

Perbandingan Kebutuhan Besi Tulangan *Pile Cap* Secara Teori dan Lapangan Proyek Line Transportasi Batubara PLTU Sebalang

Jamilatus Sholehah¹⁾, Destiana Safitri¹⁾
¹⁾Teknik Sipil
*) destianasfr567@gmail.com

Abstrak

Sejak beberapa tahun belakangan ini, pemerintah Indonesia sedang giat membangun berbagai pembangunan pembangkit tenaga listrik. Sebagai contoh, pada era Presiden Susilo Bambang Yudhoyono, sebuah program pembangun 35-unit PLTU (tahap 1) dengan total tenaga 10.000 MW telah direncanakan dan ditugaskan kepada PT. PLN. Hal ini sesuai dengan target dan peraturan pemerintah Republik Indonesia No 71/2006 yang mengatur tugas kepada PT. PLN yaitu mempercepat pembangunan PLTU Batubara untuk memenuhi ketersediaan listrik. Pembangunan proyek PLTU tersebut bertujuan untuk mengejar pasokan tenaga listrik yang akan mengalami kekurangan sampai beberapa tahun mendatang, serta menunjang program diservikasi tenaga untuk pembangkit tenaga listrik ke non bahan bakar minyak (BBM) dengan memanfaatkan batubara berkalori rendah yang cadangannya tersedia melimpah di tanah air. Sebagai salah satu upaya dari PLN untuk mengatasi defisit pasokan listrik di Provinsi Lampung, terutama di Lampung Selatan, maka pada tahun 2020 diadakanlah proyek Pekerjaan Penambahan Line Transportasi Batubara dari Dari Jetty Ke Storage PLTU yang berlokasi di PLTU Sebalang Unit Pelaksana Pembangkit Sebalang. Proyek Pekerjaan Penambahan Line Transportasi Batubara Dari Jetty Ke Storage PLTU Sebalang (di Unit Pelaksana Pembangkit Sebalang) adalah salah satu bentuk upaya untuk menambah/meningkatkan jumlah pasokan batubara yang dapat di proses untuk menghasilkan energi listrik sehingga dapat meningkatkan pasokan energi listrik sesuai kebutuhan masyarakat Provinsi Lampung.

Kata Kunci: PLTU, Listrik, PLN, Sebalang.

PENDAHULUAN

Energi Listrik merupakan salah satu sumber kebutuhan manusia yang harus terpenuhi untuk meningkatkan kesejahteraan hidupnya (Arniza Fitri et al., 2011). Fungsi energi listrik adalah antara lain untuk penerangan serta untuk menghidupkan peralatan, perabotan dan benda-benda lainnya yang membutuhkan energi listrik agar dapat berfungsi (Purba et al., 2019). Dalam masa sekarang ini, ketersediaan energi listrik merupakan salah satu komponen dalam menggerakkan roda perekonomian pada suatu negara (Arniza Fitri et al., 2019). Sehingga, penyediaan energi listrik dituntut menjadi penyediaan energi listrik yang handal, stabil dan bermutu serta efisien yang sangat layak di jadikan tumpuan dalam menjamin kesuksesan pelayanan kebutuhan secara cepat dan tepat (Prasetio et al., 2020).

General Manager PLN Unit Induk Distribusi (UID) Lampung, Pandapotan Manurung mengatakan dalam surat kabar Lampost.co, pada tanggal 14 Agustus 2019, (Setiawan et

al., 2017) bahwa beban puncak daya listrik Provinsi Lampung mencapai 1.100MW dan Cadangan Daya Listrik sebesar 300MW sehingga listrik di Provinsi Lampung mengalami defisit sebesar 350-400 MW. Sebagai salah satu upaya dari PLN untuk mengatasi defisit pasokan listrik di Provinsi Lampung, terutama di Lampung Selatan, maka pada tahun 2020 diadakanlah proyek Pekerjaan Penambahan Line Transportasi Batubara dari Dari Jetty Ke Storage PLTU yang berlokasi di PLTU Sebalang Unit Pelaksana Pembangkit Sebalang. Proyek Pekerjaan Penambahan Line Transportasi Batubara Dari Jetty Ke Storage PLTU Sebalang (di Unit Pelaksana Pembangkit Sebalang) adalah salah satu bentuk upaya untuk menambah/meningkatkan jumlah pasokan batubara yang dapat di proses untuk menghasilkan energi listrik sehingga dapat meningkatkan pasokan energi listrik sesuai kebutuhan masyarakat Provinsi Lampung.

KAJIAN PUSTAKA

Pondasi

Pondasi adalah bagian dari struktur bawah gedung yang kekuatannya ditentukan oleh kekuatan tanah yang mendukungnya, seperti fondasi telapak, rakit, tiang pancang dan tiang bor (Kusuma & Lestari, 2021).

Pondasi Tiang

Pondasi tiang digunakan untuk mendukung bangunan bila lapisan tanah kuat terletak sangat dalam (Pratiwi, 2020). Pondasi tiang juga digunakan untuk mendukung bangunan yang menahan gaya angkat ke atas, terutama pada bangunan bertingkat tinggi yang dipengaruhi oleh gaya – gaya penggulingan akibat beban angin dan gempa (Arniza Fitri et al., 2021).

