

ANALISIS KEBUTUHAN DAN WASTE TULANGAN SECANT PILE UNDERPASS HM YAMIN MENGGUNAKAN METODE BAR BENDING SCHEDULE

M Hidayah Nur Dinata¹, Desy Armayanti², Ernie Shinta Y. Sitanggang³

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

m.hidayahnur@students.polmed.ac.id¹, desyarmayanti@students.polmed.ac.id²,

erniesitanggang@polmed.ac.id³

ABSTRAK

Perhitungan kebutuhan tulangan dan pengelolaan waste tulangan merupakan aspek penting dalam proyek konstruksi beton bertulang, termasuk pada pembangunan underpass. Penelitian ini menganalisis kebutuhan dan waste tulangan secant pile menggunakan metode Bar Bending Schedule (BBS) pada proyek pembangunan underpass HM Yamin. Dengan pendekatan kuantitatif deskriptif, data dikumpulkan melalui observasi lapangan, wawancara, dan dokumentasi proyek. Hasil menunjukkan kebutuhan tulangan 424.450,78 kg dengan waste 8,86% masih dalam batas efektif SNI-7394-2008-HSP-Beton (5%-20%). Faktor penyebab waste tulangan antara lain meliputi kompleksitas desain, dengan metode pemotongan dan pembengkokan serta penanganan material di lapangan. Penelitian ini memberikan rekomendasi untuk mengoptimalkan penggunaan BBS, peningkatan keterampilan pekerja, dan manajemen material yang lebih baik untuk meminimalkan waste pada proyek serupa yang berpotensi meningkatkan efisiensi dan mengurangi biaya konstruksi.

Kata Kunci : Bar Bending Schedule, Kebutuhan Tulangan, Waste Tulangan, Secant Pile, Underpass

PENDAHULUAN

Pertumbuhan Kota Medan dalam hal jumlah penduduk, aktivitas bisnis, dan mobilitas masyarakat mendorong kebutuhan akan infrastruktur yang memadai, termasuk solusi untuk mengatasi kemacetan lalu lintas. Sebagai respons, pemerintah Kota Medan merencanakan pembangunan underpass HM Yamin. Dalam proyek ini, perencanaan dan penggunaan efisien tulangan secant pile, sebagai metode konstruksi dinding penahan tanah, memerlukan perhitungan kebutuhan tulangan yang akurat untuk memastikan kekuatan dan keamanan struktur sekaligus meminimalkan waste yang dapat berdampak pada biaya proyek dan lingkungan.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kebutuhan besi tulangan secant pile pada proyek underpass HM Yamin, menentukan persentase waste tulangan yang dihasilkan dengan menggunakan metode Bar Bending Schedule (BBS), dan mengevaluasi kesesuaian waste tulangan dengan standar SNI-7394-2008-HSP-Beton. Metode BBS dipilih sebagai solusi potensial untuk optimasi penggunaan tulangan, memungkinkan perencanaan yang lebih akurat dan terkoordinasi sejak awal proyek.

Fokus penelitian dibatasi pada perhitungan kebutuhan dan optimasi waste tulangan secant pile menggunakan metode BBS, khusus untuk proyek pembangunan underpass HM Yamin. Dengan pendekatan ini, diharapkan dapat diperoleh pemahaman yang lebih baik tentang efisiensi penggunaan tulangan dalam proyek infrastruktur skala besar, yang pada gilirannya dapat berkontribusi pada praktik konstruksi yang lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan.

TINJAUAN PUSTAKA

Peneliti Terdahulu

Beberapa penelitian terdahulu telah mengkaji penggunaan metode Bar Bending Schedule (BBS) dalam pengelolaan tulangan pada proyek konstruksi yang menjadi acuan bagi penulis. Kristanto et al. (2015) menganalisis kebutuhan dan waste tulangan pada gedung bertingkat menggunakan BBS. Mulyati et al. (2016) menekankan pentingnya pengelolaan waste konstruksi, termasuk tulangan

untuk meminimalkan dampak lingkungan. Syahrizal dan Tamrin (2018) mengkaji faktor-faktor penyebab timbulnya waste tulangan pada proyek konstruksi gedung bertingkat.

