

Pemodelan 3D Tekla Structure Pada Konstruksi Baja Project Warehouse Finish Good Dalam Proses BIM (Building Information Modeling)

David Prasdiansyah¹⁾, Ronny Durrotun Nasihien²⁾,
Julistyana Tistogondo³⁾

¹⁾ Program Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Narotama
Surabaya, Indonesia

Email: prasdiansyahdavid@gmail.com

²⁾ Program Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Narotama
Surabaya, Indonesia

Email: ronny.durrotun@narotama.ac.id

³⁾ Program Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Narotama
Surabaya, Indonesia

Email: julistyana.tistogondo@narotama.ac.id

Received: 2024-08-15; Accepted: 2024-08-30; Published: 2024-09-30

Abstract

The construction of the warehouse finish good uses steel construction, for accuracy and acceleration in fabrication of steel requires accuracy in the section of steel pieces, connections, accessories and bolt hole point spacing. Based on reviews in the field, all project parties need 3d results and building planning, which can estimate problems and determine what methods will be used in the implementation in the field. In this Warehouse Finish Good project, development planning uses 2 BIM-based software for steel structures using the Tekla Structure program and for planning earthquake-resistant steel buildings using the SAP 2000 program. The purpose of this research is to study BIM (Building Information Modeling) based technology with the Tekla structure implementation method, the results obtained from the implementation can be 3d modeling and can find out the material requirements that will be used where BIM (Building Information Modeling) is very useful for the field implementation process and can also be a discussion material for all project-related teams to determine the work methods to be used.

Keywords: Implementation of Tekla Structure, Modeling SAP 2000, Warehouse Finish Good, Steel Fabrication Accuracy

Abstrak

Pembangunan *warehouse finish good* menggunakan konstruksi baja, untuk akurasi dan percepatan pada fabrikasi terhadap baja memerlukan ketelitian di bagian potongan baja, sambungan, aksesoris dan jarak titik lubang baut. Berdasarkan tinjauan di lapangan, semua pihak project membutuhkan hasil 3d dan perencanaan bangunan, yang dapat memperkirakan permasalahan dan menentukan metode apa yang akan digunakan dalam pelaksanaan di lapangan. Pada project *Warehouse Finish Good* ini perencanaan pembangunan menggunakan 2 Software berbasis BIM untuk struktur baja menggunakan program Tekla Structure dan untuk perencanaan bangunan baja tahan gempa menggunakan program SAP 2000. Tujuan dari penelitian ini adalah mempelajari teknologi berbasis BIM (Building Information Modeling) dengan metode implementasi Tekla structure, hasil yang diperoleh dari implementasi dapat pemodelan 3d dan dapat mengetahui kebutuhan material yang akan di gunakan dimana BIM (Building Information Modeling) sangat bermanfaat untuk proses pelaksanaan dilapangan dan juga bisa jadi bahan diskusi pada semua team terkait proyek untuk menentukan metode kerja yang akan di pakai

Kata Kunci: Implementasi Tekla Structure, Pemodelan SAP 2000, Warehouse Finish Good, Akurasi Fabrikasi Baja

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi mengalami perubahan yang sangat pesat. Dalam memasuki era revolusi industry 4.0, metode Building Information Modeling (BIM) dalam bidang konstruksi dianggap penting dalam memastikan keberhasilan proyek. BIM dapat mensimulasikan pelaksanaan proyek secara virtual sehingga memudahkan komunikasi antar team dalam proyek. BIM memiliki ruang lingkup 3D, 4D, 5D, 6D, dan 7D. Pada penelitian ini menggunakan BIM 4D untuk mengetahui material yang di butuhkan dalam Pembangunan warehouse finish good dan bagaimana proses implementasi pemodelan tekla structure

serta kendala dan tantangan saat menerapkan pemodelan 3D pada tekla structure.

Dalam Pembangunan Warehouse Finish Good menggunakan struktur baja yang merupakan salah satu bahan bangunan yang unsur utamanya terdiri dari besi.. Keunggulan baja sebagai material konstruksi, antara lain adalah material konstruksi yang paling banyak digunakan di indonesia. Perencanaan struktur baja di Indonesia di atur oleh peraturan yang dikeluarkan oleh Badan Standarisasi Nasional (BSN) Indonesia yang disebut Standar Nasional Indonesia (SNI). Dari tanggal 28 Maret 2002 digunakan tata cara perencanaan struktur baja untuk bangunan Gedung

