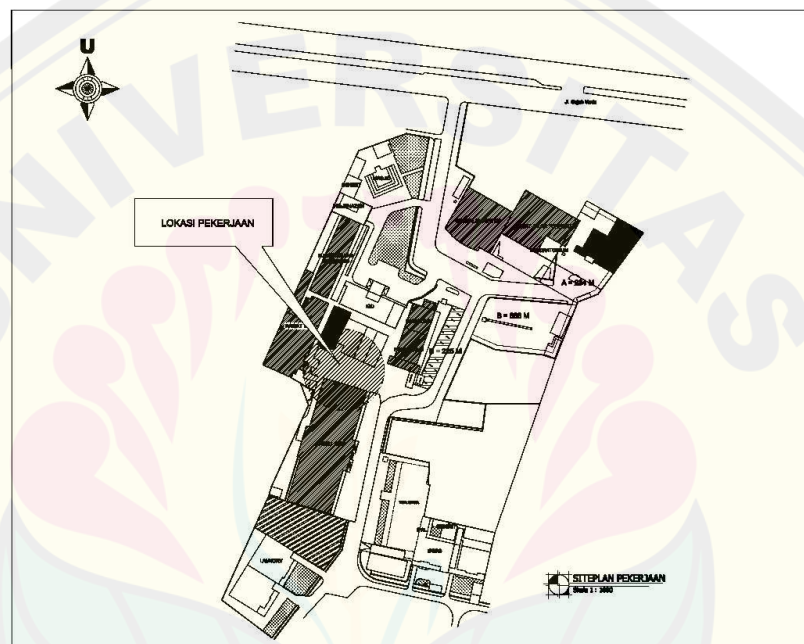


BAB 3 METODOLOGI

3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini mengambil studi kasus pada gedung eksisting yang berada di Rumah Sakit Umum Kaliwates, Jember. Data dari gedung pada Rumah Sakit Kaliwates, Jember akan menjadi dasar untuk merancang ulang bangunan tersebut menjadi sistem modular, terkhusus pada analisa sambungan pada gedung beton modular dan sambungan baja.



Gambar 3.1 Layout Lokasi Penelitian

Sumber: RS Kaliwates, Jember

3.2 Jenis dan Sumber Data

Penelitian ini menggunakan data yang akan dijelaskan dalam tabel 3.1 dibawah ini;

Tabel 3.1 Jenis Data Masukan

Jenis Data			Deskripsi
Data Primer	DED RS Kaliwates Jember	DED Struktural	(Pondasi, Kolom, Balok, Portal as)
		DED Arsitektur	(Denah, Tampak,

			Potongan, Keramik, Plafon, Kusen, Wallprotector, Detail ruang, Detail prinsip, Detail outdoor)
			DED MEP (AC, Air bersih, Air kotor, CCTV, Denah, Fire alarm, Gas medis, Hidrant, Lampu, MATV, Petir, Sound, Stop Kontak)
Data Struktur RS Kaliwates Jember		Data Kombinasi Pembebanan RS Kaliwates Jember	
Data Spektrum Gempa		Data Spektrum Gempa Lokasi Gedung (Jember). Sumber: https://lini.binamarga.pu.go.id/	
Data Pendukung	Standar Indonesia	Nasional	SNI 1727:2020 (Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain)
			SNI 1726:2019 (Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung)
			SNI 1729:2020 (Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural)
			SNI 7860:2020 (Ketentuan Seismik Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural)
			SNI 07-0722-1989 (Baja Canai Panas Untuk Konstruksi Umum)
Pedoman Internasional		Spesifikasi AISC 360-16	(<i>Specification for Structural Steel Buildings</i>)
			<i>Steel Design, Sixth Edition</i> (William

T. Segui, 2017)

ASTM A500, 2021 (Standard Specification for Cold-Formed Welded and Seamless Carbon Steel Structural Tubing in Rounds and Shapes)

SNI ASTM A325 2012 (Spesifikasi Baut Baja Hasil Perlakuan Panas dengan Kuat Tarik Minimum 830 MPa)

3.3 Prosedur Penelitian

Tahapan penelitian yang disusun adalah sebagai berikut:

3.3.1 Tahapan Persiapan

Pada tahap persiapan penelitian terdiri atas beberapa proses, yaitu:

a. Identifikasi dan perumusan masalah

Melakukan riset terhadap masalah yang sedang terjadi di *status quo*, yaitu peluang terhadap modular box yang masih jarang diteliti dan digunakan. Perumusan masalah diambil dari *research gap* yang telah teridentifikasi untuk dianalisis.

b. Studi Literatur

Setelah masalah teridentifikasi, dilanjutkan membaca literatur yang berkaitan dengan masalah diteliti yaitu tentang modular box, jenis-jenis sambungan, pemodelan sambungan, respons struktur, analisis struktur dan validasi perhitungan.

3.3.2 Pengumpulan Data

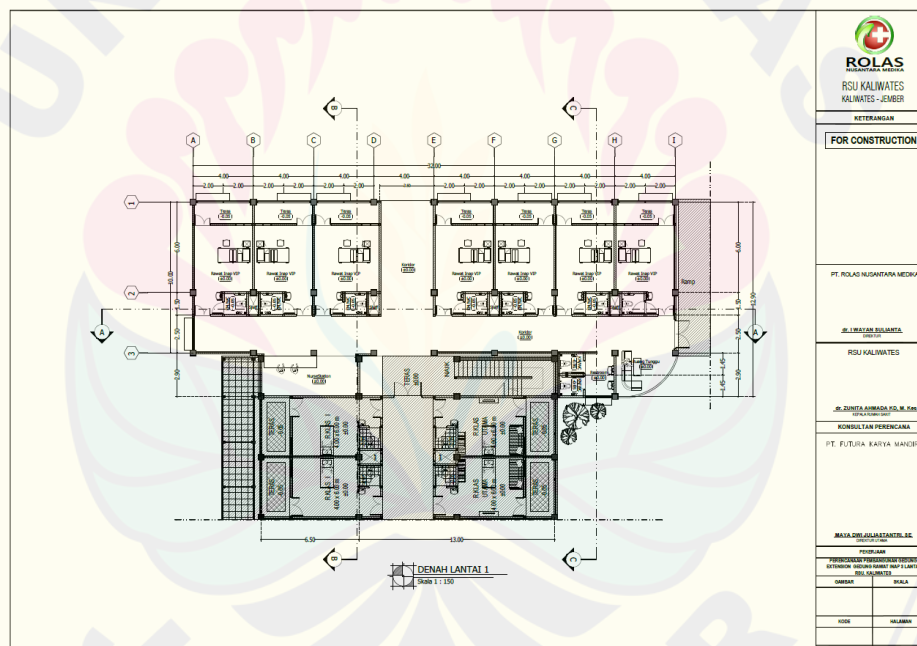
Pengumpulan data meliputi penelusuran bangunan eksisting dan pengajuan permohonan data DED, dimana dalam penelitian ini digunakan data DED 2D berupa AutoCAD, data pembebanan didapat dari rincian material DED, dan data gempa menurut lokasi gedung dari Rumah Sakit Kaliwates Jember. Berikut merupakan data DED yang diperoleh.

Tabel 3.2 Deskripsi Data Primer

(Sumber: Penulis)

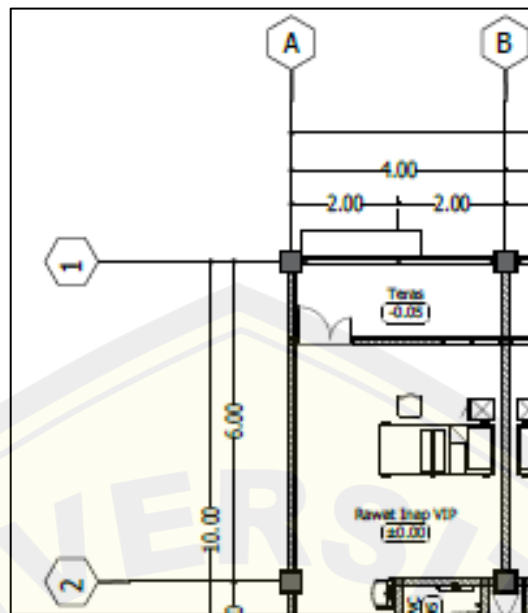
Jenis Data	Deskripsi
DED RSU Kaliwates	- DED Struktur - DED Arsitektur - DED MEP
Data Pembebanan	- Kombinasi pembebanan
Data Spektrum Gempa	- Data spektrum gempa lokasi gedung

Perencanaan ulang menggunakan denah lantai 1 pada bangunan tipikal, dengan ruangan terluas yaitu 6m x 4m. Berikut merupakan data DED yang diperoleh.



