

Analisis Penggunaan Bekisting Konvensional, Baja dan Sistem Peri dari Segi Biaya pada Struktur Pier Konstruksi Ramp On/Off Jalan Tol

Hamonangan Girsang¹

¹Jurusan Teknik Sipil, Universitas Mercu Buana, Jakarta
email: hamonangan.girsang@mercubuana.ac.id

Received: 29-01-2023. Revised: 27-07-2023. Accepted: 27-07-2023.

Abstract

Formwork is a concrete mold reference or temporary structural element in the work of construction that also contributes to the cost of project implementation, several types of formworks used in the construction works are conventional, steel, aluminum, peri-system, fiberglass, that's will make their contribution in the implementation of concrete construction structures. The selection for use of the formwork method are important role in achieving the success of the structural work, especially in the terms of cost because it is necessary to do a thorough analysis related to the formwork material used and the method of implementation. This study aimed to compare the costs of using polymer system peri formwork, conventional formwork, and steel plate formwork in pier structure construction work.

This research focused on the construction structure being reviewed, as the pier structure consisting of pilecap, column and pierhead using a quantitative descriptive analysis method, data obtained from various sources, to calculate volume of the pier structure and analysis the unit price for fabrication and formwork installation and found the cost, then proceed by comparing the costs were required for each formwork.

After conducting an analysis of use the formwork on the pier structure reviewing the cost performance, the formwork materials of polymer system took the cheapest position which requires IDR 773,879,700,- and the most expensive conventional formwork materials which required costs IDR 1,033,714,730,- and using steel formwork costs was IDR 1,091,953,197,- with a price index comparison of the three formwork materials being 1 : 1.3 : 1.4

Key words: formwork; cost; index; peri-system; conventional; steel

Abstrak

Bekisting merupakan acuan cetakan beton atau elemen struktur sementara dalam dunia konstruksi yang turut memberikan kontribusi biaya dalam pelaksanaan proyek, beberapa jenis bekisting diantaranya konvensional, baja, aluminium, peri sistem, fiberglass akan memberikan kontribusi tersendiri dalam pelaksanaan struktur konstruksi beton. Pemilihan penggunaan metode bekisting berperan penting dalam pencapaian keberhasilan suatu pekerjaan struktur terutama dalam hal biaya karena itu perlu dilakukan analisis yang matang terkait dengan material bekisting yang digunakan serta metode pelaksanaan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan harga biaya penggunaan bekisting peri sistem polimer, bekisting konvensional, dan bekisting plate baja dalam pekerjaan konstruksi struktur pier.

Penelitian ini fokus pada struktur konstruksi yang ditinjau yaitu struktur *pier* yang terdiri dari pilecap, column dan *pierhead* dengan menggunakan metode analisis deskriptif kuantitatif yaitu dari data-data yang didapatkan dari berbagai sumber dihitung volume struktur *pier*, dianalisa harga satuan pekerjaan fabrikasi maupun pemasangan bekisting yang ditinjau sehingga mendapatkan biaya, lalu dilanjutkan dengan membandingkan biaya yang diperlukan untuk setiap bekisting.

Setelah dilakukannya analisis penggunaan bekisting pada struktur *pier* dengan meninjau kinerja biaya, dihasilkan penggunaan bahan bekisting peri sistem polimer menempati posisi paling murah yang memerlukan biaya IDR 773.879.700,- dan dengan bahan bekisting konvensional paling mahal yang membutuhkan biaya IDR 1.033.714.730,- serta dengan menggunakan bekisting bahan baja memerlukan biaya IDR 1.091.953.197,- dengan indeks harga perbandingan ketiga bahan bekisting tersebut adalah 1 : 1.3 : 1.4

Kata kunci : bekisting; biaya; indeks; peri sistem; konvensional; baja

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi yang sudah memasuki era 4.0, memberikan dampak yang signifikan terhadap industri konstruksi secara khusus penggunaan bekisting, yang mana teknologi pembuatan, pemasaran bahkan pemasangan sangat cepat dipublikasikan lewat era teknologi berbasis digital sehingga memberikan opsi pilihan jenis dan tipe bekisting kepada para pelaku konstruksi kontekstualnya terhadap efisiensi.

Bekisting adalah cetakan sementara yang digunakan untuk menahan beton selama beton dituang dan dibentuk sesuai dengan yang diinginkan. karena berfungsi sebagai cetakan sementara maka bekisting akan dilepas apabila beton yang dituang telah mencapai kekuatan yang diprasyarkan,

Menurut Ihsan (2020) saat ini pekerjaan bekisting berkembang dengan banyaknya metode serta bahan yang digunakan yang mempengaruhi terhadap biaya dan waktu pelaksanaan pekerjaannya. beberapa bahan bekisting saat ini yang sering digunakan adalah bekisting kayu lapis yaitu perpaduan dari *triplex* beserta balok kayu yang biasa disebut bekisting konvensional, bekisting baja yaitu perpaduan antara pelat baja dengan besi *hollow* yang dapat dipergunakan berkali kali dengan catatan dimensi beton yang sama dan disebut juga bekisting *knock down*, bekisting peri sistem adalah bekisting dengan memanfaatkan sistem perangkat yang sudah tersedia misalnya bahan polimer, peri girder. ada juga bekisting aluminium adalah bekisting yang menggunakan perpaduan bahan-bahan aluminium. serta bekisting *fiberglass* yaitu bekisting yang bahannya terbuat dari *fiberglass*.

Pemilihan penggunaan bahan bekisting berperan penting dalam pencapaian keberhasilan suatu pekerjaan struktur konstruksi terutama dalam hal biaya, mutu dan waktu. Beberapa metode bekisting yang digunakan saat ini seiring perkembangan inovasi seperti yang disebutkan di atas adalah metode konvensional, baja, peri sistem, aluminium, *fiberglass* yang masing-masing mempunyai kelebihan dan kekurangan, seperti bekisting metode konvensional merupakan bekisting yang dipasang dan di bongkar dengan cara melepas komponen bekisting satu per satu bagian sehingga tatkala mau digunakan lagi akan dilakukan fabrikasi ulang

dan bahkan saat pekerjaan pembongkaran beberapa bagian dari bekisting tersebut telah mengalami kerusakan sehingga pemakaian bekisting konvensional lebih dari satu kali sangat terbatas. sedangkan bekisting metode semi sistem ialah bekisting yang menggunakan baja ringan *hollow* sebagai *frame* sebagai pengganti kayu pada bekisting konvensional, dan terlebih dahulu *hollow* difabrikasi dibentuk rangka dan kemudian ditutup dengan *plywood*, bekisting semi sistem dalam penelitian ini disebut bekisting konvensional sedangkan bekisting sistem adalah dengan memanfaatkan sistem perangkat yang sudah tersedia misalnya pada metode peri sistem polimer, baja, *fiberglass* dan aluminium, yang sudah difabrikasi dengan ukuran tertentu yang disebut dengan panel dan tinggal pemasangan panel tersebut di lokasi konstruksinya. sehingga metode bekisting sistem ini lebih aplikatif terhadap dimensi struktur yang relatif sama seperti pada kolom struktur, *pier*, balok dan lain sebagainya.

