

Desain Sistem Distribusi Air Dingin, Air Panas, Dan Gas Untuk Pembangunan Laboratorium *Plumbing* PPNS

Reno Pangestu^{1*}, Ir. Eko Julianto², George Endri Kusuma³

Program studi D-IV Teknik Perpipaan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri
Surabaya, Indonesia^{1*,2}

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

Email: renopangestu@student.ppns.ac.id^{*}

Abstract – Effort to improve the specific study for piping engineering student, Shipbuilding of Polytechnics of Surabaya (SHIPS), planning an integrated plumbing laboratorium. The design was likened to three floors apartment building. Polypropylene Random (PPR) PN16 is a pipe type for cold water, PN20 is a pipe type for hot water, and brass for gas pipe. Design of cold water distribution system using bottom tank system, which is pumped to plumbing equipment. Water heater used gas water heater. Manifold is a pipe type which as connector between water heater and LPG cylinder. The design and calculation are based on National Plumbing Standard and Code, International Plumbing Code, Uniform Plumbing Code, Domestic Water Heating Manual Design, Architectural data volume one. Calculation and analyze result are obtained requirement value of cold water supply as 99.55 L/m, hot water is 62.46 L/m, and the combination of cold and hot water is 104.85 L/m. The LPG energy requirement is 1332600 Btu/hr. Capacity of water tank is 4000 L. Pump power which operated is 2.968 kW, with the efficiency is 47.57%. Energy capacity of LPG whis saved to cylinder is 1393560 Btu. Budget plan of material which paid for the three fluids laboratorium is Rp 325.672.231,31

Keyword: Cold Water, Hot Water, Gas, Capacity, Plumbing

Nomenclature

p	Identifikasi Pipa
N	Identifikasi Node
V	Volume/Kapasitas
Q	Debit/Kebutuhan
ρ	Density
g	Grafity Acceleration
y	Elevation Change
P	Pressure
ΔP	Pressure Drop
H	Pressure Head

1. PENDAHULUAN

Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya (PPNS) adalah Perguruan Tinggi penyelenggara pendidikan vokasi bidang perkapalan dan teknologi penunjangnya. PPNS memiliki dua konsep yang diimplementasikan dan mempengaruhi proses belajar mengajar yaitu *Teaching Factory*: Disebut juga Production Based Learning atau pembelajaran berbasis produksi dan *Link and Match*: Kurikulum dan materi perkuliahan disesuaikan dengan kebutuhan industri. Sistem pembelajaran tidak hanya sekedar teori yang dipelajari namun juga perlu adanya pengaplikasian dengan praktek. PPNS selalu memiliki Laboratorium yang terintegrasi sehingga mahasiswa mampu mengaplikasikan teori yang telah diterima dengan maksimal. Dimana setiap Laboratorium harus dilengkapi dengan standar pembelajaran dan keamanan yang memadai.

Dalam upaya peningkatan pembelajaran pada Mahasiswa Program Studi D-IV Teknik Perpipaan, PPNS merencanakan pembangunan sebuah Laboratorium *Plumbing* terintegrasi. Sistem Plumbing adalah suatu sistem jaringan Perpipaan serta peralatan yang berada di bangunan gedung. Untuk menambah luas wawasan terhadap Pembelajaran sistem plumbing di PPNS, Laboratorium *Plumbing* PPNS ini memiliki 7 Objek sistem saluran fluida yaitu system penyedia dan distribusi air panas, air dingin, gas alam, sistem drainase pemanfaatan air hujan, air kotor, sistem pemanas ruangan, serta sistem pemadam kebakaran dengan *Sprinkler*. Lokasi perencanaan Laboratorium Plumbing PPNS berada di Gedung J PPNS lantai tujuh, dengan luas ruangan yang akan digunakan untuk pembangunan sebesar 307 m² yang terbagi menjadi 4 tingkat lantai. Diharapkan dengan ruangan yang tersedia, Laboratorium Plumbing PPNS ini dapat digunakan sebagai pembelajaran praktek secara efektif terhadap jumlah mahasiswa tiap kelasnya.

