

ANALISA PERANCANGAN SISTEM INSTALASI BAHAN BAKAR UNTUK MEMENUHI KEBUTUHAN KRI DI MAKO ARMATIM

Oleh

Dr.Ir.Heru Mirmanto,MT
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Ir.Sutrisno,MT
Sekolah Tinggi Teknologi Angkatan Laut
Yudi Handoko
Sekolah Tinggi Teknologi Angkatan Laut

ABSTRAK

Sistem instalasi bahan bakar mutlak diperlukan dalam rangka mendukung KRI untuk melaksanakan operasi. Kondisi dilapangan saat ini Mako Armatim belum memiliki suatu sistem instalasi bahan bakar. Selama ini untuk mendukung KRI dalam melaksanakan operasi menggunakan pipa instalasi bahan bakar milik Pertamina yang langsung di distribusikan dari bunker Pertamina sendiri. Akibatnya TNI AL menjadi sangat bergantung kepada kinerja Pertamina dan ini cukup menghambat. Karena itu penulis memiliki suatu gagasan untuk merancang suatu sistem instalasi bahan bakar yang harus dimiliki oleh TNI AL terutama di wilayah kerja Koarmatim.

Dalam tugas akhir ini terlebih dahulu dilakukan perencanaan sistem instalasi pipa bahan bakar dimulai dari bunker, perpipaan, *fitting* serta *support* sebagai pendukung dari instalasi berdasarkan standard suatu desain instalasi pipa dengan kapasitas aliran 100 kL/jam. Tahap berikutnya adalah perhitungan *Head* yang meliputi *Head loss* sepanjang pipa karena gesekan antara bahan bakar dengan permukaan sepanjang pipa serta *Head loss* akibat adanya *fitting* pada instalasi sehingga akan didapatkan nilai *Head* total instalasi. Selain perhitungan secara manual juga dilakukan perhitungan secara numerik dengan menggunakan *software pipe flow expert v5.12*. Langkah selanjutnya adalah menentukan daya yang dibutuhkan baik pompa maupun motor untuk mengatasi head instalasi dan kapasitas aliran yang dirancang serta melakukan pemilihan pompa yang sesuai

PENDAHULUAN

Sebagai negara kepulauan dengan masyarakatnya yang terdiri dari berbagai suku, Indonesia memiliki unsur - unsur kekuatan dan sekaligus kelemahan. Kekuatannya terletak pada posisi dan keadaan geografi yang strategi dan kaya akan sumber daya alam. Sementara kelemahannya terletak pada wujud kepulauan dan keanekaragaman

masyarakat yang harus disatukan dalam satu bangsa dan satu tanah air, sebagaimana telah diperjuangkan oleh para pendiri negara. Dengan 80 % wilayahnya yang meliputi lautan dan hanya 20% wilayah berupa daratan, ancaman terhadap kedaulatan dan wilayah Indonesia berada di laut.

Koarmatim sebagai basis pertahanan terhadap ancaman dari laut memiliki peranan yang sangat penting

dalam mendukung setiap kebutuhan unsur-unsur gelar kekuatan di laut. Kebutuhan yang paling utama adalah energi berupa bahan bakar fosil yang digunakan sebagai bahan bakar pendorong KRI. Bahan bakar yang biasa digunakan adalah High Speed Diesel (HSD), atau biasa disebut solar. Namun demikian kebutuhan solar tersebut belum ditunjang dengan adanya instalasi perpipaan bahan bakar secara mandiri. Instalasi pipa bahan bakar yang ada selama ini adalah milik Pertamina sehingga hal tersebut mengakibatkan adanya ketergantungan TNI AL terhadap Pertamina dalam proses pengisian bahan bakar untuk KRI.

Dengan latar belakang kondisi yang ada pada saat ini munculah suatu gagasan merancang suatu sistem instalasi pipa bahan bakar yang harus dimiliki oleh Koarmatim untuk mendukung operasional KRI dalam mempertahankan kedaulatan NKRI.