Pelaksanaan pembangunan konstruksi struktur beton sangat membutuhkan bekisting yang cukup besar kuantitasnya seperti material kayu digunakan pada bekisting konvensional, yang mana membutuhkan material kayu cukup banyak padahal harga kayu semakin hari semakin mahal serta ketersediaan kayu semakin menipis akhir-akhir ini. Jika digunakan dengan bekisting baja sangat membantu karena dapat dipakai berkali kali karena telah dipabrikasi terlebih dahulu dalam bentuk panel setelah itu baru dipasang di lokasi proyek konstruksi beton, tentu ukuran konstruksi beton yang sama akan menentukan sekali apakah bekisting baja tersebut bisa digunakan beberapa kali. Seiring dengan perkembangan teknologi konstruksi, salah satu upaya menghemat penggunaan kayu dan baja adalah dengan menggunakan sistem bekisting modern seperti peri sistem polimer, selain dapat mengurangi penggunaan kayu, peri sistem polimer dapat mengurangi biaya bekisting konstruksi karena penggunaannya dapat dilakukan berkali - kali tapi diperlukan peralatan yang memadai pada waktu instalasi bekisting tersebut dari segi waktu pekerjaannya juga mungkin lebih cepat, oleh karena itu, sehingga dengan melihat jenis, kelebihan serta kekurangan dari berbagai bekisting, dilakukan penelitian ini dengan tujuan untuk menganalisis serta membandingkan indeks efisiensi antara

bekisting semi konvensional, bekisting baja dan peri sistem polimer dari segi biaya, sehingga nantinya tatkala perencanaan *budget* proyek struktur beton telah menentukan pilihan metode bekisting yang digunakan.

Penelitian terhadap tipe dan bahan bekisting pada industri konstruksi sudah ada dilakukan sebelumnya seperti meninjau kinerja biaya, kinerja waktu pada berbagai jenis industri. berikut ini dipaparkan tujuh (7) penelitian terdahulu yang relevan dengan topik penelitian ini antara lain *Analysis Comparison of Plate and Beam Formwork Using Semi Conventional Formwork with Aluminium Formwork System in Terms of Cost and Duration on Vasanta Innopark Project*, dimana penelitian ini dikhususkan untuk meneliti *plate slab* dan balok pada bangunan gedung dengan analisis bahan bakisting dari aluminium dan konvensional dan hasil penelitian didapatkan dari segi biaya bekisting semi konvensional lebih murah dibandingkan dengan bekisting bahan aluminium dan segi waktu pengerjaan bekisting semi konvensional memerlukan waktu hampir dua kali dari bekisting aluminium, ada juga penelitian terdahulu Penerapan *Value Engineering* dalam pemilihan jenis bekisting kolom beton pada konstruksi gedung bertingkat, penelitian ini khusus meninjau bekisting kolom pada bangunan gedung dan dari penelitian ini dihasilkan bahwa bekisting metode aluminium merupakan alternatif terbaik untuk digunakan. Penelitian terdahulu Analisis Penghematan Biaya Penggunaan Bekisting Pelat Lantai Konvensional Model Panel Pada Bangunan Tipikal yang dilakukan sebagai studi kasus pada proyek *Amartha Residence*, dan hasil yang didapatkan dari penelitian ini adalah bekisting metode panel lebih hemat dan dapat dipergunakan sampai enam kali sehingga dapat melakukan efisiensi biaya. Penelitian terdahulu selanjutnya adalah Tingkat efisiensi biaya pekerjaan bekisting struktur *core wall* menggunakan metode semi sistem dan *climbing system* dan penelitian ini menghasilkan metode semi sistem lebih mahal bila dibandingkan dengan *climbing system* dengan perbandingan 1.28 dan 1. Literasi penelitian yang dipaparkan ini didapatkan dari berbagai penelitian terdahulu yang bersumber dari jurnal internasional, nasional, skripsi, tesis pada proyek konstruksi terkait bekisting secara kinerja biaya dan *value engineering* seperti dibawah ini.

1. *Analysis comparison of plate and beam formwork using semi conventional formwork with aluminium formwork system in terms of cost and duration on Vasanta Innopark Project*, dihasilkan biaya lebih murah dan waktu lebih cepat menggunakan bekisting aluminium bila dibandingkan dengan bekisting semi konvensional, (Cahyani & Handayani, 2021).
2. Penerapan *Value Engineering* dalam pemilihan jenis bekisting kolom beton pada konstruksi gedung bertingkat, penelitian ini menghasilkan bekisting aluminium adalah alternatif terbaik pada pekerjaan struktur kolom, serta dari segi kualitas hasil cetakan beton merupakan kriteria yang paling berpengaruh terhadap pekerjaan instalasi bekisting kolom, (Jane Sekarsari Tamtana, 2020).
3. *Study of Tunnel Formwork System & Comparative Analysis with Conventional Formwork and the results is will reduce cost by 40% and time by 60% when comparison with conventional form work*, (Aakanksha & Chaudhary, 2017).
4. I Made Pandu Weda Wiguna, I Gusti Agung Adnyana Putera, G.A.P Candra Dharmayanti (2018), Analisis Penghematan Biaya Penggunaan Bekisting Pelat Lantai Konvensional Model Panel Pada Bangunan Tipikal Studi Kasus Pada Proyek *Amartha Residence*, dihasilkan bekisting pelat lantai dengan menggunakan metode panel dapat menghemat biaya sebesar 69% dari rencana awal anggaran biaya.
5. Tingkat Efisiensi Biaya Pekerjaan Bekisting Struktur *Core Wall* Menggunakan Metode Semi Sistem dan *Climbing System* dihasilkan upah pekerjaan bekisting metode semi sistem lebih murah atau efisien dari pada bekisting metoda *climbing system*, (Wahyudi & Boer, 2019).
6. Irriene Indah Susanti (2019), Analisa Perbandingan Metode Konvensional, Desklab dan Bondek pada Pekerjaan Bekisting Jembatan Girder Tipe I pada Proyek Jalan Tol Bogor - Ciawi – Sukabumi, dari hasil analisis disimpulkan dalam pekerjaan bekisting pelat lantai

jembatan pilihan yang tepat adalah dengan metode menggunakan *bondex*.

7. Analisa perbandingan penggunaan bekisting konvensional, semi sistem, dan sistem (peri) pada kolom gedung bertingkat, dan dihasilkan dari analisis waktu, menggunakan bekisting sistem (PERI) sangat tepat dikarenakan durasi pelaksanaan pemasangannya paling cepat. analisis dari segi biaya, bekisting semi sistem lebih tepat karena biaya yang dibutuhkan dalam pekerjaan tersebut paling murah, (Karya & Sipil, 2017).

Penelitian terdahulu yang subjek terhadap bekisting telah dilakukan penelitian sejenis terkait kinerja biaya, kinerja waktu dan *value engineering* pada proyek perumahan, konstruksi gedung dengan analisis pada bekisting konvensional, aluminium dan kayu, yang sangat berpengaruh terhadap metode pelaksanaan, berulangnya digunakan bekisting tersebut menjadi hal utama dalam menentukan perbandingan biaya, waktu. Secara khusus dengan manajemen biaya faktor lokasi dan jenis proyek akan sangat menentukan pemilihan metode bekisting yang digunakan, seperti bangunan konstruksi beton di bawah air akan lebih tepat digunakan metode bekisting baja, dan secara khusus di konstruksi struktur beton pier pada penelitian ini menggunakan peri sistem polimer karena termasuk keterbatasan lahan area *workshop* di lokasi proyek. Lokasi dan tinjauan proyek struktur pier inilah yang menjadi keterbaruan penelitian ini, bila dibandingkan dengan penelitian-penelitian terdahulu.

