

Perancangan Pompa *Slurry Sentrifugal* pada Unit *Cement Mixer* yang Mendukung Operasi Kerja Ulang Sumur dengan Kapasitas 3,5 BPM dan *Head 30 Feet* (Studi Kasus di PT. Energi Mega Persada Tbk)

Fajar Rizky Hariyono dan I Made Arya Djoni

Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

e-mail: aryadjoni@me.its.ac.id

Abstrak—Pompa *slurry sentrifugal* adalah suatu peralatan yang sangat penting di dalam suatu unit penyemenan. Pompa *slurry sentrifugal* memiliki perbedaan dengan pompa air biasa kaitannya dengan fluida kerja. Selama ini yang terdapat pada kondisi lapangan adalah tidak adanya perhitungan terhadap perancangan pompa *slurry sentrifugal*. Untuk itulah dilakukan perancangan sebuah pompa *slurry sentrifugal* dengan fluida kerja berupa *slurry* semen yang dapat menghasilkan head dan kapasitas yang dibutuhkan. Perancangan diawali dengan dilakukan perhitungan terhadap head efektif pompa yang dibutuhkan untuk mentransfer *slurry* melalui jalur perpipaan yang ada, selanjutnya dengan pendekatan head ratio didapatkan nilai head yang digunakan dalam metode perancangan impeller dan sudu pompa untuk fluida kerja *single phase* dengan metode *similarity geometry*. Tahap perancangan berikutnya adalah merancang casing, poros, bearing, serta pemilihan seal dan packing. Hasil yang didapatkan dalam perancangan pompa *slurry sentrifugal* dengan kapasitas 3,5 BPM dan *Head 30 feet* adalah suatu desain pompa jenis sentrifugal satu tingkat meliputi komponen impeller, casing, poros, bearing, seal dan packing untuk menghasilkan head dan kapasitas yang dibutuhkan.

Kata Kunci—*Slurry*, pompa *slurry sentrifugal*, kapasitas, head ratio, *similarity geometry*.

I. PENDAHULUAN

ENERGI merupakan salah satu kebutuhan utama dalam kehidupan masyarakat dunia saat ini. Terutama kebutuhan energi yang berasal dari sumber daya alam yang tidak terbarui. Energi yang banyak dibutuhkan dan dipergunakan saat ini adalah energi yang berasal dari minyak bumi, dimana konsumsi energi dari minyak bumi ini sangat dominan di segala aspek kehidupan masyarakat sehari-hari. Terutama kebutuhan untuk segala macam jenis transportasi, kebutuhan rumah tangga, energi listrik, industri dan lain-lain. Seiring dengan bertambahnya kebutuhan minyak bumi ini, diharapkan eksplorasi terhadap minyak bumi dapat dilakukan secara optimal. Eksplorasi minyak bumi dilakukan dengan cara pengeboran (*drilling*) sumur minyak baik di daerah lepas pantai (*Offshore*) maupun di daerah daratan (*Onshore*). Dalam proses *drilling* banyak sekali terdapat proses-proses pendukung yang dapat menentukan berhasil atau tidaknya proses *drilling* yang

dilakukan terhadap suatu sumur. Proses *drilling* diawali dengan mengebor sebuah sumur yang menggunakan serangkaian peralatan pada suatu *rig*. Pada saat melakukan pengeboran, juga dilakukan sirkulasi dengan menggunakan *mud*. Berikutnya pemasangan casing pada sumur, dan kemudian dilakukan proses penyemenan (*cementing*) untuk menguatkan casing dan formasi. Setelah semen mengeras, dilakukan proses perforasi pada zona tertentu yang selanjutnya dilakukan proses produksi pada sumur tersebut. Pompa yang digunakan pada proses penyemenan adalah pompa *Triplex single acting* yang akan memompakan semen dalam bentuk *slurry* ke dalam sumur melalui casing. *Slurry* terdiri dari semen, air, dan tambahan zat kimia tertentu yang mengalami proses *mixing* pada suatu tangki sampai campuran menjadi homogen.