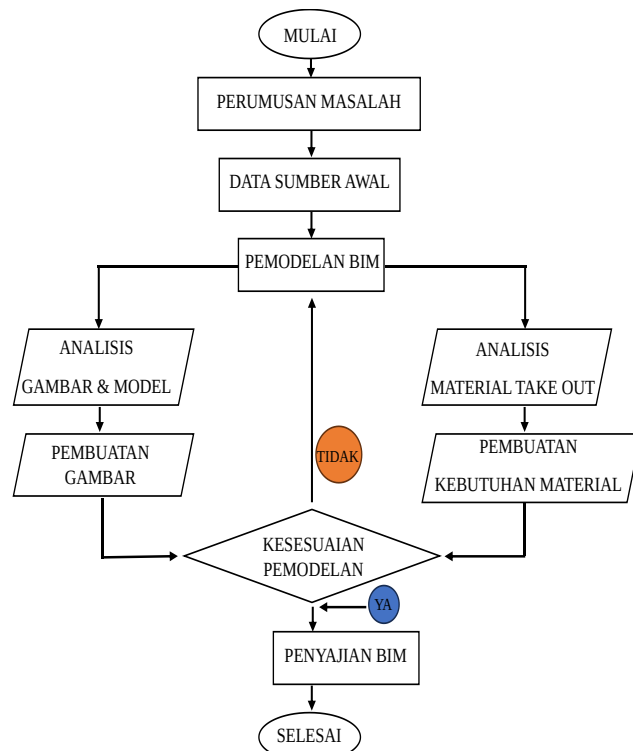
atau SNI 03-1729-2002 dalam merencanakan struktur baja.(Kambu et al., 2020)

Building Information Modeling Mengubah paradigma konstruksi dengan menyediakan platform terpadu untuk berbagi informasi antara semua kebutuhan proyek. Building Information Modeling suatu proses dalam menghasilkan data dan mengelola data suatu bangunan. BIM menggunakan Software 3D dan pemodelan bangunan untuk meningkatkan produktivitas dalam melakukan desain dan konstruksi pada bangunan (Pantiga et al., 2021), Tekla structure merupakan one stop solution pada kebutuhan BIM structural untuk menghasilkan gambar kerja (shop drawing) dan melaporkan secara otomatis dengan keakuratan yang tinggi (Firoz dan Rao (2012), Rachmawati dan kamaludin (2019))

Penelitian ini memfokuskan pada *Implementasi* Proses Building Information Modeling pada proyek Warehouse Finish Good untuk meningkatkan produktivitas dan komunikasi antar tim proyek

METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini menggunakan metode kuantitatif, untuk mendapatkan dukungan dari hasil penelitian yang telah ada sebelumnya yang relevan, yang menggunakan proses Building Information Modeling, dengan pendekatan seperti data primer yang di dapat dari pengambilan data suvey dan struktur di lokasi dan data skunder yang dikumpulkan seperti studi kasus, studi literatur pengumpulan data dan estimasi quantity take off material baja yang dibutuhkan serta efisiensi waktu dalam proses pemodelan 3d jika dibandingkan dengan menggunakan pemodelan konvensional. Lebih jelasnya dilihat pada flowchart gambar 1 berikut.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemodelan Pada SAP 2000

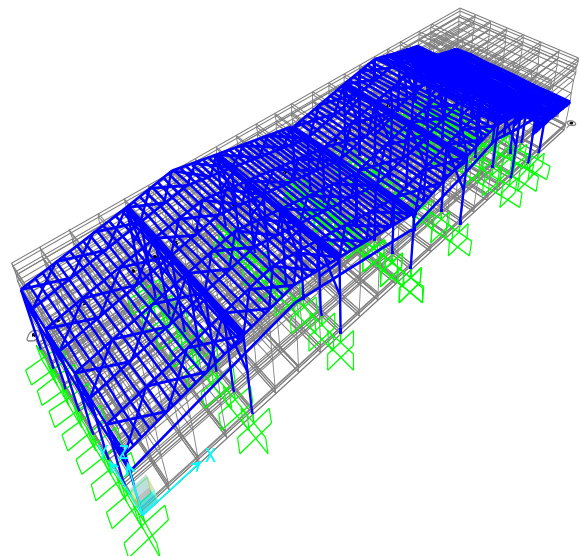
SAP 2000 digunakan untuk analisa suatu bangunan tahan gempa dengan menggunakan profil material dan di setiap sambungan maupun aksesoris bangunan, Sebelum melakukan pemodelan 3d pada suatu bangunan dengan menggunakan tekla structure dan autocad , diperlukan pemodelan pada SAP 2000 terlebih dahulu untuk proses analisa struktur bangunan dan memerlukan data sebagai berikut, data struktur pada bangunan warehouse finish good yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

