

No.58/SKRIPSI/S.Tr-TKG/2026

SKRIPSI

**EVALUASI KINERJA SAMBUNGAN PENAHAN
CURTAIN WALL PADA FASAD BANGUNAN
MENGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA**



**Disusun untuk melengkapi salah satu syarat kelulusan Program D-IV
Politeknik Negeri Jakarta**

Disusun Oleh:

Ihan Hardiono

NIM 2201421062

Pembimbing:

Dr. Anis Rosyidah, S.Pd., S.S.T., M.T.

NIP 197303181998022004

**PROGRAM STUDI D-IV TEKNIK KONSTRUKSI GEDUNG
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA**

2026



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PERSETUJUAN

Skripsi berjudul :

EVALUASI KINERJA SAMBUNGAN PENAHAN *CURTAIN WALL* PADA BANGUNAN MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA yang disusun oleh **Ihan Hardiono (NIM 2201421062)** telah disetujui dosen pembimbing untuk dipertahankan dalam **Sidang Skripsi Tahap 2**

Pembimbing 1

Dr. Anis Rosyidah, S.Pd., S.S.T., M.T.

NIP. 19730318199802204



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi berjudul :

EVALUASI KINERJA SAMBUNGAN PENAHAN *CURTAIN WALL* PADA BANGUNAN MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA yang disusun oleh **Ihan Hardiono (NIM 2201421062)** telah disetujui oleh dosen pembimbing untuk dipertahankan dalam **Sidang Skripsi Tahap 2** di depan Tim Penguji pada hari Rabu tanggal 1 Juli 2026

	Nama Tim Penguji	Tanda Tangan
Ketua	Andi Indianto, Drs., S.T., M.T. NIP 196109281987031002	
Anggota	Dr. Tri Widya Swastika, S.T., M.T. NIP 198604292014042001	
Anggota	Amalia, M.T., S.ST., S.Pd. NIP 197401311998022001	

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Sipil

Politeknik Negeri Jakarta



Istiatun, S.T., M.T.

NIP. 196605181990102001



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Ihan Hardiono

NIM : 2201421062

Prodi : D4 Teknik Konstruksi Gedung

Email : ihan.hardiono.ts22@mhsw.pnj.ac.id

Judul :EVALUASI KINERJA SAMBUNGAN PENAHAN *CURTAIN WALL* PADA BANGUNAN MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA

Dengan ini, saya menyatakan bahwa tulisan yang saya sertakan dalam Skripsi Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta Tahun Akademik 2025/2026 adalah benar-benar hasil karya saya sendiri, bukan jiplakan karya orang lain dan belum pernah diikutsertakan dalam segala bentuk kegiatan akademis. Apabila dikemudian hari ternyata tulisan/naskah saya tidak sesuai dengan pernyataan ini, maka secara otomatis tulisan/naskah saya dianggap gugur dan bersedia menerima sanksi yang ada. Demikian pernyataan ini dibuat dengan sebenarnya

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

New Taipei, 10 Juni 2026

Ihan hardiono



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Evaluasi Kinerja Sambungan Penahan *Curtain Wall* pada Bangunan Menggunakan Metode Elemen Hingga” dengan baik dan tepat waktu. Penyusunan skripsi ini bukanlah hal yang mudah. Berbagai hambatan dan tantangan penulis hadapi selama proses penulisan. Namun, berkat bantuan, bimbingan, dukungan, serta doa dari berbagai pihak, skripsi ini akhirnya dapat diselesaikan. Penulis ingin mengucapkan terima kasih dalam penyusunan skripsi ini yang sedalam-dalamnya kepada:

