



PERBANDINGAN BIAYA STRUKTUR DINDING PENAHAN TANAH TIPE KANTILEVER DAN *SHEET PILE* BETON

(Studi Kasus : Perencanaan Pembangunan Kawasan *Landmark*
Dermaga Muara Bulian Di Kabupaten Batanghari)

¹ KMS. M. Rama Perwira, ² Akhmad Aminullah, ³ Arief Setiawan Budi Nugroho

¹ Mahasiswa Magister Teknik Sipil, Universitas Gadjah Mada

^{2,3} Staff Pengajar Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Universitas Gadjah Mada

Koresponden Author : ¹ kms.rama.perwira@mail.ugm.ac.id, ² akhmadaminullah@ugm.ac.id, ³ arief_sbn@ugm.ac.id

Info Artikel

Diajukan : 17 Desember 2020
Diperbaiki : 04 Januari 2021
Disetujui : 25 Januari 2021

ABSTRAK

Konstruksi dinding penahan tanah jenis kantilever digunakan dalam perencanaan kawasan *landmark* Dermaga Muara Bulian di Kabupaten Batanghari. Jenis lain dari konstruksi dinding penahan tanah yang dapat dijadikan pilihan adalah jenis *sheet pile* beton. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jenis konstruksi dinding penahan tanah yang paling efisien, khususnya dalam hal rencana anggaran biaya. Objek yang ditinjau pada penelitian ini adalah konstruksi dinding penahan tanah dengan panjang 75 meter. Dinding kantilever dengan tinggi 6 meter yang dikombinasikan dengan tiang pancang 12 meter dibandingkan dengan dinding *sheet pile* beton 18 meter. Selain itu, juga dilakukan optimasi pada ketebalan dinding kantilever. Metode perhitungan yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan Analisa Harga Satuan Pekerjaan dari Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Revisi 3 (2014) dan Spesifikasi Teknis Jalan Bebas Hambatan dan Jalan Tol (2017). Dalam mengoptimalkan dimensi kantilever, digunakan analisis balok terlentur bertulangan rangkap untuk menghitung momen maksimum yang mampu ditahan oleh konstruksi kantilever. Dari hasil penelitian, diketahui bahwa Rencana Anggaran Biaya (RAB) pekerjaan konstruksi dinding penahan tanah jenis kantilever adalah Rp. 3.744.771.892,83, *sheet pile* beton adalah Rp.2.945.315.870,44, dan kantilever yang dioptimalkan adalah Rp. 2.568.004.756,85. Perbandingan biaya dinding kantilever terhadap *sheet pile* beton dan dinding kantilever yang dioptimalkan adalah 21,34% dan 31,42%. Sehingga disimpulkan bahwa konstruksi dinding kantilever yang dioptimalkan memiliki Rencana Anggaran Biaya terendah.

Kata Kunci : Anggaran biaya, Dinding kantilever, Perbandingan, *Sheet pile* beton

ABSTRACT

A cantilever retaining wall construction is used to plan Dermaga Muara Bulian as a landmark area in Batanghari regency. Another common type of retaining wall that can be considered as an option is a concrete sheet pile.. This study aims to determine the most efficient type of retaining wall, especially in terms of the budget plan. The object of the research is the 75 meters length retaining wall construction. The 6 meters high cantilever wall combined with 12 meters piles are compared to 18 meters concrete sheet pile. Furthermore, the cantilever wall thickness was also optimized. The calculation method in this study used the Work Unit Price Analysis from the General Specifications of Bina Marga 2010 3rd Version (2014) and the Technical Specifications for Freeways and Toll Roads (2017). To optimize the cantilever wall thickness, flexible reinforced beam analysis is used to calculate the maximum moment that the cantilever wall can withstand. From the results, it is known that the budget plan of the cantilever retaining wall construction is Rp.3,744,771,892.83, the concrete sheet pile is Rp.2,945,315,870.44, and the optimized cantilever wall is Rp. 2,568,004,756.85. The difference cost between the cantilever wall to concrete sheet pile and optimized

cantilever wall is 21.34% and 31.42%. So it can conclude that the lowest budget plan is the optimized cantilever wall construction.

