

## ANALISIS PERBANDINGAN KUALITAS DAN BIAYA PENGUNAAN *MECHANICAL COUPLER* PADA KONSTRUKSI PIER PROYEK MRT JAKARTA CP 103

Pungky Dharma Saputra<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Konstruksi Bangunan Militer, Fakultas Teknik Militer, Universitas Pertahanan,  
Komplek IPSC Sentul, Bogor, 16810, Indonesia.  
e-mail : ir.pungky@gmail.com

### ABSTRACT

The Government of Indonesia is accelerating the development of railway infrastructures. MRT is a milestone in the development of railway infrastructures in Indonesia since 2013. The elevated construction uses a single pier structure with a main reinforcement bar diameter of 40 mm. However, the conventional overlapping connection is unsuitable; hence it used a mechanical coupler connection. This research focused on the quality and cost comparison of using a mechanical coupler as a reinforcing connection in the MRT CP 103 Project's pier construction. The variables which would be studied were conventional connection and mechanical coupler connection. There were two stages in this research: quality testing in an independent laboratory and a cost comparison analysis. The data used were primary data from quality testing results, and secondary data were the project volume and unit price. The project sample in this research was MRT CP 103 Project with Pier AP 29 as the case study. The analytical approach used was descriptive analysis by making a comparison of the two variables. According to the quality test results, the tensile strength of the reinforcement was 665.56 N/mm<sup>2</sup> and the mechanical coupler tensile strength was 626.33 N/mm<sup>2</sup>. According to the calculation results of the case study on Pier AP29, it was found that the price difference was IDR2,246,622 or 6.17% cheaper than conventional connection. Further analysis showed that the mechanical coupler connection with 40 mm diameter was very effective because it was cheap. This research can be used as a reference in the alternative selection of reinforcement connection.

**Keywords :** Quality, Cost, Mechanical Coupler; Pier; MRT CP 103 Project

### ABSTRAK

Pembangunan infrastruktur kereta api sedang dipercepat oleh Pemerintah Indonesia. MRT merupakan tonggak sejarah perkembangan infrastruktur kereta api di Indonesia sejak tahun 2013. Pada konstruksi layang digunakan struktur single pier dengan diameter tulangan utama 40 mm. Namun, penyambungan tulangan dengan sambungan konvensional dianggap tidak tepat, sehingga menggunakan sambungan mechanical coupler. Penelitian ini berfokus pada perbandingan kualitas dan biaya penggunaan mechanical coupler sebagai sambungan tulangan pada konstruksi pier Proyek MRT CP 103. Variabel yang akan diteliti adalah sambungan tulangan konvensional dan sambungan mechanical coupler. Penelitian ini terdiri dari dua tahap yaitu pengujian kualitas pada laboratorium independent dan tahap kedua adalah dengan melakukan analisis perbandingan biaya. Data yang digunakan adalah data primer hasil pengujian kualitas dan data sekunder yaitu volume dan harga satuan dasar proyek. Sampel proyek penelitian ini adalah Proyek MRT CP 103 dengan Pier AP29 sebagai studi kasusnya. Pendekatan analisis yang digunakan adalah analisis deskriptif dengan mencari perbandingan kedua variabel. Dari hasil pengujian kualitas didapat nilai kuat tarik tulangan sebesar 665.56 N/mm<sup>2</sup> dan kuat tarik mechanical coupler sebesar 626.33 N/mm<sup>2</sup>. Dari hasil perhitungan studi kasus pada Pier AP 29 didapat selisih sebesar IDR2,246,622 atau 6.17% lebih murah dari sambungan tulangan konvensional. Hasil analisis selanjutnya menunjukkan sambungan mechanical coupler sangat efektif bila digunakan diameter 40 mm karena murah. Penelitian ini dapat dijadikan referensi dalam alternatif pemilihan sambungan tulangan.

**Kata kunci :** Kualitas; Biaya; Mechanical Coupler; Pier; Proyek MRT CP 103.

## PENDAHULUAN

Pembangunan infrastruktur kereta api sedang dipercepat oleh Pemerintah Indonesia. Dasar hukum pelaksanaannya berdasarkan PP No. 58 Tahun 2017 tentang Perubahan atas PP No. 3 Tahun 2016 tentang percepatan pelaksanaan proyek strategis nasional. Proyek MRT merupakan tonggak sejarah perkembangan infrastruktur kereta api di Indonesia yang dimulai pembangunannya sejak tahun 2013 [1]. Konstruksi MRT Jakarta terdiri dari struktur layang (*elevated*) sepanjang 10 Km dan sisanya konstruksi bawah tanah [2]. Pada konstruksi layang digunakan struktur *single pier* atau tiang tunggal dan dibagi ke dalam 3 paket pekerjaan yaitu Paket 101, 102, dan 103 [2].