1. Orang tua penulis yang selama ini mendukung penuh penulis baik secara materi dan moral, serta memberikan semangat kepada penulis selama penulisan skripsi sehingga selesai dengan baik dan tepat waktu .
2. Ibu Dr. Anis Rosyidah, S.Pd., S.S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang senantiasa selalu sabar dalam membantu dan membimbing penulis dari awal hingga terselesaikannya skripsi ini.
3. Ibu Istiatun, M.T., S.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil.
4. Bapak Mudiono Kasmuri, S.T., M.Eng., Ph.D. selaku Kepala Program Studi Teknik Konstruksi Gedung, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Jakarta.
5. Allenta Raffles Napitupulu, Jaka Elsa Prasetya, dan Muhammad Fathi Kiram teman kamar asrama yang selalu memberikan saran dan menghibur penulis selama berada di Taiwan pada saat menempuh program *double degree*
6. Seluruh teman-teman kelas TKG 3 Angkatan 2022 yang selalu mengingatkan dan memberikan motivasi untuk menyelesaikan skripsi ini.
7. Seluruh teman-teman kelas L&K 3+1 yang selalu pembuat penulis bermotivasi untuk dapat menyelesaikan skripsi ini.
8. Dosen-dosen *St. John's University* yang telah membantu memberikan saran kepada penulis dalam penulisan skripsi ini.
9. Semua pihak yang telah membantu hingga tersusunnya skripsi ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki keterbatasan dan kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca dan menjadi kontribusi bagi pengembangan ilmu pengetahuan di bidang teknik sipil.

New Taipei, 10 Juni 2026

Ihan hardiono





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vii
<i>ABSTRACT</i>	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	3
1.4 Pembatasan Masalah	3
1.5 Sistematika Penulisan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Kajian Terdahulu.....	5
2.1 Sistem Dinding Tirai (<i>Curtain Wall System</i>)	7
2.2 Pembebanan Statis pada Fasad.....	8
2.2.1 Beban Mati (<i>Dead Load</i>)	8
2.2.2 Beban Angin (<i>Wind Load</i>)	8
2.2.3 Beban Termal (<i>Thermal Load</i>).....	9
2.3 Kriteria Kelelahan <i>Von Mises</i> (<i>Von Mises Yield Criterion</i>).....	10
2.3.1 Kriteria Evaluasi Kelayakan Baja	11
2.4 Perilaku Mekanis Material Baja.....	11
2.5 Analisis Metode Elemen Hingga	12
2.6 Pola Kegagalan pada Struktur Baja.....	12
BAB III METODE KAJIAN	15
3.1 Gambaran Umum	15



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

3.2 Objek Kajian	16
3.3 Variabel Kajian	17
3.4 Peraturan yang digunakan	17
3.5 Tahapan Kajian	18
3.5.1 Studi Literatur	20
3.5.2 Pengumpulan Data	20
3.5.3 Pemodelan Global dengan SAP2000	21
3.5.4 Evaluasi keamanan struktur	21
3.5.5 Pemodelan Mikro dengan <i>Software</i> ABAQUS.....	21
3.5.6 Hasil Output dari <i>Software</i> ABAQUS	22
3.5.7 Kesimpulan	22
3.6 Studi Konvergensi <i>Mesh</i>	22
3.6.1 Variasi Ukuran <i>Mesh</i> yang Digunakan	22
3.6.2 Pengaruh Ukuran <i>Mesh</i> Terhadap Tegangan <i>Von Mises</i> Maks	24
3.6.3 Pemilihan Ukuran <i>Mesh</i> Optimal.....	26
3.7 Validasi Pemodelan Elemen Hingga.....	27
3.7.1 Pemodelan Uji Tarik	27
3.7.2 Tahapan Pemodelan Spesimen.....	27
3.7.3 Perbandingan Kurva <i>Stress Strain</i> Hasil Eksperimen Uji Tarik di Laboratorium Dengan Hasil Analitis <i>Software</i> Abaqus.....	32
3.8 Luaran	35
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	36
4.1 <i>Preliminary Design</i>	36
4.1.1 Data Umum Material.....	37
4.1.2 Pembebanan	37
4.2 Analisis Distribusi Gaya Dalam pada Struktur Rangka Penahan <i>Curtain Wall</i>	37
4.2.1 Kontrol Lendutan pada Struktur Rangka Penahan <i>Curtain Wall</i>	40



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

4.3 Analisis Distribusi Tegangan pada Struktur Rangka Penahan <i>Curtain Wall</i> .	40
4.3.1 Distribusi Tegangan <i>Von Mises</i> pada Sambungan	41
4.3.2 Distribusi Tegangan Aksial (S11) dan Tegangan Geser (S12)	42
4.4 Identifikasi Pola Kegagalan pada Sambungan	43
4.4.1 Identifikasi Regangan Plastis Ekuivalen (PEEQ) pada Sambungan dengan Beban Normal	44
4.4.2 Identifikasi Regangan Plastis Ekuivalen (PEEQ) dengan Pertambahan Beban.....	45
BAB V PENUTUP.....	48
5.1 Kesimpulan	48
5.2 Saran.....	49
DAFTAR PUSTAKA	50
LAMPIRAN.....	54