Perancangan yang akan dilakukan kali ini adalah merencanakan desain sistem distribusi air dingin, air panas serta gas untuk sektor rumah tangga. Desain mengacu pada *National Plumbing Standard and Code, International Plumbing Code, Uniform Plumbing Code, Domestic Water Heating Manual Design*, dan data Arsitek jilid 1. Perencanaan ini hingga menganalisa (RAB) Rencana Anggaran Biaya yang dikeluarkan dalam

pembangunan Laboratorium *Plumbing* PPNS.

2. METODOLOGI.

Model Perancangan sistem *Plumbing* adalah diawali dengan membuat Lay-out atau denah seakan Laboratorium *Plumbing* ini merupakan apartemen 3 lantai yang terintegrasi dengan beberapa Peralatan *Plumbing* yang kompleks. Pada penelitian kali ini dilakukan 3 desain objek fluida yaitu sistem distribusi air dingin, sistem distribusi air panas serta sistem distribusi gas. Penelitian dilaksanakan dengan perhitungan desain sesuai dengan *code and standard* hingga menentukan Rancangan Anggaran Biaya (RAB) material yang akan diajukan sebagai acuan untuk pelaksanaan pembangunan.

2.1 Identifikasi masalah dan penetapan tujuan.

Pada tahap ini dilakukan identifikasi beberapa permasalahan yang didapatkan pada saat melakukan pengamatan pada laboratorium *Plumbing* yang dimiliki PPNS saat ini. Kondisi Laboratorium *Plumbing* PPNS yang sudah tidak memenuhi standard pembelajaran sehingga identifikasi masalah tertuju pada Perancangan Laboratorium *Plumbing* di PPNS. Pada tahap ini juga dilakukan penetapan tujuan untuk mendapatkan hasil Perancangan yang Sesuai dengan standart.

2.2 Studi Lapangan dan Literatur.

Studi lapangan merupakan tahapan untuk mempelajari kondisi permasalahan yang ada pada Gedung J lantai 7 dimana letak rencana Laboratorium akan dibangun, sehingga kondisi ruang dapat dipahami. Dengan memahami kondisi lokasi pembangunan Laboratorium *Plumbing*, maka diperlukan studi literatur yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan. Studi literatur merupakan tahapan untuk mencari referensi berupa jurnal, *Handbook* maupun *Code and Standard* yang dapat dijadikan acuan dalam Merencanakan Pembangunan Laboratorium *Plumbing* PPNS.

2.3 Tahap Pengumpulan Data

Tahap ini merupakan tahap untuk mengumpulkan data – data yang diperlukan untuk proses penelitian. Pengumpulan data diambil dari beberapa sumber dan dikelompokkan sebagai berikut.

1. Data Primer

Data diambil berdasarkan survey langsung menuju Lapangan, tepatnya berada di Lokasi Perancangan Pembangunan Laboratorium *Plumbing* PPNS. Dan didapat beberapa data sebagai berikut.

- a. Dimensi atau pengukuran ruang
- b. Kondisi ruang

2. Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang digunakan sebagai data pendukung dari data primer. Data sekunder yang didapat adalah sebagai berikut.

- a. Catalog dan spesifikasi untuk material dan equipment.
- b. *Code and Standart* untuk desain.
- c. Beberapa referensi yang dapat menunjang dalam proses penelitian.