Gambar 3.2 Denah Lantai 1

(Sumber: DED RS Kaliwates Jember)



Gambar 3.3 Ruang Terbesar pada Denah Lantai 1
(Sumber: DED RS Kaliwates)

3.3.3 Spesifikasi Material

Berdasarkan perencanaan, kolom HSS square dipilih karena penampangnya yang tertutup dan simetris, sehingga memiliki kapasitas tekan aksial tinggi, stabil terhadap tekuk lentur dan lentur-torsi, memiliki kekakuan torsi sangat baik, dan beban dapat ditransfer seragam dari semua arah. Sedangkan pemilihan hot rolled adalah karena elemen pelat lebih tebal dan kompak, dan kapasitas tekan lebih konsisten dan prediktif.

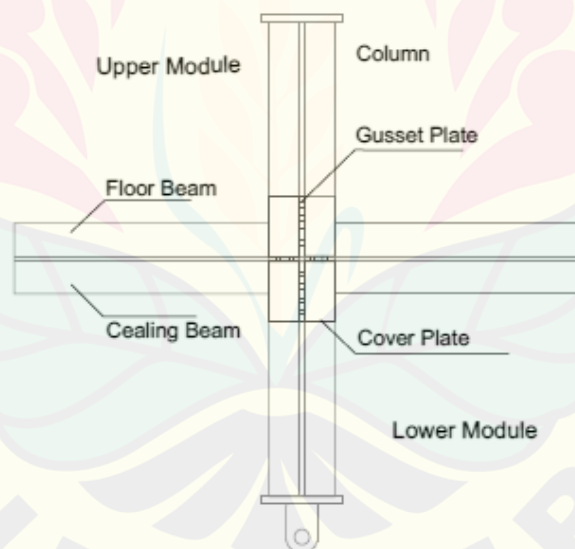
Tabel 3.3 Tabel Spesifikasi Rencana

(Sumber: Penulis)

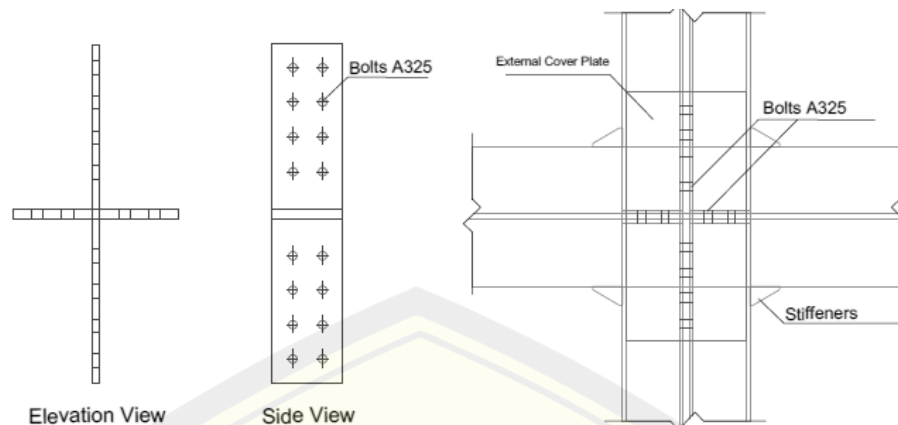
Jenis Profil	Hot Rolled Steel - Square HSS	
Mutu Baja:		
Yield Strength (Fy)	348	Mpa
Tensile Strength (Fu)	450	Mpa
	ASTM A500 Grade B	
Kolom HSS	250x250x30x30	mm

Balok HSS	250x250x30x30	mm
Gusset Plate	Tebal: 30	mm
Pelat Penutup Eksternal	620x400x10	mm
Stiffener Segitiga	100x70x10	mm
Panel EPS Sandwich	4000x3000x200	mm
Mutu Baut	A325	
Beban per Lantai:	(Menurut Data Primer)	
Lantai 1	942,40	Kg/m ²
Lantai 2	942,40	Kg/m ²
Lantai 3	942,40	Kg/m ²

Dalam perencanaan sambungan, konfigurasi merujuk pada jurnal (E. F. Deng dkk., 2018) Dengan penyesuaian dimensi dan kebutuhan baut sesuai kebutuhan peneliti sendiri. Berikut rancangan rangka kolom-balok dengan sambungan.



