

Evaluasi Perhitungan Struktur Proyek Kaliban School 5 Lantai dengan ETABS

Rion Rifaldo^{1*}, Petrus Haryanto Wibowo²

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil FTSP Universitas Internasional Batam

²Dosen Program Studi Teknik Sipil FTSP Universitas Internasional Batam

rionrifaldo@gmail.com

Abstract

Structural planning that is not in accordance with regulations and theories can result in construction failure. As for one of the factors that influence planning errors is to take into account the burden on the building. The aim of this study is to evaluate the level of structural strength at Kaliban School and also to design solutions for structural strengthening. This study has 5 stages namely, structural design modeling, loading analysis, structural analysis, design, and design control. Structural analysis used ETABS application assistance and manual calculations in accordance with PPIUG, 1983; SNI 1727, 2013; SNI 2847, 2013. The results of ETABS analysis show that the structure of the Kaliban School plan is not resilient so it needs to be re-planned with ETABS method. For existing structures, it is necessary to strengthen the structure because the condition of the building is in the construction phase. The redesigning is done by changing the dimensions of the structural components, calculating the number of reinforcement and add joist to reducing the span of the floor plate. Structural reinforcement was done by adding joists (WF steel profiles 400 x 200 x 8 x 13 BJ 37) to reduce the floor plate span and calculate of BJ 37 steel plate requirements for structural components based on the necessary load from the ETABS analysis results.

Keywords : Structure, Concrete, ETABS, Reinforcement, Existing

Abstrak

Perencanaan struktur bangunan yang tidak sesuai dengan peraturan dan teori dapat mengakibatkan kegagalan konstruksi. Adapun salah satu faktor yang mempengaruhi kesalahan perencanaan adalah memperhitungkan beban pada bangunan. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi tingkat kekuatan struktur atas pada Kaliban School serta merancang solusi untuk perkuatan struktur. Metode penelitian yang digunakan adalah metode observasi dan metode literatur. Penelitian ini memiliki 5 tahapan yaitu, pemodelan desain struktur, analisis pembebanan, analisis struktur, desain, dan kontrol desain. Analisis struktur menggunakan bantuan aplikasi ETABS dan perhitungan manual sesuai dengan PPIUG, 1983; SNI 1727, 2013; SNI 2847, 2013. Hasil analisa ETABS menunjukkan bahwa struktur rencana Kaliban School tidak kuat sehingga perlu dilakukan perencanaan ulang menggunakan metode ETABS. Tetapi untuk struktur existing perlu dilakukan perkuatan struktur karena kondisi bangunan dalam tahap pembangunan. Perancangan ulang dilakukan dengan mengubah dimensi komponen struktur, menghitung jumlah tulangan, dan menambah balok anak untuk mengurangi bentang pada pelat lantai. Perkuatan struktur dilakukan dengan menambah balok anak (profil baja WF 400 x 200 x 8 x 13 BJ 37) untuk mengurangi bentang pelat lantai dan perhitungan kebutuhan pelat baja BJ 37 pada komponen struktur berdasarkan beban perlu dari hasil analisa ETABS.

Kata kunci : Struktur, Beton, ETABS, Perkuatan, Existing

1. Pendahuluan

Indonesia sebagai negara berkembang yang berada di Asia Tenggara saat ini sedang giat dalam pembangunan nasional. Tidak hanya berfokus pada Pulau Jawa yang dekat dengan pemerintah pusat, kini pembangunan di berbagai pulau hingga pelosok juga sedang difokuskan. Salah satu daerah yang saat ini sedang berkembang pesat adalah Kota Batam. Saat ini di Kota Batam sudah banyak pembangunan gedung, seperti gedung bertingkat hingga gedung pencakar langit. Suatu gedung bertingkat harus memiliki struktur yang memenuhi standar. Oleh karena itu, diharapkan struktur bangunan tersebut mampu menahan beban yang ada, hemat biaya, dan efisien. Tahap awal pada konstruksi adalah perencanaan struktur yang meliputi mutu material, ukuran, pembesian, dan penulangan yang sesuai perhitungan dan pembebanan suatu gedung.

Konsultan struktur bangunan harus kompeten dan ahli agar tidak menimbulkan dampak buruk ke berbagai pihak. Kesalahan dalam perencanaan bangunan dapat berakibat fatal. Salah satu kesalahan perencana adalah dalam menghitung gaya-gaya yang bekerja yang bekerja pada suatu bangunan (Sarono, 2015). Sehingga dimensi dan pembesian suatu struktur hanya mampu menahan gaya yang lebih kecil dari rencana yang mengakibatkan kerusakan. Semakin berat kerusakan suatu bangunan, maka bangunan tersebut tidak dapat difungsikan. Supaya suatu bangunan dapat segera difungsikan dan aman, maka harus segera ditangani dengan memperbaiki atau memperkuat bangunan. Perbaikan dan perkuatan struktur perlu memenuhi kaidah atau aturan yang ada seperti teknik perbaikan dan kontrol mutu. Sebelum melakukan perbaikan dan perkuatan, perlu dilakukan pengkajian terhadap bangunan gedung. Dapat dilakukan dengan cara pengamatan langsung ataupun perhitungan ulang. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi pekerjaan struktur Kaliban School dengan metode ETABS, Mengidentifikasi hasil analisa kekuatan struktur existing dengan ETABS berdasarkan data detail tulangan di lapangan, dan menganalisa solusi perkuatan struktur Proyek Kaliban School menggunakan bantuan aplikasi ETABS.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Standar dan Peraturan

Penelitian ini mengacu pada standar peraturan Indonesia sebagai berikut:

1. SNI 1727:2013, Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lainnya.
2. SNI 2847:2013, Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung.
3. PPIUG 1983, Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung.

2.2 Faktor Reduksi Kekuatan

Faktor reduksi ϕ atau sering dikenal faktor keamanan merupakan nilai pengurang kekuatan desain karena kekuatan bahan tidak selalu mampu menahan beban yang ada. Menurut (SNI 2847, 2013) pasal 9.3.2.1, nilai faktor reduksi ϕ ditentukan sebagai berikut:[1]

1. Penampang untuk lentur tanpa beban aksial, $\phi = 0,9$
2. Beban aksial dan beban aksial tarik dengan lentur
 - a. Aksial tekan dan aksial tekan dengan lentur
 - 1) Penampang dengan tulangan spiral, $\phi = 0,75$
 - 2) Penampang dengan tulangan tulangan sengkang, $\phi = 0,65$
3. Penampang untuk geser dan torsi, $\phi = 0,75$
4. Penampang untuk tumpuan pada beton, $\phi = 0,65$

2.3 Kekuatan Desain Struktur

Perencanaan struktur beton bertulang suatu gedung harus memenuhi persyaratan pada SNI 2847, 2013. Kekuatan rencana komponen struktur harus lebih besar dari kekuatan perlu.[1] Pasal 22.5.1 SNI 2847, 2013 mensyaratkan agar momen lentur desain penampang didasarkan pada:

$$\phi M_n \geq M_u \quad (1)$$

M_n merupakan beban lentur nominal dengan ϕ adalah faktor reduksi kekuatan. M_u merupakan kekuatan lentur perlu pada penampang. Pasal 22.5.2 SNI 2847, 2013 mensyaratkan agar beban aksial desain penampang didasarkan pada:

$$\phi P_n \geq P_u \quad (2)$$

P_n merupakan kekuatan tekan nominal dengan ϕ adalah faktor reduksi kekuatan. P_u merupakan kekuatan tekan perlu pada penampang.

Pasal 22.5.4 SNI 2847, 2013 mensyaratkan agar gaya geser desain penampang didasarkan pada:

$$\phi V_n \geq V_u \quad (3)$$

V_n merupakan kekuatan geser nominal dengan ϕ adalah faktor reduksi kekuatan. V_u merupakan kekuatan geser perlu pada penampang.

2.4 Perhitungan Kuat Rencana Balok

Perhitungan kuat rencana balok bertujuan untuk mengetahui kemampuan balok tersebut dalam menahan beban yang ada. Hal tersebut dikarenakan adanya syarat pada poin 2.3. Pada umumnya, kekuatan balok dihitung dari segi momen rencana balok dan geser rencana balok. Perhitungan kuat rencana balok dibagi menjadi 2, yaitu:[2]

2.4.1.Momen Rencana Balok

Diperlukan data penampang balok (b , h , d , d_s , d'_s), mutu beton dan tulangan (f_c' , f_y), dan jumlah tulangan terpasang (A_s). Kemudian dikontrol nilai ρ dengan syarat $\rho_{min} \leq \rho \leq \rho_{maks}$, dimana:

$$\rho = \frac{A_s - A'_s}{b \cdot d} \quad (4)$$

Dan

$$\rho_{maks} = \frac{382,5 \cdot \beta_1 \cdot f_c'}{(600 + f_y) \cdot f_y} \quad (5)$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} \quad (6)$$

Jika $\rho < \rho_{min}$, maka dimensi penampang balok perlu diperkecil dan sebaliknya jika $\rho > \rho_{maks}$, maka dimensi penampang balok perlu diperkecil. Selanjutnya, kontrol tinggi blok tegangan tekan ekuivalen yang actual a , yaitu:

$$a = \frac{(A_s - A'_s) \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} \quad (7)$$

$$a_{min} = \frac{600 \cdot \beta_1 \cdot d'_s}{600 - f_y} \quad (8)$$

$$a_{maks} = \frac{600 \cdot \beta_1 \cdot d}{600 + f_y} \quad (9)$$

Jika $a < a_{min}$, maka a dihitung lagi dengan menentukan p dan q .

$$p = \frac{600 \cdot A'_s - A_s \cdot f_y}{1,7 \cdot f_c' \cdot b} \quad (10)$$

$$q = \frac{600 \cdot \beta_1 \cdot d'_s \cdot A'_s}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} \quad (11)$$

$$a = (\sqrt{p^2 + q}) - p \quad (12)$$

Tentukan tegangan tekan baja, f'_s .

$$f'_s = \frac{a - \beta_1 \cdot d'_s}{a} \cdot 600 \quad (13)$$

Maka, momen nominal oleh gaya tekan beton M_{nc} dan momen nominal oleh gaya tekan tulangan M_{ns} dapat dihitung dengan cara sebagai berikut:

$$M_{nc} = 0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right) \quad (14)$$

$$M_{ns} = A'_s \cdot f'_s \cdot (d - d'_s) \quad (15)$$

Tentukan momen aktual balok, M_n .

$$M_n = M_{nc} + M_{ns} \quad (16)$$

Tentukan momen desain balok B1, Md.

$$M_d = \phi \cdot M_u \quad (17)$$

2.4.2. Geser Rencana Balok

Diperlukan data penampang balok (b, d), mutu bahan (f_c' , f_y), diameter tulangan sengkang (dp), spasi tulangan sengkang (s). Kemudian tentukan gaya geser yang mampu ditahan beton V_c , yaitu:

$$V_c = 0,17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d \quad (18)$$

Selanjutnya tentukan luas tulangan geser per meter panjang balok perlu A_v dengan rumus:

$$A_v = \frac{n \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot dp^2 \cdot S}{s} \quad (19)$$

Kemudian tentukan nilai gaya geser yang ditahan tulangan sengkang V_s , yaitu:

$$V_s = \frac{A_v \cdot f_{yt} \cdot d}{S} \quad (20)$$

Maka, dapat dihitung gaya geser nominal dan geser rencana dengan cara sebagai berikut:

$$V_n = \phi \cdot (V_c + V_s) \quad (21)$$

Dan

$$V_d = \phi \cdot V_n \quad (22)$$

2.5 Perkuatan Struktur

Kesalahan desain rencana struktur suatu bangunan berakibat fatal yang dapat menyebabkan suatu gedung roboh. Maka struktur suatu bangunan perlu dilakukan perkuatan agar mampu menahan beban yang ada. Perkuatan struktur dilakukan dengan menganalisa struktur suatu gedung. Kemudian dari hasil analisa, dapat kita ketahui struktur apa saja yang perlu dilakukan perkuatan. Solusi perkuatan yang harus dilakukan bergantung pada hasil analisa dan kondisi struktur tersebut. Pemilihan solusi perkuatan struktur perlu memperhatikan cara pelaksanaan, biaya, material yang tersedia, dan kemampuan SDM.

2.6 Perkuatan Struktur Balok

Teknik untuk perkuatan balok dapat dilakukan dengan cara meningkatkan momen nominal dan gaya geser nominal dengan menambah tulangan utama dan tulangan geser, serta memperbesar dimensi balok. Perkuatan struktur balok yang belum dibuat dapat dilakukan dengan memperbesar dimensi dan menambah tulangan perlu sesuai dengan beban perlu.[3]

2.6.1. Metode Perkuatan Struktur

Untuk struktur balok existing, metode perkuatan balok dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut:

- Prepared concrete, yaitu mengganti beton lama dengan beton baru dengan cara meletakkan agregat kasar pada bekisting dan kemudian direkatkan dengan beton lama dengan pasta semen.[4]
- Jacketing, yaitu dengan membungkus bagian struktur yang rusak dengan suatu bahan seperti beton, karet, baja, atau komposit dan menambah tulangan utama maupun sengkang. [4]
- Memasang pelat baja yang dibaut ke balok, yaitu dengan memasang pelat baja pada balok dan dikunci dengan baut.[5]

2.6.2. Perhitungan Perkuatan dengan Pelat Baja

- Perkuatan Momen

Perkuatan balok dihitung dengan menentukan momen perkuatan yang diperlukan, yaitu:

$$M_u = \phi \cdot M_r \quad (23)$$

$$M_r + M_{\text{pelat baja}} = M_{\text{existing}} + M_{\text{Perkuatan perlu}} \quad (24)$$

$$M_{\text{Perkuatan perlu}} = M_r - M_{\text{existing}} + M_{\text{pelat baja}} \quad (25)$$

Tentukan momen tahanan dari pelat baja, W .

$$W = \frac{t_{\text{plat}} \cdot h^2}{6} \quad (26)$$

Kemudian momen perkuatan dikonversikan ke tegangan baja sehingga:[6]

$$\sigma = \frac{M_{\text{perkuatan plat}}}{W} \quad (27)$$

$$M_{\text{perkuatan plat}} = \sigma \cdot W \quad (28)$$

Dengan σ adalah tegangan baja perkuatan dan W adalah momen tahanan.

Selanjutnya kontrol momen perkuatan perlu terhadap momen perkuatan plat.

$$M_{\text{perkuatan plat}} \geq M_{\text{Perkuatan perlu}} \quad (29)$$

b. Perkuatan Geser

Perkuatan geser dihitung dengan menentukan gaya perkuatan yang diperlukan, yaitu:

$$V_u = \phi \cdot V_r \quad (30)$$

$$V_r + V_{\text{plat baja}} = V_{\text{existing}} + V_{\text{Perkuatan}} \quad (31)$$

$$V_{\text{Perkuatan}} = V_r - V_{\text{existing}} + V_{\text{plat baja}} \quad (32)$$

Kemudian gaya geser perkuatan dikonversi ke gaya geser tahanan baja dengan tinggi pelat baja h dan tebal plat t yang direncanakan.[6]

$$V_{\text{Perkuatan plat}} = 0,6 \cdot A_{\text{pelat baja}} \cdot f_y \quad (33)$$

Selanjutnya kontrol geser perkuatan perlu terhadap momen perkuatan plat.

$$V_{\text{perkuatan plat}} \geq V_{\text{perkuatan perlu}} \quad (34)$$

2.7 Perkuatan Struktur Kolom

Struktur kolom pada suatu bangunan harus mampu menahan beban aksial dan momen yang terjadi. Momen ujung, dan faktor pembesar momen pada kolom juga berpengaruh besar. Sama halnya dengan balok, perkuatan struktur kolom yang belum dibuat dilakukan dengan memperbesar dimensi dan menambah jumlah tulangan sesuai beban perlu.

2.7.1. Metode Perkuatan Kolom

Untuk struktur kolom existing, metode perkuatan kolom dapat dilakukan dengan cara:

- Steel Jacketing, yaitu membungkus kolom dengan profil baja siku atau dengan pelat baja. Metode ini sering digunakan karena dianggap cepat dan hemat biaya.[7]
- RC Jacketing, yaitu dengan memperbesar dimensi kolom dengan menambah lapisan beton baru di luar beton lama dan juga menambah tulangan utama dan Sengkang.[7]
- Composite Jacketing, yaitu dengan bahan Fiber Reinforced Polymer (FRP) yang bertujuan menambah kuat tekan kolom.[8]

3. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan oleh penulis adalah metode observasi dan metode literatur. Metode observasi dilaksanakan dengan mengumpulkan data teknis perencanaan dari proyek Kaliban School. Metode literatur merupakan suatu metode yang dilaksanakan dengan pengumpulan data dari buku ataupun penelitian sebelumnya yang berkaitan dan berhubungan dengan rumusan penelitian ini. Data yang dihasilkan merupakan teknik pengolahan data berupa rumus untuk menghitung kekuatan desain, teknik perkuatan struktur, kebutuhan perkuatan

struktur, dan kontrol desain. Objek penelitian ini adalah evaluasi desain rencana proyek pembangunan Kaliban School 5 Lantai. Inti dalam penelitian ini adalah evaluasi kekuatan desain rencana struktur atas dan solusi perkuatan struktur yang belum selesai maupun existing.

Data penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

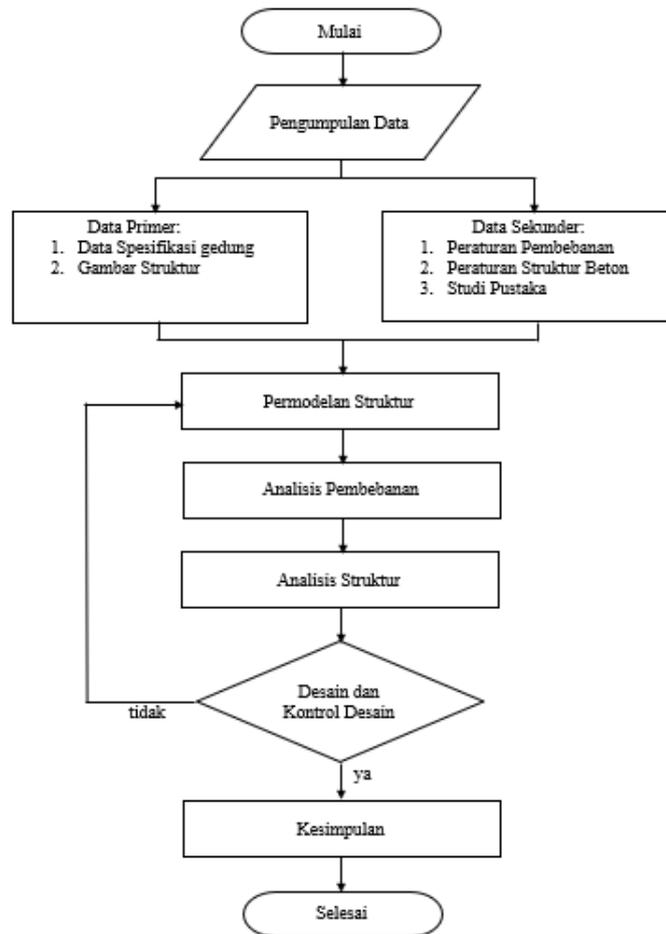
1. Data Umum
 - Nama proyek : Kaliban School
 - Jumlah tingkat : 5 (lima) lantai
 - Tinggi bangunan : 15,9 m
2. Data material
 - Mutu beton : K-300 setara 24,9 MPa
 - Mutu baja : \leq D10 mm - U24
 \geq D10 mm - U39
3. Shop drawing gedung

Shop drawing atau gambar kerja gedung diperlukan untuk mengetahui dimensi struktur rencana. Data tersebut dianalisis dengan program ETABS dan kemudian dilakukan evaluasi.
4. Data detail struktur

Data ini menjadi acuan perbandingan detail rencana dengan hasil analisis dengan program ETABS.

Tahapan analisis data penelitian terbagi menjadi 4 tahapan. Tahapan pemodelan desain struktur adalah langkah pertama dalam menentukan rancangan dan model struktur bangunan. Rancangan desain bangunan menggunakan desain rencana yang telah direncanakan dengan spesifikasi dan detail yang sama. Pemodelan berupa struktur sloof, kolom, balok, dan pelat. Tahapan kedua adalah analisis pembebanan. Analisis pembebanan bertujuan untuk menentukan besarnya pembebanan dan kombinasi beban pada rancangan desain struktur bangunan berdasarkan SNI 1727:2013 tentang “Beban minimum untuk perancangan bangunan dan gedung dan struktur lain.”

Tahapan ketiga adalah analisis struktur. Analisis struktur dibantu dengan program ETABS. Analisis struktur dilakukan untuk mengetahui gaya dalam yang bekerja pada komponen struktur (gaya geser, normal, dan momen). Luaran dari tahapan analisis struktur menunjukkan kebutuhan tulangan baja pada komponen struktur dan kekuatan desain rancangan bangunan dalam menahan kombinasi pembebanan yang bekerja pada struktur. Jika rancangan desain awal tidak kuat menahan beban yang ada, maka perlu dilakukan perancangan ulang desain struktur bangunan berdasarkan SNI 2847:2013 tentang “Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung.” Tahapan terakhir adalah membuat rancangan desain akhir dan akan dilakukan pengontrolan berdasarkan ketentuan-ketentuan yang berlaku. Tahapan penelitian ditunjukkan pada Gambar Diagram Alir Penelitian pada Gambar 3.1 berikut ini.

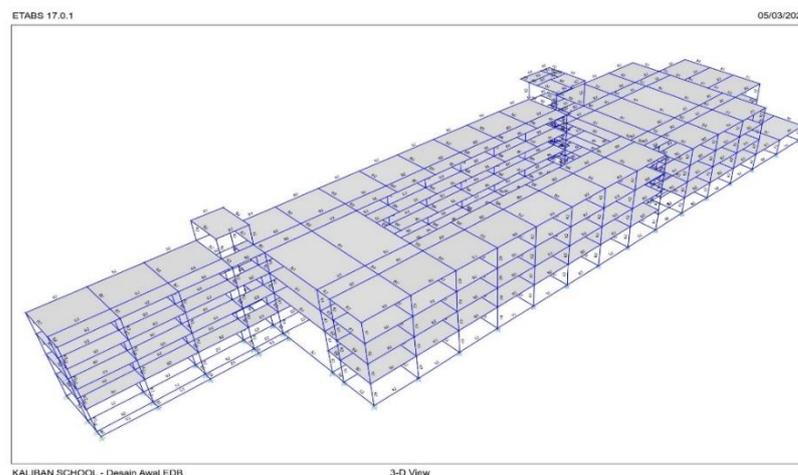


Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Pemodelan

Tahap pemodelan diawali dengan menginput material beton sebagai bahan konstruksi dengan mutu K-300 atau setara 24,9 MPa. Kemudian mutu tulangan utama 390 MPa dan tulangan sengkang 240 MPa. Kemudian menginput *section* komponen struktur sesuai gambar kerja. Lalu membuat *grid* sesuai gambar kerja dan memodelkan masing-masing *section* komponen ke dalam *grid*. Pemodelan awal ditunjukkan pada Gambar 4.1 berikut ini.



Gambar 4.1 Pemodelan Awal Kaliban School
Sumber: ETABS

4.2 Pembebanan

Beban - beban yang bekerja pada sebuah gedung meliputi beban mati, beban hidup, beban angin, dan beban khusus. Pada penelitian ini, peneliti fokus pada beban mati, beban hidup dan beban angin. Dasar peraturan pembebanan berdasarkan SNI 1727 Tahun 2013 dan Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG) Tahun 1983.

4.2.1. Beban Mati

Beban mati yang diperhitungkan disajikan dalam Tabel 4.1 berikut ini.

Tabel 4.1 Beban Mati Pada Bangunan

Jenis Beban	Besar Beban
Beton Bertulang	2400 kg/m ³
Beban Keramik per cm	24 kg/m ²
Beban Spesi per cm	21 kg/m ²
Beban Rangka dan Plafond	18 kg/m ²
Beban ME	20 kg/m ²
Beban Pasangan ½ Bata	1700 kg/m ³

Sumber: PPBIUG, 1983

4.2.2. Beban Hidup

Beban hidup yang harus ditahan bangunan tersebut dibagi berdasarkan fungsi ruangan yang ditunjukkan pada Tabel 4.2 di bawah ini.

Tabel 4.2 Beban Hidup Pada Bangunan

Jenis Beban	Besar Beban
Ruang Pertemuan	4,79 kN/m ²
Perpustakaan	2,87 kN/m ²
Tempat Rekreasi (Futsal, Taman Hidroponik)	3,59 kN/m ²
Ruang Kelas	1,92 kN/m ²
Koridor Sekolah	3,83 kN/m ²

Sumber: SNI 1727, 2013

4.2.3. Beban Angin

Beban angin mengacu pada PPBIUG, 1983. Beban angin yang bekerja adalah tekanan tiup sebesar 40 kg/m² atau setara dengan kecepatan angin 80 m/s. Koefisien tekanan di pihak angin adalah 0,9 dan isapan di belakang angin adalah 0,4. Beban angin bekerja pada dinding bangunan dan ditransfer ke kolom utama bangunan. Beban angin diterapkan pada arah x dan y bangunan.[9]

4.2.4. Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan yang diterapkan sesuai SNI 1727 Tahun 2013 adalah:

1. COMB1 = 1,4 D
2. COMB2 = 1,2 D + 1,6 L
3. COMB3 = 1,2 D + 1,0 W_x + 1,0 L
4. COMB4 = 1,2 D + 1,0 W_y + 1,0 L

4.3 Analisis Struktur

Hasil analisa struktur dengan software ETABS yaitu dengan *concrete frame design* menunjukkan 3 hal, yaitu

- a. Pertama, bahwa hampir semua balok (tipe B1, B2, dan BK) mengalami kegagalan dengan kode OS #45 yaitu “*Shear Stress due to shear force and torsion together exceeds maximum allowed.*” Hal ini menunjukkan bahwa tegangan geser dari kombinasi gaya geser dan torsi telah melampaui batas uji. Sehingga dimensi masing-masing balok perlu diperbesar.
- b. Kedua, bahwa sebagian kolom (tipe K1 dan K2) mengalami kegagalan dengan kode OS #2 yaitu “*Reinforcing required exceeds maximum allowed.*” Artinya, kebutuhan tulangan kolom melebihi batas maksimum. Oleh karena itu, perlu memperbesar dimensi penampang kolom.
- c. Ketiga, bahwa sebagian kolom (tipe K2) mengalami kegagalan dengan kode OS #5 yaitu “*Column factored axial load exceeds Euler Force.*” Berarti, kolom mengalami faktor tekuk yang besar melebihi gaya tekuk Euler. Solusinya adalah dengan memperbesar dimensi kolom.

4.4 Perancangan Ulang dan Perkuatan Struktur

Saat ini Proyek Kaliban School dalam tahap pembangunan, sehingga struktur yang belum existing dapat dilakukan perancangan ulang dan struktur existing dapat dilakukan perkuatan.

4.4.1. Perancangan Ulang

Perancangna dilakukan dengan 2 poin, yaitu:

- a. Mengubah dimensi penampang komponen struktur yang ditunjukkan pada Tabel 4.3 di bawah ini.

Tabel 4.3 Dimensi Komponen Struktur Awal dan Perbaikan

Komponen	Desain Awal (mm)	Desain Perancangan Ulang (mm)
B1	300 x 800	350 x 800
B2	200 x 500	300 x 600
K1	400 x 500	500 x 500
K2	300 x 400	400 x 400

Sumber: Analisis dan Pembahasan

- b. Memperkecil bentang pada pelat dengan menambah komponen balok anak di tengah bentang arah x dan y dengan detail sebagai berikut:

Tabel 4.4 Dimensi Balok Anak Tambahan

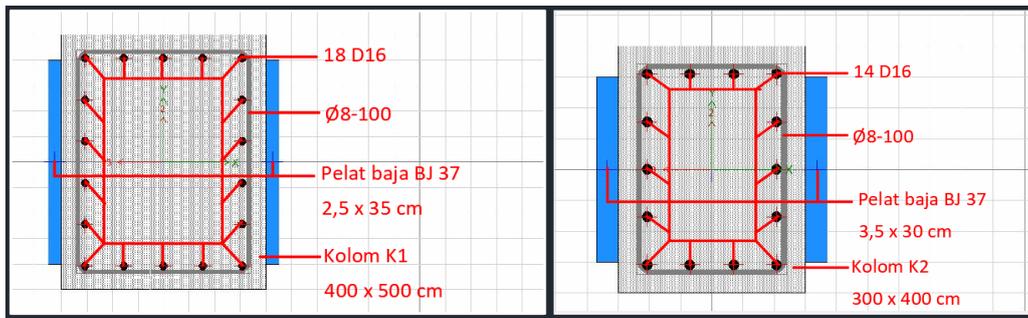
Komponen	Dimensi Penampang (mm)
B3	200 x 400
B4	150 x 300

Sumber: Analisis dan Pembahasan

4.4.2. Perkuatan Struktur

4.4.2.1. Perkuatan Struktur Kolom

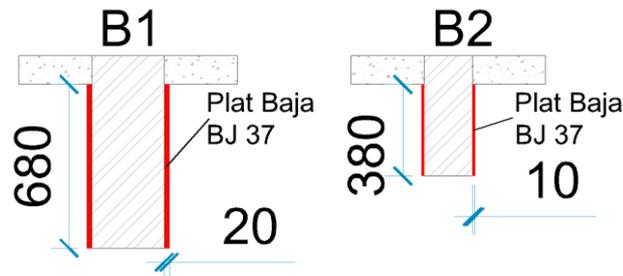
Solusi yang disarankan adalah dengan menambahkan pelat baja yang dikunci dengan baut pada daerah kolom yang kurang kaku (bagian yang lebih pendek). Pemilihan teknik tersebut mempertimbangkan teknik pelaksanaan dan jangka waktu pelaksanaan karena gedung tersebut dalam tahap pembangunan.



Gambar 4.2 Detail Perkuatan Kolom
Sumber: ETABS

4.4.2.2. Perkuatan Struktur Balok

Penampang balok existing harus diperkuat dari segi gaya momen dan geser. Solusi yang disarankan adalah dengan penambahan plat baja BJ 37 pada sisi samping setinggi balok yang dikunci dengan 2 baut dan dipasang setiap jarak tertentu. Balok B1 menggunakan plat baja dengan tebal 20 mm dan balok B2 menggunakan plat baja dengan tebal 10 mm.



Gambar 4.3 Detail Perkuatan Balok Existing
Sumber: AutoCAD

Untuk pelat lantai existing, bentang pelat lantai existing melebihi luasan pelat yang disarankan ($> 12-16 \text{ m}^2$). Untuk mengurangi lendutan dan efek getaran pada pelat lantai existing, maka perlu ditambah balok anak dengan membagi bentang menjadi 3 bagian. Balok anak yang dipasang dapat berupa profil baja WF 400 x 200 x 8 x 13 BJ 37.

4.5 Hasil Analisis

Dari hasil analisis oleh ETABS, maka kebutuhan tulangan komponen struktur hasil perancangan ulang disajikan dalam tabel berikut:

Tabel 4.5 Kebutuhan Tulangan Balok dan Kolom Perancangan Ulang

Section	As Tarik (mm^2)	As Tekan (mm^2)	Av Shear (mm^2)	Al Torsion (mm^2)
B1	4683	2155	3220.23	0
B2	2377	1129	2813.2	0
B3	1949	968	1935.05	0
B4	899	426	702.04	0
BK	2006	911	1351.14	0
K1		13668	2136.66	-
K2		8661	1233.61	-

Sumber: ETABS

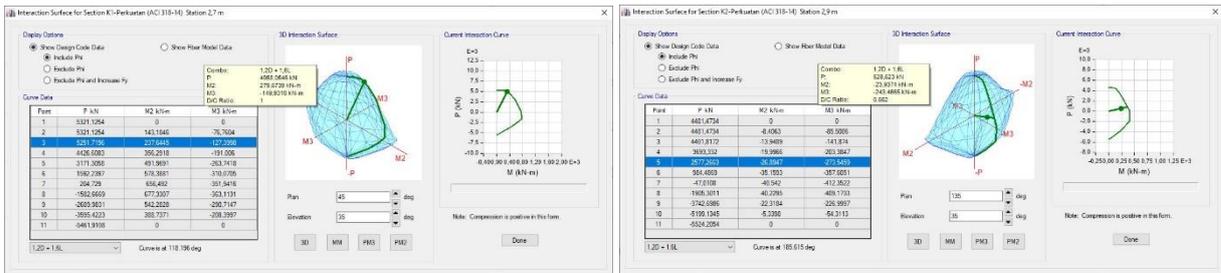
Setelah diperhitungkan maka kekuatan pikul perkuatan struktur balok adalah:

Tabel 4.6 Kekuatan Desain Perkuatan Balok dan Kolom

Section	Mn	Vn
B1	1004,23 kNm	3252,4 kN
B2	244,4 kNm	981,56 kN

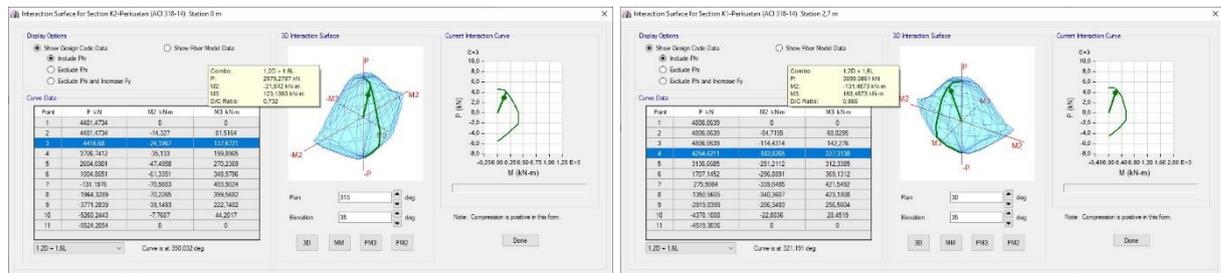
Sumber: Analisis dan Pembahasan

Keluaran dari analisis dengan ETABS adalah diagram interaksi perkuatan struktur kolom.



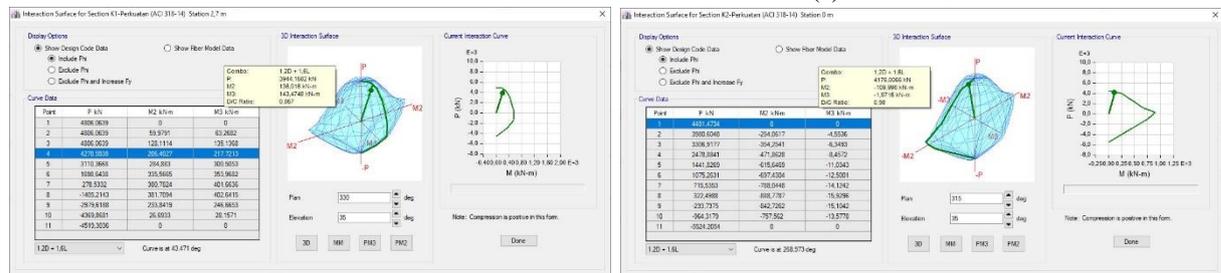
(d) Kolom C50

(a) Kolom C72



(b) Kolom C60

(e) Kolom C57



(c) Kolom C58

(f) Kolom C130

Gambar 4.4 Kapasitas Kolom Terhadap Diagram Interaksi
Sumber: ETABS

Kekuatan perkuatan kolom K1 dan K2 berada di dalam diagram interaksi, sehingga dapat dilakukan perkuatan dengan penambahan pelat baja BJ 37 dengan tebal 25 mm untuk kolom K1 dan tebal 35 mm untuk kolom K2.

4.6 Desain dan Kontrol Desain

4.6.1. Desain

Berdasarkan Tabel 4.5, maka detail penulangan balok dan kolom perancangan ulang adalah sebagai berikut:

Tabel 4.7 Detail Penulangan Balok dan Kolom Perancangan Ulang

<i>Section</i>	Tulangan Tarik (mm ²)	Tulangan Tekan (mm ²)	Senggang (mm ²)	Tulangan Torsi (mm ²)
B1	10 D25	5 D25	D13 - 80	2 D13
B2	5 D25	3 D25	D13 - 90	2 D13
B3	7 D20	4 D20	D13 - 130	2 D13
B4	3 D20	2 D20	D10 - 200	2 D13
BK	5 D25	2 D25	D13 - 180	2 D13
K1		28 D25	D13 - 120	-
K2		18 D25	D13 - 200	-

Sumber: Analisis dan Pembahasan

Berdasarkan hasil analisis perkuatan struktur, maka kebutuhan tebal plat baja untuk perkuatan struktur adalah sebagai berikut ini:

Tabel 4.8 Pelat Baja BJ 37 untuk Perkuatan Struktur

<i>Section</i>	Kebutuhan Tebal Pelat
B1	20 mm
B2	10 mm
K1	25 mm
B2	35 mm

Sumber: Analisis dan Pembahasan

4.6.2. Kontrol Desain

Desain perancangan ulang perlu dikontrol terhadap rasio minimum dan maksimum yang telah ditetapkan. Berdasarkan peraturan tentang beton luasan tulangan minimum dan maksimum untuk balok harus memenuhi syarat pada pasal 10.5.1 SNI 2847:2013[1] dan pasal 12.3.3 SNI 2847:2002[11] yang kemudian didapatkan rasio minimum dan maksimum.[2] Rasio tulangan minimum dan maksimum kolom diatur dalam pasal 10.9.1 SNI 2847:2013.[1]

Tabel 4.9 Rasio Tulangan Balok dan Kolom Perancangan Ulang

<i>Section</i>	ρ min	ρ	ρ maks
B1	0,36%	0,96%	2,10%
B2	0,36%	0,75%	2,10%
B3	0,36%	1,38%	2,10%
B4	0,36%	1,15%	2,10%
BK	0,36%	0,99%	2,10%
K1	1%	5,47%	8%
K2	1%	5,41%	8%

Sumber: Analisis dan Pembahasan

Desain perkuatan struktur dilakukan kontrol desain terhadap kekuatan desain berdasarkan SNI 2847:2013 bahwa kekuatan rencana komponen struktur harus lebih besar dari kekuatan perlu. M_u merupakan momen ultimate (momen perlu) dan M_n merupakan momen nominal hasil penjumlahan M_d dan $M_{perkuatan\ plat}$. V_u merupakan geser ultimate (geser perlu) dan V_n merupakan geser nominal hasil penjumlahan V_d dan $V_{perkuatan\ plat}$. [1]

Tabel 4.10 Kekuatan Desain Perkuatan Balok dan Kolom

<i>Section</i>	M_u	M_n	V_u	V_n
B1	944,29 kNm	1004,23 kNm	551,64 kN	3252,4 kN
B2	222,9 kNm	244,4 kNm	286,17 kN	981,56 kN

Sumber: Analisis dan Pembahasan

Kekuatan desain perkuatan struktur untuk balok sudah memenuhi syarat.

Untuk kontrol kekuatan desain perkuatan struktur kolom, nilai P aksial dan M momen perlu diplotkan ke dalam diagram interaksi. Jika titik pertemuan P dan M berada di dalam diagram interaksi, artinya kolom kuat untuk menahan beban yang bekerja dan sebaliknya.[12]

Pada subbab 4.5 telah dilampirkan beberapa diagram interaksi kolom dan dapat disimpulkan bahwa kolom sudah kuat untuk menahan beban yang bekerja.

5. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil evaluasi penulis tentang perhitungan struktur pada Proyek Kaliban School 5 Lantai, maka dapat ditarik 3 kesimpulan. Pertama, dari hasil analisis dengan metode ETABS menunjukkan bahwa pekerjaan struktur Kaliban School tidak kuat dan tidak layak karena kekuatan perlu lebih besar dibandingkan dengan kekuatan desain.

Kedua, hasil analisa kekuatan struktur existing dengan ETABS berdasarkan data detail tulangan di lapangan menunjukkan bahwa balok dan kolom struktur existing mengalami kegagalan, sehingga perlu dilakukan perkuatan struktur existing.

Ketiga, berdasarkan hasil analisis dengan ETABS, desain rencana tidak kuat dan tidak layak. Sehingga solusi perkuatan struktur Proyek Kaliban School yang disarankan adalah dengan melakukan perancangan ulang dengan metode ETABS pada struktur yang belum existing dan melakukan perkuatan struktur existing dengan penambahan pelat baja BJ 37 dan balok anak (WF 400 x 200 x 8 x 13 BJ 37).

Saran dari penulis setelah melakukan penelitian ini adalah berdasarkan hasil analisa oleh peneliti menggunakan metode ETABS, pelaksanaan konstruksi struktur Kaliban School 5 Lantai harus diubah sesuai dengan perancangan dan perkuatan yang semestinya. Penunjukan konsultan perencana dalam membuat desain sebuah gedung atau bangunan perlu pertimbangan dari segi pengalaman dan keahlian agar desain struktur mampu menahan beban perlu.

Untuk penelitian selanjutnya agar dapat dilakukan dengan aplikasi yang berbeda dan metode perkuatan struktur yang berbeda. Dan juga agar dapat mengevaluasi struktur Kaliban School dengan memperhitungkan beban gempa walau berada pada zona 1.

Daftar Pustaka

- [1] SNI 2847, "Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung. SNI 2847-2013," 2013.
- [2] A. Asroni, *Teori dan Desain Balok Plat Beton Bertulang*. 2017.
- [3] IAEE, "Repair, Restoration and Strengthening of Buildings," *Int. J. Res.*, vol. 2, no. Issue 05, 2013.
- [4] N. Ngudiyono, "KAJIAN KAPASITAS EKSISTING DAN PERKUATAN STRUKTUR BETON BERTULANG MASJID AGUNG KOTA BIMA (Study of Existing and Strengthening Capacity of Reinforced Concrete Structure of Bima City ...," no. January, 2018.
- [5] L. Wang and Y. Zhu, "Use of bolted steel plates for strengthening of reinforced concrete beams and columns," no. October 2014, 2011.
- [6] W. T. Segui, "Steel Design, Segui (4th Ed)." 2007.
- [7] N. Islam, "Strengthening of Reinforced Concrete Columns by Steel Jacketing : A State of Review," no. February, pp. 5–14, 2017.
- [8] W. Hasyim, P. Studi, T. Sipil, F. Teknik, and U. Wiralodra, "Analisa kapasitas dan desain perkuatan kolom bulat struktur gedung akibat penambahan lantai gedung," vol. 1, pp. 1–8.
- [9] PPIUG, "PPBIUG Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung1983.pdf." 1983.
- [10] SNI 1727, *Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain. SNI 1727:2013*. 2013.
- [11] SNI 2847, "Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung. SNI 03-2847-2002," *Bandung Badan Stand. Indones.*, p. 251, 2002.
- [12] A. Asroni, *Teori dan Desain Kolom Fondasi Balok T*. 2018.