

HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan penuh rasa syukur, karya skripsi ini saya persembahkan sepenuhnya kepada :

- a. Kedua orang tua tercinta, Mayor Ahmad Ridiyanto dan Ibu Nugraeni Amin Purwanti yang selalu mendoakan dan memberikan dukungan berupa moril maupun materiil selama hidup, terutama selama masa kuliah dan penyusunan skripsi ini;
- b. Keluarga besar Aris Prayogo yang selama ini selalu memberikan dukungan selama ini baik itu berupa moril maupun materiil;
- c. Dr. Ir.Erno Widayanto S.T.,M.T., selaku dosen pembimbing yang senantiasa membimbing, membantu, dan mengarahkan penulis selama proses pengerjaan skripsi ini;
- d. Teman-teman seperjuangan Daptera yang selalu memberikan motivasi, mengerjakan bersama, dan memberikan dukungan kepada penulis dalam menyusun skripsi ini;
- e. Teman-teman tersayang saya Fiona, Farda, Candra, Rizka, Fuja, Yana, Lina, Eva, Aksa, Bayu dan seluruh manusia baik yang saya temui dari seluruh penjuru dunia.
- f. Seluruh dosen Program Studi S1 Teknik Sipil yang telah mengajar dan membimbing penulis semasa kuliah;
- g. Keluarga besar Pengurus Himpunan Mahasiswa Sipil Periode 2024 dan 2025 yang memberikan penulis banyak pelajaran mengenai cara berpikir kritis, dan berorganisasi sebagai bekal di masa depan;
- h. Universitas Jember yang telah memberikan penulis kesempatan untuk belajar dibawah naungan instansi yang penulis banggakan ini.

HALAMAN MOTO

*“Let your days be guided by purpose, not pressure; every small, honest effort you
make today quietly shapes a future you can respect.”*

- T



HALAMAN PERNYATAAN ORISINILITAS

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Azzahra Putri Sekar Arimbi

NIM : 221910301063

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul: “Analisis Sambungan *Innovative Cruciform Bolted* Pada Bangunan Modular *Box Baja*” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan skripsi ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 15 Juli 2026

Yang menyatakan,



Azzahra Putri Sekar Arimbi

NIM. 221910301063

HALAMAN PERSETUJUAN

Skripsi berjudul “ANALISIS SAMBUNGAN *INNOVATIVE CRUCIFORM BOLTED* PADA BANGUNAN MODULAR *BOX BAJA*” oleh :

Nama : Azzahra Putri Sekar Arimbi

NIM 221910301063

Telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Teknik Universitas Jember pada

Hari : Kamis

Tanggal : 9 Juli 2026

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Pembimbing

1. Dr. Ir. Erno Widayanto S.T., M.T.

NIP. 197004191998031002

Tanda Tangan

(.....)

Penguji

1. Penguji Utama

Dr. Ir. Ketut Aswatama Wiswamitra, S.T., M.T.,

NIP. 197007132000121001

(.....)

2. Penguji Anggota

Ir. Nanin Meyfa Utami S.T., M.T.,

NIP. 198605112023212029

(.....)

ABSTRAK

Perkembangan konstruksi di Indonesia menuntut metode pembangunan yang cepat, efisien, dan berkelanjutan. Sistem bangunan modular baja menjadi salah satu alternatif karena proses fabrikasi dapat dilakukan di pabrik dan perakitan dilakukan di lapangan. Namun, kinerja sambungan antar-modul masih menjadi aspek kritis, terutama dalam menerima gaya aksial, geser, momen lentur, dan gaya lateral. Penelitian ini bertujuan merencanakan bangunan modular baja, merancang sambungan *innovative cruciform bolted*, serta mencari kebutuhan sambungan dan kinerja terhadap gaya yang terjadi dalam pada bangunan modular box baja. Studi dilakukan menggunakan profil HSS 250×250×30×30 mm bangunan RS 3 lantai. Analisis struktur dilakukan dengan bantuan aplikasi, dengan mengacu pada AISC 360-16 melalui kontrol rangka baja HSS, kontrol baut, las, pelat sambung, tumpu pelat, dan blok geser. Hasil analisis menunjukkan profil HSS tergolong kompak dengan rasio kelangsingan $6,33 < 26,85$. Lendutan lifting maksimum pada bentang terpanjang yaitu 0,38 mm masih lebih kecil dari batas 11,11 mm. Validasi gaya dalam menunjukkan $P_u = 177,285$ kN, $M_u = 13,30$ kNm, dan $V_u = 21,06$ kN dengan rasio desain seluruhnya kurang dari 1,0. Sambungan menggunakan baut A325 diameter 20 mm, tebal pelat sambung 10 mm, dan las sudut 5 mm menghasilkan rasio utilisasi baut 0,01103, las 0,02718, pelat leleh 0,03844, pelat fraktur 0,04247, dan blok geser 0,02314. Dengan demikian, desain struktur dan sambungan *innovative cruciform bolted* memenuhi syarat keamanan terhadap gaya yang bekerja.