Gambar 3.4 Hubungan Antar Kolom-Balok dengan Sambungan
(Sumber: Penulis)



Gambar 3.5 Konfigurasi Pelat Salib Baut
(Sumber: Penulis)

3.3.4 Kombinasi Pembebanan

1. Beban Aksial

a) Beban Mati

Berdasarkan SNI 1727:2020, pembebanan dijabarkan sebagai berikut. Dikarenakan

Berat jenis material beton	2400	Kg/m ³
Berat jenis material baja	7850	Kg/m ³

b) Beban Hidup

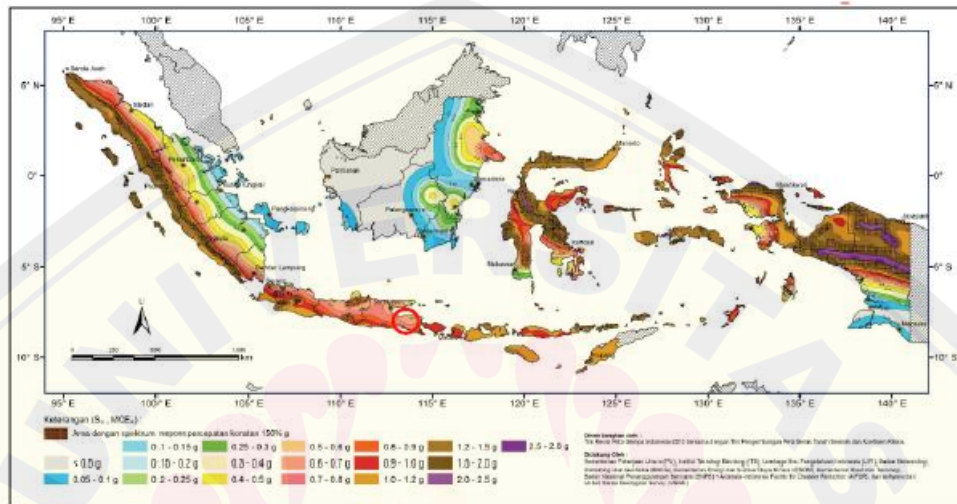
Beban hidup dibagi menjadi dua, yaitu beban hidup lantai dan atap. Beban hidup rumah sakit didapat dari SNI 1727:2020 Tabel 4-3-1.