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Grafik Kerentanan untuk Dinding Tirai Komersial	5
Gambar 2.2 Pergerakan Fasad pada (a) tradisional (b) metode inovatif.....	6
Gambar 2.3 Contoh Sistem Dinding Tirai (a) Anatomi Bagian Dinding Tirai (b).	7
Gambar 2.4 Kurva Tegangan-Regangan Material Baja.....	11
Gambar 2.5 Kegagalan Tumpuan dan Sobek (Bearing and Tear-out Failure)	13
Gambar 2. 6 Diagram Kegagalan Geser dan Tarik Baut (Bolt Shear and Tension) ..	13
Gambar 2.7 Pola Kegagalan Elemen Tarik (a) Penampang Bruto (b) Keruntuhan Penampang Bersih (c) Kegagalan Geser.....	14
Gambar 2.8 Diagram Kegagalan Geser Blok (Block Shear Rupture)	14
Gambar 3.1 Tampak Depan Desain Rangka Baja Penahan Sistem Dinding Tirai	16
Gambar 3.2 Desain Rangka Baja Penahan Sistem Dinding Tirai pada Pemodelan Global 3D Isometri.....	16
Gambar 3.3 Detail Pemodelan Sambungan Sturktur Penahan <i>Curtain Wall</i> pada Pemodelan Mikro.....	17
Gambar 3.4 Diagram Alir Tahapan Kajian	20
Gambar 3.5 Pemodelan Coarse (30 mm)	23
Gambar 3.6 Pemodelan <i>Normal</i> (15 mm).....	23
Gambar 3.7 Pemodelan <i>Fine</i> (10 mm) i.....	24
Gambar 3.8 Pemodelan <i>Very Fine</i> (5 mm)	24
Gambar 3.9 Grafik Studi Konvergensi <i>Mesh</i> (Tegangan Maks).....	25
Gambar 3.10 Kontur Warna <i>Von Mises</i> a).Coarse, b).Normal, c).Fine, d.)Very Fine	26
Gambar 3.11 Model Validasi Data Spesimen.....	28
Gambar 3.12 Model Geometri Spesimen.....	28
Gambar 3.13 <i>Density</i> Material	29
Gambar 3.14 <i>Elastic</i> Material	29
Gambar 3.15 <i>Plastic</i> Material	30
Gambar 3.16 Pemilihan <i>Constraint</i>	31
Gambar 3.17 <i>Boundary Condition Displacement</i>	31
Gambar 3.18 <i>Meshing</i> dengan Ukuran 1mm pada Geometri.....	32



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Gambar 3.19 Perbandingan Grafik <i>Stress Strain</i> Hasil Eksperimental Uji Tarik di Laboratorium dan Hasil Analisis Abaqus dengan Metode 0,2% <i>Offset Yield Strength</i>	33
Gambar 3.20 Perbandingan Grafik <i>Force Displacement</i> Hasil Eksperimental Uji Tarik di Laboratorium dan Hasil Analisis Abaqus dengan Metode 0,2% <i>Offset Yield Strength</i>	34
Gambar 4.1 Komponen Struktur Penahan <i>Curtain Wall</i> Beserta Nama dan Dimensinya	36
Gambar 4.2 Rasio <i>Demand-to-Capacity</i> Kombinasi Pembebanan pada Rangka Struktur Penahan <i>Curtain Wall</i> 1.0 Angin Hisap + 1.2 Dead Load + 1.2 Kaca + 1.2 Suhu	39
Gambar 4.3 Distribusi Tegangan <i>Von Mises</i> Keseluruhan Model	41
Gambar 4.4 Detail Tegangan <i>Von Mises</i> pada Titik Konsentrasi Tertinggi	41
Gambar 4.5 Distribusi Tegangan Aksial S11	42
Gambar 4.6 Distribusi Tegangan Geser S12 di Area Sambungan	43
Gambar 4.7 Kontur PEEQ Keseluruhan Model Rangka Penahan <i>Curtain Wall</i>	44
Gambar 4.8 Detail titik PEEQ Maksimum	44
Gambar 4.9 Fase <i>Initiation</i> Faktor Skala Beban Menjadi 1.03 dari Beban Awal.....	45
Gambar 4.10 Fase <i>Propagation</i> Faktor Skala Beban Menjadi 1.3 dari Beban Awal Area Plastis Mulai Menyebar	46
Gambar 4.11 Fase <i>Failure</i> dengan Skala 1.32 dari Beban Awal Sambungan Mengalami Kegagalan	46



