

**ANALISIS PARAMETRIK TEGANGAN DAN DEFLEKSI PADA
PANEL FASAD KACA LAMINASI BENTANG LEBAR
MENGUNAKAN KONEKTOR *POINT - FIXED***

TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu syarat memperoleh gelar S-1



MGS RIDHO AZHARI

1232924015

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK DAN ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS BAKRIE
JAKARTA**

2026

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Tugas Akhir ini adalah hasil karya saya sendiri, dan
semua sumber baik yang dikutip maupun yang
dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.**

Nama : Mgs Ridho Azhari

NIM :1232924015

Tanda Tangan :



Tanggal : 2 Maret 2026

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh :
Nama : Mgs Ridho Azhari
NIM : 1232924015
Program Studi : Teknik Sipil
Fakulta : Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer
Judul Skripsi : Analisis Parametrik Tegangan dan Defleksi pada Panel
Fasad Kaca Laminasi Bentang Lebar Menggunakan
Konektor Point-Fixed

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bahan persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Bakrie.

DEWAN PENGUJI

Pembimbing 1 : Dr.Ir. Budianto Ontowirjo, M.Sc.

()

Pembimbing 2 : Muhammad Nuzulul Furqan, S.T., M.Sc.

()

Pembahas 1 : Prof. Sofia W. Alisjahbana, M.Sc., Ph.D., IPU., ASEAN Eng. ()

Pembahas 2 : Leonardus Setia Budi Wibowo, S.T., M.T., Ph.D.

()

Ditetapkan di Jakarta

Tanggal 28 Februari 2026

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala rahmat, dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “**Analisis Parametrik Tegangan dan Defleksi pada Panel Fasad Kaca Laminasi Bentang Lebar Menggunakan Konnektor *Point-Fixed***” dengan baik dan sesuai dengan waktu yang telah ditetapkan. Penyusunan Tugas Akhir ini tidak hanya dimaksudkan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Universitas Bakrie, tetapi juga diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah serta menjadi referensi dalam perencanaan dan evaluasi sistem fasad kaca laminasi pada bangunan.

Dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini, penulis memperoleh banyak dukungan, bimbingan, serta bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr.Ir. Budianto Ontowirjo, M.Sc., selaku Dosen Pembimbing I yang senantiasa memberikan arahan, koreksi, serta wawasan akademik yang sangat berharga selama proses penelitian dan penulisan berlangsung.
2. Bapak Muhammad Nuzulul Furqan, S.T., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing II yang telah membimbing sejak awal, dari mulai menyesuaikan topik, judul hingga proses pengerjaan dan selalu meluangkan waktu untuk memberikan masukan, diskusi teknis.
3. Kedua orang tua dan keluarga tercinta yang selalu memberikan doa, dukungan moral, serta motivasi tanpa henti kepada penulis dalam menghadapi setiap tantangan selama penyusunan Tugas Akhir ini.
4. Rekan seperjuangan Alhadi, rekan - rekan Palembang Kost Tawakal serta seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, yang telah memberikan bantuan, semangat, dan kontribusi baik secara langsung maupun tidak langsung.

Penulis menyadari bahwa penyusunan Tugas Akhir ini masih memiliki keterbatasan dan kekurangan, baik dari segi analisis maupun penyajian. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang konstruktif demi perbaikan dan pengembangan penelitian di masa mendatang. Semoga karya ilmiah ini dapat memberikan manfaat bagi penulis secara pribadi serta bagi semua orang yang membutuhkannya

Jakarta, 2 Maret 2026

Penulis

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Sebagai sivitas akademik Universitas Bakrie, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Mgs Ridho Azhari
NIM : 1242914018
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik Sipil dan Ilmu Komputer

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Bakrie **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

Analisis Parametrik Tegangan dan Defleksi pada Panel Fasad Kaca Laminasi Bentang Lebar Menggunakan Konnektor *Point-Fixed* Berserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Bakrie berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/ pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta untuk kepentingan akademis

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Jakarta
Pada tanggal : 2 Maret 2026

Yang Menyatakan



(Mgs Ridho Azhari)

Parametric Analysis of Stress and Deflection in Wide-Span Laminated Glass Facade Panels Using Point-Fixed Connectors

Mgs Ridho Azhari

ABSTRACT

In Modern architecture increasingly employs wide-span point-fixed laminated glass façades, which serve as both aesthetic and structural elements. These systems, supported by point connectors without framing, face challenges like stress concentrations and excessive wind-induced deflection. This study conducts a parametric analysis of glass thickness, panel dimensions, and glass fin additions on stress and deflection in large-span panels.

