

PERHTUNGAN TULANGAN DAN WASTE DENGAN METODE BIM PADA PROYEK *JETTY CONSTRUCTION OF PT. MOS*

Farid Akmal Hadi¹, Fadilla Syahfitri², Samiran³

Teknik Sipil^{1,2,3}, Teknik Sipil, Politeknik Negeri Medan

faridakmalhadi@students.polmed.ac.id¹, fadillasyahfitri@students.polmed.ac.id²,

samiran@polmed.ac.id³

ABSTRAK

Jetty merupakan salah satu jenis dermaga yang digunakan sebagai tempat kapal bersandar. Dengan besarnya gaya yang diterima, selain akibat benturan dengan kapal, *jetty* juga dirancang untuk menahan gelombang sehingga dalam perencanaan strukturnya menggunakan tulangan dengan diameter yang besar dan jumlah yang banyak. Penelitian akan dilaksanakan dengan metode *Building Information Modeling* (BIM) yang akan dibantu dengan beberapa *software* tambahan yaitu *Autodesk Revit 2025*, *Microsoft Excel* dan *Cut Optimization Pro 5*. Pelaksanaan penelitian dilakukan dengan *3D Modeling* dari *Detail Engineering Design* (DED) yang kemudian akan menghasilkan *output* berupa volume tulangan. Hasil dari *modeling* kemudian akan dikelompokkan yang selanjutnya dilakukan proses perhitungan sisa tulangan. Tulangan merupakan material yang paling mahal dari segi biaya sehingga diperlukan perhitungan yang proporsional untuk meminimalisir kerugian akibat *waste* tulangan yang berlebih. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan volume tulangan yang diperlukan dan mengurangi sisa yang tidak terpakai. Dari hasil analisa pada keseluruhan bagian struktur atas *Jetty* dan *Trestle* didapatkan hasil tulangan sebesar 842810,7137 kg dan berat total *waste* tulangan sebesar 5384,424332 kg dengan presentase *waste* yang dihasilkan adalah sebesar 0,64%.

Kata Kunci : *Jetty*, *Autodesk Revit*, *Cutting Optimization Pro (COP)*, *Waste*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Pembangunan *jetty* tambahan di Tanjung Balai Karimun dirancang untuk meningkatkan kapasitas dan efisiensi operasional di PT. *Multi Ocean Shipyard*. Dengan memperluas infrastruktur *jetty*, PT. *Multi Ocean Shipyard* akan dapat menangani lebih banyak kapal secara bersamaan dan meningkatkan kapasitas produksi serta layanan pelanggan. Pembangunan tambahan *jetty* ini adalah langkah strategis dalam mendukung visi PT. *Multi Ocean Shipyard* menjadi perusahaan galangan kapal terkemuka yang memberi manfaat bagi industri maritim Indonesia.

Jetty adalah dermaga yang dibangun menjorok cukup jauh ke arah laut, sehingga ujung dermaga berada pada kedalaman yang cukup untuk tempat bersandarnya kapal. Pada umumnya *jetty* digunakan untuk tempat bersandarnya kapal – kapal yang mempunyai ukuran sangat besar. Sisi muka *jetty* ini biasanya sejajar dengan pantai dan dihubungkan dengan daratan oleh jembatan atau *trestle* yang dibangun tegak lurus terhadap *jetty* (Triatmodjo, 2009).

Konstruksi dermaga jenis *jetty* memiliki tingkat resiko lebih tinggi terhadap beban lateral yang disebabkan oleh gelombang, arus, angin, gempa bumi, dan beban yang diberikan oleh kapal. Struktur dermaga harus kokoh dan stabil ketika menahan beban-beban yang bekerja, hal ini menyebabkan kebutuhan material dan bahan untuk pembangunan *jetty* pasti akan berbeda dengan konstruksi lainnya, termasuk dalam material besi (*reinforcement bar*).

Pengelolaan material besi tulangan sangat penting karena berkaitan dengan pengendalian biaya dan sumber daya proyek konstruksi. Jika terdapat kesalahan dalam perhitungan volume material maka akan menyebabkan kerugian yang besar terhadap perusahaan konstruksi. Perhitungan volume biasanya dilakukan dengan dua cara yaitu menggunakan metode konvensional dan BIM (*Building Information Modeling*). Di Indonesia sendiri perhitungan volume dengan menggunakan metode konvensional masih diterapkan. Namun, seiring dengan perkembangan teknologi saat ini muncul BIM yang bisa menjadi *software* maupun alat bantu untuk memudahkan proses konstruksi itu sendiri.