Keywords : *Budget plan, Cantilever wall, Comparasion, Concrete sheet pile*

PENDAHULUAN

Sungai merupakan suatu saluran drainase yang terbentuk secara alamiah dan unik. Namun dengan adanya air yang mengalir di dalamnya, air tersebut menggerus tanah dasar secara terus menerus sehingga tidak jarang terjadi abrasi ataupun pengikisan tanah oleh air di sepanjang aliran sungai. Diperlukan perkuatan khusus berupa talud pada lereng tepian sungai yang berguna untuk melindungi tepian alur sungai atau permukaan lereng dan secara keseluruhan berperan untuk meningkatkan stabilitas alur sungai itu sendiri. Perkuatan tersebut dapat berupa bangunan pengaman sungai atau dinding penahan tanah (Yusuf Amran, 2017). Klasifikasi dinding pengaman sungai ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Klasifikasi Dinding Pengaman Sungai

Jenis Pengamanan	Tipe	Jenis Bangunan
<i>Revetment</i>	Fleksibel	<i>Riprap</i>
		Bronjongan (<i>Gabion</i>)
	Kaku (<i>Rigid</i>)	<i>Retaining Wall</i> Turap (<i>Sheet Pile</i>)
Bangunan Pengarah Aliran		<i>Krib (Groyne)</i> <i>Spur</i>
Bangunan Peredam Energi		<i>Check Dam</i>

Dinding penahan tanah (*revetment retaining wall*) adalah struktur yang didesain untuk menjaga dan mempertahankan dua muka elevasi tanah yang berbeda. Jenis struktur dinding penahan tanah beraneka ragam, disesuaikan dengan kondisi lokasi dan kegunaannya. Secara teoritis, dinding penahan tanah digunakan untuk menahan tekanan tanah lateral yang ditimbulkan oleh tanah urug atau tanah asli yang labil. Beberapa jenis dinding penahan tanah antara lain: dinding gravitasi, semi-gravitasi, kantilever, kontrafort, krib, dan dinding tanah bertulang (Hardiyatmo, 2019).

Shavrya (2012), menyatakan bahwa dinding kantilever yang dirancang secara optimal terbukti selalu menjadi solusi yang paling hemat dalam hal biaya dibandingkan dengan jenis dinding penahan tanah lainnya, tergantung pada ketinggian dinding dan daya dukung tanah. Kemudian Patil (2015), juga menyatakan bahwa pada ketinggian 6 meter, dinding kantilever terbukti lebih ekonomis dibandingkan dinding kontrafort baik dalam hal biaya, kebutuhan beton, dan kebutuhan tulangan. Kombinasi jenis konstruksi dinding penahan tanah tipe kantilever

dengan tiang pancang diperlukan apabila dalam perhitungan ternyata tidak memenuhi persyaratan stabilitas dinding penahan tanah, yaitu tidak aman dari bahaya guling, geser, dan daya dukung tanah. Langkah-langkah perhitungan pondasi tiang pancang dapat dihitung berdasarkan kemampuan terhadap kekuatan batang tiang dan kemampuan terhadap kekuatan tanah (Ngurah, 2016).

Dinding turap (*sheet pile*), merupakan jenis lain dari dinding penahan tanah. Tiang-tiang turap dapat digunakan untuk membangun sebuah dinding yang berfungsi sebagai penahan tanah baik dalam konstruksi berskala besar maupun kecil. Perbedaan mendasar antara *sheet pile* dan dinding penahan tanah biasa terletak pada keuntungan penggunaan *sheet pile* yaitu tidak diperlukannya pengeringan air (*dewatering*) di lokasi pekerjaan. Terdapat beberapa jenis *sheet pile* yang biasa digunakan yaitu *sheet pile* kayu, beton *precast*, dan baja (Simatupang, 2018).

Istijono (2015) menyatakan bahwa biaya pembangunan konstruksi *sheet pile* baja lebih mahal dibandingkan dengan *sheet pile* beton, terlebih material baja membutuhkan perawatan pasca konstruksi terutama untuk melindungi dari kemungkinan korosi. Sedangkan *sheet pile* kayu hanya dapat digunakan pada konstruksi yang bersifat sementara. Pemilihan material *sheet pile* ini pada akhirnya akan menghasilkan anggaran yang dikeluarkan sebagai konsekuensi dari perbedaan biaya material, instalasi dan sumber daya, serta komponen lain dari biaya pekerjaan.

Konstruksi *sheet pile* dapat dikombinasikan dengan konstruksi *ground anchor*. Konstruksi ini dapat digunakan untuk menahan atau menstabilkan dinding dengan meneruskan gaya horizontal yang diakibatkan oleh gaya dorong alami dari tanah dan beban kerja ke luar bidang runtuh tanah (Nugraha, 2020). Perhitungan konstruksi *ground anchor* dapat dilakukan berdasarkan SNI 8460-2017 mengenai Persyaratan Perencanaan Geoteknik. Persyaratan konstruksi *ground anchor* diantaranya:

- Panjang minimum *free length* adalah 3 m (*bar tendon*) dan 4,5 m (*strand tendon*)
- Panjang minimum *fixed length* adalah 3 m
- Sudut kemiringan angkur umumnya berkisar antara 30° - 45°
- *Fixed length* harus terbenam minimum 5 m dari permukaan tanah

