

PEMANFAATAN *BUILDING INFORMATION MODELLING* (BIM) PADA PERANCANGAN STRUKTUR BAJA TERHADAP BEBAN GEMPA

Pinta Astuti¹, Rangga Kurnianto¹, Surya Dewi Puspitasari^{2*}

¹Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, 55183, Indonesia

²Departemen Teknik Sipil, Universitas Pertahanan Republik Indonesia, 16810, Indonesia

*Corresponding author: surya.puspitasari@idu.ac.id

Abstract: This study focuses on designing the steel structure construction toward earthquake load, which uses Istana Qur'an as a research object. Modeling and designing the steel structural building by using two different software, SAP2000, and Tekla Structure. In the making process, the authors made presumptions on workload according to Indonesian Design Standards such as minimum design loads, seismic load design, seismic load for steel structure design, and joints in steel structure. Not only from a structural strength view for human safety but also the construction time and material cost are also able to be estimated which is becoming faster and more affordable compared to implementing the conventional method. As a full analysis result, in this steel design, there are six different steel profiles were used for steel building construction. For instance, IWF 440.300.11.18 as the column, IWF 350.175.7.11 and IWF 250.125.6.9 as the beams, IWF 200.100.5,5.8 as the gable roof frame, UNP 150.75.9.12,5 as purlin and L 150.150.15 as collar tie.

Keywords: steel structural design, SAP2000, earthquake, Tekla structure

Abstrak: Penelitian ini berfokus pada perancangan konstruksi struktur baja terhadap beban gempa, yang menggunakan objek penelitian Istana Qur'an. Pemodelan dan perancangan bangunan struktur baja dengan menggunakan dua software yang berbeda yaitu SAP2000 dan Tekla Structure. Dalam proses pembuatannya, penulis membuat asumsi beban kerja menurut Standar Desain Indonesia seperti beban desain minimum, desain beban gempa, beban gempa untuk desain struktur baja, dan sambungan pada struktur baja. Tidak hanya dari segi kekuatan struktur untuk keselamatan manusia tetapi juga waktu konstruksi dan biaya material juga dapat diperkirakan yang menjadi lebih cepat dan lebih terjangkau dibandingkan dengan penerapan metode konvensional. Sebagai hasil analisis lengkap, dalam desain baja ini, ada enam profil baja berbeda yang digunakan untuk konstruksi bangunan baja. Misalnya IWF 440.300.11.18 sebagai kolom, IWF 350.175.7.11 dan IWF 250.125.6.9 sebagai balok, IWF 200.100.5,5.8 sebagai rangka atap pelana, UNP 150.75.9.12,5 sebagai gorden dan L 150.150.15 sebagai dasi kerah. Sehingga, desain struktur baja aman dan sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Kata kunci: perancangan struktur baja, SAP2000, gempa, *Tekla structure*

PENDAHULUAN

Indonesia saat ini sedang aktif dalam pembangunan gedung, baik untuk fasilitas pribadi maupun publik. Pembangunan gedung ini untuk pemenuhan kebutuhan penduduk Indonesia akan perumahan, rumah sakit, sekolah, dan sebagainya. Oleh karena itu, diperlukan suatu teknologi untuk menunjang dan meningkatkan mutu konstruksi gedung di Indonesia. Teknologi *Building Information Modelling* (BIM) dapat menjadi solusi terbaik untuk memenuhi kebutuhan dunia konstruksi saat ini, sebab aplikasi BIM tidak hanya dapat menganalisis struktur bangunan tetapi juga dapat

mengelola informasi yang ada pada suatu bangunan.

Perencanaan metode konvensional memiliki banyak kekurangan dibandingkan dengan penggunaan BIM, terutama perihal waktu yang dibutuhkan dalam proses perencanaan suatu struktur bangunan. Penggunaan BIM dalam proses perencanaan maupun analisis relatif lebih efektif, sebab proses penggambaran 2D, perhitungan volume pekerjaan dan pekerjaan detail lainnya untuk keperluan analisis dapat diselesaikan lebih cepat dengan risiko terjadinya *clash* lebih rendah.

Dalam pembangunan gedung terdapat dua material yang paling banyak digunakan, yaitu

beton dan baja. Baja merupakan material yang memiliki banyak kelebihan untuk digunakan sebagai material konstruksi. Selain mempengaruhi kecepatan pembangunan, material baja juga membuat struktur bangunan lebih daktail.

Dalam penelitian ini, analisis terhadap bangunan struktur baja dengan teknologi BIM dilakukan. Penulis fokus untuk melakukan integrasi antara program analisis dengan SAP2000 dan detailing dengan Tekla Structure.

Building information modelling (BIM) adalah representasi digital dari karakter fisik dan karakter fungsional suatu bangunan yang di dalamnya terkandung semua informasi mengenai elemen-elemen bangunan tersebut yang digunakan sebagai basis pengambilan keputusan dalam kurun waktu siklus umur bangunan, sejak konsep hingga demoli (Kusumartono, et al., 2018). BIM juga dikenal n-D modelling atau teknologi pemodelan virtual secara cepat mampu mengembangkan bidang arsitektur, engineering, dan konstruksi. Teknologi BIM membantu para pemangku kepentingan pada dunia konstruksi untuk melakukan pemodelan sesuai lingkungan sebenarnya di lapangan, sehingga menghasilkan beragam desain yang dapat diterapkan. Penggunaan BIM dapat meningkatkan keuntungan, menurunkan biaya proyek, manajemen waktu yang lebih baik serta meningkatkan hubungan yang lebih baik antara pelaksana dan pemilik proyek (Azhar, et al., 2012).

