

Perancangan Desain Jalur Perpipa Utility Service pada *Non-Process Plant*

Gibran Eza Sanjaya^{1*}, Heroe Poernomo², Ekky Nur Budiyo³

Program Studi D-IV Teknik Perpipa, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia^{1*}

Program Studi D-IV Teknik Permesinan Kapal, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia²

Program Studi D-IV Teknik Perpipa, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia³

Email: gibraneza12345@gmail.com^{1*}; poernomo_heroe@ppns.ac.id²; ekky@ppns.ac.id³

Abstract – One of the petrochemical companies in Cilegon want build of a utility service system includes potable water, industrial water, and demineralized water. The design of the utility service will start from the pump shelter. The pipe routing is adjusted to the plot plan that has been studied. Based on calculations, Potable Water Line has a total system head based on manual calculations is 30.9284 m while the total system head based on calculations using software is 29.282 m with difference value 5.3234% and the pump used is Ebara model IFW 50 x 40 1323, head total of Industrial Water Line system based on manual calculations is 60.0554 m while based on calculations using software is 56.762 m with difference 5.5439% and the pump used is Kawamoto model GEK5067.5, and the total head of Demineralized Water Line system is 96.4111 m while based on calculations using software it is 94.369 m with difference is 2.1171% and the pump used is Shinko model GJ 40-25. The allowable pipe span calculation results is get an ideal allowable pipe span with 3.6526 m. Estimated total cost of materials based of calculation and details of materials is Rp. 214.891.262.

Keywords: Utility Service, Piping Design, Pump Selection, Pipe Span

1. PENDAHULUAN

Salah satu perusahaan petrokimia yang berada di Cilegon sedang merencanakan sebuah proyek penambahan area *non-process plant* baru berupa sistem *utility service* untuk area *non-process plant*. *Utility service* adalah sebuah sistem yang berfungsi sebagai sistem pendukung untuk suatu kegiatan atau proses yang dibutuhkan pada area tersebut dengan menyesuaikan fluida yang digunakan dan memperhitungkan dengan kondisi operasional dari fluida. Selain itu, sistem *utility service* mencakup pemilihan material yang harus sesuai dengan kebutuhan perancang agar dapat beroperasi secara normal. Perancangan jalur perpipa *utility service* yang disalurkan ke area baru *non-process plant* meliputi *potable water*, *industrial water*, dan *demineralized water*.

Perancangan jalur perpipa diawali dengan routing pipa agar terdapat kesesuaian dengan plot plan yang telah dikaji dan tidak adanya jalur sistem yang bertindih dan bertabrakan. Hasil dari routing pipa akan dijadikan desain 3D model agar didapatkan desain yang lebih detail dan nyata. Desain 3D model yang telah dilakukan dari *potable water*, *industrial water*, dan *demineralized water* dapat menjadi data dalam menentukan nilai *head* total dari sistem. Nilai *head* total akan digunakan untuk memilih spesifikasi pompa yang dibutuhkan pada masing-masing jalur, hal ini dilakukan agar sistem *utility*

service dapat beroperasi sesuai dengan kebutuhan yang telah direncanakan.

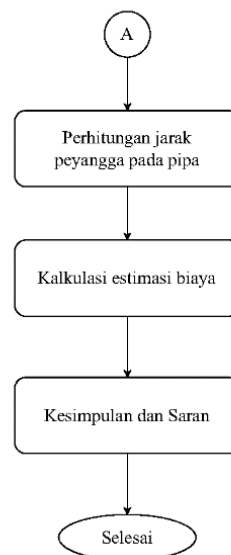
Suatu sistem perpipa perlu adanya peyangga atau *support* sebagai penyesuaian ketinggian dan mengatasi tegangan yang terjadi akibat operasional sistem. Peyerangga atau *support* memiliki berbagai model yang disesuaikan dengan kebutuhan jalur pipa. Selain itu, peyangga pipa memerlukan jarak antar peyangga yang harus diperhitungkan dengan tepat agar tidak terjadi defleksi atau tegang yang berlebih. Namun, tidak melakukan pembahasan mengenai analisa tegangan pada pipa.