Metode pelaksanaan pekerjaan konstruksi merupakan panduan yang disusun secara sistematis dan teratur untuk mempermudah proses pelaksanaan pekerjaan di lapangan. Pemilihan

jenis konstruksi merupakan hal yang penting guna mengetahui metode kerja konstruksi, biaya, dan waktu pelaksanaan konstruksi. Penelitian ini membandingkan konstruksi dinding penahan tanah tipe kantilever kombinasi tiang pancang dengan tipe *sheet pile* beton. Selain itu, juga dilakukan optimasi pada ketebalan dinding kantilever. Optimasi tersebut dapat menggunakan analisis balok tertentur bertulangan rangkap untuk menghitung momen maksimum yang mampu ditahan oleh konstruksi dinding kantilever (Dipohusodo, 1994). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jenis konstruksi yang lebih efisien dalam hal biaya (material, alat, dan tenaga kerja), khususnya pada divisi pekerjaan struktur dinding penahan tanah.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan pada penelitian ini dibagi menjadi beberapa tahap, yaitu observasi lapangan, pengumpulan data, optimasi dimensi dinding kantilever, penyusunan gambar kerja, analisis data (perhitungan volume dan analisa harga satuan pekerjaan), perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB), dan perbandingan hasil.

Data harga material, peralatan, upah tenaga kerja, dan gambar rencana pekerjaan dinding penahan tanah diperoleh dari Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Kabupaten Batanghari. Data spesifikasi dan harga material *sheet pile* diperoleh dari pabrik *precast* yang terdekat dari lokasi penelitian. Dalam penelitian ini juga digunakan beberapa aplikasi komputer, yaitu: *AutoCAD* untuk menyusun gambar kerja, *GoogleMaps* untuk mengukur jarak lokasi pekerjaan ke *batching plant* dan pabrik *precast*, dan *Microsof Excel* untuk melakukan perhitungan Rencana Anggaran Biaya

Dalam perhitungan analisa harga satuan pekerjaan dinding penahan tanah tipe kantilever kombinasi tiang pancang, digunakan Spesifikasi Umum 2010 Revisi 3 Divisi 7. Pekerjaan Struktur, tepatnya pada uraian 7.1 (6) Pekerjaan Beton Mutu Sedang 25 MPa, 7.1 (10) Pekerjaan Beton Mutu Rendah 10 MPa, 7.3 (1) Baja Tulangan U 24 Polos, 7.3 (3) Baja Tulangan U 32 Ulir, 7.6 (8) Penyediaan Tiang Pancang Baja, dan uraian 7.6 (14) Pemancangan Tiang Pancang Baja Diameter 400 mm tebal 12 mm.

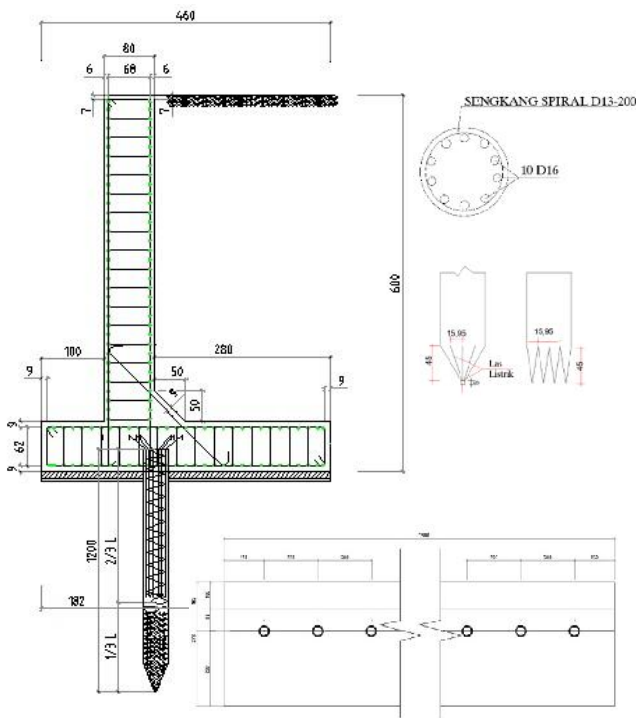
Pada perhitungan analisa harga satuan pekerjaan dinding penahan tanah tipe *sheet pile* beton, digunakan Spesifikasi Teknis Jalan Bebas Hambatan dan Jalan Tol 2017 Divisi 10. Pekerjaan Struktur, tepatnya pada uraian S10.11 (27)

Pekerjaan *Anchorage* dan aksesorisnya, S10.13 (1) Penyediaan Turap Beton Prategang Bergelombang (*precast*), dan S10.13 (2) Pemancangan Turap Beton Prategang Bergelombang (*precast*).