Meskipun fokus penelitian-penelitian tersebut beragam, dari gedung bertingkat hingga konstruksi beton secara umum, semuanya menggunakan metode BBS sebagai alat untuk menghitung kebutuhan tulangan secara akurat, mengidentifikasi potensi waste, dan memberikan rekomendasi untuk meminimalkan waste tulangan. Penelitian ini berbeda dari yang sebelumnya karena berfokus spesifik pada tulangan secant pile dalam konteks infrastruktur bawah tanah, yaitu underpass

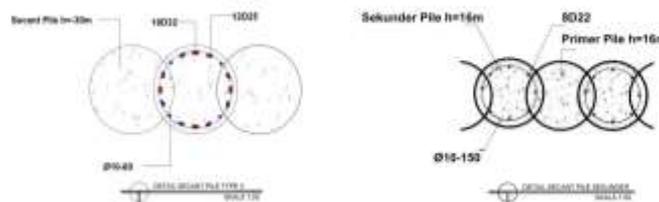
Landasan Teori Secant Pile



Gambar 1. Ilustrasi Secant Pile
Sumber: spargrp.com

Secant pile adalah metode konstruksi dinding penahan tanah yang menggunakan tiang-tiang beton bertulang yang saling tumpang tindih untuk membentuk dinding yang kuat dan kedap air. Metode ini melibatkan pengeboran dan pengecoran tiang secara bergantian, sehingga menghasilkan daya dukung lateral yang baik untuk menahan tekanan tanah. Secant pile terdiri dari dua jenis utama, yaitu secant bored pile yang dibuat dengan pengeboran terlebih dahulu dan secant driven pile yang ditanam dengan cara ditumbuk langsung. Meskipun memiliki kelebihan seperti tahan terhadap beban besar dan minim getaran, metode ini memerlukan peralatan yang rumit dan biaya yang relatif tinggi.

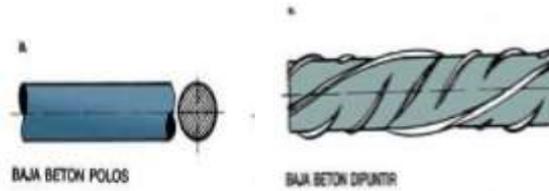
Beton Bertulang



Gambar 2. Desain Secant Pile
Sumber: Shop Drawing Underpass HM Yamin

Beton bertulang adalah material konstruksi yang menggabungkan beton dan tulangan baja. Beton bertugas menahan gaya tekan, sementara baja menahan gaya tarik, sehingga keduanya bekerja bersama untuk memberikan kekuatan yang optimal pada struktur. Campuran beton terdiri dari semen, air, agregat halus dan kasar, dan terkadang bahan tambahan seperti admixture. Meskipun beton memiliki kekuatan tekan yang tinggi, beton lemah terhadap gaya tarik, oleh karena itu tulangan baja ditambahkan untuk menutupi kekurangan ini.

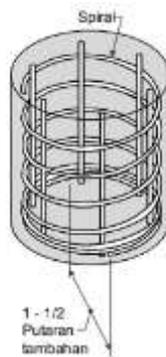
Baja Tulangan



Gambar 3. Ilustrasi Baja Tulangan Polos dan Ulir
Sumber: Sagel dkk, 1994

Baja tulangan beton diproduksi dengan metode canai panas dan dibedakan menjadi dua jenis yaitu baja tulangan polos (BjTP) dan baja tulangan berulir (BjTS). Baja tulangan polos memiliki permukaan halus tanpa ulir, yang membuat daya lekatnya dengan beton lebih rendah, sehingga umumnya digunakan pada elemen non-struktural. Sebaliknya, baja tulangan berulir memiliki permukaan bergerigi, memberikan lekatan yang lebih baik dengan beton dan lebih cocok untuk elemen yang mengalami gaya tarik atau lentur.