2.4 Tahap Pengolahan Data

Tahap pengolahan data adalah langkah dalam penelitian untuk mendapatkan hasil sesuai dengan tujuan. Berikut penjabaran Tahap Pengolahan data:

1. Desain penataan ruang (Lay-out) Laboratorium *Plumbing* untuk menentukan posisi dan luasan (kamar mandi), pemilihan dan penempatan *equipment*, serta pertimbangan jarak antar *equipment*, jalan (*access*) dan halangan kondisi sekitar ruang sesuai dengan Data Arsitek dan *Standard and Code* *Plumbing*.
2. Desain distribusi air dingin, air panas dan gas dimulai dari pengerjaan P&ID (*Piping & Instrument Diagram*), Routing Pipa 3 dimensi sementara untuk menempatkan lokasi Pipa.
3. Perhitungan kebutuhan debit air dingin dan air panas berdasarkan *International Plumbing Code* dengan metode *Water Supply Fixture Unit* yang mana selanjutnya akan di konversi ke *Gallons per minute*. Untuk kebutuhan debit penggunaan Gas adalah dihitung berdasarkan jumlah *Equipment* Gas yang dioperasikan secara bersamaan.
4. Perhitungan kapasitas volume tangki *Supply* untuk air dingin dan air panas berdasarkan waktu dapat menyuplai kebutuhan puncak selama Beberapa menit.
5. Perhitungan diameter pipa dan *Pressure Drop* untuk air dingin an air panas berdasarkan *International Plumbing Code* dan untuk gas berdasarkan referensi *Flow of Fluids Through Valves, Fittings & Pipe*.
6. Pemilihan *Water Heater* berdasarkan pada debit puncak kebutuhan Air Panas, Temperatur pemanasan air hingga air bertemperatur 60 °C, sehingga mendapatkan besarnya daya yang dapat disupply oleh gas.
7. Pemilihan tabung gas dengan berdasarkan pada kapastias dan laju alir gas untuk menyuplai kebutuhan seluruh *Equipment* yang membutuhkan gas yang dioperasikan secara bersamaan dan tekanan yang dibutuhkan oleh seluruh *Equipment* gas.
8. Pemilihan pompa sebagai daya dalam menyuplai air dingin dan air panas. Pertimbangan bedasakan pada tekanan yang dapat dijangkau pada setiap *Equipment* *Plumbing* dapat memenuhi diatas tekanan

minimum yang ditentukan oleh *International Plumbing Code*, dan Pompa dapat bekerja optimal dengan debit diatas debit minimal kebutuhan puncak air panas dan air dingin.

9. Menghitung jarak minimal antar Support Horizontal maupun Vertikal untuk Pipa air dingin, Pipa air pans, dan Pipa gas.
10. *Material Take off* adalah untuk mengetahui seluruh material baik Pipa, *Fitting, Equipment Plumbing*, Pompa, Tangki dan lain-lain yang dibutuhkan untuk pembangunan Laboratorium Plambing PPNS.
11. Analisa Rencana Anggaran Biaya (RAB) Material yang harus dikeluarkan untuk membeli Material Pembangunan Laboratorium PPNS dengan sistem air dinign, air panas, dan gas.

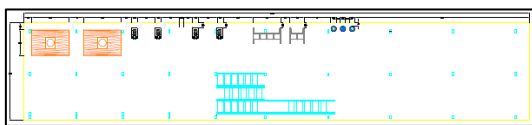
2.5 Kesimpulan dan Saran

Tahap ini merupakan tahap pengambilan kesimpulan dari analisa dan pengolahan data yang telah dilakukan. Saran dimaksudkan untuk melakukan penelitian selanjutnya dengan obyek penelitian yang lebih luas dan sebagai bahan pertimbangan serta referensi.

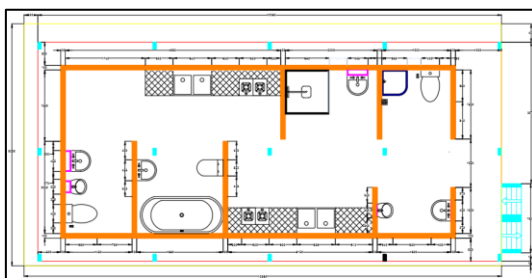
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Denah Laboratorium Plumbing.