Pekerjaan bekisting mulai dari fabrikasi sampai pemasangan dilakukan oleh manusia dan bantuan peralatan mesin, bahkan dengan semakin berkembangnya teknologi pada Sebagian bekisting telah banyak menggunakan bantuan mesin serta mengurangi jumlah pekerja tenaga manusia bila dibandingkan dengan bekisting konvensional, terkait hal ini dalam penelitian ini dari segi tenaga kerja serta dihubungkan dengan proyek padat karya yang dicanangkan oleh pemerintah, yang mana merupakan kegiatan pembangunan yang lebih banyak menggunakan tenaga manusia jika dibandingkan dengan tenaga mesin, dengan tujuan utama dari program padat karya adalah untuk membuka lapangan kerja bagi masyarakat, terutama yang mengalami kehilangan penghasilan atau pekerjaan tetap.

begitu juga dengan bekisting peri sistem polimer tetap sejalan dengan program pemerintah yang melibatkan pemakaian tenaga manusia dan mesin mesin seperti proses fabrikasi bekisting peri seperti sistem polimer, vario sgrz, dan lain sebagainya tetap dilakukan oleh tenaga manusia kombinasi dengan mesin-mesin produksi walaupun jumlah manusianya kurang lebih 60% dari bekisting konvensional, dan pada saat instalasi di lokasi proyek tetap dilakukan kombinasi manusia dan peralatan serta di sini lebih banyak manusianya dari pada peralatan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dimulai dari studi berbagai literatur dilanjutkan pengumpulan data, kemudian dilakukan analisis kuantitas yang dilanjutkan analisa harga bekisting setiap tipe yang ditinjau, dari harga yang didapatkan dilanjutkan analisis indeks perbandingan harga bekisting seperti yang dipaparkan langkah urutan pelaksanaan penelitian dengan skematis yaitu Pengumpulan data dilakukan dengan data primer, data sekunder. Data primer tersebut adalah yang meliputi gambar struktur konstruksi *ramp on* dan *ramp off* jalan tol yang telah di *approval*, harga material, harga transportasi, upah tenaga kerja, harga instalasi. tentu sebelum pengumpulan data tersebut dilakukan terlebih dahulu studi literatur yang relevan yang meliputi pengertian dan bagian konstruksi *pier ramp on/off* jalan tol, perhitungan biaya konstruksi, analisis kelayakan, peraturan-peraturan pemerintah terkait inovasi teknologi sistem digitalisasi, dan dilanjutkan dengan melakukan perhitungan biaya dengan menggunakan bekisting konvensional, bekisting baja dan bekisting peri sistem polimer, tentu dalam menghitung biaya akan didahului dengan menghitung *bill of quantity* dan menentukan rencana anggaran biaya dari masing-masing tipe material bekisting, kemudian setelah mendapatkan rencana anggaran biaya masing-masing tipe bekisting dilanjutkan dengan perbandingan indeks biaya ketiga bekisting tersebut dan dilanjutkan dengan menarik kesimpulan dan saran.

Pada penelitian yang dilakukan kali ini adalah fokus pada efisiensi biaya dengan membandingkan metode bahan bekisting sistem semi konvensional, sistem baja dan peri sistem polimer secara khusus pada pekerjaan

struktur *pier* konstruksi *ramp on/off* pada jalan tol, yang dilakukan pada objeknya adalah pilar yang dibagi dalam tiga bagian yaitu *pile cap*, kolom dan *pier head*. Dalam menganalisis biaya akan ditinjau terhadap metode pelaksanaan, *reused* material bekisting, kecepatan konstruksi, keahlian tukang dan peralatan. Dalam analisis kuantitas, metodologi dan biaya tetap menerapkan kaidah manajemen proyek secara khusus manajemen biaya, inisiasi, *scope*, *resources* dan *stakeholder* yang merujuk ke PMBOK.

Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini dijelaskan seperti di bawah ini:

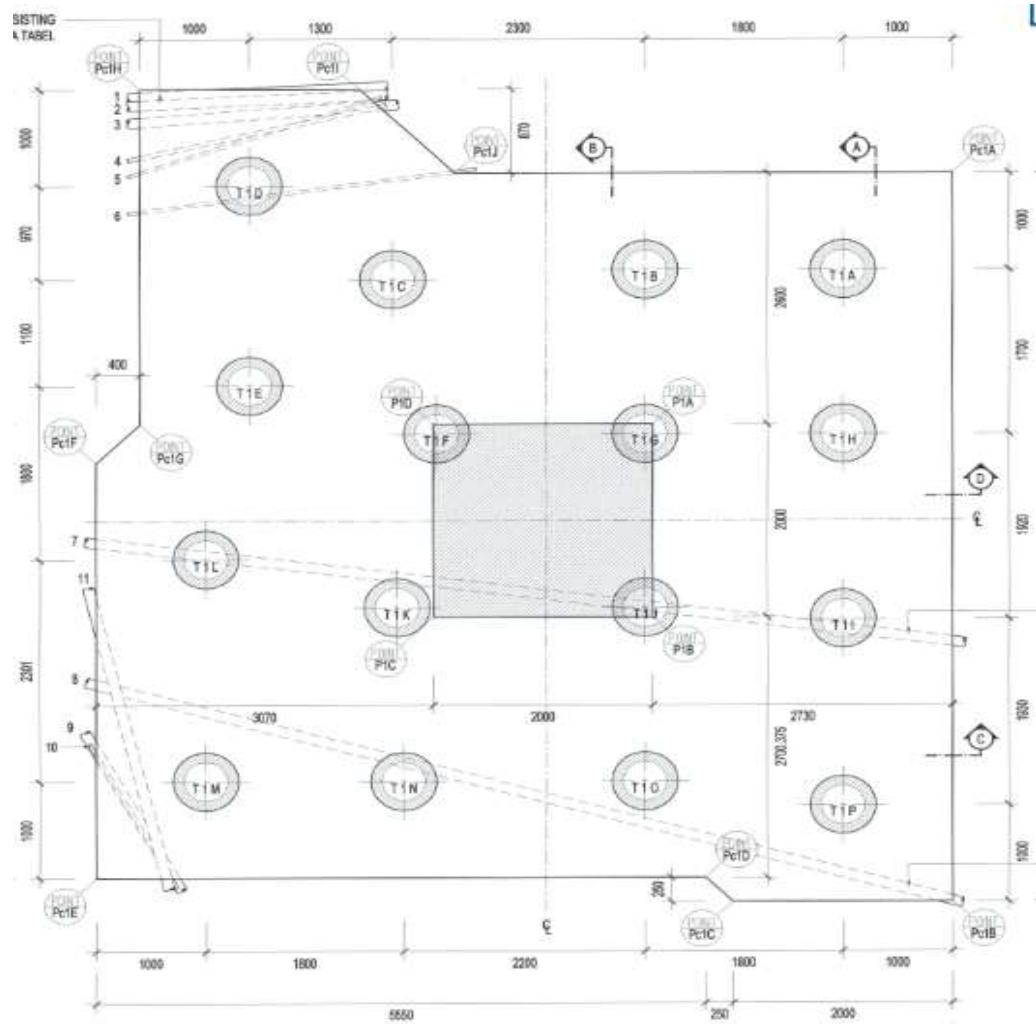
1. Pengumpulan data Sekunder.
Data sekunder yang diperlukan adalah gambar *layout ramp on/off* jalan tol, gambar detail struktur *pier*, harga material, harga peralatan, biaya tenaga kerja, harga peri sistem, harga transportasi material/*equipment* ke lokasi proyek, diperhitungkan dengan matang mengingat akan terbatasnya sarana, prasarana yang menyangkut akses ke lokasi.
2. Analisa daftar kuantitas atau *Bill of Quantity* (BOQ).
Perhitungan daftar kuantitas bekisting konvensional, bekisting baja dan bekisting poli sistem polimer didahului dengan melakukan langkah dibawah ini.
 - a. Dari detail gambar struktur *pier* yang komplit mulai dari pondasi sampai *pier head* dan telah disetujui oleh pemilik proyek dilakukan perhitungan daftar kuantitas masing-masing pekerjaan yang dibagi dalam 3 kategori *pile cap*, kolom dan *pier head*.
 - b. Dari sekian banyak *pier* disatukan volume bekisting dengan kategori yang sama (*pile cap*, kolom dan *pier head*), sehingga akan menemukan volume keseluruhan bekisting untuk *pile cap*, kolom dan *pier head*.
 - c. Tentu tetap memperhatikan ukuran panel bekisting baja dan poli sistem polimer dengan bentuk dan ukuran struktur konstruksi beton *pier*
3. Perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB).
Perhitungan Rencana Anggaran Biaya dilakukan dengan analisis terhadap harga satuan yang dilakukan pada:
 - a. Harga satuan pada bekisting konvensional untuk menemukan harga per meter persegi yang terdiri dari

- harga material, upah pekerja dan biaya peralatan/*tolls* yang digunakan.
 - b. Harga satuan pada bekisting baja untuk menemukan harga per meter persegi yang terdiri dari harga material pelat baja, harga material *frame* baja, upah pekerja dan biaya peralatan/*tools* yang digunakan.
 - c. Harga satuan pada bekisting poli sistem polimer dalam menemukan harga per meter persegi yang terdiri dari harga material, upah pekerja dan biaya peralatan/*tools* yang digunakan.
4. Setelah menemukan harga satuan masing-masing pekerjaan pada tiga (3) tinjauan *pile cap*, kolom dan *pier head* yang menggunakan masing-masing metode bekisting maka akan dihasilkan total harga pekerjaan pada *pier* dengan menggunakan bekisting konvensional, bekisting baja dan poli sistem polimer.
5. Dari total harga pembagian *pile cap*, kolom dan *pier head* pada *pier* dijumlahkan akan diketemukan total harga *pier* dengan menggunakan masing-masing bekisting dan akan didapatkan perbandingan.
6. Dari analisis perbandingan harga yang telah didapatkan dilanjutkan dengan memaparkan kesimpulan dan saran dalam bentuk laporan penelitian.