Azhar menunjukkan hasil penelitiannya bahwa dengan penggunaan BIM akan mempercepat proses konstruksi dan perencanaan, meningkatkan kolaborasi dalam tim proyek, sehingga adanya peningkatan laba, pengurangan biaya, manajemen waktu yang lebih baik, dan hubungan pelanggan-klien yang lebih baik. Selain itu, persentase rata-rata BIM ROI adalah 634%, yang sangat berpotensi dalam manfaat ekonomi. Akan tetapi, tim pelaksana BIM harus sangat berhati-hati terhadap hukum dan legalitas, yang mencakup kepemilikan data dan terkait masalah kepemilikan dan pembagian risiko yang harus dibahas di muka dalam dokumen kontrak (Azhar, 2011).

Lima faktor yang dianggap paling menghambat dan mendorong penerapan BIM di Indonesia secara lebih luas di Indonesia telah diteliti oleh Utomo dan Rohman dapat dilihat di

Tabel 1. Faktor – faktor tersebut diperoleh berdasarkan hasil survei dari para ahli dan responden baik yang paham maupun tidak (Utomo & Rohman, 2019). Penelitian tentang perbandingan efisiensi waktu, biaya dan sumberdaya manusia antara metode BIM dan konvensional dilakukan oleh Berlian pada perencanaan gedung dengan 20 lantai yang dapat dilihat pada Tabel 2. Berdasarkan hasil dari perbandingan kedua metode tersebut diperoleh bahwa penggunaan BIM mampu mempercepat proses perencanaan sebesar 50%. Sedangkan, dari segi kebutuhan sumber daya manusia dan dari segi biaya personil, nilai efisiensinya masing – masing sebesar 26,66% dan 52,25% (Berlian, et al., 2016).

Aplikasi struktur baja semakin sering ditemui dewasa ini dalam pekerjaan dunia konstruksi. Material baja tidak hanya digunakan dalam pembangunan infrastruktur jembatan namun juga merambah pada bangunan yang lain, khususnya pembangunan gedung. Baja merupakan salah satu material yang tepat untuk bangunan tahan gempa karena selain memiliki kekuatan yang tinggi, baja juga bersifat elastis dan memiliki daktilitas yang tinggi. Karakteristik yang dimiliki baja dapat memenuhi persyaratan bangunan tahan gempa tetapi tetap memperhatikan aspek ekonomis. Dalam struktur tahan gempa, bangunan dirancang untuk tidak mengalami kerusakan ketika struktur terkena gempa ringan yang berpotensi terjadi dalam jangka waktu yang lebih pendek. Ketika bangunan mengalami atau terkena gempa besar, bangunan dirancang untuk mengalami kerusakan struktural namun tidak mengalami keruntuhan. Sehingga, keselamatan pengguna dapat terjamin.

Bangunan tahan gempa dirancang untuk dapat menyerap gaya gempa yang terjadi dengan membentuk sendi plastis pada komponen dan bagian yang telah ditentukan. Sendi plastis pada struktur baja dirancang dengan mengacu pada kaidah *Strong Column Weak Beam*. Sendi plastis dibuat dengan merancang komponen atau area terbebani sehingga berubah dari keadaan kaku menjadi plastis atau baja telah melampaui tegangan elastisnya. Perencanaan struktur dengan membuat sendi plastis sebagai tempat disipasi energi melalui plastifikasi elemen tanpa menimbulkan keruntuhan pada struktur disebut sebagai *capacity design*. Selain itu, periode getar alami struktur, ketidakberaturan torsi, dan torsi

berlebih yang dipengaruhi oleh kekakuan struktur dan distribusi massa struktur perlu diperhatikan (Taufik, et al., 2021). Sebab, hal tersebut dapat menentukan apakah suatu struktur membutuhkan pengaku atau tidak, seperti penambahan dinding geser atau *bracing* (Astuti, 2015; Astuti, 2016). Oleh karena itu, bangunan tahan gempa harus memperhatikan kekuatan bangunan, kekakuan, daktilitas, disipasi energi yang digunakan untuk menyerap gaya gempa dan juga integritas struktur dengan menjamin koneksi atau sambungan antar komponen struktur kuat.

Perencanaan bangunan struktur baja untuk penelitian ini menggunakan metode *load resistance factor design* (LRFD) yang memenuhi persamaan (1)

$$\sum_i^w \gamma_i Q_i \leq \phi R_n \quad (1)$$

dengan γ_i adalah faktor amplifikasi beban, Q_i adalah beban ultimate, ϕ adalah faktor reduksi dan R_n adalah tahanan nominal. Faktor ketahanan yang dipakai dalam analisis komponen tarik adalah 0,9 dan untuk analisis struktur tekan adalah 0,75.

Pembebanan

Perencanaan bangunan struktur baja ini menggunakan pembebanan meliputi beban hidup, beban mati, beban angin, beban hujan dan beban gempa. Beberapa peraturan yang sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) digunakan sebagai pedoman dalam perencanaan bangunan struktur baja tiga lantai adalah sebagai berikut:

- Beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung dan bangunan lain (SNI 1727:2020).
- Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung (SNI 1726:2019).

Elemen Lentur

Elemen lentur merupakan elemen yang menahan gaya dan momen melintang penampang. Komponen ini mengalami lendutan yang disebabkan momen pada tengah bentang. Kekuatan lentur desain elemen lentur digunakan,

$\phi_b = 0,90$. Faktor modifikasi tekuk torsi lateral atau C_b .

$$C_b = \frac{12,5M_{maks}}{2,5M_{maks} + 3M_A + 4M_B + 3M_C} \quad (2)$$

dengan M_{maks} adalah nilai mutlak momen maksimum dalam segmen tak terbreis, M_A adalah nilai mutlak momen pada titik seperempat dari segmen tak terbreis, M_B adalah nilai mutlak momen pada titik tengah segmen tak terbreis, M_C merupakan nilai mutlak momen pada titik tiga perempat segmen tak terbreis.