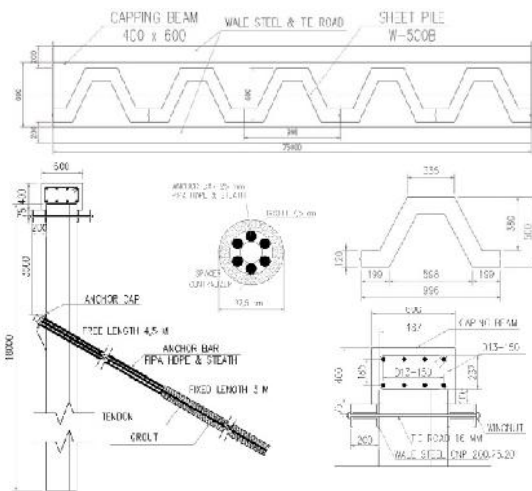
Adapun langkah dalam penyusunan estimasi Rencana Anggaran Biaya dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Menentukan dan menyusun item pekerjaan konstruksi berdasarkan spesifikasi terkait
- Menyusun metode kerja berdasarkan masing-masing item pekerjaan
- Menghitung momen izin konstruksi dan momen akibat pembebanan
- Mengoptimalkan dimensi dinding kantilever
- Menyusun gambar kerja
- Menghitung volume pekerjaan
- Menyusun daftar harga satuan upah, bahan, dan peralatan yang dibutuhkan
- Membuat analisa harga satuan pekerjaan masing-masing item pekerjaan
$$\begin{aligned} \text{Bahan} &= H.S. \text{ Bahan} \times \text{Koefisien Bahan} \\ \text{Tenaga} &= H.S. \text{ Tenaga} \times \text{Koefisien Tenaga} \\ \text{Alat} &= H.S. \text{ Alat} \times \text{Koefisien Alat} \end{aligned}$$
- Menghitung Harga Satuan Pekerjaan.
$$HSP = H.S. \text{ Bahan} + H.S. \text{ Upah} + H.S. \text{ Alat}$$
- Menyusun Rencana Anggaran Biaya.
$$RAB = (\text{Volume}) \times HSP$$
- Membuat rekapitulasi RAB.
$$\text{Rekap RAB} = \text{RAB seluruh item pekerjaan}$$
- Perbandingan Hasil
- Kesimpulan

Gambar konstruksi dinding penahan tanah tipe kantilever yang dikombinasikan dengan tiang pancang (Gambar 1), diperoleh dari Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Kabupaten Batanghari. Sedangkan gambar konstruksi dinding penahan tanah tipe *sheet pile* beton (Gambar 2), dibuat berdasarkan spesifikasi bahan *sheet pile* beton dari pabrik *precast*. Gambar tersebut dimodifikasi sesuai kebutuhan penelitian dan persyaratan teknis dinding penahan tanah menggunakan program *AutoCAD*. Dari gambar tersebut diketahui kebutuhan material pada pekerjaan konstruksi dinding penahan tanah serta volume setiap item pekerjaan.



Gambar 1. Detail Dinding Kantilever



Gambar 2. Detail Corrugated Concrete Sheet Pile (CCSP)

Kebutuhan dimensi konstruksi dinding penahan tanah pada penelitian ini adalah:

- Tinggi dinding penahan tanah : 6 m
- Panjang dinding penahan tanah : 75 m
- Kedalaman tanah keras : 12 m

Berdasarkan kebutuhan tersebut, dimensi dinding kantilever kombinasi pancang yang digunakan adalah:

- Tinggi dinding : 6 m
- Lebar dinding : 4,6 m

- Tebal dinding : 0,8 m
- Panjang tiang pancang : 12 m
- Jarak antar tiang : 2 m

Sedangkan dimensi *sheet pile* beton yang digunakan adalah:

- Tipe *sheet pile* beton (CCSP) : W500B
- Panjang *sheet pile* beton : 18 m
- Panjang angkur : 7,5 m

HASIL DAN PEMBAHASAN

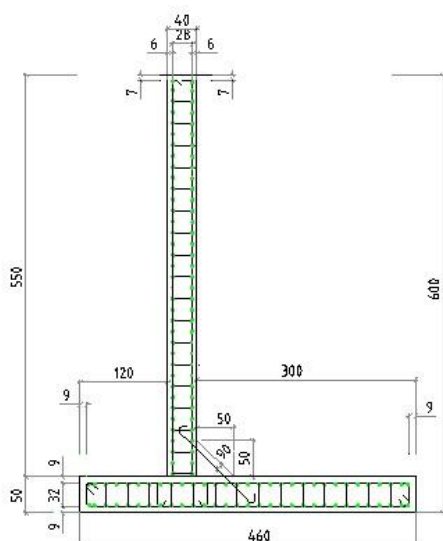
Pada penelitian ini, dilakukan perhitungan momen izin struktur dan momen akibat pembebanan yaitu dari tekanan tanah dan air untuk membuktikan bahwa konstruksi dinding tipe kantilever dan *sheet pile* beton dapat dilaksanakan pekerjaannya di kawasan landmark Dermaga Muara Bulian. Dalam mengoptimalkan dimensi dinding kantilever, digunakan analisis balok tertentur bertulangan rangkap untuk menghitung momen maksimum yang mampu ditahan oleh konstruksi dinding kantilever. Hal ini bertujuan untuk menemukan dimensi dinding yang paling optimal yang mendekati nilai momen akibat pembebanan. Dengan mengoptimalkan dimensi dinding, maka dapat mengurangi biaya dari konstruksi dinding kantilever itu sendiri. Selain itu, perbandingan ini juga bertujuan agar konstruksi dinding kantilever dan *sheet pile* beton yang dibandingkan mempunyai nilai perbandingan yang setara.