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Variasi <i>Mesh</i>	23
Tabel 3. 2 Variasi, Tegangan <i>Von Mises</i> Maks, dan Waktu Komputasi.....	24
Tabel 3. 3 Perubahan Relatif antar <i>seed</i>	25
Tabel 3.4 Matriks Pemilihan Ukuran Mesh Optimal	26
Tabel 3. 5 Data Umum Geometri Spesimen	27
Tabel 3.6 Rekapitulasi Perbandingan Hasil Antara Uji Tarik dan Abaqus.....	34
Tabel 4.1 Preliminary Design Elemen Struktur Baja	36
Tabel 4.2 Data Umum Properti Material.....	37
Tabel 4.3 Gaya Dalam Kombinasi Pembebanan 1.4 Dead Load + 1.4 Kaca	38
Tabel 4.4 Gaya Dalam Kombinasi Pembebanan 1.0 Angin Tekan + 0.9 Dead Load + 0.9 Kaca.....	38
Tabel 4.5 Gaya Dalam Kombinasi Pembebanan 1.0 Angin Hisap + 0.9 Dead Load + 0.9 Kaca.....	38
Tabel 4.6 Gaya Dalam Kombinasi Pembebanan 1.0 Angin Tekan + 1.2 Dead Load + 1.2 Kaca + 1.2 Suhu	38
Tabel 4.7 Gaya Dalam Kombinasi Pembebanan 1.0 Angin Hisap + 1.2 Dead Load + 1.2 Kaca + 1.2 Suhu	39
Tabel 4.8 Kontrol <i>Mullion</i> dan <i>Transom</i> Terhadap Batas Izin Lendutan Maksimal .	40
Tabel 4.9 Tegangan <i>Von Mises</i> di Titik-Titik Sambungan Terhadap Kuat Leleh Material	42



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Preliminary Design	55
Lampiran 2 Pembebanan.....	69
Lampiran 3 Data Hasil Uji Tulangan Tarik	73
Lampiran 4 Formulir SI-1 PERNYATAAN CALON PEMBIMBING.....	93
Lampiran 5 Formulir SI-2 LEMBAR PENGESAHAN.....	95
Lampiran 6 Formulir SI-3 LEMBAR ASISTENSI DOSEN PEMBIMBING	97
Lampiran 7 Formulir SI-3 LEMBAR ASISTENSI DOSEN PENGUJI.....	99
Lampiran 8 Formulir SI-4 PERSETUJUAN PEMBIMBING	103
Lampiran 9 Formulir SI-5 PERSETUJUAN PENGUJI	106





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sebuah Bangunan tidak hanya berfungsi sebagai struktur fisik tempat manusia tinggal, tetapi juga berperan sebagai sebuah *landmark* yang merepresentasikan kemajuan teknologi suatu kota (Sulthon et al., 2026). pencahayaan alami memberikan pemandangan dari dalam bangunan memberikan kesan estetika visual yang megah dan pemandangan lingkungan alam luar (Jamala et al., 2023). Fasad tidak boleh hanya indah secara visual, tetapi juga harus memiliki ketahanan untuk menahan kombinasi beban seperti beban dirinya sendiri, beban mati tambahan, beban angin dan perubahan panjang akibat perbedaan suhu tanpa berisiko membahayakan banyak pengguna di dalamnya.

Seiring dengan kemajuan teknologi yang pesat, ekspektasi terhadap daya tarik visual bangunan semakin meningkat. Hal ini telah mendorong pengembangan komponen arsitektur, khususnya sistem fasad dinding tirai (*curtain wall*), menjadi sistem yang sangat kompleks (Fernando et al., 2023). Saat ini, fasad dianggap lebih dari sekadar penutup arsitektur, fasad kini menjadi elemen yang memerlukan analisis struktural yang menyeluruh seperti halnya struktur utama bangunan. Kompleksitas dalam desain menuntut rekayasa fasad yang ekstensif untuk menjamin keamanannya terhadap beban beban yang ditanggung (Bianchi et al., 2024).