Komponen Struktur Bangunan

1. Kolom Struktur
Kolom Utama = HB 250.250.9.14
Kolom Gevel = WF 250.150.6.9
2. Rafter
Rafter Bawah = WF 400.200.8.13
Rafter Nok = WF 350.175.7.11
3. Bracing = 2L 60.60.6
4. Cladding = CNP 150.50.20.2,3
5. Gording = CNP 150.50.20.2,3
6. Regel Cremona = CNP 200.75.20.3,2
7. Wind Bracing = Besi Beton D19

Keterangan Bangunan

1. Jarak Antara Kolom = 6 meter
2. Lebar Bangunan = 121.6 meter
3. Panjang Bangunan = 30 meter
4. Tinggi Kolom = 12 meter
5. Tinggi Bangunan = 19.50 meter
6. Bentang Rafter Bawah (1sisi) = 23.30 meter
7. Bentang Rafter Nok (1sisi) = 11.66 meter
8. Jarak Cladding = 1.5 meter
9. Jarak Gording = 1.5 meter
10. Join Rafter & kolom (couple plat) = 16 mm
11. Base Plat = 16 mm
12. Penutup Atap Galvalum = 0.3 mm
13. Mutu Baja = SS400

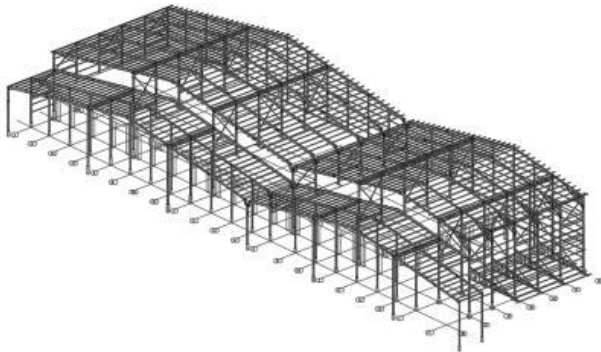


Gambar 2. Pemodelan SAP 2000

Pada penelitian ini peneliti sebatas melakukan pemodelan dan memasukkan spesifikasi dan profil material yang akan digunakan dalam pemodelan warehouse finish good.

Pemodelan 3D Autocad

Dalam proses pemodelan warehouse finish good dengan menggunakan autocad bisa dilakukan tetapi membutuhkan waktu yang relatif lama, karena dalam pemodelan autocad harus mengatur view dan UCS dalam 3d autocad dan membuat komponen secara manual. Berikut contoh gambar 3d pemodelan 3d pada autocad.



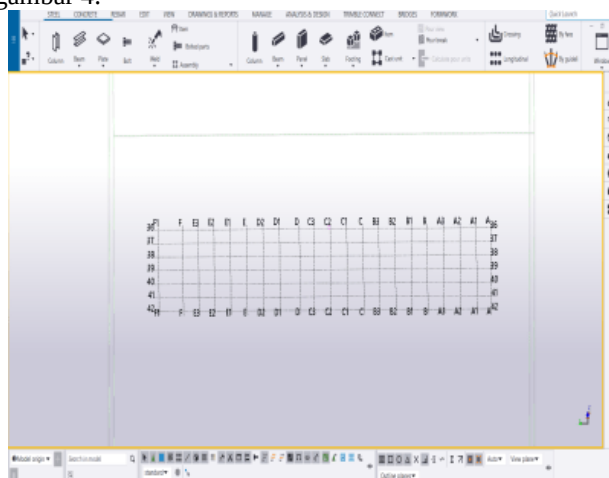
Gambar 3. pemodelan 3d autocad

Pemodelan 3D Tekla Structure

Dalam proses pemodelan warehouse finish good di tekla structure sangat membantu dalam efisiensi waktu pemodelan di bandingkan dengan proses pemodelan konvensional, dikarenakan tekla structure sendiri mempunyai fitur yang mendukung untuk proses detail kebutuhan di konstruksi baja sendiri seperti sambungan, couple plat dan base plat, dan tekla structure dapat mengorganisir kebutuhan material yang akan digunakan.