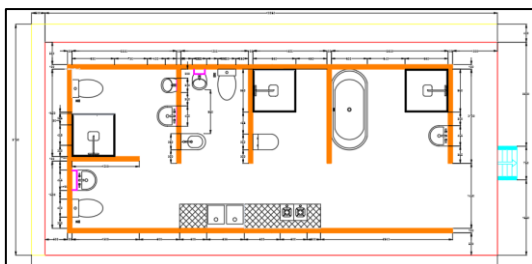
Dalam perencanaan pembangunan, Laboratorium Plambing PPNS ini diibaratkan adalah sebuah rumah apartemen 3 lantai yang terdiri dari 4 rumah dengan total 16 orang penghuni. Penentuan Denah Kamar mandi beserta jarak minimum antara alat plambing mengacu pada referensi Data Arsitek Jilid 1 dan *International Plumbing Code*.



Gambar 3.1 Denah Basement



Gambar 3.2 Denah Ground Floor



Gambar 3.3 Denah Second Floor

3.2 Kebutuhan Debit Air Dingin

Perhitungan permintaan air bergantung pada jumlah Beban seluruh alat Plambing yang diinstalasikan dan tidak bergantung pada jumlah penghuni atau pemakai.

SUPPLY SYSTEMS PREDOMINANTLY FOR FLUSH TANKS			SUPPLY SYSTEMS PREDOMINANTLY FOR FLUSH VALVES		
Load (Water supply fixture units)	Demand (Gallons per minute)	Demand (Cubic feet per minute)	Load (Water supply fixture units)	Demand (Gallons per minute)	Demand (Cubic feet per minute)
1	3.0	0.04104	—	—	—
2	5.0	0.0684	—	—	—
30	25.5	3.14744	30	42.0	5.61356
35	34.0	3.75657	35	44.0	5.88187
40	38.7	3.11784	40	46.0	6.14928
45	27.7	3.70216	45	48.0	6.41664
50	29.1	3.89088	50	50.0	6.684

Gambar 3.4 Konversi WSFU to gpm
 (Sumber : *International plumbing code*, 2009)

debit permintaan puncak pada air dingin ditunjukkan pada *mark* biru dengan beban 39.2 WSFU yang dinaikkan menjadi 40 WSFU adalah sebesar 26.3 gpm, dan pada Beban Gabungan (air dingin dan air panas) dengan beban 44.6 WSFU yang dinaikkan menjadi 45 WSFU adalah sebesar 27.7 gpm.

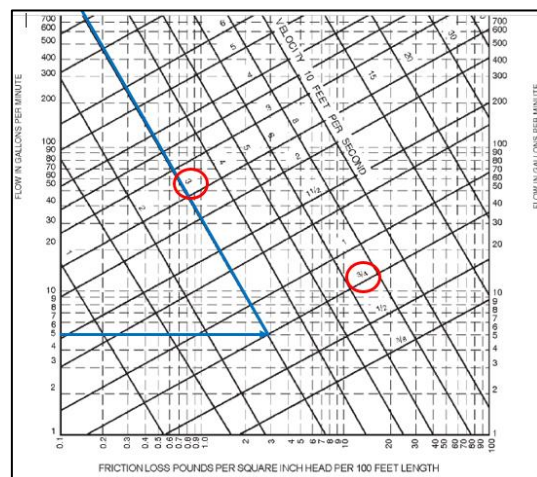
3.2 Kapasitas Tangki Air

Bedasarkan Pergub DKI Jakarta no. 122/2005 bahwa debit kebutuhan air untuk bangunan apartemen adalah 250 liter/penghuni/hari.

$$\begin{aligned}
 V \text{ tangki} &= \text{Pemakai (1/hari/penghuni)} \times \text{Jumlah Penghuni} \\
 &= 250 \times 16 \\
 &= 4000 \text{ liter.}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T \text{ Supply} &= [V (l)] / [Q (l/min)] \\
 &= [2 \times 2000 (l)] / [168.81 (l/min)] \\
 &= 23,80 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

3.3 Penentuan Diameter Pipa



Gambar 3.5 Penentuan Diameter Pipa Air Dingin
 (Sumber : *International plumbing code*, 2009)

Bedasarkan pengamatan grafik diatas bahwa pemilihan ukuran diameter pipa air dingin adalah 3/4 inch dengan debit yang diterima 5 gpm

menghasilkan kecepatan aliran fluida sebesar 3 ft/s. Kecepatan tersebut dibawah kecepatan maksimal yang disyaratkan oleh *international plumbing code*. Maka pemilihan ukuran diameter pipa 3/4 inch masih memenuhi persyaratan. Nilai Pressure Drop yang didapatkan adalah 3 (psi/100ft). Perhitungan tersebut berlaku untuk air panas.