2. METODOLOGI PERANCANGAN

Metodologi perancangan pada instalasi bahan bakar diawali dengan penentuan kapasitas aliran yang dibutuhkan untuk mendukung kebutuhan KRI di Mako Armatim. Perancangan instalasi pipa bahan bakar di Mako Armatim dimaksudkan untuk melayani pengisian bahan bakar KRI yang berstatus kontijensi dimana KRI yang diperintahkan untuk berlayar, harus sudah berada di laut dalam waktu 4 jam. Jika diasumsikan bahwa KRI harus sudah berada di daerah operasi dalam waktu 3 hari dengan kecepatan 18 knots dan jarak yang ditempuh 1296 Nm, KRI kelas *Van Speijk* sebagai asumsi pelaksana operasi dengan *fuel consumption* 58 kL per hari, maka HSD yang harus diisikan ke KRI kelas *Van Speijk* adalah sekitar 200 kL.

Dukungan bahan bakar sejumlah 200 kL harus diisikan pada saat KRI melaksanakan persiapan. Waktu yang dibutuhkan KRI untuk melaksanakan persiapan berlayar dan bertempur baik personil maupun materil adalah kurang dari 4 jam, maka proses *loading* bahan bakar diharapkan harus sudah selesai dalam waktu 2 jam, sehingga kapasitas aliran bahan bakar yang dibutuhkan untuk proses *loading* adalah 100 kL/jam (0,0278 m³/s).

Selanjutnya adalah menentukan kecepatan aliran fluida dalam pipa mengikuti standard yang diijinkan. Berdasarkan API RP 2003 dan ISGOTT kecepatan maksimum aliran bahan bakar yang diijinkan dalam pipa adalah 3 ft/s atau 0,9144 m/s. Sehingga selanjutnya dapat ditentukan diameter pipa yang akan digunakan dengan rumus kontinuitas :

$$Q = A \times V$$

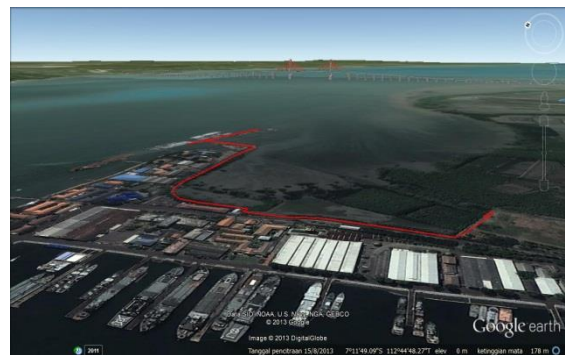
dimana

Q = kapasitas aliran m³/s

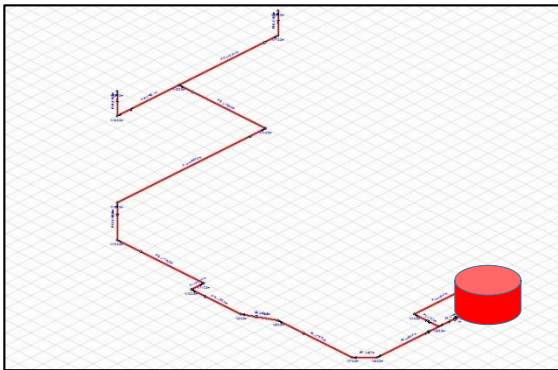
V = kecepatan aliran m/s

A = luas penampang pipa m²

Jalur perpipaan yang direncanakan adalah berada dipermukaan tanah dan dibawah dermaga.



Gambar 1. Garis merah merupakan jalur pipa yang direncanakan.



Gambar 2. Lay out instalasi pipa dengan Pipe Flow Expert v5.12

Untuk perhitungan menentukan head instalasi dengan menggunakan persamaan

$$H_{inst} = \left(\frac{P_2 - P_1}{\rho \cdot g} \right) + \left(\frac{\bar{V}_2^2 - \bar{V}_1^2}{2 \cdot g} \right) + (Z_2 - Z_1) + H_{LT}$$

Untuk menentukan head loss terbagi dua, head loss karena gesekan dan head loss karena fitting. Head loss karena gesekan disebut head loss mayor yang dapat diketahui dengan perumusan

$$H_l = f \frac{L \bar{V}^2}{D 2g}$$

Dimana

- H_l = Head loss (m)
- f = Friction factor
- L = Panjang pipa (m)
- \bar{V} = Kecepatan aliran (m/s)
- D = Diameter pipa (m)

