

# Perancangan Pompa Torak 3 Silinder untuk Injeksi Lumpur Kedalaman 10000 FT dengan Debit 500 GPM (Studi Kasus Sumur Pemboran Pertamina Hulu Energi-*West Madura Offshore*)

Setiadi dan I Made Arya Djoni

Jurusan 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**—Suatu operasi pemboran sumur minyak ataupun gas, diperlukan suatu sistem pemompaan yang bertujuan untuk menginjeksikan lumpur pemboran kedalam sumur. Lumpur pemboran merupakan faktor yang penting dalam pemboran. Dalam proses pemboran langsung, mata bor (*bit*) yang dipakai selalu menggerus batuan formasi dan menghasilkan serpihan pemboran (*cutting*), sehingga semakin dalam pemboran maka semakin banyak pula *cutting* yang dihasilkan. Agar tidak menumpuk dan menyebabkan *drill collar* terjepit, maka serpihan tersebut perlu diangkat ke permukaan dengan baik. Untuk itu diperlukan sebuah pompa yang mampu mensirkulasikan lumpur pemboran dari *mud pit* ke dalam sumur dan kembali ke *mud pit*. Perancangan pompa torak ini berdasarkan pada kedalaman sumur pemboran dan debit pemompaan yang dibutuhkan. Selanjutnya ditentukan besarnya kerugian-kerugian sepanjang jalur sirkulasi fluida untuk mendapatkan daya minimum yang dibutuhkan pompa. Hasil yang didapatkan dari perancangan pompa torak ini adalah power minimum minimum pompa sebesar 700 HP dengan diameter silinder 6,5 inch dan panjang langkah 14,65 inch

**Kata Kunci**—Lumpur pemboran, pompa sirkulasi, pompa torak.

## I. PENDAHULUAN

POMPA merupakan suatu mesin yang mengubah energi mekanik menjadi energi hidrodinamik. Suatu fluida akan menerima energi mekanis dari pompa sehingga dapat mengalir dari suatu tempat ke tempat tertentu. Prinsip utama pompa yakni membuat perbedaan tekanan antara saluran masuk (*suction*) dan saluran keluar (*discharge*). Dengan adanya perbedaan tekanan maka fluida dapat mengalir.

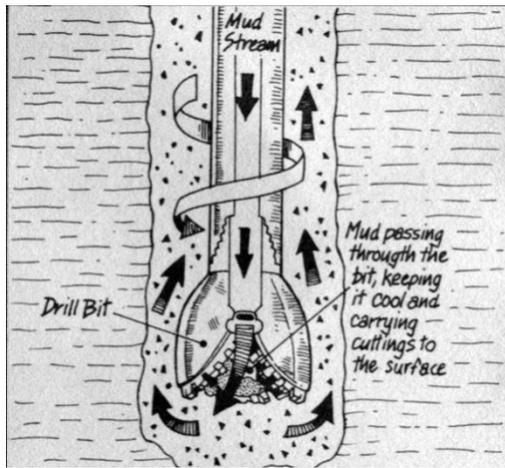
Pada suatu operasi pemboran sumur minyak ataupun gas, diperlukan suatu sistem pemompaan yang bertujuan untuk menginjeksikan lumpur pemboran kedalam sumur [1]. Lumpur pemboran merupakan faktor yang penting dalam pemboran. Kecepatan pemboran, efisiensi, keselamatan dan biaya pemboran sangat tergantung pada lumpur ini dan sistem sirkulasinya. Dalam proses pemboran langsung, mata bor (*bit*) yang dipakai selalu menggerus batuan formasi dan

menghasilkan serpihan pemboran (*cutting*), sehingga semakin dalam pemboran maka semakin banyak pula *cutting* yang dihasilkan. Agar tidak menumpuk dan menyebabkan *drill collar* terjepit, maka serpihan tersebut perlu diangkat ke permukaan dengan baik.

