

Perencanaan Struktur *Cantilever* Bentang Panjang Menggunakan Rangka *Pratt Truss*

Putu Axel Benyamin ^{*1}, Jonie Tanijaya ^{*2}, Benny Kusuma ^{*3}

^{*1} Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar, Indonesia axelkrisna1@gmail.com

^{*2,3} Dosen Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar, Indonesia jonie.tanijaya@gmail.com dan kusumab06@yahoo.com

Corresponding Author: axelkrisna1@gmail.com

Abstrak

Dalam merencanakan suatu struktur *cantilever* rangka batang, dengan bentang panjang yang telah ditentukan, tentu akan dicari suatu model struktur rangka dengan profil yang mampu menahan beban yang diberikan. Hal ini dapat dilakukan dengan merencanakan model struktur rangka batang dengan model *pratt truss*. Tujuan utama tugas akhir ini adalah menghasilkan suatu desain struktur *cantilever* rangka batang dengan model *pratt truss* bentang panjang yang akan menjadi bagian dari suatu bangunan yang unik. Struktur *cantilever* rangka batang *pratt truss* bentang panjang tersebut dianalisa menggunakan program *MDSolids v.4.1.0* untuk menghitung gaya-gaya dalam yang bekerja pada tiap komponen struktur rangka yang didesain, sedangkan program *STAAD Pro Connect v.22* digunakan untuk menganalisa deformasi profil struktur *cantilever* hasil desain. Perencanaan struktur *cantilever* rangka batang ini dihitung dengan mengacu pada SNI 1727:2020 tentang beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung maupun struktur lain, dan SNI 1729:2020 tentang spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural. Hasil perencanaan yang diperoleh adalah dimensi profil batang balok yang dibutuhkan. Struktur rangka batang *pratt truss* cocok digunakan sebagai struktur bentang panjang *cantilever*. Hal ini terlihat dari hasil perhitungan dengan menggunakan program komputer dimana model *pratt truss* memiliki deformasi/lendutan struktur yang terjadi tidak melebihi batas yang signifikan, dan hasil desain profil – profil yang digunakan aman dalam menerima beban, walaupun hasil analisis perhitungan terdapat elemen batang yang paling kritis dalam menahan beban gaya aksial tekan yaitu batang t_1 dan b_2 . Sedangkan batang yang paling kritis dalam menahan beban gaya aksial tarik adalah batang d_1 dan a_1 .

Kata kunci : *pratt truss*, program, rangka baja, struktur *cantilever*

Abstract

In designing a truss cantilever structure with a predetermined long span, it will certainly look for a model of long span structure with a profile that is able to withstand the given load. This can be done by planning a model of pratt truss long span structure. The main purpose of this final task is to produce a design of a long-span cantilever structure that is part of a unique building using a pratt truss model. The long-span pratt truss cantilever structure is analyzed using the MDSolids v.4.1.0 program to compute the inner forces working on each component of the designed frame structure, while the STAAD Pro Connect v.22 program analyzes the deformation of the design cantilever structure profile. The planning of this long span cantilever structure is designed with reference to SNI 1727:2020 on minimum design load and related criteria for buildings and other structures, and SNI 1729:2020 on specifications for structural steel buildings. The result of the planning obtained is the dimensions of the beam bar profile needed. Pratt truss long span structure is able for use as a cantilever long span structure. This is seen from the results of calculations using computer

programs where the pratt truss model has a deformation / deflection structure that occurs not exceeding the specified limit, and the results of the profile design used safely in receiving loads, although the results of calculation analysis there are the most critical rod elements in withstanding the load of the axial force of the press, namely the t1 and b2 rods. While the most critical rods in withstanding the load of axial force pull are the rods d1 and a1.

Keywords: *pratt truss, program, steel frame, cantilever structure*

PENDAHULUAN

Pada mulanya, manusia tidak memiliki tempat tinggal yang tetap, manusia hanya memanfaatkan apa yang ada di alam seperti gua sebagai sarana tempat tinggal dalam kehidupannya, kemudian seiring berjalannya waktu, peradaban manusia berkembang pesat dengan ditemukannya bahan-bahan tambang yang bisa digunakan untuk membuat alat dan benda yang mendukung terbangunnya sebuah tempat tinggal, sehingga dalam kemajuannya manusia dapat merancang, membangun, bahkan merenovasi tidak hanya gedung maupun infrastruktur tetapi juga membuat sebuah bentuk bangunan yang baru.

