

EVALUASI RENDAHNYA *MAINTENANCE BETWEEN FAILURE* (MTBF) PADA POMPA VERTIKAL

Norman Iskandar^a, *Restu Bagas Pangestu^b

^aDosen Program Studi S-1 Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

^bMahasiswa Program Studi S-1 Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. H. Soedarto, SH, Tembalang-Semarang 50725, Telp. +62247460059

*E-mail: restubagas1993@gmail.com

ABSTRAK

Untuk memproduksi bahan bakar minyak dan gas dibutuhkan peralatan-peralatan penunjang seperti turbin, tungku pembakaran, boiler, blower, pompa dan lain-lain. Peralatan-peralatan ini harus dalam kondisi prima karena tanpa peralatan ini produksi tidak dapat berjalan. Peralatan-peralatan ini harus memiliki kehandalan, efisiensi dan ketahanan yang baik. Untuk menjang hal tersebut dibutuhkan riset, analisa serta manajemen perawatan yang baik. Salah satu peralatan dalam dunia industri MIGAS adalah pompa sentrifugal dengan poros vertikal atau sering disebut pompa vertikal. Pada kasus pompa vertikal ini digunakan untuk mengalirkan *slop oil* dari CDU (*Crude Distillation Unit*) dan ARHDM (*Atmospheric Residue Hydrometalization*) menuju RCC (*Residue Catalytic Cracking*). Pada penggunaan pompa vertikal sering terjadi rendahnya anantara waktu pemakaian dengan perawatan yang telah ditentukan atau yang disebut rendahnya MTBF (*maintenance time between failure*). Pompa vertikal yang seharusnya dilakukan preventive maintenace setahun sekali tetapi sudah mengalami kerusakan sebelum satu tahun. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui rendahnya MTBF dan terjadinya kegagalan. Metode yang dilakukan analisa $NPSH_A$ dan $NPSH_R$ antara sumur dan pompa dengan temperatur 40°C dan 50°C serta analisa tinggi fluida dan panjang poros. Untuk analisa $NPSH_A$ dan $NPSH_R$ bertujuan apakah nilai $NPSH_A$ lebih besar dari $NPSH_R$. Sedangkan analisa tinggi fluida dan panjang poros bertujuan apakah pompa vertikal memiliki *lowest allowable liquid level* yang diizinkan. *Lowest allowable liquid level* merupakan batas toleransi tinggi fluida didalam sumur terhadap *impeller* agar *impeller* tetap terendam fluida. Dari hasil perhitungan dan analisa bahwa nilai $NPSH_A > NPSH_R$ dengan nilai untuk temperatur 40°C adalah 9,42 meter dan pada temperatur 50°C adalah 9,02 meter. Untuk pompa vertikal yang memiliki *lowest allowable liquid level* diluar dibawah standar *impeller* mengalami kavitasi ringan

Kata kunci: Maintenace, Pompa vertikal , $NPSH_A$, $NPSH_R$, Analisa kegagalan.

1. PENDAHULUAN

Pompa vertikal merupakan salah satu alat yang penting di dunia industri. Fungsi alat ini adalah untuk mengalirkan fluida dari tekanan tinggi ke tekanan yang rendah. Pada industri migas pompa vertikal berfungsi untuk mengalirkan hasil pengolahan minyak mentah dari satu *unit* ke *unit* lain. Untuk mengalirkan fluida dari unit tersebut rata-rata pompa vertikal mengalirkan fluida hasil pengolahan dengan beban fluida sebanyak 125 m³ dengan suhu yang bervariasi di setiap unitnya. Pompa vertikal pada industri migas bekerja selama 24 jam karena permintaan produk yang sangat tinggi. Karena beban kerja yang tinggi pompa vertikal ini harus memiliki kehandalan dan reabilitas yang tinggi.

Karena beban kerja yang berat pompa vertikal sering kali mengalami kegagalan. Kegagalan tersebut biasanya karena terjadi kavitasi, batas *lowest allowable liquid level* yang tidak sesuai, dll. Penyebab kegagalan tersebut dapat mengakibatkan kavitasi, terjadinya jarak waktu perawatan (*maintenance time between failure*) yang rendah sehingga mengeluarkan biaya yang lebih untuk perawatan. Untuk mengetahui rendahnya *Maintenance time between failure* (MTBF) yang rendah dilakukan penelitian.