Namun, realitanya menurut pernyataan (B. Chen et al., 2023) pada fasad yang luas (*large-scale curtain walls*), tekanan angin yang intens telah terbukti menjadi salah satu faktor utama penyebab deformasi dan kerusakan struktural yang signifikan. Hal ini juga selaras dengan pernyataan (Arifin et al., 2020) ketika terjadi bencana, sistem *curtain wall* sering kali menjadi elemen non-struktural yang paling rentan mengalami kegagalan. Dalam kondisi ekstrem, bagian sambungan terbukti menjadi bagian yang paling krusial dibandingkan dengan panel kaca itu sendiri. Studi membuktikan bahwa kegagalan sambungan terjadi lebih dahulu sebelum kegagalan panel kaca, yang mengindikasikan bahwa sambungan antara kaca dan rangka adalah titik yang paling rentan.

Kerapuhan elemen selubung bangunan (*building envelope*) menjadi salah satu masalah krusial dalam rekayasa struktur modern, diakibatkan perubahan cuaca yang



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

tidak menentu. Salah satu bukti nyata yang terjadi yaitu peristiwa Topan Super Mangkhut di Asia Timur yang menyebabkan kerusakan signifikan pada struktur arsitektur perkotaan. Risiko yang terjadi tidak hanya risiko keselamatan, tetapi juga kerugian finansial apabila kerusakan elemen selubung bangunan terjadi (H. Wang et al., 2025).

Meskipun, kerentanan pada baja pada fasad telah banyak diketahui, metode perancangan konvensional umumnya hanya sebatas menggunakan analisis elemen garis yang terpaku pengecekan rasio tegangan, tidak bisa memperlihatkan mekanisme kegagalan secara detail (D'Amore et al., 2023). Saat ini, literatur yang berfokus pada pemodelan perilaku non-linear sambungan las dan baut pada fasad berskala besar masih terbatas, terutama ketika terjadi akibat kombinasi beban angin dan beban termal (B. Chen et al., 2023). Analisis komprehensif yang menggunakan metode elemen hingga 3D sangat penting, karena memvisualisasikan distribusi tegangan mikroskopis dan mengidentifikasi pola kegagalan (*failure mechanism*) pada titik-titik sambungan, sehingga memastikan keamanan desain optimal (Lei et al., 2025; Yuan et al., 2019).

Kajian ini mengimplementasikan pendekatan metode elemen hingga multi-skala. Pendekatan ini mengintegrasikan pemodelan global untuk mendapatkan gaya dalam pada keseluruhan sistem kerangka (Koçer, 2025), yang kemudian diaplikasikan sebagai *boundary condition* pada analisis mikro secara mendetail di area persambungan (Y. Chen et al., 2022). Pendekatan pemodelan ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja struktural dan mekanisme kegagalan pada sambungan penahan curtain wall ketika struktur rangka penahan *curtai wall* menerima kombinasi beban statis yang mencakup beban mati, beban angin, dan beban termal.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, maka rumusan masalah yang akan dibahas pada kajian ini sebagai berikut:

1. Bagaimana distribusi gaya dalam dan lendutan pada struktur rangka baja penahan fasad *curtain wall* akibat kombinasi pembebanan statis, meliputi tekanan angin, beban mati kaca, dan perubahan suhu ?
2. Bagaimana distribusi tegangan pada komponen sambungan baja saat menerima kombinasi gaya ?



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

3. Bagaimana pola kegagalan (*failure mechanism*) yang terjadi pada elemen sambungan ?

1.3 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah, adapun tujuan dalam kajian ini sebagai berikut :

1. Menganalisis distribusi gaya dalam dan lendutan pada struktur rangka baja penahan fasad *curtain wall* akibat kombinasi pembebanan statis, meliputi tekanan angin, beban mati kaca, dan perubahan suhu.
2. Menganalisis distribusi tegangan pada komponen sambungan baja saat menerima kombinasi gaya.
3. Mengidentifikasi pola kegagalan yang terjadi pada elemen sambungan.