Nilai friction factor diketahui dengan perumusan Colebrook yaitu :

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2,01 \log \left(\frac{e/D}{3,7} + \frac{2,51}{Re \sqrt{f}} \right)$$

Dengan

$$Re = \rho \frac{\bar{V} \cdot D}{\mu}$$

dimana

- e/D = Relatif Roughness
- Re = Reynolds Number
- ρ = Densitas
- μ = Viskositas dinamik

Head loss minor ditentukan dengan

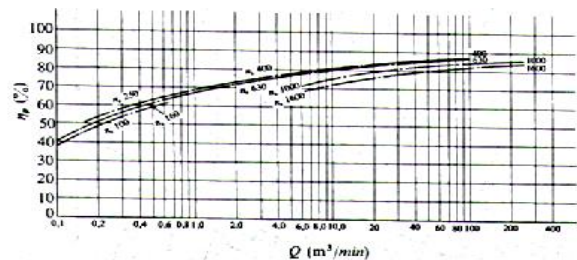
$$h_{lm} = K \frac{\bar{V}^2}{2g}$$

- h_{lm} = head loss minor (m)
- K = Koefisien losses

Dari nilai perhitungan head instalasi selanjutnya dapat ditentukan daya pompa yang dibutuhkan untuk mengatasi head instalasi dengan perumusan

$$WHP = \rho \times g \times Q \times H$$

Untuk mendapatkan daya poros (BHP) digunakan grafik dibawah ini



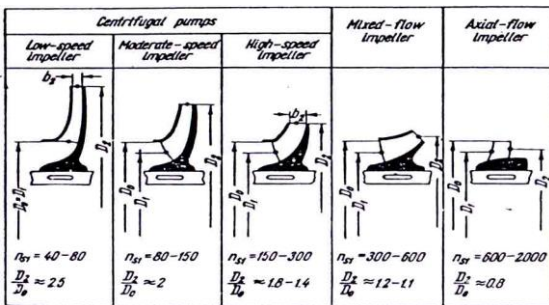
Gambar 3. Grafik efisiensi-kapasitas berdasarkan kecepatan spesifik

Perhitungan $NPSH_{available}$ yang tersedia digunakan untuk mengetahui $NPSH$ yang dibutuhkan oleh pompa. $NPSH_{available}$ dihitung dengan perumusan positif suction, dengan perumusan :

$$NPSH_{Available} = h_a - h_{vpa} + h_{st} - h_{fs}$$

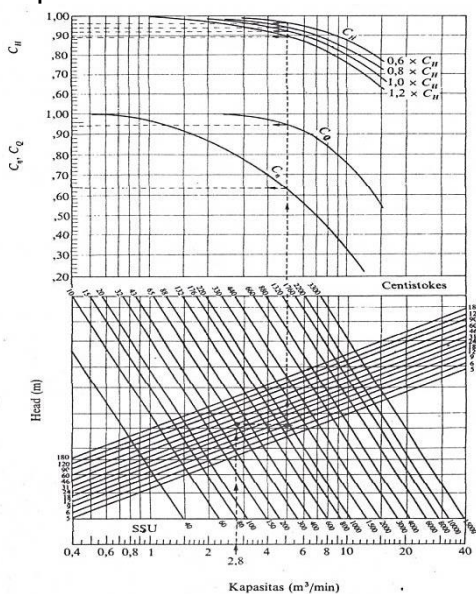
Selain perhitungan $NPSH$ dilakukan juga perhitungan specific speed untuk menentukan jenis pompa yang akan digunakan dengan perumusan :

$$n_s = \sqrt{\frac{\gamma}{75}} \times \frac{n \times \sqrt{Q}}{\sqrt[4]{H^3}}$$



Gambar 3. Klasifikasi impeller pompa

Langkah selanjutnya dilaksanakan pemilihan pompa berdasarkan perhitungan secara manual diatas serta dilakukan koreksi performansi untuk merubah fungsi pompa air menjadi pompa bahan bakar.