A. Pemodelan Grid

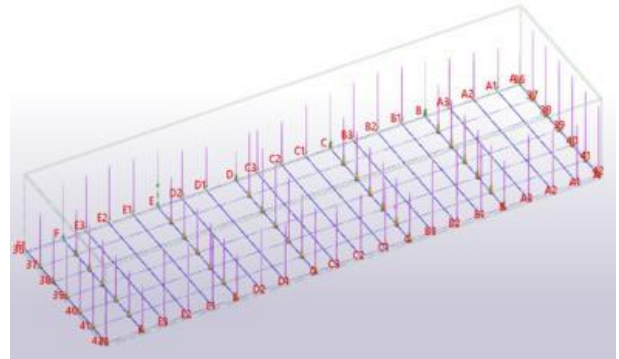
Grid berfungsi untuk mempermudah proses penempatan komponen struktur bangunan dan sebagai titik acuan pada bangunan. Pemodelan grid dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Pemodelan Grid

B. Permodelan Kolom Baja

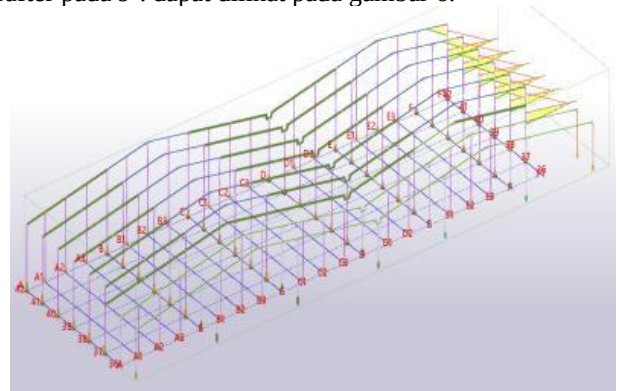
Permodelan kolom baja utama dengan profil HB 250.250.9.14 dengan ketinggian bangunan 12 meter. Permodelan kolom baja utama dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Permodelan Kolom

C. Pemodelan Rafter

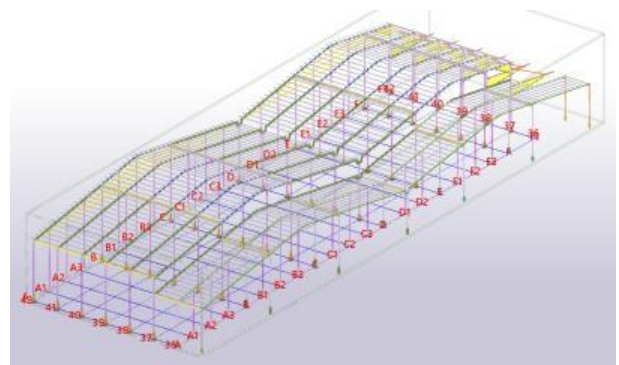
Permodelan rafter baja pada bangunan warehouse finish good menggunakan 2 profil material yang berbeda pada rafter bawah menggunakan WF 400.200.8.13 dengan bentang 23.30 meter dan rafter pada nok WF 350.175.7.11 dengan bentang 11.66 meter dan kemiringan rafter pada 9°. dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Pemodelan Rafter

D. Pemodelan Gording

Pada permodelan gording menggunakan profil material CNP 150.50.20.2,3 dengan kemiringan mengikuti atap 9°. Dapat dilihat pada gambar 7.

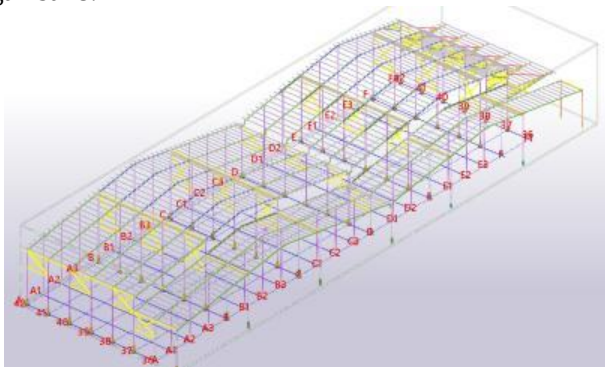


Gambar 7. Permdelan Gording Atap

E. Pemodelan Bracing

Bracing digunakan untuk perkuatan atau pengikat antara kolom ke kolom, pada permodelan ini

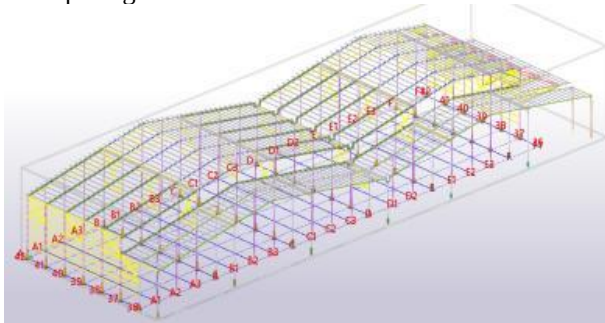
bracing menggunakan profil 2L 60.60.6, dapat di lihat pada gambar 8.