Tulangan Senggang Spiral



Gambar 4. Pengukuran Spiral
Sumber: SNI 2847-2019

Tulangan senggang spiral adalah tulangan lateral yang digunakan untuk menahan gaya geser dan memberikan pengangkatan pada tulangan longitudinal. Fungsinya meningkatkan kekuatan dan daktilitas elemen struktur tekan. SNI 2847:2019 mengatur spesifikasi mengenai jarak lilitan spiral dan panjang sambungan lewatan untuk memastikan pengekanan yang optimal

Bar Bending Schedule (BBS)

Bar Bending Schedule (BBS) adalah dokumen penting yang berisi informasi rinci mengenai pembengkokan dan pemotongan tulangan baja dalam proyek konstruksi beton bertulang. BBS membantu mengurangi material terbuang (waste), memastikan efisiensi penggunaan material, dan memberikan estimasi yang akurat untuk pengadaan tulangan. Penggunaan BBS dalam proyek konstruksi membantu mengoptimalkan kebutuhan material, mengurangi sisa dan meminimalkan kesalahan di lapangan

Waste Pembesian

Pengolahan waste atau sisa material tulangan baja menjadi aspek penting dalam proyek beton bertulang. Waste pembesian bisa terjadi karena pemotongan, pembengkokan, atau kesalahan dalam proses fabrikasi. Untuk meminimalkan waste diperlukan perencanaan matang, pengawasan yang baik serta penerapan BBS yang akurat. SNI-7394-2008 menetapkan bahwa toleransi waste pembesian yang diizinkan dalam proyek konstruksi berkisar antara 5% hingga 20%.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kebutuhan tulangan serta menghitung jumlah waste yang di hasilakan dengan menggunakan metode Bar Bending Schedule (BBS). Objek penelitian ini

adalah proyek pembangunan Underpass HM Yamin, dimana data terkait kebutuhan dan waste tulangan akan diambil dari proyek tersebut. Pengumpulan data dilakukan melalui observasi langsung di lapangan untuk mengamati proses pembesian dan jumlah waste yang terjadi, serta wawancara dengan kontraktor dan pekerja pembesian. Data yang digunakan dalam analisis ini diperoleh dari gambar rencana struktur (shop drawing) proyek.

Pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan dengan metode observasi dan wawancara, serta pengumpulan dokumen perencanaan dari instansi terkait, seperti Dinas Sumber Daya Air, Bina Marga, dan Bina Konstruksi Kota Medan. Peneliti juga melengkapi data dengan informasi dari situs resmi instansi tersebut. Data yang digunakan dalam penelitian ini terbagi menjadi dua jenis, yakni data primer yang dihasilkan dari pengamatan langsung dan wawancara serta data sekunder berupa dokumen seperti SNI 2847:2019, SNI 2052:2017, dan ACI 116R-00, selain gambar perencanaan proyek Underpass HM Yamin.

Tahapan pengolahan data dimulai dengan pengumpulan informasi yang relevan, dilanjutkan dengan analisis kebutuhan tulangan estimasi waste. Perhitungan ini dilakukan secara sistematis menggunakan metode BBS untuk mendapatkan hasil yang akurat mengenai kebutuhan material serta volume waste yang dihasilkan selama proyek konstruksi. Data yang diperoleh diharapkan valid, reliabel, dan dapat digunakan untuk mendukung tujuan penelitian, yakni mengurangi volume waste dan meningkatkan efisiensi penggunaan material pada proyek konstruksi tersebut.