Gambar 1. Pompa pada saat terpasang.

Penelitian ini memiliki tujuan untuk mengetahui penyebab rendahnya MTBF (maintenance time between failure). Untuk mencapai tujuan tersebut maka dilakukan penelitian dengan menganalisa perbandingan antara besar $NPSH_A$ dengan $NPSH_R$ dan analisa tinggi fluida dengan panjang poros. Analisa perbandingan $NPSH_A$ dengan $NPSH_R$ bertujuan apakah $NPSH_A$ lebih besar dari $NPSH_R$. $NPSH_A$ merupakan head yang disediakan sumur untuk pompa dan $NPSH_R$ adalah head yang dimiliki pompa tersebut. Karena syarat dari sistem pemompaan agar pompa tidak mengalami kegagalan adalah $NPSH_A$ lebih besar dari $NPSH_R$. Analisa tinggi fluida dengan panjang poros bertujuan untuk mengetahui apakah pompa vertikal memiliki nilai *lowest allowable liquid level* yang masih sesuai atau tidak. *Lowest allowable liquid level* merupakan batas toleransi tinggi fluida didalam sumur terhadap *impeller* agar *impeller* tetap terendam fluida agar.



Gambar 2. Pompa vertikal pada saat diangkat dari sumur.



Gambar 3. *Impeller* yang mengalami kavitasi ringan.

2. METODOLOGI

2.1. Metode Analisa

Evaluasi rendahnya MTBF dilakukan untuk mengurangi waktu perawatan pompa yang berada dibawah waktu standar. Evaluasi ini dilakukan dua analisa. Analisa pertama yaitu membandingkan besarnya $NPSH_A$ terhadap $NPSH_R$. Analisa yang pertama bertujuan apakah $NPSH_A > NPSH_R$ atau tidak. Analisa yang kedua Analisa Tinggi Fluida dan Panjang Poros. Analisa tinggi fluida dan panjang poros bertujuan untuk mengetahui apakah nilai *lowest allowable liquid level* masih sesuai atau tidak.

Pada Analisa yang pertama fluida *slop oil* yang memiliki *specific gravity* 0,835 dan air dengan *specific gravity* 1 karena di dalam sumur terdapat dua fluida. Fluida yang di analisa adalah air karena air memiliki *specific gravity* yang lebih tinggi untuk mengetahui pada saat *specific gravity* maksimal. Pada analisa yang kedua dilakukan dengan cara analisa melalui *data sheet* dari perusahaan dan analisa dengan perhitungan aktual.

2.2. Mencari $NPSH_A$

$NPSH_A$ adalah head pada sisi hisap pompa dimana head pada sisi hisap pompa berada diatas tekanan uap jenuh fluida [4]. Dalam hal ini pompa yang menghisap dari tempat terbuka dengan tekanan atmosfer pada permukaan zat cair, $NPSH$ yang tersedia dapat ditulis sebagai berikut [4].

$$NPSH_A = H_a \pm H_s - H_{vp} - H_f - H_i \quad (1)$$

H_a merupakan tekanan atmosfer tekanan atmosfer diatas permukaan laut menurut ketinggian. H_s merupakan Tinggi dari *centerline suction* pompa ke level fluida. H_{vp} merupakan head yang dikalkulasi dengan memantau temperatur fluida. H_f merupakan kerugian head sepanjang pipa hisap. H_i merupakan kehilangan energi yang terjadi pada leher suction pompa. Pada kasus ini H_i di abaikan karena nilainya yang sangat kecil

2.3. NPSH_R

NPSH_R adalah head pada sisi hisap pompa yang terletak pada *centerline impeller* diatas tekanan uap jenuh fluida [4]. Nilai NPSH_A pompa dari pabrikan adalah 2,44 meter. NPSH_A sama dengan jumlah tekanan dinamis atau tinggi kecepatan pada permukaan sudu dan semua kerugian aliran antara flens hisap dan permulaan sudu. Kerugian aliran dan kecepatan aliran volume (Q) dan dari jumlah putaran (ns) akan tetapi kerugian aliran dan kecepatan aliran tersebut tergantung pula dari bentuk sudu, jumlah sudu, tebal sudu, besarnya lubang laluan, dan unsur-unsur konstruksi yang lain.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang digunakan diambil dari *data sheet* dan hasil pengukuran aktual. Berikut adalah analisa besarnya NPSH_A terhadap NPSH_R dan Analisa Tinggi Fluida dan Panjang Poros.