Elemen Tekan

Elemen tekan merupakan elemen yang terbebani gaya searah dengan sumbu batang. Pada komponen struktur baja terdapat bahaya tekuk yang harus diperhitungkan untuk menghindari kegagalan struktur, terutama pada kolom. Pada desain elemen tekan baja memiliki persyaratan untuk memenuhi panjang efektif dari komponen tekannya sesuai persamaan (3).

$$\frac{KL}{r} < 200 \quad (3)$$

dimana K merupakan faktor panjang efektif, L adalah panjang tanpa dibreising lateral dari komponen struktur, sedangkan r adalah radius girasinya. Faktor panjang efektif (K) yaitu rasio antara panjang efektif dan panjang tak terbreis komponen struktur. Nilai K harus diambil sebesar 1,0 untuk kolom yang kekakuan lentur tidak diperhitungkan terhadap stabilitas lateral dan ketahanan terhadap beban lateral.

Geser Balok

Kekuatan geser perlu sambungan, V_u atau V_a , yang sesuai, harus ditentukan menggunakan efek beban seismik terbatas-kapasitas. Penentuan nilai kuat geser balok dengan persamaan (4).

$$V_n = 0,6 F_y A_w C_v \quad (4)$$

dengan F_y merupakan tegangan leleh (MPa), A_w adalah luas badan profil, tinggi keseluruhan dikalikan dengan ketebalan badan, sedangkan C_v dan k_v masing – masing didefinisikan sebagai koefisien geser badan dan koefisien tekuk geser pelat badan.

Pengaku Transversal

Pengaku transversal tidak diperlukan bila $h/t_w \leq 2,46 \sqrt{E/F_y}$, atau bila kekuatan geser yang tersedia untuk $k_v = 5$ lebih besar dari kekuatan geser perlu. Dimana h merupakan jarak bersih antara sayap dikurangi jari-jari sudut atau las sudut dan t_w adalah ketebalan badan. Kebutuhan pengaku transversal, I_{st} , dapat ditentukan dengan persamaan (5),

$$I_{st} \geq bt_w^3 j \quad (5)$$

dimana $j = \frac{2,5}{(a/h)^2} - 2 \geq 0,5$ dengan Nilai b adalah nilai terkecil dari dimensi a dan h , a merupakan jarak bersih antara pengaku transversal.

Kontrol Sistem Struktur

Sistem struktur yang menggunakan *prinsip strong column weak beam* mensyaratkan jumlah momen kolom harus lebih besar daripada jumlah momen pada balok. Kontrol sistem struktur dilakukan berdasarkan persamaan (6),

$$\frac{\sum M_{pc}}{\sum M_{pb}} > 1 \quad (6)$$

dengan $\sum M_{pc}$ adalah jumlah momen kolom dibagian bawah dan atas sambungan pada pertemuan as kolom dan as balok, sedangkan $\sum M_{pb}$ merupakan jumlah momen balok pada pertemuan balok dan kolom.

Sambungan Baja

Perancangan struktur baja sistem pemikul momen khusus mengacu pada peraturan nasional SNI 7972:2020 tentang sambungan terpraktualifikasi untuk rangka momen khusus dan menengah baja pada aplikasi seismic (Badan Standar Nasional, 2020). Peraturan ini merujuk pada ANSI/AISC 358-16. Salah satu jenis sambungan baja adalah jenis *end plate*, dimana dilihat dari perilakunya, bahwa tipe sambungan pelat ujung memiliki performa yang baik termasuk sifat daktilitasnya (Coelho & Bijlaard, 2007).

METODE PENELITIAN

Data Perancangan

Pemodelan dan analisis pada bangunan asrama Istana Qur'an yang terletak di Kawasan Pondok Pesantren Istana Qur'an (Gambar 1),

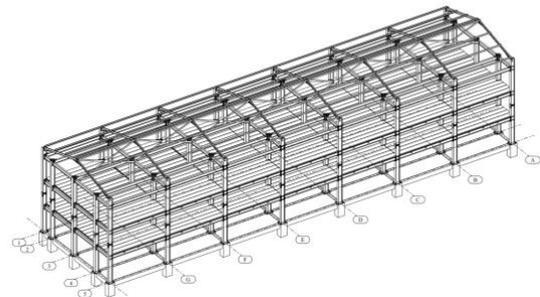
Dusun Jambuer, Karang Sari, Pejawaran, Banjarnegara, Jawa Tengah sebagai objek penelitian. Lokasi asrama yang terletak di daerah pegunungan dengan kopi sebagai komoditas utamanya, maka wilayah tersebut akan dikembangkan sebagai kawasan eduwisata (Astuti & Purnama, 2022; Astuti, et al., 2022).



Gambar 1. Lokasi asrama Istana Qur'an

Pemodelan SAP2000 dan Tekla Structure

Pemodelan struktur bangunan asrama istana Qur'an yang memiliki 3 lantai dengan ketinggian antar lantai 3 m menggunakan SAP2000 dan beban gempa yang digunakan adalah jenis *response spectrum* (Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2017). Bangunan asrama dibangun dengan material utamanya adalah baja jenis BJ-37 dan beton F_c' 30 MPa.



Gambar 2. Model Struktur 3D Bangunan Asrama Istana Qur'an pada Tekla Structure

Fondasi yang digunakan merupakan jenis fondasi tiang pancang sehingga dimodelkan sebagai tumpuan jepit, sebab kolom tidak dapat berotasi secara bebas apabila mendapatkan beban atau gaya yang lebih besar dari berat sendiri strukturnya. *Base plate* dipasang pada ujung kolom yang berfungsi untuk meratakan pendistribusian beban dari kolom ke fondasi. Tumpuan jepit dapat menahan pergerakan pada arah horizontal, vertikal dan momen. Sambungan antara balok induk dengan balok anak menggunakan sambungan tipe *clip angel*.

