

PERUBAHAN DESAIN BANGUNAN GEDUNG 4 LANTAI DENGAN MENGGUNAKAN KONSTRUKSI BETON

Luki Adhar^{1,*}, Komarudin², Mahdika Putra Nanda³

^{1,2,3}Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Wiralodra, Indramayu Jawa Barat, 45213

*lukiadhar@gmail.com

ABSTRAK

Perubahan desain bangunan gedung empat lantai di Pandeglang menggunakan atap dak beton sebagai struktur penutup. Pelat lantai menerapkan tipe pelat satu arah dengan ketebalan seragam 120 mm, didasarkan pada area pelat terbesar berukuran 5 m x 3 m. Dalam perencanaan gedung, digunakan dua tipe balok: Balok-1 (300/600 mm) dan Balok-2 (200/400 mm). Kolom mengusung dimensi 500/500 mm dengan 16 tulangan. Pondasi terdiri dari tiang pancang dan pile cap dengan tiang berdiameter 50 cm, pile cap setebal 70 cm, dan kedalaman tanam tiang mencapai 5,2 meter. Kolom dengan beban terbesar ditopang oleh 2 tiang pancang dan mengalami penurunan 24,27 mm, masih dalam batas aman (50 mm). Dengan demikian, kesimpulan mencakup aspek-atap, pelat lantai, balok, kolom, dan pondasi, memberikan gambaran komprehensif tentang struktur gedung tersebut.

Kata kunci: *Bangunan gedung, Konstruksi beton, Struktur balok dan kolom, pelat lantai, Atap dak dan pondasi*

1. PENDAHULUAN

Menghadapi perkembangan zaman dan tuntutan kebutuhan masyarakat yang semakin meningkat, perubahan dalam desain bangunan hotel menjadi sesuatu yang tidak dapat dihindari. Oleh karena itu, Pembaharuan bangunan hotel dengan menggunakan konstruksi beton menjadi langkah strategis untuk memenuhi standar keamanan, keandalan, dan keindahan. Konstruksi beton dipilih sebagai elemen utama dalam proyek ini karena memberikan kekokohan struktural yang tinggi, memberikan keleluasaan dalam desain, serta daya tahan terhadap berbagai kondisi cuaca dan lingkungan.

Pemilihan konstruksi beton dalam redesain ini juga sejalan dengan tren keberlanjutan dan ramah lingkungan. Beton merupakan bahan yang dapat didaur ulang, memiliki umur pakai yang panjang, dan meminimalisir dampak lingkungan. Dengan menggunakan konstruksi beton, proyek ini tidak hanya memberikan keamanan struktural namun juga mendukung upaya pelestarian lingkungan, menciptakan harmoni antara keberlanjutan dan kemewahan pada sebuah bangunan hotel.

Redesain ini tidak hanya berfokus pada aspek struktural, tetapi juga melibatkan inovasi dalam tata ruang dan fasilitas. Dengan menggunakan konstruksi beton, arsitek dapat menciptakan desain yang lebih fleksibel dan

kreatif, memberikan kenyamanan maksimal bagi penghuni hotel. Keseluruhan proyek ini diharapkan dapat menciptakan pengalaman menginap yang unik, memadukan keindahan arsitektur modern dengan ketahanan struktural yang optimal. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memahami sejauh mana kemampuan struktural dalam menanggulangi gaya dalam yang terjadi. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk menentukan dimensi komponen struktural pada gedung, termasuk ukuran dan kedalaman komponen pondasi. Rencana pembaharuan struktur bangunan dengan tujuan mencapai dimensi yang paling efektif dan efisien bagi elemen-elemen strukturnya. Hal ini dilakukan agar dapat menyesuaikan dengan beban yang direncanakan, sehingga bangunan dapat beroperasi sesuai dengan fungsinya yang seharusnya [1].

2. METODE PENELITIAN

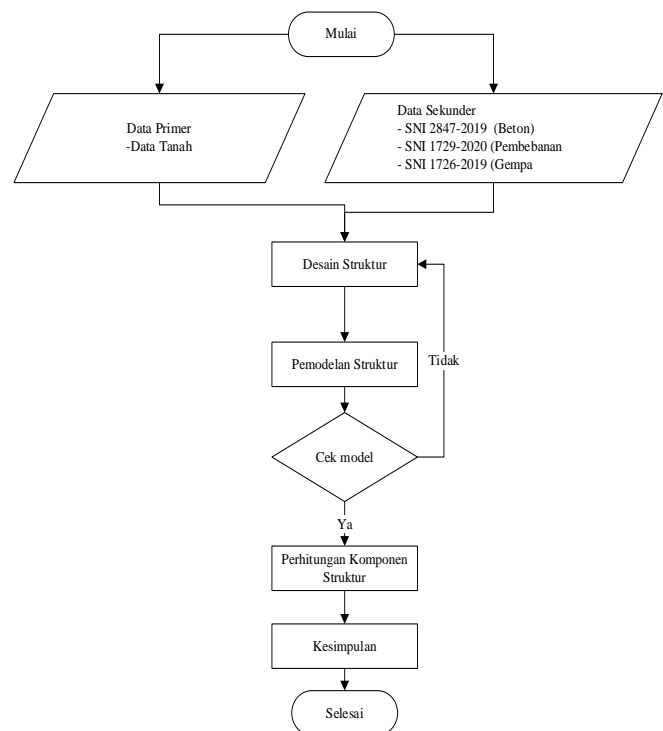
Pendekatan penelitian yang diterapkan dalam kajian ini adalah metode penelitian eksperimental. Dalam metode ini, variabel independen diubah-ubah secara sengaja untuk mengamati bagaimana perubahan tersebut berdampak pada variabel dependen yang diukur. Melalui manipulasi ini, peneliti dapat memahami sejauh mana hubungan kausalitas antara variabel independen dan dependen, serta