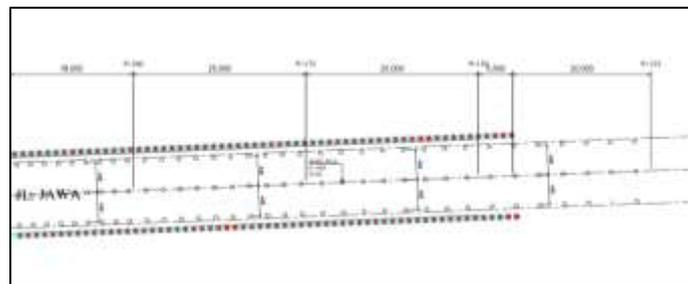
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

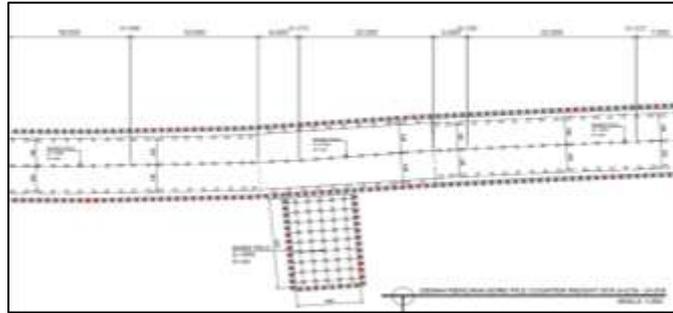
Informasi yang ditampilkan berupa bentuk dari besi tulangnya yang digunakan dengan panjang pemotongan yang dibutuhkan. Biasanya pada bentuk besi tulangan dengan panjang pemotongan yang dibutuhkan. Selain itu juga terdapat informasi berupa jumlah titik atau banyak potongan dari bentuk potongan secant pile tersebut.

Tabel 1. Jumlah Titik Secant Pile

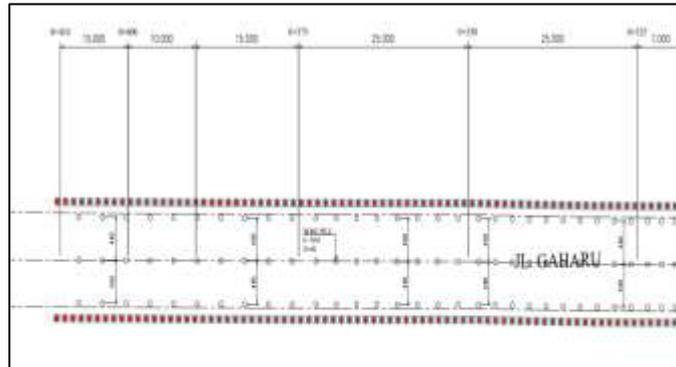
	Lokasi	Kedalaman (m)	Jumlah Titik
Total Titik Secant Pile	Kanan Gaharu	16m	77
	Kiri Gaharu	16m	77
	Kanan Jawa	16m	61
	Kiri Jawa	16m	61
	Kanan Persimpangan	16m	83
	Kiri Persimpangan	16m	83
	Reservoir	30m	36
	Total		478



Gambar 5. Titik Secant Pile Jalan Jawa
Sumber: Shop Drawing Proyek Underpass HM Yamin



Gambar 6. Titik Secant Pile Persimpangan Jalan Jawa dan Jalan Gaharu
 Sumber: Shop Drawing Proyek Underpass HM Yamin



Gambar 7. Titik Secant Pile Jalan Gaharu
 Sumber: Shop Drawing Proyek Underpass HM Yamin

Dalam perhitungan kebutuhan tulangan secant pile perlu diperhatikan terkait ketentuan-ketentuan teknis yang berlaku, seperti persyaratan overlap, panjang stik, dan syarat-syarat lainnya sesuai dengan peraturan dan standar yang digunakan. Berikut ketentuan persyaratan dari tulangan yang digunakan pada Proyek Pembangunan Underpass HM Yamin.

Tabel 2. Ketentuan Tulangan Pada Pembangunan Underpass HM Yamin

No	Jenis	Keterangan
1	Panjang overlap	40 D
2	Panjang stik atau gantungan	40 D
3	Tinggi capping beam	1 m
4	Ukuran 1 batang tulangan	12 m

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kebutuhan dan waste tulangan secant pile pada proyek pembangunan Underpass HM Yamin dengan metode Bar Bending Schedule (BBS). Hasil perhitungan menunjukkan total kebutuhan tulangan sebesar 424.450,78 kg, dengan tingkat waste rata-rata sebesar 8,86% yang masih sesuai dengan standar SNI 7394-2008, yaitu 5%-20%.