Pada konstruksi dinding kantilever yang dioptimalkan, digunakan metode *trial and error* untuk menentukan kapasitas momen izin yang mampu ditahan oleh dinding kantilever yang hasilnya mendekati nilai momen akibat pembebanan yaitu dari tekanan tanah dan air. Pada akhirnya dipilih dinding dengan tebal dinding 0,4 m dan tebal tapak 0,5 m (memenuhi persyaratan SNI 8460-2017). Dari hasil perhitungan, diketahui bahwa konstruksi tersebut aman dan dapat digunakan. Hasil perbandingan perhitungan momen ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Perbandingan Momen

Jenis Konstruksi	Momen Akibat Pembebanan (kNm)	Momen Izin Struktur (kNm)
Kantilever (tebal 0,8 m)	259,45	2984,46
<i>Sheet Pile</i>	327,52	395,92
Kantilever (tebal 0,4 m)	315,45	605,66

Pada pekerjaan konstruksi dinding penahan tanah tipe kantilever yang dioptimalkan, volume pekerjaan disesuaikan dengan perubahan dimensi dinding kantilever. Ketebalan dinding kantilever sebelumnya 0,8 m berubah menjadi 0,4 m. ketebalan plat pondasi dinding kantilever sebelumnya 0,8 m berubah menjadi 0,5 m. Perbedaan ini mempengaruhi volume pada beberapa item pekerjaan yaitu pekerjaan beton f_c' 25 MPa dinding kantilever, dan pekerjaan baja tulangan (ulir dan polos) dinding kantilever. Dimensi dinding kantilever yang dioptimalkan ditampilkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Dinding kantilever yang dioptimalkan

Perhitungan RAB konstruksi dinding penahan tanah tipe kantilever kombinasi tiang pancang, tipe *sheet pile* beton, dan tipe kantilever yang dioptimalkan dilakukan dengan bantuan program komputer *Microsoft Excel* dan mengikuti ketentuan Analisa Harga Satuan Pekerjaan dari Spesifikasi Umum 2010 Revisi 3 (Divisi 7. Pekerjaan Struktur) dan Spesifikasi Teknis Jalan Bebas Hambatan dan Jalan Tol 2017 (Divisi 10. Pekerjaan Struktur Beton). Volume pekerjaan dapat diketahui melalui gambar rencana pekerjaan yang disesuaikan dengan spesifikasi suatu produk material/bahan dalam pekerjaan tersebut. Harga Satuan Pekerjaan diperoleh dari jumlah Harga Satuan Material, Alat, dan Tenaga Kerja yang sudah dikalikan dengan koefisiennya. RAB diperoleh dari hasil perkalian harga satuan pekerjaan dengan volume pekerjaan. Kemudian rekapitulasi RAB yaitu berupa rangkuman nilai biaya dari setiap item pekerjaan konstruksi bangunan dinding penahan tanah.

Hasil perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB) diurutkan berdasarkan urutan kerja masing-masing jenis konstruksi seperti terlihat pada Tabel 3, Tabel 4, dan Tabel 5. Pada tabel tersebut diuraikan secara ringkas mengenai satuan pekerjaan, volume, harga satuan, total biaya, hingga persentase masing-masing item pekerjaan terhadap total biaya.

Tabel 3. Rencana Anggaran Biaya (RAB) Dinding Kantilever

Item Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan Pekerjaan (Rp)	Rencana Anggaran Biaya (RAB)	% Thd. Total Biaya
Penyediaan tiang pancang	M	444,00	2.061.053,99	915.107.973,36	24,44
Pemancangan tiang pancang	M	444,00	141.976,01	63.073.346,26	1,68
Baja U 32 ulir pancang	Kg	7.210,8	24.755,37	178.506.237,21	4,77
Beton f_c' 25 MPa pancang	m ³	32,88	1.238.854,28	40.733.551,42	1,09
Beton f_c' 10 MPa lantai kerja	m ³	34,5	1.025.217,57	35.370.006,11	0,94
Baja tulangan U 32 ulir kantilever	Kg	56.272,4	23.636,01	1.330.055.983,72	35,52
Baja tul. U 24 polos kantilever	Kg	8.371,2	22.857,21	191.324.279,72	5,11
Beton f_c' 25 MPa kantilever	m ³	597,38	1.658.285,86	990.618.515,01	26,45
Total Biaya				3.744.771.892	