Pada proses sirkulasi fluida pemboran, pompa torak digunakan dari awal hingga akhir operasi pemboran. Pada awal proses pemboran tidak dibutuhkan tekanan tinggi, sehingga pompa torak dioperasikan pada putaran rendah. Selain itu juga bisa menggunakan diameter silinder kecil untuk mendapatkan tekanan rendah. Semakin dalam proses pemboran, maka tekanan yang dibutuhkan semakin besar, maka digunakan putaran pompa yang lebih tinggi. Pompa torak memiliki karakteristik head yang sangat tinggi, sehingga mampu digunakan untuk mensirkulasikan fluida pemboran hingga kedalaman lebih dari 20.000 feet. Namun untuk menjaga agar tekanan pemompaan stabil maka pompa torak dijadikan sistem seri atau *multistage*. Selain itu juga dapat dilakukan dengan mengganti ukuran silinder torak menjadi lebih kecil sehingga didapatkan tekanan yang lebih besar. Umumnya *rig* berukuran kecil memiliki minimal dua buah pompa torak (*mud pump*) sebagai cadangan maupun dijadikan *multistage* agar mendapatkan tekanan yang stabil.

Proses sirkulasi lumpur pemboran umumnya digunakan tipe pompa torak 3 silinder (*triplex single acting pump*). Pemilihan pompa jenis ini karena mempunyai beberapa kelebihan, yakni memiliki kualitas aliran yang mendekati kontinu ( $\delta \approx 1$ ). Selain itu pompa torak dapat dilalui fluida pemboran yang berkadar solid tinggi dan abrasif, pemeliharaan serta sistem kerjanya yang tidak rumit [1].

Pompa lumpur (*mud pump*) memiliki peranan yang sangat penting dalam proses sirkulasi lumpur pemboran. Kapasitas pompa menyesuaikan dengan ukuran *rig* dan karakteristik sumur. Penggunaan pompa yang terlalu kecil, akan menyebabkan komponen pompa akan cepat mengalami keausan, *bearing* akan mengalami beban berlebih, mengurangi umur komponen dan laju aliran lumpur akan berkurang sehingga pemboran tidak efisien.



Gambar. 1. Proses pengangkatan serpihan pomboran oleh lumpur pomboran sekaligus pendinginan drill bit.

Jika pompa yang digunakan terlalu besar, maka konstruksi pompa akan sangat besar dan membutuhkan biaya tinggi untuk proses transportasi sehingga biaya investasi melambung tinggi. Dari penjelasan diatas diperlukan pompa torak yang mampu mensirkulasikan lumpur pomboran dari mud pit ke dalam sumur pomboran dan kembali ke mud pit. Oleh karena itu dirancang pompa torak *single stage 3 silinder (triplex)* yang dapat mengatasi kerugian tekanan sepanjang sistem sirkulasi lumpur pomboran. Sehingga perlu diketahui seberapa besar kerugian tekanan yang terjadi disepanjang sistem sirkulasi, power minimum yang dibutuhkan oleh pompa, dan akhirnya didapatkan geometri pompa torak.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Dalam perancangan pompa torak diawali dengan menentukan debit pemompaan lumpur pomboran sesuai dengan kedalaman dan geometri sumur pomboran. Debit pemompaan yang tepat akan memaksimalkan proses pengangkatan serpihan pomboran ke permukaan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.

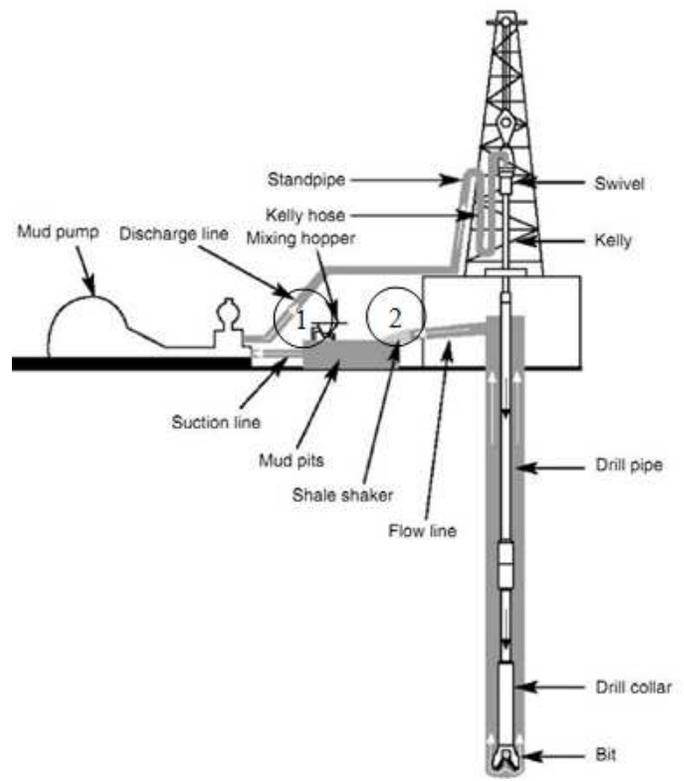
Perencanaan diameter silinder dan panjang langkah torak didapatkan setelah ditentukan rasio antara panjang langkah torak (S) dan diameter silinder (D). Pemilihan rasio disesuaikan dengan rasio pompa torak yang telah digunakan sebelumnya dan berdasarkan tabel 1 [6]. Perhitungan diameter silinder dilakukan dengan perumusan debit pemompaan pada pompa torak.