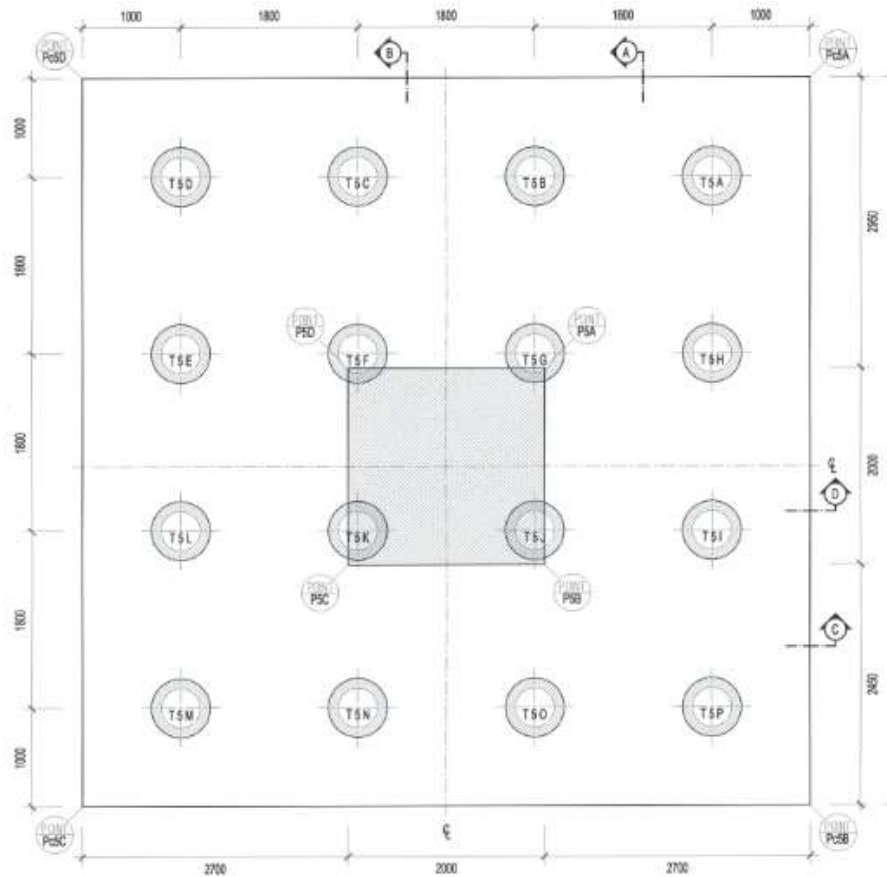
HASIL DAN PEMBAHASAN

Struktur *Pier* yang terdiri dari *pile cap*, kolom dan *pier head* pada konstruksi *ramp on/off* jalan tol Becakayu yang terdiri dari bentuk serta tipe struktur *pier* PN1 sampai dengan PN10 dan yang membedakan adalah dimensi dan bentuk *pile cap* yang disesuaikan dengan kondisi lahan, sementara kolom *pier* adalah memiliki ukuran relatif sama 2 meter x 2 meter serta yang membedakan adalah tinggi kolom dan *pier head* relatif sama hanya beberapa ada yang berbeda dimensinya, seperti yang diperlihatkan pada beberapa bagian gambar *pier* seperti Denah dan bentuk struktur *pile cap* *Pier* PN1 pada Gambar 1, Denah dan bentuk struktur *pile cap* *Pier* PN5 pada gambar 2, Denah dan bentuk struktur *pile cap* *Pier* PN6 pada Gambar 3, Bentuk dan dimensi

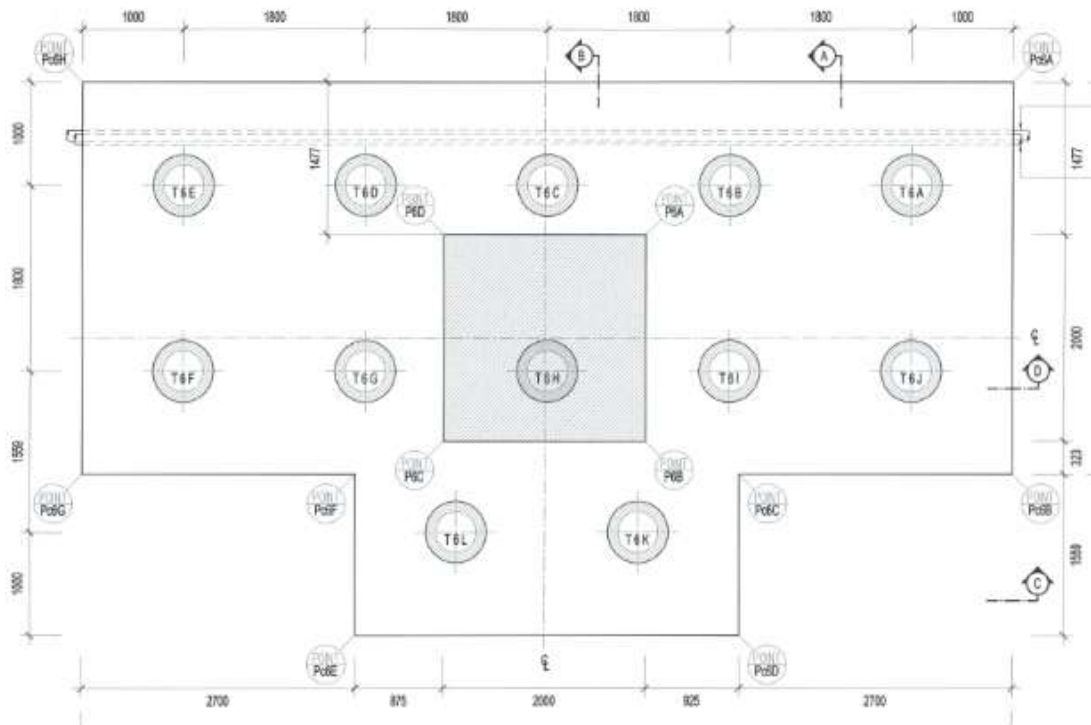
kolom *Pier* PN1 pada Gambar 4, Bentuk struktur *Pier Head* PN1 pada Gambar 5.