Pada pelaksanaannya, penulangan utama pada tiang di paket 103 menggunakan besi ulir diameter 40 mm dan perlu disambung. Sambungan pada struktur beton biasanya menggunakan sambungan tulangan konvensional atau *overlapping*. Sambungan tulangan konvensional/*overlapping* membutuhkan dua buah sejajar yang overlap [3]. Namun, penyambungan dengan sambungan yang *overlap* bukanlah cara yang tepat untuk menyambung tulangan utama. Penggunaan sambungan *overlap* membutuhkan lebih banyak besi tulangan dalam hal desain dan pemasangan [3].

Pemilihan sistem konstruksi yang tepat untuk proyek konstruksi sama pentingnya dengan keberhasilan proyek konstruksi [4]. Sistem konstruksi merupakan bagian dari teknologi konstruksi yang melibatkan pemilihan bahan dan cara serta teknik yang digunakan dalam konstruksi. [5]. Perkembangan teknologi di industri konstruksi saat ini, metode konstruksi yang berbeda, bahan, dan peralatan,

yang berfungsi untuk tujuan yang sama, dapat digunakan [6].

Untuk itu, teknologi penyambungan tulangan dengan *mechanical coupler* dapat digunakan (Lihat Gambar 1.). Sambungan tulangan dengan *mechanical coupler* digunakan karena memiliki fungsi pencapaian kontinuitas jalur beban pada tulangan dengan baik dan mengurangi jumlah tulangan betonnya [3]. Sehingga penggunaan sambungan tulangan dengan *mechanical coupler* dalam kasus ini dirasa sangat tepat.

Tujuan utama dari manajemen proyek adalah menyelesaikan proyek dalam waktu, biaya, dan kualitas yang diinginkan [6]. Waktu, biaya, dan kualitas dianggap sebagai *triple constraint* [6]. Dan waktu, biaya dan mutu adalah masalah yang kompleks dan dinamis [6]. Sehingga, untuk merencanakan dan mengelola sukses proyek, tiga parameter waktu, biaya dan kualitas harus dipertimbangkan [7].

Kualitas merupakan salah satu pilar utama yang harus dimiliki dipertimbangkan secara efektif dalam mengelola proyek [8]. Kualitas merupakan serangkaian kegiatan yang terkoordinir dalam mengarahkan dan mengendalikan organisasi konstruksi untuk meningkatkan efektivitas dan efisiensi kinerjanya [9]. Kualitas material yang baik dapat dijamin oleh kontrol kualitas pada saat proses pengadaan [10].

Selain kualitas, pertimbangan biaya dalam pemilihan material dan teknologi juga sangat penting. Total biaya bangunan akan sangat dipengaruhi oleh pilihan teknologi dan sebaliknya [5]. Sehingga, mencari harga terbaik untuk material merupakan masalah bagi kontraktor dan juga merupakan aspek yang jarang mendapat perhatian [11]. Faktor utama untuk meminimalkan biaya keseluruhan proyek konstruksi adalah pembelian material [11] dengan

mencari harga terbaik. Dengan mendapatkan harga terbaik maka pengurangan biaya bahan dapat membawa peningkatan yang cukup besar dalam keuntungan bagi kontraktor [12].

Merujuk pada permasalahan di atas dan pentingnya kualitas dan biaya dalam pemilihan teknologi konstruksi, untuk itu perlu dilakukan analisis lebih lanjut tentang penggunaan *mechanical coupler* dari aspek kualitas dan biaya. Penelitian ini berfokus pada perbandingan kualitas dan biaya penggunaan *mechanical coupler* sebagai sambungan tulangan pada konstruksi *pier* Proyek MRT CP 103. Penelitian ini dibatasi pada analisis terhadap kualitas dan biaya saja dan tidak melakukan analisis terhadap aspek waktu. Penelitian ini diharapkan berimplikasi positif sebagai referensi alternatif pemilihan sambungan tulangan beton.

## METODE PENELITIAN

### Variabel Penelitian

Variabel pada penelitian ini terdiri dari 2 yaitu sambungan tulangan konvensional dan sambungan tulangan dengan *mechanical coupler*.

### Tahapan Penelitian

Penelitian ini direncanakan melalui dua tahapan utama. Tahap pertama yaitu pengujian kualitas pada laboratorium independen yang ditunjuk. Kemudian tahap kedua adalah melakukan analisis perbandingan perhitungan biaya. Bagan alir tahapan penelitian digambarkan pada Gambar 2.