Tabel 1. Faktor penghambat dan pendorong penerapan BIM di Indonesia (Utomo & Rohman, 2019)

| Rangking | Faktor Penghambat | Faktor Pendorong |
|----------|--|---------------------------------------|
| 1 | Kurangnya tenaga ahli yang dapat menggunakan BIM | Kemauan |
| 2 | Kurangnya pemahaman tentang BIM dan manfaatnya | Teknologi |
| 3 | Penolakan terhadap perubahan | Budaya dalam organisasi |
| 4 | Biaya untuk pelatihan dan perekrutan tenaga ahli BIM | Merasakan manfaat dari penggunaan BIM |
| 5 | Kurangnya dukungan dari <i>senior management</i> | Dukungan dari manajemen atas |

Tabel 2. Perbandingan waktu, biaya, dan sumber daya manusia pada studi kasus gedung 20 lantai (Berlian, et al., 2016)

| No | Uraian | Metode Konvensional | Metode BIM |
|----|---------------------|----------------------|----------------------|
| 1 | Waktu | 12 bulan | 6 bulan |
| 2 | Sumber Daya Manusia | 15 orang | 11 orang |
| 3 | Biaya | Rp. 741.048.000 ,- * | Rp. 353.834.000 ,- * |

*Tidak termasuk biaya investasi

Pemodelan sambungan kurang detail apabila menggunakan SAP2000 dengan pengaturan nilai spring (Puspitasari, et al., 2022). Kombinasi pembebanan yang digunakan pada pemodelan struktur adalah metode ultimit yang jenis – jenis kombinasinya dapat dilihat pada SNI 1726:2019 (Badan Standar Nasional, 2019). Kemudian hasil analisis desain dengan *software* SAP 2000 serta hasil perhitungan elemen dan sambungan yang dilakukan menjadi input untuk pemodelan 3D dengan *Tekla Structure*. *Tekla structure* yang digunakan dalam pemodelan merupakan Tekla versi 21.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perencanaan Balok

Perancangan elemen lentur pada struktur baja mengacu pada SNI 1729:2015 (Badan Standar Nasional, 2015) dan SNI 7860:2020 (Badan Standar Nasional, 2020). Elemen lentur memiliki fungsi dominan untuk memikul gaya lentur. Elemen ini harus dirancang dengan kapasitas yang melebihi kombinasi beban yang bekerja. Dalam perancangan struktur baja, elemen lentur mengalami leleh karena berfungsi sebagai elemen sekring/*seismic fuse* untuk meredam dan tempat disipasi energi gempa. Proses pelelehan terjadi pada sebelum pangkal sambungan ke kolom dengan syarat elemen

lentur tidak boleh terjadi tekuk, baik tekuk lateral maupun tekuk lokal. Dari hasil analisis SAP 2000 pada elemen balok diperoleh nilai gaya dalam yang ada di dalam Tabel 3.

Tabel 3. Nilai gaya dalam balok

| Gaya Dalam | Nilai |
|-------------|----------------|
| Tekan | +104,74 KN |
| Geser sb. Y | 61,917 KN |
| Geser sb. X | 2,996 KN |
| Tarik | 0,5128 KN |
| Momen sb. Y | 7,304 KNm |
| Momen sb. X | - 124,4317 KNm |
| | +82,193 KNm |

Untuk mencegah terjadi nya tekuk pada balok maka digunakan jenis penampang yang kompak dengan profil baja IWF 350.175.7.11 dalam perancangan ini. Perencanaan balok ini menggunakan batasan kelangsingan *highly ductile member* yang memiliki syarat lebih ketat.

Perencanaan Kolom

Perencanaan kolom baja dalam penelitian ini menggunakan prinsip desain kapasitas desain yang memperhitungkan kekuatan dari balok. Dimana kekuatan balok diambil dan diamplifikasi dengan kuat material ekspektasi atau R_y sebesar 1,3. Berdasarkan hasil analisis

struktur dengan SAP2000, didapatkan nilai – nilai gaya dalam kolom pada Tabel 4.

Tabel 4. Nilai gaya dalam kolom

| Gaya Dalam | Nilai |
|-------------|---------------|
| Tekan | 803,923 KN |
| Geser sb. Y | 69 KN |
| Geser sb. X | -50,495 KN |
| Tarik | 1 KNm |
| Momen sb. Y | -32,7658 KNm |
| Momen sb. X | 165 KNm |
| | -165,2786 KNm |

Kolom direncanakan menggunakan baja dengan profil penampang IWF 450.300.11.18, sehingga kolom mampu untuk menahan gaya tekan dominan yang bekerja. Selain itu, kolom juga harus mampu untuk tetap tidak meleleh atau masuk kedalam kondisi plastis meskipun dikenai beban maksimum ataupun beban gempa besar guna menjamin struktur tetap berdiri. Karena memperhitungkan balok, maka kolom pun harus memenuhi syarat kelangsingan penampang, dimana penampang kolom merupakan penampang kompak. Sehingga, dapat mencegah terjadinya tekuk lokal. Nilai rasio kelangsingan diperoleh 15,913 dan 41,327 dimana kurang dari 200 sehingga dapat disimpulkan bahwa elemen tersebut aman.

