



© 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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**ANALISIS KEKUATAN DAN OPTIMASI STRUKTUR
KANTILEVER PADA DESAIN SET MEJA DAN KURSI
MENGUNAKAN *HIDDEN GUSSET PLATE* BERBASIS
*FINITE ELEMENT ANALYSIS (FEA)***

SKRIPSI

Oleh:
Muhammad Emery Prasetyo
NIM. 2202411032

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA
MANUFAKTUR**

**JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA**

2026



© 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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**ANALISIS KEKUATAN DAN OPTIMASI STRUKTUR
KANTILEVER PADA DESAIN SET MEJA DAN KURSI
MENGUNAKAN *HIDDEN GUSSET PLATE* BERBASIS
*FINITE ELEMENT ANALYSIS (FEA)***

SKRIPSI

Laporan ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan
Sarjana Terapan Program Studi Teknologi Rekayasa Manufaktur, Jurusan
Teknik Mesin

Oleh:

**Muhammad Emery Prasetyo
NIM. 2202411032**

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA
MANUFAKTUR
JURUSAN TEKNIK MESIN
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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PERSEMBAHAN

"Skripsi ini penulis persembahkan kepada keluarga tercinta sebagai bentuk penghargaan atas doa, cinta, dan dukungan yang tiada henti dalam setiap proses yang penulis lalui."





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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PERSETUJUAN
SKRIPSI

**ANALISIS KEKUATAN DAN OPTIMASI STRUKTUR KANTILEVER
PADA DESAIN SET MEJA DAN KURSI MENGGUNAKAN *HIDDEN*
GUSSET PLATE BERBASIS *FINITE ELEMENT ANALYSIS (FEA)***

Oleh

Muhammad Emery Prasetyo

NIM 2202411032

Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Manufaktur

Skripsi telah disetujui oleh pembimbing

Pembimbing 1

Dr. Fuad Zainuri, S.T., M.Si.
NIP. 1976022520001221002

Pembimbing 2

Ifa Saidatuningtyas, S.Si., M.T
NIP. 19880827202203200

Kepala Program Studi Teknologi Rekayasa Manufaktur

Radhi Maladzi, S.T., M.T.
NIP. 199307282024061001



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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

**HALAMAN PENGESAHAN
SKRIPSI**

**ANALISIS KEKUATAN DAN OPTIMASI STRUKTUR KANTILEVER PADA
DESAIN SET MEJA DAN KURSI MENGGUNAKAN HIDDEN GUSSET PLATE
BERBASIS FINITE ELEMENT ANALYSIS (FEA)**

Oleh:

Muhammad Emery Prasetyo

NIM 2202411032

Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Manufaktur

Telah berhasil dipertahankan dalam sidang sarjana terapan di hadapan Dewan Penguji
pada tanggal 13 Juli 2026 dan diterima sebagai persyaratan untuk memperoleh gelar
Sarjana Terapan pada Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Manufaktur

Jurusan Teknik Mesin

DEWAN PENGUJI

No.	Nama	Posisi Penguji	Tanda Tangan	Tanggal
1.	Ifa Saidatuningtyas, S.Si.,M.T NIP. 198808272022032005	Ketua		20/7 2026
2.	Dr., Dianta Mustofa Kamal, S.T., M.T. NIP. 197312282008121001	Anggota		20/7 - 26
3.	Radhi Maladzi, S.T., M.T. NIP. 199307282024061001	Anggota		20/7 - 2026

Depok, 13 Juli 2026

Disahkan oleh:

Ketua Jurusan Teknik Mesin

Dr. Fuad Zamuri, S.T., M.Si.

197602252000121002



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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

LEMBAR PERNYATAAN ORISINILITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Emery Prasetyo

NIM : 2202411032

Program Studi : Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Manufaktur

Menyatakan bahwa yang dituliskan di dalam Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri bukan jiplakan (plagiasi) karya orang lain baik sebagian atau seluruhnya. Pendapat, gagasan, atau temuan orang lain yang terdapat di dalam Skripsi telah saya kutip dan saya rujuk sesuai dengan etika ilmiah. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Depok, 13 Juli 2026



Muhammad Emery Prasetyo

NIM. 2202411032

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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas limpahan rahmat, karunia, dan kemudahan-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “ANALISIS KEKUATAN DAN OPTIMASI STRUKTUR KANTILEVER PADA DESAIN SET MEJA DAN KURSI MENGGUNAKAN *HIDDEN GUSSET PLATE* BERBASIS *FINITE ELEMENT ANALYSIS (FEA)*” dengan baik. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan Sarjana Terapan pada Program Studi Teknologi Rekayasa Manufaktur, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta. Penulis menyadari bahwa penyelesaian skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, arahan, doa, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Fuad Zainuri, S.T., M.Si., selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta.
2. Bapak Radhi Maladzi, S.T., M.T., selaku Kepala Program Studi Teknologi Rekayasa Manufaktur Politeknik Negeri Jakarta, atas berbagai masukan yang diberikan selama proses penyusunan skripsi ini.
3. Bapak Dr. Fuad Zainuri, S.T., M.Si., dan Ibu Ifa Saidatuningtyas, S.Si., M.T., selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu untuk membimbing, mengarahkan, serta memberikan saran dan motivasi kepada penulis sepanjang penyusunan skripsi ini. Penulis mengucapkan terima kasih atas kesabaran, perhatian, dan ilmu yang telah dicurahkan sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik.
4. Seluruh dosen dan staf Program Studi Teknologi Rekayasa Manufaktur, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, yang telah membekali penulis dengan ilmu, pengalaman, bimbingan, serta dukungan selama menempuh pendidikan hingga penyelesaian skripsi ini.
5. Kedua orang tua tercinta, yang senantiasa memanjatkan doa serta memberikan dukungan dan kasih sayang tanpa henti, menjadi sumber kekuatan utama bagi penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
6. Seseorang yang selalu ada untuk penulis Avril, yang senantiasa



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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

memberikan semangat, perhatian, dan dukungan tanpa lelah di setiap langkah penulis, serta menjadi tempat berbagi cerita dan pengalaman selama proses penelitian ini berlangsung.

7. Sahabat penulis Hanif, Iqbal, Rizki, Waffa, dan Dzaki yang telah memberikan perhatian dan dukungan, serta menjadi tempat berbagi dalam berbagai aspek kehidupan, kehadiran mereka secara tidak langsung turut menguatkan penulis untuk terus melangkah hingga penelitian ini terselesaikan.
8. Sahabat seperjuangan Rey, Bagus, Hanandira, Intan, Fio, dan Pradipta, yang telah menemani penulis sejak awal perkuliahan hingga penyusunan skripsi ini rampung, serta senantiasa menjadi teman berbagi cerita dan pengalaman selama menjalani masa perkuliahan.
9. Teman-teman Kelas B Manufaktur, yang telah saling membantu dan menyemangati sejak awal perkuliahan hingga proses penyusunan skripsi, sehingga penulis dapat menjalani masa perkuliahan dengan lebih baik dan menyelesaikan skripsi tepat waktu.
10. Untuk diri penulis sendiri, Muhammad Emery Prasetyo, yang telah berjuang, bertahan, dan pantang menyerah dalam menghadapi setiap tahapan perkuliahan hingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan sebaik-baiknya.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan demi penyempurnaan skripsi ini di masa mendatang. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca serta menjadi referensi dalam pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang manufaktur.

