

ANALISIS KEKUATAN STRUKTUR BETON PILAR 2 PENAHAN SIPHON CISANGKAN

(Studi Kasus : Studi Kasus Proyek Pembangunan Jaringan Irigasi Lewwigoong Paket AMS 19B Garut Provinsi Jawa Barat)

Rina Gartina¹, Roestaman²

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, ²Dosen Pembimbing

Jurnal Konstruksi
Sekolah Tinggi Teknologi Garut
Jl. Mayor Syamsu No. 1 Jayaraga Garut 44151 Indonesia
Email: jurnal@sttgarut.ac.id

gartinarina@gmail.com

Abstrak - Proyek pembangunan jaringan irigasi leuwigoong paket AMS 19B ini terletak di Kp. Sindang Sari Desa Cinunuk Kec. Wanaraja Kab. Garut yang mana di lokasi tersebut akan dibangun jaringan irigasi yaitu bangunan siphon berfungsi untuk mengalirkan debit yang dibawa dari saluran yang jalurnya terpotong oleh sungai cisangkan. Siphon cisangkan ini mempunyai 3 pilar yaitu pilar 1 (P1), pilar 2 (P2) dan pilar 3 (P3), penulis menganalisis pilar 2 (P2) yang berada di bawah bangunan siphon tersebut. Metode yang dilakukan pada penelitian ini adalah dengan mengadakan studi literatur untuk mendapatkan hipotesis yaitu untuk melakukan analisis banding kekuatan, antara kekuatan struktur hasil penulis berdasarkan kondisi yang ada. Analisis pilar yang di evaluasi dan yang terpasang di lapangan mengarah pada perencanaan tulangan yang mendukung kekuatan beton dari metode yang digunakan yaitu perhitungan secara analitis, secara analitis mutu beton yang digunakan yaitu hasil evaluasi uji hammer test tipe NJ 80 sebesar $f_c' = 17,2$ Mpa, evaluasi jenis tanah untuk mengetahui aman atau tidaknya dengan pengujian CPT (Cone Penetration Test) untuk pilar 2 (P2) sangat keras dengan nilai CPT $S_f = 3$ yaitu $2,49$ kg/cm² jenis struktur yang digunakan beton bertulang, evaluasi tulangan kolom dan tulangan abutment dengan D25-125 mm.

kata kunci : Pilar, Siphon, Tulangan Kolom dan Abutment

I. PENDAHULUAN

Bangunan siphon merupakan salah satu bangunan persilangan yang dibangun untuk mengalirkan debit yang dibawa oleh saluran yang jalurnya terpotong oleh lembah dengan bentang panjang atau terpotong oleh sungai. Bangunan siphon berupa saluran tertutup yang dipasang mengikuti bentuk potongan melintang sungai atau lembah untuk menyeberangkan debit dari sisi hulu ke sisi hilir (Buku Ir. Agus Suroso, MT IRIGASI DAN BANGUNAN AIR). Penahan dari bangunan siphon yaitu pilar jembatan merupakan struktur yang memberikan dukungan vertikal untuk rentang di antara dua poin. Pilar jembatan memiliki dua fungsi utama yaitu; mentransfer beban bangunan atas vertikal ke pondasi dan menahan kekuatan horisontal yang bekerja pada jembatan. Analisis ini akan membahas permasalahan yang berkaitan dengan struktur bangunan penahan siphon Cisangkan.

Berdasarkan data dan permasalahan yang diuraikan diatas, maka penelitian ini dapat dirumuskan

1. Apakah stuktur pilar 2 (P2) dapat mewakili untuk dilaksankananya pembangunan bangunan siphon cisangkan, dan dampak ekonomis
2. Apakah stuktur pilar 2 (P2) dapat mewakili pembangunan siphon

3. Dampak yang dihasilkan apabila pembangunan siphon yang sudah dilaksanakan hanya dengan pilar 2 (P2)

Mengingat ruang lingkup permasalahan dan keterbatasan penulis maka penulis membatasi kajian sebagai berikut:

1. Meninjau kekuatan struktur pilar
2. Meninjau kekuatan daya dukung tanah dibawah pelat pondasi
3. Meninjau kekuatan struktur pelat pondasi

Pembahasan dilakukan dengan data – data sekunder yang sudah ada dan teori perhitungan yang relevan.