Jenis Pondasi Tiang

Ditinjau dari segi teknis pelaksanaan, pondasi tiang dapat dikategorikan menjadi 2 type yakni pondasi tiang pancang dan pondasi tiang bor yaitu :

- Pondasi tiang pancang adalah pondasi tiang dari baja atau beton bertulang yang dicetak dan dicor di pabrik kemudian diangkut dan dipancangkan di lokasi proyek (Lestari, Purba, et al., 2018).
- Pondasi Tiang Bor yaitu Pondasi tiang yang dicor ditempat dengan lebih dulu mengebor tanah hingga mencapai kedalaman rencana, baru kemudian besi tulangan pondasi dimasukan dan di cor dengan beton (Safuan, 2014).

Beban Aksial Pada Pile Cap

Beban aksial pada pile cap adalah jumlah total dari beban vertikal yang diterima oleh kolom di setiap lantai di atasnya yang dinotasikan dengan $\Sigma v =$ Jumlah Total Beban Vertikal (Kasus et al., 2017).

Besi Tulangan

Besi tulangan atau besi beton (*reinforcing bar*) adalah batang baja yang berbentuk menyerupai jala baja yang digunakan sebagai alat penekan pada beton bertulang dan struktur batu bertulang untuk memperkuat dan membantu beton di bawah tekanan (Lestari

et al., 2021). Besi tulangan secara signifikan meningkatkan kekuatan tarik struktur (Phelia & Damanhuri, 2019).

Pelat

Pelat merupakan salah satu komponen struktur pada bangunan, umumnya pelat lantai dibangun dengan konstruksi beton bertulang sebagai dasar utamanya. Pelat lantai juga merupakan struktur yang pertama menerima beban, baik beban mati ataupun beban hidup yang kemudian disalurkan ke sistem struktur rangka yang lain (Dewantoro et al., 2019). Menurut (Lestari, 2015) pelat beton bertulang adalah struktur tipis yang dibuat dari berton bertulang dan dengan bidang yang arahnya horizontal, dan beban yang bekerja tegak lurus pada bidang struktur tersebut. Pelat berton bertulang banyak digunakan pada bangunan sipil, baik sebagai lantai bangunan, lantai atap suatu gedung (Alfian & Phelia, 2021). Beban yang bekerja pada pelat umumnya diperhitungkan terhadap beban gravitasi seperti beban mati dan/atau beban hidup yang mengakibatkan terjadinya momen lentur (Arniza Fitri et al., 2020).

Fungsi Pelat

Pelat lantai memiliki beberapa fungsi di antaranya adalah sebagai berikut (LESTARI, 2018):

1. Sebagai tempat berpijak
2. Menempatkan sistem plumbing, mekanikal dan elektrik
3. Meredam suara dari ruangan bawah maupun atas
4. Menambah kekakuan pada arah horizontal dan vertikal.

Pembebanan Pelat

Struktur pelat selain harus menahan beratnya sendiri dan juga harus menahan beban (A. Fitri & Yao, 2019). Beban yang di perhitungkan adalah beban mati (Qd) dan beban hidup (Ql) (Hashim et al., 2016).

1. Beban mati (Qd) Beban mati adalah berat seluruh bahan bangunan gedung yang terpasang termasuk segala unsur tambahan yang satu kesatuan dengannya.
2. Beban hidup (Ql) Beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung dan struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan. Beban hidup digunakan dalam perancangan gedung dan struktur harus beban maksimum akibat penggunaan bangunan gedung tersebut. akan tetapi tidak boleh kurang dari beban merata minimum yang diterapkan pada tabel 4-1 SNI 1727-2018.

Sistem Penulangan Pelat

Sistem penulangan pelat terdapat 2 macam, yaitu pelat satu arah dan pelat dua arah.

1. Pelat satu arah Pelat satu arah menurut (Study & Main, 2013) adalah pelat yang hanya ditumpu pada dua sisi yang saling berhadapa atau pelat yang ditumpu pada keempat sisinya tetapi $L_y/L_x > 2$, sehingga hampir seluruh beban dilimpahkan pada sisi terpendek. Menurut (Phelia & Sinia, 2021) pelat dengan tulangan balok satu arah akan dijumpai jika pelat beton lebih dominan menahan beban yang berupa momen lentur pada bentang satu arah saja. Contoh pelat satu arah adalah kantilever dan pelat yang ditumpu oleh 2 tumpuan sejajar saja (Huang & Fitri, 2019).
2. Pelat Dua Arah Sistem pelat lantai dua arah dapat juga terjadi pada pelat bentang tunggal maupun menerus dengan persyaratan jenis pelat lantai dua arah jika perbandingan dari bentang panjang (L) terhadap bentang pendek (S) kurang dari dua (Lestari, Setiawan, et al., 2018). Contoh pelat dua arah adalah pelat yang ditumpu oleh 4

sisi yang saling sejajar (Dewantoro, 2021). Karena momen lentur yang bekerja pada 2 arah, seruah bentang Lx dan bentang Ly (Adma et al., 2020). Maka tulangan pokok juga dipasang pada 2 arah yang saling tegak lurus (bersilangan), sehingga tidak perlu tulangan bagi (Pratiwi & Fitri, 2021). Tetapi pada pelat di daerah tumpuan hanya bekerja momen lentur satu arah saja, sehingga untuk daerah tumpuan dipasang tulangan pokok dan tulangan bagi (Rosmalasari et al., 2020).