Perhitungan Diamete Pipa Gas berdasarkan regulasi “*Uniform Plumbing Code*”. Variabel yang perlu diperhatikan berdasarkan tekanan maksimal, panjang pipa terjauh dan laju aliran energi dalam pipa. Perhitungan ebagai berikut.

Jarak pipa terjauh = 92,08 feet
 Laju Energi = 379,2 (1000BTU/h)
 Tekanan Maksimal = 10 psi

Gambar 3.6 Penentuan Diameter Pipa Gas LPG
 (Sumber : *Uniform Plumbing Code*, 2015)

Bedasarkan pengamatan diatas bahwa ukuran diameter pipa Gas pada *section 8* minimal yang dapat digunakan adalah 1/2” dengan nilai *Pressure Drop* maksimal 3 psi.

3.4 Minimum Pressure Head

Data Required :

$\Delta P_{N35} = 3,774$ (psi)
 $Min\ Pressure\ N35 = 25$ (psi)
 $\rho_{water\ @25\ ^\circ C} = 997$ (kg/m³)
 $g = 9,81$ (m/s²)
 $y = 5,679$ (m)

Solution :

$\Delta P = \Delta P_{N35}$ (psi) + P min N35 (psi)
 = 28,774 (psi)
 = 198389,7463 (Pa)
 $H = \frac{\Delta P\ (Pa)}{\rho\ \left(\frac{kg}{m^3}\right) \times g\ \left(\frac{m}{s^2}\right)} + y\ (m)$
 = 20,284 (m) + 5,679 (m)
 = 25,963 (m)

3.5 Jarak Antar Support

Jenis *Support* yang digunakan pada Pipa PPR adalah *Pipe Clamp*. Penentuan jarak minimal antar *Support* pipa (*Span*) ditentukan oleh nilai yang direkomendasikan oleh Spesifikasi Produk Pipa PPR WAVIN.

Tabel 3.1 Jarak Antar *Support* Pipa Air Dingin

Schedule PN16

DN	T Operasi (°C)	Min Horizontal Span (mm)	Min Vertikal Span (mm)
15	30	750	975
20	30	850	1105
25	30	950	1235
40	30	1150	1495
50	30	1300	1690
65	30	1450	1885

Tabel 3.2 Jarak Antar *Support* Pipa Air Panas

Schedule Pipa PN20			
DN	T Operasi (°C)	Min Horizontal Span (mm)	Min Vertikal Span (mm)
15	80	700	910
20	80	850	1105
25	80	900	1170
40	80	1100	1430
50	80	1250	1625

Gambar 3.7 jarak antar *Support* pipa gas
 (Sumber : *Uniform Plumbing Code*, 2015)

Bedasarkan pengamatan tabel diatas, ditentukan bahwa nilai jarak minimal antar *Support* secara *Horizontal* maupun *Vertical* pada pipa NPS 1/2 inch adalah 6 feet, dan untuk pipa NPS 3/4 sampai 1 inch adalah 8 feet.