Bersamaan dengan meningkatnya kompleksitas struktur bangunan dan kemajuan teknologi, manusia menjadi lebih maju dari pada sebelumnya, perkembangan ini menimbulkan terciptanya berbagai bentuk, tipe, dan metode dalam merencanakan maupun membuat suatu bangunan maupun infrastruktur.

Di era modern yang kaya akan ilmu dan teknologi ini, para insinyur teknik sipil ditantang untuk mampu merencanakan dan merancang sebuah bangunan yang inovatif, kreatif serta aman. Dan untuk menjawab tantangan infrastruktur di era modern ini, penulis merencanakan struktur *cantilever* yang umumnya hanya sebagai struktur penyangga, menjadi struktur utama dalam sebuah bangunan. Namun, untuk membuat sebuah bangunan menggunakan struktur *cantilever* dengan bentang yang panjang, menggunakan balok sederhana saja tidaklah cukup. Maka dari itu, agar struktur *cantilever* bentang panjang ini kuat dan dapat menopang beban yang besar, maka di buatlah struktur tersebut menggunakan struktur rangka batang dengan tipe model *pratt truss*. Dengan konstruksi yang bentuknya inovatif dan seperti melawan gravitasi, di era modern yang kaya akan ilmu dan teknologi ini, diharapkan mampu merubah wajah suatu daerah dengan mencerminkan kemajuan dan kreatifitas dibidang pembangunan.

1. Bangunan Cantilever

Cantilever adalah struktur yang hanya dijepit pada salah satu ujungnya sedangkan ujung yang lain berdiri bebas. Perencanaan model seperti ini berakar pada desain struktur dan perhitungan mekanika teknik bangunan yang tinggi sehingga di butuhkan seorang ahli dibidangnya.

2. Struktur Rangka

Rangka yang stabil adalah struktur yang batang-batangnya membentuk rangkaian segitiga. Dipilih bentuk segitiga karena bentuk ini tidak mudah berubah dalam menahan gaya-gaya aksial yang diterima, oleh sebab itu pada struktur rangka batang, titik buhul sebagai sambungan dianggap berperilaku sebagai sendi.

3. Rangka Model Pratt Truss

Model rangka ini dirancang oleh *Thomas Willis Pratt* dan ayahnya *Caleb Pratt* pada tahun 1844, yang merupakan sepasang insinyur asal Amerika. Desain rangka ini segera digunakan secara luas selama periode dimana ketika banyak jembatan beralih dari komponen kayu ke konstruksi baja. Fiturnya yang paling menarik dari rangka ini adalah kemampuannya untuk menjangkau jarak yang sangat jauh hingga

250 kaki (76,2 meter) menggunakan metode konstruksi sederhana, dan dengan adanya batang-batang vertikal yang dimana batang ini dapat mengurangi beban yang bekerja pada struktur rangka tersebut.

4. Material Baja

Sifat baja memiliki nilai kuat lentur yang tinggi dapat dimanfaatkan sebagai penahan gaya tarik. Material baja yang selama ini dikenal terdapat dua jenis, yaitu baja tulangan dan baja profil. Dalam perencanaan struktur baja, menurut SNI 03-1729-2002 mengambil beberapa sifat mekanik dari material baja yang sama yaitu :

Modulus Elastisitas	E	= 200.000 MPa
Modulus Geser	G	= 80.000 MPa
Angka Poisson	μ	= 0,30

Sedangkan berdasarkan tegangan leleh (f_y) dan tegangan putusnya (f_u), SNI-03-1729-2002 mengklasifikasikan mutu dari material baja menjadi 5 kelas mutu seperti berikut :

Tabel 1. Sifat Mekanis Baja Struktural

Jenis Baja	Tegangan Putus Minimum F_u (MPa)	Tegangan Leleh Minimum F_y (MPa)	Regangan Minimum (%)
BJ 34	340	210	22
BJ 37	370	240	20
BJ 41	410	250	18
BJ 50	500	290	16
BJ 55	550	410	13

Dalam perencanaan struktur baja dikenal dua macam filosofi desain yang sering digunakan, yaitu desain tegangan kerja (oleh AISC diacu sebagai *Allowable Stress Design*, ASD) dan desain keadaan batas (oleh AISC diacu sebagai LRFD).