Tabel 4. Rencana Anggaran Biaya (RAB) *Sheet Pile* Beton

Item Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan Pekerjaan (Rp)	Rencana Anggaran Biaya (RAB)	% Thd. Total Biaya
Penyediaan <i>CCSP</i> W-500B	m	1.368,00	1.640.719,88	2.244.504.789,7	76,21
Pemancangan <i>CCSP</i> W-500B	m	1.368,00	216.728,45	296.484.517,90	10,07
Pekerjaan <i>Anchorage</i>	m	570	609.522,61	347.427.886,68	11,80
Baja <i>U 32 caping beam</i>	kg	1.066,00	27.451,36	29.263.151,54	0,99
Beton <i>fc' 25 MPa caping beam</i>	m ³	16,8	1.691.407,97	27.635.524,57	0,94
Total Biaya				2.945.315.870,44	

Tabel 5. Rencana Anggaran Biaya (RAB) Dinding Kantilever yang Dioptimalkan

Item Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan Pekerjaan (Rp)	Rencana Anggaran Biaya (RAB)	% Thd. Total Biaya
Penyediaan tiang pancang	M	444,00	2.061.053,99	915.107.973,36	35,63
Pemancangan tiang pancang	M	444,00	141.976,01	63.073.346,26	2,45
Baja <i>U 32</i> ulir pancang	Kg	7.210,8	24.755,37	178.506.237,21	6,95
Beton <i>fc' 25 MPa</i> pancang	m ³	32,88	1.238.854,28	40.733.551,42	1,59
Beton <i>fc' 10 MPa</i> lantai kerja	m ³	34,5	1.025.217,57	35.370.006,11	1,38
Baja tulangan <i>U 32</i> ulir kantilever	Kg	29.747,6	23.636,01	703.114.501,32	27,38
Baja tul. <i>U 24</i> polos kantilever	Kg	2.490,1	22.857,21	56.917.233,82	2,22
Beton <i>fc' 25 MPa</i> kantilever	m ³	346,88	1.658.285,86	575.217.907,34	22,40
Total Biaya				2.568.004.756,85	

Pada pekerjaan konstruksi dinding penahan tanah tipe kantilever yang dioptimalkan, volume pekerjaan disesuaikan dengan perubahan dimensi dinding kantilever. Ketebalan dinding kantilever sebelumnya 0,8 m berubah menjadi 0,4 m. ketebalan plat pondasi dinding kantilever sebelumnya 0,8 m berubah menjadi 0,5 m. Volume pekerjaan yang mengalami perubahan akibat pengoptimalan dimensi dinding kantilever antara lain pekerjaan beton *fc' 25 MPa* kantilever (dari 597,38 m³ menjadi 346,88 m³), pekerjaan baja tulangan *U 32* ulir (dari 56.272,4 kg menjadi 29.747,6 kg), dan pekerjaan baja tulangan *U 24* polos (dari 8.371,2 kg menjadi 2.490,1 kg).

Pada penelitian ini juga diuraikan kebutuhan biaya material, peralatan, dan tenaga kerja konstruksi dinding penahan tanah tipe kantilever kombinasi tiang pancang, tipe *sheet pile* beton, dan tipe kantilever yang dioptimalkan yang ditampilkan pada Tabel 6, Tabel 7, dan Tabel 8. Perbandingan Rencana Anggaran Biaya konstruksi dinding penahan tanah tipe kantilever, *sheet pile* beton, dan dinding kantilever yang dioptimalkan ditampilkan Tabel 9. Pada Tabel tersebut diuraikan selisih dan persentase perbedaan masing-masing konstruksi dinding penahan tanah.

Tabel 6. Biaya Material, Peralatan, dan Tenaga Kerja Dinding Kantilever

Item Pekerjaan	Biaya Material (Rp)	Biaya Peralatan (Rp)	Biaya Tenaga (Rp)
Penyediaan tiang pancang	897.225.652,22	15.389.672,25	2.492.648,89
Pemancangan tiang pancang	6.281.094,24	48.559.272,02	8.196.980,00
Baja <i>U 32</i> ulir pancang	154.128.501,67	835.888,91	23.541.846,64
Beton <i>fc' 25 MPa</i> pancang	34.945.679,03	5.369.958,49	417.913,90
Beton <i>fc' 10 MPa</i> lantai kerja	29.722.420,15	2.665.756,70	2.981.829,26
Baja tulangan <i>U 32</i> ulir kantilever	1.202.803.651,20	6.523.194,72	120.729.137,81
Baja tul. <i>U 24</i> polos kantilever	160.698.987,59	970.403,40	29.672.888,73
Beton <i>fc' 25 MPa</i> kantilever	870.676.569,64	97.536.174,29	22.378.771,08
Total Biaya	3.356.482.555,74	177.877.320,78	210.412.016,30
(%) Terhadap Total Biaya	89,63	4,75	5,62