METODE

Manajemen proyek konstruksi adalah suatu metode untuk mencapai suatu hasil dalam bentuk bangunan atau infrastruktur yang dibatasi oleh waktu dengan menggunakan sumber daya yang ada secara efektif (Pratiwi et al., 2020) Pada hakekatnya manajemen proyek konstruksi menurut (Lestari, 2020), ada dua pemahaman yang pada pelaksanaannya menjadi satu kesatuan dalam mencapai tujuan proyek yaitu :

- Teknologi Konstruksi (Construction Technology) yaitu mempelajari metode atau teknik tahapan melaksanakan pekerjaan dalam mewujudkan bangunan fisik di suatu lokasi proyek, sesuai dengan spesifikasi teknik yang disyaratkan.
- Manajemen Konstruksi (Construction Management) adalah bagaimana sumber daya (man, material, 18 machine, money, method) yang terlibat dalam pekerjaan dapat dikelola secara efektif dan efisien untuk mencapai tujuan proyek, sesuai dengan ketentuan/hukum yang berhubungan dengan konstruksi.

Studi Kelayakan

Tujuan tahap ini adalah meyakinkan pihak pengguna jasa konstruksi/ pemilik proyek bahwa proyek ini layak untuk dilaksanakan setelah ditinjau dari aspek ekonomi, teknis, dan lingkungan (Pramita, 2019).

Kegiatan-kegiatan yang dilakukan pada Proyek Pembangunan Penambahan Line Transportasi Batubara Dari Jetty Ke Storage PLTU Sebalang tahap ini meliputi (A. Fitri et al., 2019):

- Menyusun rancangan proyek secara kasar dan mengestimasi biaya proyek yang diperlukan untuk melaksanakan proyek tersebut.
- Menyusun analisa kelayakan proyek baik secara ekonomi maupun secara finansial.
- Menganalisa dampak lingkungan yang mungkin terjadi sebagai akibat dari pelaksanaan proyek tersebut.
- Memperkirakan manfaat yang akan diperoleh dari pembangunan proyek tersebut.

Penjelasan

Pada tahap ini, PT. PLN (Persero) Unit Indo Pembangkitan Sumatera selaku pemilik proyek memberikan penjelasan kepada perencana mengenai fungsi proyek dan kisaran nominal yang diizinkan dalam pembuatan proyek tersebut (Chen et al., 2019).

Kegiatan-kegiatan yang dilakukan pada Proyek Pembangunan Penambahan Line Transportasi Batubara Dari Jetty Ke Storage PLTU Sebalang dalam tahap ini adalah (Science, 2019):

- Menyusun rencana kerja, dan menunjuk para perencana dan tenaga ahli.
- Mempersiapkan kebutuhan perencana, merencanakan lokasi perancangan, taksiran biaya, dan persyaratan mutu.
- Mempersiapkan ruang lingkup kerja, jadwal waktu, dan rencana pelaksanaan.

- Mempersiapkan sketsa dengan skala, yang menggambarkan daerah- daerah batas proyek.

Perancangan

Tujuan dari tahap ini adalah untuk melengkapi penjelasan proyek yang telah dilakukan, meliputi tata letak, metode konstruksi, serta taksiran biaya (Lestari & Aldino, 2020).

Kegiatan-kegiatan yang dilakukan pada Proyek Pembangunan Penambahan Line Transportasi Batubara Dari Jetty Ke Storage PLTU Sebalang dalam tahap ini adalah sebagai berikut:

- Mengembangkan ikhtisar proyek menjadi penjelasan akhir proyek dan memeriksa masalah teknis.
- Meminta persetujuan akhir ikhtisar proyek dari pemilik proyek.

Pelaksanaan

Pada tahap ini kontraktor PT. Enviromate Technology International melaksanakan pekerjaan pembangunan proyek tersebut (Pramita & Sari, 2020), sesuai dengan perjanjian kontrak. Pelaksanaan tersebut diawasi oleh konsultan pengawas yang ditunjuk oleh pengguna jasa yaitu Pusmanpro. Kegiatan yang dilakukan adalah merencanakan, mengkoordinasi, mengendalikan semua operasional di lapangan.

Kegiatan perencanaan dan pengendalian adalah sebagai berikut (Pramita et al., n.d.):

- Perencanaan dan pengendalian jadwal waktu pelaksanaan.
- Perencanaan dan pengendalian organisasi lapangan.
- Perencanaan dan pengendalian tenaga kerja.
- Perencanaan dan pengendalian peralatan dan material.

Kegiatan koordinasi adalah (Lestari & Puspaningrum, 2021):

- Mengkoordinasi seluruh kegiatan pembangunan, baik untuk bangunan sementara maupun bangunan permanen, serta semua fasilitas dan perlengkapan yang terpasang.
- Mengkoordinasi sub-kontraktor.

Pemeliharaan dan Proses Persiapan Penggunaan

Pada tahap ini, prestasi proyek sudah mencapai 100 persen. Tujuan dari tahap ini adalah kontraktor pelaksana menjamin bahwa pekerjaan yang telah dikerjakan siap untuk digunakan (A. Fitri et al., 2017).