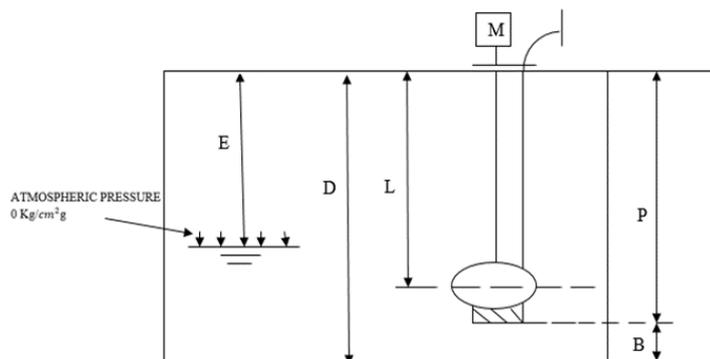
3.1. Analisa Besarnya NPSH_A terhadap NPSH_R

Tabel 1. Spesifikasi pompa [2].

No	Spesifikasi	Besar
1	RPM (rad/min)	2915
2	Minimal continuous flow (m ³ /hr)	5
3	Maximum differential head (m)	62,7
4	Maximum disch flange suction pressure (kg/cm ³ . g)	6,9
5	NPSH _R (m)	2,44

Tabel 2. Spesifikasi fluida pada sumur [2].

No	Spesifikasi	Besar
1	Spesific gravity air	1
2	Spesific gravity slop oil	0,835
3	Temperatur fluida(°C)	40-50



Gambar 4. Desain Ukuran Sumur dan Pompa.

L	: panjang poros pompa dari atas sumur ke <i>impeller</i>	= 4,65 m
D	: kedalaman sumur	= 4,975 m
P	: kedalaman sumur sampai ujung pompa	= 4,875 m
E	: ketinggian terendah fluida yang diizinkan	= 4,595 m
B	: kedalaman dari ujung pompa ke dasar sumur	= 0.1 m
Friction loss (H _f)	:	= 0,095 m
M	: Motor listrik	

3.2. Perhitungan Nilai NPSH_A terhadap NPSH_R

Pada perhitungan NPSH_A berikut fluida *slop oil* diganti dengan air karena *spesific gravity* dari air tidak jauh berbeda dan lebih berat. Apabila menggunakan *spesific gravity* air pemompaan dapat dilakukan secara otomatis jika kita menggunakan fluida *slop oil* juga dapat dilakukan pemompaan. Pada saat dilapangan fluida memiliki temperatur 40°C dan 50°C . *Spesific gravity* air adalah 1 sedangkan *spesific grafitiy* dari *slop oil* adalah 0,835.

Untuk tekanan atmosfer (H_a) dengan besar 0 Kg/cm² g maka barometrik air menurut ketinggian adalah 10,33 m. Untuk barometrik air menurut ketinggian dapat dilihat di tabel 3 Untuk nilai H_{vp} dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 3. Tekanan atmosferik menurut ketinggian [1].

No.	Ketinggian terhadap permukaan laut ($\frac{kg}{cm^2.g}$)	Tekanan atmosfer dalam ketinggian (meter)
1	-304,8	10,73
2	-152,4	10,55
3	0	10,33
4	152,4	10,15
5	304,8	10
6	457,2	9,78
7	609,6	9,60
8	762	9,45
9	914,4	9,26
10	1066,8	9,08
11	1219,2	8,90
12	1371,6	8,78
13	1524	8,60
14	1676,4	8,41
15	1828,8	8,29
16	1981,2	8,14
17	2133,6	7,98
18	2286	7,83
19	2438,4	7,68
20	2590,8	7,53
21	2743,2	7,41
22	2895,6	7,25

Tabel 4. Tinggi absolut air dalam variasi temperatur [1]

No.	Temperatur (o_c)	Tinggi (m)
1	4,4	0,09
2	10,0	0,12
3	15,6	0,18
4	21,1	0,25
5	26,7	0,54
6	32,2	0,49
7	37,8	0,67
8	48,9	1,19
9	60,0	2,03
10	71,1	3,23
11	82,2	5,28
12	93,3	8,12
13	100	10,35
14	104,4	12,10
15	115,6	17,59
16	126,7	24,93
17	137,8	34,64
18	148,9	47,18