Perencanaan Gording

Perencanaan gording dalam pembangunan gedung asrama ini menggunakan profil UNP 150.75.9.12,5 dengan nilai – nilai gaya dalam yang bekerja dapat dilihat di Tabel 5. Profil penampang gording tersebut termasuk ke dalam kategori penampang kompak. Selain itu, pada kondisi plastis tidak ada tekuk torsi lateral (*lateral torsional buckling*) yang terjadi pada gording dan aman terhadap kuat geser baik di profil badan maupun pelat sayap.

Tabel 5. Nilai gaya dalam gording

| Gaya Dalam | Nilai |
|-------------|----------|
| Geser sb. Y | 1,87 KN |
| Geser sb. X | 3,49 KN |
| Momen sb. Y | 2,82 KNm |
| Momen sb. X | 1,59 KNm |

Perencanaan Pelat

Pelat dirancang menggunakan *system one way slab* komposit. Penggunaan pelat komposit

ini selain cepat dalam pemasangan juga tidak membutuhkan bekisting saat pengecoran dilaksanakan. Pelat baja diletakkan dibawah beton dan berfungsi sebagai penahan lentur positif atau gaya tarik dan beton diatasnya berfungsi sebagai penahan gaya tekan. Bahan pelat komposit merupakan *Super Floor Deck* yang telah lolos JIS 3302 (570 N/mm²) dengan ketebahan 0,75 mm, lebar 1 mm dan panjang maksimum 12 meter. Kapasitas pelat komposit yang digunakan lebih dari beban maksimum yang bekerja pada pelat sebesar 1000 kg/m². Bentang span dalam perencanaan ini merupakan jarak antar balok anak yang telah ditentukan sebesar 1750 mm. Sedangkan, untuk pelat beton digunakan ketebalan plat 10 cm dengan mutu K-300.

Perencanaan Sambungan

Pada perencanaan sambungan struktur baja terdapat tiga hal yang harus diperhatikan, yaitu sambungan antar kolom, sambungan kolom – balok dan sambungan balok induk – balok anak. Sambungan antar elemen kolom merupakan tipe sambungan tekan. Sambungan kolom pada perancangan ini berada pada elevasi 4500 mm. Sambungan yang dipakai merupakan sambungan baut. Sambungan baut sendiri merupakan jenis sambungan yang mudah digunakan dalam konstruksi sruktur baja.

Penyambungan elemen antar kolom dilakukan dengan penambahan pelat penyambung. Penyambungan dilakukan pada *flange/sayap* dan *web/badan* pada penampang kolom. Sambungan kolom dengan kolom pada kedua letak penampang menggunakan baut ASTM A325 Ø 16 mm.

Sedangkan, untuk sambungan antara kolom dan balok merupakan sambungan momen yang harus memenuhi syarat pada peraturan yang berlaku. Sambungan kolom dan balok induk pada perancangan struktur ini memperhitungkan momen maksimum yang mungkin terjadi pada sendi plastis. Besaran momen tersebut harus memperhatikan kekuatan puncak sambungan, *strain hardening* penampang, memperhatikan rasio tegangan terekspektasi dan tegangan leleh minimum terspesifikasi. Pelat penerus disediakan pada sambungan balok kolom dengan jenis sambungan momen pelat ujung berbaut diperpanjang tanpa dan dengan pengaku.

Sambungan balok induk – balok anak didesain menggunakan sambungan tipe *clip*

angel. Sambungan ini menggunakan baja profil L sebagai penyambung antara balok anak dan balok induk. Sambungan ini merupakan sambungan dengan jenis *simple beam* dan dirancang berdasarkan SNI 1929:2019 .

Konfigurasi baut yang digunakan dengan spasi minimum antar baut (S) sebesar 48 mm dipakai 60 mm dan spasi ke tepi 30 mm. Jumlah baut yang dipakai adalah 3 buah sehingga panjang sambungan yaitu 180 mm.

Base Plate

Base plate merupakan plat baja yang dipasang pada ujung kolom dan berfungsi untuk distribusi beban dari kolom baja ke fondasi beton. Dalam perancangan *base plate* memperhitungkan gaya geser *axial*/tekan dan momen di ujung kolom. Luas *base plate* lebih luas dari penampang baja agar gaya yang bekerja terbagi merata dengan luasan sehingga gaya yang dipikul tiap luasan beton tumpuan menjadi lebih kecil. Sehingga, luasan *base plate* memperhitungkan batas maksimum kekuatan beton penumpu. Desain *base plate* bangunan asrama istana qur'an ini menggunakan gaya kolom baja WF 440.300.11.18 dengan gaya tekan sebesar 803,923 kN, gaya geser 960 kN, dan momennya sebesar 934,639 kN. Dimensi *base plate* didesain lebih dari dimensi kolom baja yaitu 500 cm x 700 cm dan dimensi beton penumpu 600 cm x 800 cm. Dengan dimensi tersebut diperoleh hasil bahwa beton masih kuat untuk menahan gaya tekan. Tebal *base plate* ditentukan menggunakan batas leleh material saat terkena beban maksimum. Dari hasil perhitungan diperoleh tebal minimum dari *base plate* yang digunakan yaitu sebesar 27, 814 sehingga digunakan tebal *base plate* 30 mm. Angkur dalam *base plate* digunakan untuk menguatkan kolom atau *base plate* dengan beton penumpu, dengan panjang minimum sebesar 417,3646 mm sehingga dipakai panjang angkur 500 mm.