Pada sumur PT. EMP yang terdapat di wilayah Kondur, khususnya pada peralatan Kerja ulang, *cementing unit* yang dimiliki terbatas pada kapasitas *mixing tank*. Untuk meningkatkan kapasitas pada *mixing tank*, dibuat suatu rancangan sistem *mixing* yang menghasilkan kapasitas lebih besar dan ditambahkan sebuah pompa Sentrifugal. Pompa ini bertujuan untuk memompa air dari *water tank* ke *mixing tank*, sirkulasi *slurry* untuk mempercepat homogenitas *slurry*, dan bertujuan sebagai *charging* bagi pompa *Triplex* pada proses *cementing* yang ada pada pekerjaan Kerja ulang. Proses pemompaan untuk tiga jenis pekerjaan yang berbeda dilakukan dengan buka tutup *valve* pada perpipaan yang ada.

Penggunaan pompa *slurry sentrifugal* dipilih karena memiliki beberapa kelebihan diantaranya adalah membutuhkan ruang yang lebih kecil, memiliki konstruksi yang sederhana (tanpa sistem transmisi *gearbox*), dan operasinya dapat dilakukan sesuai keinginan. Perancangan pompa diawali dengan penentuan jenis *slurry* yang digunakan dalam proses pemompaan sehingga dapat dilakukan penentuan dan perhitungan terhadap *head loss* yang selanjutnya dilanjutkan untuk mendapatkan head efektif pompa dengan fluida *slurry* [1]. Perancangan dilakukan dengan fluida kerja berupa air, sehingga diperlukan adanya *head ratio (RH)* yang dapat menentukan besarnya nilai head pompa dengan fluida kerja air [1]. Perancangan dilakukan dengan metode *Similarity Geometry* dengan menggunakan pompa *slurry* sebagai pompa referensi [2]-[3].

Perancangan dilakukan dengan perhitungan *specific speed kinematic* (ns_q) untuk menentukan jenis impeller dan pemilihan pompa referensi. Perancangan pompa slurry berbeda dengan pompa air, kaitannya dengan fluida kerja yang memiliki massa jenis dan viskositas yang berbeda. Rekomendasi terkait pompa slurry antara lain umumnya *single stage*, jumlah sudu dibatasi 3-5 buah, material impeller dan casing memiliki kekerasan >600 BHN, dan sudut (β_1) berada diantara $14^\circ - 30^\circ$, sedangkan nilai dari sudut relatif outlet (β_2) berkisar antara $25^\circ - 35^\circ$ [1]. Perancangan casing pada pompa slurry dimodifikasi menjadi semi konsentris dengan radius *cut water* yang lebih besar daripada konstruksi casing pada pompa air [2]. Rekomendasi perancangan dilakukan untuk mencegah aliran slurry tersumbat pada beberapa bagian pompa yang rawan penyumbatan selama proses pemompaan. Komponen pendukung pompa seperti poros, bearing, seal, dan packing direncanakan berdasarkan pompa yang telah dirancang.

II. METODOLOGI PERANCANGAN

Metodologi perancangan pada pompa slurry sentrifugal diawali dengan penentuan jenis slurry yang digunakan sebagai fluida kerja. Fluida kerja yang digunakan adalah semen yang dipergunakan dalam proses kerja ulang sumur minyak. Kecepatan rata-rata aliran di dalam pipa diperhitungkan sehingga tidak terjadi pengendapan aliran selama proses pemompaan. Kecepatan rata-rata aliran lebih kecil dibandingkan dengan kecepatan deposisi atau kecepatan pengendapan. Jalur perpipaan yang digunakan dalam perancangan pompa *slurry* sentrifugal ditunjukkan pada Gambar 1 dan 2.

Perhitungan *head loss* total melalui perpipaan yang ada didapat setelah ditentukan jenis *slurry* yang digunakan. Perhitungan head efektif dilakukan dengan menggunakan perumusan energi.

$$H_e = \frac{p_2 - p_1}{\gamma} + H_z + \sum \Delta h_s + \sum \Delta h_d + \frac{V_2^2 - V_1^2}{2g} \quad (1)$$

Langkah perancangan selanjutnya dilakukan perhitungan head dengan fluida kerja air dengan bantuan grafik konstanta K fungsi *specific gravity solid* dan ukuran partikel. Grafik konstanta K ditunjukkan pada Gambar 3.