2. METODOLOGI

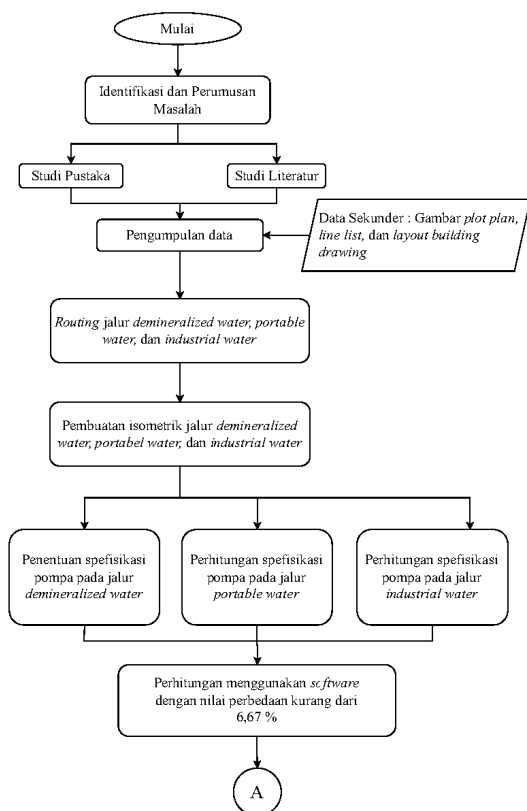
2.1 Diagram Alir Penelitian

Pembahasan rumusan masalah diawali dengan identifikasi dan perumusan masalah itu sendiri, dengan adanya rumusan masalah yang telah dipilih. Maka pembahasan berlanjut untuk mencari referensi dan teori pendukung untuk menyelesaikan masalah yang ingin dikaji. Penentuan referensi dan teori pendukung yang telah dilakukan akan membantu dalam pengumpulan data. Data yang dikumpulkan disesuaikan dengan referensi dan teori pendukung yang telah dipilih. Data yang telah terkumpul akan diolah agar rumusan masalah dapat tercapai. Berikut merupakan tahapan dalam pengolahan data yang telah diperoleh:

- a. *Routing* pipa yang disesuaikan dengan kondisi *plot plan*
- b. Desain 3D model sistem perpipaan *utility service*
- c. Gambar isometri dari hasil 3D model sistem perpipaan *utility service*
- d. Perhitungan *head* total sistem secara manual pada masing-masing jalur meliputi *potable water*, *industrial water*, dan *demineralized water*.
- e. Penentuan spesifikasi pompa yang tepat pada masing-masing jalur meliputi *potable water*, *industrial water*, dan *demineralized water*.
- f. Perhitungan *head* total sistem dengan bantuan *software* pada masing-masing jalur meliputi *potable water*, *industrial water*, dan *demineralized water*.
- g. Perhitungan *allowable pipe span* pada ketiga jalur.
- h. Perhitungan estimasi total biaya material.



Gambar 1 Diagram alir



2.2 Headloss (HL)

Headloss merupakan *head* yang diakibatkan oleh gaya gesek sepanjang pipa (*Headloss Mayor*) dan penggunaan *fittings* pada jalur pipa (*Headloss Minor*). Menurut Sulaiman (2017) [1] dan Sularso (2000) perhitungan *headloss* [2] sebagai berikut:

$$HL \text{ Major} = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g}$$

(1)

$$HL \text{ Minor} = \frac{nk.v^2}{2.g} \tag{2}$$

2.3 Head Ketinggian (Z)

Head ketinggian merupakan *head* yang diperoleh dari perbedaan tinggi dari titik hisap dan titik tekan. Menurut Sularso (2000) perhitungan *head* ketinggian [2] sebagai berikut:

$$\Delta Z = Z2 - Z1 \tag{3}$$

2.4 Head Tekanan (Hp)

Head tekanan merupakan nilai *head* yang didapatkan dari perbedaan tekanan pada titik hisap dan titik tekan. Menurut Sularso (2000) [2] perhitungan *head* tekanan sebagai berikut:

$$H_p = \frac{P2-P1}{\rho g} \tag{4}$$

2.5 Head Kecepatan (Hv)

Head kecepatan adalah nilai *head* yang diakibatkan oleh perbedaan kecepatan pada titik hisap dan titik tekan. Menurut Sularso (2000) [2] perhitungan *head* kecepatan sebagai berikut:

$$Hv = \frac{V2^2 - V1^2}{2g} \tag{5}$$

2.6 Head Total (H)

Head total merupakan *head* yang diperoleh dari jumlah nilai *head* dari *head* ketinggian, *headloss*, *head* tekanan, dan *head* kecepatan. Perhitungan *head* total menurut Sularso (2000) [2] sebagai berikut:

$$H = \Delta Z + H_p + H_l + H_v \quad (6)$$

2.7 Daya

Daya merupakan energi yang dibutuhkan oleh pompa agar dapat menggerakkan fluida yang ada pada jalur pipa. Perhitungan daya menurut Pradestama (2022) [3] sebagai berikut:

$$Ph = \frac{\rho \cdot g \cdot Q \cdot H}{1000} \quad (7)$$

2.8 Pipe Span Deflection Limitation

Nilai *pipe span* yang diijinkan berdasarkan perhitungan yang membatasi nilai span dengan pertimbangan terjadi defleksi pada pipa. Menurut Kannapan (1986) [4] perhitungan *pipe span* sebagai berikut:

$$L_d = \sqrt[4]{\frac{\Delta EI}{13.5w_0}} \quad (8)$$

2.9 Pipe Span Stress Limitation

Nilai *pipe span* yang diijinkan berdasarkan perhitungan yang membatasi nilai span dengan pertimbangan terjadinya tegangan (*stress*) pada pipa. Menurut Kannapan (1986) [4] perhitungan *pipe span* sebagai berikut:

$$L_s = \frac{\sqrt{0.4ZSh}}{w_0} \quad (9)$$

3. PEMBAHASAN

3.1 Headloss

Jalur perpipaan terbagi menjadi tiga jalur yang berbeda, masing-masing jalur bersifat tunggal dan memiliki pompa masing-masing jalur dengan fluida berupa air pada suhu 30°C. Perhitungan *headloss* sebagai berikut:

a. Potable Water Line

Potable Water Line memiliki nilai debit 0,008 m³/s dengan ukuran pipa 3 inci dan 4 inci Sch 5. Kecepatan aliran pipa 3 inci 1,4665 m/s dan pipa 4 inci 0,8616 m/s, maka dihasilkan bilangan Reynold pipa 3 inci 152817,3 dan pipa 4 inci 117218,1. Pipa yang digunakan merupakan baja karbon ASTM A106 yang menghasilkan nilai *relative roughness* pipa 3 inci 0,0006 dan pipa 4 inci 0,0004. Maka nilai koefisien gesek yang diperoleh dari moody diagram pipa 3 inci 0,0196 dan pipa 4 inci 0,0194. Nilai variabel yang telah didapatkan akan digunakan untuk perhitungan *headloss* sebagai berikut:

$$HL_{mayor} = 0,0196 \frac{702,8}{0,0833} \times \frac{1,4665^2}{2 \times 9,83}$$