5. Penelitian-penelitian Yang Berkaitan

Sebagai bahan pertimbangan dalam penulisan tugas akhir ini, dicantumkan beberapa hasil penelitian terdahulu. Penelitian tersebut diantaranya adalah sebagai berikut : “Re-Desain Jembatan Nambangan Bantul Dengan Menggunakan Rangka Baja Tipe *Pratt*”. Berdasarkan penelitian ini, yang bertujuan untuk memperoleh hasil alternatif perencanaan struktur atas dan struktur bawah pada jembatan Nambangan dengan menggunakan struktur rangka baja tipe *pratt*. “Optimalisasi Struktur Rangka Jembatan Rangka Baja Tipe *Warren*”. Dari hasil penelitian ini, yang bertujuan untuk melakukan pra-desain, memodelkan serta menganalisis struktur atas jembatan rangka batang tertutup tipe *warren*, optimalisasi struktur rangka jembatan, menghitung berat total struktur atas jembatan, dan membuat grafik rasio berat total struktur rangka jembatan dengan bentang bervariasi. “*Effect Of Geometries On The Natural Frequencies of Pratt Truss Bridge*”. Berdasarkan penelitian ini, dimana bertujuan untuk mengetahui pengaruh geometri pada jembatan rangka tipe *pratt* terkait dengan masa layan dari struktur jembatan, dan untuk mengetahui kekuatan komponen rangka secara eksternal dan potensi kekuatan komponen dengan tata letak tendon dua tirai yang ditempatkan di bawah akord.

METODE PENELITIAN

1. Data Struktur

Dalam perencanaan ini meliputi perencanaan struktur rangka batang dengan panjang bentang horisontal, yaitu 24 meter. Perencanaan struktur rangka ini, dimodelkan dengan tipe struktur *pratt truss*.

2. Model Perencanaan Struktur

Gambar sketsa model struktur rangka *cantilever* dengan material baja model tipe *pratt*.



Gambar 1. Model Bangunan *Cantilever* (sumber : hasil desain menggunakan program *Sketch Up*).

3. Tumpuan

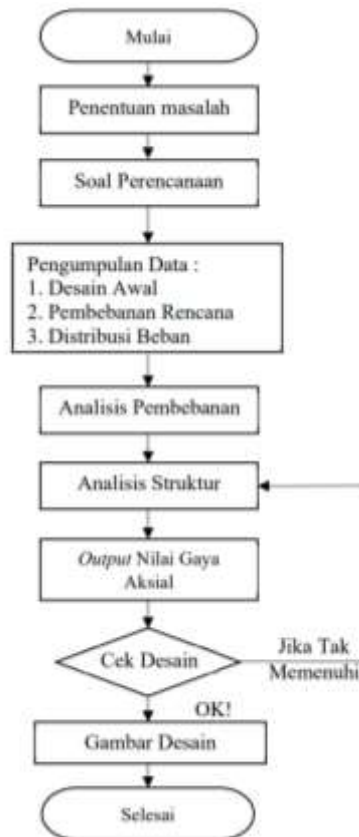
Tumpuan adalah bagian konstruksi yang menerima beban-beban dari konstruksi yang ada di atasnya. Dalam penelitian ini, tumpuan yang akan digunakan adalah sendi dan jepit. Dimana tumpuan sendi diletakkan pada titik buhul B (pertengahan) untuk menahan gaya vertikal dan horisontal bangunan dan tumpuan jepit di letakkan pada titik buhul A (ujung) guna menahan momen bangunan.

4. Analisis Perencanaan

Tahapan dari penulisan tugas akhir “Perencanaan Struktur *Cantilever* Bentang Panjang Menggunakan Rangka *Pratt Truss*” ini adalah :