Kegiatan-kegiatan yang dilakukan pada tahap ini adalah (Abdul Maulud et al., 2021):

- Mempersiapkan catatan pelaksanaan berupa dokumen-dokumen perencanaan yang mendeskripsikan bangunan tersebut.
- Meneliti bangunan secara cermat dan memperbaiki kerusakan-kerusakan yang terjadi.
- Mempersiapkan petunjuk operasi serta pedoman pemeliharaannya.
- Melatih staf untuk melaksanakan pemeliharaan bangunan tersebut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada proyek Penambahan Line Transportasi Batubara Dari Jetty Ke Storage PLTU Sebalang, tulangan pada pembesian *pile cap* yang dipakai adalah tulangan dengan diameter D16. Rincian perhitungan tulangan *pile cap* adalah sebagai berikut:

Perhitungan 1

Perhitungan 1 yaitu pada titik 50 untuk pile cap tipe PC-1, 27 x 18 cm dengan tinggi 55 cm. Silahkan merujuk kepada Gambar 5.2 yang telah mendiskripsikan detail dimensi *pile cap* tipe PC-1. Data yang diketahui untuk *pile cap* tipe PC-1 adalah

Panjang	= 2700 mm
Lebar	= 1800 mm
Tinggi	= 550 mm
Pmaks	= 45,46 ton

Maka, tulangan yang dibutuhkan untuk *pile cap* type PC-1 pada pembangunan Penambahan Line Transportasi Batubara Dari Jetty Ke Storage PLTU Sebalang adalah:

- Cek panjang l_{ny} dan l_{nx}

$$\frac{l_{ny}}{l_{nx}} = \frac{2700}{1800} = 1,5 < 2 \text{ tulangan 2 arah}$$

$$d = h - t_s - \frac{1}{2} 16 = 550 - 70 - 18 - \frac{1}{2} 16 = 454 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} M_u &= \frac{1}{4} PL \\ &= \frac{1}{4} \times 45,46 \times (2,7) \\ &= 30,686 \text{ tm} = 3,0686 \times 10^6 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= \frac{M_u}{0,8} \\ &= \frac{3,0668 \times 10^6}{0,8} = 3,8357 \times 10^6 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_n}{b \cdot d^2} \\ &= \frac{3,8357 \times 10^6}{1000 \times 454^2} = 0,1861 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m &= \frac{f_y}{0,85 f_c'} \\ &= \frac{400}{0,85 \times 25} = 18,824 \end{aligned}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2R_n m}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{18,824} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0,1861 \times 18,824}{400}} \right) = 0,000046$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85 f_c'}{f_y} \times \beta_1 \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= \frac{0,85 \times 25}{400} \times 0,85 \left(\frac{600}{600 + 400} \right) = 0,0271 \end{aligned}$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \rho_b = 0,75 \times 0,021 = 0,0157$$

$\rho < \rho_{\min} < \rho_{\max}$ = dipakai ρ_{\min}

$$A_s = \rho_{\min} \cdot b \cdot d = 0,0035 \times 1000 \times 454 = 1589 \approx \text{dicoba D16}$$

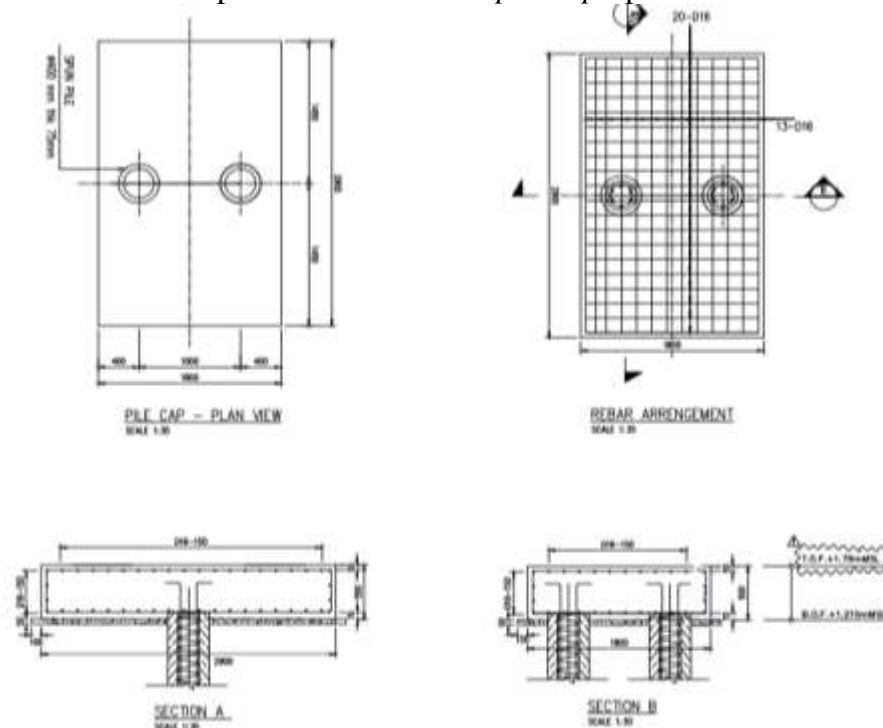
$$\frac{1000}{s} \times \frac{1}{4} \pi 16^2 = 1589$$

$$s = 126,5336 \text{ mm} \approx \text{Jadi digunakan D16-150}$$

- Arah Horizontal D16-150
Jumlah tulangan = $2700/150 = 18$ buah
- Arah Vertikal D16-150
Jumlah tulangan = $1800/150 = 12$ buah

Perhitungan 2

Perhitungan 2 yaitu pada titik 57 untuk pile cap tipe PC-2, 29 x 18 cm dengan tinggi 55 cm. Gambar 5.3 mendiskripsikan detail dimensi pile cap tipe PC-2.