1.4 Pembatasan Masalah

Dari perumusan masalah di atas, batasan yang terdapat dalam kajian ini sebagai berikut :

1. Kajian difokuskan pada pemodelan detail sambungan (*connection detail*) rangka *curtain wall*
2. Objek yang diteliti adalah sambungan fasad pada Bangunan
3. Beban yang dianalisis dibatasi pada kombinasi pembebanan statis yaitu Beban Mati (termasuk berat sendiri baja dan *Superimposed Dead Load* dari panel kaca ganda), Beban Angin (tekan dan hisap), serta Beban Termal
4. Pemodelan kerangka penahan *curtain wall* secara global untuk mendapatkan nilai gaya dalam maksimum dilakukan menggunakan SAP 2000
5. Analisis dilakukan menggunakan metode elemen hingga dengan bantuan software Abaqus
6. Jenis material yang digunakan adalah baja struktur

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan kajian ini disusun mengikuti pedoman skripsi. Adapun sistematika yang dipakai terdiri dari 5 (lima) bab, yaitu:

- BAB I PENDAHULUAN
Bab ini menjelaskan latar belakang kajian, perumusan masalah, tujuan, pembatasan masalah, dan sistematika penulisan.
- BAB II TINJAUAN PUSTAKA



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Bab ini berisi tentang kajian terdahulu dan landasan teori yang relevan digunakan dalam kajian ini yang mengacu pada studi literatur.

- **BAB III METODOLOGI KAJIAN**

Bab ini menjelaskan gambaran umum kajian, tahapan dan prosedur pelaksanaan kajian, penggunaan peraturan, dan luaran kajian.

- **BAB IV DATA DAN PEMBAHASAN**

Bab ini menyajikan data-data yang digunakan dalam kajian, kajian dari data kajian, dan pembahasan dari hasil pengujian yang dilakukan.

- **BAB V PENUTUP**

Bab ini membahas kesimpulan dari semua tahapan yang terhadap kajian ini dan saran untuk kajian selanjutnya



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritis atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

1. Kombinasi pembebanan 1.0 Angin Hisap + 1.2 Dead Load + 1.2 Kaca + 1.2 Suhu dipilih sebagai representatif *governing load combination* dengan rasio *Demand-to-Capacity (D/C)* yaitu 0,768 pada batang 5. Gaya aksial maksimum sebesar -954949,16 N terjadi pada batang 5, gaya geser (V2) maksimum sebesar -2006,28 N terjadi pada batang Batang 3, dan momen lentur (M33) maksimum sebesar 9660256,41 Nmm akibat kombinasi pembebanan. Lendutan pada batang 1 sebesar 1,473 mm masih berada di bawah batas lendutan izin $L/175 = 11,42$ mm, dan lendutan pada batang 2 sebesar 0,491 mm masih memenuhi batas $L/240 + 6,35$ mm = 31.35 mm, sehingga lendutan yang terjadi pada struktur rangka penahan *curtain wall* tidak akan menekan dan memecahkan panel kaca di dalamnya.
2. Tegangan *Von Mises* maksimum terjadi di Sambungan batang 3 sebesar 340,494 Mpa berada dibawah kuat leleh material A572 Gr50 ($f_y = 345$ Mpa). Tegangan geser (S12) maksimum sebesar 49,558 MPa terjadi di batang 2 masih jauh dibawah batas kuat leleh material A572 Gr50. Hal ini mengindikasikan bahwa kegagalan karena *yielding* material lebih dulu terjadi daripada geser las. Kegagalan yang diinginkan terjadi yaitu *yielding* material, karena memastikan bahwa sambungan memiliki sifat daktail sehingga jika terjadi kegagalan dapat terlihat secara visual sebelum struktur rangka benar-benar runtuh.
3. Pada faktor beban skala normal struktur rangka penahan *curtain wall* masih berada dalam kondisi elastis, yaitu $PEEQ_{max} = 0$. Sedangkan, pada faktor skala beban 1,32 dari beban awal dengan nilai $PEEQ_{max} = 0,0069$. Pada fase ini, material di area sambungan las telah mengalami regangan plastis. Pola distribusi PEEQ hanya terjadi pada sambungan batang 1 dan batang 3 mengkonfirmasi bahwa pola kegagalan yang terjadi merupakan *local yielding*,

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

tanpa menyebar secara masif ke elemen-elemen batang di luar zona sambungan.