$$HL_{mayor} = 18,0424 \text{ m}$$

$$HL_{mayor} = 0,0194 \frac{3,5}{0,1087} \times \frac{0,8616^2}{2 \times 9,83}$$

$$HL_{mayor} = 0,0237 \text{ m}$$

$$HL_{Minor} = \frac{18,9 \times 1,4665^2}{2 \times 9,83} = 2,0677 \text{ m}$$

$$HL_{Minor} = \frac{3,9 \times 0,8616^2}{2 \times 9,83} = 0,1472 \text{ m}$$

$$HL_{Total} = 18,0661 + 2,2149 = 20,2809 \text{ m}$$

b. Industrial Water Line

Industrial Water Line memiliki nilai debit 0,004 m³/s dengan ukuran pipa 2 inci dan 3 inci Sch 10. Kecepatan aliran pipa 2 inci 1,698 m/s dan pipa 3 inci 0,7333 m/s, maka dihasilkan bilangan Reynold pipa 2 inci 116272,9 dan pipa 3 inci 76408,7. Pipa yang digunakan merupakan baja karbon ASTM A106 yang menghasilkan nilai *relative roughness* pipa 2 inci 0,0008 dan pipa 3 inci 0,0005. Maka nilai koefisien gesek yang diperoleh dari moody diagram pipa 2 inci 0,0213 dan pipa 3 inci 0,0213. Nilai variabel yang telah didapatkan akan digunakan untuk perhitungan *headloss* sebagai berikut:

$$HL_{mayor} = 0,0213 \frac{207,7}{0,0548} \times \frac{1,698^2}{2 \times 9,83}$$

$$HL_{mayor} = 15,4351 \text{ m}$$

$$HL_{mayor} = 0,0213 \frac{3,6}{0,0834} \times \frac{0,7333^2}{2 \times 9,83}$$

$$HL_{mayor} = 0,02515 \text{ m}$$

$$HL_{Minor} = \frac{11,1 \times 1,698^2}{2 \times 9,83} = 1,6279 \text{ m}$$

$$HL_{Minor} = \frac{3,9 \times 0,7333^2}{2 \times 9,83} = 0,1067 \text{ m}$$

$$HL_{Total} = 15,4351 + 0,1067 = 17,1948 \text{ m}$$

c. Demineralized Water Line

Demineralized Water Line memiliki nilai debit 0,002 m³/s dengan ukuran pipa 2 inci dan 3 inci Sch 10S. Kecepatan aliran pipa 2 inci 0,849 m/s dan pipa 3 inci 0,3716 m/s, maka dihasilkan bilangan Reynold pipa 2 inci 58136,4 dan pipa 3 inci 38462,7. Pipa yang digunakan merupakan baja *stainless steel* ASTM A312 SS304 yang menghasilkan nilai *relative roughness* pipa 2 inci 0,0008 dan pipa 3 inci 0,0005. Maka nilai koefisien gesek yang diperoleh dari moody diagram pipa 2 inci 0,0213 dan pipa 3 inci 0,0238. Nilai variabel yang telah didapatkan akan digunakan untuk perhitungan *headloss* sebagai berikut:

$$HL_{mayor} = 0,0213 \frac{205,5}{0,0548} \times \frac{0,849^2}{2 \times 9,83}$$

$$HL_{mayor} = 3,174 \text{ m}$$

$$HL_{mayor} = 0,0213 \frac{3,6}{0,0834} \times \frac{0,3716^2}{2 \times 9,83}$$

$$HL_{mayor} = 0,0072 \text{ m}$$

$$HL_{Minor} = \frac{8,7 \times 0,849^2}{2 \times 9,83} = 0,319 \text{ m}$$

$$HL_{Minor} = \frac{3,9 \times 0,3716^2}{2 \times 9,83} = 0,0274 \text{ m}$$

$$HL_{Total} = 3,1812 + 0,3646 = 3,5276 \text{ m}$$

3.2 Head Ketinggian

Head ketinggian diperoleh dari perbedaan ketinggian titik hisap dan titik tekan pada masing-masing jalur. Perhitungan *head* ketinggian sebagai berikut:

a. Potable Water Line

Titik hisap berada pada -2,5 m dan titik tekan pada 0,229 mm, maka nilai *head* ketinggian sebagai berikut:

$$\Delta Z = 0,229 - (-2,5) = 2,729 \text{ m}$$

b. Industrial Water Line

Titik hisap berada pada -2,5 mm dan titik tekan pada 0,176 m, maka nilai *head* ketinggian sebagai berikut:

$$\Delta Z = 0,176 - (-2,5) = 2,676 \text{ m}$$

c. *Demineralized Water Line*

Titik hisap berada pada -2,5 mm dan titik tekan pada 0,206 m, maka nilai *head* ketinggian sebagai berikut:

$$\Delta Z = 0,206 - (-2,5) = 2,706 \text{ m}$$

3.3 Head Tekanan

Head tekanan didapatkan dari perbedaan tekanan pada titik hisap dan titik tekan pada masing-masing jalur. Perhitungan *head* tekanan sebagai berikut:

a. *Potable Water Line*

Titik tekan diperlukan nilai sebesar 1,8 Kg/cm², maka perhitungan *head* tekanan sebagai berikut:

$$H_p = \frac{176520 - 100000}{997 \times 9,83} = 7,8155 \text{ m}$$

b. *Industrial Water Line*

Titik tekan diperlukan nilai sebesar 5 Kg/cm², maka perhitungan *head* tekanan sebagai berikut:

$$H_p = \frac{490332,5 - 100000}{997 \times 9,83} = 39,8677 \text{ m}$$

c. *Demineralized Water Line*

Titik tekan diperlukan nilai sebesar 10 Kg/cm², maka perhitungan *head* tekanan sebagai berikut:

$$H_p = \frac{980665 - 100000}{997 \times 9,83} = 89,9493 \text{ m}$$

3.4 Head Kecepatan

Head kecepatan didapatkan dari perbedaan kecepatan pipa hisap dan titik tekan pipa pada masing-masing jalur. Perhitungan *head* kecepatan sebagai berikut:

a. *Potable Water Line*

Pipa hisap memiliki kecepatan sebesar 0,8615 m/s dan pipa pada titik tekan memiliki kecepatan 1,4665 m/s, maka perhitungan *head* kecepatan sebagai berikut:

$$H_v = \frac{1,4665^2 - 0,8615^2}{2 \times 9,83} = 0,0716 \text{ m}$$

b. *Industrial Water Line*

Pipa hisap memiliki kecepatan sebesar 0,7333 m/s dan pipa pada titik tekan memiliki kecepatan 1,698 m/s, maka perhitungan *head* kecepatan sebagai berikut:

$$H_v = \frac{1,698^2 - 0,7333^2}{2 \times 9,83} = 0,1193 \text{ m}$$

c. *Demineralized Water Line*

Pipa hisap memiliki kecepatan sebesar 0,3716 m/s dan pipa pada titik tekan memiliki kecepatan 0,849 m/s, maka perhitungan *head* kecepatan sebagai berikut:

$$H_v = \frac{0,849^2 - 0,3716^2}{2 \times 9,83} = 0,0296 \text{ m}$$

3.5 Head Total

Head total didapatkan dari penjumlahan *head* pada masing-masing jalur, maka perhitungan *head* total sebagai berikut:

a. *Potable Water Line*

Penjumlahan nilai *head* yang telah didapatkan pada jalur pipa, maka perhitungan *head* total sebagai berikut:

$$H = 20,2809 + 2,773 + 7,8155 + 0,0716$$

$$H = 30,8972 \text{ m}$$

b. *Industrial Water Line*

Penjumlahan nilai *head* yang telah didapatkan pada jalur pipa, maka perhitungan *head* total sebagai berikut:

$$H = 17,1949 + 2,676 + 39,8677 + 0,1193$$

$$H = 59,8579 \text{ m}$$

c. *Demineralized Water Line*

Penjumlahan nilai *head* yang telah didapatkan pada jalur pipa, maka perhitungan *head* total sebagai berikut:

$$H = 3,5276 + 2,706 + 89,9493 + 0,0296$$

$$H = 96,2126 \text{ m}$$

3.6 Daya

Nilai daya sistem tiap jalur berbeda, hal ini diakibatkan *head* total dan debit yang berbeda pada tiap jalur. Perhitungan daya sebagai berikut:

a. *Potable Water Line*

Nilai *head* total dan debit sistem digunakan dalam perhitungan daya aliran, maka perhitungan daya sebagai berikut:

$$Ph = \frac{996 \times 9,83 \times 0,08 \times 30,8971}{1000} = 2,24 \text{ kW}$$

b. *Industrial Water Line*

Nilai *head* total dan debit sistem digunakan dalam perhitungan daya aliran, maka perhitungan daya sebagai berikut:

$$Ph = \frac{996 \times 9,83 \times 0,04 \times 59,8579}{1000} = 2,34 \text{ kW}$$

c. *Demineralized Water Line*

Nilai *head* total dan debit sistem digunakan dalam perhitungan daya aliran, maka perhitungan daya sebagai berikut:

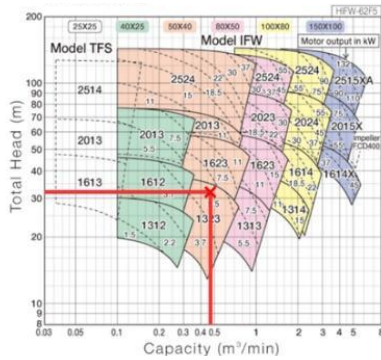
$$Ph = \frac{996 \times 9,83 \times 0,02 \times 96,2126}{1000} = 1,88 \text{ kW}$$

3.7 Spesifikasi Pompa

Seleksi pompa yang dilakukan menggunakan nilai pertimbangan *head* total dan debit pada sistem, berikut merupakan spesifikasi pompa yang digunakan:

a. *Potable Water Line*

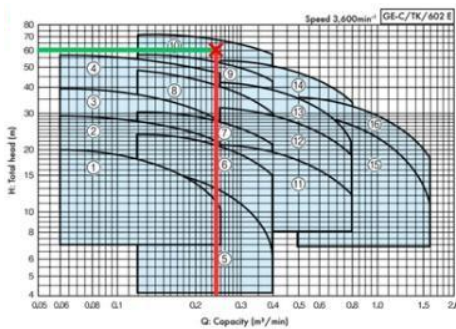
Pompa yang digunakan pada jalur adalah Ebara model IFW 50 x 40 1323 (2 *pole*/60 Hz) 3600 rpm 5,5 kW.



Gambar 2 Selection chart Ebara pump

b. Industrial Water Line

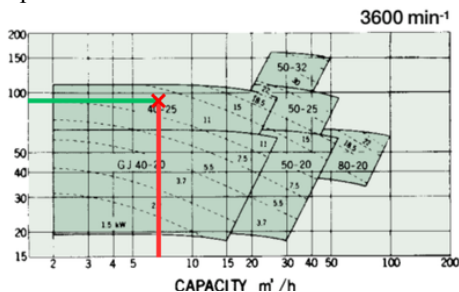
Pompa yang digunakan pada jalur adalah digunakan Kawamoto model GEK5067.5 (2 pole/60 Hz) 3600 rpm 7,5 kW.



Gambar 3 Selection chart Kawamoto pump

c. Demineralized Water Line

Pompa yang digunakan pada jalur adalah digunakan Shinko model GJ 40-25 (2 pole/60 Hz) 3600 rpm 11 Kw.