Depok, 10 juli 2026

Muhammad Emery Prasetyo
NIM. 2202411032



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 PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN PERSETUJUAN	iv
LEMBAR PERNYATAAN ORISINILITAS	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
ABSTRAK	xvii
ABSTRACT	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Pertanyaan Penelitian	4
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Batasan Masalah	5
1.6 Manfaat Penelitian	5
1.6.1 Manfaat Teoritis	5
1.6.2 Manfaat Praktis	5
1.7 Sistematika Penulisan	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1 Landasan Teori	8
2.1.1 Set Meja dan Kursi Kantilever (Geometri <i>Slim Profile</i>)	8



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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2.1.2 Free Body Diagram dan Keseimbangan Struktur Statis Tertentu.....	9
2.1.3 Konsentrasi Tegangan dan Optimasi <i>Gusset Plate</i>	12
2.1.4 Finite Element Analysis (FEA).....	14
2.1.5 Kriteria Luluh <i>Von Mises</i> dan <i>Factor of Safety</i> (FoS)	16
2.1.6 Sambungan Las Fillet Weld dan Evaluasi Kekuatan Sambungan Las ..	18
2.1.7 Defleksi Balok Kantilever Berdasarkan Teori <i>Euler Bernoulli</i>	22
2.1.8 Elemen Pengaku Melintang (<i>Cross Member</i>) pada Struktur Rangka ..	24
2.1.9 Focus Group Discussion (FGD).....	26
2.1.10 Pengembangan Produk.....	27
2.1.11 Benchmark Produk.....	29
2.2 Kajian Literatur	31
2.3 Kerangka Berpikir.....	38
2.4 Hipotesis Penelitian.....	39
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	41
3.1 Jenis Penelitian.....	41
3.2 Objek Penelitian.....	41
3.3 Jenis Dan Sumber Data Penelitian	42
3.4 Tahapan Penelitian.....	42
3.5 Metode Pengumpulan Data Penelitian	45
3.6 Metode Analisis Data.....	46
3.7 Variable Penelitian	48
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	49
4.1 Hasil Penelitian	49
4.1.1 <i>Benchmark</i> Produk	49
4.1.2 Hasil Focus Group Discussion (FGD)	51



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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

4.1.3 Penentuan Design.....	54
4.1.4 Penentuan Material.....	55
4.1.5 Perhitungan Beban Rancangan	57
4.1.6 Analisis Teoritis Struktur	57
4.1.7 Free Body Diagram (FBD).....	58
4.1.8 Perhitungan Reaksi Tumpuan	60
4.1.9 Perhitungan Momen Lentur	61
4.1.10 Perhitungan Momen Inersia Penampang	61
4.1.11 Perhitungan tegangan lentur.....	62
4.1.12 Perhitungan Tegangan Sambungan Las	63
4.1.13 Perhitungan Defleksi.....	65
4.1.14 Analisis Kelayakan Struktur Sasis Awal.....	66
4.1.15 Desain Sebelum Optimasi	68
4.1.16 Von Mises Sebelum Optimasi.....	68
4.1.17 Displacement Sebelum Optimasi	69
4.1.18 Factor Of Safety Sebelum Optimasi	70
4.1.19 Desain Setelah Optimasi	72
4.1.20 Von Mises Setelah Optimasi.....	72
4.1.21 Displacement Setelah Optimasi	74
4.1.22 Factor Of Safety Setelah Optimasi.....	75
4.1.23 Perbandingan Hasil FEA Sebelum dan Sesudah Optimasi	76
4.1.24 Hasil FEA terhadap Analisis Teoritis	78
4.2 Pembahasan.....	80
4.2.1 Estimasi Tegangan dan Kondisi Kritis Sasis Awal.....	80
4.2.2 Factor of Safety Desain Akhir.....	82



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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

4.2.3 Von Mises Stress dan Displacement Desain Akhir.....	82
4.2.4 Hasil Produk Set Kursi dan Meja Kaintilever.....	84
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	86
5.1 Kesimpulan	86
5.2 Saran.....	88
DAFTAR PUSTAKA	89
LAMPIRAN.....	94



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. 3 Visualisasi Lintasan Aliran Tegangan pada Sambungan Siku.....	14
---	----



© 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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Gambar 2.1.5 Kurva Selubung Kegagalan (Failure Envelope) Kriteria Luluh Von	17
Gambar 2.3 1 Gambar Kerangka Berpikir	38
Gambar 3.1 Diagram alur Pengerjaan	43
Gambar 4.1.1 Kursi Ikea dan Kursi Rione	50
Gambar 4.1.2 Meja Ikea dan Rione	51
Gambar 4.1.3 Desain Meja dan Kursi	55
Gambar 4.1. 4 Gambar Free Body Diagram	60
Gambar 4.1. 5 Desain Sebelum Guest Plate	68
Gambar 4.1. 6 Von Mises Awal.....	68
Gambar 4.1. 7 Displacement Awal	70
Gambar 4.1. 8 Factor Of Safety Awal.....	71
Gambar 4.1. 9 Desain Setelah Optimasi	72
Gambar 4.1. 10 Von Mises Optimasi.....	73
Gambar 4.1. 11 Displacement Optimasi	74
Gambar 4.1. 12 Factor Of Safety Optimasi.....	75
Gambar 4.1. 13 Hasil Produk.....	85

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1.1 Benchmark Produk Kursi.....	49
Tabel 4.1.2 Benchmark Produk Meja	50