Gambar 8. Permodelan Bracing

F. Permodelan Cladding

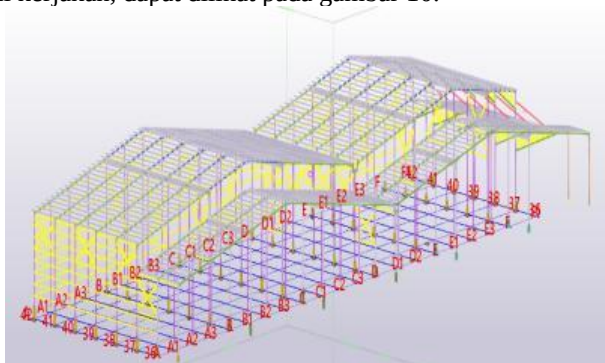
Cladding digunakan sebagai konstruksi penutup dinding pada bangunan, pada permodelan ini menggunakan profil material CNP 150x50x20x2,3 dan menggunakan material penutup galvalume dengan ketebalan 0.3mm, dapat dilihat pada gambar 9.



Gambar 9. Permodelan Cladding

G. Hasil Akhir Permodelan Tekla Structure

Setelah melakukan tahapan permodelan dari masing – masing bagian item pada bangunan warehouse finish good, maka permodelan 3d sudah selesai dan membuat output drawing dimana biasanya digunakan untuk shopdrawing, assembly drawing dan fabrikasi drawing agar tidak terjadi kesalahan pemotongan baja saat fabrikasi akan di kerjakan, dapat dilihat pada gambar 10.



Gambar 10. Hasil Modeling 3D

Hasil Material Take Off

Pada proses pengelolaan Quantity Take Off dengan menggunakan program Tekla Structure 2022, Sebelumnya harus sudah memasukan informasi dan spesifikasi pada setiap item atau bagian dari pemodelan 3D

Warehouse Finish Good supaya memudahkan untuk mengorganisir saat ingin mengetahui berat masing- masing profil jika di perlukan.

Output yang dihasilkan dari program Tekla Structure 2022 yaitu berupa profil material, grade, Quantity (jumlah material yang sama), Length(mm) Panjang per item, Net Area(m2) for one (luasan area per 1 item), Net Area(m2) for all (luasan area keseluruhan item profile), Net Wiegth(kg) for one(berat satuan material), Net Wiegth(kg) for all (berat keseluruhan material), dimana output ini bisa berupa format excel maupaun berupa Notepad dapat di olah sesuai kebutuhan yang akan digunakan. Berikut Contoh dari beberapa profil material yang digunakan dalam permodelan warehouse finish good dari table material take off. Dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil Material Take Off

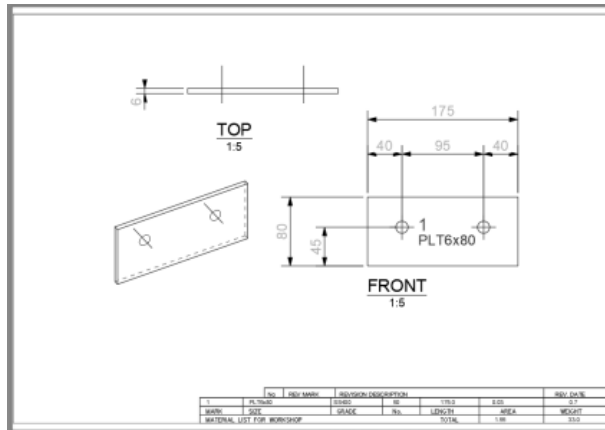
Profil	Grade	Qty	Length (mm)	Net Area (m ²) For All	Net Wiegth (kg) For All
HI250x9x14x250	SS400	6	2306	20.45	969.32
L60x60x6	SS400	48	4482	0.14	1155.37
CC150x2.3x20x50	SS400	82	1000	46.53	415.73
D12	SS400	1064	946.3	37.21	804.79
L60x60x6	SS400	48	4482	51..71	1155.37
L70x70x7	SS400	12	6532	21.97	572.89
WI200x5.5x7x100	SS400	6	11899	56.29	1356.23
WI250x6x9x125	SS400	1	11320	11.19	323.65
WI300x6.5x9x150	SS400	12	11736	166.61	4994.27
WI400x8x13x200	SS400	12	11992	227.56	9230.37
PI 6x130	SS400	682	150	28.89	626.38
PI 8x170	SS400	12	600	2.60	76.87
PI 10x238	SS400	4	250	0.52	18.68
PI 12x200	SS400	28	300	3.70	158.26
PI 14x240	SS400	68	690	24.29	1237.56
PI 16x310	SS400	54	310	11.45	654.79
PI 22x230	SS400	60	755	23.44	1799.36
PI 25x120	SS400	2	222	0.14	10.44