Kebutuhan Tulangan Secant Pile Type I

Perhitungan tulangan dilakukan berdasarkan diameter batang dan panjang yang dibutuhkan di setiap titik secant pile. Rumus perhitungan untuk volume tulangan adalah:

$$L = \pi \times r^2 \times h \quad (1)$$

Dimana :

r : radius secant pile (meter)

h : tinggi secant pile (meter)

volume tulangan kemudian dikalikan dengan jumlah batang yang diperlukan untuk menghitung kebutuhan tulangan. Hasil perhitungan kebutuhan batang dan waste dari secant pile type I ditampilkan pada tabel berikut:

Tabel 3. Hasil Perhitungan Kebutuhan Dan Waste Tulangan Secant Pile Type I

No	Diameter Tulangan	Jumlah Batang	Waste (%)
1	D22	4950 batang	4,38%
2	D25	1136 batang	1,92%
3	D32	1515 batang	2,56%
4	D10	10882 batang	0,00%

Kebutuhan tulangan secant pile type I sangat efisien dengan waste yang dihasilkan tetap dalam batas yang dapat diterima. Metode BBS membantu mengurangi kesalahan pemotongan dan penggunaan material.

Kebutuhan Tulangan Secant Pile Type II

Untuk type II, kebutuhan tulangan juga dihitung dengan rumus yang sama, disesuaikan dengan spesifikasi desain. Hasilnya menunjukkan jumlah batang dan waste yang lebih besar dibandingkan dengan type I, namun masih tetap sesuai dengan standar.

Tabel 4. Hasil Perhitungan Kebutuhan Dan Waste Tulangan Secant Pile Type II

No	Diameter Tulangan	Jumlah Batang	Waste (%)
1	D25	2418 batang	3,76%
2	D32	1740 batang	4,58%
3	D10	2484 batang	0,00%

Waste pada tulangan type II sebagian besar disebabkan oleh pemotongan yang tidak dapat dihindari, terutama pada diameter yang lebih besar.

Rekapitulasi Waste

Total waste dihitung sebagai perbandingan antara sisa tulangan yang tidak terpakai dengan total kebutuhan tulangan. Rumus waste adalah sebagai berikut:

$$\text{Waste (\%)} = \frac{\text{Total Sisa Tulangan}}{\text{Total Kebutuhan Tulangan}} \times 100 \quad (2)$$

Sebagai contoh, jika jumlah total tulangan D22 yang tidak terpakai adalah 217 batang dari total 4950 batang, maka perhitungan waste tulangan D22 adalah:

$$\text{Waste (\%)} = \frac{217}{4950} \times 100 = 4,38\%$$

Setelah menghitung waste untuk setiap diameter tulangan, total waste untuk proyek ini dihitung dengan menjumlahkan sisa tulangan dari semua diameter dan membandingkannya dengan total kebutuhan tulangan proyek. Misalkan total sisa tulangan untuk semua diameter adalah 3760 kg, dan total kebutuhan tulangan proyek adalah 424.450,78 kg, maka total waste dihitung sebagai:

$$\text{Total Waste (\%)} = \frac{3760}{424.450,78} \times 100 = 8,86\%$$

Pembahasan Penelitian

Dari hasil rekapitulasi kebutuhan tulangan dan waste yang telah dihitung, dapat dilihat bahwa tingkat waste bervariasi tergantung pada jenis dan diameter tulangan yang digunakan pada proyek pembangunan secant pile di Underpass HM Yamin. Pada proyek ini, tulangan dengan diameter besar seperti D22, D25, dan D32 memiliki tingkat waste yang lebih tinggi dibandingkan dengan tulangan yang lebih kecil seperti D10. Hal ini terjadi karena tulangan berdiameter besar cenderung lebih sulit untuk dipotong dan dipasang secara presisi. Faktor kompleksitas desain sangat