© 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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Tabel 4.1. 3 Kriteria Pemilihan Desain.....	52
Tabel 4.1. 4 Skala Penilaian Desain.....	52
Tabel 4.1. 5 Perbandingan Benchmark Produk.....	53
Tabel 4.1. 6 Ranking Perbandingan Desain.....	53
Tabel 4.1. 7 Kriteria Pemilihan Material	55
Tabel 4.1. 8 Benchmark Material.....	56
Tabel 4.1. 9 Ranking Perbandingan Material.....	57
Tabel 4.1.1 Benchmark Produk Kursi.....	49
Tabel 4.1.2 Benchmark Produk Meja	50
Tabel 4.1. 3 Kriteria Pemilihan Desain.....	52
Tabel 4.1. 4 Skala Penilaian Desain.....	52
Tabel 4.1. 5 Perbandingan Benchmark Produk.....	53
Tabel 4.1. 6 Ranking Perbandingan Desain.....	53
Tabel 4.1. 7 Kriteria Pemilihan Material	55
Tabel 4.1. 8 Benchmark Material.....	56
Tabel 4.1. 9 Ranking Perbandingan Material.....	57
Tabel 4.1. 10 Parameter Analisis	58
Tabel 4.1. 11 Hasil Perhitungan Reaksi Tumpuan.....	61
Tabel 4.1. 12 Perbandingan Momen Inersia Antar Profil	62
Tabel 4.1. 13 Hasil Perhitungan Tegangan Lentur	63
Tabel 4.1. 14 Rekapitulasi Tegangan Sambungan Las (Metode Blodgett).....	64
Tabel 4.1. 15 Evaluasi Defleksi terhadap Batas L/300	65
Tabel 4.1. 16 Rekapitulasi Kelayakan Struktur Sasis Awal (Tanpa Gusset).....	67
Tabel 4.1. 17 Hasil Von Mises Awal	69
Tabel 4.1. 18 Hasil Displacement Awal.....	70
Tabel 4.1. 19 Hasil Factor Of Safety Awal.....	71
Tabel 4.1. 20 Hasil Von Mises Optimasi	73
Tabel 4.1. 21 Hasil Displacement Optimasi	74
Tabel 4.1. 22 Hasil Factor Of Safety Optimasi.....	75
Tabel 4.1. 23 Perbandingan Meja	76
Tabel 4.1. 24 Perbandingan Kursi.....	77



© 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

Tabel 4.1. 25 Hasil Validasi FEA	78
Tabel 4.1. 26 Hasil Akhir Penelitian.....	79



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. 1 Meja dan Kursi Kantilever	94
Lampiran 1. 2 Material Hollow.....	94
Lampiran 1. 3 Drawing Meja	95



© 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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 1. 4 Drawing Kursi	96
Lampiran 1. 5 Dokumentasi FGD	97



ANALISIS KEKUATAN DAN OPTIMASI STRUKTUR KANTILEVER PADA DESAIN SET MEJA DAN KURSI MENGGUNAKAN *HIDDEN* *GUSSET PLATE* BERBASIS *FINITE ELEMENT ANALYSIS* (FEA)



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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Muhammad Emery Prasetyo

Program Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Manufaktur, Jurusan Teknik

Mesin,

Politeknik Negeri Jakarta, Kampus UI Depok, 16424

Email : Muhammad.emery.prasetyo.tm22@mhs.w.pnj.ac.id

ABSTRAK

Struktur furnitur kantilever *slim profile* rentan mengalami konsentrasi tegangan pada sambungan sudut tiang vertikal dan rangka dasar akibat momen inersia penampang yang kecil, berpotensi menimbulkan kegagalan struktural pada beban tinggi. Penelitian ini menganalisis kekuatan set meja dan kursi kantilever berbahan *ASTM A36 profil square hollow 40×40×2 mm*, serta mengoptimasinya melalui penambahan *hidden gusset plate (60×60 mm, tebal 10 mm)* dan *cross member*, menggunakan analisis teoritis metode *weld group Blodgett* dan simulasi *Finite Element Analysis (FEA)* pada beban *overload 2.000 N*. Sasis awal tanpa penguat menghasilkan tegangan lentur maksimum 327,13 MPa pada meja yang melampaui batas luluh material, dengan *Factor of Safety* di bawah standar (kursi 1,15 meja 0,76). Setelah optimasi, tegangan *Von Mises* maksimum turun menjadi 60,83 MPa (meja) dan 32,75 MPa (kursi) dengan *Factor of Safety* meningkat menjadi 4,1 dan 7,6 sehingga kriteria kekuatan terpenuhi. Namun kriteria kekakuan belum sepenuhnya terpenuhi, karena *displacement 4,028 mm* (meja) dan 1,629 mm (kursi) masih melampaui batas *L/300* pada kondisi *overload*.

Kata kunci: *Struktur kantilever, hidden gusset plate, Finite Element Analysis, weld group Blodgett, ASTM A36, Factor of Safety.*

**ANALISIS KEKUATAN DAN OPTIMASI STRUKTUR KANTILEVER
PADA DESAIN SET MEJA DAN KURSI MENGGUNAKAN *HIDDEN
GUSSET PLATE* BERBASIS *FINITE ELEMENT ANALYSIS (FEA)***



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

Muhammad Emery Prasetyo

Program Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Manufaktur, Jurusan Teknik

Mesin,

Politeknik Negeri Jakarta, Kampus UI Depok, 16424

Email : Muhammad.emery.prasetyo.tm22@mhs.w.pnj.ac.id

ABSTRACT

Slim profile cantilever furniture structures are prone to stress concentration at the corner joints connecting the vertical post and the base frame due to the low moment of inertia of the cross-section, potentially leading to structural failure under high loads. This study analyzes the strength of a cantilever table and chair set made from ASTM A36 square hollow sections (40×40×2 mm) and optimizes the design by adding a hidden gusset plate (60×60 mm, 10 mm thick) and a cross-member. The analysis employs the theoretical Blodgett weld group method and Finite Element Analysis (FEA) simulations under an overload condition of 2,000 N. The initial unreinforced frame design resulted in a maximum bending stress of 327.13 MPa on the table exceeding the material's yield strength and a Factor of Safety below standard levels (1.15 for the chair; 0.76 for the table). Following optimization, the maximum Von Mises stress dropped to 60.83 MPa (table) and 32.75 MPa (chair), while the Factor of Safety increased to 4.1 and 7.6, respectively, thereby satisfying strength criteria. However, stiffness criteria were not fully met, as displacements of 4.028 mm (table) and 1.629 mm (chair) still exceeded the L/300 limit under overload conditions.

Keywords: *Cantilever structure, hidden gusset plate, Finite Element Analysis, Blodgett weld group method, ASTM A36, Factor of Safety.*



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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kemajuan teknologi manufaktur dan pergeseran tren desain interior pada fasilitas publik maupun institusi pendidikan masa kini sangat menitikberatkan pada efisiensi penggunaan ruang serta nilai estetika visual yang tinggi. Perancangan produk furnitur saat ini tidak lagi sekadar mengutamakan fungsionalitas, namun juga mengeksplorasi nilai seni dan kebaruan bentuk geometri guna merespons kebutuhan artistik penggunanya [1]. Tren ini banyak diwujudkan melalui gaya minimalis industrial yang memanfaatkan rangka bergeometri ramping (slim profile), karena penggunaan profil tipis memberikan kesan modern sekaligus mendukung konsep penghematan ruang.