Beban hidup lantai	2,87	Kg/m ²
Beban hidup atap	0,96	Kg/m ²

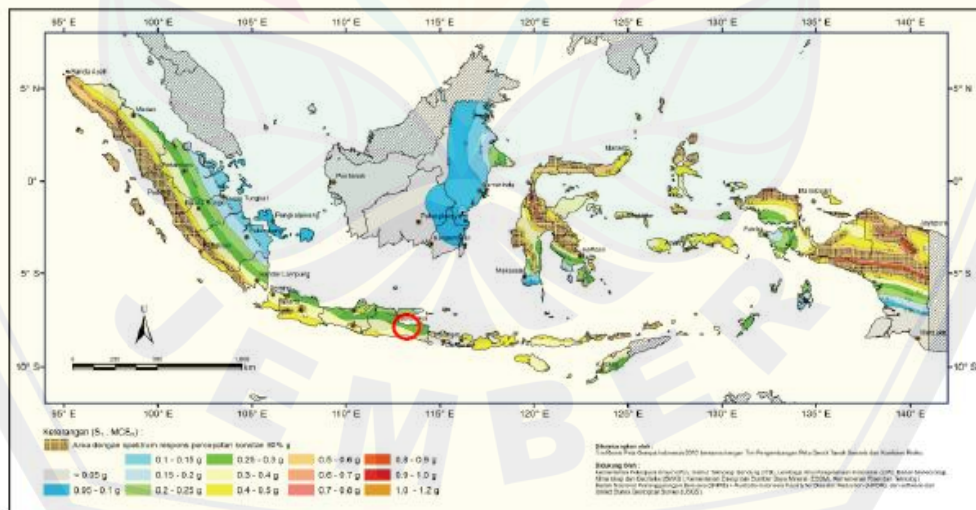
2. Beban Lateral

Lokasi Proyek	=	Jember
Jenis bangunan	=	Rumah Sakit
Kategori Resiko	=	IV
Kategori seismic	=	D
Kecepatan respon spektral	S _s	= 0,75 g
pada periode pendek	S ₁	= 0,40 g

Klasifikasi situs tanah SNI 1726 –	=	SC
2012 (Tabel 3)	=	Tanah Keras
Sistem rangka	=	Khusus (SPRMK)



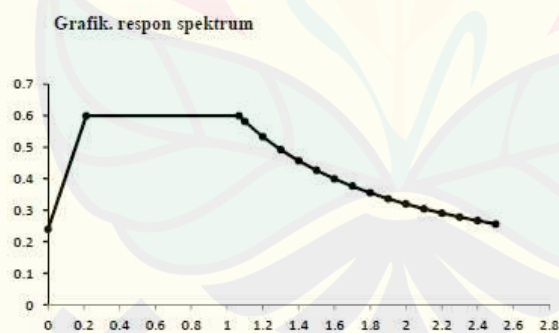
Gambar 3.6 Peta penentuan Ss
(Sumber : Lini Binamarga PU)



Gambar 3.7 Peta Penentuan S1
(Sumber: Lini Binamarga PU)

Tabel 3.4 Parameter Gempa
(Sumber: Spesifikasi Referensi)

Koefisien situs perioda pendek	F_a	= 1,20
Koefisien situs perioda panjang	F_v	= 2,40
Parameter percepatan respon spektra perioda pendek	$S_{MS} = F_a \cdot S_s$	= 0,900
Parameter percepatan respon spektra yang disesuaikan	$S_{M1} = F_a \cdot S1$	= 0,960
$S_{DS} = \frac{2}{3} \cdot S_{MS}$		= 0,600
$S_{D1} = \frac{2}{3} \cdot S_{M1}$		= 0,640
$T_0 = 0,2 \cdot \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$		= 0,213
$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$		= 1,067
$S_a = S_{DS}(0,4 + 0,6 \frac{T_s}{T_0})$		= 0,240



Periode	Akselerasi
0.000	0.240
0.213	0.600
1.067	0.600
1.100	0.582
1.200	0.533
1.300	0.492
1.400	0.457
1.500	0.427
1.600	0.400
1.700	0.376
1.800	0.356
1.900	0.337
2.000	0.320
2.100	0.305
2.200	0.291
2.300	0.278
2.400	0.267
2.500	0.256

Gambar 3.8 Grafik dan Tabel Respon Spektrum

(Sumber: Lini Binamarga PU)

Tabel 3.5 Koefisien Gempa Seismik

(Sumber: Spesifikasi Referensi)

Faktor keutamaan gempa	I_e	=	1,50	
Tinggi bangunan	h_n	=	12.00	m
Kecepatan respon spektral pada periode pendek		=		
	C_t	=	0,0466	
	α	=	0,90	
$T = C_t \cdot h_n^\alpha$		=	0,436	detik
Rangka pemikul momen khusus	R	=	8	
	Ω	=	3	
	C_d	=	5,5	
Koefisien respons seismik	$C_s = \frac{S_{DS}}{(\frac{R}{I_e})}$	=	0,113	
Koefisien respons seismik	$C_s = \frac{S_{DS}}{T \cdot (\frac{R}{I_e})}$	=	0,258	
Koefisien respons seismik	$C_s = 0,044 \cdot S_{DS} \cdot I_e$	=	0,040	
Koefisien respons seismik	C_s pakai	=	0,113	
Berat bangunan	W	=	684,22	kN
Geser dasar seismik	$V = C_s \times W$	=	76,97	kN

3. Kombinasi Pembebanan

Beban kombinasi merujuk pada SNI 1726:2020 Pasal 4.2.2 dan 7.7.2 digunakan untuk desain elemen struktur.

Tabel 3.6 Kombinansi Pembebanan

(Sumber: Penulis)

1.	Beban Mati Saja	1.4D		
2.	Mati + Hidup + Hujan	1.2D	1.6L	0.5Lr
3.	Mati + Hidup + Angin	1.2D	1.6L	0.5W

4.	Mati + Hidup + Angin + Hujan	1.2D	1.0L	1.0W	0.5Lr
5.	Mati + Hidup + Gempa	1.35D	1.0L	1.0E	

3.3.5 Tahap Pemodelan dan Analisis

1. Pemodelan dan analisis modular

Pemodelan struktur global dilakukan untuk mengetahui dimensi riil dari bangunan modular, baik dari pemodelan struktur dalam 2D dan 3D dengan menggunakan aplikasi AutoCAD dan ETABS. Analisis pada struktur dimulai dari perletakkan pembebanan sebagai tinjauan perhitungan untuk mengetahui kontrol keamanan dari bangunan modular.

2. Pemodelan dan analisis sambungan

Pemodelan yang sudah di buat pada AutoCAD, evaluasi melalui perhitungan desain berdasarkan SNI 1729:2020 dan aplikasi FEA untuk mendapatkan kebutuhan sambungan dan control keamanan sambungan terencana.

3.3.6 Tahap Metode Pelaksanaan

1. Prefabrikasi (*In-Plant Production*)

- Fabrikasi Rangka Baja Utama: Pemotongan dan perakitan HSS 250.250.30.30 untuk kolom dan balok. Pengelasan antar profil harus mengikuti standar untuk memastikan perilaku yang kuat.
- Fabrikasi Komponen Sambungan *Cruciform*: Pembuatan pelat-pelat penyambung (*cruciform plates*) dan pengeboran lubang baut pada titik-titik pertemuan modul.
- Perakitan Box Modular: Pengelasan rangka balok dan kolom menjadi unit kotak (*box*).
- Pemasangan Panel EPS *Sandwich*: Instalasi panel untuk dinding, lantai, dan atap dilakukan di pabrik. Panel dipasang pada rangka baja dengan potongan untuk pintu dan jendela sesuai kebutuhan.

2. Mobilisasi

- Proteksi Modul: Pembungkusan modul (*shrink wrap*) untuk melindungi panel EPS *sandwich* dari cuaca dan debu selama

perjalanan.

- Pemuatan: Penggunaan spreader beam saat menaikkan modul ke atas truk lowbed untuk mencegah lendutan atau deformasi pada rangka baja akibat beban sendiri (*self-weight*).
- *On-Site Staging*: Penempatan modul di area penyimpanan sementara di lokasi proyek dengan alas (*blocking*) yang rata agar struktur tidak mengalami puntir sebelum dipasang.

3. Lifting

- Pemilihan Alat Angkat: Penentuan kapasitas Crane (*Mobile Crane* atau *Tower Crane*) berdasarkan berat unit modular dan radius angkat terjauh di lapangan.
- *Rigging Plan*: Penentuan titik angkat (*lifting lugs*) pada sudut-sudut atas modul. Mengingat berat profil HSS 30mm yang cukup besar, titik angkat harus menyatu dengan kolom utama.
- *Trial Lift*: Pengangkatan sedikit di atas tanah untuk memastikan keseimbangan modul (*center of gravity*) sebelum dinaikkan ke posisi akhir.

4. Instalasi

- *Positioning & Leveling*: Modul diletakkan di atas fondasi atau modul di bawahnya.
- Instalasi Sambungan *Innovative Cruciform Bolted* dengan menyisipkan pelat *cruciform* pada celah antar modul (*horizontal dan vertikal*). Pemasangan baut mutu tinggi (*High Strength Bolts*) pada lubang yang telah tersedia. Pengencangan baut spesifikasi desain untuk mencapai tegangan pratarik yang diinginkan.
- Integrasi Panel & *Sealing*: Pemasangan *flashings* pada pertemuan panel EPS antar modul untuk memastikan kedap air (*waterproofing*) dan termal.