Output Drawing

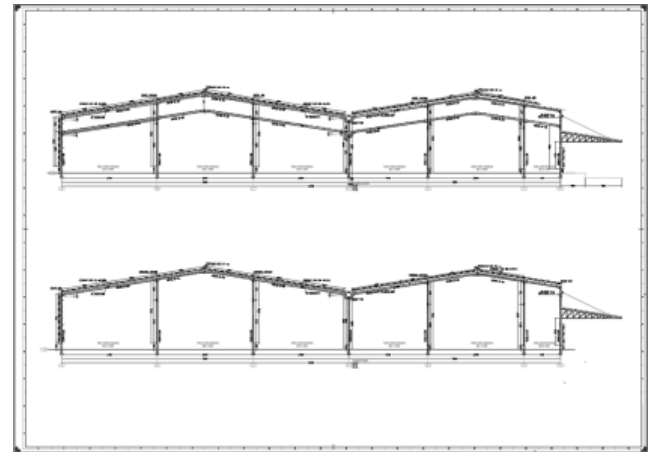
Pada pembuatan output drawing dari tekla structure ada 3 yang akan digunakan setelah melakukan permodelan 3d tekla structure, yang biasanya dibuat untuk pengajuan shopdrawing dan melakukan fabrikasi baja dimana pekerjaan fabrikasi yang membutuhkan akurasi yang tinggi seperti jarak titik baut, jarak potong baja, diameter lubang baut dan jarak aksesoris yang ada pada item tersebut.

A. Single Part Drawing

Single part drawing digunakan untuk melakukan detail pada bagian pat- part yang di ingin kan biasanya pada bagian kecil dengan posisi tidak terlihat atau yang rumit dan pada single part drawing memberikan ifnormasi terkait mark, grade, Panjang, lebar dan berat pada part tersebut, dapat dilihat contoh gambar 11.



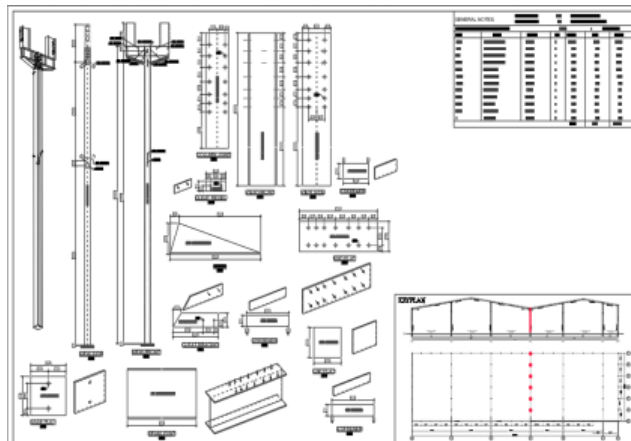
Gambar 11. Single Part Drawing



Gambar 13. GA Drawing

B. Assembly Drawing

Assembly drawing adalah gambar teknik yang menunjukkan cara berbagai komponen atau bagian individu dirakit menjadi suatu produk atau sistem yang lengkap. Gambar ini memberikan detail tentang hubungan antar komponen, cara pemasangan, serta urutan atau langkah – langkah yang harus diikuti untuk merakit pada bagian – bagian tersebut. Assembly drawing biasanya mencakup komponen utama, nomor referensi dan dimensi beserta tabel yang menunjukkan informasi berat pada bagian – bagian tersebut. Dapat dilihat contoh gambar 12



Gambar 12. Assembly Drawing

C. General Arrangement Drawing

General arrangement drawing (GAD) adalah sebuah gambar Teknik yang menunjukkan tata letak umum atau pengaturan keseluruhan dari sebuah struktur bangunan dan instalasi. General arrangement drawing digunakan dalam berbagai bidang seperti Teknik sipil dan lainnya. Dalam gambar ini, biasanya ditampilkan dimensi bangunan utama, penempatan komponen atau bagian penting, serta hubungan antar komponen dalam struktur, general arrangement sering digunakan sebagai panduan untuk instalasi atau erection pada konstruksi, dan biasanya menjadi referensi utama dalam pengembangan proyek lebih lanjut, dapat dilihat pada contoh gambar 13.

