

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

Sutrisno¹, Yudi Handoko², Heru Mirmanto³

^{1,2} Sekolah Tinggi Teknologi Angkatan Laut (STTAL), Surabaya Indonesia.

³ Jurusan Teknik Metalurgi Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
Surabaya

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.

Kata kunci: Sistem instalasi Bahan bakar, *Head loss*, *software pipe flow expert v5.12*

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

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. METODELOGI PENELITIAN

3.1 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

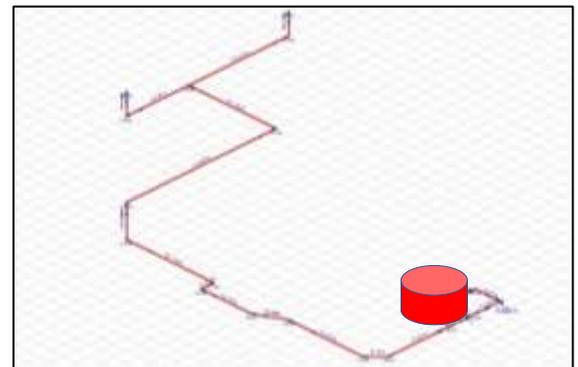
V = kecepatan aliran m/s

A = luas penampang pipa m²

Jalur perpipaian 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 karean 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

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

Dimana

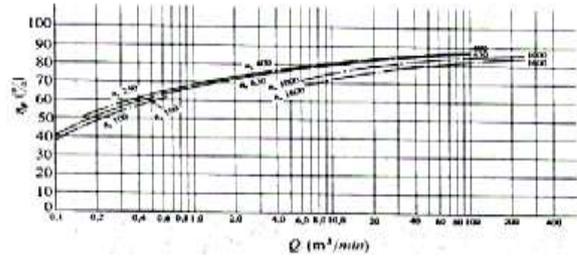
h_{lm} = head loss minor (m)

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 :

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

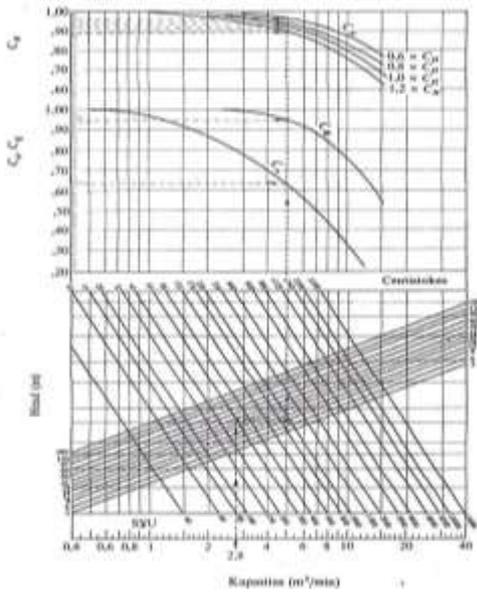
Selain perhitungan $NPSH$ dilakukan juga perhitungan specific speed untuk menentukan jenis pompa yang akan digunakan dengan perumusan :

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

Centrifugal pumps			Mixed-flow impeller	Axial-flow impeller
Low-speed impeller	Moderate-speed impeller	High-speed impeller		
$n_{sp} = 40 - 80$	$n_{sp} = 80 - 150$	$n_{sp} = 150 - 300$	$n_{sp} = 300 - 600$	$n_{sp} = 600 - 2000$
$\frac{D_2}{D_1} = 2,5$	$\frac{D_2}{D_1} = 2$	$\frac{D_2}{D_1} = 1,8 - 1,4$	$\frac{D_2}{D_1} = 1,2 - 1,1$	$\frac{D_2}{D_1} = 0,8$

Gambar 4. 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 5. 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 PEMBAHASAN

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			
						MAXIMUM ALLOWABLE WORKING PRESSURES — PSIG				MAXIMUM ALLOWABLE WORKING PRESSURES — PSIG			
Nominal Size In	Outside Diameter In	Nominal Wall Thickness In	Nominal Weight Per Foot Lb	Weight Class	Schedule No.	-20/400°F	401/500°F	501/600°F	601/650°F	-20/400°F	401/500°F	501/600°F	601/650°F
2	2.375	0.218	5.02	XS	80	2489	2352	2153	2115				
		0.344	7.46	—	160	4618	4364	3994	3925				
		0.436	9.03	XXS	—	6285	5939	5436	5342				
2½	2.875	0.276	7.66	XS	80	2814	2660	2434	2392				
		0.375	10.01	—	160	4194	3963	3628	3565				
		0.552	13.70	XXS	—	6850	6473	5925	5822				
3	3.500	0.750	17.02	—	—	9772	9423	8625	8476				
		0.300	10.25	XS	80	2553	2412	2208	2170				
		0.438	14.31	—	160	4123	3896	3566	3504				
4	4.500	0.600	18.58	XXS	—	6090	5755	5268	5176				
		0.237	10.79	STD	40	1439	1360	1245	1223				
		0.337	14.98	XS	80	2276	2151	1969	1934				
6	6.625	0.438	18.98	—	120	3149	2976	2724	2676				
		0.531	22.52	—	160	3979	3760	3442	3382				
		0.674	27.54	XXS	—	5307	5015	4591	4511				
8	8.625	0.280	18.97	STD	40	1206	1139	1043	1025				
		0.432	28.57	XS	80	2062	1949	1784	1753				
		0.562	36.42	—	120	2817	2663	2437	2395				
10	10.750	0.719	45.34	—	160	3760	3553	3252	3196				
		0.864*	53.16	XXS	—	4660	4404	4031	3961				
		0.277	24.70	—	30	908	858	786	772				
12	12.750	0.322	28.55	STD	40	1098	1038	950	934				
		0.406	35.66	—	60	1457	1377	1260	1238				
		0.500	43.39	XS	80	1864	1762	1612	1584				
14	14.750	0.594	50.93	—	100	2278	2153	1970	1936				
		0.719	60.69	—	120	2828	2682	2455	2413				
		0.812*	67.79	—	140	3263	3084	2823	2774				
16	16.750	0.875*	72.42	XXS	—	3555	3359	3075	3022				
		0.906*	74.71	—	160	3700	3495	3200	3145				
		0.250	28.04	—	20	636	601	550	541				
18	18.750	0.279	31.20	—	—	733	693	634	623				
		0.307	34.24	—	30	827	781	715	703				
		0.365	40.48	STD	40	1023	967	885	869				
20	20.750	0.500	54.74	XS	60	1485	1403	1284	1262				
		0.594	64.40	—	80	1811	1712	1567	1540				
		0.719	77.00	—	100	2252	2123	1948	1914				
22	22.750	0.844*	89.27	—	120	2700	2552	2336	2295				
		1.000*	104.18	XXS	140	3271	3091	2829	2780				
		1.125*	115.65	—	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