5.2 Saran

Dari kajian ini, penulias dapat memberi saran untuk kajian selanjutnya sebagai berikut :

1. Dapat digunakan jenis sambungan baut dalam melakukan analisis sambungan pada rangka penahan *curtain wall*.
2. Melakukan analisis lanjutan untuk mengevaluasi faktor keamanan (*safety factor*) sambungan pada rangka penahan *curtain wall* menggunakan metode elemen hingga.
3. Dapat menggunakan data spesifikasi las yang terukur, meliputi tebal las, panjang efektif las, jenis las, dan kelas elektroda yang digunakan.



POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR PUSTAKA

- AAMA. (2015). *TIR-A11-15 Maximum Allowable Deflection of Framing Systems for Building Cladding Components at Design Wind Loads*.
- AISC 360-16. (2016). *Specification for Structural Steel Buildings*.
- Arifin, F. A., Sullivan, T. J., & Dhakal, R. P. (2020). *EXPERIMENTAL INVESTIGATION INTO THE SEISMIC FRAGILITY OF A COMMERCIAL GLAZING SYSTEM*. 53(3), 144–149.
- ASTM International. (2024). *Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials 1. i*. <https://doi.org/10.1520/E0008>
- Bedon, C., Zhang, X., Santos, F., Hon, D., Koz, M., Arrigoni, M., Figuli, L., & Lange, D. (2018). *Performance of structural glass facades under extreme loads – Design methods, existing research, current issues and trends*. 163, 921–937.
- Bianchi, S., Andriotis, C., Klein, T., & Overend, M. (2024). *Multi-criteria design methods in façade engineering: State-of-the-art and future trends*. 250(December 2023).
- Chen, B., Jiang, L., Zhang, L., Yue, W., Yang, H., & Yu, H. (2023). *buildings Wind Resistance Performance of Large-Scale Glass Curtain Walls Supported by a High-Rise Building*. 1–15.
- Chen, Y., Ganti, S. S., & Subbarayan, G. (2022). *A Computational Strategy for Code- and Mesh-Agnostic Nonlinear Global – Local Analysis*. 12(5), 740–759.
- D’Amore, S., Bianchi, S., Ciurlanti, J., & Pampanin, S. (2023). *Seismic assessment and finite element modeling of traditional vs innovative point fixed glass facade systems*.
- Fatmala, S. D., Nasution, R. B., Kirana, A., & Sifa, A. (n.d.). *ARTIKEL ORISINAL ANALISA PENINGKATAN DESAIN PULLER 3 RAHANG DENGAN METODE QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT (QFD)*. 4(2), 80–92.
- Fernando, D., Navaratnam, S., & Rajeev, P. (2023). *Study of Technological Advancement and Challenges of Façade System for Sustainable Building: Current Design Practice*.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- Hazman, M. Al, Khaqiqi, A. S., Widyastuti, I. I., Rizki, M., Saputra, A., Imam, N., & Ramadhani, P. (2026). *ANALISIS KEKUATAN STRUKTUR TRUCK MOUNTED CRANE MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA*. 4(1), 257–267.
- Islam, M. S., Chui, Y. H., & Chen, Z. (2022). Novel Apex Connection for Light Wood Frame Panelized Roof. *Materials*, 15(21). <https://doi.org/10.3390/ma15217457>
- Jamala, N., Hamzah, B., & Mulyadi, R. (2023). *The Architectural Design of Building Façade Models Related to Optimizing Daylight Distribution*. 10, 60–71. <https://doi.org/10.15627/jd.2023.5>
- Koçer, M. (2025). *Enhancing the Capacity of Wide-Span Steel Frames Using External Post-Tensioning Cables*.
- Lei, D., Ma, X., & Liu, L. (2025). *Experimental and Numerical Study of Low-Cycle Fatigue Performance of Bolted Drum-Shaped Spherical Shell Joints*.
- Liao, T., Xu, Z., Wang, Y., Yang, Y., Chen, R., & Wei, J. (2026). Tensile behavior of lap splice connections between SC wall and RC foundation. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, 1–25. <https://doi.org/10.1080/13467581.2026.2639689>
- Liu, H., Gu, A., & Chen, Z. (2020). *Tensile Properties of Aluminum Alloy Bolt-Sphere Joints under Elevated Temperatures*. 24, 525–536. <https://doi.org/10.1007/s12205-020-0312-y>
- Lugaresi, F., Kotsovinos, P., Lenk, P., & Rein, G. (2022). *Review of the mechanical failure of non-combustible facade systems in* □ re. 361(October).
- Nirmalkar, L., Birali, R. R. L., Singh, A. P., & Sahu, P. (2025). *Modelling And Analysis the Structures by Finite Element Methods*. 1–13. <https://doi.org/10.55041/IJSREM45365>
- Nur, N., Azrin, A., Baharuddin, M. H., Umairah, A., Aziz, A., Zainal, N. A., Seng, G. H., Rafiq, M., Kadir, A., & Ramlee, M. H. (2025). *Mesh Convergence Study of Three-Dimensional Femoral Bone and Stem Models : A Finite Element Method*. 4(1), 15–20.
- Permadi, Y., Pradiza, R., & Juliarsyah, M. (2026). *DESAIN DAN MODIFIKASI STRUKTUR SASIS KENDARAAN LISTRIK RODA TIGA UNTUK*



