

Analisis baut *dynabolt* pada *shoring* proyek jembatan rangka baja Simpang Joglo Surakarta

Fathoni Abdul Mukti¹, Ad Zulfa Geofani Firdaus¹, Astriana Hardawati¹

¹Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta

Article Info

Available online

Keywords:

Elevated rail
Dynabolt bolts
Structure

Corresponding Author:

Fathoni Abdul Mukti
Fathoni.abd.mukti@gmail.com

Abstract

Bolted structures play an important role in various civil engineering and mechanical applications. Bolts are used to connect structural elements, providing strength and stability to the construction. Previous research has studied various aspects of the bolt structure, but there are still certain aspects that need to be understood further. One aspect that attracts attention is the relationship between the bolts on the Shoring and the concrete sleeper. In this research, we aim to analyze the bolt relationship between concrete sleeper and Shoring in terms of strength and structural behavior. Parameters such as tensile strength, bearing and shear will be studied, as well as parameters in determining safe bolt lengths using the punching shear method. The research method used is a combination of literature studies and experimental trials to understand the factors that influence structural strength. The results of this study are expected to provide a better understanding of the behavior of bolted structures and provide valuable insights for designers and engineers in the development of more efficient and safe structures. In addition, this research can open up opportunities for further research in this field.

Copyright © 2023 Universitas Islam Indonesia
All rights reserved

Pendahuluan

Struktur baut merupakan komponen penting dalam berbagai aplikasi rekayasa sipil dan mekanika. Baut digunakan untuk menghubungkan dua atau lebih elemen struktural, berfungsi memberikan kekuatan dan kestabilan pada konstruksi. Sebuah konstruksi tidak mungkin tidak ada sambungan. Baut adalah salah satu jenis sambungan yang sering digunakan dalam konstruksi. Dalam beberapa konstruksi seperti jembatan, gedung tinggi, dan kendaraan berat, baut bertanggung jawab untuk menahan beban dinamis dan statis yang signifikan. Pada umumnya, sambungan akan didesain lebih kuat daripada elemen yang disambung.

Mengacu pada dalam *SNI-1727:2015* disebutkan bahwa desain baut perencanaan diperbolehkan menggunakan ketentuan desain faktor beban dan ketahanan (DFBK) atau dengan ketentuan desain kekuatan ijin (DKI). Kedua metode ini umum digunakan dalam perencanaan sambungan. Berdasarkan pentingnya peran baut, pemahaman yang mendalam tentang perilaku struktur baut sangat penting untuk memastikan integritas struktural dan keamanannya.

Penelitian sebelumnya telah melibatkan studi yang luas tentang struktur baja, termasuk pemodelan analitis, simulasi numerik, dan uji coba eksperimental. Beberapa contoh penelitian yang pernah dilakukan diantaranya “*Perilaku Kekuatan*

Kelangsingan Kolom Pada Struktur Temporary Shoring (Studi Kasus Proyek Jembatan Penghubung Terminal Utama Ke Existing Proyek Bandara Sultan Hasanudin Makassar)” yang ditulis oleh Hanafie (2021). Dalam penelitian tersebut diharapkan sebagai bahan referensi dalam penentuan penggunaan kolom *temporary*. Namun, meskipun banyak penelitian yang dilakukan, masih ada aspek-aspek yang memerlukan penelitian lebih lanjut. Salah satu aspek yang menarik perhatian adalah hubungan antara baut pada *Shoring* dengan *sleeper* beton.

Pada penelitian ini, penulis bertujuan untuk menganalisis hubungan baut antara *sleeper* beton dengan *Shoring* terhadap kekuatan dan perilaku strukturalnya. Beberapa parameter yang digunakan seperti kekuatan tarik, tumpu, geser, hingga parameter dalam menentukan panjang baut yang aman untuk digunakan dengan metode *punching shear*.

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini akan melibatkan pendekatan kombinasi antara studi literatur dan uji coba eksperimental. Pertama, akan ditinjau parameter-parameter yang berpengaruh dalam menentukan kekuatan structural berdasarkan penelitian sebelumnya. Kemudian dilakukan pemodelan dengan menggunakan software dan terakhir diinterpretasikan hasil yang didapat.

Diharapkan bahwa hasil penelitian ini akan memberikan kontribusi penting keilmuan mengenai perilaku struktur baut dan juga dapat membuka peluang untuk penelitian lanjutan dalam bidang ini.

Landasan Teori

Baut Dynabolt

Dynabolt adalah jenis baut ekspansi atau baut geser (*expansion bolt*) yang digunakan untuk memasang benda pada permukaan beton, batu, atau bahan keras lainnya. Baut *dynabolt* dirancang khusus untuk memberikan kekuatan dan keamanan yang tinggi dalam pemasangan struktur dan

peralatan pada permukaan yang keras dan tahan lama. Bentuk baut *dynabolt* dapat dilihat pada gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1. Posisi baut dynabolt pada *Shoring*

Baut *dynabolt* umumnya digunakan dalam berbagai aplikasi konstruksi, termasuk pemasangan kerangka baja, pagar, tangga, mesin, dan perlengkapan lainnya pada permukaan beton, batu, atau bahan keras lainnya.

Dalam penggunaannya perlu adanya parameter perhitungan agar sebuah konstruksi struktur tepatnya pada baut dapat menerima beban dengan maksimal tanpa mengalami keruntuhan. Parameter itu meliputi ketahanan tarik, tumpu, dan geser. Berdasarkan SNI 03-1729-2002, berikut beberapa persamaan untuk menganalisis tahanan baja.

Pemeriksaan Tahanan Tarik :

$$R_n = 0,75 \times F_u \times A_b \quad (1)$$

Pemeriksaan Tahanan Tumpu :

$$R_n = 2,4 \times F_u \times h \times d \quad (2)$$

Pemeriksaan Tahanan Geser :

$$R_n = p \times r_1 \times A_b \times F_u \quad (3)$$

Safety Factor (SF)

$$SF = \frac{P_i}{P_u} \quad (4)$$

Keterangan

F_u = Kuat tarik baut (MPa)

- Ab = Luas bruto (mm²)
h = Tebal pelat *sleeper* (mm)
d = Diameter baut (mm)
r1 = 0,5 baut tanpa ulir pada bidang geser
SF = *Safety factor*
Pu = Beban *ultimit*
Pi = Beban ijin

Keunggulan baut *dynabolt* adalah kemampuannya untuk memberikan daya dukung dan kekuatan yang baik pada permukaan yang keras dan tahan lama serta dapat menahan gaya tarik yang mungkin tidak ada pada baut umumnya.

Shoring

Shoring adalah teknik atau proses penggunaan sistem penyangga temporary dalam konstruksi untuk mendukung dan menjaga stabilitas sementara dari elemen struktural yang sedang dalam pembangunan atau perbaikan. *Shoring* biasanya digunakan saat konstruksi sedang berlangsung dan diperlukan untuk memberikan dukungan tambahan pada struktur yang sedang dalam kondisi tidak stabil atau belum sepenuhnya kuat.

Tujuan utama dari *Shoring* adalah untuk mencegah runtuhnya atau deformasi struktur yang sedang dalam proses konstruksi, terutama pada tahap awal ketika kekuatan struktur belum terbentuk sepenuhnya.

Sistem *Shoring* dapat terdiri dari berbagai komponen, seperti bingkai penyangga (*scaffolding*), tiang penyangga (*shore posts*), balok penyangga (*shore beams*), dan elemen penghubung lainnya. Material yang digunakan untuk *Shoring* umumnya harus kuat dan tahan lama, seperti baja atau kayu bertekanan tinggi.

LRFD (Load and Resistance Factor design)

Dua filosofi yang sering digunakan dalam perencanaan struktur baja adalah perencanaan berdasarkan tegangan kerja (*working stress design*) atau *Allowable Stress Design (ASD)* biasa disebut Desain Kekuatan Ijin (DKI) dan perencanaan kondisi batas (*limit states design*) atau *Load and Resistance Factor Design (LRFD)* atau biasa disebut juga dengan Desain Faktor Beban dan Ketahanan (DFBK). Metode ASD dalam perencanaan struktur baja telah digunakan dalam kurun waktu kurang lebih 100 tahun dan dalam 20 tahun terakhir prinsip perencanaan struktur baja mulai beralih ke konsep LRFD yang jauh lebih rasional.

Metode LRFD (*Load and Resistance Factor Design*) adalah suatu metode dalam perencanaan bangunan gedung yang memperhitungkan faktor beban dan faktor ketahanan material. Metode ini merupakan pendekatan dalam perencanaan dan perancangan struktur yang digunakan dalam bidang rekayasa sipil. Beban yang bekerja akan dikalikan dengan faktor beban, sedangkan tahanan akan dikalikan dengan faktor reduksi.

Metode ini bertujuan untuk memastikan bahwa struktur yang dirancang memiliki faktor keamanan yang memadai terhadap beban yang diterapkan dan faktor ketahanan yang memadai terhadap kapasitas material yang digunakan.

Berdasarkan pada penelitian sebelumnya oleh Suryanita (2003) dengan judul "*Analisis Kekuatan Nominal Balok Lentur Baja dengan Allowable Stress Design (ASD) dan Load Resistance Design Factor (LRFD)*" didapatkan hasil bahwa faktor kelebihan beban dan faktor tahanan dengan LRFD diperoleh lebih rasional.

Adapun penelitian lainnya oleh Artana (2018) dengan judul "*Analisis Perbandingan Perencanaan Struktur Baja Berdasarkan Metode Desain Kekuatan Ijin (Dki) Dengan Desain Faktor Beban Dan*

Ketahanan (Dfbk) Sesuai Sni- 1729:2015” didapatkan hasil kemungkinan profil penampang yang dianalisis menghasilkan ukuran yang lebih kecil dengan menggunakan metode DFBK.

Metode LRFD membantu memastikan bahwa struktur dirancang dengan tingkat keamanan yang memadai terhadap beban yang mungkin terjadi dalam kehidupan riil. Faktor keamanan ini membantu mengkompensasi ketidakpastian dalam estimasi kapasitas material dan variabilitas yang mungkin terjadi dalam kondisi aktual.

Jembatan Rangka Baja

Jembatan adalah salah satu bangunan konstruksi yang mempunyai banyak tipe, namun mempunyai satu fungsi utama yaitu untuk menghubungkan dua daerah yang terpisah halangan. Salah satu tipe jembatan adalah jembatan rangka. Seperti dalam tulisannya Nawir Rasidi (2017) jembatan rangka baja adalah suatu struktur jembatan yang bahan dasarnya menggunakan profil dari baja, dimana pada arah melintang diperoleh bentuk segitiga diatas pemikul-pemikul lintangnya.

Jembatan rangka baja dirancang dengan mempertimbangkan berbagai faktor seperti beban yang diharapkan, kondisi lingkungan, dan spesifikasi desain yang diberlakukan. Baja dipilih sebagai bahan utama karena memiliki sifat kekuatan yang tinggi, fleksibilitas, dan daya tahan terhadap beban yang signifikan.

Rangka baja jembatan terdiri dari balok utama dan kolom penyangga. Balok utama berfungsi sebagai elemen horizontal utama yang membentang di atas jarak antara penyangga-penyangga. Balok ini dapat memiliki bentuk dan ukuran yang berbeda tergantung pada desain dan kebutuhan spesifik jembatan. Kolom penyangga adalah elemen vertikal yang mendukung balok utama dan menyalurkan beban ke pondasi jembatan. Kolom penyangga terletak di atas tiang penyangga atau struktur pendukung

lainnya dan berperan penting dalam menstabilkan jembatan secara keseluruhan.

Jembatan rangka baja digunakan dalam berbagai skenario, termasuk jembatan jalur kereta api, jembatan jalan raya, jembatan pejalan kaki, dan jembatan untuk pipa dan saluran. Kelebihan jembatan rangka baja meliputi kekuatan struktural yang tinggi, umur panjang, kecepatan konstruksi yang relatif cepat, dan kemampuan untuk mengatasi tantangan topografi dan kondisi lingkungan yang kompleks.

Jalur Kereta Api Elevated

Simpang Joglo memiliki dua perlintasan sebidang sekaligus. Tingginya volume kepadatan lalu lintas Simpang Joglo mengakibatkan kemacetan khususnya pada jam puncak (*peak hour*). Ditambah dengan kondisi penutupan palang setiap kereta api melintas, membuat kemacetan pada Simpang Joglo semakin parah

Untuk menghadapi kondisi permasalahan tersebut, dibuatlah perencanaan dimana perlintasan tidak lagi dibuat sebidang yakni dengan membangun elevated railway yang secara ekonomi dan/atau sosial dapat memberikan nilai manfaat lebih kepada masyarakat. Sekaligus dilakukan penambahan jalur kereta api yang semula hanya satu jalur menjadi dua jalur (jalur ganda) seperti yang tertulis dalam laporan praktik kerja Rendra Juliansyah Putra (2023).

Jalur kereta api *elevated* melibatkan beberapa konsep penting. Pertama, jalur ini menggunakan struktur *elevated* yang bisa berupa jembatan, tiang penyangga, atau balok-balok beton yang kuat dan tahan lama. Struktur ini dirancang untuk menahan beban kereta api dan menjaga stabilitas rel.

Jalur kereta api *elevated* telah digunakan di berbagai kota di seluruh dunia sebagai solusi transportasi yang efisien dan berkelanjutan. Keberadaan jalur *elevated* memungkinkan perjalanan kereta yang lebih lancar dan cepat, mengurangi kepadatan lalu lintas di

permukaan tanah, dan meningkatkan konektivitas antara berbagai wilayah.

Metodologi

Untuk Mengetahui bagaimana penggunaan baut *dynabolt* pada sistem *Shoring* pada proyek jembatan rangka baja simpang joglo Surakarta, tahapan analisis perhitungan sebagai berikut :

1. Mengidentifikasi data proyek dan melengkapinya bila diperlukan, data proyek tersebut hanya berupa data pembebanan.
2. Data pembenanan dari proyek diperhitungkan menggunakan *software* SAP2000.
3. Selanjutnya, dilakukan perhitungan dengan parameter ketahanan geser, tarik, tumpu, dan juga mencari kebutuhan panjang bautnya.
4. Melakukan pembahasan terkait hasil analisis perhitungan dan menarik kesimpulan.

Hasil dan Pembahasan

Pembebanan Shoring

Hasil reaksi tumpuan shoring didapatkan pada node 11 dan node 5, dan disajikan dalam Tabel 1 dan Tabel 2 berikut.

Tabel 1. Reaksi Tumpuan *Shoring* A1 – Node 11

Joint	F1 (kN)	F2 (kN)	F3 (kN)
A1	0,02	0,03	4,00
A1	0,98	1,14	172,11
A1	0,27	-23,41	27,13
A1	0,28	-6,99	43,35
A2	0,00	0,03	4,37
A2	0,00	1,13	179,39
A2	0,00	-23,29	30,48
A2	0,00	-6,95	45,96
A3	-0,02	0,03	4,00
A3	-0,98	1,14	172,11
A3	-0,27	-23,42	27,13
A3	-0,28	-6,99	43,35
B1	0,02	0,00	4,42
B1	0,99	0,00	180,27
B1	0,99	-26,70	180,27
B1	0,51	-8,23	92,34

B2	0,00	0,00	4,79
B2	0,00	0,00	187,61
B2	0,00	-26,58	187,61
B2	0,00	-8,20	96,20
B3	-0,02	0,00	4,42
B3	-0,99	0,00	180,27
B3	-0,99	-26,70	180,27
B3	-0,51	-8,23	92,34
C1	0,02	-0,03	4,00
C1	0,98	-1,14	172,11
C1	1,69	-25,68	317,08
C1	1,69	-25,68	317,08
C1	0,72	-8,15	132,76
C2	0,00	-0,03	4,37
C2	0,00	-1,13	179,39
C2	0,00	-25,55	328,30
C2	0,00	-8,11	137,80
C3	-0,02	-0,03	4,00
C3	-0,98	-1,14	172,11
C3	-1,69	-25,68	317,08
C3	-0,72	-8,15	132,76

Note: data proyek hasil perhitungan dengan menggunakan *software* SAP2000.

Berdasarkan Tabel 1 tersebut, didapatkan nilai F1 max = 1,69 kN ; F1 min = -1,69 kN ; F2 max = 1,14 kN ; F2 min = -26,7 kN ; F3 max = 328,3 kN dan F3 min = 4 kN

Dari hasil analisis SAP2000, reaksi tumpuan arah F3 (Z) pada semua kombinasi beban masih berupa nilai positif (tekan), sehingga dapat disimpulkan tidak terjadi gaya angkat (tarik) pada tumpuan *shoring*

Tabel 2. Reaksi Tumpuan *Shoring* A1 – Node 5

Joint	F1 (kN)	F2 (kN)	F3 (kN)
A1	0,02	0,03	4,00
A1	0,50	0,58	87,57
A1	-0,17	-22,35	-47,83
A1	0,04	-7,27	1,08
A2	0,00	0,03	4,37
A2	0,00	0,58	91,37
A2	0,00	-22,23	-47,70
A2	0,00	-7,23	1,95
A3	-0,02	0,03	4,00
A3	-0,50	0,58	87,57
A3	0,17	-22,35	-47,83
A3	-0,04	-7,27	1,08
B1	0,02	0,00	4,42
B1	0,51	0,00	91,83

B1	0,51	-24,94	91,83
B1	0,27	-8,23	48,12
B2	0,00	0,00	4,79
B2	0,00	0,00	95,67
B2	0,00	-24,82	95,67
B2	0,00	-8,20	50,23
B3	-0,02	0,00	4,42
B3	-0,51	0,00	91,83
B3	-0,51	-24,94	91,83
B3	-0,27	-8,23	48,12
C1	0,02	-0,03	4,00
C1	0,50	-0,58	87,57
C1	1,16	-23,50	222,97
C1	0,48	-7,87	90,49
C2	0,00	-0,03	4,37
C2	0,00	-0,58	91,37
C2	0,00	-23,38	230,44
C2	0,00	-7,83	93,79
C3	-0,02	-0,03	4,00
C3	-0,50	-0,58	87,57
C3	-1,16	-23,50	222,97
C3	-0,48	-7,87	90,49

Note: data proyek hasil perhitungan dengan menggunakan software SAP2000

Berdasarkan Tabel 2 tersebut, didapatkan nilai $F1 \text{ max} = 1,16 \text{ kN}$; $F1 \text{ min} = -1,16 \text{ kN}$; $F2 \text{ max} = 0,58 \text{ kN}$; $F2 \text{ min} = -24,94 \text{ kN}$; $F3 \text{ max} = 230,44 \text{ kN}$ dan $F3 \text{ min} = -47,83 \text{ kN}$

Dari hasil analisis SAP2000, terjadi gaya angkat (tarik) di 3 titik tumpuan *Shoring* paling tepi pada kombinasi beban $1D+1L+1W$ (angin). Sehingga pada *Shoring* A1 node 5 dibutuhkan pondasi yang menahan dan menstabilkan gaya angkat tersebut.

Diketahui data sebelumnya adalah :

$F_u = 370 \text{ MPa}$

Diameter (d) = 22 mm

Banyak baut (n) = 4

Pemeriksaan Tahanan Tarik Baut

Pemeriksaan kekuatan tarik baut dilakukan untuk mengevaluasi kemampuan baut dalam menahan beban tarik atau gaya tarik yang bekerja pada struktur atau sambungan.

Pemeriksaan ini penting untuk memastikan keamanan dan keandalan struktur tersebut.

Tabel 3. Hasil Perhitungan Tahanan Tarik

	SAT	HASIL
Tahanan tarik	kN	105,433
Beban tarik (Node 11)	kN	11,750
Beban tarik (Node 5)	kN	1

Note: hasil perhitungan dengan menggunakan software Ms.Excel

Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel 3 tersebut, tahanan tarik baut melebihi beban yang diterapkan. Hal ini menunjukkan bahwa baut memiliki kapasitas yang lebih tinggi daripada yang dibutuhkan untuk menahan beban tersebut. Dapat dikatakan bahwa baut tersebut aman dalam hal kekuatan tarik.

Hasil yang didapat yaitu tahanan tarik baut sebesar 105,4334 kN dan nilai ini lebih tinggi daripada beban yang diterapkan sebesar 11,750. Dari hasil ini didapat nilai SF tahanan tarik sebesar 8,97. Nilai SF lebih dari satu menunjukkan struktur aman dalam menahan beban tersebut.

Pemeriksaan Tahanan Tumpu

Pemeriksaan kekuatan tarik baut dilakukan untuk mengevaluasi kemampuan baut dalam menahan beban tarik atau gaya tarik yang bekerja pada struktur atau sambungan. Pemeriksaan ini penting untuk memastikan keamanan dan keandalan struktur tersebut.

Tabel 4. Hasil Perhitungan Tahanan Tumpu

	SAT	HASIL
Tahanan tumpu	kN	122,100
Beban tumpu (Node 11)	kN	82,075
Beban tumpu (Node 5)	kN	57,61

Note: hasil perhitungan dengan menggunakan software Ms.Excel

Berdasarkan hasil perhitungan Tabel 4 tersebut, tahanan tumpu baut melebihi beban yang diterapkan, Hal ini menunjukkan bahwa baut memiliki kapasitas yang lebih tinggi daripada yang dibutuhkan untuk

menahan beban tersebut. Dapat dikatakan bahwa tumpuan baut tersebut aman dalam hal kekuatan tumpu.

Hasil yang didapat yaitu tahanan tumpu baut sebesar 122,100 kN dan nilai ini lebih tinggi daripada beban yang diterapkan sebesar 82,075 kN. Dari hasil ini didapat nilai SF tahanan tumpu sebesar 1,49. Nilai SF lebih dari satu menunjukkan struktur aman dalam menahan beban tersebut.

Pemeriksaan Tahanan Geser

Baut dapat menahan beban geser atau gaya geser yang bekerja pada sambungan atau struktur. Pemeriksaan ini penting untuk memastikan keamanan dan keandalan struktur tersebut.

Tabel 5. Hasil Perhitungan Tahanan Geser

	SAT	HASIL
Tahanan tarik	kN	70,288
Beban geser (Node 11)	kN	6,675
Beban geser (Node 5)	kN	6,235

Note: hasil perhitungan dengan menggunakan software Ms.Excel

Berdasarkan hasil perhitungan Tabel 5 tersebut, tahanan geser baut melebihi beban yang diterapkan. Hal ini menunjukkan bahwa baut memiliki kapasitas yang lebih tinggi daripada yang dibutuhkan untuk menahan beban geser tersebut. Dapat dikatakan bahwa baut tersebut aman dalam hal kekuatan geser.

Hasil yang didapat yaitu tahanan geser baut sebesar 70,288 kN dan nilai ini lebih tinggi daripada beban yang diterapkan sebesar 6,675 kN. Dari hasil ini didapat nilai SF tahanan geser sebesar 10,53. Nilai SF lebih dari satu menunjukkan struktur aman dalam menahan beban tersebut.

Perhitungan Panjang Baut (Punching Shear Method)

Metode *Punching Shear Based On ACI 318-08* adalah pendekatan analisis struktural yang digunakan untuk mengevaluasi

ketahanan geser dari pelat atau struktur pelat datar.

Metode ini digunakan untuk menentukan geser keruntuhan pada beton *sleeper*, sehingga dapat ditentukan panjang baut sesuai dengan keruntuhan geser tarik pada beton *sleeper*. Hasil rekapitulasi perhitungan dapat dilihat pada Tabel 6 berikut.

Tabel 6. Rekapitulasi Data Perhitungan

	SAT	HASIL
Tegangan leleh	MPa	420
Lebar balok	mm	340
Tinggi beton	mm	100
Diameter angkur	mm	22
Gaya geser rencana akibat beban terfaktor	kN	70,289
Gaya tarik rencana akibat beban terfaktor	kN	47,830
Gaya tarik rencana	N	47,830

Note: hasil perhitungan dengan menggunakan software Ms.Excel

Kapasitas Material Angkur M22

Kapasitas material angkur M22 mengacu pada kemampuan angkur dengan diameter M22 untuk menahan beban atau gaya tertentu. Kapasitas material angkur dipengaruhi oleh beberapa faktor, termasuk jenis material angkur, kekuatan material angkur, metode pemasangan angkur, kondisi struktur, dan persyaratan desain yang berlaku. Hasil perhitungan kapasitas material angkur M22 dapat dilihat pada Tabel 7 berikut.

Tabel 7. Rekapitulasi Kapasitas Material Angkur M22

	SAT	HASIL
Kuat tarik beton	MPa	4
Tegangan leleh	MPa	420
Tinggi beton	mm	100
Diameter angkur	mm	22
Luas area	mm	380,286
Kapasitas M22	kN	159720
Kapasitas terfaktor	kN	127,776
Kapasitas tarik	kN	34,295
Kapasitas tarik	kN	27,436

Note: hasil perhitungan dengan menggunakan software Ms.Excel

Kapasitas Punching Shear Beton

Kapasitas *punching shear* beton mengacu pada kemampuan beton untuk menahan gaya geser di sekitar beban konsentrasi atau kolom pada pelat beton. *Punching shear* adalah salah satu mode kegagalan yang kritis dalam desain struktur beton. Perhitungan kapasitas *punching shear* beton disajikan dalam Tabel 8 berikut.

Tabel 8. Rekapitulasi Kapasitas *Punching Shear* Beton

	SAT	HASIL
Gaya tarik aktual	MPa	0,202
Kapasitas <i>punching shear</i> (pers 1)	MPa	0,688
Kapasitas <i>punching shear</i> (pers 2)	MPa	0,855
Kapasitas <i>punching shear</i> (pers 3)	MPa	2,071
Tahanan geser beton	MPa	0,551

Note: hasil perhitungan dengan menggunakan software Ms.Excel

Berdasarkan perhitungan yang dilakukan dengan menggunakan panjang baut trial sebesar 100 mm, ditemukan bahwa nilai gaya tarik aktual sebesar 0,202 lebih kecil daripada tahanan geser beton sebesar 0,551 artinya memenuhi kriteria keamanan. Ini berarti bahwa panjang baut 100 mm telah memberikan kapasitas yang cukup untuk menahan keruntuhan sleeper akibat beban tarik yang diperhitungkan dengan aman.

Secara garis besar, dari hasil analisis perhitungan berdasarkan ketahanan Tarik baut, ketahanan tumpu baut, dan ketahanan geser baut, didapatkan hasil bahwa sambungan baut *dynabolt* yang dianalisis mempunyai kapasitas yang lebih besar dibandingkan dengan beban yang harus ditahan. Hal ini berarti sambungan baut *dynabolt* yang digunakan aman untuk konstruksi ini.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan di atas, maka disimpulkan bahwa analisis baut *dynabolt* dengan menggunakan pendekatan LRFD sebagai berikut :

1. Ketahanan tarik baut mencapai 105,433 kN, melebihi beban yang diterapkan sebesar 11,75 kN dengan nilai *safety factor* didapatkan sebesar 8,97.
2. Ketahanan tumpu baut mencapai 122,100 kN, melebihi beban yang diterapkan sebesar 82,075 kN dengan nilai *safety factor* didapatkan sebesar 1,49.
3. Ketahanan geser baut mencapai 70,288 kN, melebihi beban yang diterapkan sebesar 6,675 kN dengan nilai *safety factor* didapatkan sebesar 10,53.
4. Panjang baut 100 mm terbukti memiliki kapasitas yang cukup untuk secara aman menahan keruntuhan sleeper akibat beban tarik yang diperhitungkan.

Daftar Pustaka

- American Concrete Institute, A. C. I. (2007). *Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-08) and Commentary*. www.concrete.org
- Artana, I. W. A., & Sutajaya, I. P. S. (2018). *Analisis Perbandingan Perencanaan Struktur Baja Berdasarkan Metode Desain Kekuatan Ijin (DKI) Dengan Desain Faktor Beban dan Ketahanan (DFBK) Sesuai SNI-1729:2015*. Jurnal Universitas Hindu Indonesia.
- Hanafie, I. M. H., Rakib. A. M. A. R., & Fadila. R. D. F. (2021). *Perilaku Kekuatan Kelangsingan Kolom Pada Struktur Temporary Shoring (Studi Kasus Proyek Jembatan Penghubung Terminal Utama Ke Existing Proyek Bandara Sultan Hasanudin Makassar)*. Prosiding 5th Seminar Nasional Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat 2021.
- Putra. R. J. P., & Setiawan. F. N. P. S., (2023) *Internship Proyek Pembangunan Jalur KA Elevated Antara Solo Balapan – Kadipiro Tahap I Km. 104+700 – Km. 107.00. Internship – CS224703*.
- Rasidi. N. R., Ningrum. D. N., & Gusman. L. G. (2017). *Analisis Alternatif Perkuatan Jembatan*

- Rangka Baja (Studi Kasus : Jembaran Rangka Baja Soekarno-Hatta Malang)*. eUREKA Jurnal Penelitian Teknik Sipil dan Teknik Kimia.
- Setiawan, A. S. (2008). *Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD* (Berdasarkan SNI 03-1729 2002). Jakarta : PT Penerbit Erlangga.
- Standar Nasional Indonesia. (2015). *Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural, SNI 1729-2015*. Jakarta : Badan Standar Nasional Indonesia.
- Suryanita, R. S., & Kamaldi, A. K. (2003). *Analisis Kekuatan Nominal Balok Lentur Baja dengan Metode Desain Faktor Beban dan Tahanan (LRFD) dan Metode Desain Tegangan Ijin (ASD)*. Jurnal Natur Indonesia.