Tabel 7. Biaya Material, Peralatan, dan Tenaga Kerja *Sheet Pile* Beton

Item Pekerjaan	Biaya Material (Rp)	Biaya Peralatan (Rp)	Biaya Tenaga (Rp)
Penyediaan <i>CCSP W-500B</i>	2.012.670.00,00	224.154.736,43	7.680.053,33
Pemancangan <i>CCSP W-500B</i>	106.749.324,00	164.036.553,90	25.698.640,00
Pekerjaan <i>Anchorage</i>	243.216.920,02	87.078.539,99	17.132.426,67
Baja <i>U 32 caping beam</i>	23.372.263,20	123.572,50	5.767.315,84
Beton <i>fc' 25 MPa caping beam</i>	24.497.001,79	2.744.997,79	393.525,00
Total Biaya	2.410.505.509,01	478.138.400,59	56.671.960,84
(%) Terhadap Total Biaya	81,84	16,23	1,92

Tabel 8. Biaya Material, Peralatan, dan Tenaga Kerja Dinding Kantilever yang Dioptimalkan

Item Pekerjaan	Biaya Material (Rp)	Biaya Peralatan (Rp)	Biaya Tenaga (Rp)
Penyediaan tiang pancang	897.225.652,22	15.389.672,25	2.492.648,89
Pemancangan tiang pancang	6.281.094,24	48.559.272,02	8.196.980,00
Baja <i>U 32</i> ulir pancang	154.128.501,67	835.888,91	23.541.846,64
Beton <i>fc' 25 MPa</i> pancang	34.945.679,03	5.369.958,49	417.913,90
Beton <i>fc' 10 MPa</i> lantai kerja	29.722.420,15	2.665.756,70	2.981.829,26
Baja tulangan <i>U 32</i> ulir kantilever	635.844.430,42	3.448.390,79	63.821.680,11
Baja tul. <i>U 24</i> polos kantilever	47.801.990,57	288.659,03	8.826.584,21
Beton <i>fc' 25 MPa</i> kantilever	505.571.768,31	56.651.560,72	12.994.578,31
Total Biaya	2.311.521.536,62	133.209.158,91	123.274.061,33
(%) Terhadap Total Biaya	90,01	5,19	4,80

Tabel 9. Perbandingan Rencana Anggaran Biaya (RAB) Dinding Penahan Tanah

Uraian	Biaya (Rp)		
	Kantilever (0,8 m)	<i>Sheet Pile</i> Beton	Kantilever (0,4 m)
Total Biaya	3.744.771.892,83	2.945.315.870,44	2.568.004.756,85
Selisih Biaya		799.456.022,39	1.176.767.135,98
Persentase (%)		21,34	31,42

Dari Tabel 9, diketahui bahwa selisih biaya konstruksi dinding kantilever (ketebalan 0,8 m) terhadap konstruksi *sheet pile* beton adalah Rp. 799.456.022,39 atau sekitar 21,34 %, yang artinya biaya *sheet pile* beton lebih rendah. Sedangkan selisih biaya konstruksi dinding kantilever (ketebalan 0,8 m) terhadap konstruksi dinding kantilever yang dioptimalkan (ketebalan 0,4 m) adalah Rp. 1.176.767.135,98 atau sekitar 31,42 %. Sehingga diketahui dinding kantilever yang dioptimalkan memiliki biaya terendah dibanding konstruksi dinding kantilever (ketebalan 0,8 m) dan konstruksi *sheet pile* beton.

Perbedaan biaya tersebut diakibatkan oleh perbedaan volume pekerjaan dinding kantilever, dimana dengan mengurangi ketebalan dinding, maka volume pekerjaan beton dan baja tulangan untuk dinding kantilever juga berkurang. Pengurangan ini berbanding lurus dengan berkurangnya nilai momen izin struktur, namun masih mampu untuk menahan momen akibat pembebanan yang terjadi.

KESIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh dalam penelitian ini antara lain:

- a. Rencana Anggaran Biaya (RAB) yang dibutuhkan untuk membuat konstruksi dinding penahan tanah tipe kantilever adalah Rp. 3.744.771.892,83 dengan persentase material, peralatan, dan tenaga kerja adalah 89,63%, 4,75%, dan 5,62%. Hasil perhitungan momen izin struktur dinding kantilever adalah 2984,46 kNm, jauh lebih besar dibandingkan momen akibat pembebanan yaitu 259,45 kNm. Sedangkan RAB yang dibutuhkan untuk membuat konstruksi dinding penahan tanah tipe *sheet pile* beton adalah Rp. 2.945.315.870,44 dengan persentase material, peralatan, dan tenaga kerja adalah 81,84%, 16,23%, dan 1,92%. Hasil perhitungan momen izin struktur *sheet pile* beton adalah 395,92 kNm, lebih besar dibandingkan momen akibat pembebanan yaitu 327,52 kNm.
- b. Dinding kantilever dioptimalkan dengan cara mengganti ketebalan dinding dari 0,8 m menjadi 0,4 m dan ketebalan pelat pondasi dari 0,8 menjadi 0,5 m (memenuhi persyaratan SNI 8460-2017). Hasil perhitungan momen izin struktur dinding adalah 605,66 kNm, lebih besar dibandingkan momen akibat pembebanan yaitu 315,45 kNm. RAB yang dibutuhkan untuk membangun konstruksi dinding adalah Rp. 2.568.004.756,85, dengan persentase material, peralatan, dan tenaga kerja adalah 90,01%, 5,19%, dan 4,80%.
- c. Perbandingan RAB dinding kantilever terhadap *sheet pile* beton dan dinding kantilever yang dioptimalkan adalah 21,34% dan 31,42%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa konstruksi dinding kantilever yang dioptimalkan memiliki biaya terendah dibandingkan konstruksi *sheet pile* beton dan desain rencana dinding kantilever.

SARAN

Dari kesimpulan yang didapat dalam penelitian ini, penulis memberikan saran sebagai berikut:

- a. *Stakeholder* konstruksi dapat mempertimbangkan kembali pemilihan struktur dinding penahan tanah dalam perencanaan kawasan *landmark* Dermaga Muara Bulian baik itu menggunakan tipe kantilever maupun *sheet pile* beton.

- b. Konstruksi dinding penahan tanah tipe *sheet pile* beton dapat dijadikan alternatif pemilihan jenis konstruksi di Kabupaten Batanghari yang belum pernah melakukan pekerjaan konstruksi menggunakan produk *precast*.
- c. Konstruksi dinding penahan tanah tipe kantilever yang dioptimalkan terbukti lebih murah dan masih mampu menahan momen akibat pembebanan yang terjadi. Perubahan dapat dilakukan tidak hanya ketebalan dinding kantilever, namun juga pada plat dan lebar pondasi.
- d. Pemilihan pondasi tiang pancang juga dapat dipertimbangkan kembali, mengingat tiang pancang baja rawan akan terjadinya korosi.

DAFTAR PUSTAKA

Sumber : Artikel dalam Jurnal

- [1] Bambang Istijono & Abdul Hakam. "Comparison Study of Stabilization Work using Sheet Piles made of Reinforced Concrete-Steel-Vinyl". *IJESE*: Vol. 08, No 04. Agustus 2015, P.P 1595-1599.
- [2] Shravya Donkada & Devdas Menon. "Optimal design of reinforced concrete retaining walls. *The Indian Concrete Journal*". India, April 2012.
- [3] S.S Patil & A. A. R. Bagban. "Analysis and Design of Reinforced Concrete Stepped Cantilever Retaining Wall". *IJRET:Volume 04, Issue 02*, Februari. 2015.
- [4] Rafi Nugraha. "Evaluasi Pengujian *Ground Anchor* Berdasarkan SNI 8460-2017". *Jurnal Rekayasa Lingkungan Terbangun Berkelanjutan*. Jakarta: Universitas Trisakti, 2020.
- [5] Yusuf Amran & Dona Kurniawan. "Perencanaan Dinding Penahan Tanah Sungai Way Batanghari Kota Metro dengan Metode *Revetment Retaining Wall*". *Jurnal TAPAK Vol 6*. Lampung: Universitas Muhammadiyah Metro, 2017.

Sumber : Buku

- [6] Dipohusodo, Istimawan. "Struktur Beton Bertulang". Jakarta: Gramedia Pustaka, 1994.
- [7] Hardiyatmo, Hary Christady. "Analisa dan Perencanaan Fondasi 1". Yogyakarta: Gadjah Mada University, 2019.
- [8] Simatupang, Pintor Tua. "Modul Jenis Turap Kantilever". UMB: Pusat Pengembangan Bahan Ajar, 2008.

[9] Soeharto, Iman. "Manajemen Proyek: Dari Konseptual Sampai Operasional Jilid 1". Jakarta: Erlangga, 1999.

Sumber : Skripsi/Tesis/Disertasi

[10] Ketut Ngurah. "Perencanaan Dinding Penahan Tanah Tipe Kantilever dengan Pembebanan Abutmen Jembatan". Bali: UNUD, 2016.

Sumber : Standar

[11] SNI 8460. "Persyaratan Perancangan Geoteknik". Jakarta: Badan Standarisasi Nasional, 2017.