Dalam pembahasan ini di maksudkan untuk melakukan analisis banding kekuatan, antara kekuatan struktur hasil penulis berdasarkan kondisi yang ada dengan yang di rencanakan berdasarkan

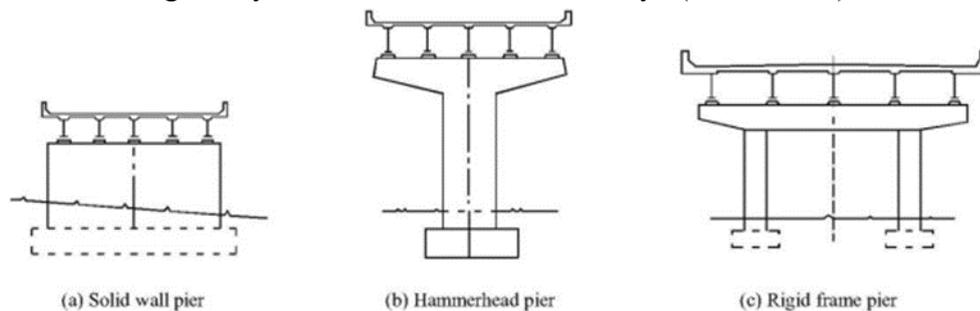
1. Terjelaskan hasil analisis apabila pembangunan menggunakan pilar 2 (P2)
2. Terjelaskan hasil analisis apabila pembangunan tidak menggunakan semua struktur pilar yang telah ditentukan
3. Terjelaskan hasil dari pembangunan pilar 2 (P2) dan dampak yang dihasilkan.

Tujuan penelitian ini di harapkan dapat memberikan informasi mengenai analisis banding.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Pilar jembatan merupakan struktur yang memberikan dukungan vertikal untuk rentang di antara dua poin. Pilar jembatan memiliki dua fungsi utama yaitu; mentransfer beban bangunan atas vertikal ke pondasi dan menahan kekuatan horisontal yang bekerja pada jembatan (Chen, 2000).

Pemilihan jenis pilar untuk jembatan harus didasarkan pada fungsional, structural, dan persyaratan geometris. Estetika juga merupakan faktor yang sangat penting didalam kriteria pemilihan sejak jembatan jalan raya di era modern merupakan bagian dari *landscape* kota. Pilar – pilar tersebut digunakan untuk mendukung gelagar baja atau beton pratekan pracetak superstruktur. Mempunyai nilai estetika yang menarik. umumnya pilar tersebut memerlukan ruang yang sedikit, sehingga memberikan ruang lainnya untuk lalu lintas di bawahnya (Chen, 2000).



Gambar 2.3 Jenis pilar untuk jembatan baja (Chen, 2000)

Beton adalah suatu bahan konstruksi yang mempunyai sifat kekuatan tekan yang khas, yaitu kecenderungan untuk bervariasi (tidak seragam) dan nilainya akan menyebar pada suatu nilai rata-rata tertentu. Hitung tegangan beton rata – rata sebagai berikut :

$$\sigma'_{bm} = \frac{\sum_1^N \sigma' b}{N}, \quad m = \text{mean} = \text{rata - rata}$$

- (1) Hitung standar deviasi sebagai berikut :

Rumus deviasi standar :

$$S = \sqrt{\frac{\sum_1^N (\sigma' b - \sigma'_{bm})^2}{N-1}}$$

Daya dukung tanah (σ) adalah kemampuan tanah memikul tekanan, atau tekanan maksimum

yang diijinkan yang bekerja pada tanah di atas pondasi. Daya dukung terfaktor (σ_{ult}) atau Factored Bearing Capacity adalah kemampuan tanah memiliki tekanan atau tekanan maksimum pada batas runtuh.

Rumusny adalah:

$$\sigma = \sigma_{ult} / SF$$

dimana:

SF = *safety factor*

= 3 untuk beban normal

= 2 untuk beban darurat

Daya dukung tanah ditentukan dan dibatasi oleh:

1. Aman terhadap runtuhnya tanah (σ_{ult} / SF)
2. Aman terhadap penurunan akibat konsolidasi tanah sehingga penurunan total tidak terlalu besar.

Pengaruh gempa rencana hanya ditinjau pada keadaan batas ultimit.