Gambar 4 Selection chart Shinko pump

3.8 Pipe Span

Perhitungan *pipe span* harus berdasarkan dengan batasan defleksi dan batasan tegangan agar dapat diketahui nilai *pipe span* yang memenuhi, maka perhitungan *pipe span* sebagai berikut:

a. Potable Water Line

Perhitungan *pipe span* menggunakan berat total pipa sebesar 7,6115 lb/ft dengan nilai *sections modulus* 1,04 inch³ dan momen inersia 1,82 m⁴ [5]. Maka perhitungan *pipe span* sebagai berikut:

$$L_s = \sqrt{\frac{0,4 \times 1,04 \times 20000}{7,6115}}$$

$$L_s = 11,9837 \text{ ft} = 3,6526 \text{ m}$$

$$L_d = \sqrt[4]{\frac{0,625 \times 29400000 \times 1,82}{13,5 \times 7,6115}}$$

$$L_d = 23,8849 \text{ ft} = 7,2801 \text{ m}$$

b. Industrial Water Line

Perhitungan *pipe span* menggunakan berat total pipa sebesar 4,2244 lb/ft dengan nilai *sections modulus* 0,42 inch³ dan momen inersia 0,499 m⁴ [5]. Maka perhitungan *pipe span* sebagai berikut:

$$L_s = \sqrt{\frac{0,4 \times 0,42 \times 20000}{4,2224}}$$

$$L_s = 13,7277 \text{ ft} = 4,1841 \text{ m}$$

$$L_d = \sqrt[4]{\frac{0,625 \times 29400000 \times 0,499}{13,5 \times 4,2224}}$$

$$L_d = 20,0265 \text{ ft} = 6,1041 \text{ m}$$

c. Demineralized Water Line

Perhitungan *pipe span* menggunakan berat total pipa sebesar 4,2692 lb/ft dengan nilai *sections modulus* 0,42 inch³ dan momen inersia 0,499 m⁴ [5]. Maka perhitungan *pipe span* sebagai berikut:

$$L_s = \sqrt{\frac{0,4 \times 0,42 \times 16700}{4,2692}}$$

$$L_s = 12,407 \text{ ft} = 3,7816 \text{ m}$$

$$L_d = \sqrt[4]{\frac{0,625 \times 28300000 \times 0,499}{13,5 \times 4,2692}}$$

$$L_d = 19,7821 \text{ ft} = 6,0295 \text{ m}$$

4. KESIMPULAN

Perancangan jalur peripaan *utility service* meliputi *Potable Water Line*, *Industrial Water Line*, dan *Demineralized Water Line* menggunakan spesifikasi pompa yang berbeda. *Potable Water Line* menggunakan pompa Ebara model IFW 50 x 40 1323 (2 pole/60 Hz) 3600 rpm 5,5 kW, *Industrial Water Line* menggunakan pompa Kawamoto model GEK5067.5 (2 pole/60 Hz) 3600 rpm 7,5 kW, dan *Demineralized Water Line* menggunakan pompa Shinko model GJ 40-25 (2 pole/60 Hz) 3600 rpm 11 Kw. Nilai *pipe span* yang sesuai untuk *Potable Water Line* sebesar 3,6526 m, *Industrial Water Line* sebesar 4,1841 m, dan *Demineralized Water Line* sebesar 3,7816 m. *Pipe span* yang diijinkan untuk ketiga jalur menggunakan 3,5626 m.

5. DAFTAR PUSTAKA

[1] I. E. Putra, "Analisa Rugi Aliran (Head Losses) pada Belokan Pipa PVC," p. 39, 2017.

[2] Sularso, Pompa dan Kompresor: pemilihan, pemakaian, dan pemeliharaan, Jakarta: Pradnya Paramita, 2000.

[3] R. P. Putra, "Perencanaan Sistem Instalasi Plambing Air Bersih dan Air Limbah di Apartemen Menara Cibinong Tower C," vol. VII, no. 1, 2022.

[4] S. Kannappan, Introduction to Pipe Stress Analysis, USA: John Wiley & Sons Inc., 1986.

[5] The M. W. Kellogg, Design of Piping Systems, USA: John Wiley & Sons, 1956.