Perbedaan waktu pemodelan 3D Autocad dan BIM

Dalam proyek warehouse finish good, penggunaan autocad dan tekla structure untuk pemodelan 3d dapat menghasilkan waktu yang berbeda, Autocad memerlukan lebih banyak waktu untuk pemodelan 3d, dan Tekla structure sangat sedikit memerlukan waktu untuk pemodelan dimana tekla structure mempunyai komponen yang lengkap dan fitur – fitur yang mendukung untuk pemodelan 3d pada struktur baja, berikut perbandingan dalam pemodelan 3d warehouse finish good dengan menggunakan timer stopwatch. Berikut perbandingan waktu dalam pemodelan 3D, pada table 2.

Tabel 2. Perbandingan waktu pemodelan 3D

No	Deskripsi	Autocad	Tekla Structure	Selisih Waktu (Menit)
		Waktu (Menit)	Waktu (Menit)	
1	Kolom As A & Aksesoris	14.08	2.12	11.56
2	Kolom AS B,C,E,F & Aksesoris	14.10	2.13	11.57
3	Kolom As D & Aksesoris	17.02	3.10	13.52
4	Kolom As F1 & Aksesoris	14.05	3.05	11.00
5	Rafter As (A-D) & Aksesoris	27.15	5.15	22.00
6	Rafter As (D-F1) & Aksesoris	25.23	5.30	19.53
7	Regel Cremona	8.15	1.20	6.55
8	Bracing Siku As A,D,F1 (Typical)	10.10	2.35	7.35
9	Bracing Siku As B,C,E (Typical)	10.23	2.35	7.48
10	Clading CNP	3.20	1.19	2.01
11	Gording Atap	3.28	1.20	2.08

Dari tahapan proses permodelan 3d pada setiap bagian, untuk permodelan seluruh bagian terpasang terhadap project warehouse finish good sampai selesai, dengan perbandingan menggunakan konvensional atau autocad membutuhkan waktu 2jam 27 menit 39 detik, dan jika menggunakan tekla structure membutuhkan waktu 30 menit 34 detik, maka selisih dalam proses permodelan 3d warehouse finish good menggunakan konvensional atau autocad dan tekla structure memiliki selisih waktu yang cukup jauh yaitu 1 jam 57 menit 5 detik.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian pada studi kasus proyek warehouse finish good penulis dapat menyampaikan antara lain :

- Pada pekerjaan konstruksi baja tekla structure mempermudah dalam pemodelan, detail pekerjaan dan memberikan quantity take out.
- Pada proses pemodelan tekla structure lebih cepat dan akurat dibandingkan dengan pemodelan konvensional.
- Penggunaan 2 *software* dalam penelitian ini digunakan dengan masing-masing mempunyai keunggulan yang sangat bermanfaat sekali untuk dapat meringankan atau membantu dalam proses pemodelan 3D dengan teknologi *Building Information Modeling (BIM)* sebagai sarana visualisasi informasi,