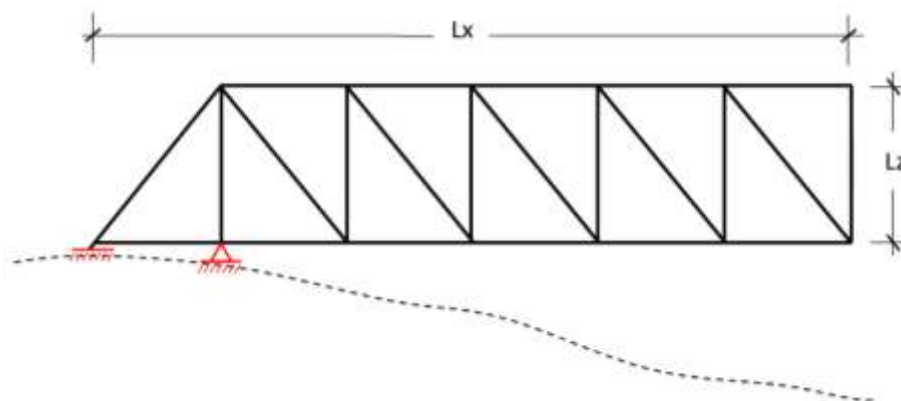
1. Menentukan model rangka struktur yang akan di analisis.
2. Menghitung asumsi pembebanan yang bekerja pada struktur *cantilever* berdasarkan peraturan pembebanan (SNI 1727-2020).
3. Merencanakan pembebanan pada struktur berupa beban mati (*DL*), beban hidup (*LL*), serta kombinasi dari pembebanan.
4. Menghitung gaya dalam struktur menggunakan aplikasi *MDSolids v.4.1.0*.
5. Mengasumsikan dimensi baja yang dipakai.
6. Menganalisa struktur rangka menggunakan program *STAAD Pro CONNECT Edition v.22*.
7. Menggambarkan hasil desain batang berdasarkan hasil analisis.
8. Menyimpulkan hasil dari analisis.

Agar lebih jelas, tahap-tahap analisis bisa dilihat pada bagan alir berikut:



Gambar 2. Bagan Alir Pengolahan dan Analisis Data.

ANALISIS DAN PEMBAHASAN



Gambar 3. Idealisasi Struktur Rangka *Cantilever*.

Desain struktur rangka *cantilever* berikut sebagai bagian dari struktur bangunan dengan menggunakan data – data sebagai berikut :

1. Data Teknis Struktur Rangka

A. Model Struktur Rangka = Pratt Truss

B. Spesifikasi Perencanaan :

- | | | |
|--------------------|-------|------------|
| 1) Panjang bentang | L_x | = 24 meter |
| 2) Lebar rangka | L_y | = 5 meter |

- | | | |
|------------------------|-------|--------------------------------|
| 3) Tinggi rangka | L_z | = 5 meter |
| 4) Panjang tiap segmen | | = 4 meter |
| 5) Jumlah segmen | | = 6 bagian |
| 6) Fungsi bangunan | | = Rumah hunian / <i>Resort</i> |

C. Data Material :

- 1) Data Baja
 - a. Mutu Baja = BJ 37
 - b. Tegangan Leleh f_y = 240 MPa
 - c. Tegangan *Ultimate* f_u = 370 MPa
 - d. Modulus Elastis E = 200.000 MPa
 - e. Angka *Poisson* μ = 0,3
- 2) Data Beton
 - a. Mutu Beton f_c' = 35 MPa
 - b. Modulus Elastis E_c = $4700\sqrt{f_c'}$
 - c. Berat Jenis Bahan = 24 kN/m³

D. Tipe Profil Baja :

- 1) *Wide Flange*

E. Tumpuan / *Restraint* :

- 1) Sendi dan Jepit

F. Pembebanan yang digunakan ialah :

- 1) Beban mati = 4,229 kN/m² (beban sesuai SNI 1727, 2020)
- 2) Beban hidup = 2,110 kN/m²

2. Pembahasan

A. Analisis Struktur Ragka :

1) Periksa Kestabilan Struktur Rangka

Syarat keseimbangan rangka batang statis tertentu adalah :

$$2 \cdot n - m - r = 0$$

Dimana:

n = jumlah titik buhul	= 13 buah
m = jumlah batang	= 23 batang
r = jumlah reaksi perletakan	= 3
$2 \cdot 13 - 23 - 3$	= 0
$26 - 23 - 3$	= 0
$26 - 26$	= 0
0	= 0

*Jadi, rangka batang tersebut dapat dikatakan stabil (kaku).

2) Gaya Dalam

Untuk mencari nilai gaya dalam disetiap batangnya, rangka ini dianalisa dengan menggunakan program *MDSolids v.4.1.0* untuk efisiensi waktu dan keakuratan data dalam menghitung gaya struktur rangka.