Namun, di balik daya tarik visualnya, penggunaan profil tipis secara meluas ini justru mulai menimbulkan persoalan mekanis yang signifikan. Secara matematis, pengecilan dimensi penampang berdampak langsung pada penurunan drastis nilai Momen Inersia (I). Berdasarkan prinsip mekanika statika lentur yang berlaku universal dalam perancangan struktur, reduksi pada luasan penampang akan secara eksponensial melemahkan ketahanan material dalam meredam tegangan lentur (bending stress) dan memicu deformasi yang ekstrem, sejalan dengan fenomena penurunan sifat mekanik lentur yang terjadi pada berbagai material struktur berkelangsingan tinggi lainnya [2]

Persoalan ini kemudian bereskalasi menjadi konsentrasi tegangan yang nyata pada desain asimetris tipe kantilever (C shape), di mana gaya gravitasi tidak disalurkan secara aksial melainkan ditransformasikan menjadi momen lentur kritis yang terpusat pada titik tumpuan sudut siku bawah. Pada konstruksi furnitur fabrikasi, integritas struktural sangat bergantung pada perilaku sambungan, di mana area fusi pengelasan sering kali menjadi titik paling kritis yang rawan mengalami kegagalan akibat pemusatan tegangan



© 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

yang tidak merata [3]. Khusus untuk profil penampang berongga dengan tingkat kelangsingan yang tinggi akibat dimensi yang sempit, risiko terjadinya tekuk (buckling) dan ketidakstabilan struktur akibat pemusatan tegangan ini memerlukan verifikasi analisis yang sangat presisi guna menjamin batas kekuatan tekan material tersebut [4].

Menghadapi konsentrasi tegangan tersebut, praktik industri bengkel konvensional umumnya mengatasinya melalui metode coba-coba (trial and error) dengan menebalkan dimensi profil pipa secara berlebihan. Langkah ini tidak hanya mengorbankan sisi estetika desain, tetapi juga meningkatkan bobot produk, sehingga bertentangan dengan tren efisiensi ruang yang menjadi alasan awal pemilihan profil tipis. Kondisi inilah yang memunculkan kebutuhan akan pendekatan optimasi baru yang lebih rasional: memberikan perkuatan mekanis secara lokal pada titik sambungan kritis tanpa mengubah dimensi profil utama. Penggunaan strategi pelat sambung ganda pada struktur berongga dengan kelangsingan tinggi telah terbukti secara eksperimental mampu mendistribusikan beban secara lebih merata serta mendongkrak kekakuan sambungan secara signifikan[5]. Oleh karena itu, optimasi rancangan melalui penambahan hidden gusset plate pada sambungan las kritis menjadi langkah strategis untuk memperkuat sasis furnitur tanpa merusak visual rampingnya.

Guna memvalidasi efektivitas intervensi rekayasa tersebut tanpa harus melalui pengujian fisik yang destruktif dan memakan biaya tinggi, penggunaan simulasi numerik berbasis metode elemen hingga (Finite Element Method) menjadi opsi utama yang masuk pada tahap ini. Simulasi ini telah diakui secara luas sebagai instrumen komputasional yang andal untuk memetakan distribusi tegangan, mengevaluasi kemampuan menahan beban batas, serta mengidentifikasi titik kritis kegagalan pada berbagai komponen struktur mekanik yang memiliki kompleksitas beban tinggi, mulai dari sasis kendaraan hingga komponen sistem penggerak pada lokomotif [6].



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

Penelitian terdahulu mengenai penerapan metode elemen hingga pada desain furnitur sebagian besar masih berfokus pada bentuk furnitur yang dapat disederhanakan sebagai struktur rangka (frame), maupun pada analisis kekuatan sambungan dan komponen furnitur secara lokal, sementara kajian terhadap furnitur dengan kompleksitas geometri lebih tinggi serta optimasi struktural pada sambungan kritis kursi dan set meja kantilever masih terbatas [7]. Berdasarkan pertimbangan tersebut, penelitian ini dilaksanakan untuk mengoptimalkan struktur set meja dan kursi kantilever melalui analisis pemetaan tegangan Von Mises dan deformasi (displacement) menggunakan perangkat lunak CAE.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini didasarkan pada tantangan mekanis yang muncul pada desain furnitur kantilever bergaya *slim profile*, khususnya pada set meja dan kursi yang dirancang dengan konfigurasi struktur menyerupai huruf "C" tanpa penopang pada salah satu sisinya. Konfigurasi tersebut menyebabkan beban vertikal dari pengguna tidak disalurkan secara aksial, melainkan dikonversi menjadi momen lentur yang terpusat pada titik sambungan sudut antara tiang vertikal (*front pillar*) dan rangka dasar. Penggunaan profil berpenampang ramping pada desain *slim profile* semakin memperbesar risiko tersebut, karena pengecilan dimensi penampang menyebabkan penurunan nilai momen inersia yang secara langsung meningkatkan tegangan lentur aktual pada material. Kondisi ini berpotensi menimbulkan konsentrasi tegangan yang ekstrem pada area sambungan las, deformasi berlebih, hingga risiko kegagalan struktural apabila tidak diberikan intervensi rekayasa yang tepat. Permasalahan tersebut menunjukkan bahwa diperlukan evaluasi kekuatan struktur secara menyeluruh, baik melalui pendekatan analitis mekanika statika maupun simulasi numerik *Finite Element Analysis* (FEA), guna memastikan struktur kantilever *slim profile* yang dirancang mampu memenuhi standar keamanan operasional tanpa mengorbankan nilai estetika ramping yang menjadi



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

tuntutan desain utama. Oleh karena itu, penelitian ini diperlukan untuk mengevaluasi kondisi kritis sasis awal, merumuskan intervensi rekayasa berupa *hidden gusset plate*, serta memvalidasi efektivitas optimasi tersebut melalui parameter Tegangan *Von Mises*, *Displacement*, dan *Factor of Safety* (FoS).

1.3 Pertanyaan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah diuraikan, pertanyaan penelitian dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana estimasi nilai tegangan dan kondisi kritis sasis awal set meja dan kursi kantilever berdasarkan analisis perhitungan teoretis mekanika statika?
2. Berapa nilai tingkat keamanan (*Factor of Safety*) yang dihasilkan oleh desain akhir set meja dan kursi kantilever setelah dilakukan intervensi rekayasa geometri?
3. Bagaimana karakteristik distribusi tegangan (*Von Mises Stress*) dan deformasi (*Displacement*) pada desain akhir set meja dan kursi kantilever yang telah dioptimasi menggunakan *hidden gusset plate* melalui simulasi *Finite Element Analysis* (FEA)?

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menganalisis estimasi tegangan analitis dan tegangan geser maksimum pada sambungan las di titik kritis sasis dasar secara teoretis mekanika sebagai landasan rujukan kebutuhan intervensi geometri.
2. Memetakan karakteristik sebaran tegangan (*Von Mises Stress*) dan nilai deformasi (*Displacement*) pada desain akhir set meja dan kursi kantilever hasil optimasi menggunakan simulasi FEA.
3. Menentukan nilai *Factor of Safety* (FoS) guna memvalidasi kelayakan struktural dan pemenuhan standar keamanan operasional ($FoS \geq 1,5$) pada produk akhir set furnitur kantilever.