- Nilai H_{vp} untuk temperatur 40 °C didapat dengan cara interpolasi sebagai berikut :

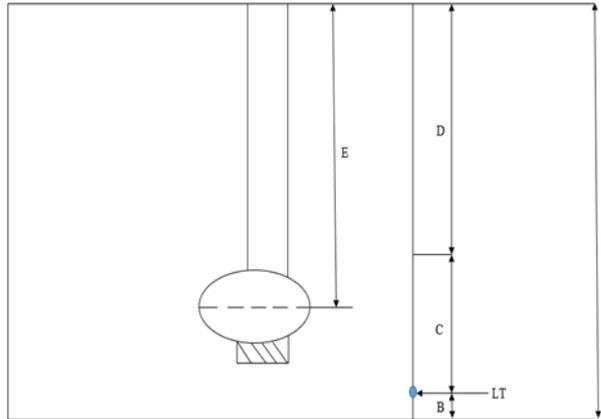
Untuk mencari $NPSH_A$ digunakan persamaan [1]. Pertama cari nilai H_a dengan melihat tabel 3. Nilai H_a yang diambil yaitu ketika tekanan atmosfer diatas permukaan laut adalah $0 \frac{kg}{cm^2.g}$. Tekanan atmosfer sumur dianggap berada $0 \frac{kg}{cm^2.g}$ diatas permukaan laut dengan nilai ketinggian 10,33 m. Selanjutnya mencari nilai H_{vp} dengan menginterpolasikan tabel 4 sehingga mendapat tinggi absolut pada 40°C dan 50°C dan didapat tinggi absolutnya 0.76 meter dan 1.27 meter. Selanjutnya mencari nilai H_s dengan melihat dari gambar 4 dengan mengurangi ketinggian terendah fluida yang diizinkan dengan nilai panjang poros pompa dari atas sumur ke *impeller* dengan nilai 0.005 meter. Nilai H_f untuk kasus ini diabaikan karena terlalu kecil sehingga tidak berpengaruh. Setelah mendapat nilai H_a , H_s dan H_{vp} maka d masukan ke persamaan (1) dan didapat nilai 9.42 meter untuk fluida dengan temperatur 40°C dan 9.02 meter untuk fluida dengan temperatur 50°C. Maka perbandingan $NPSH_A$ dan $NPSH_R$ untuk temperatur 40°C dan 50°C

adalah $NPSH_A > NPSH_R$. Kedua $NPSH_A$ ternyata lebih besar dari $NPSH_R$ sehingga nilai $NPSH_A$ bukan penyebab rendahnya MTBF.

3.3. Analisa Tinggi Fluida dan Panjang Poros

analisa tinggi fluida dan panjang poros dilakukan untuk mengetahui tinggi minimum fluida pada sumur serta letak transmiter. Transmitter ini digunakan untuk memberi tanda bahwa fluida telah berada pada titik terendah yang yang diizinkan. Transmitter yang digunakan adalah 15-LT-306 dengan range pembacaan dari 0~1,62 m.

3.3.1. Analisa Tinggi Fluida dan Panjang Poros Dengan Menggunakan Data Sheet



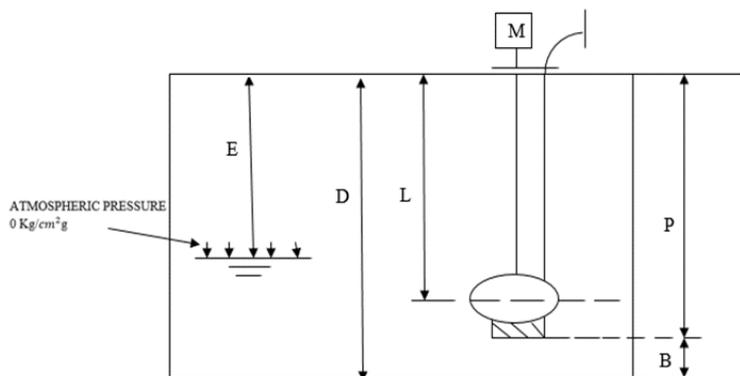
Gambar 5. Skema Panjang Sumur, Pompa dan Transmitter