Numerical simulations, based on Kirchhoff–Love thin plate theory and ASCE 7-22 wind loads, were performed in Python (PyCharm) for configurations including 5+1.52+5 mm to 12+2.28+12 mm thicknesses, with and without fins. Key outputs were maximum deflection and bending stress under effective wind pressure.

Results show that thicker glass markedly reduces deflection and stress, while fins enhance stiffness, minimize deflection, and optimize stress distribution near connectors across all configurations. This work provides optimal design guidelines for point-fixed glass façades meeting international strength and serviceability standards.

Keywords: laminated glass, point-fixed system, glass fins, wind load, deflection, bending stress, numerical analysis.

**Analisis Parametrik Tegangan dan Defleksi pada Panel Fasad Kaca Laminasi
Bentang Lebar Menggunakan Konektor Point-Fixed**

Mgs Ridho Azhari

ABSTRAK

Dalam Arsitektur modern semakin banyak menggunakan fasad kaca laminated rentang lebar berpenahanan titik, yang berfungsi sebagai elemen estetika sekaligus struktural. Sistem ini, yang ditopang konektor titik tanpa rangka konvensional, menghadapi tantangan seperti konsentrasi tegangan dan perambatan berlebih akibat beban angin. Penelitian ini melakukan analisis parametrik terhadap variasi ketebalan kaca, dimensi panel, dan penambahan sirip kaca pada distribusi tegangan dan perilaku perambatan panel rentang besar.

Simulasi numerik berdasarkan teori pelat tipis Kirchhoff–Love dan beban angin ASCE 7-22 dilakukan menggunakan Python (PyCharm) untuk konfigurasi ketebalan 5+1.52+5 mm hingga 12+2.28+12 mm, dengan dan tanpa sirip kaca. Parameter utama yang dievaluasi adalah perambatan maksimum dan tegangan lentur di bawah tekanan angin efektif.

Hasil menunjukkan bahwa peningkatan ketebalan kaca secara signifikan mengurangi perambatan dan tegangan, sementara sirip kaca meningkatkan kekakuan, meminimalkan perambatan, dan mengoptimalkan distribusi tegangan di sekitar konektor pada semua konfigurasi. Penelitian ini memberikan pedoman desain optimal untuk fasad kaca point-fixed yang memenuhi standar kekuatan dan pelayanan internasional.

Kata kunci: laminated glass, point-fixed system, glass fins, beban angin, defleksi, tegangan lentur, analisis numerik.

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
KATA PENGANTAR	iii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
<i>ABSTRAK</i>	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.4.1 Manfaat Untuk Mahasiswa.....	3
1.4.2 Manfaat untuk Peneliti	3
1.5 Batasan Masalah.....	3
1.6 Metode Penelitian	4
1.7 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Kaca.....	6
2.2 <i>Glass Façade</i>	7
2.3 Laminated Glass	9
2.4 <i>Interlayer</i>	11
2.4.1 Polyvinyl Butyral (PVB)	11
2.4.2 SentryGlass Plus (SGP).....	12
2.5 Point – Fixed.....	13
2.6 <i>Glass Fins</i>	14
2.7 Persamaan Beban Angin (<i>Velocity Pressure</i>)	16
2.7.1 Tekanan Angin Efektif pada Ketinggian Tertentu (<i>qz</i>)	17
2.7.2 Koefisien Profil Kecepatan Angin (<i>Kz</i>)	18
2.8 Persamaan Analisis Pelat Tipis (Model Pelat – Kirchhoff–Love plate theory)...	20