3.6 Kebutuhan Energi Gas LPG

Tabel 3.3 Nilai kebutuhan energi Gas LPG total

FIXTURE	ENERGI	
	MJ/HR	BTU/HR
Gas Stove 1	68.57	65.000
Gas Stove 2	68.57	65.000
Gas Stove 3	68.57	65.000
Gas Water Heater 1	200	189.600
Gas Water Heater 2	200	189.600
Gas Water Heater 3	200	189.600
Gas Water Heater 4	200	189.600
Gas Water Heater 5	200	189.600
Gas Water Heater 5	200	189.600
Total Energi	1405.71	1.332.600

Bedasarkan hasil perhitungan pada tabel diatas bahwa jumlah total kebutuhan Gas LPG pada seluruh equipment apabila dioperasikan secara bersamaan adalah 1.332.600 BTU/h.

3.7 Kapasitas Energi Tabung Gas LPG

Energi Gas Elpiji per kg dalam tabung Gas LPG 12 kg

$$\begin{aligned} \text{Energi Gas Elpiji} &= 557.424 \text{ BTU} / 12 \text{ kg} \\ &= 46.452 \text{ BTU/kg} \end{aligned}$$

laju aliran Gas setelah melewati Regulator dan berikut perhitungan.

Diketahui :

$$\begin{aligned} Q &= 10 \text{ kg / h} \\ \text{Energi /kg} &= 46.452 \text{ BTU /kg} \end{aligned}$$

Penyelesaian :

$$\begin{aligned} \text{Energi /hr} &= Q \times \text{Energi per kg} \\ &= 10 \text{ (kg/h)} \times 46.452 \text{ (BTU/kg)} \\ &= 464.520 \text{ BTU/h} \end{aligned}$$

Bedasarkan perhitungan diatas nilai Energi per jam yang mampu dihasilkan oleh 1 unit tabung Elpiji adalah sebesar 464.520 BTU/h.

Desain suplai Energi diharapkan bisa bertahan selama 1 jam selama pengoperasian puncak. Perhitungan sebagai berikut:

Diketahui :

$$\begin{aligned} \text{Req Energy} &= 1.332.600 \text{ BTU/h} \\ \text{Energi /tabung} &= 464.520 \text{ BTU/h} \end{aligned}$$

Penyelesaian :

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Tabung} &= \text{Req Energy} / \text{Energi per} \\ &\quad \text{tabung} \\ &= 2.87 \text{ unit} \end{aligned}$$

Bedasarkan perhitungan diatas jumlah tabung Gas Elpiji 12 kg yang dibutuhkan adalah 3 unit. dengan kapasitas energi total sebesar 1.393.560 Btu.

3.8 Rencana Anggaran Biaya Material

Rencana Anggaran Biaya Material dihitung berdasarkan harga total seluruh Material yang digunakan untuk pembangunan laboratorium *Plumbing* PPNS dengan 3 objek sistem fluida. Harga tiap Material bersumber dari katalog produk resmi, dan toko distribusi material.

Tabel 3.4 Biaya Total Material

4. KESIMPULAN

1. Nilai kebutuhan air dingin sebesar 26,3 gpm (99,55 liter/menit), gabungan air dingin dan air panas sebesar 27,7 gpm (104,85 liter/m), kapasitas tangki sebesar 4.000 liter, Diameter Nominal pipa pada pipa utama sebesar 20 mm sampai 40 mm, untuk pipa cabang sebesar 15 mm, Head pompa minimal yang dibutuhkan pompa adalah sebesar 25,963 m.
2. Nilai kebutuhan air panas sebesar 16,5 gpm (62,46 liter/m), Diameter Nominal pipa pada pipa utama sebesar 25 mm sampai 40 mm, untuk pipa cabang sebesar 15 mm, Head pompa yang dibutuhkan pompa adalah sebesar 24,412 m.