mengidentifikasi sebab-akibat yang mendasari fenomena yang diamati.

Pentingnya metode penelitian eksperimental terletak pada kemampuannya untuk memastikan hubungan sebab-akibat yang kuat. Dengan mengendalikan variabel independen, penelitian dapat mengevaluasi dampak langsung dari perubahan tersebut terhadap variabel dependen tanpa adanya pengaruh variabel lain yang tidak diinginkan. Pendekatan ini memberikan kejelasan dalam menetapkan kausalitas dan memastikan bahwa hasil penelitian dapat diandalkan dalam membuat kesimpulan yang bersifat kausal.

Melalui penerapan metode eksperimental, penelitian ini berusaha tidak hanya mengamati hubungan antara variabel, tetapi juga menganalisis efek sebab-akibat secara mendalam. Dengan memahami dampak manipulasi variabel independen terhadap variabel dependen, penelitian ini berupaya memberikan kontribusi signifikan terhadap pemahaman dalam bidang tersebut dan menyajikan temuan yang dapat diandalkan untuk pengembangan pengetahuan lebih lanjut [2]. Pada awal desain penelitian, langkah pertama yang diambil adalah mengumpulkan dan mempelajari literatur yang terkait dengan perencanaan. Melalui tinjauan literatur yang cermat, peneliti dapat memahami dasar-dasar teoritis dan praktis yang mendasari perencanaan, mencakup berbagai pendekatan dan metodologi yang telah digunakan dalam penelitian sebelumnya. Pemahaman mendalam terhadap literatur ini membentuk landasan yang kuat untuk merancang metodologi penelitian yang sesuai dan memberikan kerangka kerja yang kokoh untuk pengumpulan data.

Setelah literatur direview secara menyeluruh, penelitian melangkah ke tahap berikutnya dengan merancang metodologi yang tepat. Pemilihan pendekatan penelitian, metode pengumpulan data, serta analisis data didasarkan pada temuan dan wawasan yang diperoleh dari literatur. Dengan demikian, langkah awal dalam desain penelitian, yaitu penelusuran literatur, menjadi landasan yang penting untuk memandu peneliti dalam mengembangkan pendekatan penelitian yang terinformasi dan relevan. Berikut adalah gambar bagan alir penelitian:



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

3. TINJAUAN PUSTAKA

Tinjauan pustaka menjelaskan berbagai definisi komponen struktur secara umum serta teori dan konsep dari perhitungan yang akan digunakan pada artikel ini. Komponen struktur yang dimaksud adalah Atap, Pelat, Balok, Kolom serta Pondasi.

Atap

Atap adalah penutup atas pada bangunan yang melindungi bagian dalam Gedung dari hujan maupun panas. Bentuk atap dapat berbeda-beda disesuaikan dengan perencanaan yang telah diperhitungkan sebelumnya. Kondisi rangka adalah suatu bentuk konstruksi yang berfungsi untuk menyangga penutup atap yang terletak di atas kuda-kuda. Fungsi atap yang lebih spesifik adalah menerima beban dari penutup atap dan beban sendiri komponen rangka atap [3,4].

Pelat

Pelat beton merupakan elemen yang menyediakan permukaan rata pada lantai bangunan atau jenis Struktur lainnya. Pelat beton memiliki dimensi berupa ketebalan yang umumnya jauh lebih kecil dibandingkan dengan ukuran bentangnya. Pelat dapat ditumpu oleh dinding, balok, kolom, atau dapat juga terletak langsung diatas tanah. Pelat yang ditopang pada

kedua sisi dapat menerima lentur pada satu arah sedangkan Plat yang ditopang pada keempat sisinya maka dapat menerima lentur di dua arah. Pada kondisi Pelat beton dengan sisi terpanjang lebih Panjang dua kali atau lebih dari sisi terpendek, maka Pelat dapat dianggap melentur satu arah yaitu arah terpanjang [5,6].