Nilai *head ratio* (RH) didapatkan dari persamaan berikut :

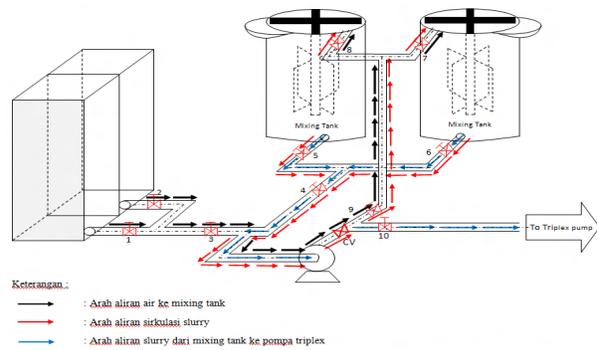
$$RH = 5 \cdot K \cdot C_v \quad (2)$$

dimana :

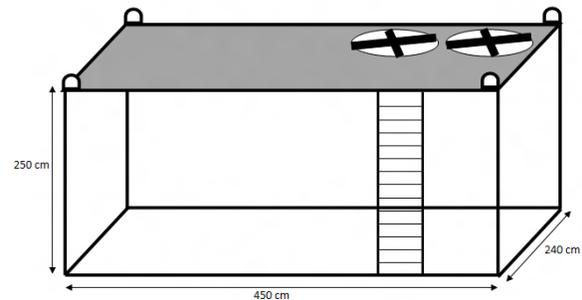
C_v = Konsentrasi volume solid

Dari nilai *head ratio* dapat di tentukan nilai head untuk fluida kerja air yang digunakan dalam perancangan. Perancangan dilakukan dengan metode *Similarity Geometry*, yaitu dengan menggunakan pompa lain sebagai referensi dimana pompa tersebut memiliki *specific speed* yang sama dengan pompa yang akan di rancang [3]. Perhitungan *specific speed* untuk perancangan kali ini menggunakan persamaan sebagai berikut [1] :

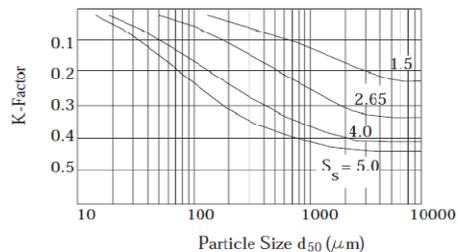
$$n_{sq(US)} = \frac{n \sqrt{Q(\text{gpm})}}{H(\text{ft})^{\frac{3}{4}}} \quad (3)$$



Gambar. 1. Jalur perpipaan unit penyemenan.



Gambar. 2. Lay out penempatan unit penyemenan.



Gambar. 3. Nilai K pada pompa sentrifugal fungsi *specific gravity solid* dan *d50 solid*.

Tabel 1. Pompa *slurry* yang digunakan sebagai acuan untuk pompa referensi

Model	Vane d_2 , inch	d_2/d_s , tip/suction	Speed, rpm	Flow, US gpm	Efficiency, %	Head, ft	Specific speed	Head factor, ϕ_{US}	Sigma cavitation factor
8 x 6 in	20.87	3.48	816	2061	70	98.5	1186	0.14	0.14
10 x 8 in	26.77	3.35	667	3487	74	98.5	1261	0.13	0.16
12 x 10 in	31.10	3.11	575	4915	76	98.5	1290	0.13	0.16
14 x 12 in	35.04	3.92	510	6763	79	98.5	1340	0.13	0.17
16 x 14 in	39.37	2.81	450	8877	81	98.5	1357	0.133	0.15
18 x 16 in	45.28	2.8	390	10859	83	98.5	1300	0.133	0.16
20 x 18 in	55.12	2.76	340	13870	84	98.5	1281	0.119	0.16

From Abulnaga (2001). Courtesy of Mazdak International Inc.

dimana :

n : Putaran (rpm)

Q : Kapasitas (gpm)

H : Head pompa (ft)

Nilai dari *specific speed* digunakan sebagai acuan dalam menentukan pompa referensi. Pada tabel 1 berikut ini adalah tabel yang menunjukkan beberapa jenis pompa dengan spesifikasi masing-masing yang digunakan dalam perancangan dengan metode *Similarity Geometry* [1], lihat Tabel 1.