Perencanaan Fondasi

Kondisi tanah pada lokasi pembangunan merupakan tanah berpasir dengan kepadatan sedang sehingga tepat untuk menggunakan tiang pancang. Data tanah tersebut diperoleh dari hasil pengeboran. Tanah dengan N_{60} diperoleh pada kedalaman 16 meter sehingga pada perancangan tiang pancang diletakkan diatas tanah keras. Tiang pancang yang dirancang mampu untuk

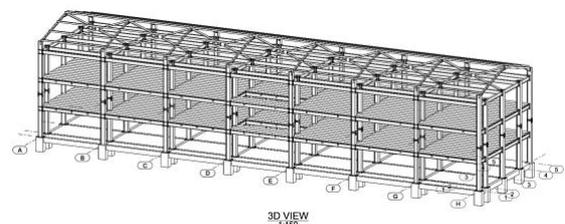
menahan gaya tekan/*axial*, geser dan momen. Hal ini ditujukan untuk menjamin tidak terjadinya keruntuhan bangunan yang disebabkan karena keruntuhan fondasi. Fondasi tiang pancang dianalisis untuk menahan gaya melalui tahanan ujung tiang pancang serta gaya gesek dipepanjang selimut tiang pancang. Dari hasil analisis tersebut diperoleh setiap kolom ditumpu oleh 2 tiang pancang dengan diameter 35 cm sepanjang 14 meter.

Perencanaan Pilecap

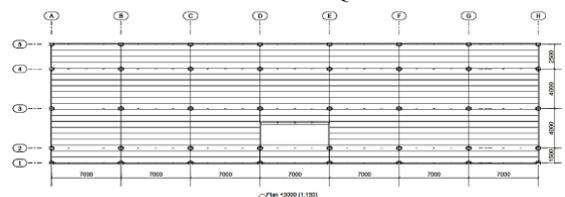
Pilecap merupakan bagian dari fondasi yang berfungsi untuk menyatukan kelompok tiang agar dapat memikul beban yang bekerja bersama-sama. Perancangan *pilecap* mengacu pada jumlah tiang yang ada dalam setiap titik fondasi. Dalam perancangan ini diperoleh hasil desain yang sama untuk setiap kolom dengan dimensi panjang sebesar 160 cm, lebar 70 cm, dan tebal 50 cm.

Output Tekla Structure

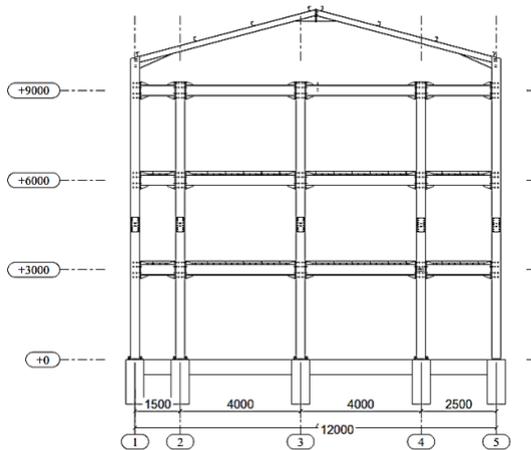
Hasil dari perancangan menggunakan perangkat lunak *Tekla Structure* sebagai media pemodelan dan pendetailan. Pemodelan 3D dilakukan dengan mengacu hasil analisis dengan *software* SAP2000 serta hasil perhitungan elemen dan sambungan. Gambar *detail engineering design* (DED) baik 2D maupun 3D dengan *Tekla Structure* yang dapat dilihat di Gambar 2, 3 4 dan 5. Gambar – gambar tersebut yang nantinya akan dapat digunakan sebagai panduan pelaksanaan konstruksi oleh pelaksana dilapangan.



Gambar 3. Gambar 3D Parametrik Gedung Asrama Istana Qur'an.



Gambar 4. Gambar Plan +3000 Gedung Asrama Istana Qur'an.

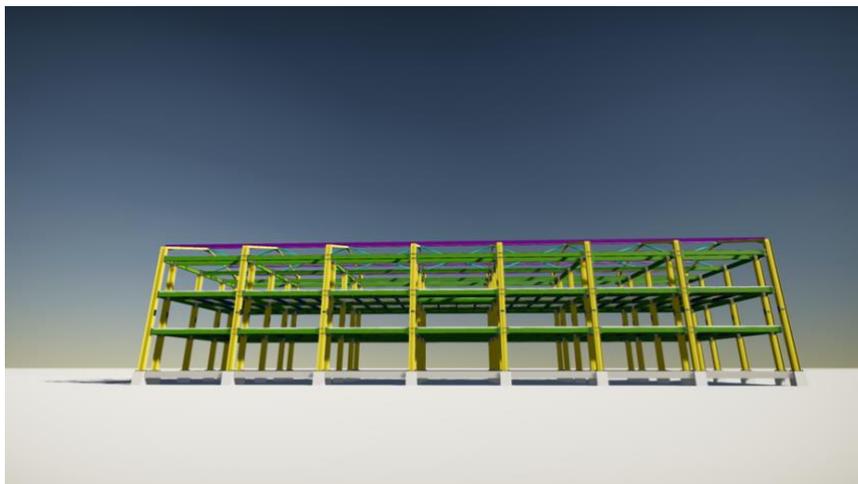


Gambar 5. Gambar Potongan Gedung Asrama Istana Qur'an

Pemodelan 3D BIM dengan perangkat lunak *Tekla Structure* dapat membuat model dengan informasi elemen. Dengan demikian setiap perubahan bentuk, posisi dan ukuran elemen langsung dapat merubah informasi yang terkandung secara otomatis. Selanjutnya informasi elemen dan struktur dapat dihimpun dan dikeluarkan melalui fungsi *organizer* atau

report yang ada dalam *Tekla Structure*. Informasi terkait material yang digunakan beserta penempatannya berguna untuk mendukung pencacahan kebutuhan material *Bill of material* (BOM). Hal ini dapat mempermudah perhitungan serta apabila adanya perubahan kuantitas dan informasi yang dihasilkan dapat berubah secara otomatis. Dengan demikian akan mengurangi risiko kesalahan perhitungan jumlah material untuk pembangunan asrama istana Qur'an. Hasil BOM pada pembangunan tersebut dapat dilihat pada Tabel 6.