Balok

Balok beton adalah bagian dari struktur yang berfungsi sebagai penyalur momen menuju struktur kolom. Balok dikenal sebagai elemen lentur, yaitu elemen struktur yang dominan memikul gaya dalam berupa momen lentur dan gaya geser [7]. Dalam proses desain balok beton bertulang dengan metode kekuatan atau yang dikenal pula dengan metode ultimit, asumsi yang harus dipenuhi adalah sebagai berikut:

- Kuat tarik dari beton diabaikan
- Regangan maksimum yang terjadi pada kondisi keruntuhan di serat tekan beton ϵ_{cu} sebesar 0,003
- Regangan pada beton bertulang lurus terhadap jaraknya ke sumbu netral penampang
- Modulus Elastisitas, $F_s = 200\,000$ MPa, dan tegangan pada tulangan baja sama dengan nilai regangan dikalikan dengan Modulus Elastisitas ($f_y = \epsilon_y \cdot E_s$)
- Penampang datar akan tetap datar setelah terjadi lentur.
- Untuk perhitungan kuat rencana, bentuk dari distribusi tegangan tekan beton diasumsikan berupa persegi empat, sesuai dengan asumsi dalam SNI 2847:2019

kolom

Kolom adalah salah satu komponen struktur vertikal yang secara khusus difungsikan untuk memikul beban aksial tekan dengan atau tanpa adanya momen lentur dan memiliki rasio tinggi/panjang terhadap dimensi terkecilnya sebesar 3 atau lebih. Kolom beton dapat memikul beban yang sangat kecil, tetapi dengan penambahan tulangan longitudinal maka daya dukung kolom menjadi lebih besar. Selanjutnya kolom beton yang dimaksudkan dalam buku ini adalah kolom beton dengan tulangan longitudinal [8].

Pada suatu struktur bangunan beton bertulang, sangat jarang dijumpai elemen kolom

yang murni memikul beban aksial saja, Seringkali beban yang terjadi bekerja pada jarak tertentu dari titik - titik pusat sehingga beban yang bekerja dianggap sebagai beban dengan eksentrisitas. Eksentrisitas beban bisa bernilai besar, tetapi beban eksentrisitas kecil dianggap bekerja sekitar 0,1h atau kurang diukur dari pusat kolom.

Pondasi

Pondasi adalah konstruksi bawah yang menahan beban semua konstruksi yang berada di atasnya. Pondasi pada umumnya terbagi menjadi dua jenis yaitu pondasi dangkal dan pondasi dalam. Pada artikel ini, mengingat bahwa gedung yang dikejakan lebih dari 2 lantai, juga dari hasil penyelidikan tanah yang menunjukkan bahwa tanah termasuk kategori tanah lunak sehingga pondasi yang dipilih yaitu pondasi dalam salah satunya pondasi tiang.

Pondasi tiang adalah elemen struktur yang berfungsi meneruskan beban kepada tanah, baik beban dalam arah vertical maupun horizontal. Pondasi tiang yang dicetak terlebih dahulu sebelum dimasukan ke dalam tanah hingga mencapai ke dalam tanah hingga mencapai kedalaman tertentu [9,10]. Metode yang paling umum untuk memasukan tiang ke dalam tanah adalah dengan memukul kepala tiang berulang kali dengan sebuah palu khusus yang disebut pemancangan tiang, namun seiring dengan berkembangnya teknologi teknik pada pemancangan tiang telah dimodernisasi sehingga ada alternative metode pemancangan, yaitu pemancangan konvensional dan pemancangan hidrolik. Fungsi pondasi tiang adalah:

- Untuk memikul beban statis
- Untuk menahan gaya angkat (up-lift) pada pondasi atau dok dibawah muka air
- Untuk mengurangi penurunan
- Untuk pondasi mesin, mengurangi amplitude getaran frekuensi alamiah dari system
- Untuk memberikan tambahan factor keamanan khususnya pada kaki jembatan yang dapat mengalami erosi

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pelat

Berdasarkan data perhitungan beban pelat lantai, dapat disimpulkan bahwa beban mati terdiri dari berat sendiri pelat lantai, berat

finishing lantai, berat plafond dan rangka, serta berat instalasi ME. Total beban mati (QD) mencapai 4,68 kN/m². Sementara itu, beban hidup (live load) pada lantai bangunan diukur sebesar 4,8 kN/m². Setelah menghitung beban rencana terfaktor (Qu), didapatkan hasil sebesar 3,28 kN/m².

Selanjutnya, data memberikan nilai momen pelat akibat beban terfaktor. Momen lapangan dan tumpuan pada berbagai arah (x dan y) dihitung dengan memperhitungkan faktor-faktor seperti Clx, Cly, Ctx, dan Cty. Hasil perhitungan momen lapangan dan tumpuan arah x dan y adalah Mulx (16,60 kN/m²), Muly (18,12 kN/m²), Mutx (28,93 kN/m²), dan Muty (24,81 kN/m²). Momen rencana maksimum pelat (Mu) yang dihasilkan adalah sebesar 18,26 kN/m².

Perhitungan ini melibatkan penentuan nilai β_1 berdasarkan kondisi yang ditetapkan untuk f_c' . Nilai yang dipilih untuk β_1 , yang dihitung sebesar 0,836, berada dalam batas yang telah ditentukan. Kemudian, rasio tulangan (ρ_b) dihitung, dengan mempertimbangkan kondisi keseimbangan, dan ditemukan sebesar 0,0298. Rasio tulangan maksimum dan minimum (ρ_{max} dan ρ_{min}) juga ditentukan, dengan ρ_{max} sebesar 0,0217 dan ρ_{min} sebesar 0,0025.

Analisis lebih lanjut melibatkan perhitungan faktor tahanan untuk momen maksimum (Rn) dan membandingkannya dengan faktor tahanan maksimum (Rmax). Hasilnya menunjukkan bahwa Rn lebih kecil dari Rmax, menandakan kecukupan desain. Rasio tulangan yang diperlukan (ρ_{perlu}) kemudian dihitung dan ditemukan sebesar 0,0019, yang berada dalam rentang yang diizinkan oleh ρ_{min} dan ρ_{max} ($0,0025 < 0,0019 < 0,0217$). Oleh karena itu, rasio tulangan yang dipilih adalah $\rho_{min} = 0,0025$.

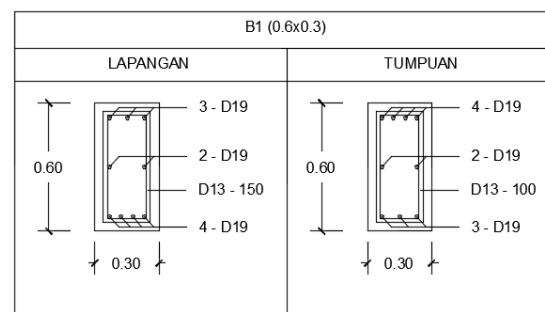
Beralih ke penentuan luas tulangan yang diperlukan (As), dihitung sebesar 238 mm². Dengan menggunakan tulangan ØD13 yang memiliki luas 78,54 mm², jarak antar tulangan (s) ditemukan sebesar 329 mm. Terakhir, disimpulkan bahwa menggunakan tulangan ØD13 - 100 mm pada pelat berketebalan 120 mm dianggap aman, sebagaimana ditunjukkan oleh perbandingan ϕM_n dan Mu. Secara keseluruhan, desain memenuhi kriteria yang ditetapkan dan dapat dianggap sebagai struktural yang kokoh.

Balok

Berdasarkan data struktur dan perhitungan yang disajikan dan di hitung menggunakan software Etabs, desain balok induk ini telah menjalani serangkaian evaluasi yang mendalam. Kuat tekan beton (f_c'), tegangan leleh baja untuk tulangan lentur (f_y), dan tegangan leleh baja untuk geser (f_{ys}) menjadi dasar perhitungan yang cermat. Dengan panjang bentang (L) 6 meter, lebar (b) 300 mm, dan tinggi (h) 600 mm, balok ini menjalani perhitungan momen akibat beban mati dan hidup, dengan hasil maksimum pada Mu+ sebesar 101,81 kNm dan Mu- sebesar 157,66 kNm, serta geser (Vu) sebesar 153,34 kN.

Analisis perhitungan tulangan pada kondisi balance, rasio tulangan, dan faktor kekuatan lentur (ϕ) dilakukan dengan teliti. Untuk momen positif, rasio tulangan yang diperlukan (ρ) sebesar 0,00654 memastikan keamanan struktur, dengan jumlah dan jenis tulangan yang sesuai. Begitu juga pada momen negatif, di mana ρ yang digunakan sebesar 0,01228 menjamin keandalan struktur.

Pertimbangan geser beton dan sengkang menjadi bagian penting dari desain ini. Kuat geser beton (V_c) dan tahanan geser sengkang (ϕV_s) dipertimbangkan, dan dengan pemilihan sengkang berpenampang 2 P 13, dihasilkan jarak sengkang (s) sebesar 100 mm. Dengan demikian, struktur ini memenuhi persyaratan keamanan dan tahan terhadap gaya geser.



Gambar 2. Penulangan Balok 1

Kolom

Dalam perencanaan struktur, data yang cermat dan perhitungan yang teliti sangat krusial untuk memastikan keamanan dan keandalan suatu bangunan. Sebagai contoh,

kolom dengan dimensi 500 x 500 mm telah menjalani analisis yang mendalam, dimulai dari mutu beton sebesar 25 Mpa dan mutu baja tulangan mencapai 410 Mpa. Data ini menjadi dasar untuk perhitungan struktural yang melibatkan berbagai parameter, seperti dimensi kolom, jumlah dan diameter tulangan, serta beban hidup yang diterapkan.

Beban hidup yang diukur untuk lobby, sebesar 4,79 kN/m, memberikan dasar untuk menghitung momen ultim (M_u) sebesar 107,92 kNm dan aksial tekan ultim (P_u) sebesar 1981,82 kN. Perhitungan diagram interaksi kemudian dilakukan, mempertimbangkan kondisi batas dan parameter struktural lainnya. Rasio tulangan, luas tulangan total, dan modulus elastisitas baja menjadi bagian integral dari analisis untuk memastikan keandalan kolom.

Analisis diagram interaksi menghasilkan hasil yang memuaskan, dengan berbagai titik pada diagram—mulai dari tekan murni hingga tarik murni—diverifikasi. Kolom ini memenuhi syarat kontrol gaya aksial dan batasan-batasan lainnya. Secara keseluruhan, kolom 500 x 500 mm dapat dianggap aman, dan desain struktur telah mempertimbangkan faktor-faktor yang mendasari kekuatan dan keandalan struktur. Keberhasilan desain ini mencerminkan pentingnya perhitungan yang akurat dan data yang teliti dalam memastikan kualitas suatu konstruksi.

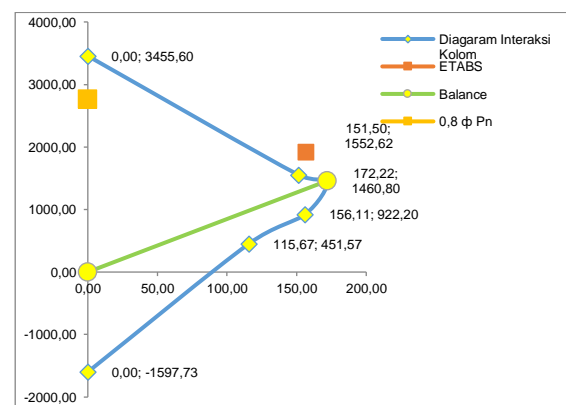
Langkah selanjutnya dalam analisis struktural mencakup pemeriksaan titik-titik kritis pada kolom. Diagram interaksi memberikan pemahaman yang mendalam tentang perilaku kolom dalam berbagai kondisi, seperti tekan murni, daerah tekan, balance, dan daerah tarik. Pemeriksaan cermat terhadap luas masing-masing tulangan dan jaraknya terhadap sisi beton dilakukan, memastikan bahwa kekuatan struktural kolom optimal.

Titik-titik seperti A (tekan murni), B (daerah tekan), dan C (balance) diuji dengan menghitung gaya-gaya yang ada, termasuk gaya aksial dan momen-momen yang bekerja pada kolom. Perhitungan tersebut memerlukan analisis elastisitas baja dan beton, serta pengecekan terhadap syarat-syarat batas yang telah ditetapkan. Hasil dari titik-titik tersebut menunjukkan bahwa kolom ini memenuhi persyaratan keamanan dan dapat diandalkan dalam menghadapi beban-beban yang diberikan.

Penting untuk dicatat bahwa perhitungan ini melibatkan aspek-aspek teknis yang kompleks, seperti perubahan modulus elastisitas baja dan beton terhadap deformasi. Oleh karena itu, perencanaan struktural tidak hanya membutuhkan keahlian dalam perhitungan matematis, tetapi juga pemahaman mendalam terhadap sifat material yang digunakan dalam konstruksi.

Sejalan dengan perkembangan teknologi, perangkat lunak seperti ETABS turut membantu dalam mendapatkan hasil analisis yang lebih efisien. Meskipun demikian, pemahaman konsep-konsep dasar seperti elastisitas, kekuatan beton, dan kekuatan baja tetap menjadi kunci dalam memastikan keberhasilan desain struktural. Dengan melibatkan keterampilan insinyur struktural yang terampil, desain ini memberikan contoh bagaimana penggunaan data dan perhitungan yang tepat dapat membentuk dasar fondasi kokoh untuk struktur bangunan.

Berikut adalah tabel diagram interaksi kolom



Gambar 3. Diagram Interaksi Kolom

Titik merah pada Gambar 3 ini adalah dimana letak nilai gaya terbesar yang diperoleh dari ETABS (P_u dan M_u), yang menentukan keruntuhan kolom atau keruntuhan kolom tersebut dapat diketahui dengan syarat :

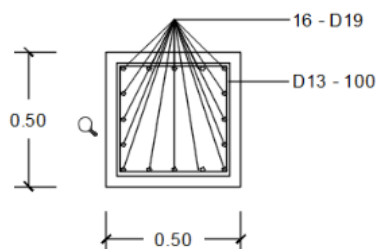
$e < e_b$, $P_n > P_b$ = Zona keruntuhan tekan
 $e > e_b$, $P_n < P_b$ = Zona keruntuhan tarik dimana,

$$\begin{aligned} e &= M_u / P_u \\ e_b &= M_{nb} / P_{nb} \\ &= (107,92 / 1981,82) * 10^3 \\ &= (264,95 / 2247,38) * 10^3 \\ &= 54,45 \text{ mm} \\ &= 117,89 \text{ mm} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan di atas didapat bahwa ($e < e_b$) maka masuk kedalam “zona keruntuhan tekan”.

Pemeriksaan kekuatan penampang untuk kolom persegi dilakukan menggunakan persamaan Whitney. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa kekuatan penampang (P_n) sebesar 4133,21 kN memenuhi syarat keselamatan, dengan nilai ϕP_n yang lebih besar dari beban aksial maksimum (P_u) sebesar 1981,82 kN. Hal ini menandakan bahwa penampang kolom aman atau OK. Selanjutnya, pemeriksaan terhadap momen (M_n) menunjukkan bahwa ϕM_n yang dihitung lebih besar dari momen ultimum (M_u) sebesar 107,92 Nm, juga memenuhi syarat keselamatan.

Rasio kelangsingan kolom kemudian diperiksa untuk menentukan apakah kolom termasuk dalam kategori pendek atau langsing. Dengan menggunakan persamaan khusus, ditemukan bahwa Kolom 1 termasuk dalam kategori kolom pendek. Analisis terhadap tulangan geser menunjukkan bahwa penampang kolom memenuhi syarat keamanan. Tegangan leleh tulangan geser (V_s) yang dihitung lebih kecil dari batas yang ditetapkan, sehingga penampang dianggap OK. Selanjutnya, pemeriksaan terhadap kekuatan geser beton dan sengkang memastikan bahwa penampang kolom memenuhi syarat keamanan. Dengan menggunakan sengkang tertutup dengan 2 kaki (4 P 13), luas tulangan geser sengkang dihitung sebesar 226,19 mm². Jarak sengkang yang digunakan adalah 123,99 mm, yang memenuhi syarat keselamatan. Selanjutnya, pemeriksaan terhadap nilai V_s dan ϕV_n menunjukkan bahwa penampang kolom aman, dengan ϕV_n yang lebih besar dari V_u . Secara keseluruhan, pemeriksaan kekuatan penampang dan geser pada kolom persegi ini menghasilkan hasil yang memenuhi syarat keselamatan dan keamanan struktural.



Gambar 4. Penulangan Kolom 1

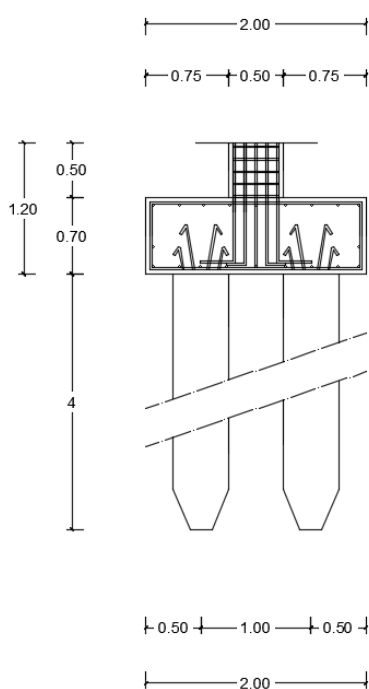
Pondasi

Berdasarkan analisis data yang di olah dengan menggunakan software *Etabs*, daya dukung tiang pancang dihitung menggunakan metode Meyerhof dengan data sondir. Nilai Q_u ijin yang dihasilkan adalah 1267,21 kN. Jumlah tiang pancang yang dibutuhkan untuk menopang beban struktur sebesar 2033,65 kN adalah 2 tiang pancang. Gaya aksial pada setiap tiang pancang ($P_u \text{ max}$) adalah 1016,83 kN, memenuhi syarat keselamatan karena $P_u \text{ max} \leq Q_u \text{ ijin}$.

Selanjutnya, jarak antar tiang pancang (S) diambil sebesar 1 m, dan jarak tiang ke tepi (0,5 m). Pada gambar kombinasi tiang pancang, hasil perhitungan efisiensi menunjukkan bahwa group pile dengan 2 tiang pancang memenuhi syarat dengan nilai Peffisiensi sebesar 2534,42 kN.

Penurunan total terjadi sebesar 107,23 mm, dan penurunan konsolidasi sebesar 24,27 mm. Penurunan yang diijinkan adalah 50 mm, sehingga struktur dianggap aman. Selanjutnya, dimensi pile cap dihitung dengan tebal (h) 700 mm, lebar (b) 1000 mm, selimut beton (t_s) 40 mm, dan tebal efektif (d) 636 mm. Koefisien geser (ϕ) sebesar 0,75, dan jarak tiang ke tepi beton (s') 500 mm.

Cek geser untuk gaya yang ditimbulkan oleh kolom dan tiang menunjukkan bahwa nilai ϕV_n memenuhi syarat keselamatan, sehingga pile cap dianggap aman. Cek juga dilakukan untuk beban struktur terfaktor, dan hasilnya juga memenuhi syarat keselamatan. Dengan demikian, hasil analisis menunjukkan bahwa daya dukung tiang pancang, penurunan, dan kekuatan pile cap memenuhi persyaratan keselamatan struktur.



Gambar 5. Detail Penulangan Pondasi

Pembahasan

Dalam analisis struktural, komponen-komponen utama seperti pelat, balok, kolom, dan pondasi memegang peran krusial dalam menentukan keamanan dan keandalan suatu bangunan. Pada pelat lantai, perhitungan beban mati dan hidup serta evaluasi momen pelat menjadi aspek penting untuk memastikan desain struktural yang kokoh dan sesuai standar. Seiringnya dengan itu, desain balok sebagai elemen penopang utama mengharuskan perhitungan tulangan dan analisis geser beton untuk memastikan kekuatan dan keamanan strukturalnya [11].

Analisis beban pelat lantai, diperoleh informasi bahwa beban mati mencakup berat sendiri pelat lantai, finishing lantai, plafond, rangka, dan instalasi ME, dengan total beban mati (QD) sebesar $4,68 \text{ kN/m}^2$. Beban hidup (live load) diukur sebesar $4,8 \text{ kN/m}^2$, dan setelah menghitung beban rencana terfaktor (Q_u), didapatkan hasil $3,28 \text{ kN/m}^2$. Evaluasi momen pelat menunjukkan momen maksimum pelat (M_u) sebesar $18,26 \text{ kN/m}^2$, dengan perhitungan rasio tulangan yang memastikan keamanan struktural. Desain dengan menggunakan tulangan $\text{ØD13} - 100 \text{ mm}$ pada pelat berketebalan 120 mm dianggap aman, menunjukkan bahwa keseluruhan struktur memenuhi kriteria yang ditetapkan.

Selanjutnya, analisis balok dengan dimensi $6 \text{ m} \times 0,3 \text{ m} \times 0,6 \text{ m}$ melibatkan perhitungan momen akibat beban mati dan hidup. Momen maksimum pada M_u+ sebesar $101,81 \text{ kNm}$ dan M_u- sebesar $157,66 \text{ kNm}$, serta geser (V_u) sebesar $153,34 \text{ kN}$. Perhitungan tulangan pada kondisi balance menunjukkan keamanan struktur dengan rasio tulangan yang memadai pada momen positif dan negatif. Pertimbangan geser beton dan sengkang memastikan kekuatan struktural balok.

Dalam penjelasan mengenai kolom, dimensi $500 \times 500 \text{ mm}$ dengan mutu beton 25 MPa dan mutu baja tulangan 410 MPa menjadi dasar perhitungan struktural. Beban hidup $4,79 \text{ kN/m}$ memberikan dasar untuk menghitung momen ultim (M_u) sebesar $107,92 \text{ kNm}$ dan aksial tekan ultim (P_u) sebesar $1981,82 \text{ kN}$. Pemeriksaan diagram interaksi menunjukkan bahwa kolom ini aman, dengan pemeriksaan kekuatan penampang dan tulangan geser yang memenuhi syarat keselamatan.

Terakhir, analisis pondasi dengan metode Meyerhof menunjukkan bahwa daya dukung tiang pancang, penurunan, dan kekuatan pile cap memenuhi persyaratan keselamatan struktur. Dengan perincian hasil perhitungan yang teliti, keseluruhan desain konstruksi dapat dianggap aman dan memenuhi standar keamanan dan keandalan struktural. Perhatian terhadap detail dan pemahaman yang mendalam terhadap sifat material serta perhitungan matematis menjadi kunci keberhasilan desain struktural yang kokoh.

Kolom, dengan dimensi dan mutu bahan yang cermat, menjadi penyangga vertikal yang mendukung beban aksial dan momen. Analisis diagram interaksi pada kolom memberikan pemahaman yang mendalam tentang perilaku struktural dalam berbagai kondisi, dari tekan murni hingga tarik murni. Penjelasan mengenai luas masing-masing tulangan dan jaraknya terhadap sisi beton menjadi bagian integral dari penilaian kekuatan dan keandalan kolom.

Pondasi, sebagai elemen penopang terakhir, mengalami analisis daya dukung tiang pancang, penurunan, dan kekuatan pile cap. Dalam proses ini, perhitungan yang teliti dan pemahaman mendalam terhadap sifat material konstruksi sangat diperlukan untuk memastikan bahwa fondasi bangunan dapat menopang beban struktural dengan aman dan sesuai standar keselamatan [12].

Keseluruhan, perencanaan dan analisis komprehensif terhadap pelat, balok, kolom, dan pondasi menjadi landasan utama untuk memastikan bahwa struktur bangunan memenuhi persyaratan keamanan, keandalan, dan ketahanan terhadap beban-beban yang diberikan.

5. KESIMPULAN

Setelah melakukan analisis dapat disimpulkan bahwa gedung empat lantai di Pandeglang memiliki karakteristik struktural yang terperinci. Sistem atap gedung menggunakan atap dak beton, memberikan kekuatan dan ketahanan yang sesuai dengan tuntutan desain struktural. Pelat lantai yang diterapkan adalah tipe pelat satu arah dengan ketebalan seragam untuk seluruh area, dimana dipilih area pelat terbesar berukuran 5 m x 3 m dengan ketebalan 120 mm untuk memastikan stabilitas struktur. Perencanaan gedung melibatkan penggunaan dua tipe balok dengan ukuran berbeda, yaitu Balok-1 dan Balok-2, untuk mengoptimalkan distribusi beban. Kolom dengan dimensi 500/500 mm dan jumlah tulangan 16 buah memberikan dukungan vertikal yang kuat sesuai dengan beban yang ditanggung. Pondasi menggunakan pondasi tiang pancang dan pile cap (pondasi dalam) dengan tiang berdiameter 50 cm, pile cap setebal 70 cm, dan kedalaman tanam tiang 5,2 meter. Kolom terbesar didukung oleh 2 tiang pancang, dan penurunan sebesar 24,27 mm masih dalam batas aman yang diijinkan sebesar 50 mm. Secara keseluruhan, desain struktural ini mencerminkan perencanaan yang matang, memastikan gedung siap menopang beban dan menjaga stabilitasnya selama pemakaian.

6. DAFTAR PUSTAKA

1. Pandaleke Banu S, Handono D, Dapas So. Perencanaan Ulang Bangunan Struktur Baja Rumah Sakit Umum Ratumbuysang Di Kota Manado. *Jurnal Sipil Statik*. 2019;7(Juni):723–32.
2. Anam S, Hashihin H, Taufik A, Mubarak, Sitompul H, Manik Ym. Metode Penelitian (Kualitatif, Kuantitatif, Eksperimen, Dan R & B). Juli. Anam S, Editor. Padang, Sumatera Barat: Pt. Global Eksekutif Teknologi; 2023. 49 P.
3. Bisceglie F, Gigante E, Bergonzoni M. Utilization Of Waste Autoclaved Aerated Concrete As Lighting Material In The Structure Of A Green Roof. *Constr Build Mater*. 2014 Oct;69:351–61.
4. Wang L, Li X, Chen B, Gao H. Flexural Behavior Of Composite Concrete-Filled Steel Tube Roof Structure Under Symmetrical Concentrated Loads. *Structures*. 2021 Aug;32:1250–9.
5. Silviyani F, Hasyim W. Pemodelan Dan Analisis Perilaku Pull Out Pada Hubungan Lekatan Pada Balok Dan Tulangan. *Jurnal Rekayasa Infrastruktur*. 2021 Jun 10;7(1):23–8.
6. Widyacahyani R, Suhana N, Hasyim W. Pemodelan Dan Analisis Perilaku Pull Out Pada Beton Normal Dan Beton Mutu Sangat Tinggi (Uhpcc) Terhadap Variasi Diameter Tulangan. *Jurnal Rekayasa Infrastruktur*. 2021 Jun 10;7(1):1–5.
7. Medeiros Wa, Parsekian Ga, Moreno Al. Residual Mechanical Properties Of Hollow Concrete Blocks With Different Aggregate Types After Exposure To High Temperatures. *Constr Build Mater*. 2023 May;377:131085.
8. Alamsyah D, Zulfikar Aj, Yusuf M, Siahaan R. Optimasi Kekuatan Tekan Beton Kolom Silinder Diperkuat Selubung Komposit. *Jcebt [Internet]*. 2022;6(1):30–6. Available From: [Http://Ojs.Uma.Ac.Id/Index.Php/Jcebt](http://Ojs.Uma.Ac.Id/Index.Php/Jcebt)
9. Komarudin. Analisa Deformasi Pondasi Tiang Bor Dengan Model Elemen Hingga Pada Tanah Stiff Clay. *Jurnal Rekayasa Infrastruktur*. 2015;1(1):9–13.
10. Candra Ai, Yusuf A, F Ar. Studi Analisis Daya Dukung Pondasi Tiang Pada Pembangunan Gedung Lp3m Universitas Kadiri. *Jurnal Civila*. 2018 Oct 16;3(2):166.
11. Arfiadi Y. Diagram Interaksi Perancangan Kolom Dengan Tulangan Pada Empat Sisi Berdasarkan Sni 2847:2013 Dan Aci 318m-11. *Jurnal Teknik Sipil*. 2017 Feb 10;13(4):268–90.

12. Nanda MP, Riswanto S, Kurniawati M. Metode Paired Comparison Pada Pekerjaan Pondasi Bangunan Gedung Dengan Pendekatan Studi Value Engineering (Ve). Jmts: Jurnal Mitra Teknik Sipil. 2023 May 26;449–56.