BIM (*Building Information Modeling*) merupakan proses pembuatan data secara digital yang dimodelkan dalam 3D dengan memuat informasi yang dikelola dengan *Common Data Environment* (CDE). Pembuatan *quantity take-off* dengan bantuan BIM 5D membawa banyak dampak positif terutama dalam meningkatkan efisiensi waktu karena volume material dapat langsung dikeluarkan dari model. BIM 5D mengintegrasikan BIM 3D dengan data biaya sehingga mempermudah pemangku kepentingan dalam mengawasi perubahan desain dan perencanaan. Penggunaan BIM memungkinkan pemilik proyek, kontraktor, dan arsitek dapat bekerjasama dalam mengelola proyek, karena dengan BIM dapat dilakukan koordinasi *Mechanical, Electrical, dan Plumbing* (MEP) antara kontraktor, perencana, dan arsitek (Minawati, 2017).

Pengendalian *waste* material dapat dilakukan menggunakan *software* atau aplikasi yang dapat menganalisis, mensimulasi dan pabrikasi digital sehingga memudahkan pekerja konstruksi untuk dapat memahami dalam proses pengelolaannya. Salah satunya adalah penggunaan aplikasi BIM (*Building Information Modeling*). Metode yang digunakan untuk mengurangi *waste* material dapat dilakukan melalui program pemodelan 3D BIM dimana setiap *member* atau bagian elemen struktur terdata secara detail, sehingga dapat diketahui estimasi volume total material khususnya pada material baja tulangan. Penelitian dilakukan dengan menghitung volume material menggunakan perangkat lunak *Autodesk Revit*, kemudian didapatkan pola pemotongan yang optimum menggunakan perangkat lunak *Cutting Optimization Pro*, dan dihitung volume *waste* material menggunakan perangkat lunak *Microsoft Excel*.

Rumusan Masalah

1. Berapa jumlah tulangan yang diperlukan pada pekerjaan pembesian struktur atas proyek *Jetty Construction of PT. MOS*?
2. Berapa jumlah *waste* tulangan yang dihasilkan pada pekerjaan pembesian struktur atas proyek *Jetty Construction of PT. MOS*?
3. Berapa persentase *waste* yang dihasilkan pada pekerjaan pembesian struktur atas proyek *Jetty Construction of PT. MOS*?

Tujuan Penelitian

1. Untuk menghitung besar *waste* tulangan struktur atas pada proyek *Jetty Construction Of PT.MOS*, dengan menggunakan program *Cutting Optimization Pro* (COP).
2. Untuk menghitung kebutuhan volume besi yang digunakan pada pekerjaan struktur atas proyek *Jetty Construction of PT. MOS Tanjung Balai Karimun* menggunakan program *Autodesk Revit*.

TINJAUAN PUSTAKA

Building Information Modeling (BIM)

Building information Modelling adalah penggambaran digital yang merepresentasikan aspek fisik dan fungsional dari sebuah bangunan, yang berisi berbagai informasi tentang elemen-elemen bangunan. Informasi tersebut digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan sepanjang umur bangunan, mulai dari tahap konseptual hingga tahap demolisi.

Autodesk Revit

Autodesk Revit adalah *software* desain multidisiplin yang terintegrasi dengan BIM yang memungkinkan tim *Architecture, Engineering, and Construction* (AEC) untuk memodelkan desain, struktur, dan sistem ke dalam bentuk 3D dengan akurasi yang tepat. Selain itu, *Revit* juga memfasilitasi manajemen proyek dengan menyediakan fitur revisi instan terhadap rencana, elevasi, serta penjadwalan suatu proyek. *Revit* juga mampu menggabungkan tim proyek multidisiplin untuk meningkatkan efisiensi dan kolaborasi baik di kantor maupun di lapangan proyek.