Visualizer merupakan fungsi dari *Tekla Structure* untuk menampilkan model dalam bentuk gambar 3D dan animasi. Penggunaan *Visualizer* adalah untuk mempermudah memberikan pemahaman terhadap pihak lain/*stakeholder* terkait rancang bangun gedung. Adanya fasilitas video animasi 3D sebagai media representasi model diharapkan dapat mempermudah pemahaman model struktur secara menyeluruh dan komprehensif bagi semua pihak yang berkepentingan dalam proyek.



Gambar 6. Gambar visualizer Tekla

Tabel 6. Daftar Material (BOM)

| Elemen | Profil | Material/Grade | Jumlah | Panjang (mm) | Berat Total (kg) |
|--------------|----------|----------------|--------|--------------|------------------|
| Beton dek | 67x600 | BETON F'c 30 | 272 | 7000 | 183697,92 |
| Pelat lantai | 100x1200 | BETON F'c 30 | 7 | 6700 | 13516,54 |
| Pelat lantai | 100x2200 | BETON F'c 30 | 7 | 6700 | 24994,46 |
| Pelat lantai | 100x3700 | BETON F'c 30 | 14 | 6700 | 84422,68 |
| Tie Beam | 300x500 | BETON F'c 30 | 8 | 900 | 2643,10 |

| Elemen | Profil | Material/ Grade | Jumlah | Panjang (mm) | Berat Total (kg) |
|---------------------|-----------------|--------------------|--------|-----------------|------------------|
| Tie Beam | 300x500 | BETON F'c 30 | 8 | 1900 | 5579,89 |
| Tie Beam | 300x500 | BETON F'c 30 | 16 | 3400 | 19970,11 |
| Tie Beam | 300x500 | BETON F'c 30 | 35 | 6200 | 79660,20 |
| Kolom Pedestal | 800x600 | BETON F'c 30 | 40 | 1500 | 69120,00 |
| Pile cap | 1600x500 | BETON F'c 30 | 40 | 700 | 54819,92 |
| Gording | C-150X75X6.5X10 | BJ 37 | 56 | 7000 | 7291,20 |
| Tiang Pancang | D-35 cm | BETON F'c 30 | 80 | 14000 | 158497,48 |
| Kuda-kuda | H200x100x5.5x8 | BJ 37 | 16 | 6221,77 | 2120,38 |
| Balok anak 1 | H-250X125X6X9 | BJ 37 | 48 | 1473 | 0,00 |
| Balok anak 2 | H-250X125X6X9 | BJ 37 | 42 | 2473 | 0,00 |
| Balok anak 3 | H-250X125X6X9 | BJ 37 | 78 | 3973 | 0,00 |
| Balok Induk 1 | H-350X175X7X11 | BJ 37 | 24 | 1148 | 1366,58 |
| Balok Induk 2 | H-350X175X7X11 | BJ 37 | 24 | 2148 | 2556,98 |
| Balok Induk 3 | H-350X175X7X11 | BJ 37 | 48 | 3648 | 8685,16 |
| Balok Induk 4 | H-350X175X7X11 | BJ 37 | 105 | 6510 | 33904,08 |
| Balok Induk 5 | H-350X175X7X11 | BJ 37 | 2 | 6801 | 674,66 |
| Kolom 1 | H-440X300X11X18 | BJ 37 | 40 | 4485 | 21707,40 |
| Kolom 2 | H-440X300X11X18 | BJ 37 | 24 | 4775 | 13866,60 |
| Kolom 3 | H-440X300X11X18 | BJ 37 | 16 | 5628,72 | 10897,20 |
| Haunch | I-200X100X7X10 | BJ 37 | 16 | 679,92 | 278,40 |
| Pelat Pengambung | L-75X75X9 | BJ 37 | 2 | 160 | 2,19 |
| Pelat Penyambung | L-90X90X6 | BJ 37 | 592 | 208 | 1009,15 |
| Ikatan Angin | L150x150x12 | BJ 37 | 28 | 3547,18 | 2711,46 |
| Panel Deck | 0,75 mm | GALVALUM | 272 | 7000 | 11,70 |
| Pelat Baja | PD76x19 | BJ 37 | 320 | 19 | 158,25 |
| Pelat Baja | PD76x19 | BJ 37 | 160 | 38 | 158,25 |
| Pelat Baja | PLT1x220 | BJ 37 | 192 | 590 | 195,63 |
| Pelat Baja | PLT10x80 | BJ 37 | 12 | 140 | 10,55 |
| Pelat Baja | PLT10x100 | BJ 37 | 160 | 100 | 125,60 |
| Pelat Baja | PLT10x105 | BJ 37 | 14 | 140 | 16,16 |
| Pelat Baja | PLT10x120 | BJ 37 | 806 | 250 | 1218,19 |
| Pelat Baja | PLT10x152 | BJ 37 | 80 | 304 | 290,19 |
| Pelat Baja | PLT10x250 | BJ 37 | 80 | 480 | 753,60 |
| Pelat Baja | PLT10x365.1 | BJ 37 | 5 | 633,38 | 84,18 |
| Pelat Baja | PLT10x385.1 | BJ 37 | 2 | 687,06 | 38,91 |
| Pelat Baja | PLT16x120 | BJ 37 | 16 | 435 | 104,90 |
| Pelat Baja | PLT20x160 | BJ 37 | 1 | 445 | 11,18 |
| Pelat Baja | PLT20x160 | BJ 37 | 14 | 450 | 158,26 |
| Pelat Baja | PLT20x404 | BJ 37 | 192 | 590 | 7185,12 |
| Pelat Baja | PLT25x210 | BJ 37 | 192 | 590 | 4668,55 |
| Pelat Baja | PLT25x220 | BJ 37 | 213 | 590 | 5425,80 |
| Pelat Baja | PLT30x124.5 | BJ 37 | 536 | 404 | 6276,31 |
| Pelat Baja | PLT30x500 | BJ 37 | 40 | 700 | 3297,00 |
| Pelat Baja | ROD38 | BJ 37 | 160 | 674,54 | 956,28 |