### Data dan Sumber Data

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data primer dan data sekunder.

1. Data primer yaitu data hasil pengujian sampel baja tulangan dan sampel sambungan dengan *mechanical coupler*. Berikut

merupakan data material yang dipakai:

#### a. Baja Tulangan

Jenis Tulangan : Ulir  
Diameter : 40 mm  
Kuat tarik : 560 N/mm<sup>2</sup>  
Produksi : Indonesia

#### b. *Mechanical coupler*

Jenis :  
*Spliceman Bar Breaker Coupler*  
Diameter : 40 mm  
Kuat tarik: 560 N/mm<sup>2</sup>  
Produksi : India

2. Data sekunder juga digunakan dalam penelitian ini, yaitu dengan menggunakan data volume pekerjaan dan harga dasar pada saat pelaksanaan konstruksi yang didapat dari *purchase order* dan *work order*.

#### a. Volume Sambungan

Jumlah : 246 Titik  
Berat D40 : 9.88 Kg/m  
Panjang 40 D : 1.61 m  
Total Berat : 3,913.07 Kg

#### b. Harga Material

Tulangan / Kg : IDR 7,075  
Upah/ Kg : IDR 2,305  
*Coupler* D 40 : IDR 140,000  
*Coupler* D 36 : IDR 120,000  
*Coupler* D 32 : IDR 100,000  
*Coupler* D 28 : IDR 90,000  
*Coupler* D 25 : IDR 80,000  
*Coupler* D 22 : IDR 70,000  
*Coupler* D 19 : IDR 60,000

### Sampel Proyek

Proyek MRT CP 103 *Elevated Section* menjadi sampel proyek dalam penelitian ini karena konstruksi piernya ada yang menggunakan sambungan *mechanical coupler*. Untuk sampel pier yang diambil adalah Pier AP29 yang merupakan salah satu pier spesial yang ada pada proyek ini. Berikut merupakan data umum Pier AP 29:

Bentuk Pier : T Pier

Tinggi	: 10.319 meter
Dimensi	: 2.6 x 3.5 meter
Panjang Pier Head	: 21.536 meter
Struktur Pier Head	: Prategang
Beton	: fc' 32 MPa
Baja Tulangan	: BJTD 40

Detail Pier AP29 dapat dilihat pada Gambar 3, Gambar 4 dan Gambar 5.

### Analisis Hasil

Analisis deskriptif akan digunakan pada penelitian ini yaitu sebagai berikut:

#### 1. Analisis Hasil Kualitas

Analisis hasil kualitas dari beberapa sampel pengujian dicari nilai rata-ratanya kemudian dibandingkan dengan spesifikasi apakah memenuhi atau tidak.

#### 2. Analisis Perhitungan Biaya

Analisis perhitungan biaya dilakukan dengan rumus umum perhitungan biaya yaitu:

Total Biaya = Volume X Harga Satuan

Total biaya pekerjaan dengan sambungan tulangan konvensional dan sambungan *mechanical coupler* yang dihasilkan kemudian dibandingkan

## HASIL dan PEMBAHASAN

### Pengujian Kualitas

Pengujian kualitas baja tulangan dilakukan pada laboratorium independent yang ditunjuk. Untuk pengujian kuat tarik baja tulangan disiapkan 3 buah sampel yang dianggap mewakili. Hasil dari pengujian kualitas baja tulangan didapatkan rata-rata kuat tarik baja tulangan sebesar 665.56 N/mm<sup>2</sup> atau lebih besar daripada standar yaitu 560 N/mm<sup>2</sup> [13,14]. Hasil pengujian kuat tarik tulangan dapat dilihat pada Tabel. 1.

Setelah dilakukan pengujian kualitas baja tulangan, dilanjutkan dengan pengujian kualitas *mechanical coupler*.

Spesifikasi *mechanical coupler* disebutkan bahwa kekuatannya setara dengan tulangan induk yang disambung [15] atau dengan kata lain yaitu 560 N/mm<sup>2</sup> [13]. Dari hasil pengujian 3 buah sampel *mechanical coupler* didapatkan rata-rata nilai kuat tarik sebesar 626.33 N/mm<sup>2</sup>. Hasil pengujian kuat tarik *mechanical coupler* dapat dilihat pada Tabel 2.