Gambar 1 Detail Dimensi Pile Cap Tipe PC-2

Data yang diketahui untuk *pile cap* tipe PC-2 adalah

Panjang = 2900 mm

Lebar = 1800 mm

Tinggi = 550 mm

Pmaks = 45,46 ton

Maka, tulangan yang dibutuhkan untuk *pile cap* type PC-2 pada pembangunan Penambahan Line Transportasi Batubara Dari Jetty Ke Storage PLTU Sebalang adalah:

- Cek panjang lny dan lnx

$$\frac{Lny}{Lnx} = \frac{2900}{1800} = 1,6111 < 2 \text{ tulangan 2 arah}$$

$$\begin{aligned} Mu &= \frac{1}{4} PL \\ &= \frac{1}{4} \times 45,46 \times (2,9) \\ &= 32,9585 \text{ tm} = 3,2958 \times 10^6 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Mn &= \frac{Mu}{0,8} \\ &= \frac{3,2958 \times 10^6}{0,8} = 4,1197 \times 10^6 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Rn &= \frac{Mn}{b \cdot d^2} \\ &= \frac{4,1197 \times 10^6}{1000 \times 454^2} = 0,0199 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m &= \frac{fy}{0,85 fc'} \\ &= \frac{400}{0,85 \times 25} = 18,824 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2Rnm}{fy}} \right) \\ &= \frac{1}{18,824} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0,0199 \times 18,824}{400}} \right) = 0,000050 \end{aligned}$$

$$\rho \text{ min} = \frac{1,4}{fy} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\begin{aligned} \rho b &= \frac{0,85 fc'}{fy} \times \beta_1 \left(\frac{600}{600 + fy} \right) \\ &= \frac{0,85 \times 25}{400} \times 0,85 \left(\frac{600}{600 + 400} \right) = 0,0271 \end{aligned}$$

$$\rho \text{ max} = 0,0157$$

dipakai $\rho \text{ min}$

$$As = \rho \text{ min} \cdot b \cdot d = 0,0035 \times 1000 \times 454 = 1589 \approx \text{dicoba D16}$$

$$\frac{1000}{s} \times \frac{1}{4} \pi 16^2 = 1589$$

$$s = 126,5336 \text{ mm} \approx \text{Jadi digunakan D16-150}$$

- Arah Horizontal D16-150

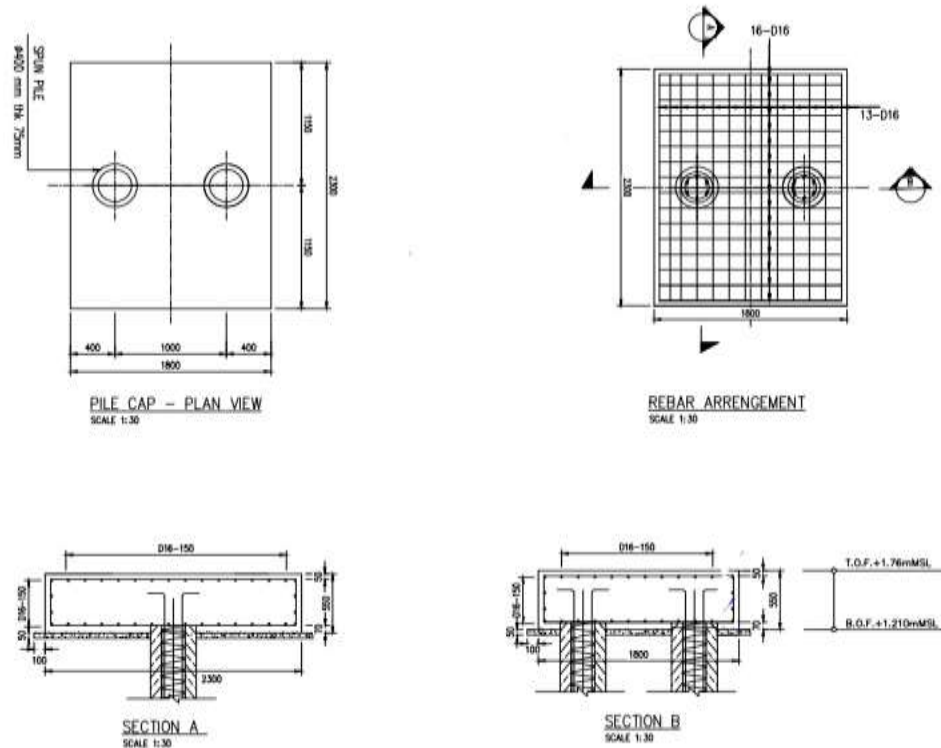
Jumlah tulangan = 2900/150 = 20 buah

- Arah Vertikal D16-150
Jumlah tulangan = $1800/150 = 12$ buah

Perhitungan 3

Perhitungan 3

Pada perhitungan 3 yaitu pada titik 60 untuk pile cap tipe PC-3, 23 x 18 cm dengan tinggi 55 cm. Gambar 5.4 mendiskripsikan detail dimensi *pile cap* tipe PC-3.