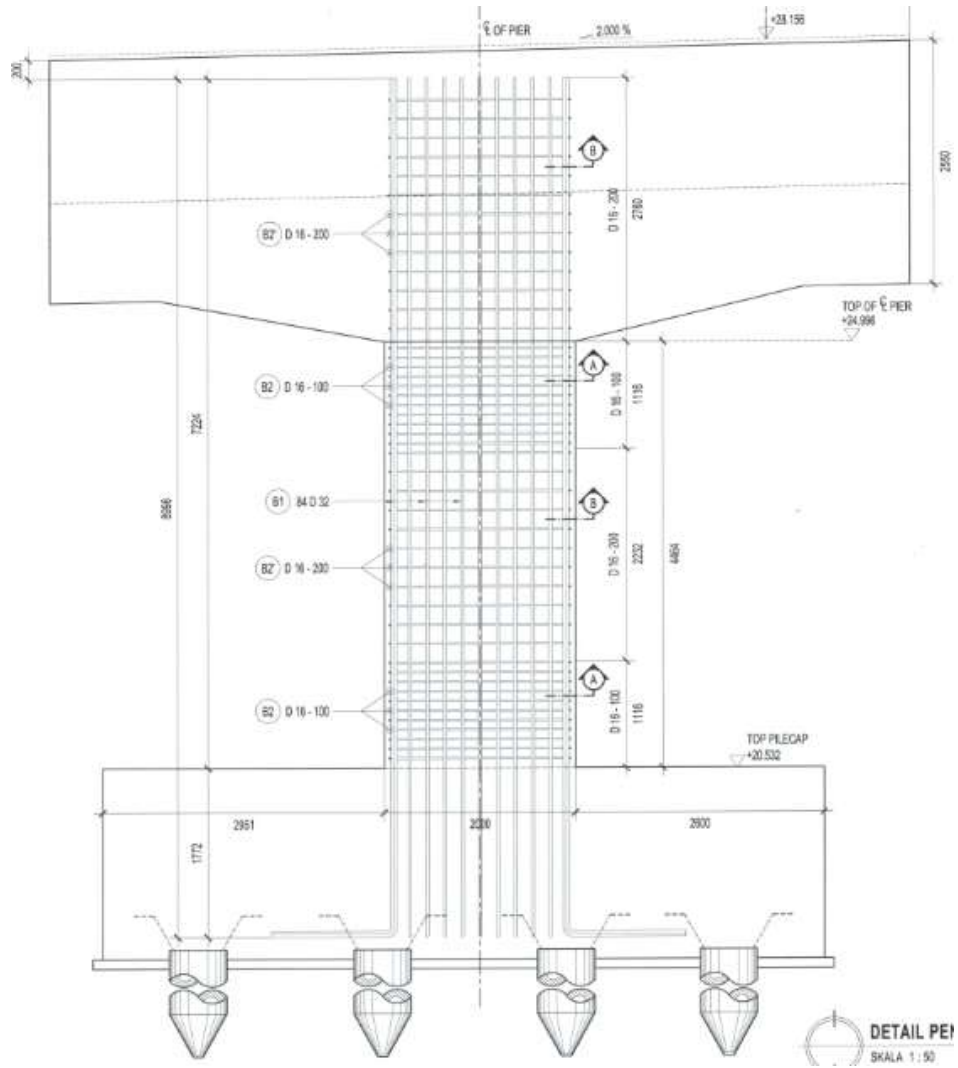
Gambar 1. Denah dan bentuk struktur *pile cap* *Pier* PN1



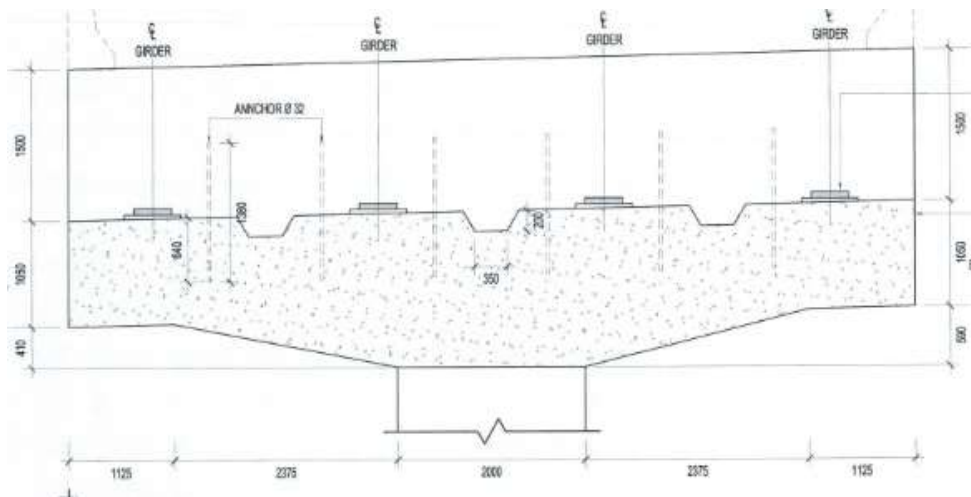
Gambar 2. Denah dan bentuk struktur *pile cap* Pier PN5



Gambar 3. Denah dan bentuk struktur *pile cap* Pier PN6



Gambar 4. Bentuk dan dimensi kolom *Pier* PN1



Gambar 5. Bentuk struktur *Pier Head* PN1

selanjutnya dilakukan perhitungan luasan dalam meter persegi pada struktur *pier* yang fokus pada *pile cap*, kolom dan *pier head* berdasarkan ukuran dan dimensi dari PN1 sampai PN10 yang dipaparkan dalam tabel 1.

Tabel 1. Luasan perbagian struktur *pier*

	Deskripsi Pier	Unit	Ramp On	Ramp Off	Total	
PN1	Pile Cap	Keliling	m	31.32	31.32	62.64
		Tinggi	m	2.00	2.00	4.00
		Luas	m ²	62.64	62.64	125.28
PN1	Kolom	Keliling	m	8.00	8.00	16.00
		Tinggi	m	4.46	4.46	8.92
		Luas	m ²	35.68	35.68	71.36
PN1	Luas Pier Head	Wall side	m ²	79.30	79.30	158.60
		Bottom side	m ²	36.00	36.00	72.00
		Keliling	m	29.21	29.21	58.42
PN2	Pile Cap	Tinggi	m	2.00	2.00	4.00
		Luas	m ²	58.42	58.42	116.84
		Keliling	m	8.00	8.00	16.00
PN2	Kolom	Tinggi	m	5.13	5.13	10.26
		Luas	m ²	41.04	41.04	82.08
		Wall side	m ²	79.30	79.30	158.60
PN2	Luas Pier Head	Bottom side	m ²	36.00	36.00	72.00
		Keliling	m	29.50	29.50	59.00
		Tinggi	m	2.00	2.00	4.00
PN3	Pile Cap	Luas	m ²	59.00	59.00	118.00
		Keliling	m	8.00	8.00	16.00
		Tinggi	m	5.62	5.62	11.24
PN3	Kolom	Luas	m ²	44.96	44.96	89.92
		Wall side	m ²	81.19	81.19	162.38
		Bottom side	m ²	37.24	37.24	74.48
PN4	Pile Cap	Keliling	m	33.70	33.70	67.40
		Tinggi	m	2.00	2.00	4.00
		Luas	m ²	67.40	67.40	134.80
PN4	Kolom	Keliling	m	8.00	8.00	16.00
		Tinggi	m	5.92	5.92	11.84
		Luas	m ²	47.36	47.36	94.72
PN4	Luas Pier Head	Wall side	m ²	77.17	77.17	154.33
		Bottom side	m ²	34.60	34.60	69.20
		Luas	m ²	58.52	58.52	117.04
PN5	Pile Cap	Keliling	m	53.92	53.92	107.84
		Tinggi	m	2.00	2.00	4.00
		Luas	m ²	53.92	53.92	107.84
PN5	Kolom	Keliling	m	8.00	8.00	16.00
		Tinggi	m	5.92	5.92	11.84
		Luas	m ²	47.36	47.36	94.72
PN5	Luas Pier Head	Wall side	m ²	73.63	73.63	147.25
		Bottom side	m ²	32.28	32.28	64.56
		Luas	m ²	58.52	58.52	117.04