Tabel 2.7 faktor akibat pengaruh gempa

Jangka Waktu	Faktor Beban	
	$K_s; EQ$	$K_U; EQ$
Transien	Tak dapat digunakan	1,0

Pasal ini menetapkan metoda untuk menghitung beban statis ekuivalen untuk jembatan-jembatan dimana analisa statis ekuivalen adalah sesuai. Untuk jembatan besar rumit dan penting mungkin diperlukan analisa dinamis. Lihat standar perencanaan beban gempa untuk jembatan (Pd.T.04.2004.8B). Beban rencana gempa minimum diperoleh dari rumus berikut:

$$T^*_{EQ} = K_h I W_T \tag{13}$$

Dimana:

$$K_n = C S \tag{14}$$

Dengan pengertian:

T^*_{EQ} adalah Gaya geser dasar total dalam arah yang ditinjau (kN)

K_h adalah Koefisien beban gempa horizontal

C adalah Koefisien geser dasar untuk daerah, waktu dan kondisi setempat yang sesuai

I adalah faktor kepentingan

S adalah Faktor tipe bangunan

W_T adalah Berat total nominal bangunan yang mempengaruhi percepatan gempa, diambil sebagai beban mati ditambah beban mati tambahan (kN).

Untuk bangunan yang mempunyai satu derajat kebebasan yang sederhana rumus berikut bisa digunakan:

$$T = 2\pi$$

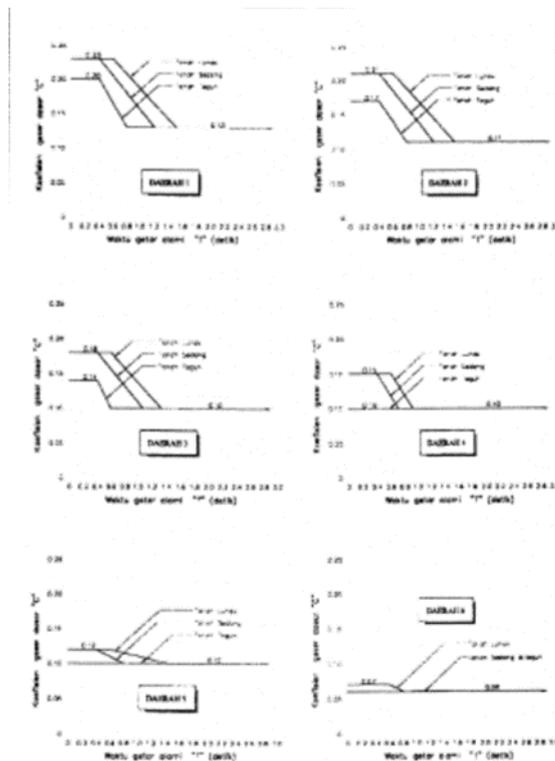
Dengan pengertian:

T adalah waktu getar dalam detik untuk freebody pilar dengan derajat kebebasan tunggal pada jembatan bentang sederhana

g adalah percepatan gravitasi (m/dt^2)

W^* adalah berat total nominal bangunan atas termasuk beban mati tambahan di tambah setengah berat dari pilar (bila perlu dipertimbangkan) (kN)

K_p adalah kekakuan gabungan sebagai gaya horisontal yang di perlukan untuk menimbulkan satu satuan lendutan pada bagian atas pilar (kN/m)



Gambar 2.7 Koefisien geser dasar (C) plastis untuk analisis statis

Langkah-langkah pembesian abutment adalah sebagai berikut:

1. Menentukan desain material dan bentuk struktur dinding abutment, baik mutu betoon, mutu baja, dan dimensi dinding abutment.
2. Menentukan gaya aksial ultimit (P_u) dan momen ultimit (M_u) yang bekerja pada dinding abutment.
3. Menghitung nilai α dan β
 $\alpha = \phi \cdot P_n / (f'_c \cdot A_g)$
 $\beta = \phi \cdot M_n / (f'_c \cdot A_g \cdot h)$

Dimana:

- $\phi \cdot P_n = P_u$ = Gaya aksial ultimit pada dinding abutment (KN)
- $\phi \cdot M_n = M_u$ = Momen ultimit pada dinding abutment (KNm)
- f'_c = Kuat tekan beton (Mpa)
- A_g = Luas penampang dinding abutment yang ditinjau (mm^2)
- H = Tebal dinding abutment (mm)