Kata kunci: modular box baja, profil baja HSS, sambungan baja cruciform bolted, sambungan interior.

ABSTRACT

Developments in the construction sector in Indonesia call for rapid, efficient and sustainable construction methods. Modular steel building systems offer one such alternative, as fabrication can be carried out in a factory whilst assembly takes place on-site. However, the performance of the joints between modules remains a critical aspect, particularly in terms of their ability to withstand axial forces, shear forces, bending moments and lateral forces. This research aims to plan a modular steel building, design an innovative cruciform bolted connection, and determine the connection requirements and performance in response to the forces acting within a modular steel box structure. The study was conducted using 250×250×30×30 mm HSS profiles for a three-storey hospital building. Structural analysis was carried out using software, in accordance with AISC 360-16, by checking the HSS steel frame, bolts, welds, connection plates, plate supports, and shear blocks. The analysis results show that the HSS profiles are classified as compact, with a slenderness ratio ranging from 6.33 to 26.85. The lifting deflection is still less than the permissible limit of $L/360$ (mm). Validation of internal forces shows $P_u = 177.285$ kN, $M_u = 13.30$ kNm, and $V_u = 21.06$ kN, with all design ratios less than 1.0. The connection, utilising 20 mm diameter A325 bolts, 10 mm thick plates and 5 mm fillet welds, yields a bolt utilisation ratio of 0.01103, a weld utilisation ratio of 0.02718, a plate yield utilisation ratio of 0.03844, a plate fracture utilisation ratio of 0.04247 and a shear block utilisation ratio of 0.02314. Thus, the innovative cruciform bolted structural and joint design meets the safety requirements against forces that worked.

Keywords: modular steel box, HSS steel profiles, cruciform bolted steel joints, interior joints.

RINGKASAN

Penelitian ini meninjau kebutuhan industri konstruksi di Indonesia terhadap metode pembangunan yang lebih cepat, efisien, dan berkelanjutan. Sistem konstruksi konvensional masih memiliki beberapa kelemahan, seperti waktu pelaksanaan yang relatif lama, kebutuhan pekerjaan lapangan yang besar, serta potensi limbah konstruksi yang tinggi. Konstruksi modular baja menjadi salah satu alternatif karena komponen bangunan dapat diproduksi secara prefabrikasi di pabrik, kemudian dirakit di lokasi proyek. Namun, keberhasilan sistem modular sangat dipengaruhi oleh kinerja sambungan antar-modul, terutama pada bangunan bertingkat dan wilayah dengan pengaruh gempa. Oleh karena itu, penelitian ini difokuskan pada analisis sambungan *innovative cruciform bolted* sebagai alternatif sambungan modular baja yang mudah dipasang.

Rumusan masalah dalam penelitian ini mencakup tiga hal utama, yaitu rencana desain bangunan modular baja yang digunakan, rencana desain sambungan *innovative cruciform bolted*, serta kinerja sambungan tersebut pada sambungan kolom dalam bangunan modular box baja. Untuk menjawab rumusan masalah tersebut, penelitian dilakukan merencanakan ulang bangunan RS 3 lantai menggunakan profil HSS 250×250×30×30 mm dengan mutu baja ASTM A500. Pemodelan struktur dilakukan menggunakan AutoCAD dan ETABS, sedangkan evaluasi sambungan dilakukan berdasarkan AISC 360-16 melalui kontrol kekuatan baut, las, pelat sambung, tumpu pelat, dan blok geser.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa desain bangunan modular baja memenuhi syarat keamanan struktur. Profil HSS 250×250×30×30 mm tergolong kompak dengan rasio kelangsingan 6,33 yang lebih kecil dari batas kompak 26,85. Pada kondisi lifting lendutan maksimum pada bentang terpanjang yaitu 0,38 mm masih lebih kecil dari batas 11,11 mm, sehingga modul aman terhadap deformasi saat pengangkatan. Validasi gaya dalam menunjukkan gaya aksial kolom sebesar 177,285 kN, momen balok sebesar 13,30 kNm, dan gaya geser balok sebesar 21,06

kN. Rasio desain juga memenuhi syarat, yaitu rasio momen 0,01937, rasio geser 0,098303, rasio hubungan balok-kolom tekan-lentur 0,050134, dan rasio hubungan balok-kolom geser-torsi 0,053223.