Tabel 2. Data Hasil Analisis Gaya Dalam Menggunakan *MDSolids v.4.1.0*.

Jenis Batang	Nama Batang	Gaya Batang (kN)	
		Tarik (+)	Tekan(-)
Batang Atas	a1	1 636,35	
	a2	920,45	
	a3	409,09	
	a4	102,27	
	a5	0	0
Batang Bawah	b1		0
	b2		2 556,80
	b3		1 636,35
	b4		920,45
	b5		409,09
	b6		102,27
Batang Diagonal	d1	4 092,88	
	d2	1 473,44	
	d3	1 146,01	
	d4	818,58	
	d5	491,15	
	d6	163,72	
Batang Tengah	t1		4 368,76
	t2		939,28
	t3		683,6
	t4		427,92
	t5		172,24
	t6		22,2

B. Luasan Profil

1) Perencanaan Batang Tekan (*Compression*)

Tabel 3. Data Batang Tekan Atas.

No.	Nama Batang	Profil	Area (cm ²)	Unit Weight (kg/m)
1.	a1	WF400x200x8x13	84,10	66,00
2.	a2	WF346x174x6x9	52,68	41,40
3.	a3	WF100x100x6x8	21,90	17,20
4.	a4	WF100x100x6x8	21,90	17,20
5.	a5	WF100x100x6x8	21,90	17,20

Tabel 4. Data Batang Tekan Diagonal

No.	Nama Batang	Profil	Area (cm ²)	Unit Weight (kg/m)
1.	d1	WF350x350x12x19	173,9	137,00
2.	d2	WF400x200x8x13	84,10	66,00
3.	d3	WF346x174x6x9	52,68	41,40
4.	d4	WF346x174x6x9	52,68	41,40
5.	d5	WF100x100x6x8	21,90	17,20
6.	d6	WF100x100x6x8	21,90	17,20

2) Perencanaan Batang Tarik (Tensile)

Tabel 5. Data Batang Tarik Bawah.

No.	Nama Batang	Profil	Area (cm ²)	Unit Weight (kg/m)
1.	b1	WF350x350x12x19	173,9	137,00
2.	b2	WF350x350x12x19	173,9	137,00
3.	b3	WF350x350x12x19	173,9	137,00
4.	b4	WF200x200x8x12	63,53	49,90
5.	b5	WF200x200x8x12	63,53	49,90
6.	b6	WF100x100x6x8	21,90	17,20

Tabel 6. Data Batang Tarik Tegak.

No.	Nama Batang	Profil	Area (cm ²)	Unit Weight (kg/m)
1.	t1	WF350x350x12x19	173,9	137,00
2.	t2	WF200x200x8x12	63,53	49,90
3.	t3	WF200x200x8x12	63,53	49,90
4.	t4	WF200x200x8x12	63,53	49,90
5.	t5	WF100x100x6x8	21,90	17,20
6.	t6	WF100x100x6x8	21,90	17,20