Cutting Optimization Pro

Optimal Programs SRL membuat suatu *software* yang memudahkan *engineer* dalam membuat pola pemotongan besi tulangan yaitu *Software Cutting Optimization Pro*. *Cutting Optimization Pro* adalah *software* yang digunakan *drafter* untuk mendapatkan tata letak pemotongan yang optimal baik untuk potongan satu dimensi (1D) ataupun dua dimensi (2D). Perangkat lunak ini juga memungkinkan *drafter* untuk menghitung pemotongan produk secara kompleks, seperti meja, meja

tulis, lemari, loker, rak buku dan lain sebagainya. *Cutting Optimization Pro* dapat digunakan untuk memotong lembaran persegi panjang yang terbuat dari kaca, kayu, logam, plastik, atau bahan lain yang digunakan dan dibutuhkan oleh industri. *Software* ini juga dapat digunakan untuk potongan linier seperti batang baja tulangan, pipa, tabung, batang baja, profil logam, tabung, papan kayu, dan bahan lainnya (Optimal Programs SRL, 2024).

Bar Bending Schedule

Bar Bending Schedule (BBS) adalah suatu metode yang memuat daftar pola – pola pemotongan besi tulangan dan juga memuat data diameter, bentuk, panjang dan jumlah tulangan. *Bar Bending Schedule* (BBS) berbentuk tabel-tabel yang memuat informasi detail tulangan. Untuk membuat *Bar Bending Schedule* (BBS) diperlukan data – data gambar teknis dari pihak konsultan mengenai jumlah dan ukuran besi tulangan yang digunakan. Dalam pelaksanaan konstruksi, pekerjaan harus dilaksanakan sesuai dengan perencanaan dan ketentuan – ketentuan yang sudah ditetapkan. Pada pekerjaan pembesian/penulangan harus memperhatikan spesifikasi tulangan yang akan digunakan sesuai dengan gambar kerja. Untuk memudahkan pekerjaan pembesian/penulangan, terlebih dahulu dihitung kebutuhan tulangan, bentuk tulangan, lokasi penyambungan, dan sisa tulangan yang dihasilkan.

Baja Tulangan

Baja tulangan beton adalah baja karbon atau baja paduan yang berbentuk batang berpenampang bundar dengan permukaan polos atau sirip/ulir dan digunakan untuk penulangan beton pada proyek konstruksi. Baja ini diproduksi dari bahan baku billet dengan cara canai panas (hot rolling) (SNI 2052:2017). Baja tulangan merupakan material yang sangat penting dalam pekerjaan beton bertulang. Hal ini dikarenakan baja tulangan merupakan material inti yang berperan sebagai kekuatan penahan gaya tarik dalam pekerjaan beton bertulang.

Beton

Beton adalah campuran antara semen *portland* atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar, dan air dengan atau tanpa bahan tambahan membentuk massa padat.

Dermaga

Dermaga adalah suatu bangunan pelabuhan yang digunakan untuk merapat dan menambatkan kapal yang melakukan bongkar muat barang dan menaik – turunkan penumpang. Bentuk dan dimensi dermaga tergantung pada jenis dan ukuran kapal yang bertambat pada dermaga tersebut. Dermaga harus direncanakan sedemikian rupa sehingga kapal dapat merapat dan bertambat serta melakukan kegiatan di pelabuhan dengan aman, cepat dan lancar (Triatmodjo, 2009). Dermaga dapat dibedakan menjadi tiga tipe yaitu *wharf*, *pier* dan *jetty*. Struktur *wharf* dan *pier* bisa berupa struktur tertutup atau terbuka, sementara *jetty* pada umumnya berupa struktur terbuka.

Jetty

Jetty adalah dermaga yang dibangun menjorok cukup jauh ke arah laut, yang berfungsi sebagai tempat bersandarnya kapal. Pada umumnya *jetty* digunakan untuk tempat bersandarnya kapal – kapal yang mempunyai ukuran sangat besar. Tipe struktur *jetty* yang digunakan biasanya struktur beton bertulang untuk struktur atas sedangkan struktur bawah menggunakan tiang pancang baja (*steel pipe pile*) atau *spun pile*. Sisi muka *jetty* biasanya sejajar dengan pantai dan dihubungkan dengan daratan oleh jembatan atau *trestle* yang dibangun tegak lurus terhadap *jetty*.