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

1.5 Batasan Masalah

Agar penelitian tetap terarah, ditetapkan batasan masalah sebagai berikut:

1. Simulasi FEA dibatasi pada kondisi analisis statis linear (*Linear Static Analysis*).
2. Deformasi termal dan tegangan sisa (*residual stress*) akibat proses pengelasan tidak dimodelkan dalam simulasi komputasi.
3. Analisis struktur difokuskan pada parameter Tegangan *Von Mises*, deformasi (*Displacement*), dan *Factor of Safety* (FoS).
4. Pembebanan menggunakan beban vertikal statis sebesar 2.000 N sebagai kondisi *overload*, mengacu pada standar ISO 7173:2023[8].
5. Kriteria kelayakan struktur ditetapkan dengan *Factor of Safety* (FoS) $\geq 1,5$.
6. Dimensi dan geometri *hidden gusset plate* ditentukan berdasarkan pertimbangan teknis terhadap profil rangka.

1.6 Manfaat Penelitian

1.6.1 Manfaat Teoritis

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan kajian di bidang Teknologi Rekayasa Manufaktur, khususnya mengenai analisis kekuatan struktur furnitur kantilever menggunakan metode *Finite Element Analysis* (FEA). Selain itu, hasil penelitian ini dapat menjadi referensi ilmiah terkait penerapan *hidden gusset plate* sebagai metode optimasi struktur pada sambungan las furnitur berbahan profil baja berdinding tipis.

1.6.2 Manfaat Praktis

Penelitian ini memberikan pengalaman dan wawasan teknis bagi peneliti dalam menerapkan ilmu mekanika bahan, analisis struktur, perancangan produk, serta penggunaan perangkat lunak *Finite Element Analysis* (FEA). Selain itu, hasil penelitian diharapkan dapat menjadi referensi bagi praktisi manufaktur dan perancang furnitur



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

dalam mengembangkan produk furnitur kantilever yang aman, kuat, dan tetap mempertahankan konsep *slim profile*.

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan skripsi ini disusun dalam 5 (lima) bab sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini memuat latar belakang penelitian mengenai tren dan tantangan mekanika desain *slim profile* pada struktur kantilever, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah yang ditetapkan, serta sistematika penulisan laporan tugas akhir.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi kajian literatur dan landasan teori yang mendukung penelitian, meliputi karakteristik struktur kantilever, mekanika statika dan kekuatan material, analisis momen lentur dan momen inersia penampang, konsentrasi tegangan, karakteristik material baja, prinsip dasar Tegangan Von Mises (*Von Mises Stress*), *Displacement*, *Factor of Safety* (FoS), *hidden gusset plate*, tegangan geser sambungan las, *Focus Group Discussion* (FGD), *benchmarking* produk, serta tinjauan pustaka dan penelitian terdahulu yang relevan.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan metode dan tahapan pelaksanaan penelitian, meliputi studi literatur dan *benchmarking* produk furnitur, penyusunan alternatif desain, dimensi, dan material, pelaksanaan *Focus Group Discussion* (FGD) untuk menentukan alternatif yang digunakan dalam penelitian, perancangan model CAD 3D, penetapan parameter simulasi (material, meshing, *boundary conditions*, dan pembebanan), pelaksanaan simulasi *Finite Element Analysis* (FEA), optimasi struktur menggunakan *hidden gusset plate* dan *cross member*, dan pengujian untuk validasi hasil simulasi.

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan hasil *Focus Group Discussion* (FGD) dalam menentukan desain, dimensi, dan material yang digunakan pada penelitian.



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

Selanjutnya dipaparkan hasil simulasi *Finite Element Analysis* (FEA) pada model awal dan model hasil optimasi. Hasil yang diperoleh dianalisis berdasarkan parameter Tegangan *Von Mises*, *Displacement*, dan *Factor of Safety* (FoS) untuk mengevaluasi performa struktural desain akhir furnitur kantilever.

BAB V PENUTUP

Bab ini memuat kesimpulan yang diperoleh berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dalam menjawab rumusan masalah, serta saran-saran yang dapat digunakan sebagai acuan untuk pengembangan penelitian maupun penyempurnaan desain struktur furnitur kantilever pada penelitian 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 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 V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis teoritis mekanika statika, *simulasi Finite Element Analysis* (FEA), dan pembahasan yang telah dilakukan pada penelitian ini, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Estimasi Tegangan dan Kondisi Kritis Sasis Awal

Analisis teoritis mekanika statika terhadap sasis awal tanpa elemen penguat pada kondisi beban *overload* 2.000 N menghasilkan tegangan lentur maksimum sebesar 218,09 MPa pada kursi dan 327,13 MPa pada meja. Tegangan lentur meja telah melampaui batas luluh material *ASTM A36* sebesar 250 MPa, mengindikasikan potensi deformasi plastis. Evaluasi sambungan las menggunakan metode *weld group Blodgett* menghasilkan tegangan *Von Mises* ekuivalen sebesar 177,10 MPa pada sambungan las kursi dan 265,40 MPa pada sambungan las meja, dengan nilai meja kembali melampaui batas luluh material. *Factor of Safety* berdasarkan tegangan lentur hanya mencapai 1,15 pada kursi dan 0,76 pada meja, keduanya berada di bawah standar minimum $FoS \geq 1,5$. Defleksi teoritis kursi sebesar 2,91 mm dan meja sebesar 9,81 mm juga melampaui batas defleksi izin $L/300$. Keseluruhan hasil ini secara kuantitatif membuktikan bahwa zona sambungan sudut *front pillar* merupakan titik kritis yang memerlukan intervensi rekayasa tambahan berupa *hidden gusset plate*.

2. Factor of Safety Desain Akhir Setelah Optimasi

Setelah dilakukan intervensi rekayasa geometri berupa penambahan *hidden gusset plate* pada sudut sambungan kritis dan *cross member* pada rangka dasar, simulasi FEA desain akhir menghasilkan *Factor of Safety* minimum sebesar 4,1 pada meja dan 7,6 pada kursi. Kedua nilai ini melampaui standar keamanan operasional minimum $FoS \geq 1,5$ yang dipersyaratkan untuk perancangan fasilitas publik, dengan margin yang sangat memadai di atas batas minimum tersebut. Perbedaan nilai *FoS* antara



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

meja dan kursi merupakan konsekuensi langsung dari perbedaan lengan momen kantilever (meja $L = 600$ mm, kursi $L = 400$ mm) yang menghasilkan momen lentur lebih besar pada meja, bukan indikasi ketidakkonsistenan desain. Nilai FoS ini diperoleh dari model FEA yang tidak memodelkan diskontinuitas geometri las secara eksplisit, sehingga merepresentasikan kekuatan global struktur dan belum menjadi validasi kuantitatif langsung terhadap kapasitas sambungan las pasca optimasi, sehingga membutuhkan verifikasi lanjutan.