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

PENINGKATAN FAKTOR KEAMANAN MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA. *MULTITEK INDONESIA*, 19, 182–192. <https://doi.org/10.24269/mtkind.v19i2.12439>

- Plaitano, F., & Stratan, A. (2022). *Simplified Modelling of Failure in High Strength Bolts under Combined Tension and Bending*. 1–10.
- Priya, C. B., Keerthana, M., Verma, M., & Banjara, N. K. (2011). *Design of steel channel tension members-proposal to IS 800 : 2007*. 38(2).
- Raj, M. P. (n.d.). *Numerical Investigation on Horizontal Displacement and Axial Movements of Mullion couples in Unitized Curtain wall Facades*. 1–7.
- SNI 1727. (2020). *Penetapan Standar Nasional Indonesia 1727 : 2020 Beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain sebagai revisi dari Standar Nasional Indonesia 1727 : 2013 Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan*. 8.
- SNI 1729. (2020). *Penetapan Standar Nasional Indonesia 1727 : 2020 Beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain sebagai revisi dari Standar Nasional Indonesia 1727 : 2013 Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan*. 8.
- Son, M., Kim, G., Kim, H., Lee, S., & Nam, J. (2020). Effects of the strain rate and fiber blending ratio on the tensile behavior of hooked steel fiber and polyvinyl alcohol fiber hybrid reinforced cementitious composites. *Cement and Concrete Composites*, 106, 103482. <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2019.103482>
- Sulthon, M., Pramesti, L., Arsitektur, P., Teknik, F., Sebelas, U., & Surakarta, M. (2026). *IMPLEMENTASI ARSITEKTUR ECO-TOURISM*. 9(1), 124–133.
- Ullly, O., Silalahi, A., Suswanto, B., & Piscesa, B. (2020). *Studi Analisis Perilaku Sambungan Kaku (Rigid Connection) Balok – Kolom Baja Tipe Extended End Plate dengan Metode Elemen Hingga*. 18, 23–32.
- Wang, H., Wang, Q., Fu, Z., Tang, J., Chan, P. W., & Zheng, X. (2025). *Wind impacts on buildings in Hong Kong during super Typhoon Mangkhut*. 385–401.
- Wang, L., Li, Y., Xi, R., Hou, W., & Wu, K. (2026). Study on Ultimate Load-Bearing Capacity and Failure Path of a Road-Rail Combined Steel Truss Bridge. *Applied*



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Sciences (Switzerland), 16(10), 1–26. <https://doi.org/10.3390/app16104989>

Wang, M. (2025). *Structural Performance of a Novel Sustainable and Demountable Composite Floor System - Recycled Aggregate Concrete-Steel Composite Beam Utilising Demountable Shear Connectors*.

Xiong, L., Guo, Z., Cai, J., Jiang, K., & Li, L. (2024). Seismic performance of the replaceable steel links with different short length ratios. *Scientific Reports*, 14(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-024-81336-8>

Yuan, H., Liu, H., Ren, X., Zhang, X., Ai, D., & Luo, Y. (2019). *The bearing performance of the bolt-sphere joints with stochastic pitting corrosion damage*. 160, 359–373.

Zulfikriansyah, M., Awaludin, A., & Satyatno, I. (2024). *Analisis Numerik Momen Lentur Sambungan Plate pada Square Pile menggunakan Metode Elemen Hingga*. 8(8).

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA