

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. *Building Information Modelling* (BIM)

Konsep *Building Information Modeling* (BIM) pada awalnya hadir pada tahun 1970, yang saat itu BIM adalah metodologi kolaboratif untuk mengintegrasikan arsitektural, struktural, dan teknikal suatu proyek konstruksi agar efektif dan efisien (Anandita, 2023). Industri arsitektur, ketekniksipilan, dan konstruksi sedang dihadapkan pada tantangan besar mengenai penerapan kemajuan teknologi sebagai upaya pembangunan berkelanjutan (Kensek, 2014). Dalam beberapa tahun terakhir, *Building Information Modeling* (BIM) menjadi solusi yang layak untuk membuat model tiga dimensi berdasarkan parameter-parameter yang telah direncanakan pada gambar kerja (3D), penjadwalan (4D), estimasi biaya (5D), keberlanjutan proyek (6D), serta pemeliharaan dan *life-circle management* (7D) (Anandita, 2023). *Building Information Modeling* (BIM) ada berdasarkan pada gagasan model pembangunan digital yang berkelanjutan pada siklus hidup bangunan, mulai dari desain perencanaan, hingga fase pelaksanaan konstruksi, dan fase pengoperasian bangunan jangka panjang (Forth et al., 2023).

Dalam prinsipnya, *Building Information Modeling* (BIM) bisa mengelola informasi yang diperoleh dari pemodelan tiga dimensi yang dibuat menjadi data-data terkait spesifikasi material, biaya, prosedur pemeliharaan, parameter struktural, dan fungsionalnya (Biancardo et al., 2020).

2.2. Autodesk Revit

Revit di desain untuk para arsitek, kontraktor maupun pekerja konstruksi untuk membantu pekerjaan mereka untuk membuat model 3D parametrik secara lebih terperinci yang berisi informasi konstruksi. Sejarah awal revit di dirikan pada tanggal 31 oktober 1997 oleh Leonid Rainz dan Irwin Jungreis. Pada tahun 2002 Revit technology di beli oleh perusahaan yang yang sudah terkenal dengan produk Autocad nya yaitu Autodesk.

Autodesk Revit merupakan perangkat lunak dari Autodesk yang membantu manusia dalam membuat model desain bangunan, arsitektur, dan MEP menggunakan *Building Information Modeling* (BIM) (Christiandava et al., 2023).

Autodesk Revit juga memiliki dukungan untuk analisis struktur, *green building*, *heat load* dan berbagai analisis konstruksi lainnya. Menurut Aniendhita R.A.,(2023) dalam model *Revit*, *Revit structure* dapat mengkoordinasikan ke semua pihak yang terlibat dalam konstruksi mengenai informasi yang bersangkutan dalam proyek tersebut, setiap perubahan yang terjadi dalam gambar, penjadwalan, potongan dan perencanaan akan berubah secara otomatis.

2.3. Autodesk Navisworks

Autodesk Navisworks Manage merupakan *software* yang menyediakan solusi ulasan proyek yang komprehensif dalam mewujudkan koordinasi, analisis, dan komunikasi desain dan konstruksi. Hal ini berkemungkinan terjadi integrasi data desain multidisiplin yang dibuat dalam berbagai software desain BIM yang berbeda ke model proyek tunggal. Ini juga menjadi solusi untuk mengantisipasi dan menghindari potensi masalah dalam proyek karena memiliki manajemen kesalahan dan fungsi deteksi benturan sehingga dapat meminimalisir penundaan dan pengerjaan ulang. Selain itu, menyediakan simulasi dan analisis 4D dan 5D dengan mengkombinasikan model parametrik dengan jadwal dan biaya proyek (Autodesk, 2012).

Dalam dunia konstruksi, Autodesk Navisworks digunakan untuk melengkapi paket desain 3D (seperti, Revit, AutoCAD, dan MicroStation) yang memungkinkan untuk membuka dan mengkombinasikan model 3D, bernavigasi secara real-time dan menggunakan perangkat alat termasuk *comments*, *redlining*, *viewpoint*, dan pengukuran. Navisworks juga dapat menambahkan deteksi interferensi, simulasi 4D, rendering fotorealistik, dan penerbitan dalam bentuk pdf (Autodesk, 2023).

2.4. SAP 2000 Structure

SAP 2000 Structure adalah aplikasi yang dikembangkan oleh SAP 2000 corporation sebagai keperluan perhitungan dan rekayasa struktur termasuk fitur-fitur komprehensif yang bisa diakses bagi para detailer, fabrikator, manufaktur, dan konstruktor (Christiandava et al., 2023).

2.5.Syarat Perencanaan Jembatan

Dasar perencanaan pada Surat Edaran Direktur Jendral Bina Marga Nomor 06/SE/Db/2021 tentang Panduan Praktis Perencanaan Teknis Jembatan, selain itu

juga berdasar pada SNI 1725 – 2016 tentang Pembebanan Jembatan. Untuk perencanaan terhadap beban gempa berdasar kepada SNI 2833:2016 tentang perencanaan jembatan terhadap beban gempa. Untuk perencanaan struktur beton mengacu kepada SNI T-12-2004.

2.6. Perencanaan Struktur Jembatan

2.6.1. Nilai Kekuatan Struktur

Nilai kekuatan struktur adalah nilai yang ditentukan oleh struktur tersebut serta beban yang diterima oleh struktur tersebut. Struktur bisa dikatakan memenuhi syarat apabila mampu menahan beban yang bekerja pada struktur selama umur rencana. Berikut adalah syarat kekuatan struktur:

$$PR \geq PU$$

$$MR \geq MU$$

$$VR \geq VU$$

$$TR \geq TU$$

keterangan :

P : Gaya aksial (kN)

M : Momen lentur (kNm)

V : Gaya geser (kN)

T : Momen torsi (kNm)

R : Kuat rencana

U : Kuat perlu

2.6.1.1 Kuat Nominal

Kuat nominal merupakan kemampuan maksimum struktur dalam menerima beban atau gaya. Nilai tersebut dapat diketahui dari material dan dimensi penampang. Dalam perencanaan harus mempertimbangkan kualitas material lapangan dengan cara menambahkan factor reduksi. Kuat rencana dihasilkan dari kuat nominal dikalikan dengan factor reduksi.

$$R = \phi N$$

Keterangan :

R : Kuat rencana

$\emptyset$: Faktor reduksi

N : Kuat nominal

2.6.1.2 Kuat Perlu (U)

Kuat perlu adalah besar beban yang diterima oleh suatu struktur. Pada perencanaan harus ditingkatkan dengan menambahkan factor beban sesuai dengan jenis beban. Pemberian factor bertujuan menjaga apabila terjadi perubahan beban di lapangan.

$$U = \gamma_i Q_i$$

Keterangan :

U : Kuat perlu

γ_i : Faktor beban i

Q_i : Beban jenis i

2.6.2 Keadaan Batas

Keadaan batas adalah kondisi dimana yang direncanakan dapat terjadi pada struktur jembatan. Kondisi ini dapat ditentukan melalui kombinasi pembebanan dan factor beban yang berbeda. Kondisi tersebut memungkinkan perencanaan menganalisis kemungkinan yang terjadi pada struktur berdasarkan investigasi lapangan. Kondisi dengan nilai besar dapat digunakan untuk menentukan desain struktur.

Dibawah ini merupakan jenis – jenis keadaan batas yang ditetapkan SNI 1725 – 2016 :

- a Keadaan batas kekuatan; dalam kondisi ini struktur tetap terjaga namun terjadi kerusakan. Keadaan ini kemungkinan dapat terjadi selama masa layan jembatan.
- b Keadaan batas ekstrem; kondisi ini memperhitungkan beban gempa yang terjadi
- c Keadaan batas layan; dalam kondisi ini struktur jembatan direncanakan agar bekerja dengan baik dan maksimal selama umur rencana.

- d Keadaan batas fatik dan fraktur; keadaan dimana untuk mencegah kegagalan akibat beban yang besar selama umur rencana.

Tabel 2. 1 Kombinasi Pembebanan

Keadaan Batas	MS MA TA PR PL SH	TT TD TB TR TP	EU	EWS	EWL	BF	EU _n	TG	ES	Gunakan salah satu		
										EQ	TC	TV
Kuat I	γ_P	1,8	1,00	-	-	1,00	0,50/1,20	γ_{TG}	γ_{ES}	-	-	-
Kuat II	γ_P	1,4	1,00	-	-	1,00	0,50/1,20	γ_{TG}	γ_{ES}	-	-	-
Kuat III	γ_P	-	1,00	1,4	-	1,00	0,50/1,20	γ_{TG}	γ_{ES}	-	-	-
Kuat IV	γ_P	-	1,00	-	-	1,00	0,50/1,20	-	-	-	-	-
Kuat V	γ_P	-	1,00	0,1	1,00	1,00	0,50/1,20	γ_{TG}	γ_{ES}	-	-	-
Ekstrem I	γ_P	γ_{EQ}	1,00	-	-	1,00	-	-	-	1,00	-	-
Ekstrem II	γ_P	0,50	1,00	-	-	1,00	-	-	-	-	1,00	1,0
Daya layan I	1,00	1,00	1,00	0,3	1,00	1,00	1,00/1,20	γ_{TG}	γ_{ES}	-	-	-
Daya layan II	1,00	1,30	1,00	-	-	1,00	1,00/1,20	-	-	-	-	-
Daya layan III	1,00	0,80	1,00	-	-	1,00	1,00/1,20	γ_{TG}	γ_{ES}	-	-	-
Daya layan IV	1,00	-	1,00	0,7	-	1,00	1,00/1,20	-	1,0	-	-	-
Fatik (TD dan TR)	-	0,75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Catatan	: γ_P dapat berupa γ_{MS} , γ_{MA} , γ_{TA} , γ_{PR} , γ_{PL} , γ_{SH} tergantung beban yang ditinjau γ_{EQ} adalah faktor beban hidup kondisi gempa											

Sumber : SNI 1725-2016

2.6.3 Jenis – jenis pembebanan jembatan

Jenis pembebanan pada jembatan telah diatur dalam SNI 1725 – 2016 dengan sub jenis dan pasal tersendiri, sebagai berikut :

Tabel 2. 2 Jenis Pembebanan

Tipe Beban	Nama Beban	Simbol	Pasal
Beban permanen	Berat sendiri	MS	7.2
	Beban mati tambahan	MA	7.3
	Beban akibat tekanan tanah	TA / TP	7.4
Beban lalu lintas			8
Beban transien	Beban lajur "D"	TD	8.3
	Beban truk "T"	TT	8.4
	Gaya rem	TB	8.7
	Beban tumbukan kendaraan	TC	8.10
Aksi lingkungan			9
Beban transien	Gaya akibat deformasi		9.3
	Pengaruh susut dan rangkai	SH	9.3.2
	Pengaruh prategang	PR	9.3.3
Beban transien	Beban angin		9.6
	Beban angin pada struktur	EWs	9.6.1.1
	Gaya angin pada kendaraan	EWI	9.6.1.2
Beban transien	Pengaruh gempa	EQ	9.7
Aksi-aksi lainnya			10
Beban transien	Gaya friksi	BF	10.1

Sumber : SNI 1725-2016

2.6.3.1 Beban Permanen

- a. Beban mati (MS) adalah beban yang terjadi akibat beban dari elemen-elemen struktural dan nonstruktural dari jalan dan jembatan tersebut. Beban struktural dan nonstruktural tersebut dihitung berdasarkan dimensi struktur dan berat jenisnya.

Tabel 2. 3 Berat Jenis dan Kerapatan

No.	Bahan	Berat/Satuan Isi (kN/m ³)	Kerapatan Massa (Kg/m ³)
1	Timbunan Tanah yang dipadatkan	26,7	2720
2	Kerikil dipadatkan	18,8 - 22,7	1920 - 2320
3	Aspal beton	22,0	2240
4	Beton ringan	12,25 - 19,6	1250 - 2000

5	Beton	22,0 - 25,0	2240 - 2560
6	Beton Prategang	25,0 - 26,0	2560 - 2640
7	Beton Bertulang	23,5 - 25,5	2400 - 2600
8	Batu pasangan	23,5	2400
9	Pasir kering	15,7 - 17,2	1600 - 1760
10	Pasir basah	18,0 - 18,8	1840 - 1920

Sumber : SNI 1725-2016

Tabel 2. 4 Faktor Beban dalam Keadaan Batas Layan dan Ultimit Beban Struktur

Tipe Beban	Faktor Beban			
	Keadaan Batas Layan		Keadaan Batas Ultimit	
	Bahan		Biasa	Terkurangi
Tetap	Baja	1,00	1,10	0,90
	Aluminium	1,00	1,10	0,90
	Beton Pracetak	1,00	1,20	0,85
	Beton dicor di tempat	1,00	1,30	0,75
	Kayu	1,00	1,40	0,70

Sumber : SNI 1725-2016

- b. Beban mati tambahan (MA) adalah berat yang terjadi pada bangunan yang berasal dari elemen nonstruktural dan besarnya berubah sesuai umur bangunan. Contohnya lapisan perkerasan jalan.

Tabel 2. 5 Faktor Beban dalam Keadaan Batas Layan dan Ultimit Beban Mati Tambahan

Tipe Beban	Faktor beban			
	Keadaan Batas Layan		Keadaan Batas Ultimit	
	Keadaan		Biasa	Terkurang
Tetap	Umum	1,00	2,00	0,70
	Khusus (terawasi)	1,00	1,40	0,80

Sumber : SNI 1725-2016

- c. Beban akibat tekanan tanah (TA/TP) adalah beban yang diakibatkan tanah yang berada di sekitar struktur. Besar beban yang bekerja didasarkan pada

sifat dari tanah yang ada, seperti kepadatan, kohesi, dan lain sebagainya sifat dari tanah dapat ditentukan melalui uji tanah baik dilakukan di lapangan maupun laboratorium. Semua ketentuan mengenai pembebanan tanah diatur dalam SNI 1725 – 2016

Tabel 2. 6 Faktor Beban Akibat Tekanan Tanah

Kondisi Batas Layan		Kondisi Batas Ultimit	
Tekanan tanah		Biasa	Terkurangi
Tekanan tanah vertikal	1,00	1,25	0,80
Tekanan tanah lateral			
-Aktif	1,00	1,25	0,80
-Pasif	1,00	1,40	0,70
-Diam	1,00	(1)	
Catatan (1) : Tekanan tanah lateral dalam keadaan diam biasanya tidak diperhitungkan pada keadaan batas ultimit.			

Sumber : SNI 1725-2016

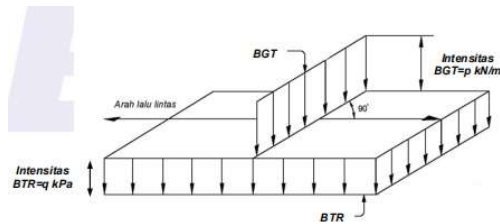
2.6.3.2 Beban lalu lintas

Beban lalu lintas adalah suatu beban yang bekerja pada struktur yang disebabkan oleh aktivitas lalu lintas pada jembatan. Beban lalu lintas dibagi menjadi beberapa jenis, antara lain:

- a. Beban lajur D adalah beban yang bekerja pada jalur yang dilewati kendaraan sehingga dapat mempengaruhi kekuatan struktur dari bangunan. Menurut SNI 1725:2016, Beban lajur D terdiri dari :
 - Beban terbagi rata (BTR), yaitu beban yang terjadi searah dengan bentang pelat lantai kendaraan L.

Jika $L \leq 30 \text{ m}$: $q = 9,0 \text{ kPa}$

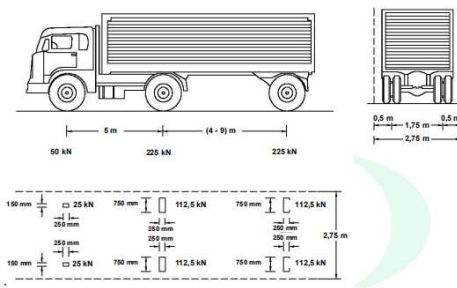
Jika $L > 30 \text{ m}$: $q = 9,0 (0,5 + \frac{15}{L}) \text{ kPa}$
 - Beban garis terpusat (BGT), yaitu beban yang terjadi tegak lurus dengan arah lalu lintas yang memiliki nilai sebesar 39,0 kN/m.



Gambar 2. 1 Beban Garis Terpusat

Sumber : SNI 1725-2016

- b. Beban Truk “T” adalah beban terpusat yang terjadi pada pelat lantai kendaraan karena roda kendaraan berat sehingga dapat mempengaruhi kekuatan struktur bangunan.



Gambar 2. 2 Beban Truk

Sumber : SNI 1725-2016

Berdasarkan gambar diatas, terlihat beban T yang berasal dari roda depan, tengah, dan belakang Sehingga besar beban pada pelat lantai tersebut adalah $50 + 225 + 225 = 500 \text{ kN}$.

- c. Beban Rem (TB), yaitu beban horizontal yang terjadi akibat pengereman kendaraan sehingga mempengaruhi kekuatan struktur bangunan. Beban rem dihitung dari 25 % beban T dan 5% beban T ditambah BTR. Beban rem bekerja 180 cm diatas permukaan pelat lantai kendaraan yang arahnya berlawanan dengan lajur kendaraan.
- d. Beban Sentrifugal, yaitu beban yang terjadi akibat gaya radial atau efek guling dari beban roda sehingga mempegaruhi kekuatan struktur bangunan. Gaya sentrifugal dapat dihitung

$$C = f \frac{v^2}{gRl}$$

Keterangan :

v = kecepatan rencana (m/s)

f = faktor kombinasi beban

G = gravitasi ($9,8 \text{ m/s}^2$)

R_l = jari-jari kelengkungan (m)

- e. Beban Tumbukan, yaitu beban yang biasanya bekerja pada pembatas jalan (*railing*). Menurut SNI 1725:2016, besar beban tumbukan sebagai berikut :

Tabel 2. 7 Beban Tumbukan Kendaraan Berdasarkan Jenisnya

Parameter	Mobil		Truk Pick-Up	Truk Van	Truk trailer tipe van		Truk trailer tipe Traktor- Tanker
W (N)	7000	8000	20000	80000	220000	355000	355000
B (mm)	1700	1700	2300	2300	2450	2450	2450
G (mm)	550	550	700	1250	1630	1850	2050

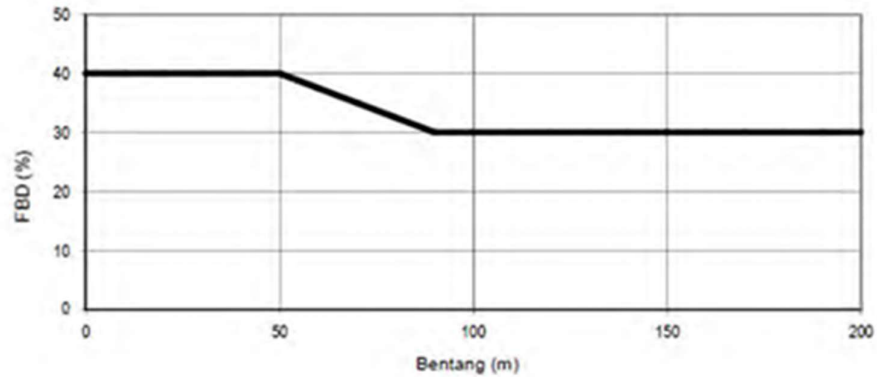
Sumber : SNI 1725-2016

- f. Faktor Beban Dinamis (FBD) adalah factor untuk simulasi imteraksi beban lalu lintas pada jembatan. Nilai FBD digunakan untuk beban “T” dan Beban Garis Terpusat (BGT). Besar factor beban dinamis untuk beban “T” ditetapkan sebesar 30%. Sedangkan nilai factor untuk BGT ditentukan pada pasal 8.6 SNI 1725 – 2016 dengan bentang sebagai

acuan

nilai

FBD.



Gambar 2. 3 Faktor Beban Dinamis

Sumber : SNI 1725-2016

2.6.3.3 Beban akibat lingkungan

Beban ini terjadi disebabkan karena beban yang ditimbulkan oleh keadaan lingkungan yang dipengaruhi oleh alam.

- a. Beban angin, beban horizontal yang terjadi akibat tekanan angin yang dapat diiperhitungkan dengan rumus berikut :

$$TEW = 0,0012 C_w (V_w)^2 A_b$$

Keterangan :

V_w = Kecepatan angin rencana (m/s)

C_w = Koefisien seret

A_b = Koefisien luas bagian samping (m²)

Tabel 2. 8 Kecepatan Angin (V_w) berdasarkan Lokasi Jembatan

Keadaan Batas	Lokasi	
	Sampai 5 km dari pantai	> 5 km dari Pantai
Daya Layan	30 m/s	25 m/s
Ultimit	35 m/s	30 m/s

Sumber : RSNI-T-02-2005

Tabel 2. 9 Koefisien Seret (C_w) Berdasarkan Dimensi Struktur Bangunan Atas Jembatan

Tipe Jembatan	C_w
---------------	-------

Bangunan atas masif :	
b/d = 1,0	2,1
b/d = 2,0	1,5
b/d = 6,0	1,25
Bangunan rangka atas	1,2
Catatan :	
b = lebar seluruh jembatan dihitung dari sisi luar sandaran	
d = tinggi bangunan atas, termasuk tinggi bagian sandaran yang massif	

Sumber : RSNI-T-02-2005

- b. Beban gempa, yaitu beban yang terjadi akibat pergerakan lempeng bumi sehingga menyebabkan terjadinya pergerakan yang dapat mempengaruhi kekuatan dari struktur jembatan. Beban gempa diformulasikan sebagai berikut :

$$E_Q = \frac{C_{sm}}{R} \times W_t$$

Keterangan :

E_Q = Gaya gempa horizontal statis (kN)

C_{sm} = Koefisien respon elastik

R = faktor modifikasi respons

W_t = berat total struktur (kN)

- Menurut SNI 2833:2016, Koefisien respon gempa elastik sebagai berikut :

Untuk periode lebih kecil T_0 , koefisien respon gempa elastik (C_{sm}) didapatkan dari persamaan berikut :

$$C_{sm} = (S_{DS} - A_s) \frac{T}{T_0} + A_s$$

1. Untuk periode lebih besar atau sama dengan T_0 , dan lebih kecil atau sama dengan T_s , respon gempa elastik (C_{sm}) sama dengan S_{DS} .

2. Untuk periode lebih besar T_s , koefisien respons gempa elastik (C_{sm}) didapatkan dari persamaan berikut :

$$C_{sm} = \frac{S_{D1}}{T}$$

Keterangan :

S_{DS} = nilai spektra permukaan tanah pada periode pendek ($T=0,2$ detik)

S_{D1} = nilai spektra permukaan tanah pada periode 1,0 detik

$T_0 = 0,2 T_s$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

- Menurut SNI 2833:2016, faktor modifikasi respon sebagai berikut :

a. Untuk bawah bangunan

Tabel 2. 10 Faktor Modifikasi berdasarkan untuk bawah bangunan

Bangunan Bawah	Kategori kepentingan		
	Sangat penting	penting	Lainnya
Pilar tipe dinding	1,5	1,5	2,0
Tiang/kolom bertulang			
Tiang Vertikal	1,5	2,0	3,0
Tiang Miring	1,5	1,5	2,0
Kolom Tunggal	1,5	2,0	3,0
Tiang baja dan komposit			
Tiang Vertikal	1,5	3,5	5,0
Tiang Miring	1,5	2,0	3,0
Kolom majemuk	1,5	3,5	5,0

Sumber : SNI 2833-2016

b. Untuk hubungan antar elemen struktur

Tabel 2. 11 Faktor Modifikasi berdasarkan untuk hubungan antar elemen struktur

Hubungan elemen struktur	Semua kategori kepentingan
Bangunan atas dengan kepala jembatan	0,8

Sambungan muai (dilatasi) pada bangunan atas	0,8
Kolom, pilar, atau tiang dengan bangunan atas	1,0
Kolom atau pilar dengan fondasi	1,0

Sumber : SNI 2833-2016

- Menurut SNI 2833:2016, kombinasi pembebanan pengaruh gaya gempa sebagai berikut :

$$1. DL + \gamma_{EQ} LL \pm EQ_x \pm 0,3 EQ_y$$

$$2. DL + \gamma_{EQ} LL \pm EQ_y \pm 0,3 EQ_x$$

Keterangan :

DL = Beban mati yang bekerja (kN)

γ_{EQ} = faktor beban hidup kondisi gempa

$$\gamma_{EQ} = 0,5 \text{ (jembatan sangat penting)}$$

$$\gamma_{EQ} = 0,3 \text{ (jembatan penting)}$$

$$\gamma_{EQ} = 0 \text{ (jembatan lainnya)}$$

LL = beban hidup yang bekerja (kN)

EQ_x = beban gempa yang bekerja arah x

EQ_y = beban gempa yang bekerja arah y

2.6.3.4 Aksi – Aksi Lainnya

Beban akibat aksi – aksi lainnya seperti gaya friksi (BF). Gaya friksi adalah suatu gaya yang terjadi akibat gesekan pada struktur. Gaya gesek tersebut terjadi pada bearing pad dengan struktur di atasnya. Nilai gaya gesek didapatkan dari perkalian antara 10% berat vertical struktur di atasnya dengan koefisien gesek. Koefisien gesek bearing pad memiliki nilai antara 0,15 hingga 0,18.

2.7 Pemodelan 3D

Setelah perhitungan struktur dilakukan proses pemodelan desain. Pemodelan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah pemodelan 3D. Pemodelan dilakukan menggunakan Autodesk Revit untuk memudahkan pengintegrasian antar pekerjaan serta menerapkan sistem *building information*

modelling. Pemodelan bertujuan untuk penggambaran secara visual sekaligus untuk perhitungan BOQ (*Bill Of Quantity*). Serta dapat digunakan sebagai aspek untuk spek perencanaan (Filza Wiranti et al., 2022).

2.8 Perhitungan Rancangan Anggaran Biaya

Menurut Direktorat Jendral Bina Marga Kementrian Pekerjaan Umum (2021), Rancangan Anggaran Biaya adalah dokumen perhitungan yang memuat semua biaya pelaksanaan pekerjaan konstruksi berdasarkan spesifikasi dan desain yang telah dibuat serta jumlah kuantitas pekerjaan meliputi material, upah tenaga kerja serta sewa alat. Secara garis besar RAB terdiri dari dua jenis antara lain anggaran perkiraan (*cost estimate*) dan anggaran biaya pasti (Berlian P. et al., 2016). Komponen terpenting dalam perhitungan renacan anggaran biaya sebagai berikut:

- a. Volume pekerjaan
- b. Harga satuan dasar
- c. Analisis Harga Satuan Pekerjaan (AHSP)

Analisis harga satuan pekerjaan didapatkan dengan melakukan perhitungan koefisien pada 3 komponen yaitu tenaga kerja, bahan dan peralatan (Akbar, 2021). Perhitungan koefisien didapatkan dengan menghitung kebutuhan masing – masing komponen kemudian dikonversi ke dalam satuan koefisien missal per meter ataupun per unit. Perhitungan AHSP selanjutnya adalah koefisien yang sudah didapat dikalikan dengan harga satuan dasar sesuai dengan daerah proyek berasal (Piter & I Ketut, 2024).

2.9 Penjadwalan

Penjadwalan proyek adalah suatu bagian dari perencanaan proyek yang meliputi rencana waktu proyek dari awal proyek hingga proyek berakhir. Penjadwalan proyek juga berisi jenis kegiatan, susunan urutan, serta durasi yang diperlukan untuk kegiatan proyek yang akan dilaksanakan (Muzdalifah et al., 2019). Manfaat dari penjadwalan proyek adalah waktu pekerjaan proyek lebih terstruktur dan terjadwal, sehingga memudahkan dalam pengawasan saat proyek berjalan .

2.10 Research Gap

Tabel 2. 12 Penelitian Terdahulu

No	Nama Author	Tahun	Judul	Intisari	Saran/ Kekurangan
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1.	Her Afriyandi dan Torang Sitorus	2016	Perencanaan Jembatan Komposit Metode LFRD (<i>load and resistance factor design</i>)	a. Tujuan merencanakan jembatan dengan bahan komposit baja dan beton atau komposit dengan metode LFRD b. Metode Metode penelitian dengan studi literatur, pengumpulan data, perhitungan stuktur dan detail struktur. c. Hasil Dari hasil analisa dan perhitungan jembatan komposit ini diperoleh beban ultimit yang dapat ditahan oleh balok komposit, momen ultimit yang terjadi akibat adanya beban ultimit, dan juga untuk mengetahui besarnya lendutan sehingga jembatan aman digunakan.	Perencanaan ini masih menggunakan perhitungan konvensional belum menggunakan BIM menjadikan untuk penjadwalan dan RAB belum terintegrasikan dengan model kerja.

2.	Adi Susanto, Yosef Cahyo, Sigit Winarto	2018	Studi Perencanaan Jembatan Cumpleng Dengan Metode Pratekan Di Kec. Slahung Kabupaten Ponorogo	a. Tujuan Untuk mengetahui keunggulan metode pembangunan jembatan pratekan b. Metode Menggunakan metode pratekan untuk menghitung perhitungan sandaran dan tiang sandaran, lantai kendaraan, gelagar induk dan abutment/bangunan bawah. c. Hasil Hasil dari perencanaan jembatan ini meliputi : perencanaan tiang sandaran, lantai kendaraan, balok induk dan balok melintang. Balok induk menggunakan beton pratekan komposit metode pasca tarik (<i>post-tensioning</i> dengan tinggi, 1,10 meter, mutu beton (fc) 40 Mpa, terdiri 2 buah tendon dipakai jenis VSL tipe 12 dengan kabel untaian sebanyak 10 buah dan bangunan yang lain menggunakan beton bertulang biasa).	Perencanaan ini belum terintegrasi dengan BIM
3	BAROKAH SAKTI S W	2019	Tugas Akhir Pemodelan 3D Struktur Jembatan Beton menggunakan Aplikasi SAP 2000 <i>Structures</i>	a. Tujuan yaitu melakukan pemodelan untuk mendapatkan BIM (<i>Buuildng Information Modeling</i>) struktur jembatan beton b. Metode Metode penelitian dengan studi literatur, pengumpulan data, perhitungan stuktur dan detail struktur. c. Hasil Hasil dari tugas akhir ini berupa BIM (<i>Building Information Modeling</i>) pemodelan 3D dan detail komponen struktur jembatan beton. Dengan penyajian BIM diperoleh informasi mengenai	Perencanaan ini hanya sampai metode 3D. sehingga kekuarangan dari perencanaan ini adalah belum diketahuinya rangkaian penjadwalan proyek dan rancangan anggaran biaya (RAB).

				struktur jembatan beton secara detail.	
4	Dwi Aneka Kartini	2020	Re-design Jembatan Nambangan Bantul menggunakan Baja <i>type</i> Prategang	a. Tujuan Mengetahui alternatif perencanaan struktur atas menggunakan struktur rangka baja dengan jenis pratt dan perencanaan struktur bawah jembatan b. Metode Metode penelitian pengumpulan data, analisa data, dan perencanaan struktur. c. Hasil Hasil dari redesain ini didapatkan Jembatan rangka baja <i>Type</i> Prategang yang menjadi 2 bentang dengan panjang jembatan 140 m.	Perencanaan jembatan ini belu m menggunakan BIM. Perencanaan ini hanya sampai metode 3D. sehingga kekuarangan dari perencanaan ini adalah belum diketahuinya rangkaian penjadwalan proyek dan rancangan anggaran biaya (RAB).
5	Mega Safitri	2021	Analisis Kinerja Waktu dan Penerapan <i>building information modeling</i> (BIM) untuk <i>Project Visualization</i> (4d) pada Proyek Jembatan Cipamingkis 2 Kota Deltamas	a. Tujuan bertujuan untuk menganalisis kinerja waktu dengan membandingkan bobot pekerjaan pada kurva S rencana dan kurva S realisasi sehingga mengetahui faktor penyebab utama dari keterlambatan dan menerapkan <i>building information modeling</i> (BIM) dengan cara mengaplikasikan <i>project visualizaton</i> (4D) untuk mengetahui progres pekerjaan b. Metode Metode penelitian dengan studi literatur, pengumpulan data, c. Hasil Hasil analisis data dengan menggunakan kurva S didapatkan bahwa proyek ini mengalami keterlambatan dengan nilai deviasi tertinggi pada bulan September 2018 sebesar -36,425% dan hasil wawancara serta diskusi dengan pihak owner factor	Kekuarangan penelitian ini, penulis tidak mengkaji sampai perancangan anggaran biaya (RAB).

				penyebab keterlambatan pada proyek ini adalah keterlambatan alat, keadaan cuaca dan perubahan desain yang di minta oleh pihak kontraktor	
6	Ilyas Sadad, Fery Hendi Jaya, Ican Wahyu Januar	2022	Implementasi BIM <i>take off quantity</i> Material Struktur Abutment Jembatan terhadap Volume Rencana	a. Tujuan untuk mengetahui implementasi <i>Building Information Modelling</i> dalam perbandingan hasil perhitungan QTO (<i>Quantity Take Off</i>) menggunakan perhitungan manual. b. Metode untuk mengetahui implementasi <i>Building Information Modelling</i> dalam perbandingan hasil perhitungan QTO (<i>Quantity Take Off</i>) menggunakan perhitungan manual. c. Hasil Penelitian ini menghasilkan kesimpulan Pengaruh penerapan implementasi BIM dari sudut pandang pengguna mengungkapkan pengaplikasian konsep BIM mampu meminimalkan terjadinya kesalahan dalam perencanaan <i>dan re-work</i>, mampu mendeteksi ketidaksesuaian dini, mampu mengefisiensi biaya proyek, dan memudahkan dalam perencanaan kebutuhan material pekerjaan	Perencanaan ini hanya membahas mengenai produktivitas dan rancangan anggaran biaya. Perencanaan ini tidak membahas secara detail perhitungan dari kekuatan strukturnya.

7	Agung Nusantara, Eksi Widyanto, Muhammad Taufik, Rizki Heriyanto	2022	Redesain Struktur Atas Jembatan Hargorojo menggunakan <i>software</i> Midas Civil	a. Tujuan mengetahui hasil analisa struktur jembatan baja komposit menggunakan <i>software</i> midas civil dan untuk Mengetahui hasil dimensi profil baja Serta detail sambungan struktur jembatan baja komposit b. Metode Metode penelitian dengan studi literatur, pengumpulan data, perhitungan stuktur dan detail struktur. c. Hasil Hasil analisa struktur jembatan baja komposit menggunakan <i>software</i> Diatas didapatkan momen terbesar 2085,3 kN.m, gaya geser terbesar 562,1 kN, Dan lendutan terbesar 76 mm.	Perencanaan ini sudah menggunakan BIM dalam pengerjaannya yaitu, Midas Civil. Sehingga dapat mempermudah membuat 4D, dan 5D
8	Gabriel Henry, Supani Supani, Tri Joko Wahyu Adi	2022	Perencanaan Penjadwalan dengan Aplikasi BIM menggunakan Analisa Probabilistik (Studi Kasus Proyek Jembatan Bedadung)	a. Tujuan Tujuannya yaitu melakukan penjadwalan yang terintegrasi dengan desain rancangan menggunakan aplikasi BIM b. Metode Metode yang digunakan adalah metode PERT untuk Analisa jadwal probabilistiknya. c. Hasil Dari hasil analisa yang dilakukan didapatkan kesimpulan bahwa jadwal dengan metode <i>Service Crane</i> dan <i>Launcher Girder</i> perlu dilakukan iterasi penjadwalan dengan durasi 843 hari untuk metode <i>service crane</i> dan 853 hari untuk <i>Launcher Girder</i> agar memiliki tingkat keyakinan 75%.	Perencanaan ini hanya merencanakan penjadwalan tanpa mrnghitung kekuatan struktur dan tidak diketahui untuk rancangan anggaran biaya (RAB).

9	Rizky Ilham Mardhani, Anik Ratnaningsih, Syamsul Arifin	2022	Perencanaan Ulang Anggaran Biaya dan Waktu Pelaksanaan Gedung Perkuliahan dengan Menggunakan Metode BIM	a. Tujuan Mengetahui BIM meningkatkan produktivitas dalam desain dan konstruksi bangunan. b. Metode Metode penelitian studi literatur, pengumpulan data, dan eksperimen. c. Hasil Hasil dari penelitian ini meliputi Volume yang dibutuhkan setelah hasil validasi menunjukkan program bantu BIM $\leq$ Perhitungan Manual, yaitu total elemen struktur adalah 1.345,93 m³. dengan rancangan anggaran biaya sebesar Rp. 9.400.450.878,04 dan lama waktu pengerjaan adalah 189 hari setara dengan 6 bulan 9 hari.	Perencanaan ini hanya membahas mengenai produktivitas dan rancangan anggaran biaya. Perencanaan ini tidak membahas secara detail perhitngan dari kekuatan strukturnya.
---	---	------	--	---	--

10.	Hidayat, Hastian Khoirul	2022	Studi Perencanaan Jembatan Krandegan Desa Kalidawir menggunakan Sistem Gelagar Baja IWF.	a. Tujuan Tujuan dari studi ini yaitu untuk mengetahui perhitungan pembebanan, lantai beton, dan gelagar baja profil. Kemudian, dijelaskan juga mengenai dasar perencanaan jembatan yang menggunakan pedoman dari RSNI-T-02-2005 serta BMS 1992. b. Metode Metode penelitian dengan studi literatur, pengumpulan data, perhitungan stuktur dan detail struktur. c. Hasil Dari hasil perencanaan yaitu diperoleh pelat lantai jembatan komposit, dengan tebal pelat beton bertulang 250 mm. Gelagar melintang menggunakan profil baja IWF 808.302.16.30 dengan mutu baja BJ 50 dengan mutu beton K-450. Diafragma menggunakan profil baja IWF 300.150.6,5.9 dan pelat siku sebagai penyambung gelagar 150.150.18. Bentang total jembatan sepanjang 32 m dan lebar 7 m dengan 2 lajur kendaraan.	Perencanaan ini hanya sampai metode 3D dan belum menggunakan integrasi BIM sehingga untuk rangkaian penjadwalan dan rancangan anggaran biaya belum terintegrasi dengan model kerja.
-----	--------------------------------	------	---	--	---

11.	Jeffry Daud Barrung, Kristian Joshua H. Napitupulu	2022	Implementasi <i>Building Information Modeling</i> Direktorat Preservasi Jalan dan Jembatan Wilayah ii	a. Tujuan Tujuan penelitiannya adalah mampu mengetahui implementasi BIM pada level 1 dan level 2 yaitu BIM 3D,4D, dan 5D b. Metode Metode penelitian dengan studi literatur, pengumpulan data c. Hasil Hasil kajian ini menunjukkan implementasi BIM pada paket yang sudah berjalan dengan penggunaan platform CDE (<i>Common Data Environment</i>) membantu setiap paket mempunyai data digital yang terintegrasi, percepatan dalam proses reuiu dokumen, dan as-built 3D model sebagai manajemen aset jalan.	Pada penelitian ini hanya berisi teori tanpa memberikan contoh perhitungan 3D, 4D, 5D.
12.	Fauzi Antoni, Dikpride Despa, Ratna Widyawati	2023	Peran Implementasi <i>Building Information Modelling</i> (BIM) Terhadap Kinerja Proyek Jalan Tol Kayuagung – Palembang – Betung Tahap Ii Sta 67+400 – 75+000	a. Tujuan Tujuan mempermudah bagi setiap pemegang kepentingan di proyek dalam mengambil keputusan. b. Metode Metode penelitian dengan studi literatur, pengumpulan data c. Hasil Berdasarkan hasil analisa pada kegiatan ini dapat disimpulkan bahwa penerapan BIM di proyek Jalan Tol Kayuagung-Palembang-Betung Tahap II STA 67+000 –75+000 telah dilaksanakan sesuai permintaan pemilik pekerjaan dengan mengaplikasikan proses BIM 3D modelling, 4DSequence, 5D Quantity Take-off, serta koordinasi dan kolaborasi antar stakeholderpada Common Data Environment.Implementasi BIM di proyek telah mengacu terhadap ISO 19650, panduan BIM dari Kementerian PUPR, surat edaran	Penelitian ini adalah proyek jalan yang tidak melewati jembatan.

				mengenai penerapan BIM, serta prosedur perusahaan di bidang BIM	
13.	Mikhael Agustinus Piter	2023	Perbandingan Analisis Quantity Take Off Berbasis BIM dengan Metode Konvensional pada Pekerjaan Struktur Jembatan Underpass	a. Tujuan Tujuannya adalah untuk mengetahui perbedaan quantity takeoff dengan metode konvensional dan perbandingan menggunakan basis BIM . b. Metode Metode penelitian dengan studi literatur, pengumpulan data, perhitungan stuktur dan detail struktur. c. Hasil Hasil dari penelitian tersebut adalah diketahui selisih volume antara konvensional dan berbasis BIM dan factor factor yang mempengaruhi devisiasi tersebut.sepanjang 32 m dan lebar 7 m dengan 2 lajur kendaraan.	Penelitian ini tidak merencanakan pemodelan hanya mengetahui perbedaan quantiti takeoff sehingga masih banyak hal dalam perencanaan yang belum diketahui
14.	Lactania Vella, Muhammad Nazar.	2023	Evaluasi Terhadap Implemenasi <i>Building Information Modelling</i> (Bim) Sebagai Strategi Percepatan Perencanaan Pada Proyek Konstruksi Jalan Tol (Studi Kasus proyek pembangunan jalan tol Sigli Banda Aceh)	a. Tujuan Mengevaluasi tingkat perbedaan pelaksanaan system pekerjaan manual dengan implementasi BIM pada studi kasus proyek tol Sigli banda aceh. b. Metode Metode penelitian studi literatur. c. Hasil Menjelaskan bahwa implementasi BIM lebih baik dari pada system kerja manual dari segala sisi karena mendapatkan manfaat yaitu dapat mengontrol proyek konstruksi lebih baik, proses desain dan konstruksi akan lebih transparan, efektif dan efisien.Selain itu BIM juga dapat mendeteksi lebih awal ketidaksesuaian antara perancangan dengan proyek fisik dan mampu mencegahnya karena	Penelitian ini tidak membahas sistematika perencanaan, melainkan hanya tentang seputar umum mengenai BIM

				pada BIM terdapat fitur Clash Defection. Sedangkan Kekurangan BIM sejauh ini belum ditemukan.	
--	--	--	--	---	--

Berdasarkan jurnal terdahulu dapat diambil beberapa kesimpulan bahwa penggunaan *Building Information Modeling* harus diselenggarakan secara masif sehingga pekerjaan dapat lebih efektif dan efisien. Oleh karena itu, diperlukannya pembelajaran lebih lanjut mengenai metode *Building Information Modeling* agar *engineer* bisa mengimplementasikan *Building Information Modeling* (BIM) secara maksimal. Sebelum melakukan pemodelan pada penelitian ini, dilakukan analisa struktur sesuai dengan peraturan yang berlaku.