### Perhitungan Biaya

Pada analisis perhitungan biaya, contoh perhitungan akan dilakukan pada Pier AP 29 yang merupakan pier spesial sebanyak 246 titik sambungan. Pada sambungan overlap didapat bahwa biaya material sebesar IDR27,684,990.06 dan biaya upah fabrikasi dan perakitan sebesar IDR9,019,632.00. Sehingga total biaya sambungan overlapnya sebesar IDR36,704,622.86. Perhitungan biaya sambungan overlap secara rinci dapat dilihat pada Tabel 3.

Perhitungan biaya sambungan dengan *mechanical coupler* secara rinci dapat dilihat pada Tabel 4. Biaya material sebesar IDR34,40,000.00 dan tidak ada biaya upah penguliran baja tulangan dan pemasangannya karena sudah termasuk dalam harga material. Sehingga total biayanya hanya sebesar biaya material, yaitu sebesar IDR34,440,000.00. Perhitungan biaya sambungan *mechanical coupler* secara rinci dapat dilihat pada Tabel 4.

Dari hasil perhitungan studi kasus pada Pier AP 29 didapat selisih sebesar IDR2,246,622.86 Atau dengan kata lain sambungan dengan *mechanical coupler* lebih murah 6,17% dari penggunaan sambungan overlapping. Sehingga sambungan dengan *mechanical coupler* lebih menguntungkan secara biaya.

Dengan menggunakan cara dan harga yang sama, dilakukan juga simulasi perhitungan biaya pada setiap diameter tulangan dan *mechanical coupler*.

Tabel 5. menunjukkan hasil simulasi perhitungan biaya sambungan per titik. Dari hasil simulasi tersebut dapat diketahui bahwa hanya *mechanical coupler* dengan diameter 40 mm saja yang menghasilkan deviasi biaya positif (5,58%) atau menguntungkan. Simulasi pada diameter 36 mm hingga 19 mm menunjukkan deviasi biaya negatif yang semakin besar mulai dari -11,19% hingga -277,42%. Artinya penggunaan sambungan *mechanical coupler* akan sangat efektif bila digunakan pada tulangan dengan diameter 40 mm atau lebih sedangkan lainnya tidak.

### Pembahasan

Manajemen proyek bertujuan untuk mengelola proyek sesuai dengan biaya, mutu dan waktu yang diinginkan [6]. Sehingga pemanfaatan tenaga kerja material dan peralatan yang efisien merupakan bagian dari manajemen proyek yang baik [16]. Selain itu, metode konstruksi juga menjadi pertimbangan dalam proses perencanaan sebagai suatu alternatif yang dihasilkan, kemudian dievaluasi dan dipilih yang paling sesuai [17,18]. Untuk tercapainya tujuan tersebut, maka dalam pemilihan sambungan penulangan dilakukan uji kualitas mulai dari saat pengadaan material [10] dan mencari harga terbaik untuk meminimalkan biaya [11].

Hasil dari pengujian kualitas baja tulangan didapatkan rata-rata kuat tarik baja tulangan sebesar 665,56 N/mm<sup>2</sup> atau lebih besar daripada standar yaitu 560 N/mm<sup>2</sup>. Dan pengujian sampel *mechanical coupler* didapatkan rata-rata nilai kuat tarik sebesar 626,33 N/mm<sup>2</sup>. Artinya hasil pengujian menunjukkan bahwa material baja tulangan dan *mechanical coupler* terkendali dan mampu meningkatkan efektivitas dan efisiensi kinerja [9].

Hasil perhitungan biaya pada Pier AP 29 dengan menggunakan sambungan tulangan konvensional disajikan pada

Tabel 3. Total biaya pekerjaan didapat dengan mengalikan volume pekerjaan yaitu sebesar 3,913.07 Kg dengan Harga satuan material yaitu sebesar IDR7,075.00 dan harga satuan upah yaitu sebesar IDR2,305.00. Sehingga total biaya dengan menggunakan sambungan tulangan konvensional sebesar IDR 36,704,622.86.

Hasil perhitungan biaya sambungan *mechanical coupler* disajikan pada Tabel 4. Volume pekerjaan sebanyak 246 titik menggunakan 246 buah *coupler* dan dikalikan harga satuan sebesar IDR140,000.00. Sehingga total biayanya sebesar IDR 34,440,000.00.

Hasil perhitungan studi kasus pada Pier AP 29 didapat selisih sebesar IDR2,246,622.86 Atau dengan kata lain sambungan dengan *mechanical coupler* lebih murah 6,17% dari penggunaan sambungan overlapping. Sehingga menggunakan *mechanical coupler* dapat meminimalkan biaya konstruksi [11] dan dapat meningkatkan keuntungan [12].