3. Distribusi *Von Mises Stress* dan *Displacement* Desain Akhir

Tegangan Von Mises maksimum desain akhir tercatat sebesar 60,83 MPa pada meja dan 32,75 MPa pada kursi, keduanya berada jauh di bawah kapasitas luluh material ASTM A36. Penambahan *hidden gusset plate* berhasil mengubah pola distribusi tegangan dari yang semula terkonsentrasi ekstrem pada satu titik sambungan sudut menjadi tersebar merata sepanjang elemen gusset dan profil utama di sekitarnya. *Displacement* maksimum berkurang secara signifikan, yaitu pada meja dari 11,911 mm menjadi 4,028 mm dan pada kursi dari 5,802 mm menjadi 1,629 mm, meskipun kedua nilai tersebut masih berada di atas batas defleksi izin $L/300$ pada kondisi beban overload 2.000 N. Pada kondisi beban operasional normal 800–1.000 N, estimasi defleksi kursi berkisar 0,652–0,815 mm, berada jauh di bawah batas izin $L/300 = 1,33$ mm. Pada meja, estimasi defleksi di rentang beban yang sama berkisar 1,611–2,014 mm terhadap batas izin $L/300 = 2,00$ mm; pada beban 800 N kondisi masih aman, namun pada 1.000 N nilai defleksi sedikit melampaui batas izin. Kondisi ini menunjukkan bahwa margin kekakuan meja pada beban operasional atas relatif tipis dan perlu menjadi perhatian pada tahap pengembangan desain lanjutan. Konsep visual *slim profile* dipertahankan sepenuhnya karena *hidden gusset plate* ditempatkan tersembunyi di bagian bawah rangka yang tidak terekspos kepada pengguna.

**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

5.2 Saran

Berdasarkan temuan dan keterbatasan penelitian ini, beberapa saran disampaikan untuk pengembangan lebih lanjut:

1. Penelitian ini dibatasi pada simulasi numerik FEA linear statis tanpa validasi fisik. Disarankan dilakukan fabrikasi prototipe dan pengujian beban statik sesuai standar uji furnitur (seperti EN 1335-3 atau SNI yang setara) untuk membandingkan defleksi dan moda kegagalan aktual dengan prediksi simulasi, terutama untuk mengonfirmasi temuan *displacement* meja yang masih melampaui batas $L/300$ pada beban operasional atas.
2. Perbandingan hasil analitis dan FEA pada penelitian ini masih menggunakan nilai tegangan maksimum global tanpa studi konvergensi mesh maupun pemodelan geometri las secara eksplisit. Penelitian selanjutnya disarankan memodelkan geometri sambungan las secara eksplisit (termasuk zona HAZ dan profil *bead las*), disertai studi konvergensi mesh dan perbandingan tegangan pada garis las, agar validasi antara metode *Blodgett* dan FEA lebih presisi.

**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

- [1] M. A. Yahya, D. S. Drajad Wibowo, and J. Widagdo, "APPLICATION OF NOOCHES CARVING IN THE DESIGN OF A CHAIR," *Journal of Scientech Research and Development*, vol. 6, no. 1, 2024, [Online]. Available: <https://idm.or.id/JSCR/inde>
- [2] N. Noviana Belatrix, Y. Arnandha, and D. Firmansyah, "Analisis Sifat Mekanik Lentur Papan Laminasi Kombinasi Bambu Petung dan Bambu Ater," vol. 18, no. 1, 2022, doi: 10.21831/inersia.v18i1.
- [3] R. Fahlevi and E. H. Manurung, "Perilaku Sambungan Baut dan Sambungan Las Pada Struktur Baja," Online, 2026.
- [4] "ANALISIS STRUKTUR RANGKA RANGKA ATAP BAJA KELANGSINGAN TINGGI MENGGUNAKAN DIRECT ANALYSIS METHOD YANG DIVERIFIKASI MELALUI UJI KUAT TEKAN PROFIL HOLLOW SQUARE SECTION Studi kasus: Rangka Atap HSS Kelangsingan Tinggi dengan Pelat Sambung Tunggal Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Teknik Sipil FAISAL BUDIMAN 16511238 Disetujui."
- [5] Taufiq Wahyu Hidayat "Experimental Study Of Square Hollow Section High Slenderness Roof Truss With Variations Number Of Connection Bolts"
- [6] M. Hanif Zainul Muttaqin and D. Vinaya Wijanarko, "Analisa Numerik Kekuatan Rangka Mesin Pencampur Ragi Tempe 67 ANALISA NUMERIK KEKUATAN RANGKA MESIN PENCAMPUR RAGI TEMPE."
- [7] R. G. Budynas *et al.*, "Shigley's Mechanical Engineering Design Eighth Edition in SI Units Me Graw Hill."
- [8] T. Ramadhan Fitrianto, B. Rahmat, S. Anggiriani, D. Mulyosari, N. Nurhanifah, and A. Nugroho, "Comparative finite element analysis of teak, mahogany, and pine wood for ergonomic student chair design," *JTTM: Jurnal Terapan Teknik Mesin*, vol. 7, no. 1, pp. 94–103, Apr. 2026, doi: 10.37373/jttm.v7i1.1997.



© 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

- [9] “EVALUATION OF COMPRESSIVE STRENGTH VALUE OF HIGH SLABILITY STEEL ROOF FRAME STRUCTURE WITH SINGLE BOLTS AND PLATE VARIATION USING DIRECT ANALYSIS METHOD VERIFIED BY LABORATORY EXPERIMENT TOWARDS ANALYSIS RESULT USING EFFECTIVE LENGTH METHOD.”
- [10] A. Faber Mario Sidabutar and S. Abdul Rahman Sidik Hasibuan, “PERBANDINGAN DEFLEKSI MAKSIMUM BALOK KANTILEVER DENGAN BEBAN TERPUSAT MENGGUNAKAN METODE ANALITIK, ELEMEN HINGGA, DAN SAP2000,” *Jurnal Teknik SILITEK*, vol. 05, no. 03, 2025.
- [11] G. A. Saputra, “Perancangan Desain 3D dan Analisis Struktur Meja Industri Menggunakan Metode Finite Element Analysis,” *Go-Integratif: Jurnal Teknik Sistem dan Industri*, vol. 5, no. 02, pp. 94–108, Nov. 2024, doi: 10.35261/gijtsi.v5i02.12202.
- [12] H. M. Ali, M. K. Najem, E. T. Karash, and J. N. Sultan, “Stress Distribution in Cantilever Beams with Different Hole Shapes: A Numerical Analysis,” *International Journal of Computational Methods and Experimental Measurements*, vol. 11, no. 4, pp. 205–219, Dec. 2023, doi: 10.18280/ijcmem.110402.
- [13] A. Anwar and R. Rahmadani, “Analisis Metode Elemen Hingga Pada Kolom Komposit, Sambungan Baja dan Keruntuhan Progresif,” *Journal of Infrastructure and Construction Technology*, vol. 3, no. 1, pp. 30–36, May 2025, doi: 10.56208/jictech.3.1.30-36.
- [14] S. Sirait, J. Tarigan, and A. Perwira Mulia, “Kajian Kapasitas Sambungan Plat Buhul Struktur Portal Pylon Jembatan Gantung Menggunakan Software Idea Statica,” *Jurnal Syntax Admiration*, vol. 2, no. 12, pp. 2412–2428, Dec. 2021, doi: 10.46799/jsa.v2i12.352.
- [15] A. Y. K. Ng, Y. H. Lee, T. C. H. Ting, C. S. Tan, and S. Mohammad, “FINITE ELEMENT ANALYSIS OF GUSSET PLATE CONNECTION DESIGN FOR COLD-FORMED STEEL FRAMES,” *Journal of Civil*