2.8.1	Rigiditas Lentur	21
2.8.2	Persamaan Governing Defleksi	21
2.9	Persamaan Tegangan Lentur (<i>Bending Stress</i>)	22
2.10	<i>Python</i> dengan <i>PyCharm</i> Sebagai Aplikasi Analisis Numerik.....	22
2.11	<i>Research Gap</i>	23
BAB III METODE PENELITIAN		28
3.1	Pendahuluan	28
3.2	Kerangka Penelitian.....	29
3.3	Geometri Kaca.....	30
3.4	<i>Glass Fins</i>	30
3.5	Persamaan Beban Angin.....	31
3.6	Persamaan Koefisien Profil Kecepatan (Kz).....	32
3.7	Persamaan Analisis Pelat Tipis (Model Pelat – <i>Kirchhoff–Love Plate Theory</i>) ..	32
3.7.1	Rigiditas Lentur	33
3.7.2	Persamaan Governing Defleksi	33
3.8	Persamaan Tegangan Lentur.....	34
BAB IV ANALISIS.....		35
4.1	Parameter Geometri dan Variasi Ukuran Kaca.....	35
4.2	Kecepatan Angin Rencana.....	36
4.3	Pemodelan Defleksi Maksimum.....	37
4.3.1	Defleksi Maksimum Kaca dengan Penambahan <i>Glass Fins</i>	42
4.3.2	Grafik Defleksi Tanpa <i>Glass Fins</i>	46
4.3.3	Grafik Defleksi dengan Penambahan <i>Glass Fins</i>	46
4.4	Tegangan Maksimum	47
4.4.1	Tegangan Maksimum Kaca Tanpa <i>Glass Fins</i>	47
4.4.2	Tegangan Maksimum Kaca dengan Penambahan <i>Glass Fins</i>	51
4.4.3	Grafik Tegangan Maksimum Tanpa Menggunakan <i>Glass Fins</i>	55
4.4.4	Grafik Tegangan Maksimum dengan Penambahan <i>Glass Fins</i>	56
4.5	Perbandingan Penggunaan <i>Glass Fins</i> dan Tanpa <i>Glass Fins</i>	56
4.5.1	Perbandingan Nilai Defleksi.....	56
4.5.2	Stress.....	58
4.6	Rekapitulasi Defleksi dan Tegangan Maksimum	60
BAB V PENUTUP		62

5.1	Kesimpulan.....	62
5.2	Saran	62
DAFTAR PUSTAKA		64

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Tabel Research Gap	23
Tabel 3. 1 Standar Ketebalan <i>Tempered Laminated Glass</i> (SNI 15-2609-2006)	30
Tabel 3. 2 Variasi Geometri Kaca <i>Laminated</i> (Maruni, 2025)	30
Tabel 3. 3 Standar Ukuran <i>Glass Fins</i>	31
Tabel 3. 4 Koefisien Tegangan Angin Efektif	32
Tabel 4. 1 Variasi Ukuran Kaca	35
Tabel 4. 2 Material Properties.....	36
Tabel 4. 3 Sistem Klasifikasi untuk kecepatan angin rencana.....	37
Tabel 4. 4 Tabel Desain Kecepatan Angin (PERAFI,2025)	37
Tabel 4. 5 Defleksi Maksimum tanpa glass fins	46
Tabel 4. 6 Defleksi maksimum dengan glass fins	46
Tabel 4. 7 Tegangan maksimum tanpa glass fins	55
Tabel 4. 8 Tegangan maksimum dengan glass fins.....	56
Tabel 4. 9 Perbandingan Nilai Defleksi Maksimum.....	56
Tabel 4. 10 Perbandingan nilai tegangan maksimum	58
Tabel 4. 11 Rekapitulasi Defleksi dan Tegangan Maksimum	61

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Ilustrasi pecahan <i>annilated glass</i> , <i>tempered glass</i> dan <i>laminated glass</i> berurutan dari kiri ke kanan (Josey, 1997)	7
Gambar 2. 2 (a) Tampak Luar <i>Glass Facade</i> , (b) Tampak Dalam <i>Glass Facade</i>	9
Gambar 2. 3 <i>Laminated Glass</i> (PERAFI, 2025).....	9
Gambar 2. 4 <i>Interlayer</i> (Sekisui, 2024).....	12
Gambar 2. 5 <i>Point – Fixed glass System</i>	13
Gambar 2. 6 <i>Spider and Clamp Fixing</i> (KINLONG, 2022).....	14
Gambar 2. 7 <i>Fin Glass Curtain Wall System</i> (KINLONG, 2022).....	15
Gambar 4. 1 Ukuran Panel Kaca	35
Gambar 4. 2 Peta Klasifikasi Kecepatan Angin Rencana (HB 212-2002)	36
Gambar 4. 3 Pemodelan 2D Defleksi Maksimum untuk Kaca 5mm+1,52mm+5mm tanpa glass fins	38
Gambar 4. 4 Pemodelan 3D Defleksi Maksimum untuk Kaca 5mm+1,52mm+5mm tanpa glass fins	38
Gambar 4. 5 Pemodelan 2D Defleksi Maksimum untuk Kaca 6mm+1,52mm+6mm tanpa glass fins	39
Gambar 4. 6 Pemodelan 3D Defleksi Maksimum untuk Kaca 6mm+1,52mm+6mm tanpa glass fins	39
Gambar 4. 7 Pemodelan 2D Defleksi Maksimum untuk Kaca 10mm+1,52mm+10mm tanpa glass fins	40
Gambar 4. 8 Pemodelan 3D Defleksi Maksimum untuk Kaca 10mm+1,52mm+10mm tanpa glass fins	40
Gambar 4. 9 Pemodelan 2D Defleksi Maksimum untuk Kaca 12mm+2,28mm+12mm tanpa glass fins	41
Gambar 4. 10 Pemodelan 3D Defleksi Maksimum untuk Kaca 12mm+2,28mm+12mm tanpa glass fins	41
Gambar 4. 11 Pemodelan 2D Defleksi Maksimum untuk Kaca 5mm+1,52mm+5mm dengan glass fins.....	42
Gambar 4. 13 Pemodelan 3D Defleksi Maksimum untuk Kaca 5mm+1,52mm+5mm dengan glass fins.....	43