mempengaruhi jumlah sisa tulangan atau waste yang dihasilkan. Pada secant pile type I dan II total kebutuhan tulangan mencapai 424.450,78 kg dengan waste sebesar 8,86%. Waste terbesar tercatat pada tulangan berdiameter D22 sebesar 4,38% dan D32 sebesar 4,58%. Waste ini terutama dihasilkan karena kesulitan dalam melakukan pemotongan dan penyusunan tulangan di lapangan. Dalam proyek infrastruktur seperti ini, kompleksitas desain seringkali menjadi salah satu penyebab utama timbulnya waste, terutama ketika diameter tulangan yang digunakan lebih besar. Pada secant pile, banyaknya sambungan atau potongan tulangan yang tidak sesuai dengan panjang standar yang dibutuhkan dapat menyebabkan sisa material yang tidak bisa digunakan kembali, sehingga menambah persentase waste.

Metode penyimpanan dan penanganan material di lapangan juga turut berkontribusi terhadap tingkat waste. Tulangan yang rusak karena penyimpanan yang kurang baik dapat menambah jumlah material yang tidak dapat digunakan. Sementara itu, meskipun metode Bar Bending Schedule (BBS) sudah diterapkan, hasil menunjukkan bahwa pemotongan tulangan di lapangan masih perlu dioptimalkan untuk mengurangi waste lebih lanjut. Pemotongan yang tepat, berdasarkan perhitungan yang cermat, dapat mengurangi jumlah sisa tulangan yang terbuang. Pada proyek ini terlihat bahwa metode penyimpanan sudah cukup baik namun masih ada ruang untuk perbaikan dalam penanganan material terutama dalam tahap pengiriman dan penyimpanan di lapangan. Secara keseluruhan, tingkat waste yang dicapai masih dalam batas toleransi SNI, namun peningkatan dalam hal perencanaan dan keterampilan pekerja akan sangat membantu menurunkan angka waste. Optimalisasi proses pemotongan, manajemen penyimpanan yang lebih baik dan pemanfaatan teknologi perencanaan berbasis perangkat lunak akan membantu mengurangi waste di proyek serupa di masa mendatang.

SIMPULAN

Perhitungan kebutuhan tulangan secant pile pada proyek Pembangunan Underpass HM Yamin dilakukan dengan menggunakan data shop drawing dan BBS. Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan metode BBS diperoleh data waste untuk jenis tulangan D22 sebesar 4,38% dengan total 4950 batang yang memiliki berat 173.835,36 kg. tulangan D25 memiliki waste sebesar 1,92% dengan jumlah 1136 batang dan berat 52.534,8 kg, sementara D32 memiliki waste 2,56% dengan total 1515 batang seberat 114.760,8 kg. tulangan dengan diameter 10 mm tidak menghasilkan waste (0%) dengan jumlah total 10.882 batang yang memiliki berat 80.319,82 kg. secara keseluruhan jumlah waste tulangan untuk seluruh proyek tercatat sebesar 8,86% dengan total 18.484 batang yang memiliki berat total 424.450,78 kg.

Penggunaan metode BBS dalam perhitungan kebutuhan tulangan secant pile terbukti dapat mengoptimalkan penggunaan material dan meminimalkan waste yang terjadi. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa sisa tulangan sebesar 8,86% telah memenuhi range ketentuan SNI-7394-2008-HSP-Beton, yang mensyaratkan bahwa sisa material besi tulangan harus berada di rentang 5%-20%. Meski demikian, evaluasi lebih lanjut masih diperlukan untuk memastikan waste yang dihasilkan dapat masuk dalam kategori rendah.