Trestle

Trestle adalah bagian dari konstruksi *jetty* yang merupakan salah satu fasilitas pelabuhan berbentuk jembatan penghubung antara daratan dengan kepala *jetty* ataupun dermaga. *Trestle* berfungsi sebagai jalan/akses dari daratan menuju *jetty* atau sebaliknya. Metode pekerjaan *trestle* hampir sama dengan *jetty* hanya berbeda pada dimensi strukturnya. *Finishing* dari *trestle* ini biasanya menggunakan aspal. Struktur bawah yang digunakan biasanya tiang pancang beton (*Concrete Sheet Pile*), sedangkan untuk struktur atas menggunakan beton bertulang kombinasi *precast* dan *cast in situ*.

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Lokasi Penelitian berada di Proyek Jetty Construction of PT.MOS, PT. *Multi Ocean Shipyard* Jalan Raya Sei Desa Pangke, Kec. Meral, Kab Tanjung Balai Karimun, Kepulauan Riau.



Gambar 1 Lokasi Penelitian

Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data adalah suatu cara atau teknik untuk mengumpulkan data-data berupa informasi, statistik, gambar ataupun grafik yang berkaitan dengan penelitian untuk mempermudah mendapatkan hasil atau nilai dari penelitian tersebut. Dalam penyusunan Laporan Akhir ini metode pengumpulan data yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Metode literatur

Studi literatur merupakan data sekunder yang dilakukan oleh penulis yaitu pengolahan data yang diawali dengan melakukan kajian terhadap literatur yang dapat mendukung pendekatan analisis. Sumber kajian berupa buku referensi, jurnal ilmiah yang dipublikasikan pada internet, laporan penelitian yang dipublikasikan pada internet dan referensi pada *website* yang diakses melalui internet.

2. Data yang dikumpulkan dari proyek

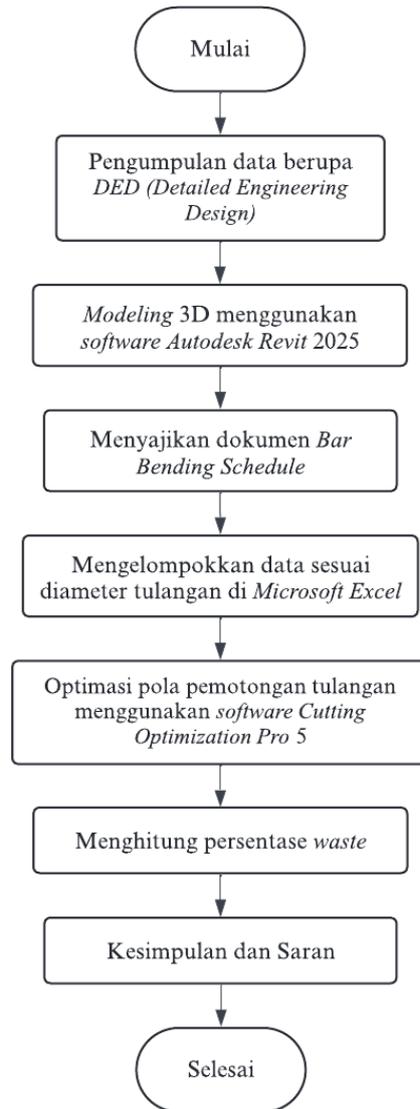
Data yang diperoleh dari proyek berupa data umum proyek dan DED (*Detailed Engineering Design*). Data-data tersebut merupakan data yang dikumpulkan oleh penulis dari pihak Proyek Pembangunan *Jetty Construction of PT. MOS*.

Metode Pengolahan Data

Dalam penyusunan Laporan Akhir ini metode pengolahan data yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- 1) Mengumpulkan data dari pihak Proyek Pembangunan *Jetty Construction of PT. MOS*;
- 2) Mengolah data menggunakan *software Autodesk Revit 2025, Cutting Optimization Pro 5* dan *Microsoft Excel*;
- 3) Menarik kesimpulan.

Diagram Alir



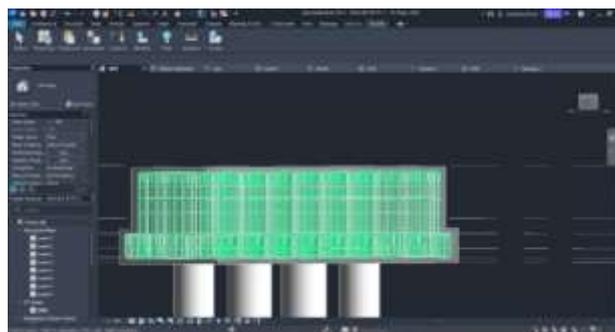
Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Pemodelan Struktur

Pemodelan menggunakan *Autodesk Revit* berfungsi sebagai bahan acuan dari sistem *Revit* itu sendiri dalam mengeluarkan hasil *report volume* setiap item pekerjaan.