Gambar 4. Tabel koreksi performansi

Hubungan antara pompa minyak dan pompa air pada grafik diatas adalah

$$Q_o = C_Q \cdot Q_W$$

$$H_o = C_H \cdot H_W$$

$$\eta_o = C_\eta \cdot \eta_W$$

Selain perhitungan secara manual dilakukan juga perhitungan secara numerik dengan menggunakan software *pipe flow expert v.5.12*

3. HASIL DAN DISKUSI

Kecepatan aliran pada pipa untuk fluida jenis *hydrocarbon* dalam API RP 2003 tentang *Protection Against Ignitions Arising Out of Static, Lightning, and Stray Currents*, disebutkan bahwa perencanaan aliran liquid harus menghindari terbangkitnya listrik statis pada aliran karena dapat menimbulkan percikan api sehingga mengakibatkan ledakan. Batasan kecepatan aliran untuk HSD pada pipa adalah 3 ft/s atau 0,9144 m/s untuk menghindari *spraying* dan meminimalisir *surface turbulence*. Aliran pada pipa dan kecepatan *discharge* harus < 3 ft/s (0,9144 m/s).

Dari batasan aliran kecepatan dapat diketahui diameter pipa yang dirancang sebesar :

- Suction = 10" sepanjang 24 m
- Discharge = 8" sepanjang 1163,99 m

Dengan mengikuti standard API RP 14E dapat ditentukan spesifikasi pipa berdasarkan *Maximum Allowable Working Pressure* pada tabel dibawah ini :

Tabel 1. *Maximum Allowable Working Pressure ASTM A106, Grade B, Seamless Pipe*

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	MAXIMUM ALLOWABLE WORKING PRESSURE - PSIG											
										-20/400°F	401/600°F	601/600°F	601/650°F								
2	2.375	0.218	5.02	XS	80	2489	2352	2153	2115												
		0.344	7.48	—	100	4818	4364	3994	3825												
		0.436	9.03	XXS	80	4285	4039	3456	3342												
2½	2.875	0.276	7.66	XS	80	2814	2660	2434	2392												
		0.378	10.01	—	100	4194	3963	3628	3505												
		0.552	13.70	XXS	80	4860	4473	4025	3822												
		0.750	17.02	—	100	5772	5423	4925	4706												
3	3.500	0.300	10.25	XS	80	2553	2412	2208	2170												
		0.438	14.31	—	100	4125	3896	3566	3504												
		0.600	18.98	XXS	80	4990	4755	4268	4176												
4	4.500	0.237	10.79	STD	40	1439	1360	1245	1223												
		0.337	14.98	XS	80	2275	2151	1959	1924												
		0.438	18.98	—	100	3149	2976	2724	2676												
		0.531	22.52	—	100	3979	3760	3442	3392												
		0.674	27.54	XXS	80	4907	4615	4291	4211												
6	6.625	0.280	18.97	STD	40	1306	1239	1043	1025												
		0.432	26.07	XS	80	2061	1940	1764	1733												
		0.562	36.42	—	100	2817	2663	2437	2395												
		0.719	45.94	—	100	3760	3553	3232	3195												
		0.864*	53.16	XXS	80	4660	4404	4031	3901												
8	8.625	0.277	24.70	—	30	968	888	766	772												
		0.322	28.65	STD	40	1098	1038	850	854												
		0.406	38.06	—	60	1457	1377	1200	1238												
		0.500	43.89	XS	80	1864	1762	1612	1584												
		0.594	50.85	—	100	2378	2163	1970	1936												
		0.719	60.69	—	100	2826	2582	2455	2413												
		0.812*	67.79	—	140	3265	3084	2823	2774												
		0.978*	75.42	XXS	80	3855	3559	3275	3222												
		0.990*	74.71	—	100	3700	3495	3200	3145												
10	10.750	0.250	20.04	—	30	858	691	550	541												
		0.279	31.20	—	40	733	693	634	623												
		0.350	34.24	—	60	827	781	715	705												
		0.385	40.43	STD	40	1023	987	885	869												
		0.500	54.74	XS	80	1468	1403	1284	1262												
		0.594	64.40	—	80	1811	1712	1567	1540												
		0.719	77.00	—	100	2225	2128	1944	1914												
		0.844*	89.27	—	100	2700	2502	2306	2256												
		1.000*	104.13	XXS	140	3271	3091	2829	2780												
		1.125*	116.65	—	160	3737	3531	3232	3176												