KESIMPULAN

Perancangan struktur baja tiga lantai tahan gempa menggunakan sistem *Building Information Modeling* (BIM) dengan studi kasus gedung asrama istana qur'an dengan material utama baja dapat selesai lebih cepat dan efisien dibandingkan metode konvensional. BIM dalam studi kasus ini hanya digunakan untuk menghitung jumlah material yang dibutuhkan untuk merancang gedung asrama istana qur'an. Profil penampang baja yang digunakan dalam penelitian ini adalah IWF 440.300.11.18 dengan panjang 4,5 m untuk kolom, IWF 350.175.7.11 dengan panjang bentang 7m untuk balok induk, IWF 250.125.6.9 dengan panjang bentang 1,5 hingga 4 m untuk balok anak, IWF 200.100.5.5.8 dengan panjang bentang 6,2117 m untuk kuda – kuda, UNP 150.75.9.12,5 dengan panjang bentang 7 m untuk gording, dan L 150.150.15 dengan panjang bentang 3,547 m untuk ikatan angin. Desain struktur baja aman dan sesuai dengan peraturan yang berlaku.

DAFTAR PUSTAKA

- Azhar, S., Khalfan, M. & Maqsood, T., 2012. Building information modeling (BIM): now and beyond. *The Australasian Journal of Construction Economics and Building*, 12(4), pp. 15-28.
- Azhar, S., 2011. Building information modeling (BIM): Trends, benefits, risks, and challenges for the AEC industry. *Leadership and management in engineering*, 11(3), pp. 241-252.
- Utomo, F. & Rohman, M., 2019. The barrier and driver factors of building information modelling (BIM) adoption in indonesia: a preliminary survey. *IPTEK Journal of Proceedings Series*, Volume 5, pp. 133-139..
- C. A. Berlian P., R. P. Adhi, A. Hidayat, and H. Nugroho, 2016. Perbandingan Efisiensi Waktu, Biaya, Dan Sumber Daya Manusia Antara Metode Building Information Modelling (Bim) Dan Konvensional (Studi Kasus: Perencanaan Gedung 20 Lantai), Semarang: Diponegoro University.
- Kusumartono, H., Krisbandono, A., Permana, G. A., Andarwati, N., Indraprastha, A., Widyastuti, A. R., Irsan, A., dan Rahman, A., 2018. *Panduan Adopsi BIM dalam Organisasi*. Jakarta Selatan: Pusat Litbang Kebijakan dan Penerapan Teknologi.
- Coelho, A. & Bijlaard, F., 2007. Experimental behaviour of high strength steel end-plate connections. *Journal of Constructional Steel Research*, 63((9)), pp. 1228-1240.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2017. *Desain Spektra Indonesia*. [Online] Available at: <http://rsa.ciptakarya.pu.go.id/> [Accessed 15 Mei 2019].
- Badan Standar Nasional, 2019. *SNI 1726 : 2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung*. Jakarta: Badan Standar Nasional.
- Badan Standar Nasional, 2020. *SNI 7860:2020 Ketentuan Seismik untuk Bangunan Gedung Baja*. Jakarta: Badan Standar Nasional.
- Badan Standar Nasional, 2015. *SNI 1729:2015 tentang Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*. Jakarta: Badan Standar Nasional.
- Badan Standar Nasional, 2020. *SNI 1727 : 2020 tentang Beban Desain Minimum dan Kriteria terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur lain*. Jakarta: Badan Standar Nasional.
- Badan Standar Nasional , 2020. *SNI 7972:2020 tentang Sambungan terpraktualifikasi untuk Rangka Momen Khusus dan Menengah Baja pada Aplikasi Seismik*. Jakarta: Badan Standar Nasional .
- Puspitasari, S. D., Siswosukarto, S., Harahap, S. & Astuti, P., 2022. Analisa Perilaku dan Ketahanan Rumah Adat Bugis Terhadap Beban Gempa. *Jurnal Teknik Sipil*, 16(4), pp. 280-288.
- Taufik, I., Yadi, S. & Astuti, P., 2021. Respons Ketidakberaturan Struktur Torsi Dan Torsi Berlebih Gedung 16 Lantai Menggunakan Metode Linear Time History Analysis. *Jurnal Konstruksi*, 13(1), pp. 181-191.
- Astuti, P., 2015. Pengaruh Penambahan Dinding Geser (Shear Wall) pada Waktu Getar Alami Fundamental Struktur Gedung. *Semesta Teknika*, 18(2).

- Astuti, P., 2016. Studi Perbandingan Dinding Geser dan Bracing Tunggal Konsentris sebagai Pengaku pada Gedung Bertingkat Tinggi. *Semesta Teknika*, 19(2).
- Astuti, P. & Purnama, A. Y., 2022. Pendampingan Pembuatan Site Plan Kompleks Eduwisata Muhammadiyah Pejawaran Banjarnegara. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Multidisiplin*, 5(3).
- Astuti, P., Purnama, A. Y., Puspitasari, S. D. & Kencono, D. S., 2022. Peningkatan Kapasitas Pemasaran Digital pada Kelompok UMKM Kopi di Desa Sarwodadi, Pejawaran, Banjarnegara. *Bubungan Tinggi: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 4(3).