Gambar 3. Hasil Pemodelan Struktur

Tahap berikutnya ialah menghitung persen sisa di aplikasi *Microsoft Excel* dengan menggunakan data hasil yang telah diolah pada aplikasi *Cutting Optimization Pro*, data yang digunakan ialah hasil dari jumlah sisa yang terdapat pada gudang. Data tersebut dimasukkan dalam *Microsoft Excel* lalu diberikan keterangan berupa diameter, *quantity* serta panjang sisa yang diperoleh dari data yang ditampilkan. Dari data tersebut dicari berat total kebutuhan (kg) dan total *waste* (kg).

Tabel 1. Kebutuhan Tulangan

Total Kebutuhan					
Panjang (mm)	Quantity	Diameter (mm)	Panjang Total (m)	Berat Besi (kg/m)	Berat Total (kg)
12000	4006	16	48072	1.57824	75869.15328
12000	14665	25	175980	3.853125	678072.9375
12000	7108	13	85296	1.041885	88868.62296
				Total	842810.7137

Tabel 2. Waste Tulangan

Total Waste					
Panjang (mm)	Quantity	Diameter (mm)	Panjang Total (m)	Berat Besi (kg/m)	Berat Total (kg)
105	345	16	36.225	1.57824	57.171744
25	14	16	0.35	1.57824	0.552384
164	7	16	1.148	1.57824	1.81181952
120	8	16	0.96	1.57824	1.5151104
14	248	16	3.472	1.57824	5.47964928
56	9	16	0.504	1.57824	0.79543296
82	18	16	1.476	1.57824	2.32948224
2	998	16	1.996	1.57824	3.15016704
4	1297	16	5.188	1.57824	8.18790912
6	8	16	0.048	1.57824	0.07575552
8	18	16	0.144	1.57824	0.22726656
1	15	16	0.015	1.57824	0.0236736
32	260	16	8.32	1.57824	13.1309568
20	8	16	0.16	1.57824	0.2525184
51	52	16	2.652	1.57824	4.18549248
9	21	16	0.189	1.57824	0.29828736
5	666	16	3.33	1.57824	5.2555392
7	8	16	0.056	1.57824	0.08838144
84	1	16	0.084	1.57824	0.13257216
566	1	16	0.566	1.57824	0.89328384
602	1	16	0.602	1.57824	0.95010048
760	1	16	0.76	1.57824	1.1994624
568	1	16	0.568	1.57824	0.89644032
740	1	16	0.74	1.57824	1.1678976
125	252	25	31.5	3.853125	121.3734375
300	330	25	99	3.853125	381.459375
624	284	25	177.216	3.853125	682.8354
800	255	25	204	3.853125	786.0375
21	560	25	11.76	3.853125	45.31275
110	225	25	24.75	3.853125	95.36484375
112	75	25	8.4	3.853125	32.36625
60	40	25	2.4	3.853125	9.2475
87	420	25	36.54	3.853125	140.7931875
84	24	25	2.016	3.853125	7.7679
109	150	25	16.35	3.853125	62.99859375
1	20	25	0.02	3.853125	0.0770625
50	24	25	1.2	3.853125	4.62375
82	20	25	1.64	3.853125	6.319125
45	20	25	0.9	3.853125	3.4678125
120	20	25	2.4	3.853125	9.2475
127	10	25	1.27	3.853125	4.89346875
133	5	25	0.665	3.853125	2.562328125
58	100	25	5.8	3.853125	22.348125
154	178	25	27.412	3.853125	105.6218625
13	74	25	0.962	3.853125	3.70670625
139	48	25	6.672	3.853125	25.70805
30	80	25	2.4	3.853125	9.2475