4. Masukkan nilai $\alpha = \phi \cdot P_n / (f'_c \cdot A_g)$ dan $\beta = \phi \cdot M_n / (f'_c \cdot A_g \cdot h)$ kedalam diagram interaksi sehingga di peroleh rasio tulangan (ρ) yang diperlukan.
5. Hitung luas yang diperlukan dengan rumus, $A_s = \rho \cdot b \cdot d$

III. METODOLOGI PENELITIAN

Lokasi penelitian untuk menganalisis Kekuatan Struktur Beton Pilar 2 Penahan Siphon Cisangkan tersebut yaitu di Kp. Sindang Sari Desa Cinunuk Kec. Wanaraja Kab. Garut yang mana lokasi tersebut adalah lokasi pilar 2 yang sudah di bangun. Pada penelitian Tugas Akhir ini data yang di perlukan adalah sebagai berikut:

Alur Penelitian



IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.3.1 Analisis Tulangan Pilar

Tabel 4.9 Rekapitulasi Beban – Beban dan Momen

Beban yang bekerja	Berat	Momen
Akibat beban mati (Q_{UD})	1057,21992 KN	-
Akibat beban hidup (Q_L)	225 KN	-
Akibat beban gempa (T_{EQ})	235,7071812 KN	1645,236125 KN.m
Berat sendiri pilar	817,2 KN	157,277448 KN.m
Berat sendiri pilar sampai batas jepit	334,8 KN	-

Beban – beban yang bekerja:

Kombinasi (Dengan gempa) :

$$P_u = 1,2 Q_D = (1057,21992 + 334,8)$$

$$= 1392,01992 \text{ KN}$$

$$M_u = 1(1645,236125) = 1645,236125 \text{ KN.m}$$

a. Analisis kolom/pilar

- Dengan gempa : $P_u = 1392,01992 \text{ KN}$
 $M_u = 1645,236125 \text{ KN.m}$

$f'_c = 17,2 \text{ Mpa}$ (hasil evaluasi hammer test)

Asumsi $f_y = 400 \text{ Mpa}$

$E_s = 200000 \text{ Mpa}$

Lebar kolom = 1,5 m

Panjang kolom = 3,5 m

$$e = \frac{M_u}{P_u} = \frac{1645,236125 \text{ KN.m}}{1392,01992 \text{ KN}} = 1,18 \text{ m}$$