Gambar 4. 12 Pemodelan 2D Defleksi Maksimum untuk Kaca 6mm+1,52mm+6mm dengan glass fins.....	43
Gambar 4. 14 Pemodelan 3D Defleksi Maksimum untuk Kaca 6mm+1,52mm+6mm dengan glass fins.....	43
Gambar 4. 15 Pemodelan 2D Defleksi Maksimum untuk Kaca 10mm+1,52mm+10mm dengan glass fins.....	44
Gambar 4. 16 Pemodelan 3D Defleksi Maksimum untuk Kaca 10mm+1,52mm+10mm dengan glass fins.....	44
Gambar 4. 17 Pemodelan 2D Defleksi Maksimum untuk Kaca 12mm+2,28mm+12mm dengan glass fins.....	45
Gambar 4. 18 Pemodelan 3D Defleksi Maksimum untuk Kaca 12mm+2,28mm+12mm dengan glass fins.....	45
Gambar 4. 19 Grafik defleksi maksimum Kaca tanpa Glass Fins.....	46
Gambar 4. 20 Grafik defleksi maksimum Kaca dengan Glass Fins.....	47
Gambar 4. 21 Pemodelan 2D Tegangan Maksimum untuk Kaca 5mm+1,52mm+5mm tanpa glass fins	47
Gambar 4. 22 Pemodelan 2D Tegangan Maksimum untuk Kaca 5mm+1,52mm+5mm tanpa glass fins	48
Gambar 4. 23 Pemodelan 2D Tegangan Maksimum untuk Kaca 6mm+1,52mm+6mm tanpa glass fins	48
Gambar 4. 24 Pemodelan 3D Tegangan Maksimum untuk Kaca 6mm+1,52mm+6mm tanpa glass fins	49
Gambar 4. 25 Pemodelan 2D Tegangan Maksimum untuk Kaca 10mm+1,52mm+10mm tanpa glass fins	49
Gambar 4. 26 Pemodelan 3D Tegangan Maksimum untuk Kaca 10mm+1,52mm+10mm tanpa glass fins	50
Gambar 4. 27 Pemodelan 2D Tegangan Maksimum untuk Kaca 12mm+2,28mm+12mm tanpa glass fins	50
Gambar 4. 28 Pemodelan 3D Tegangan Maksimum untuk Kaca 12mm+2,28mm+12mm tanpa glass fins	51
Gambar 4. 29 Pemodelan 2D Tegangan Maksimum untuk Kaca 5mm+1,52mm+5mm dengan glass fins.....	51

Gambar 4. 30 Pemodelan 3D Tegangan Maksimum untuk Kaca 5mm+1,52mm+5mm dengan glass fins.....	52
Gambar 4. 31 Pemodelan 2D Tegangan Maksimum untuk Kaca 6mm+1,52mm+6mm dengan glass fins.....	52
Gambar 4. 32 Pemodelan 3D Tegangan Maksimum untuk Kaca 6mm+1,52mm+6mm dengan glass fins.....	53
Gambar 4. 33 Pemodelan 2D Tegangan Maksimum untuk Kaca 10mm+1,52mm+10mm dengan glass fins.....	53
Gambar 4. 34 Pemodelan 3D Tegangan Maksimum untuk Kaca 10mm+1,52mm+10mm dengan glass fins.....	54
Gambar 4. 35 Pemodelan 2D Tegangan Maksimum untuk Kaca 12mm+2,28mm+12mm dengan glass fins.....	54
Gambar 4. 36 Pemodelan 3D Tegangan Maksimum untuk Kaca 12mm+2,28mm+12mm dengan glass fins.....	55
Gambar 4. 37 Grafik tegangan (stress) maksimum tanpa glass fins	55
Gambar 4. 38 Grafik tegangan (stress) maksimum dengan glass fins.....	56
Gambar 4. 39 Grafik Perbandingan nilai defleksi maksimum	57
Gambar 4. 40 Grafik perbandingan nilai tegangan maksimum.....	58
Gambar 4. 41 Perbandingan Defleksi Maksimum	59
Gambar 4. 42 Perbandingan Tegangan Maksimum.....	60