Dengan demikian pemilihan sistem konstruksi [4] dan material [5] yang tepat untuk proyek konstruksi sama pentingnya dengan keberhasilan proyek konstruksi. yang terpenting adalah berfungsi untuk tujuan yang sama, dapat digunakan [6]. Namun, pengambilan keputusan dalam pemilihan alternatif terbaik untuk tujuan tertentu harus mempertimbangkan aspek mutu dan biaya karena memiliki dampak yang cukup besar [19].

### KESIMPULAN

Dari hasil analisis ada beberapa poin penting yang dapat disimpulkan dalam penelitian ini, yaitu sebagai berikut:

1. Pengujian kualitas menunjukkan bahwa :
  - a. rata-rata kuat tarik baja tulangan sebesar 665,56 N/mm<sup>2</sup> > standar 560 N/mm<sup>2</sup>

- b. rata-rata nilai kuat tarik *mechanical coupler* sebesar  $626,33 \text{ N/mm}^2 >$  standar  $560 \text{ N/mm}^2$  atau telah memenuhi persyaratan.
2. Analisis perhitungan biaya menunjukkan bahwa :
    - a. total biaya penggunaan sambungan overlap sebesar IDR36,704,622.86
    - b. total biaya penggunaan *mechanical coupler* sebesar IDR34,440,000.00.
    - c. deviasi harga bernilai positif sebesar IDR2,246,622.86 atau lebih murah 6,17%.
    - d. Penggunaan *mechanical coupler* diameter  $< 40 \text{ mm}$  lebih mahal.

Penelitian ini dapat dijadikan bahan referensi pada proyek sejenis yang menggunakan *mechanical coupler*. Pengembangan penelitian selanjutnya dapat dilakukan dengan menganalisis berbagai macam tipe *mechanical coupler* dan perlu juga dianalisis waktu pelaksanaannya, sehingga dapat memberikan gambaran bagi desainer dan kontraktor dalam.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada perusahaan kontraktor yang telah memberikan data dan keterangan pada penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] <https://jakartamrt.co.id/id/proyek/fas-e-1>, 2020. MRT Jakarta Fase 1. Mengenai Proyek.
- [2] <https://jakartamrt.co.id/id/proyek/fas-e-1>, 2020. MRT Jakarta Fase 1. Cakupan Proyek
- [3] Neeladharan, C., Rahman, T Shajahan, A., Javaad, H., and Saquib, J., 2017. Behaviour of Mechanical Coupler in

Reinforcement. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, 6, 4.

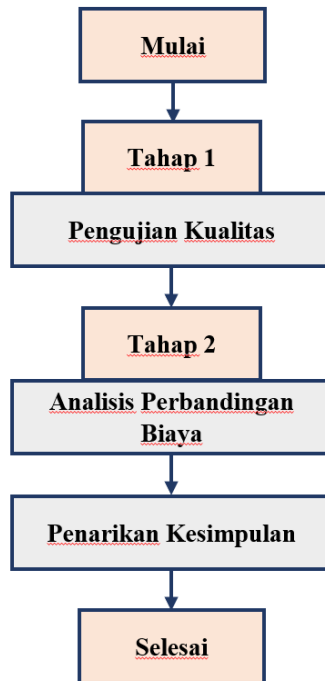
- [4] Olugboyega, O., Omopariola, E. D., and Ilori, O. J., 2018. A Conceptual Framework for Selecting Construction System for Construction Project Delivery. *International Journal of Engineering and Science*, 7, 8, 76-83.
- [5] Chan, T. & Aibinu, A. (2012). A Comparison of Construction Cost and Technology Choice. *Management of Construction: Research to Practice (MCRP) Conference Proceedings*, 1 pp. 61-72.
- [6] Kazaz, A., Ulubeyli, S., Er, B., and Acikara, T., 2016. Construction Materials Based Methodology for Time Cost Quality Trade Off Problems. *Procedia Engineering*, 164, 35-41.
- [7] Bowen, P.A., Hall, K.A., Edwards, P.J., Pearl, R. G., and Cattell, K.S., 2012. Perception of Time, Cost, and Quality Management on Building Projects. *Australian Journal of Construction Economics and Building*, Vol. 2(2).
- [8] Salmasnia, A., Mokhtari, H. and Abadi, I. N. K., 2012. A Robust Scheduling of Projects with Time, Cost, and Quality Considerations. *Int J Adv Manuf Technol*, 60:631-642
- [9] Janipha, N. A. I., Ahmad, N., and Ismail, F., 2015. Clients' Involvement in Purchasing Process for Quality Construction Environment. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 168, 30-40.
- [10] Wei Jia, 2012. Application of Quality Control Techniques in Construction Projects. *Advanced Materials Research Journal*, Vols. 433-440, pp 1513-1518
- [11] Samarasinghe, D. A. S., Tookey, J., Rotimi, J. and Windapo, A., 2012. Clients and Their Professional