A	= kedalaman sumur	= 4,975 m
B	= tinggi transmiter dari dasar sumur	= 0,2 m
C	= panjang area pembacaan transmiter	= 1,82 m
D	= tinggi fluida minimal dari atas sumur	= 3,16 m
E	= panjang poros hingga <i>impeller</i> pompa dari dasar sumur	= 4,65
LT	= Transmitter	

Dari data sketch diatas diketahui tidak ada permasalahan antara panjang poros, tinggi fluida dan peletakan transmiter. Pada sketch diatas peletakan transmiter telah diletakan pada posisi yang sesuai sehingga *impeller* tetap terendam fluida pada saat batas terendah transmiter transmiter.

3.3.2. Analisa Tinggi Fluida dan Panjang Poros Dengan Menggunakan Pengukuran Aktual

Dari *data sheet* ternyata tidak terjadi masalah. Untuk mengetahui hasil yang lebih akurat maka dilakukan pengukuran langsung dari panjang poros. Pengukuran langsung ini bertujuan untuk membandingkan antara perhitungan *data sheet* dengan perhitungan aktual. berikut *data sheet* setelah pengukuran aktual.



Gambar 6. Data Sheet Pengukuran poros pompa aktual

L	: panjang poros pompa dari atas sumur ke <i>impeller</i>	= 3,05 m
D	: kedalaman sumur	= 4,975 m
P	: kedalaman sumur sampai ujung pompa	= 3,275 m
E	: ketinggian terendah fluida yang diizinkan	= 4,595 m
B	: kedalaman dari ujung pompa ke dasar sumur	= 0.1 m

Setelah dilakukan perhitungan aktual dengan menghitung langsung desain pompa terhadap sumur dan transmiter ternyata panjang poros hingga *impeller* pompa memiliki panjang 3,05 meter sedangkan desain pada *data sheet* panjangnya 4,65 meter. Pemendekan ini berpengaruh besar pada sistem pelumasan pompa. Tinggi fluida minimal yang diizinkan adalah 4,595 meter sedangkan biasanya penghentian pengorasan pompa berhenti pada ketinggian fluida 4,07 meter dari atas sumur. Dengan demikian pompa dapat mengalami kavitasi dan *impeller* terlumasi dan tidak ada fluida yang dipompa sehingga mengakibatkan kegagalan.

4. KESIMPULAN

Nilai $NPSH_A$ pada sumur pompa sangat jauh lebih tinggi. Sehingga $NPSH_A$ bukan penyebab utama terjadinya kegagalan. Pada temperatur 40°C $NPSH_A$ memiliki nilai 9,42 m sedangkan pada saat temperatur 50°C $NPSH_A$ memiliki nilai 9,02 m. Dari data hasil perhitungan maka $NPSH_A$ bukan penyebab terjadinya MTBF.

Dari hasil analisa Analisa Tinggi Fluida dan Panjang Poros ternyata pompa mengalami kegagalan karena berubahnya panjang poros yang tidak diketahui karena pada saat pemendekan poros tidak tercatat. Akibatnya pada saat dipompa fluida di dalam sumur akan berkurang sedangkan transmiter yang digunakan untuk panjang poros ke *impeller* dengan panjang 4,65 meter digunakan untuk panjang poros ke *impeller* dengan panjang 3,05 meter sehingga pada saat fluida mencapai batas terendah pompa dapat mengalami kavitasi dan *impeller* dapat tidak terendam oleh fluida yang berfungsi sebagai plumas. Rendahnya MTBF dan kavitasi ringan pun terjadi karena *impeller* tidak terlumasi secara sempurna

5. REFERENSI

- [1] Anonymous, 1889, Tables, "*Formulae and Piping Wiring Diagrams*", Skidmore, Benton Harbour,
- [2] Data sheet pompa 15-P-902 PT. Pertamina RU-VI Balongan
- [3] EagleBrugmenn Group, 2014, "*API 682 4th Edition Piping Plans*", EagleBrugmenn Germany GmbH & Co. KG. Germany.
- [4] Volk, M., 2005, "*Pump Characteristics and Applications 2nd Edition*". Taylor and Francis Group. Boca Raton.