Panjang (mm)	Quantity	Diameter (mm)	Total Waste		
			Panjang Total (m)	Berat Besi (kg/m)	Berat Total (kg)
73	439	25	32.047	3.853125	123.4810969
13	360	25	4.68	3.853125	18.032625
2	520	25	1.04	3.853125	4.00725
547	102	25	55.794	3.853125	214.9812563
169	422	25	71.318	3.853125	274.7971688
381	343	25	130.683	3.853125	503.5379344
160	24	25	3.84	3.853125	14.796
5	180	25	0.9	3.853125	3.4678125
93	20	25	1.86	3.853125	7.1668125
13	10	25	0.13	3.853125	0.50090625
15	289	25	4.335	3.853125	16.70329688
8	115	25	0.92	3.853125	3.544875
18	200	25	3.6	3.853125	13.87125
12	20	25	0.24	3.853125	0.92475
7	93	25	0.651	3.853125	2.508384375
424	394	25	167.056	3.853125	643.68765
233	34	25	7.922	3.853125	30.52445625
4	71	25	0.284	3.853125	1.0942875
60	403	25	24.18	3.853125	93.1685625
5	82	25	0.41	3.853125	1.57978125
15	120	25	1.8	3.853125	6.935625
24	64	25	1.536	3.853125	5.9184
43	30	25	1.29	3.853125	4.97053125
5	586	25	2.93	3.853125	11.28965625
27	100	25	2.7	3.853125	10.4034375
73	39	25	2.847	3.853125	10.96984688
22	288	25	6.336	3.853125	24.4134
26	99	25	2.574	3.853125	9.91794375
5	28	25	0.14	3.853125	0.5394375
5	122	25	0.61	3.853125	2.35040625
15	512	25	7.68	3.853125	29.592
42	9	25	0.378	3.853125	1.45648125
2	467	25	0.934	3.853125	3.59881875
9	13	25	0.117	3.853125	0.450815625
11	122	25	1.342	3.853125	5.17089375
6	10	25	0.06	3.853125	0.2311875
27	60	25	1.62	3.853125	6.2420625
18	76	25	1.368	3.853125	5.271075
12	215	25	2.58	3.853125	9.9410625
397	30	25	11.91	3.853125	45.89071875
62	84	25	5.208	3.853125	20.067075
332	10	25	3.32	3.853125	12.792375
335	137	25	45.895	3.853125	176.8391719
38	10	25	0.38	3.853125	1.4641875
82	10	25	0.82	3.853125	3.1595625
63	361	25	22.743	3.853125	87.63162188
59	30	25	1.77	3.853125	6.82003125
12	161	25	1.932	3.853125	7.4442375
43	59	25	2.537	3.853125	9.775378125
58	251	25	14.558	3.853125	56.09379375
2	24	25	0.048	3.853125	0.18495
4	130	25	0.52	3.853125	2.003625
18	10	25	0.18	3.853125	0.6935625
17	779	25	13.243	3.853125	51.02693438
24	10	25	0.24	3.853125	0.92475
10	23	25	0.23	3.853125	0.88621875
25	75	25	1.875	3.853125	7.224609375
16	50	25	0.8	3.853125	3.0825
5	175	25	0.875	3.853125	3.371484375
9	103	25	0.927	3.853125	3.571846875
21	38	25	0.798	3.853125	3.07479375
15	86	25	1.29	3.853125	4.97053125
31	89	25	2.759	3.853125	10.63077188
360	1	25	0.36	3.853125	1.387125
16	2	25	0.032	3.853125	0.1233
41	1	25	0.041	3.853125	0.157978125
399	1	25	0.399	3.853125	1.537396875