- Adviser's Role in Construction Material Purchasing Functions. *Proceeding of the Joint CIB W070, W092 & TG72 Internal Conference on Facilities Management, Procurement Systems and Public Private Partnership*, University of Capetown, South Africa.
- [12] Fellows, R, Langford, D, Newcombe, R, and Urry, S 2002. *Construction Management in Practice*, (2ed.), Oxford, United Kingdom: Blackwell Science.
- [13] Badan Standarisasi Nasional, 2014. SNI 2052:2014 Tentang Baja Tulangan Beton, BSN, Jakarta.
- [14] OSJ-JV, 2014. Request for Material Sample Test Approval Steel reinforcement, OSJ-103-CMN-MTS-QAC-0002, Jakarta.
- [15] OSJ-JV, 2015. Material Sample Test Approval Mechanical Joint (Coupler), OSJ-103-CMN-MTS-QAC-0031, Jakarta.
- [16] Subramani, T., and Prabju, A., 2018. Material Procurement in Construction Industry Problems and Solutions. *International Journal of Engineering & Technology*, 7, (3.10), 31-35
- [17] Bennett, F.L., 2003. *The Management of Construction: A Project Life Cycle Approach.*, Butterworth-Heinemann, England.
- [18] Ballard, G. and Zabelle, T., 2000. *Lean Design: Process, Tools, & Techniques*, Lean Construction Institute White Paper #10
- [19] Allen, W., Liker, J.k., Critiano, J.J. and Sobek, D.K., 1995. The second Toyota paradox: How Delaying Decisions Can Make Better Cars Faster, *Sloan Management Review*, 36, 43-62.
- [20] OSJ-JV, 2014. Viaduct Pier/ Pier Cap 5, Pier MP1 & pier Head AP29, OSJ-103-VID-DSR-STR-0081, Jakarta.