Perancangan komponen pompa khususnya Impeller dilakukan dengan metode *Similarity Geometry* seperti diameter inlet, diameter outlet, luasan inlet, luasan outlet dan lebar impeller serta segitiga kecepatan dengan menggunakan persamaan berikut [3]:

$$d_2 = d_2' \cdot \frac{n'}{n} \sqrt{\frac{H}{H'}} \tag{4}$$

dimana :

- n' = putaran pompa referensi (rpm)
- H' = head pompa referensi (ft)
- d₂' = diameter outlet pompa referensi (ft)

Perancangan selanjutnya adalah perancangan bentuk casing, dimana casing untuk pompa slurry dapat dibentuk konsentris atau semi konsentris. Perhitungan dimulai dengan perhitungan casing untuk sumbu x dan sumbu y, perhitungan tebal liner, tebal casing dan perhitungan radius *cut water*. Perancangan komponen pendukung dari pompa *slurry* diawali dengan perhitungan poros. Perencanaan poros didasarkan pada beban-beban yang terjadi sepanjang poros yang direncanakan seperti beban aksial dan radial akibat berat impeller dan tekanan di dalam casing pompa. Perencanaan poros untuk memeriksa diameter minimal yang direncanakan berdasarkan kekuatan material poros dengan besarnya beban yang terjadi. Komponen pendukung lainnya adalah bearing, dan seal. Bearing yang direncanakan adalah bearing radial dan bearing radial-aksial yang memiliki fungsi menahan beban radial dan aksial pada poros. Seal yang direncanakan adalah seal jenis *Stuffing Box* yang memiliki konfigurasi yang sama dengan pompa air.

III. HASIL DAN DISKUSI

A. Head Pompa

Pada bagian ini, didapatkan head pompa dengan fluida kerja Slurry sebesar 26,61 feet of slurry yang kemudian di ubah ke dalam head pompa dalam fluida kerja air dengan *head ratio* menjadi sebesar 2943 feet. Hal ini terjadi diakibatkan karena *slurry* memiliki densitas dan viskositas yang lebih tinggi sehingga juga diperlukan daya yang lebih besar daripada daya pada pompa air untuk kondisi yang sama.

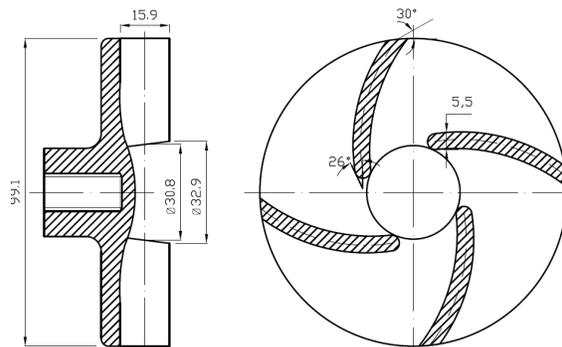
B. Pompa Referensi

Pompa yang didapat sebagai Pompa referensi adalah pompa yang memiliki *specific speed* yang sama dengan pompa yang dirancang yaitu sebesar $n_s = 1.152$ di dapatkan pompa tipe 8x6 beserta spesifikasi ukuran komponen seperti diameter outlet, inlet, lebar inlet, outlet, dan lainnya.

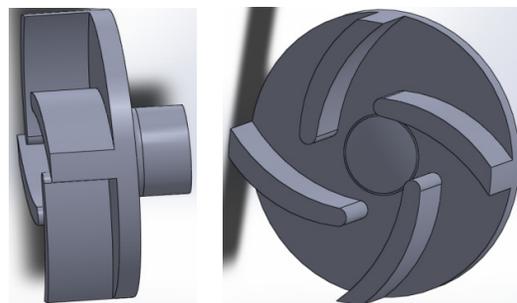
C. Impeller Pompa

Impeller yang didapat dari hasil perancangan berdasarkan *similarity geometry* memiliki spesifikasi dan ditunjukkan pada Gambar 4 dan 5.