Panjang (mm)	Quantity	Diameter (mm)	Total Waste		
			Panjang Total (m)	Berat Besi (kg/m)	Berat Total (kg)
548	1	25	0.548	3.853125	2.1115125
718	1	25	0.718	3.853125	2.76654375
1000	1	25	1	3.853125	3.853125
90	1	25	0.09	3.853125	0.34678125
1462	1	25	1.462	3.853125	5.63326875
441	1	25	0.441	3.853125	1.699228125
230	1	25	0.23	3.853125	0.88621875
104	1	25	0.104	3.853125	0.400725
692	1	25	0.692	3.853125	2.6663625
68	1	25	0.068	3.853125	0.2620125
195	1	25	0.195	3.853125	0.751359375
313	1	25	0.313	3.853125	1.206028125
654	1	25	0.654	3.853125	2.51994375
1128	1	25	1.128	3.853125	4.346325
4400	1	25	4.4	3.853125	16.95375
1	17	13	0.017	1.041885	0.017712045
1	312	13	0.312	1.041885	0.32506812
1	8	13	0.008	1.041885	0.00833508
38	22	13	0.836	1.041885	0.87101586
39	18	13	0.702	1.041885	0.73140327
1	45	13	0.045	1.041885	0.046884825
1	459	13	0.459	1.041885	0.478225215
1	15	13	0.015	1.041885	0.015628275
2	5	13	0.01	1.041885	0.01041885
1	38	13	0.038	1.041885	0.03959163
1	7	13	0.007	1.041885	0.007293195
1	11	13	0.011	1.041885	0.011460735
1	7	13	0.007	1.041885	0.007293195
1	159	13	0.159	1.041885	0.165659715
1	77	13	0.077	1.041885	0.080225145
1	77	13	0.077	1.041885	0.080225145
1	23	13	0.023	1.041885	0.023963355
2	17	13	0.034	1.041885	0.03542409
1	8	13	0.008	1.041885	0.00833508
201	8	13	1.608	1.041885	1.67535108
300	12	13	3.6	1.041885	3.750786
117	1	13	0.117	1.041885	0.121900545
21	1	13	0.021	1.041885	0.021879585
14	1	13	0.014	1.041885	0.01458639
125	1	13	0.125	1.041885	0.130235625
23	1	13	0.023	1.041885	0.023963355
102	1	13	0.102	1.041885	0.10627227
82	1	13	0.082	1.041885	0.08543457
179	1	13	0.179	1.041885	0.186497415
550	1	13	0.55	1.041885	0.57303675
100	1	13	0.1	1.041885	0.1041885
190	1	13	0.19	1.041885	0.19795815
9640	1	13	9.64	1.041885	10.0437714
				Total	5384.424332

Dari tabel 1 diperoleh berat total kebutuhan tulangan sebesar 842810,7137 kg, dan dari tabel 2 diperoleh berat total *waste* tulangan sebesar 5384,424332 kg. Maka persentase *waste* tulangan dari pekerjaan struktur atas adalah:

$$Waste = \frac{Total\ Waste\ (kg)}{Total\ Kebutuhan\ (kg)} \times 100\%$$

$$Waste = \frac{5384,424332}{842810,7137} \times 100\%$$

$$Waste = 0,64\%$$

Jadi, persentase *waste* tulangan dari pekerjaan struktur atas *jetty* dan *trestle* Proyek *Jetty Construction* of PT. MOS sebesar 0,64%.

Pembahasan

Jumlah Kebutuhan Tulangan Pada Pekerjaan Struktur Atas Jetty dan Trestle

Jumlah besi tulangan yang dibutuhkan untuk pekerjaan pembesian struktur atas Proyek *Jetty Construction of* PT. MOS yakni 7108 batang tulangan ulir diameter 13 dengan berat 88868,62296 kg, 4006 batang tulangan ulir diameter 16 dengan berat 75869,15328 kg, dan 14665 batang tulangan ulir diameter 25 dengan berat 678072,9375 kg. Jumlah tersebut ialah untuk seluruh kebutuhan pembesian struktur atas yang terdiri dari *pilecap, beam, slab*, fender, dan kastin pada area *jetty* dan *trestle* Proyek *Jetty Construction of* PT. MOS. *Software Autodesk Revit 2025* merupakan indikator keberhasilan dari proses implementasi konsep *Building Information Modeling* (BIM), karena *software Autodesk Revit 2025* mendukung serta dapat membantu proses analisa volume material pekerjaan struktural yang sesuai dengan spesifikasi teknis yang sudah dimasukkan pada proses pemodelan 3D dan dibantu dengan *software* pendukung yaitu *Microsoft Excel* guna penyusunan rekapitulasi estimasi total volume material pekerjaan struktural. Dengan menggunakan konsep ini maka dapat mempermudah pengelompokkan informasi yang dibutuhkan pada pekerjaan struktural, mengoptimalkan produktivitas sumber daya manusia dan ketepatan informasi yang didapatkan, efektif dan efisien dalam memanfaatkan material pada pekerjaan struktural serta meminimalisir *waste* yang dihasilkan.