	Deskripsi Pier	Unit	Ramp On	Ramp Off	Total		
PN6	Pile Cap	Luas	m ²	58.40	58.40	116.80	
		Kolom	Luas	m ²	57.84	57.84	115.68
		Luas Pier Head	Wall side	m ²	69.42	69.42	138.84
PN6	Luas Pier Head	Bottom side	m ²	29.52	29.52	59.04	
		Pile Cap	Luas	m ²	58.40	58.40	116.80
		Kolom	Luas	m ²	58.80	58.80	117.60
PN7	Pile Cap	Luas	m ²	65.27	65.27	130.54	
		Kolom	Luas	m ²	26.8	26.8	53.6
		Luas Pier Head	Wall side	m ²	51.20	51.20	102.40
PN7	Luas Pier Head	Bottom side	m ²	59.84	59.84	119.68	
		Pile Cap	Luas	m ²	50.00	50.00	100.00
		Kolom	Luas	m ²	24.00	24.00	48.00
PN8	Pile Cap	Luas	m ²	51.20	51.20	102.40	
		Kolom	Luas	m ²	64.48	64.48	128.96
		Luas Pier Head	Wall side	m ²	49.50	49.50	99.00
PN8	Luas Pier Head	Bottom side	m ²	23.60	23.60	47.20	
		Pile Cap	Luas	m ²	44.92	44.92	89.84
		Kolom	Luas	m ²	65.20	65.20	130.40
PN9	Pile Cap	Luas	m ²	48.00	48.00	96.00	
		Kolom	Luas	m ²	22.40	22.40	44.80
		Luas Pier Head	Wall side	m ²	48.00	48.00	96.00
PN9	Luas Pier Head	Bottom side	m ²	22.40	22.40	44.80	

Perhitungan biaya bekisting dilakukan dengan menganalisis harga satuan pekerjaan pada setiap bagian struktur *pier* dengan bahan bekisting yang ditinjau, baik penggunaan material, tenaga kerja, peralatan serta bahan pendukung yang digunakan seperti bahan *scaffolding* dan lain sebagainya baik dalam tahap fabrikasi maupun dalam tahap ereksi, secara khusus bekisting peri sistem bahan polimer (PSP) harga satuan pekerjaan, koefisien didapatkan dari harga kesepakatan dengan sub kontraktor, sedangkan bekisting konvensional analisa harga satuan diambil dari kebutuhan pemakaian material dengan harga pasar, sedangkan koefisien produktivitas menggunakan koefisien yang diterbitkan oleh balitbang Pekerjaan Umum, dan bekisting pelat baja (BSP) koefisien material dan tenaga kerja yang digunakan adalah berasal dari koefisien internal perusahaan kontraktor spesialisasi konstruksi baja yang mempunyai *workshop* pabrikan dan instalasi berlokasi di Cibubur Jakarta. Biaya bekisting yang ditinjau pada penelitian ini adalah dibatasi hanya pada *direct cost* yang meliputi material, tenaga kerja

dan peralatan. selanjutnya akan di paparkan perhitungan biaya setiap bahan bekisting yang diteliti pembagian dalam struktur *pier* sebagai berikut:

1. Perhitungan biaya bekisting Peri Sistem bahan Polimer (PSP)
 Peri Sistem bahan polimer yang digunakan dalam proyek penelitian ini terdiri dari panel yang berukuran 135 cm x 90 cm yang sudah di pabrikan di pabrik, seperti Peri Sistem Polimer dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Peri Sistem Polimer (PSP)

Panel peri sistem bahan polimer dilakukan transpor ke lokasi proyek selanjutnya di pasang pada struktur *pier* dengan berbagai tambahan aksesoris seperti *Push pull prop RS 450*, *Tie rod*, *corner connector* seperti Peri Sistem Polimer dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Peri Sistem Polimer (PSP)

- a. Bagian *pile cap* dari struktur *pier*
 Analisa harga satuan pekerjaan (AHSP) pada *pile cap* dari struktur *pier* ditampilkan seperti tabel 2.:

Tabel 2. AHSP bekisting peri sistem bahan polimer pada *pile cap*

Deskripsi	Unit	Koef	Harga Satuan	Jumlah Harga
<i>Material</i>				
Bekisting PSP	Set	1	32,324,260	32,324,260
Solar	Liter	60	9,200	552,000
<i>Tenaga Kerja</i>				
Pekerja	OH	4	120,000	480,000
Teknisi	OH	2	165,000	330,000
Mandor	OH	1	160,000	160,000
<i>Peralatan</i>				
Aksesoris	Ls	1	100,000	100,000
Total harga satuan				33,946,260

- b. Bagian kolom dari struktur *pier*
 Analisa harga satuan pekerjaan (AHSP) pada kolom dari struktur *pier* digambarkan seperti tabel 3 .

Tabel 3. AHSP bekisting peri sistem bahan polimer pada kolom

Deskripsi	Unit	Koef.	Harga Satuan	Jumlah Harga
<i>Material</i>				
Bekisting PSP	Set	1	36,364,680	36,364,680
Solar	Liter	60	9,200	552,000
Claimbing Bracket	Set	8	888,000	7,104,000
<i>Tenaga Kerja</i>				
Pekerja	OH	4	120,000	480,000
Teknisi	OH	2	165,000	330,000
Mandor	OH	1	160,000	160,000
<i>Peralatan</i>				
Lifting crane	Ls	1	1,500,000	1,500,000
Total harga satuan				46,490,680

- c. Bagian *pier head* dari struktur *pier*
 Analisa harga satuan pekerjaan (AHSP) pada *pier head* dari struktur *pier* digambarkan seperti tabel 4 .

Tabel 4. AHSP bekisting peri sistem bahan polimer pada *pier head*

Deskripsi	Unit	Koef.	Harga Satuan	Jumlah Harga
<i>Material</i>				

Bekisting PSP	Set	1	50,506,500	50,506,500
Solar	Liter	60	9,200	552,000
Shoring	Set	1	14,500,000	14,500,000
<i>Tenaga Kerja</i>				
Pekerja	OH	4	120,000	480,000
Teknisi	OH	2	165,000	330,000
Mandor	OH	1	160,000	160,000
<i>Peralatan</i>				
Lifting crane	Ls	1	1,500,000	1,500,000
Total harga satuan			68,028,500	

2. Perhitungan biaya bekisting *Conventional* (BC).

- a. Bagian *pile cap* dari struktur *pier*
Analisa harga satuan pekerjaan (AHSP) pada *pile cap* dari struktur *pier* seperti di tabel 5 .

Tabel 5. AHSP bakesting konvensional pada *pile cap*

Deskripsi	Unit	Koef.	Harga Satuan	Jumlah Harga
<i>Material</i>				
Bekisting paket	m2	1	449,584	449,584
Minyak bakesting	Liter	0.2	9,200	1,840
<i>Tenaga Kerja</i>				
Pekerja	OH	0.2	120,000	24,000
Tukang Kayu	OH	0.5	150,000	75,000
Kepala Tukang	OH	0.05	155,000	7,750
Mandor	OH	0.01	160,000	1,600
<i>Peralatan</i>				
Aksesoris	Ls	1	2,083	2,083
Total harga satuan per m2			561,858	
Total biaya bekisting konvensional 1 pile cap			32,363,003	

- b. Bagian kolom dari struktur *pier*
Analisa harga satuan pekerjaan (AHSP) pada kolom dari struktur *pier* digambarkan pada tabel 6.

Tabel 6. AHSP bakesting konvensional pada kolom

Deskripsi	Unit	Koef.	Harga Satuan	Jumlah Harga
<i>Material</i>				
Bekisting paket	m2	1	437,709	437,709
Minyak bekisting	Liter	0.2	9,200	1,840
<i>Tenaga Kerja</i>				
Pekerja	OH	0.2	120,000	24,000
Tukang Kayu	OH	0.5	150,000	75,000
Kepala Tukang	OH	0.05	155,000	7,750
Mandor	OH	0.01	160,000	1,600
<i>Peralatan</i>				
Lifting crane	Ls	1	27,412	27,412
Total harga satuan per m2			575,311	
Total biaya bekisting konvensional 1 kolom			31,481,038	

- c. Bagian *pier head* dari struktur *pier*
Analisa harga satuan pekerjaan (AHSP) pada *pier head* dari struktur *pier* digambarkan pada tabel 7.