Pump No.	Pump Name	Pump Type	Rotation	Net Dis. (m³/hr)	Net Dis. (GPM)	Flow (m³/hr)	Flow (GPM)	Head (m)	Head (ft)	Power (kW)	Power (HP)	Efficiency (%)	Net Suction Head (m)	Net Suction Head (ft)	Max. Allowable Working Pressure (PSIG)	Max. Allowable Working Pressure (PSI)
1	Water	Centrifugal	CCW	1000	1320	1000	1320	14.1	46.3	5.5	7.5	65	18.8	61.7	10.2	148

Gambar 6. 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 DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Dari hasil analisa dan perhitungan yang telah dilakukan oleh penulis pada pembahasan sebelumnya maka penulis dapat mengambil kesimpulan beberapa data teknis yang merupakan hasil akhir dari perancangan hovercraft yang dilakukan penulis. Adapun data-data teknis itu adalah :

- **Ukuran Utama**
 - a. Panjang : 18,700 m
 - b. Lebar : 9,200 m
 - c. Tinggi tidak hover : 3 m
 - d. Tinggi hover : 3,8 m
- **Performa**
 - a. Berat kosong : 31620 kg
 - b. Pay load : 33380 kg

- c. Berat total : 65000 kg
- **Karakteristik**
 - a. Lift Air Volume : 200,56 m³/s
 - b. Tekanan total fan : 4905,5 N/m²
 - c. Daya Lift : 1091,2 KW
 - **Lift Engine**
 - a. Merk : MAN
 - b. Type : D287 6 LE 402 EDC
 - c. Number of Cylinders : 6
 - d. Bore/Stroke (mm) : 128/166
 - e. Displacement (l) : 12,8
 - f. Compression Ratio : 17
 - g. (HP/RPM) : 500-750/2100
 - h. Weight incl.keel cooling : 1290 kg
 - i. Fuel Consumption : 109 L/hr
 - **Lift Fan**
 - a. Diameter luar : 1000 mm
 - b. Diameter Input : 700 mm
 - c. Jumlah Blade : 15
 - d. Tekanan Total fan : 4905,5 N/m²
 - e. Debit Udara : 200,56 m³/s
 - f. Lebar Daun Impeller : 322 mm
 - g. Efisiensi : 0,776

Hasil kesimpulan penulis masih merupakan konsep rancangan awal yang tentunya masih memerlukan banyak perbaikan dan penyempurnaan agar memperoleh hasil rancangan yang optimal.

4.2 Saran

Dari hasil analisa teknis yang dilakukan penulis sebelumnya maka kami menyarankan agar dilakukan penelitian lebih lanjut dan mendalam lagi terhadap beberapa permasalahan yaitu :

1. Perhitungan kebutuhan listrik untuk keseluruhan sistem di hovercraft.
2. Struktur dan kekuatan material dari hovercraft.
3. Sistem kontrol dan pengendalian olah gerak hovercraft.
4. Sistem kemudi, sistem bahan bakar serta pengaturan peletakan pesawat pokok ataupun pesawat bantu yang presisi pada kamar mesin.
5. Perencanaan sistem propulsi yang lebih terperinci.

Meskipun data-data teknis yang diperoleh dalam perancangan ini sebenarnya sudah memenuhi syarat secara analitis matematis, namun demikian perlu dijelaskan kembali bahwa untuk data-data tersebut masih memerlukan banyak koreksi perbandingan yang diakibatkan keterbatasan penulis dalam memperoleh data tersebut, sehingga diharapkan pada akhirnya akan menjadi lengkap dan akan berguna bagi perancangan dimasa yang akan datang.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada Sekolah Tinggi Teknologi Angkatan Laut (STTAL), Surabaya atas segala dukungan dan kesempatan dalam penyelenggaraan penelitian ini. Penulis juga ingin mengucapkan terimakasih kepada para reviewer dan tim editor untuk segala masukan sehingga membuat tulisan ini menjadi lebih baik..

DAFTAR PUSTAKA

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