Jumlah Persentase Waste yang Dihasilkan Pada Pekerjaan Struktur Atas Jetty dan Trestle

Persentase *waste* yang dihasilkan dari pekerjaan struktur atas *jetty* dan *trestle* ialah sebesar 0,64%. Persentase *waste* ini merupakan hasil perhitungan yang dilakukan antara berat total kebutuhan besi tulangan dengan berat *waste* yang dihasilkan dari penggunaan aplikasi *Cutting Optimization Pro* yang menggunakan rumus algoritma linier 1D sehingga memiliki tingkat keakuratan lebih tinggi dalam pencarian optimisasi jumlah batang dan *waste* yang terkecil. Dengan meminimalisir *waste* secara tidak langsung juga meningkatkan *value* dari pekerjaan dan efisiensi material yang digunakan.

SIMPULAN

Simpulan

Berdasarkan hasil analisis volume pekerjaan dan perhitungan *waste* pekerjaan struktur atas Proyek *Jetty Construction of* PT. MOS, maka dapat diambil kesimpulan; Jumlah besi tulangan yang dibutuhkan untuk pekerjaan pembesian struktur atas Proyek *Jetty Construction of* PT. MOS yakni 7108 batang tulangan ulir diameter 13 dengan berat 88868,62296 kg, 4006 batang tulangan ulir diameter 16 dengan berat 75869,15328 kg, dan 14665 batang tulangan ulir diameter 25 dengan berat 678072,9375 kg. Diperoleh berat total kebutuhan tulangan sebesar 842810,7137 kg dan berat total *waste* tulangan sebesar 5384,424332 kg. Persentase *waste* yang dihasilkan dari pekerjaan struktur atas *jetty* dan *trestle* ialah sebesar 0,64%.

Saran

Penggunaan *software Autodesk Revit* sangat disarankan karena dapat membantu proses perhitungan volume menjadi lebih cepat dan akurat, serta dapat mengurangi tingkat kesalahan pada saat perhitungan volume. Aplikasi *Cutting Optimization Pro* juga sangat disarankan penggunaannya karena dapat menghasilkan pola pemotongan tulangan dan data sisa tulangan yang telah digunakan sehingga dapat meminimalisir *waste* material.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada Politeknik Negeri Medan melalui Pusat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (P3M) yang telah mendanai penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Ardo Saputra, H. R. (2022). Penerapan Building Information Modeling (BIM) Pada Bangunan Gedung Menggunakan Software Autodesk Revit (Studi Kasus: Gedung 5 RSPTN Universitas Lampung). *JRSDD*.
- Bambang Triatmodjo. (2009). *Perencanaan Pelabuhan*. Yogyakarta: Beta Offset.
- BIM PUPR. (2018). *Panduan Adopsi BIM dalam Organisasi*. Jakarta Selatan: Pusat Litbang Kebijakan dan Penerapan Teknologi.
- Kania Zahrah, L. R. (2023). Implementasi BIM dalam Perhitungan Quantity Take-Off Pekerjaan Struktur dan Arsitektur Proyek RTCT Pertamina. *Jurnal Deformasi*.
- Muhamad Alimin, I. M. (2023). Penerapan Bulding Information Modelling (BIM) Autodesk Revit dalam Pembuatan Bar Bending Schedule (BBS) Pondasi Pile Cap Proyek Apartemen Jkt Living Star - Jakarta Timur. *Jurnal Riset Rumpun Ilmu Teknik (JURRITEK)*.
- Optimal Programs SRL. (2024). *Rectangular (2D) + Linear (1D) = Cutting Optimization Pro*. Retrieved from <https://www.optimalprograms.com/cutting-optimization/>.
- PUPR. (2018). *Prinsip Dasar Sistem Teknologi BIM dan Implementasinya*. Bandung: Pusat Pendidikan dan Pelatihan SDA dan Konstruksi.
- Rafif Ansori Atullah. (2023). Analisis Waste Material Tulangan Pelat Menggunakan Building Information Modeling (BIM) Pada Proyek Pembangunan Gedung Kantor Baru Pengadilan Agama Gedong Tataan. *Skripsi*.
- SNI 2052:2017. (2017). *Baja Tulangan Beton*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Syafiqah F. Korompot, J. T. (2024). Analisis Perbandingan Waste Pada Penulangan Balok dengan Menggunakan Metode Konvensional dan Software Cutting Optimization Pro. *TEKNO*.