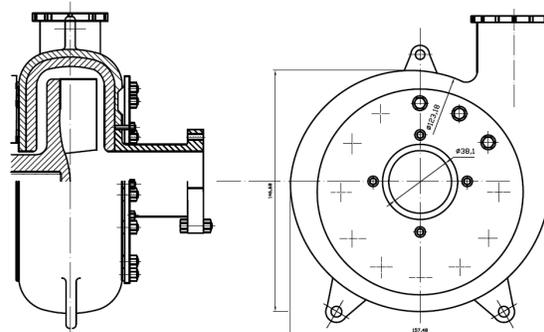
- $d_o = 3 \text{ in}$
- $s = 3 \text{ in}$
- $d_1 = 2,4 \text{ in}$
- $b_1 = 1,25 \text{ in}$
- $b_2 = 1,24 \text{ in}$
- $z = 4 \text{ buah}$
- $d_2 = 7,8 \text{ in}$
- $\beta_2 = 30^\circ$
- $\beta_1 = 25,6^\circ$



Gambar. 4. Impeller hasil perancangan dua dimensi.



Gambar. 5. Impeller hasil perancangan tiga dimensi.



Gambar. 6. Impeller hasil perancangan tiga dimensi.

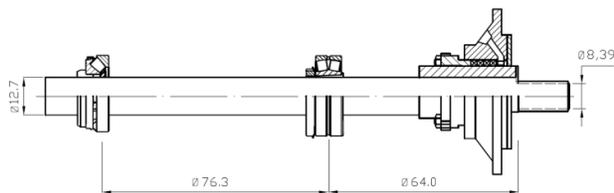
- dimana : d_o = diameter suction
- d_1 = diameter inlet
- d_2 = diameter outlet
- z = jumlah sudu
- β_2 = sudut relatif sudu outlet
- β_1 = sudut relatif sudu inlet
- s = tebal impeller
- b_1 = lebar inlet
- b_2 = lebar outlet

D. Casing Pompa

Casing pompa hasil perancangan didapatkan casing yang berbentuk semi konsentris dengan spesifikasi dan ditunjukkan pada Gambar 6.

- $X_v = 12,4 \text{ in}$
- $Y_v = 11,6 \text{ in}$
- $t_c = 0,29 \text{ in}$
- $t_L = 0,41 \text{ in}$
- $d_c = 9,67 \text{ in}$
- material casing ASTM A532

- dimana : X_v = Parameter casing sumbu x
- Y_v = Parameter casing sumbu y
- t_c = tebal casing
- t_L = tebal liner
- d_c = radius cut water



Gambar. 7. Poros hasil perancangan dengan bearing dan seal.

E. Poros, Bearing, Seal

Poros dan komponen pendukung lainnya yang didapatkan dari hasil perancangan memiliki spesifikasi dan ditunjukkan oleh Gambar 7. Bearing yang direncanakan dalam perancangan pompa adalah bearing radial dan bearing radial-aksial. Untuk perancangan seal direncanakan menggunakan *stuffing box* dan packing.

Spesifikasi Material : AISI 4150 :

Poros : diameter 1 in

Bearing : *Spherical Roller Bearing* SKF 22206 E

Spherical Roller Thrust Bearing SKF 29412 E

Seal : *Stuffing Box*

Flexible Graphite packing ukuran 5/16 in

IV. KESIMPULAN

Kesimpulan dari perancangan pompa *slurry* sentrifugal yang dilakukan didapatkan suatu pompa *single stage* dengan impeller dan casing dengan material ASTM A532. Poros direncanakan dengan material AISI 4150 dengan diameter 1 in. Terdapat bearing radial dan aksial-radial SKF 22206E dan SKF 29412E. *Stuffing box* direncanakan dengan packing berbahan *flexible graphite*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT. Energi Mega Persada yang member kesempatan untuk melakukan perancangan pompa *slurry* sentrifugal samapai dengan selesai.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Abulnaga, B. 2002. *Slurry System Handbook*. New York : McGraw-Hill Book Company.
- [2] Karassik, I.J., dan Heald C.C. 2001. *Pump Handbook*. Third edition. New York : McGraw-Hill Book Company.
- [3] Lazarkiewicz, S., dan Troskolanski A.T. 1965. *Impeller Pump*. Warsaw : Pergamon Press.