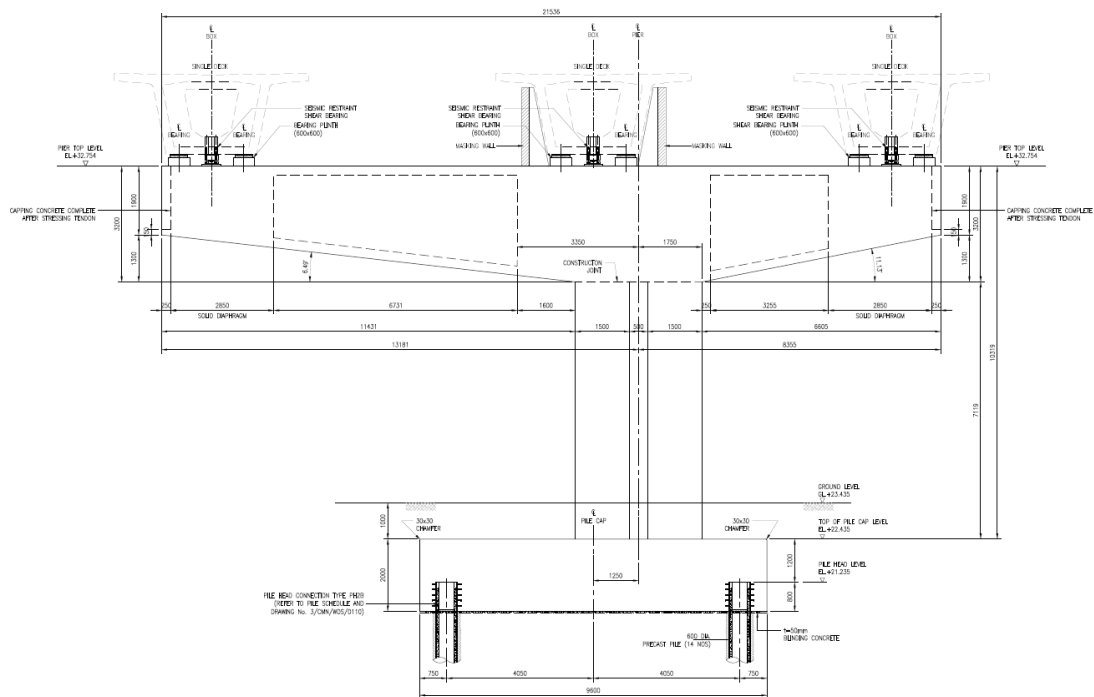
## Appendix



**Gambar 1.** Sambungan Tulangan dengan *Mechanical Coupler* [15]

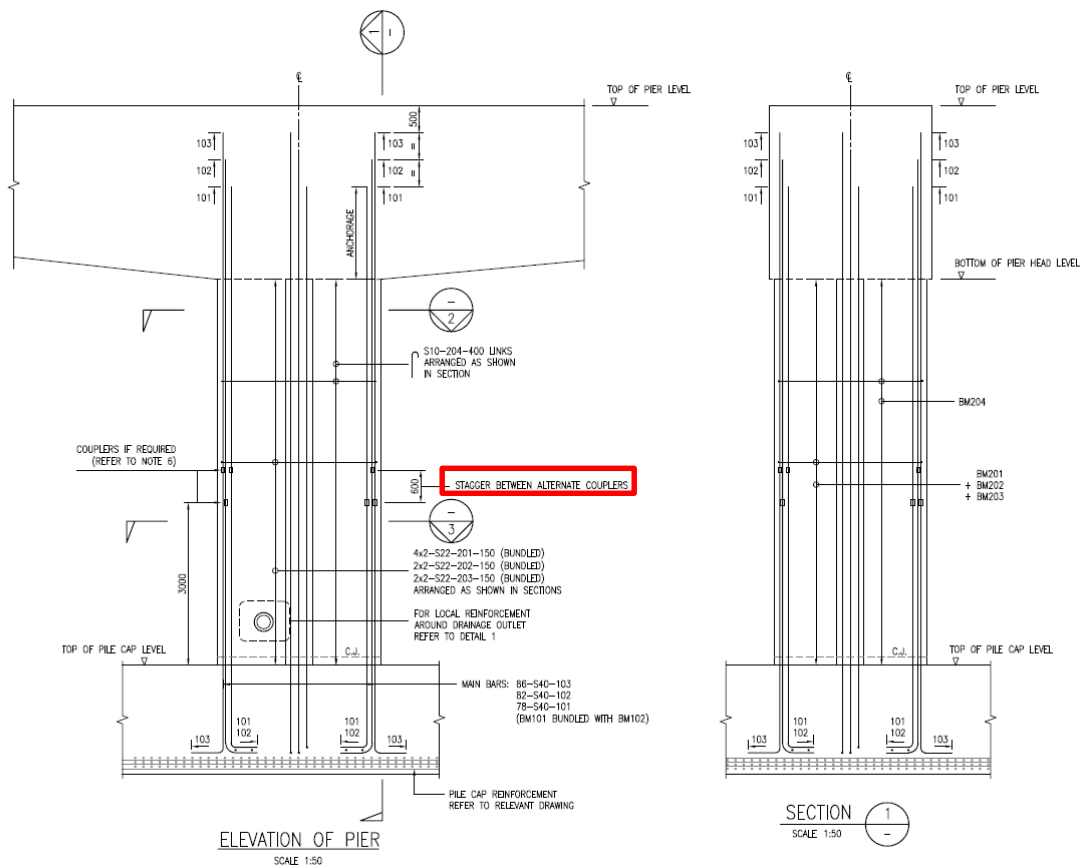


Gambar 2. Tahapan Penelitian

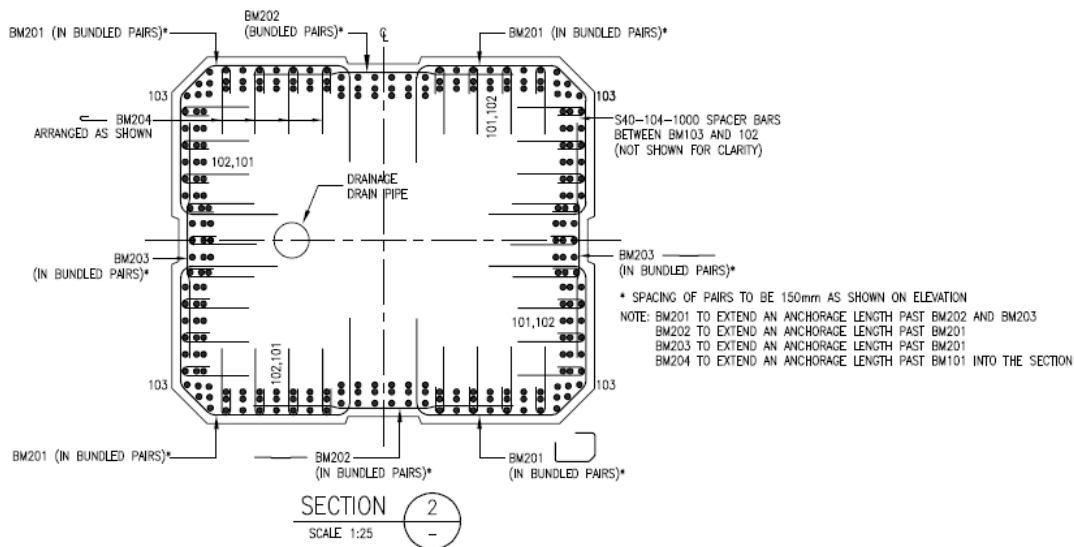


Gambar 3. Tampak Pier AP 29 [20]