Sambungan *innovative cruciform bolted* direncanakan menggunakan pelat cruciform, pelat sambung tebal 30 mm, baut mutu tinggi A325 diameter 20 mm, dan las sudut 5 mm. Gaya rencana sambungan yang digunakan adalah P_u sebesar 30,1 kN, V_u sebesar 21,2 kN, dan M_u sebesar 13,5 kNm. Hasil evaluasi menunjukkan rasio baut 0,01103, las 0,02718, pelat leleh 0,03844, pelat fraktur 0,04247, dan blok geser 0,02314. Seluruh rasio tersebut lebih kecil dari 1,0, sehingga sambungan dinyatakan aman dalam menahan gaya aksial, geser, momen, dan gaya lateral. Dengan demikian, penelitian ini menjawab urgensi kebutuhan sambungan modular baja yang aplikatif, aman, dan sesuai untuk pengembangan konstruksi modular baja di Indonesia.

PRAKATA

Puji Syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT. Atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga skripsi berjudul ” Analisis Sambungan *Innovative Cruciform Bolted* Pada Bangunan Modular Box Baja” ini dapat diselesaikan tepat waktu sebagai salah satu syarat memenuhi persyaratan akademik di Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada :

1. Dr. Ir. Triwahju Hardianto, S.T., M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember;
2. Dr. Ir. Ketut Aswatama Wiswamitra, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas Jember;
3. Dr. Ir. Erno Widayanto S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan perhatian dalam penulisan skripsi ini;
4. Dr. Ir. Ketut Aswatama Wiswamitra, S.T., M.T., selaku dosen penguji utama, dan Ir. Nanin Meyfa Utami S.T., M.T., selaku dosen penguji anggota yang telah memberikan masukan dan arahan dalam penyempurnaan skripsi ini;
5. Ir. Syamsul Arifin S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing selama penulis menjadi mahasiswa.

Segala kritik dan saran dari semua pihak akan diterima demi kesempurnaan skripsi ini. Akhir kata, skripsi ini diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata serta wawasan tambahan bagi pembaca maupun pengembangan ilmu pengetahuan di bidang terkait.

DAFTAR ISI

COVER	
HALAMAN PERSEMBAHAN	i
HALAMAN MOTO.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINILITAS.....	iii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iv
ABSTRAK	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
RINGKASAN	vii
PRAKATA.....	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB 2 LANDASAN TEORI.....	5
2.1 Konstruksi Prefabrikasi Modular Box	5
2.2 Struktur Rangka Baja	6
2.2.1 Sifat Material Baja	6
2.2.2 Jenis-Jenis Profil Baja	8
2.2.3 <i>Hollow Structural Section (HSS) Steel</i>	9
2.2.4 Perilaku Kegagalan Struktur Baja	10
2.3 Jenis Sambungan Antar-Modular Baja.....	13
2.3.1 Sambungan Berdasarkan Pengikat Utama	13
2.3.2 Sambungan Berdasarkan Perletakannya	15
2.4 Inovasi Sambungan Modular (<i>Innovative Cruciform Bolted</i>).....	16
2.4.1 Konfigurasi Sambungan.....	17

2.4.2 Alur Instalasi	17
2.5 Gaya dan Perilaku yang Terjadi	18
2.5.1 Beban Aksial pada Kolom.....	18
2.5.2 Beban Lateral Sambungan Kolom Balok.....	19
2.5.3 Gaya mempengaruhi Kegagalan	20
2.6 Metode Elemen Hingga (<i>FEA/FEM</i>)	21
2.7 Standar dan Panduan Desain	23
BAB 3 METODOLOGI.....	24
3.1 Lokasi Penelitian.....	24
3.2 Jenis dan Sumber Data	24
3.3 Prosedur Penelitian.....	26
3.3.1 Tahapan Persiapan	26
3.3.2 Pengumpulan Data	26
3.3.3 Spesifikasi Material.....	28
3.3.4 Kombinasi Pembebanan.....	30
3.3.5 Tahap Pemodelan dan Analisis.....	34
3.3.6 Tahap Metode Pelaksanaan	34
3.4 Bagan Alir Penelitian	36
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	38
4.1 Preliminary Redesign Modular Box.....	38
4.1.1 Perencanaan Dimensi Modular	38
4.1.2 Perencanaan Box Modular	45
4.1.3 Kontrol Aksial Modular Terintegrasi	47
4.1.4 Kontrol Lateral Struktur Modular	60
4.2 Pemodelan dan Analisis Detail Sambungan.....	66
4.2.1 Pemodelan Sambungan	66
4.2.2 Analisis Sambungan.....	70
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	77
5.1 Kesimpulan	77
5.2 Saran.....	77
LAMPIRAN.....	78