DAFTAR PUSTAKA

- Atmajayani, R. D. (2018). Implementasi Penggunaan Aplikasi AutoCAD dalam Meningkatkan Kompetensi Dasar Menggambar teknik bagi Masyarakat. *Briliant: Jurnal Riset Dan Konseptual*, 3(2), 184. <https://doi.org/10.28926/briliant.va3i2.17>
- Avendaño, J. I., Damomingo, A., & Zlatanova, S. (2023). Building Information Modeling in Steel Building Projects Following BIM-DFE Methodology: A Case Study. *Buildings*, 13(9). <https://doi.org/10.3390/buildings13092137>
- Banu, B. T., Handono, D., & Pandaleke, R. (2017). Perilaku Sambungan Baut Flush End-Plate Balok Kolom Baja Pada Kondisi Batas. *Jurnal Sipil Statik*, 5(5), 237–247.
- Irawan, H., & Waty, M. (2022). Analisis Sisa Material Pada Proyek Pembangunan Pabrik. *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 5(1), 87–98. <https://doi.org/10.24912/jmts.v5i1.16573>
- Jatmiko, A. T., Soejanto, I., & Berlianty, I. (2019). Analisis Investasi Pembangunan Gudang Pada Industri Pengecoran Logam. *Opsi*, 12(1), 20. <https://doi.org/10.31315/opsi.v12i1.2829>
- Kambu, F. S., Tjakra, J., & Walangtian, D. R. O. (2020). Metode Pelaksanaan Konstruksi Baja Proyek Pembangunan Kantor Distribusi Office Center Airmadidi Minahasa Utara. *Jurnal Sipil Statik*, 8(5), 3–6.
- Kurniawan, K., Sungkono, D., & Sukwadi, R. (2021). *International Journal of Sustainable Building, Infrastructure, and Environment Implementation of Building Information Modelling (BIM 3D) on the Steel Building project: Case study of the 3-storey building GKK MARGOYUDAN*.
- Laksana, E. D., Gardjito, E., Suwarno, S., Azhari, F. M., & Mustofa, I. (2021). Meningkatkan Daya Dukung Tiang Pondasi Minipile Persegi Pada Gedung Kantor Ngasem Kabupaten Kediri Menggunakan Metode Mayerhoff. *Jurnal Manajemen Teknologi & Teknik Sipil*, 4(2), 41. <https://doi.org/10.30737/jurmateks.v4i2.1999>
- Noviani, S. A., Amin, M., & Hardjomuljadi, S. (2021). Metode Building Information Modeling 5d Untuk Meminimalkan Klaim Konstruksi Yang Ditimbulkan Oleh Penyedia Jasa. *Jurnal Konstruksia*, 13, 29–42. <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/konstruksia/article/view/9289>
- Pantiga, J., & Soekiman, A. (2021). Kajian Implementasi Building Information Modeling (BIM) di Dunia Konstruksi Indonesia. *Rekayasa Sipil*, 15(2), 104–110. <https://doi.org/10.21776/ub.rekayasasipil.2021.015.02.4>
- Rahmat, M. R. (2015). Perancangan Cold Storage Untuk Produk Reagen. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Unisma "45" Bekasi*, 3(1), 16–30. <http://jurnal.unismabekasi.ac.id/index.php/jitm/article/download/343/257>
- Rizqi Fitriansyah, E., & Putri Elza, S. (2023). Kajian Shear Lag Pada Sambungan Tarik Baja Profil WF Dengan Metode Elemen Hingga. *Jurnal Teknik Sipil*, 12(1), 1–8. <https://jurnal.usk.ac.id/JTS/index>
- Saputro, S., Yanuar, A., & Imanuddin, M. (2015). Usulan Layout Dan Racking System Di Gudang Finished. *Jurnal Logistik Bisnis*, 5(1), 8–15. <https://ejurnal.poltekpos.ac.id/index.php/logistik/article/view/72>
- Soebandono, B., Hergantoro, G. S., & Priyo, M. (2022). Implementasi Building Information Modelling (BIM) Menggunakan Tekla Structures Pada Konstruksi Gedung. *Bulletin of Civil Engineering*, 2(1), 1–6. <https://doi.org/10.18196/bce.v2i1.12492>
- Sulandari, N., Pranata, Y. A., & Kristianto, A. (2023). Studi Analitis dan Eksperimental Mekanisme Slip-Kritis Sambungan Struktural Baut Baja. *Jurnal Teknik Sipil*, 19(1), 158–173. <https://doi.org/10.28932/jts.v19i1.5755>
- Sutanto, K. R., Nugraha, P., & Andi, A. (2018). Studi Kasus Waste Material Proses Fabrikasi Struktur Baja di Perusahaan EPC (Engineering, Procurement, Construction). *Jurnal Teknik Sipil*, 25(1), 33. <https://doi.org/10.5614/jts.2018.25.1.5>
- Wijaya, A., Alami, F., & Widyawati, R. (2022). Analisis kelayakan struktur baja bangunan pabrik terhadap getaran mesin. *REKAYASA: Jurnal Ilmiah Fakultas Teknik Universitas Lampung*, 26(1), 9–13. <https://doi.org/10.23960/rekrjts.v26i1.55>
- Zachari, M. Y., & Turuallo, G. (2020). Analisis Struktur Baja Tahan Gempa dengan Sistem SRPMK (Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus) Berdasarkan SNI 1729:2015 dan SNI 1726:2012. *REKONSTRUKSI TADULAKO: Civil Engineering Journal on Research and Development*, September, 9–16. <https://doi.org/10.22487/renstra.v1i2.24>
- Zulkifli, R., Sitompul, I. R., & Kurniawandy, A. (2022). Perancangan Struktur Gedung Rangka Baja Tahan Gempa yang Terintegrasi dengan BIM (Building Information Modeling). *Jurnal Teknik Sipil ITP*, 9(1), 3. <https://doi.org/10.21063/jts.2022.v901.03>