**Gambar 4.** Penggunaan Sambungan Tulangan dengan *Mechanical Coupler* pada Pier AP29 (Tampak Pier AP 29) [20]



**Gambar 5.** Penggunaan Sambungan Tulangan dengan *Mechanical Coupler* pada Pier AP29 (Potongan Per AP29)[20]

**Tabel 1.** Hasil Pengujian Baja Tulangan Diameter 40 mm

Baja Tulangan				
No	Diameter (mm)	Spesifikasi Kuat Tarik (N/mm <sup>2</sup> )	Hasil Uji Lab Kuat Tarik (N/mm <sup>2</sup> )	Keterangan
1	40	560	654.89	Memenuhi Spesifikasi
2	40	560	682.41	
3	40	560	659.69	
<b>Rata - Rata</b>			665.66	

**Tabel 2.** Hasil Pengujian *Mechanical Coupler* Diameter 40 mm

Mechanical Coupler					
No	Diameter (mm)	Spesifikasi Kuat Tarik (N/mm <sup>2</sup> )	Hasil Uji Lab Kuat Tarik (N/mm <sup>2</sup> )	Keterangan	Kesimpulan
1		560	625.00	Memenuhi Spesifikasi	Coupler Kuat Sebagai Penyambung
2		560	629.00		
3		560	625.00		
<b>Rata - Rata</b>			626.33		

**Tabel 3.** Perhitungan Biaya Sambungan Overlap Baja Tulangan Diameter 40 mm pada Pier AP29

Sambungan Overlap					
No	Deskripsi	Satuan	Volume	Harga Satuan	Total Harga
A	Material				
1	Tulangan Longitudinal Utama D = 40 mm Jumlah Sambungan 246 Titik Panjang 1.61 m/Titik Berat D 40 = 9.88 Kg/m	Kg	3,913.07	IDR 7,075.00	IDR 27,684,990.06
B	Upah				
1	Fabrikasi dan Perakitan	Kg	3,913.07	IDR 2,305.00	IDR 9,019,632.80
<b>Total Harga</b>					<b>IDR 36,704,622.86</b>

**Tabel 4.** Perhitungan Biaya Sambungan *Mechanical Coupler* Diameter 40 mm pada Pier AP29

Mechanical Coupler					
No	Deskripsi	Satuan	Volume	Harga Satuan	Total Harga
A	Material				
1	Mechanical Coupler D 40 mm Jumlah Sambungan 246 Titik	Buah	246.00	IDR 140,000.00	IDR 34,440,000.00
B	Upah				

<b>Mechanical Coupler</b>					
<b>No</b>	<b>Deskripsi</b>	<b>Satuan</b>	<b>Volume</b>	<b>Harga Satuan</b>	<b>Total Harga</b>
1	Penguliran Baja Tulangan	Buah	492.00		Termasuk Material
2	Pemasangan	Buah	246.00		Termasuk Material
					<b>IDR 34,440,000.00</b>

**Tabel 5.** Tabel Perbandingan Biaya Sambungan Per Titik

<b>No</b>	<b>Diameter (mm)</b>	<b>Biaya Sambungan Overlap</b>	<b>Biaya Sambungan Mechanical Coupler</b>	<b>Deviasi</b>	<b>% Deviasi</b>
1	40	IDR 148,279.04	IDR 140,000.00	IDR 8,279.04	5.58
2	36	IDR 107,922.53	IDR 120,000.00	-IDR 12,077.47	-11.19
3	32	IDR 75,760.38	IDR 100,000.00	-IDR 24,239.62	-32.00
4	28	IDR 50,742.05	IDR 90,000.00	-IDR 39,257.95	-77.37
5	25	IDR 36,113.00	IDR 80,000.00	-IDR 43,887.00	-121.53
6	22	IDR 24,598.11	IDR 70,000.00	-IDR 45,401.89	-184.57
7	19	IDR 15,897.22	IDR 60,000.00	-IDR 44,102.78	-277.42