Tabel 7. AHSP bekisting konvensional pada *pier head*

Deskripsi	Unit	Koef	Harga Satuan	Jumlah Harga
<i>Material</i>				
Bekisting paket	m2	1	458,948	458,948
Minyak bekisting	Liter	0.2	9,200	1,840
<i>Tenaga Kerja</i>				
Pekerja	OH	0.2	120,000	24,000
Tukang Kayu	OH	0.5	150,000	75,000
Kepala Tukang	OH	0.05	155,000	7,750
Mandor	OH	0.01	160,000	1,600
<i>Peralatan</i>				
Lifting crane	Ls	1	27,412	27,412
Total harga satuan per m2			596,551	
Total biaya bekesting konvensional 1 Pier head			65,286,490	

3. Perhitungan Biaya Bekisting Plate Baja (BSP)
 a. Bagian *pile cap* dari struktur *pier*
 Analisa harga satuan pekerjaan (AHSP) bekisting *plate* baja pada *pile cap* dari struktur *pier* seperti di tabel 8.

Tabel 8. AHSP bekisting pelat baja pada *pile cap*

Deskripsi	Unit	Koef	Harga Satuan	Jumlah Harga
<i>Material</i>				
Bekisting paket BSP	m2	1	549,577	549,577
Minyak bekisting	liter	0.2	9,200	1,840
<i>Tenaga Kerja</i>				
Pekerja	OH	0.0755	120,000	9,060
Tukang las	OH	0.5177	185,000	95,775
Operator	OH	0.0003	165,000	50
Mandor	OH	0.0043	160,000	688
<i>Peralatan</i>				
Mesin las	jam	0.23	37,500	8,625
Crane services	ls	1	27,412	27,412
Kawat las	kg	0.175	23,000	4,025
Total harga satuan per m2				697,051
Total biaya bekisting pelat baja (BSP) 1 <i>pile cap</i>				40,150,135

- b. Bagian kolom dari struktur *pier*
 Analisa harga satuan pekerjaan (AHSP) bekisting pelat baja pada kolom dari struktur *pier* seperti di tabel 9.

Tabel 9. AHSP bekisting pelat baja pada kolom

Deskripsi	Unit	Koef	Harga Satuan	Jumlah Harga
<i>Material</i>				
Bekisting paket BSP	m2	1	679,775	679,775
Minyak bekisting	Liter	0.2	9,200	1,840
<i>Tenaga Kerja</i>				
Pekerja	OH	0.0755	120,000	9,060
Tukang las	OH	0.5177	185,000	95,775

Operator	OH	0.0003	165,000	50
Mandor	OH	0.0043	160,000	688
<i>Peralatan</i>				
Mesin las	jam	0.23	37,500	8,625
Crane services	ls	1	27,412	27,412
Kawat las	kg	0.175	23,000	4,025
Total harga satuan per m2				827,249
Total biaya bekisting pelat baja (BSP) 1 kolom				45,267,054

- c. Bagian *pier head* dari struktur *pier*
 Analisa harga satuan pekerjaan (AHSP) bekisting *plate* baja pada *pier head* dari struktur *pier* seperti di tabel 10.

Tabel 10. AHSP bekisting pelat baja pada *pier head*

Deskripsi	Unit	Koef.	Harga Satuan	Jumlah Harga
<i>Material</i>				
Bekisting paket	m2	1	757,705	757,705
Minyak bekisting	Liter	0.2	9,200	1,840
<i>Tenaga Kerja</i>				
Pekerja	OH	0.0755	120,000	9,060
Tukang las	OH	0.5177	185,000	95,775
Operator	OH	0.0003	165,000	50
Mandor	OH	0.0043	160,000	688
<i>Peralatan</i>				
Mesin las	jam	0.23	37,500	8,625
Crane services	ls	1	27,412	27,412
Kawat las	kg	0.175	23,000	4,025
Total harga satuan per m2				905,179
Total biaya bekisting pelat baja (BSP) 1 <i>pier head</i>				99,062,800

4. Analisis Perbandingan Biaya Bekisting PSP; BC dan BSP
 Dari hasil analisa perhitungan kebutuhan bekisting PSP; BC dan BSP yang telah diuraikan sebelumnya dihasilkan untuk 1 buah struktur *pier* keperluan bekisting dari

bahan yang berbeda dalam konversi biaya disajikan pada tabel 11.

Tabel 11. Perbandingan biaya bekisting PSP; BC dan BSP untuk 1 buah *pier*

Struktur Pier	Harga Paket (IDR)		
	PSP	BC	BSP
Pile cap	33,946,260	32,363,003	40,150,135
Kolom	46,490,680	31,481,038	45,267,054
Pier head	68,028,500	65,286,490	99,062,800
Total	148,465,440	129,130,530	184,479,988

Penelitian ini dilakukan terhadap struktur *pier* yang berlokasi pada *ramp on* dan juga pada lokasi *ramp off*, yang mana struktur *pier* yang berlokasi pada *ramp on* sebanyak 10 buah, begitu juga struktur *pier* pada *ramp off* ada 10 buah juga, jadi total keseluruhan struktur *pier* dalam penelitian ini adalah 20 buah, sehingga analisa pembiayaan terhadap penggunaan bekisting adalah terhadap ke semuanya struktur *pier* yang terdapat pada konstruksi *ramp on* dan *ramp off* jalan tol yang ditinjau. Analisa penggunaan bekisting terhadap keseluruhan struktur *pier* dengan membandingkan bekisting PSP; BC dan BSP disajikan pada tabel 12.

Tabel 12. Perbandingan biaya bekisting PSP; BC dan BSP untuk seluruh *pier*

Struktur Pier	Harga Paket (IDR)		
	PSP	BC	BSP
Pile cap	678,925,200	647,260,062	803,002,691
Kolom	929,813,600	629,620,753	905,341,074
Pier head	1,360,570,000	1,305,729,794	1,981,256,001
Total	2,969,308,800	2,582,610,609	3,689,599,767

Dalam pelaksanaan pekerjaan bekisting pada proyek penelitian ini adalah dengan menggunakan bekisting poli sistem polimer (PSP) dan material PSP ini bisa digunakan berkali kali dengan catatan dimensi dan ukuran yang sama, dengan merujuk kepada ukuran dan dimensi struktur *pier* yang memiliki persamaan serta jadwal dan target yang dikehendaki pada pelaksanaan pekerjaan proyek

struktur *pier* ini bekisting PSP digunakan sebanyak 4 kali sehingga bekisting PSP disediakan di lapangan sebanyak 5 set, hal ini berarti 15 set bekisting PSP hanya diperhitungkan *cost installation* saja.

Untuk bekisting konvensional (BC) bahan *plywood* dan besi *hollow* digunakan sebanyak 3 kali maka untuk memenuhi keperluan bekisting struktur *pier* dipersiapkan dan dipabrikasi sebanyak 7 set di lokasi proyek, hal ini berarti 13 set bekisting konvensional lainnya digunakan berulang dan hanya diperhitungkan *cost installation* saja.

Sedangkan untuk bekisting bahan baja atau *steel plate* (BSP) untuk mencapai target jadwal pelaksanaan proyek dibatasi penggunaannya sebanyak 4 kali, sehingga bekisting BSP perlu dipabrikasi dan disiapkan sebanyak 5 set di lokasi proyek, dan untuk 15 set lagi dipakai berulang serta hanya diperhitungkan *cost installation* saja. *Cost installation* pada bekisting PSP, BC dan BSP adalah biaya yang ditimbulkan dari pemasangan yang meliputi upah tenaga kerja dan biaya peralatan yang diambil dari analisa harga satuan PUPR untuk BC dan internal kontraktor baja untuk BSP dan harga kontrak dengan sub kontraktor untuk PSP, di mana komponen upah tenaga kerja dan peralatan adalah meliputi pekerjaan fabrikasi dan pemasangan, sehingga berdasarkan pengamatan pelaksanaan proyek secara khusus yang berhubungan dengan pekerjaan fabrikasi dan pemasangan maka komponen biaya pemasangan 35% serta biaya fabrikasi 65%. Dengan pemakaian bekisting berulang seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya maka didapatkan pola pembiayaan pekerjaan bekisting pada setiap struktur *pier* yang ditinjau, dengan bahan bekisting yang digunakan pada setiap elemen struktur *pier* yang meliputi *pile cap*, kolom dan *pier head* didapatkan perbandingan biaya bekisting seperti tabel 13 .