© 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

- Engineering, Science and Technology*, vol. 13, no. 1, pp. 59–68, Apr. 2022, doi: 10.33736/jcest.4484.2022.
- [16] I. I. Widyastuti, M. H. P. Kurniawan, A. N. A. Maulidhia, and U. Mudjiono, “Analisis Kekuatan Dudukan Kamar Mesin Kapal dengan Metode Elemen Hingga,” *Blend Sains Jurnal Teknik*, vol. 4, no. 2, pp. 417–422, Oct. 2025, doi: 10.56211/blendsains.v4i2.1289.
- [17] E. B. Kurniawan and A. G. Wailanduw, “ANALISIS STRUKTUR PADA DESAIN CHASSIS MOBIL LISTRIK RODA TIGA MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA.”
- [18] D. Dan *et al.*, “45 Wibawa, Lasinta Ari Nendra,” *Jurnal Teknik Mesin*, vol. 5, no. 2, 2019.
- [19] M. I. Rusydi and B. Prabowo, “ANALISIS FACTOR OF SAFETY HOUSING BEARING DENGAN PENDEKATAN FINITE ELEMENT METHOD,” vol. 5, no. 1, 2025.
- [20] M. I. Mahfud and R. H. Rahmanto, “ANALISA KEKUATAN STRUKTUR PADA KURSI KENDARAAN TERHADAP UJI TABRAK DENGAN MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA.”
- [21] An Nisa Magnoha “*Analisis Statik Linear Struktur Crane Menggunakan Metode Elemen Hingga Berbasis Simulasi Beam Pada Berbagai Material Dan Kondisi Pembebanan*”
- [22] Y. Permadi, R. R. Pradiza, and Moh. R. Juliarsyah, “DESAIN DAN MODIFIKASI STRUKTUR SASIS KENDARAAN LISTRIK RODA TIGA UNTUK PENINGKATAN FAKTOR KEAMANAN MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA,” *MULTITEK INDONESIA*, vol. 19, no. 2, pp. 182–192, Jan. 2026, doi: 10.24269/mtkind.v19i2.12439.
- [23] R. Candra Putra and L. Hakim, “ANALISA KEKUATAN SAMBUNGAN LAS SMAW PIPA GALVANIS 2 INCH PIPA PDAM DENGAN METODE UJI TARIK,” vol. 6, no. 1, 2022.
- [24] S. Gracea Lawolo *et al.*, “Analisis Kekuatan Frame Trailer menggunakan Finite Element Methode (FEA),” *Journal of Mechanical and Electrical Technology*, vol. 04, no. 02, 2025.



© 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

- [25] R. G. Budynas and J. Keith Nisbett, “Shigley’s Mechanical Engineering Design 10th Edition.”
- [26] M. Hanif Zainul Muttaqin and D. Vinaya Wijanarko, “Analisa Numerik Kekuatan Rangka Mesin Pencampur Ragi Tempe 67 ANALISA NUMERIK KEKUATAN RANGKA MESIN PENCAMPUR RAGI TEMPE.”
- [27] F. E. Naufalina, M. Rendra, and M. A. P., “PERANCANGAN DESAIN KEMASAN PRODUK GULA SEMUT PESANTREN AT-TAQWA SALAWU TASIKMALAYA,” *Charity*, vol. 6, no. 1a, p. 79, Mar. 2023, doi: 10.25124/charity.v6i1a.5913.
- [28] A. Pruhs *et al.*, “Implementation of Circular Design Principles in Industrial Product Development,” *Journal of Circular Economy*, vol. 3, no. 3, Dec. 2025, doi: 10.55845/irvu6231t2026.
- [29] H. Florén, J. Frishammar, V. Parida, and J. Wincent, “Critical success factors in early new product development: a review and a conceptual model,” *International Entrepreneurship and Management Journal*, vol. 14, no. 2, pp. 411–427, Jun. 2018, doi: 10.1007/s11365-017-0458-3.
- [30] D. Park, J. Han, and P. R. N. Childs, “266 Fuzzy front-end studies: current state and future directions for new product development,” *Res. Eng. Des.*, vol. 32, no. 3, pp. 377–409, Jul. 2021, doi: 10.1007/s00163-021-00365-w.
- [31] S. Goetz, B. Schleich, and S. Wartack, “Integration of robust and tolerance design in early stages of the product development process,” *Res. Eng. Des.*, vol. 31, no. 2, pp. 157–173, Apr. 2020, doi: 10.1007/s00163-019-00328-2.
- [32] Y. Agefa Purnama and F. Debora, “A Systematic Literature Review of Benchmarking Implementation in various Industries,” 2021. [Online]. Available: <http://publikasi.mercubuana.ac.id/index.php/ijiem>
- [33] S. Revfi, M. Spadinger, F. Kraus, and A. Albers, “Function-based benchmarking to identify competitor-based lightweight design potentials,” in *Procedia CIRP*, Elsevier B.V., 2019, pp. 526–531. doi: 10.1016/j.procir.2019.04.231.
- [34] P. Sheppard and S. Rahimifard, “Improving energy efficiency in manufacturing using peer benchmarking to influence machine design



© 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

innovation,” *Clean Technol. Environ. Policy*, vol. 21, no. 6, pp. 1213–1235, Aug. 2019, doi: 10.1007/s10098-019-01701-4.