$$A_g = 2 (\pi r^2 / 2) + (2,16 \times 1,5)$$

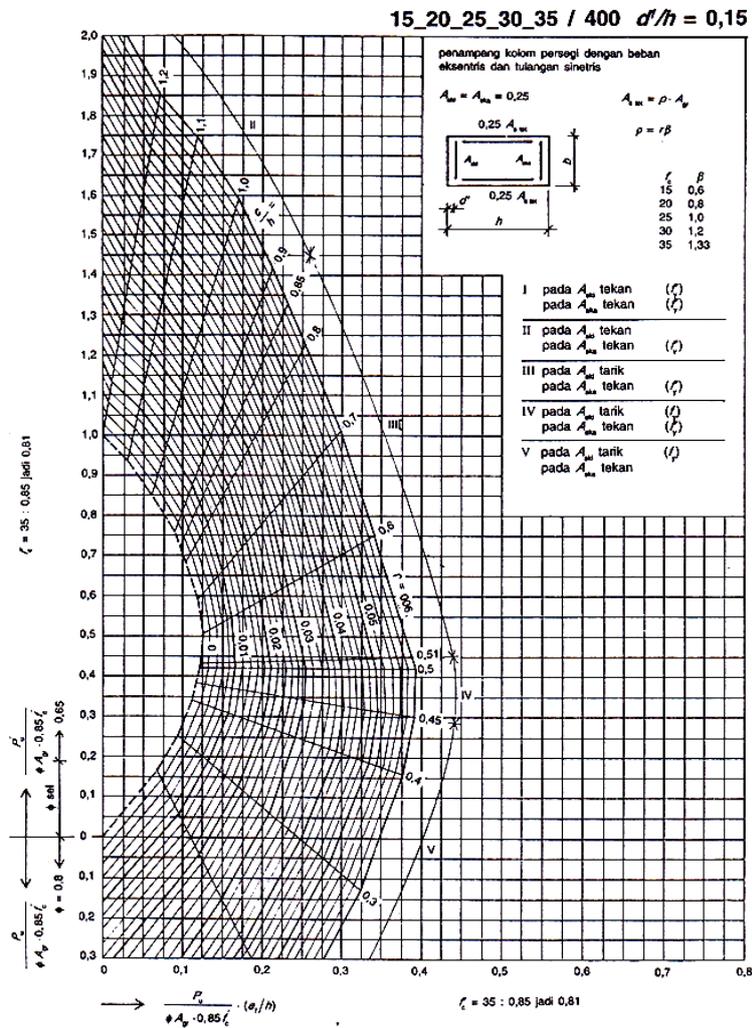
$$= 2 (3,14 \times 0,7^2/2) + 3,24$$

$$= 1,5386 + 3,24$$

$$= 4,7786 \text{ m}^2 = 4778600 \text{ mm}^2$$

$$\frac{pu}{\phi Agr. 0,85fc'} = \frac{1392,01992 \text{ KN}}{0,65.4778600.0,85.17,2} = \frac{1392019,92 \text{ N}}{45411035,8} = 0,031$$

$$\frac{pu}{\phi Agr. 0,85fc'} \cdot \frac{et}{ht} = \frac{1392019,92 \text{ N}}{0,65.4778600.0,85.17,2} \cdot \frac{1,18}{1,5} = \frac{1392019,92 \text{ N}}{45411035,8} \cdot 0,79 = 0,024$$



Dari nomogram di dapat $\rho = 0,01/5 = 0,002$

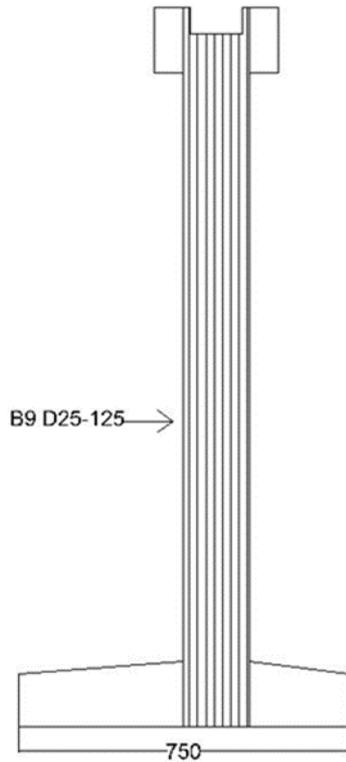
$fc' = 17,2 \text{ Mpa} \rightarrow$ asumsi $\beta = 1,2$

$As \text{ total} = \rho \cdot \beta \cdot Agr = 0,002 \times 1,2 \times 4778600 = 11468,64 \text{ mm}^2$

Jika digunakan diameter 25 mm $\rightarrow n = 11468,64 / (0,25 \cdot 3,14 \cdot 25^2) = 11468,64 / 490,625 = 23$ buah

jika $As \text{ min } 1\% Agr = 0,01 \times 4778600 = 47786 \text{ mm}^2$

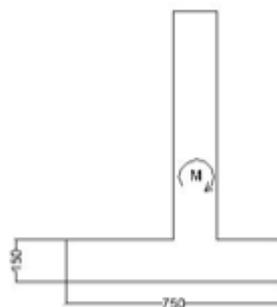
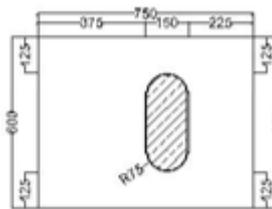
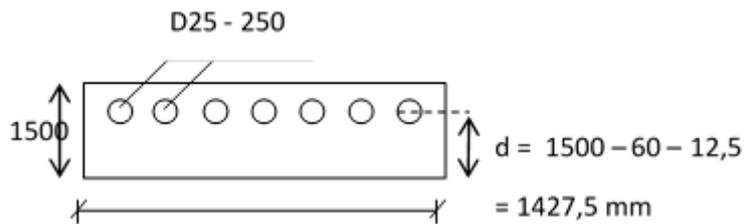
Jika digunakan diameter 25 mm $\rightarrow n = 47786 / (0,25 \cdot 3,14 \cdot 25^2) = 47786 / 490,625 = 97$ buah



Gambar 4.14 Penampang Tulangan Kolom

b. Analisis abutment

Dengan gempa: $\sigma_{maks} = 82,69846174 \text{ KN/m}^2$; $\sigma_{min} = 10,60930743 \text{ KN/m}^2$