3.4 Bagan Alir Penelitian

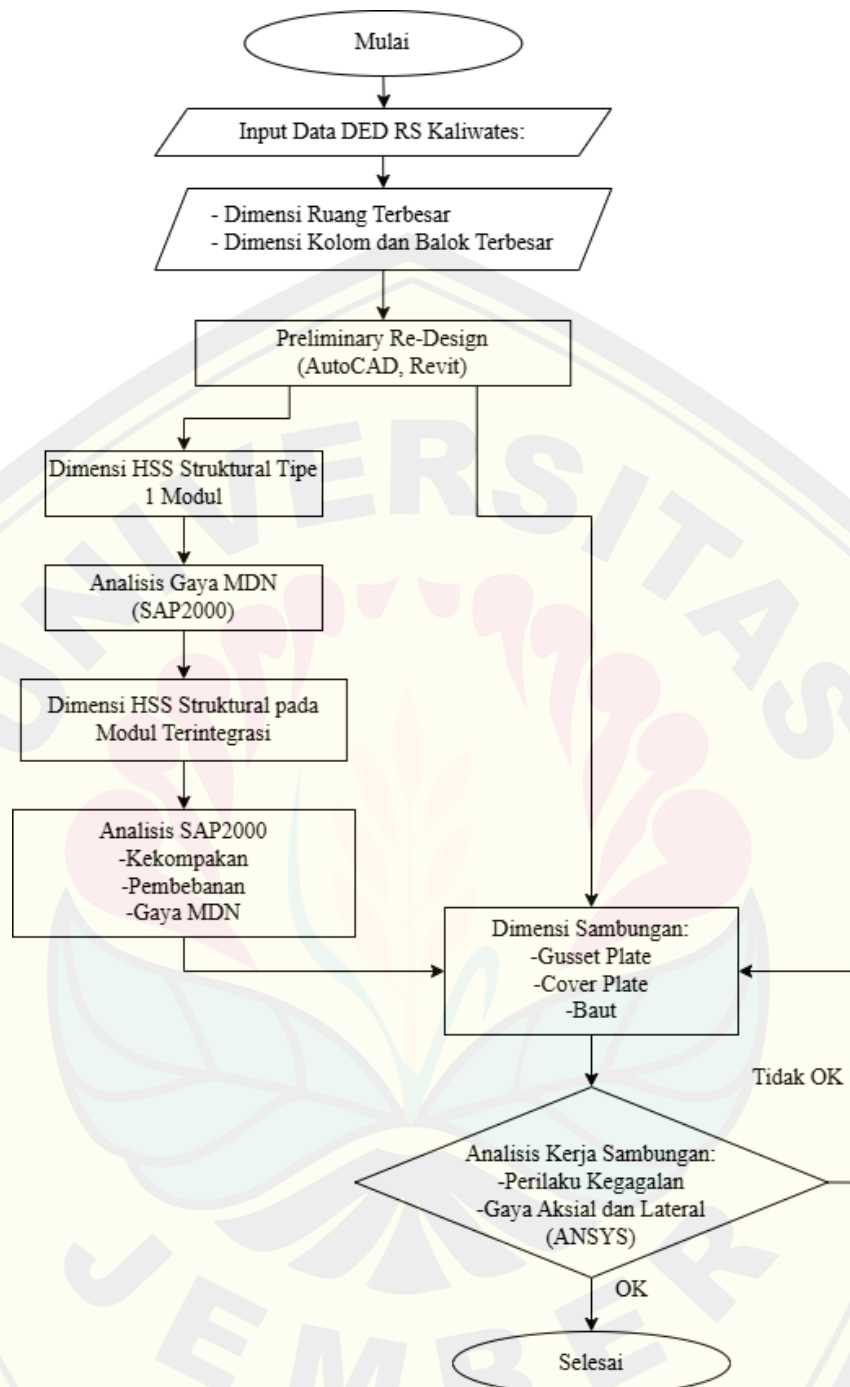
1. Diagram Alur Penelitian



Gambar 3.9 Diagram Alur Penelitian

(Sumber: Penulis)

2. Diagram Alur Pengerjaan Aplikasi



Gambar 3.10 Diagram Alur Pengerjaan Aplikasi
(Sumber: Penulis)