- [35] K. Ra’if Naufal and N. Yongkimandalan, “PENGARUH VARIASI ARUS GAS METAL ARC WELDING (GMAW) TERHADAP KEKUATAN TARIK SAMBUNGAN T-JOINT PADA CROSSMEMBER BAJA JIS G3101 SS400,” *Jurnal CRANKSHAFT*, vol. 9, no. 1, 2026.
- [36] Affandi and S. Huzni, “Analisis Numerik Kekuatan Puntir Baja Karbon Rendah Menggunakan Software (Solidworks),” *R.E.M. (Rekayasa Energi Manufaktur) Jurnal*, vol. 6, no. 2, pp. 29–36, Dec. 2021, doi: 10.21070/r.e.m.v6i2.1628.
- [37] H. Hasan, M. C. Aprianto, J. Maulana, E. R. Apipah, G. Heryana, and A. Amir, “Effect of Current Variation on the Mechanical Properties and Microstructure of GTAW-Welded SS400 Steel,” *Turbo : Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, vol. 14, no. 2, Dec. 2025, doi: 10.24127/trb.v14i2.4588.
- [38] I. I. Widyastuti, M. H. P. Kurniawan, A. N. A. Maulidhia, and U. Mudjiono, “Analisis Kekuatan Dudukan Kamar Mesin Kapal dengan Metode Elemen Hingga,” *Blend Sains Jurnal Teknik*, vol. 4, no. 2, pp. 417–422, Oct. 2025, doi: 10.56211/blendsains.v4i2.1289.
- [39] M. I. Mahfud and R. H. Rahmanto, “ANALISA KEKUATAN STRUKTUR PADA KURSI KENDARAAN TERHADAP UJI TABRAK DENGAN MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA.”
- [40] M. I. Rusydi and B. Prabowo, “ANALISIS FACTOR OF SAFETY HOUSING BEARING DENGAN PENDEKATAN FINITE ELEMENT METHOD,” vol. 5, no. 1, 2025.



© 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

LAMPIRAN

Lampiran 1. 1 Meja dan Kursi Kantilever



Lampiran 1. 2 Material Hollow



POLITEKNIK



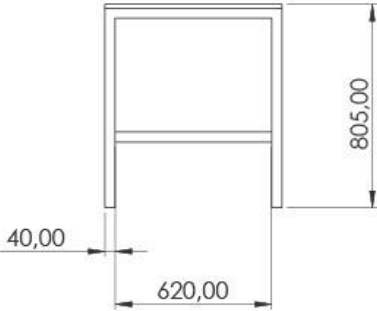
© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 1. 3 Drawing Meja

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

Tingkat dan Harga Kekasaran						Toleransi							
						Ukuran nominal (mm)	>0,5-3	>3-6	>6-30	>30-120	>120-315	>315-1000	>1000-3000
N12	50	N8	3.2	N4	0.2								
N11	25	N7	1.6	N3	0.1								
N10	12.5	N6	0.8	N2	0.05								
N9	6.3	N5	0.4	N1	0.025								

Jumlah	Nama Bagian	No. Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan
III	II	I	Perubahan :		
Meja Kaintilever				Skala	Digambar
				1 : 1	Diperiksa
Politeknik Negeri Jakarta				No : .../6Q/....	

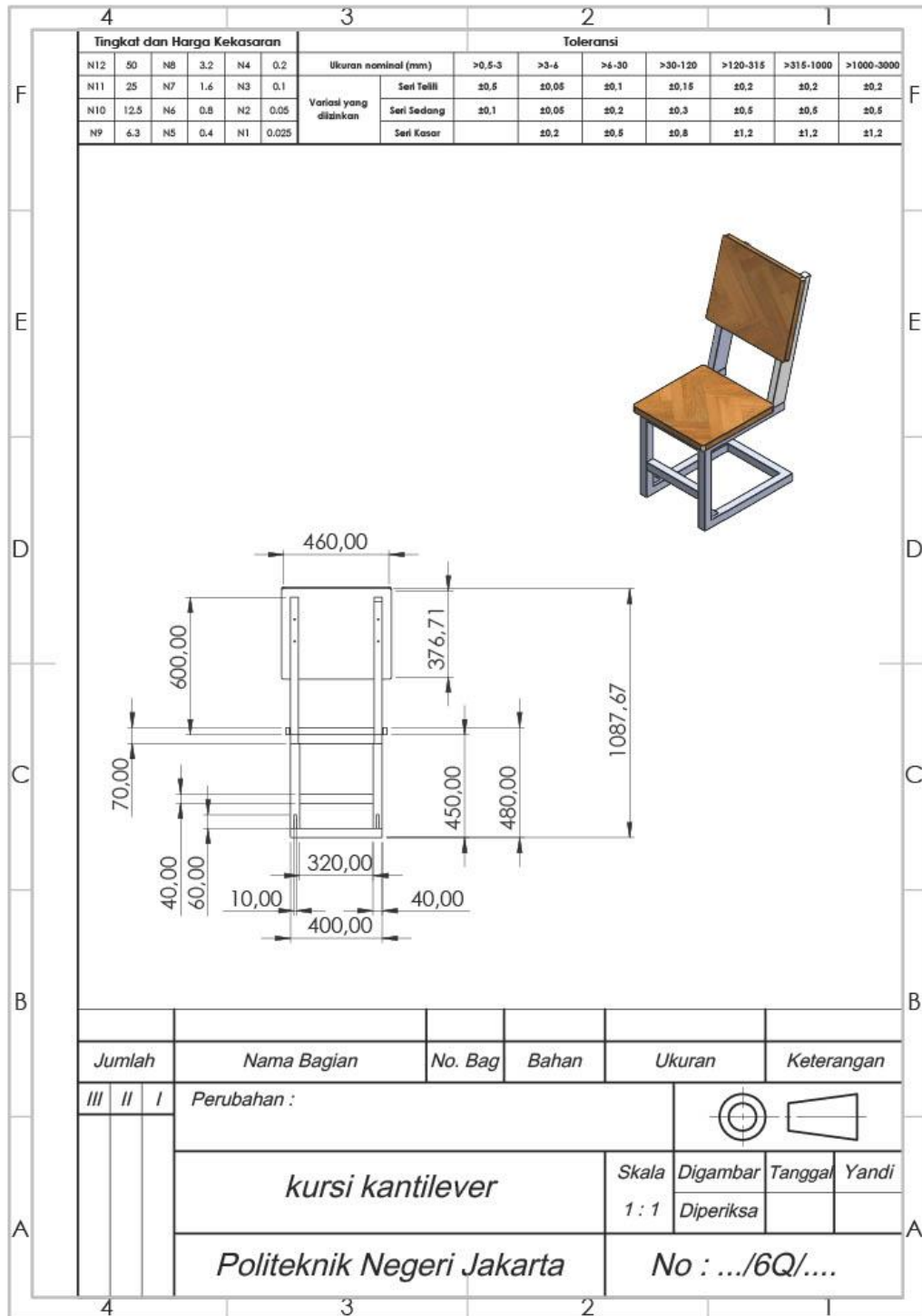


© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 1. 4 Drawing Kursi

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





© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 1. 5 Dokumentasi FGD



**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