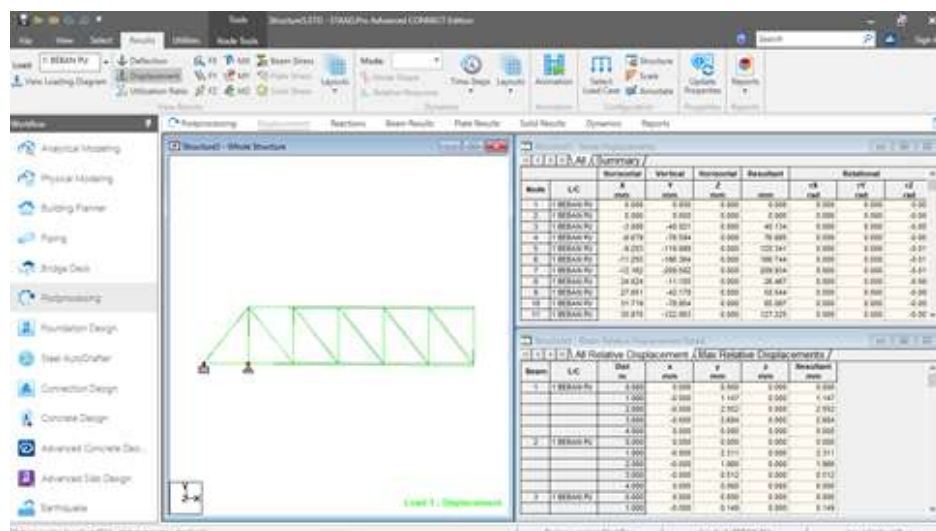
3) Recap Batang Sejenis

Tabel 7. Data Desain Profil Batang

No.	Nama Batang	Profil	Area (cm ²)	Unit Weight (kg/m)
1.	a1,d2	WF400x200x8x13	84,10	66,00
2.	d1,b1,b2,b3,t1	WF350x350x12x19	173,9	137,00
3.	a2,a3,d3,d4	WF346x174x6x9	52,68	41,40
4.	b4,b5,t2,t3,t4	WF200x200x8x12	63,53	49,90
5.	a4,a5,d5,d6,b6,t5,t6	WF100x100x6x8	21,90	17,20

C. Analisis Deformasi Struktur Rangka

Hasil perencanaan dimensi baja kemudian di analisa dengan menggunakan aplikasi *STAAD Pro CONNECT Edition v.22*.

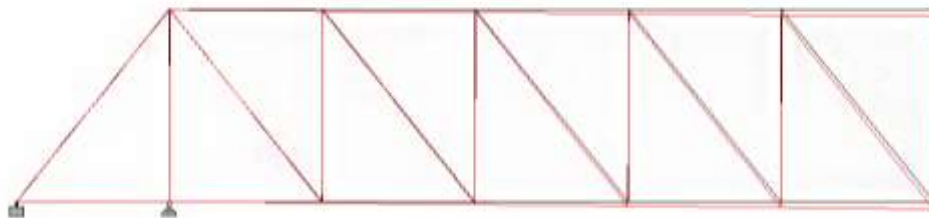


Gambar 4. Modeling Struktur dengan program STAAD.

Tabel 8. Data Hasil *Max Beam Relative Displacements* dengan program STAAD

Beam	L/C	Length m	Max x mm	Dist m	Max y mm	Dist m	Max z mm	Dist m	Max mm	Dist m	Span/Max
1	1 Beban Pu	4.000	0.000	3.667	2.123	2.667	0.000	0.000	2.123	2.667	1884
2	1 Beban Pu	4.000	0.000	2.667	2.562	1.667	0.000	0.000	2.562	1.667	1561
3	1 Beban Pu	4.000	-0.000	3.667	-0.153	3.000	0.000	0.000	0.153	3.000	>10000
4	1 Beban Pu	4.000	-0.001	2.667	-0.346	3.000	0.000	0.000	0.346	3.000	>10000
5	1 Beban Pu	4.000	0.002	2.333	1.245	1.333	0.000	0.000	1.245	1.333	3213
6	1 Beban Pu	4.000	0.001	3.333	-1.613	2.000	0.000	0.000	1.613	2.000	2480
7	1 Beban Pu	6.403	0.000	3.735	3.888	2.668	0.000	0.000	3.888	2.668	1647
8	1 Beban Pu	5.000	0.000	1.667	-0.728	2.083	0.000	0.000	0.728	2.083	6870
9	1 Beban Pu	6.403	0.001	5.870	3.242	4.269	0.000	0.000	3.242	4.269	1975
10	1 Beban Pu	5.000	0.000	1.667	-1.642	1.250	0.000	0.000	1.642	1.250	3046
11	1 Beban Pu	6.403	-0.001	4.269	1.301	4.802	0.000	0.000	1.301	4.802	4920
12	1 Beban Pu	5.000	-0.000	2.500	-0.923	1.250	0.000	0.000	0.923	1.250	5418
13	1 Beban Pu	6.403	-0.001	4.802	0.424	4.802	0.000	0.000	0.424	4.802	>10000
14	1 Beban Pu	5.000	-0.000	2.500	0.720	3.750	0.000	0.000	0.720	3.750	6943
15	1 Beban Pu	6.403	0.001	2.668	1.637	4.802	0.000	0.000	1.637	4.802	3912
16	1 Beban Pu	5.000	-0.000	3.750	-1.774	1.250	0.000	0.000	1.774	1.250	2819
17	1 Beban Pu	6.403	0.001	2.668	-1.622	3.202	0.000	0.000	1.622	3.202	3949
18	1 Beban Pu	5.000	-0.000	3.333	0.270	2.917	0.000	0.000	0.270	2.917	>10000
19	1 Beban Pu	4.000	-0.001	3.667	1.479	1.667	0.000	0.000	1.479	1.667	2705
20	1 Beban Pu	4.000	-0.000	3.000	0.517	1.333	0.000	0.000	0.517	1.333	7731
21	1 Beban Pu	4.000	-0.001	3.667	0.326	1.000	0.000	0.000	0.326	1.000	>10000
22	1 Beban Pu	4.000	0.001	1.667	0.620	1.000	0.000	0.000	0.620	1.000	6454
23	1 Beban Pu	4.000	0.001	1.667	-0.582	2.333	0.000	0.000	0.582	2.333	6872