Gambar 2 Detail Dimensi *Pile Cap* Tipe PC-3

Data yang diketahui untuk *pile cap* tipe PC-3 adalah

Panjang = 2300 mm
Lebar = 1800 mm
Tinggi = 550 mm
Pmaks = 45,46 ton

Maka, tulangan yang dibutuhkan untuk *pile cap* type PC-3 pada pembangunan Penambahan Line Transportasi Batubara Dari Jetty Ke Storage PLTU Sebalang adalah:

- Cek panjang l_{ny} dan l_{nx}

$$\frac{l_{ny}}{l_{nx}} = \frac{2300}{1800} = 1,2778 < 2 \text{ tulangan 2 arah}$$

$$\begin{aligned} M_u &= \frac{1}{4} PL \\ &= \frac{1}{4} \times 45,46 \times (2,3) \\ &= 26,1395 \text{ tm} = 2,6139 \times 10^6 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= \frac{M_u}{0,8} \\ &= \frac{2,6139 \times 10^6}{0,8} = 3,2673 \times 10^6 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b.d^2} = \frac{3,2673 \times 10^6}{1000 \times 454^2} = 0,0158$$

$$m = \frac{fy}{0,85 fc'} = \frac{400}{0,85 \times 25} = 18,824$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2Rnm}{fy}} \right) = \frac{1}{18,824} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0,0158 \times 18,824}{400}} \right) = 0,000040$$

$$\rho \text{ min} = \frac{1,4}{fy} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho b = \frac{0,85 fc'}{fy} \times \beta_1 \left(\frac{600}{600+fy} \right) = \frac{0,85 \times 25}{400} \times 0,85 \left(\frac{600}{600+400} \right) = 0,0271$$

$$\rho \text{ max} = 0,0157$$

$\rho < \rho \text{ min} < \rho \text{ max} = \text{dipakai } \rho \text{ min}$

$$As = \rho \cdot b \cdot d = 0,0035 \times 1000 \times 454 = 1589 \approx \text{dicoba D16}$$

$$\frac{1000}{s} \times \frac{1}{4} \pi 16^2 = 1589$$

$$s = 126,5336 \text{ mm} \approx \text{Jadi digunakan D16-150}$$

- Arah Horizontal D16-150

$$\text{Jumlah tulangan} = 2300/150 = 15,333 \approx 16 \text{ buah}$$

- Arah Vertikal D16-150

$$\text{Jumlah tulangan} = 1800/150 = 12 \text{ buah}$$

Type	arah	t (m)	l (m)	P (m)	D (mm)	J
PC-1	X	550	1800	2700	16	12
	Y	550	1800	2700	16	18
PC-2	X	550	1800	2900	16	12
	Y	550	1800	2900	16	20
PC-3	X	550	1800	2300	16	12
	Y	550	1800	2300	16	16

Tabel 1 Perhitungan Kebutuhan Tulangan *Pilecap*

Keterangan :

t = Tebal pile cap

l = Lebar pile cap

P = Panjang pile cap

D = Diameter tulangan (mm)

J = Jumlah batang tulangan

Berdasarkan hasil perhitungan secara teori, jumlah tulangan yang dibutuhkan adalah sudah sesuai dengan jumlah penulangan yang digunakan dilapangan.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil pembahasan dan perhitungan, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Perhitungan kebutuhan besi yang dilakukan secara teori pada pekerjaan *pile cap* untuk proyek Penambahan Line Transportasi Batubara Dari Jetty Ke Storage PLTU Sebalang, tulangan pada pembesian *pile cap* yang dipakai adalah tulangan dengan diameter D16.
2. Untuk konstruksi *pile cap* sendiri memiliki bentuk dan ukuran yang berbeda, semua itu tergantung pada jumlah pondasi tiang pancang dalam 1 titik *pile cap*.
3. Secara keseluruhan, terdapat 42 *pile cap* dengan 3 tipe yang berbeda. Tipe *pile cap* yang digunakan pada proyek ini meliputi:
 - Tipe PC-1, 2700 x 1800 mm dengan tinggi 550 mm, kebutuhan penulangan didapat $s = 126,5336$ mm. Jadi digunakan D16-150, Arah Horizontal D16-150 dengan jumlah tulangan = $2700/150 = 18$ buah, Arah Vertikal D16-150 dengan jumlah tulangan = $1800/150 = 12$ buah.
 - Tipe PC-2, 2900 x 1800 mm dengan tinggi 550 mm, kebutuhan penulangan didapat $s = 126,5336$ mm. Jadi digunakan D16-150, Arah Horizontal D16-150 dengan jumlah tulangan = $2900/150 = 20$ buah, Arah Vertikal D16-150 dengan jumlah tulangan = $1800/150 = 12$ buah
 - Tipe PC-3, 2300 x 1800 mm dengan tinggi 550 mm, kebutuhan penulangan didapat $s = 126,5336$ mm. Jadi digunakan D16-150, Arah Horizontal D16-150 dengan jumlah tulangan = $2300/150 = 15,333 \approx 16$ buah, Arah Vertikal D16-150 dengan jumlah tulangan = $1800/150 = 12$ buah.

Berdasarkan hasil perhitungan secara teori, kebutuhan penulangan adalah sesuai dengan penggunaan tulangan yang ada dilapangan.