Tabel 13. Perbandingan biaya bekisting PSP; BC dan BSP sesuai fabrikasi

Struktur Pier	Harga Paket (IDR)		
	PSP	BC	BSP
Pile cap	169,731,300	226,541,022	200,750,673
Kolom	232,453,400	220,367,264	226,335,269
Pier head	340,142,500	457,005,428	495,314,000
Cost installation	31,552,500	129,801,017	169,553,255
Total	773,879,700	1,033,714,730	1,091,953,197

Dari analisa perhitungan penggunaan bekisting PSP; BC dan BSP berbasis biaya yang mengacu kepada pemakaian berdasarkan pabrikasi serta yang digunakan secara berulang untuk mencapai pemenuhan kebutuhan seluruh struktur *pier* dihasilkan indeks perbandingan biaya PSP : BC : BSP adalah 1.0 : 1.3 : 1.4, sehingga ketika menggunakan bekisting peri sistem polimer 100%, dan jika menggunakan bekisting konvensional mencapai 130% serta jika digunakan bekisting baja akan mencapai 140%. Hasil ini menunjukkan penggunaan bekisting peri sistem polimer memberikan biaya yang paling murah jika dibandingkan dengan bekisting konvensional dan bekisting berbahan baja pada objek tinjauan adalah struktur *pier ramp on/off* jalan tol yang relatif tidak memiliki dimensi struktur yang seragam. Dengan tidak seragamnya dimensi struktur yang meliputi *pile cap*, kolom dan *pier* tentu akan terbatasnya pemakaian bekisting berulang secara khusus pada berbahan baja. Tren variabel yang dihasilkan 1 : 1.3 : 1.4 penelitian ini menunjukkan perbedaan yang cukup signifikan secara khusus pada bekisting berbahan baja dengan penelitian terdahulu yang dilakukan Irriene Indah Susanti (2019) penggunaan bekisting pada tinjauan konstruksi jembatan dihasilkan perbandingan antara bekisting *bond deck* : konvensional : *decks slab precast* adalah 1 : 1.6 : 4.5 dalam tinjauan per meter persegi. Hal ini lebih spesifik terhadap struktur yang ditinjau yang erat kaitannya dengan dimensi struktur dan berulangnya bekisting tersebut digunakan.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian dan analisis data yang telah dilakukan, maka pada pekerjaan struktur *pier ramp on* dan *ramp off* jalan tol dapat disimpulkan bahwa:

1. Penggunaan bekisting pada struktur pier yang ditinjau dari berbagai bahan sehingga dihasilkan korelasi pembiayaan adalah untuk bekisting peri sistem polimer memerlukan biaya IDR 773,879,700,- dan menggunakan bekisting konvensional memerlukan biaya IDR 1,033,714,730,- dan penggunaan bekisting berbahan baja maka memerlukan biaya sebesar IDR 1,091,953,197,-
2. Indeks kinerja biaya yang dihasilkan antara bekisting peri sistem polimer, bekisting konvensional dan bekisting bahan baja adalah 1 : 1.3 : 1.4 yang menunjukkan para jasa konstruksi akan lebih diuntungkan jika menggunakan bekisting berbahan polimer.

Fokus penelitian adalah pada objek konstruksi struktur *pier* dengan penggunaan bahan bekisting yang berbeda memberikan dampak terhadap ilmu pengetahuan secara khusus pada industri konstruksi pada tahapan *planning* dari *cycle delivery project construction* telah dilakukan bahan bekisting yang digunakan saat eksekusi proyek konstruksi dengan mempertimbangkan nilai kemudahan serta keekonomian.

Saran

Berdasarkan hasil analisis penelitian ini, saran yang dapat diberikan adalah:

1. Dalam merencanakan biaya pelaksanaan konstruksi secara khusus pekerjaan bekisting yang dilakukan oleh para pelaku jasa konstruksi diharapkan melakukan pemilihan bahan bekisting yang dapat dipergunakan berulang kali serta memperhatikan unsur daur ulang serta memiliki nilai sisa, guna mengefisiensikan biaya pelaksanaan pekerjaan konstruksi tersebut, tentu pekerjaan dapat dipergunakan berulang kali tergantung dari bahan serta ukuran dimensi yang relatif sama.

2. Perlu dilakukan penelitian lanjutan terkait bagaimana dari segi jadwal pelaksanaan proyek secara khusus durasi pekerjaan yang diperlukan untuk pabrikan serta pemasangan bekisting dengan membandingkan bahan bekisting peri sistem polimer, bekisting konvensional dan bahan pelat baja.

DAFTAR PUSTAKA

- Aakanksha, M., & Chaudhary, D. (2017). Study of Tunnel Formwork System & Comparative Analysis with Conventional Formwork. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 8(5). <http://www.ijret.org>
- Cahyani, D., & Handayani, A. (2021). *Analysis Comparison of Plate and Beam Formwork Using Semi Conventional Formwork with Aluminium Formwork System in Terms of Cost and Duration on Vasanta Innopark Project.* 32(1). <http://proceedings.worldconference.id>.
- Hario Surya Pratama, Rosaria Kristy Anggraeni, Arif Hidayat, Riqi Radian Khasani (2017) Analisa perbandingan penggunaan bekisting konvensional, semi sistem, dan sistem (peri) pada kolom gedung bertingkat, *Jurnal Karya Teknik Sipil*, 6(1), 303-313
- Ihsan, R.I. (2020) Analisis Perbandingan Waktu Dan Biaya Bekisting Metode Konvensional Dengan Metode Aluminium Formwork Pada Proyek Bess Mansion Surabaya.
- I Made Pandu Weda Wiguna, I Gusti Agung Adnyana Putera, G.A.P Candra Dharmayanti (2018) Analisis Penghematan Biaya Penggunaan Bekisting Pelat Lantai Konvensional Model Panel Pada Bangunan Tipikal (Studi Kasus Pada Proyek Amartha Residence), *Jurnal Spektran*, 6(1), (59-64).
- Jane Sekarsari Tamtana, dan. (2020). Penerapan value engineering dalam pemilihan jenis bekisting kolom beton pada konstruksi gedung bertingkat. in *jmts: jurnal mitra teknik sipil* (vol. 3, issue 2).
- karya, j., & sipil, t. (2017). Analisa perbandingan penggunaan bekisting konvensional, semi sistem, dan sistem (peri) pada kolom gedung bertingkat (vol. 6, issue 1). <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/jktstelp> :
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 1 tahun 2022, tentang pedoman penyusunan perkiraan biaya pekerjaan konstruksi bidang pekerjaan umum dan perumahan rakyat.
- Susanti, I. I. (2019). Analisa Perbandingan Metode Konvensional, Desklab dan Bondek pada Pekerjaan Bekisting Jembatan Girder Tipe I Pada Proyek Jalan Tol Bogor–Ciawi–Sukabumi. *Rekayasa Sipil*, 8(2), (50-57).
- Wahyudi, m. r., & boer, a. (2019). Tingkat efisiensi biaya pekerjaan bekisting struktur core wall menggunakan metode semi sistem dan climbing system terhadap metode konvensional (studi kasus: proyek pembangunan menara bank rakyat indonesia pekanbaru). *jurnal saintis*, 19(02), 51. [https://doi.org/10.25299/saintis.2019.vol19\(02\).3917](https://doi.org/10.25299/saintis.2019.vol19(02).3917)