DAFTAR PUSTAKA	79
----------------------	----



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kombinasi Pembebanan	19
Tabel 3.1 Jenis Data Masukan	24
Tabel 3.2 Deskripsi Data Primer	27
Tabel 3.3 Tabel Spesifikasi Rencana	28
Tabel 3.4 Parameter Gempa (Sumber: Spesifikasi Referensi)	32
Tabel 3.5 Koefisien Gempa Seismik	33
Tabel 3.6 Kombinasi Pembebanan	33
Tabel 4.1 Data Geometri	45
Tabel 4.2 Data Pembebanan Lifting	45
Tabel 4.3 Rekapitulasi Lendutan	47
Tabel 4.4 Penjabaran Kombinasi Pembebanan	47
Tabel 4.5 Rekapitulasi Nilai Analisis Modular	60
Tabel 4.6 Kontrol Partisipasi Massa	60
Tabel 4.7 Hasil ETABS Periode dan Frekuensi	62
Tabel 4.8 Penskalaan Gempa	63
Tabel 4.9 Hasil Defleksi Arah X	65
Tabel 4.10 Hasil Defleksi Arah Y	65
Tabel 4.11 Simpangan Antar Lantai X dan Y	65
Tabel 4.12 Tabel Data Perencanaan Sambungan	70
Tabel 4.13 Data Geometri Sambungan	71
Tabel 4.14 Rekapitulasi Analisis Sambungan	76

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Modular Buildings Box.....	5
Gambar 2.2 Kurva Tegangan Regangan	8
Gambar 2.3 Spesifikasi ASTM	10
Gambar 2.4 Macam-macam Sambungan Kategori Locking Devices	13
Gambar 2.5 Macam-macam Sambungan Kategori Post Tensioned	14
Gambar 2.6 Macam-macam Sambungan Kategori Bolted	15
Gambar 2.7 Perletakkan Sambungan Antar-Modular	15
Gambar 2.8 Sambungan Cruciform Bolted.....	16
Gambar 2.9 Konfigurasi Innovative Cruciform Bolted	18
Gambar 3.1 Layout Lokasi Penelitian.....	24
Gambar 3.2 Denah Lantai 1	27
Gambar 3.3 Ruang Terbesar pada Denah Lantai 1	28
Gambar 3.4 Hubungan Antar Kolom-Balok dengan Sambungan.....	29
Gambar 3.5 Konfigurasi Pelat Salib Baut.....	30
Gambar 3.6 Peta penentuan Ss.....	31
Gambar 3.7 Peta Penentuan S1	31
Gambar 3.8 Grafik dan Tabel Respon Spektrum	32
Gambar 3.9 Diagram Alur Penelitian.....	36
Gambar 3.10 Diagram Alur Pengerjaan Aplikasi.....	37
Gambar 4.1 Desain Perencanaan Modular Box.....	38
Gambar 4.2 Penampang Profil HSS Square.....	39
Gambar 4.3 Spesifikasi EPS Panel Sandwich.....	40
Gambar 4.4 Alur Prefabrikasi Modular.....	41
Gambar 4.5 Alur Mobilisasi Modular	42
Gambar 4.6 Alur Lifting Modular.....	42
Gambar 4.7 Alur Instalasi (a) Modular, (b) Sambungan.....	43
Gambar 4.8 Cek Lendutan Lifting ETABS.....	46
Gambar 4.10 Output ETABS Cek Kapasitas Penampang.....	51
Gambar 4.11 Output ETABS Pembebanan Kolom	52
Gambar 4.12 Perhitungan Pu Kolom	53
Gambar 4.13 Output ETABS Kontrol Pu Kolom.....	53
Gambar 4.15 Rumus Mu dan Vu.....	55
Gambar 4.16 Output ETABS Validasi: (a)Mu, (b)Vu	55
Gambar 4.17 Perhitungan Mu dan Vu Balok	56
Gambar 4.18 Output Modular Box: (a)Moment Ultimate, (b)Shear Ultimate	56
Gambar 4.18 Perhitungan HBK Gaya Aksial Tekan dan Momen Lentur.....	59
Gambar 4.20 Perhitungan HBK Gaya Geser dan Torsi	60
Gambar 4.21 Tiga Mode Translasi Gempa Bangunan: (a) Mode-1 translasi arah X, (b) Mode 2-translasi arah Y, (c) Mode 3- Torsi.....	61

Gambar 4.22 Nilai Parameter Periode Pendekatan	62
Gambar 4.23 Koefisien untuk Batas Atas pada Periode yang Dihitung	62
Gambar 4.24 Simpangan Antar Tingkat Izin	64
Gambar 4.25 Simpangan Drift	66
Gambar 4.26 Pelat Cruciform (a) Tampak Atas, (b) Tampak Samping, (c) Tampak Isometri	67
Gambar 4.27 (a) Pelat Sambungan Kolom Vertikal, (b) Pelat Sambungan Eksternal.....	68
Gambar 4.28 Sambungan Modular Terintegrasi (a) Tampak Depan (b) Tampak Belakang.....	69
Gambar 4.29 Baut A325.....	69
Gambar 4.30 Jalur Transfer Gaya Sambungan	76

