	Analisis Variasi Optimum	99
BAB V PENUTUP.....		102
5.1	Kesimpulan.....	102
4.2.	Saran.....	104
DAFTAR RUJUKAN		105
LAMPIRAN A SURAT TUGAS SEMINAR PROPOSAL, SIDANG DRAFT, DAN KEGIATAN ASISTENSI.....		108
LAMPIRAN B HASIL POLA RETAK		109