Dengan penerapan metode BBS yang konsisten dan perhatian khusus terhadap detail penulangan setiap titik secant pile diharapkan penghematan biaya dan peningkatan efisiensi dapat tercapai. Berdasarkan hasil analisis tingkat waste yang tercatat sebesar 8,86% masih berada dalam rentang yang diperbolehkan, namun optimalisasi penggunaan tulangan sejak tahap perencanaan perlu ditingkatkan agar waste dapat diminimalkan lebih lanjut dan efisiensi material semakin meningkat.

Selain itu, evaluasi berkala terhadap metode pelaksanaan penulangan secant pile perlu dilakukan untuk mengidentifikasi peluang perbaikan dan mengurangi waste yang terjadi di lapangan. Evaluasi ini penting untuk memastikan bahwa semua prosedur sudah diimplementasikan dengan tepat dan

material digunakan seefisien mungkin. Penggunaan teknologi atau perangkat lunak khusus untuk perhitungan kebutuhan tulangan juga perlu dipertimbangkan. Teknologi semacam ini dapat memberikan perhitungan yang lebih akurat dan membantu meminimalkan waste dengan lebih efektif.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan penelitian ini. Terimakasih sebesar-besarnya kepada Politeknik Negeri Medan, khususnya Jurusan Teknik Sipil atas bimbingan dan fasilitas yang diberikan selama penelitian ini. Penulis juga berterimakasih kepada Politeknik Negeri Medan melalui Pusat Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (P3M) yang telah mendanai penelitian ini, sehingga dapat berjalan dengan baik dan lancar. Penulis juga ingin menyampaikan apresiasi kepada PT. Galih Medan Persada yang telah memberikan akses dan data proyek yang sangat diperlukan dalam pelaksanaan penelitian ini. Ucapan terimakasih kepada seluruh staf dan pekerja pada proyek Underpass HM Yamin yang telah membantu selama proses pengumpulan data di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- [BSN] Badan Standarisasi Nasional. (2019). SNI 2847:2019. Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan (ACI 318M-14 dan ACI 318RM-14, MOD). Hal : 5. Badan Standarisasi Nasional : Jakarta.
- [BSN] Badan Standarisasi Nasional. (2017). SNI 2052:2017. Baja Tulangan Beton. Hal : 4. Badan Standarisasi Nasional : Jakarta.
- ACI 116R-00. (2000). Cement and Concrete Terminology.
- [BSN] Badan Standarisasi Nasional. (2008). SNI-7394:2008. Tata Cara Perhitungan Harga Satuan Pekerjaan Beton Untuk Konstruksi Bangunan Gedung dan Perumahan. Hal : 2. Badan Standarisasi Nasional : Bandung.
- (n.d.). Wikipedia. Retrieved June 2, 2024, from <http://www.forumtekniksipil.com/>.
- American Society of Civil Engineers (ASCE). (2017, Juli). Design and Construction of Secant Pile Walls in Karst Terrain. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 143(7). <https://ascelibrary.org/doi/10.1061/%28ASCE%29GT.1943-5606.0001692>.
- Mulyono, A. T., & Purnomo, C. W. (2019, Januari). Analisis Timbulan dan Pengelolaan Limbah pada Proyek Konstruksi Gedung di Yogyakarta. *Jurnal Teknik Sipil*, 16(1), 31-40. <https://jurnal.ugm.ac.id/jts/article/view/39033>.
- Rasyid, D., & Syarifuddin, A. (2020, Oktober). Optimalisasi Perencanaan Tulangan pada Pelat Beton Bertulang Menggunakan Bar Bending Schedule. *Jurnal Teknik Sipil*, 11(2), 93-102. <https://jurnal.untad.ac.id/jurnal/index.php/JTS/article/view/16907>.
- Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya. (2018, Maret). Evaluasi Manajemen Material dan Waste pada Proyek Konstruksi Gedung di Surabaya. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, 3(1), 11-20.
- Universitas Putra Indonesia YPTK Padang. (2019, April). Studi Perencanaan Dinding Penahan Tanah Tipe Secant Pile pada Pembangunan Gedung Bertingkat. *Jurnal Teknik Sipil*, 26(1), 1-10.