REFERENSI

- Abdul Maulud, K. N., Fitri, A., Wan Mohtar, W. H. M., Wan Mohd Jaafar, W. S., Zuhairi, N. Z., & Kamarudin, M. K. A. (2021). A study of spatial and water quality index during dry and rainy seasons at Kelantan River Basin, Peninsular Malaysia. *Arabian Journal of Geosciences*, 14(2). <https://doi.org/10.1007/s12517-020-06382-8>
- Adma, N. A. A., Ahmad, F., & Phelia, A. (2020). EVALUASI DAYA DUKUNG TIANG PANCANG PADA PEMBANGUNAN JETTY. *Jurnal Teknik Sipil*, 1(1), 7–14.
- Alfian, R., & Phelia, A. (2021). EVALUASI EFEKTIFITAS SISTEM PENGANGKUTAN DAN PENGELOLAAN SAMPAH DI TPA SARIMUKTI KOTA BANDUNG. *JICE (Journal of Infrastructural in Civil Engineering)*, 2(01), 16–22.
- Chen, H., Yao, L., & Fitri, A. (2019). The influence mechanism research of inflow temperature in different time scale on the water temperature structure. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 365(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/365/1/012058>

- Dewantoro, F. (2021). Kajian Pencahayaan dan Penghawaan Alami Desain Hotel Resort Kota Batu Pada Iklim Tropis. *JICE (Journal of Infrastructural in Civil Engineering)*, 2(01), 1–7.
- Dewantoro, F., Budi, W. S., & Prianto, E. (2019). Kajian Pencahayaan Alami Ruang Baca Perpustakaan Universitas Indonesia. *Jurnal Arsitektur ARCADE*, 3(1), 94–99.
- Fitri, A., Hashim, R., & Motamedi, S. (2017). Estimation and validation of nearshore current at the coast of Carey Island, Malaysia. *Pertanika Journal of Science and Technology*, 25(3), 1009–1018.
- Fitri, A., & Yao, L. (2019). The impact of parameter changes of a detached breakwater on coastal morphodynamic at cohesive shore: A simulation. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 365(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/365/1/012054>
- Fitri, A., Yao, L., & Sofawi, B. (2019). Evaluation of mangrove rehabilitation project at Carey Island coast, Peninsular Malaysia based on long-term geochemical changes. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 365(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/365/1/012055>
- Fitri, Arniza, Hasan, Z. A., & Ghani, A. A. (2011). *Determining the Effectiveness of Harapan Lake as Flood Retention Pond in Flood Mitigation Effort Determining the Effectiveness of Harapan Lake as Flood Retention Pond in Flood Mitigation Effort. November 2014.*
- Fitri, Arniza, Hashim, R., Abolfathi, S., & Maulud, K. N. A. (2019). Dynamics of sediment transport and erosion-deposition patterns in the locality of a detached low-crested breakwater on a cohesive coast. *Water (Switzerland)*, 11(8). <https://doi.org/10.3390/w11081721>
- Fitri, Arniza, Maulud, K. N. A., Pratiwi, D., Phelia, A., Rossi, F., & Zuhairi, N. Z. (2020). Trend Of Water Quality Status In Kelantan River Downstream, Peninsular Malaysia. *Jurnal Rekayasa Sipil (JRS-Unand)*, 16(3), 178–184.
- Fitri, Arniza, Maulud, K. N. A., Rossi, F., Dewantoro, F., Harsanto, P., & Zuhairi, N. Z. (2021). Spatial and Temporal Distribution of Dissolved Oxygen and Suspended Sediment in Kelantan River Basin. *4th International Conference on Sustainable Innovation 2020–Technology, Engineering and Agriculture (ICoSITEA 2020)*, 51–54.
- Hashim, R., Roy, C., Shamshirband, S., Motamedi, S., Fitri, A., Petković, D., & Song, K. I. I. L. (2016). Estimation of Wind-Driven Coastal Waves Near a Mangrove Forest Using Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System. *Water Resources Management*, 30(7), 2391–2404. <https://doi.org/10.1007/s11269-016-1267-0>
- Huang, X., & Fitri, A. (2019). *Influence scope of local loss for pipe flow in plane sudden expansions Influence scope of local loss for pipe flow in plane sudden expansions.* <https://doi.org/10.1088/1755-1315/365/1/012056>
- Kasus, S., Ji, P., Agung, S., Pramita, G., Lestari, F., Teknik, F., Studi, P., Sipil, T., & Indonesia, U. T. (2017). *Analisis Kinerja Persimpangan Bersinyal di Kota Bandar Lampung pada Masa Pandemi Covid -19.* 19.
- Kusuma, C. E., & Lestari, F. (2021). PERHITUNGAN DAYA DUKUNG TIANG PANCANG PROYEK PENAMBAHAN LINE CONVEYOR BATUBARA UNIT PELAKSANAAN PEMBANGKITAN SEBALANG. *Jurnal Teknik Sipil*, 2(01), 44–50.
- Lestari, F. (2015). *Studi Karakteristik Perilaku Perjalanan Siswa SMA Negeri di Kota Bandar Lampung.*
- Lestari, F. (2020). Identifikasi Fasilitas Pejalan Kaki Di Kota Bandar Lampung. *JICE (Journal of Infrastructural in Civil Engineering)*, 1(01), 27–32.