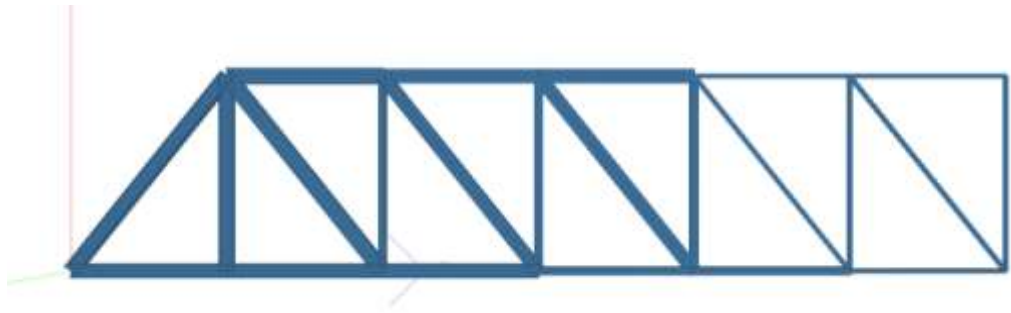
D. Gambar Hasil Perencanaan



Gambar 5. Hasil Deformasi dengan program STAAD



Gambar 6. Hasil Reaksi Tumpuan dengan program STAAD



Gambar 7. Hasil Desain Profil dengan program STAAD

KESIMPULAN

Dari hasil analisa perhitungan diperoleh dimensi profil batang balok yang dibutuhkan untuk rangka batang *pratt truss*. Struktur rangka batang *pratt truss* cocok digunakan sebagai struktur bentang panjang *cantilever*. Hal ini terlihat dari hasil perhitungan dengan menggunakan program aplikasi komputer dimana model *pratt truss* memiliki deformasi/lendutan struktur yang terjadi tidak melebihi batas yang signifikan.

Dari hasil desain, profil-profil yang digunakan aman dalam menerima beban, walaupun hasil analisis perhitungan terdapat elemen batang yang paling kritis dalam menahan beban gaya aksial tekan yaitu batang t1 dan b2. Sedangkan batang yang paling kritis dalam menahan beban gaya aksial tarik adalah batang d1 dan a1.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Agus Setiawan. (2008). Perencanaan Struktur Baja Dengan Metode LRFD Berdasarkan SNI 03-1729 2002. Penerbit AIRLANGGA, Jakarta.
- [2] Ansi Silambi'. (2020). Skripsi Perencanaan Struktur *Box Culvert* Sebagai Bagian Dari Struktur Jembatan. Skripsi: Fakultas Teknik Sipil. Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar.
- [3] Chu Kia Wang. (1986). *Statically Indeterminate Structures*. Mc Graw-Hill, Book Company, Inc.
- [4] Dipohusodo I. (2001). Analisis Struktur. Penerbit PT Gramedia, Jakarta.
- [5] Dwi Aneka Kartini. (2015). Re-Desain Jembatan Nambangan Bantul Dengan Menggunakan Rangka Baja Tipe *Pratt*.
- [6] Hibeller. (1999). *Structural Analysis. Fourth Edition*. Printice Hall, Upper Saddle River, New Jersey.
- [7] Jack Widjajakusuma & Helen Wijaya. (2015). *Effect Of Geometries On The Natural Frequencies Of Pratt Truss Bridge*.
- [8] Risman Widianoro. (2013). Optimalisasi Struktur Rangka Jembatan Rangka Baja Tipe *Warren*.
- [9] Toni Hartono & Tawio. (2019). Dasar-dasar Beton Bertulang berdasarkan SNI 2847-2013. Penerbit ANDI, Yogyakarta.