Gambar 4.15 Tegangan Pondasi Akibat Beban Yang Bekerja

$$V_u = 82,69846174 \times 6 \times 3,75 = 1860,715389 \text{ KN}$$

$$M_u = V_u \times 1,88 = 1860,715389 \times 1,88 = 3498,144932 \text{ KN.m} = 3,4981449 \times 10^{12} \text{ N.mm}$$

$$C_c = 0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b$$

$$= 0,85 \cdot 17,2 \cdot a \cdot 6000$$

$$= 87720a$$

Asumsi As leleh $f_s = f_y$

$$T_s = A_s \cdot f_y = A_s \cdot 400 = 400 A_s$$

$$C_c = T_s \rightarrow a = 400 \cdot A_s / 87720 = 0,0046 A_s$$

$$\phi M_n = \phi C_c (d - \frac{1}{2} a) = \phi T_s (d - \frac{1}{2} a)$$

$$\text{ambil } \phi M_n = \phi T_s (d - \frac{1}{2} a) = \phi A_s \cdot f_y (d - \frac{1}{2} a)$$

$$= 0,8 \cdot 400 A_s (1427,5 - \frac{1}{2} 0,0046 A_s)$$

$$= 320 A_s (1427,5 - 0,0023 A_s)$$

Syarat $\phi M_n \geq M_u$

$$\text{Ambil } \phi M_n = M_u \rightarrow 3,4891449 \times 10^{12} = 320 A_s (1427,5 - 0,0023 A_s)$$

$$3,4891449 \times 10^{12} = 456800 A_s - 0,736 A_s^2$$

$$0,736 A_s^2 - 456800 A_s + 3,4891449 \times 10^{12} = 0$$

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$x = \frac{-456800 \pm \sqrt{456800^2 - 4 \times 0,736 \times 3,4891449 \times 10^{12}}}{2 \times 0,736}$$

$$x = \frac{-456800 \pm \sqrt{2,0866624 \times 10^{11} - 1,0272042 \times 10^{13}}}{2 \times 0,736}$$

$$x = \frac{-456800 \pm \sqrt{1,0063375 \times 10^{13}}}{1,472}$$

$$x = \frac{-456800 - 3172282,301}{1,472}$$

$$x = \frac{-456800 + 3172282,301}{1,472}$$

$$A_{s1} = -2465409,172$$

$$A_{s2} = 1844756,998$$

Kontrol :

$$\epsilon_y = f_y / E_s = 400 / 200000 = 0,002$$

$$C_b \frac{\epsilon_c}{\epsilon_c + \epsilon_y} \cdot d = \frac{17,2}{(17,2 + 0,002)} \cdot 1427,5 = \frac{17,2}{17,202} \cdot 1427,5 = 1427,334031 \text{ mm}^2$$

$$f_c' = 17,2 \text{ Mpa} \text{ --- } \beta = 0,65$$

$$\rho_b = 0,85 f_c' \cdot B \cdot c_b / d \cdot f_y$$

$$= (0,85 \cdot 17,2 \cdot 0,65 \cdot 1427,334031) / (1427,5 \cdot 400)$$

$$= 13563,9553 / 571000$$

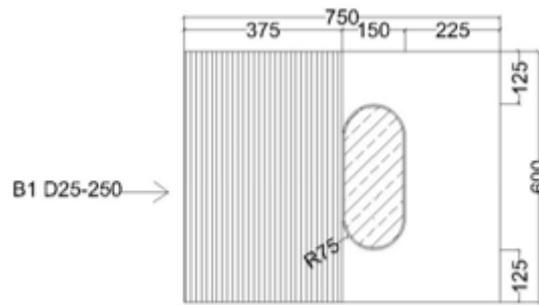
$$= 0,023754737 \text{ mm}^2$$

$$A_{s \text{ maks}} = 0,75 \cdot \rho_b \cdot b \cdot d$$

$$= 0,75 \cdot 0,023754737 \cdot 6000 \cdot 1427,5$$

$$= 15259,44971 \text{ mm}^2$$

Jika digunakan diameter 25 mm $\rightarrow n = 15259,44971 / (0,25 \cdot 3,14 \cdot 25^2) = 15259,44971 / 490,625 = 31 \text{ bh}$



Gambar 4.16 penampang Tulangan Abutment

c. Analisis tegangan di bawah tanah

Beban yang bekerja	Berat	Momen
Akibat beban mati (Q_D)	881,0166 KN	-
Akibat beban hidup (Q_L)	125 KN	-
Akibat beban gempa (T_{EQ})	235,7071812 KN	1645,236125 KN.m
Berat sendiri pilar	817,2 KN	157,277448 KN.m
Berat sendiri pilar sampai batas jepit	334,8 KN	-