- LESTARI, F. (2018). *KOMPARASI PEMBANGUNAN KERETA CEPAT INDONESIA MENGGUNAKAN PENGALAMAN KERETA CEPAT NEGARA LAIN DARI SUDUT PANDANG EKONOMI*. UNIVERSITAS LAMPUNG.
- Lestari, F., & Aldino, A. A. (2020). Pemilihan Moda Dan Preferensi Angkutan Umum Khusus Perempuan Di Kota Bandar Lampung. *Jurnal Teknik Sipil: Rancang Bangun*, 6(2), 57–62.
- Lestari, F., Purba, A., & Zakaria, A. (2018). Komparasi Pembangunan Kereta Cepat di Indonesia Dengan Kereta Cepat di Negara Lain dari Sudut Pandang Ekonomi. *Prosiding Semnas SINTA FT UNILA Vol. 1 Tahun 2018*, 1(1), 266–272.
- Lestari, F., & Puspaningrum, S. (2021). *Pengembangan Denah Sekolah untuk Peningkatan Nilai Akreditasi pada SMA Tunas Mekar Indonesia*. 2(2), 1–10.
- Lestari, F., Setiawan, R., & Pratiwi, D. (2018). PERHITUNGAN DIMENSI SEAWALL MENGGUNAKAN LAZARUS. *Jurnal Teknik Sipil*, 9(1), 1118–1124.
- Lestari, F., Susanto, T., & Kastamto, K. (2021). PEMANENAN AIR HUJAN SEBAGAI PENYEDIAAN AIR BERSIH PADA ERA NEW NORMAL DI KELURAHAN SUSUNAN BARU. *SELAPARANG Jurnal Pengabdian Masyarakat Berkemajuan*, 4(2), 427–434.
- Phelia, A., & Damanhuri, E. (2019). *Kajian Evaluasi Tpa Dan Analisis Biaya Manfaat Sistem Pengelolaan Sampah Di Tpa (Studi Kasus TPA Bakung Kota Bandar LPhelia, A., & Damanhuri, E. (2019). Kajian Evaluasi Tpa Dan Analisis Biaya Manfaat Sistem Pengelolaan Sampah Di Tpa (Studi Kasus TPA Bakun.*
- Phelia, A., & Sinia, R. O. (2021). Skenario Pengembangan Fasilitas Sistem Pengolahan Sampah Dengan Pendekatan Cost Benefit Analysis Di Kelurahan Kedamaian Kota Bandar Lampung. *Jurnal Serambi Engineering*, 6(1).
- Pramita, G. (2019). *Studi Pengaruh Ruang Henti Khusus (RHK) Sepeda Motor Terhadap Arus Jenuh di Pendekat Simpang Bersinyal*. UNIVERSITAS LAMPUNG.
- Pramita, G., Lestari, F., & Bertarina, B. (n.d.). Study on the Performance of Signaled Intersections in the City of Bandar Lampung (Case Study of JL. Sultan Agung-Kimaja Intersection during Covid-19. *Jurnal Teknik Sipil*, 20(2).
- Pramita, G., & Sari, N. (2020). STUDI WAKTU PELAYANAN KAPAL DI DERMAGA I PELABUHAN BAKAUHENI. *JICE (Journal of Infrastructural in Civil Engineering)*, 1(01), 14–18.
- Prasetyo, A., Pangestu, A., Defrindo, Y., & Lestari, F. (2020). RENCANA PEMBANGUNAN SANITASI BERBASIS LINGKUNGAN DI DESA DADISARI KABUPATEN TANGGAMUS. *Jurnal Teknik Sipil*, 1(1), 26–32.
- Pratiwi, D. (2020). Studi Time Series Hidro Oseanografi Untuk Pengembangan Pelabuhan Panjang. *JICE (Journal of Infrastructural in Civil Engineering)*, 1(01), 1–13.
- Pratiwi, D., & Fitri, A. (2021). Analisis Potensial Penjalaran Gelombang Tsunami di Pesisir Barat Lampung, Indonesia. *Jurnal Teknik Sipil*, 8(1), 29–37.
- Pratiwi, D., Sinia, R. O., & Fitri, A. (2020). PENINGKATAN PENGETAHUAN MASYARAKAT TERHADAP DRAINASE BERPORUS YANG DIFUNGSIKAN SEBAGAI TEMPAT PERESAPAN AIR HUJAN. *Journal of Social Sciences and Technology for Community Service (JSSTCS)*, 1(2).
- Purba, A., Kustiani, I., & Pramita, G. (2019). A Study on the Influences of Exclusive Stopping Space on Saturation Flow (Case Study: Bandar Lampung). *International Conference on Science, Technology & Environment (ICoSTE)*.
- Rosmalasari, T. D., Lestari, M. A., Dewantoro, F., & Russel, E. (2020). Pengembangan E-Marketing Sebagai Sistem Informasi Layanan Pelanggan Pada Mega Florist Bandar Lampung. *Journal of Social Sciences and Technology for Community Service*

- (JSSTCS), 1(1), 27–32.
- Safuan, A. P. (2014). *REVITALISASI INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH PADA BEBERAPA TEMPAT PEMBUANGAN AKHIR SAMPAH DI PROVINSI LAMPUNG*. Science, E. (2019). *The impact of parameter changes of a detached breakwater on coastal morphodynamic at cohesive shore : A simulation* *The impact of parameter changes of a detached breakwater on coastal morphodynamic at cohesive shore : A simulation*. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/365/1/012054>
- Setiawan, R., Lestari, F., & Pratiwi, D. (2017). *PENGARUH SULFAT PADA KEKUATAN BETON YANG MENGGUNAKAN LIMBAH BATU BARA SEBAGAI BAHAN PENGGANTI SEMEN*. *Jurnal Teknik Sipil*, 8(2), 1093–1098.
- Study, E., & Main, U. S. M. (2013). *Effectiveness of Aman Lake as Flood Retention Ponds in Flood Mitigation* *Effectiveness of Aman Lake as flood retention ponds in flood mitigation effort : study case at USM Main Campus , Malaysia*. December.