3. Nilai kebutuhan energi gas LPG sebesar 1.332.600 Btu/h. kapasitas energi tabung gas LPG sebesar 1.393.560 Btu seluruh Diameter Nominal pipa pada pipa utama maupun pipa cabang sebesar 15 mm dengan jarak antar *Pipe Support* maksimal sebesar 6 feet (1828,8 mm).
4. Biaya Total Material yang harus dianggarkan untuk membangun Laboratorium *Plumbing* PPNS dengan sistem fluida Air Dingin, Air Panas, dan Gas adalah sebesar Rp 325.672.231

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini penulis menyampaikan rasa hormat serta ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua Orang Tua yang selalu memberikan kasih sayang, nasehat, dukungan, serta doa yang tiada hentinya mereka panjatkan untuk segala keberhasilan saya selama pengerjaan dan penyusunan tugas akhir dari awal hingga akhir.
2. Bapak Ir. Eko Julianto, Msc. FRINA selaku Direktur Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, dan juga selaku Dosen pembimbing yang telah banyak memberikan ilmu, waktu dan mengarahkan penulis selama proses mengerjakan tugas akhir ini.
3. Bapak George Endri Kusuma, ST.,Msc. Eng selaku Ketua Jurusan Teknik Permesinan Kapal dan juga selaku Dosen pembimbing yang telah banyak memberikan ilmu, waktu dan mengarahkan penulis selama proses mengerjakan tugas akhir ini.
4. Bapak R. Dimas Endro W, S.T., M.T., selaku Koordinator Program Studi D4 Teknik Perpipaan PPNS.
5. PT. DEPRIWANGGA ENGINEERING yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat selama On Job Training.
6. Teman-teman Teknik Perpipaan PPNS angkatan 2015 yang memberikan semangat, do'a dan dukungan selama proses pengerjaan

Biaya Material Sistem Pipa Air Dingin	IDR	22.289.876
Biaya Material Sistem Pipa Air Panas	IDR	16.662.318
Biaya Material Sistem Pipa Gas	IDR	5.911.282
Biaya <i>Equipment</i> dan Peralatan	IDR	269.472.962
Biaya Total Material	IDR	325.638.496

tugas akhir.

7. PUSTAKA

- [1] Domestic Water Heating Design. (1998) (2nd ed.). U.S.A: American Society of Plumbing Engineer Publisher.
- [2] Henry Liu. (2003). Pipeline Engineering (1st ed.). New York: CRC Press LLC Publisher.

- [3] International plumbing code. (2009) (7th ed.). New York: International Code Council, INC. Publisher.
- [4] Karisma, I. A., Sidi, P., & Santoso, M. (2017). Redesign Sistem Perpipaan pada Jalur Distribusi Air Bersih (Studi Kasus Distribusi Air Bersih di PPNS). Program Studi Teknik Perpipaan, 1, 2–5.
- [5] National Plumbing Standart and Code. (2009) (Vol. 1). Washington DC: Plumbing Heating Cooling Contractor Association Publisher.
- [6] Satriaperdana, F. A., & Saputra, A. H. (1846). Perancangan Sistem Perpipaan Gas Kota untuk Rumah Tangga pada Apartemen X di Depok. Departemen Teknik Kimia, 1, 1–8.
- [7] SNI-13-3474-1994 Sistem Perpipaan Transmisi dan Distribusi Gas. (1994). Dewan Standardisasi Nasional.
- [8] Soufyan M. Noerbambang, & Morimura, T. (1991). Perancangan dan Pemeliharaan sistem Plumbing. Jakarta: Pradnya Paramita.
- [9] Suhardiyanto. (2016). Perancangan Sistem Plumbing Instalasi Air Bersih Dan Air. Teknik Mesin, 05(3), 90–97.
- [10] Sularso, & Tahara, H. (2000). Pumps and Compressors (7th ed.). Jakarta: PT Pradnya Paramita.
- [11] Uniform Plumbing Code. (2015) (27th ed.). Ontario: International Association of Plumbing and Mechanical Official Publisher.
- [12] Wibowo, R. (2004). Analisa dan Perhitungan Sistem Plumbing Penyediaan Air Bersih pada Gedung Bertingkat. Teknik Mesin, 2, 1–27.
- [13] Yu, L., Wu, T., Chen, T., Yang, F., & Xiang, M. (2014). Thermochemica Acta Polypropylene random copolymer in pipe application : Performance improvement with controlled molecular weight distribution. Thermochemica Acta, 578, 43–52.