Beban – beban yang bekerja:

P_v = berat pilar penuh + beban mati + akibat Q_L penuh

$$= 817,2 + 881,0166 + 125$$

$$= 1823,2166 \text{ KN}$$

$A = 7,5 \times 6$

$$= 45 \text{ m}^2$$

Momen = $157,277448 \text{ KN.m} + 125 \text{ KN.m} + 1645,236125 \text{ KN.m}$

$$= 1927,513573 \text{ KN.m}$$

$W = 1/6 \cdot 6 \cdot 7,5^2$

$$= 56,25 \text{ m}^2$$

$P_v/A = 1823,2166 \text{ KN} / 45 = 40,51592444 \text{ KN}$

$M/W = 1927,513573 \text{ KN.m} / 56,25 \text{ m}^2 = 34,26690796 \text{ KN}$

$\sigma_{maks} = 74,7828324 \text{ KN/m}^2$

$\sigma_{min} = 6,24901648 \text{ KN/m}^2$

Berdasarkan Tabel 4.2 Data Uji CPT (Cone Penetration Test) σ_{ijin} di ambil yang terkecil dengan $S_f = 3$ yaitu $2,49 \text{ kg/cm}^2$. Dengan $\sigma_{maks} = 74,7828324 \text{ KN/m}^2 = 0,7478 \text{ kg/cm}^2$. Dari hasil perhitungan $\sigma_{maks} = 0,7478 \text{ kg/cm}^2 < \sigma_{ijin} 2,49 \text{ kg/cm}^2$. Dari hasil analisis tersebut tegangan tanah yang di ijinan memenuhi (aman) karena tidak melebihi batas yang di ijinan.

V. KESIMPULAN

Dari data analisis di lapangan penulis menganalisis evaluasi kekuatan beton pilar 2 penahan siphon cisangkan yang sudah dilaksanakan, maka di dapat di simpulkan yaitu:

1. Berdasarkan hasil uji hammer test tipe NJ 80 mutu beton yang terpasang di lapangan menunjukkan nilai $f_c' = 17,2$ Mpa
2. Hasil analisis terhadap pilar (P2) menghasilkan kebutuhan tulangan pokok 23 buah D25, sedangkan yang menunjukkan kebutuhan yang lebih sedikit dibandingkan dengan yang terpasang di lapangan sebanyak 68 buah D25 tetapi jika persyaratan yang terpasang adalah minimum 1% dari luas penampang (97 buah D25), jumlah yang terpasang itu masih lebih kecil dari persyaratan minimum.
3. Analisis abutment berdasarkan evaluasi B1 dengan D25 mm secara analitis membutuhkan 31 buah, sedangkan yang terpasang di lapangan adalah 30 buah D25.
4. Berdasarkan Tabel 4.2 Data Uji CPT (Cone Penetration Test) jika di ambil σ_{ijin} yang terkecil dengan $S_f = 3$ yaitu $2,49 \text{ kg/cm}^2$, maka dengan $\sigma_{maks} = 74,7828324 \text{ KN/m}^2$ ($0,7478 \text{ kg/cm}^2$) dari hasil perhitungan menunjukkan pondasi yang cukup aman.

DAFTAR PUSTAKA

- Suroso, Agus. IRIGASI DAN BANGUNAN AIR
- Pamungkas, Anugrah. & Erny harianti. 2013. Desain Pondasi Tahan Gempa Sesuai SNI 03-1726-2002 dan SNI 03-2847-2002. Yogyakarta: C.V ANDI OFFSET
- Iqbal Manu, Agus. 2002. Dipl. Heng. MIHT. Cetakan II. DASAR – DASAR PERENCANAAN JEMBATAN BETON BERTULANG. PT. Mediatama Saptakarya (PT. MEDISA).
- Sutarman, E. 2013. Konsep & Aplikasi Mekanika Tanah. Yogyakarta: Cv ANDI OFFSET, Halaman 173-175.
- <http://www.ilmutekniksipilindonesia.com/2015/04/rencana-penulangan-dinding-abutment.html>
- http://group1-diplomasipil.blogspot.com/2014/06/standard-deviasi-kuat-tekan-beton_4.html
- <http://nduufi.wordpress.com/>