Pipa Suction

Nominal size : 10 in
 Diameter luar : 10,750 in
 Wall thickness : 0,365 in
 Class : Standard
 Schedule : 40
 Tekanan kerja max : 1023 Psig (-20–400 °F)

Pipa Discharge

Nominal size : 8 in
 Diameter luar : 8,625 in
 Wall thickness : 0,322 in
 Class : Standard
 Schedule : 40
 Tekanan kerja max : 1098 Psig (-20–400 °F)

Pemilihan komponen pendukung instalasi dilakukan seperti *valve*, *flanges*, *fitting*, serta *support* dilakukan dengan mengikuti standard yang diberlakukan pada suatu desain instalasi pipa

Valve : gate valve, globe valve
Flanges : welding neck flanges
Fitting : elbow 90°, elbow 45°, square edge inlet, exit, basket strainer, branch tee
support : saddle, hanger dengan nilai rod 3¾”

Hasil perhitungan manual head instalasi pipa adalah 14,09 m. Kecepatan spesifik aliran adalah 93,155 sehingga impeller yang sesuai untuk pompa adalah

moderate speed impeller. Dengan $NPSH_{available}$ sebesar 18,766 m, daya poros pompa adalah 5,5 kW. Hasil perhitungan secara numerik dengan software pipe flow expert v5.12 menunjukkan hasil yang tidak jauh berbeda, seperti ditunjukkan pada gambar dibawah ini :



Pump Data

Pipe ID	Pipe Name	Pump Name	Speed rpm	Pres. Op From in/ft	Pres. Op To in/ft	Flow In/Out m³/sec	Velocity m/sec	Section Pressure bar.g	Discharge Pressure bar.g	Pump Head in ft	Pump NPSH in ft	Pump NPSH in bar	Pump Efficiency Percentage	Pump Power kilowatts
1	P1	Pump				0.0278	0.546	1.0784	2.2667	14.090	Not known	23.915	Not known	Not known

Gambar 5. Hasil perhitungan software pipe flow expert v5.12

Setelah mendapatkan data-data pompa hasil perhitungan selanjutnya dilaksanakan pemilihan pompa mengikuti data tersebut diupayakan pemilihan pompa dengan spesifikasi sedikit lebih tinggi dari data hasil perhitungan, sehingga dipilih pompa ebara seri 3-3L tipe 65-125/5.5 dengan spesifikasi

- Head pompa : 11,7 m air
- Kapasitas : 108 m³/jam
- η_{pompa} : 65 %
- $NPSH_R$: 7 m air

Setelah dilakukan koreksi performansi maka spesifikasi pompa menjadi

- Head pompa : 14,1 m HSD
- Kapasitas : 108 m³/jam
- η_{pompa} : 63 %
- $NPSH_R$: 7 m air

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan baik dengan metode perhitungan manual maupun menggunakan software Pipe Flow Expert v5.12, didapatkan beberapa kesimpulan diantaranya :

1. Hasil perhitungan manual dan numerik tidak jauh berbeda.
2. Perbedaan hasil perhitungan manual dan numerik bisa disebabkan oleh perbedaan data input seperti viskositas, nilai koefisien loss antara perhitungan manual dengan data yang ada pada software pipe flow expert v5.12.
3. Dengan memperhatikan nilai $NPSH_R < NPSH_A$ pompa sudah memenuhi persyaratan

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada Laboratorium Induk Kimia dan Materiel TNI AL yang telah banyak mendukung kelancaran tugas akhir ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] American Petroleum Institute. 1991. **API Recommended Practice 14E (RP14E)**, 5th edition. The API Production Department, Dallas.
- [2] American Petroleum Institute. 1991. **API Recommended Practice 2003**. The API Production Department, Dallas.
- [3] Fox, Robert W., Mc Donald, Alan T., and Pritchard, Philip J. 2004. **Introduction to Fluid Mechanics, 5th edition**. John Wiley and Sons, New York.
- [4] Lazarkiewicz, Stephen., Troskolanski, Adam T. 1953. **Impeller Pump**. Pergamon Press, New York.
- [5] Khetagurov, M. **Marine Auxiliary Machinery and Systems**. 1966. Peace Publishers, Moscow.
- [6] Sularso dan Haruo Tahara, **Pompa & Kompresor**, Jakarta, PT Pradnya Paramita