$$Q = F \times S \times k \times n \times \eta_v \tag{1}$$

dimana:

- F = Luas penampang silinder (inch<sup>2</sup>)
- S = Panjang langkah pompa torak (*stroke*) (inch)
- k = *Coefficient of Discharge*
- n = Putaran pompa (rpm)
- $\eta_v$  = Efisiensi volumetris

Langkah perancangan selanjutnya yaitu dilakukan perhitungan kerugian tekanan sepanjang aliran. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan perumusan energi.



Gambar. 2. Sistem sirkulasi lumpur peboran mulai dari mud pit menuju sumur pomboran dan kembali ke mud pit.

Tabel 1. Perbandingan nilai *stroke* dan diameter silinder pada pompa torak

Type	RPM	$\psi = \frac{S}{D}$
Low speed power pumps	40 to 80	2.5 to 2
Moderate speed power pumps	80 to 150	2 to 1.2
High speed power pumps	150 to 350	1.2 to 0.5
Extra high speed power pumps	350 to 750	0.5 to 0.2
Direct acting pumps	25 to 130	1.75 to 1
Hand pumps	20 to 45	2 to 0.8
Hand fire pumps	30 to 60	3.5 to 2.5

$$H_{pompa} = \frac{P_2 - P_1}{\rho g} + \frac{\bar{v}_2^2 - \bar{v}_1^2}{2g} + z_2 - z_1 + \Sigma H_{losses} \tag{2}$$

dimana pada Gambar 2 dalam kondisi:

1. Tidak ada perbedaan tekanan pada kondisi 1 dan 2
  2. Tidak ada perbedaan kecepatan permukaan fluida pomboran
  3. Tidak ada perbedaan ketinggian antara kondisi 1 dan 2
- Sehingga persamaan di atas menjadi:

$$H_{pompa} = H_{losses} \tag{3}$$

Perhitungan kerugian tekanan sepanjang aliran dilakukan di setiap segmen peralatan pomboran, yakni: peralatan permukaan, *drill pipe*, *drill collar*, *drill bit*, dan *annular*. Sistem sirkulasi aliran yang digunakan ditunjukkan pada Gambar 2.

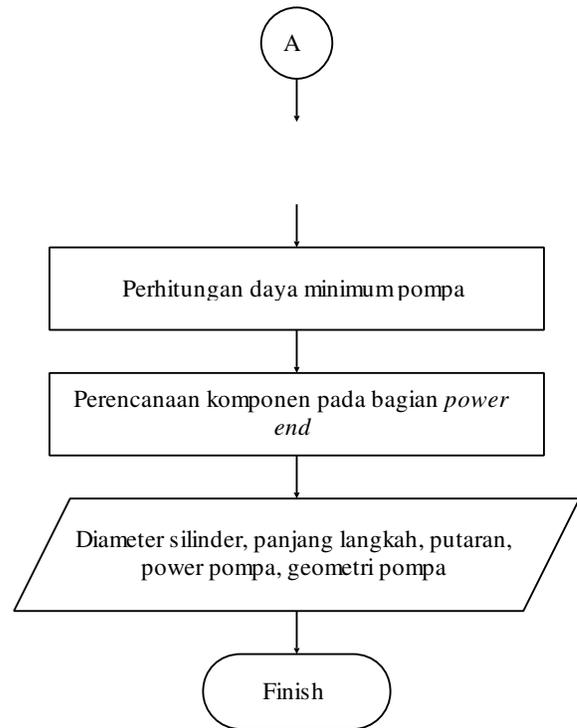
Perancangan selanjutnya adalah perancangan sambungan batang torak, dimana sambungan ini berbentuk silinder yang

menghubungkan piston dan *crosshead*. Perhitungan dilakukan dengan meninjau posisi putaran pada beban maksimum pemompaan. Sambungan batang torak akan menerima beban tekan dan akan mengalami instabilitas bentuk atau *buckling* sehingga perlu diperhitungkan geometri minimum dari sambungan batang torak.

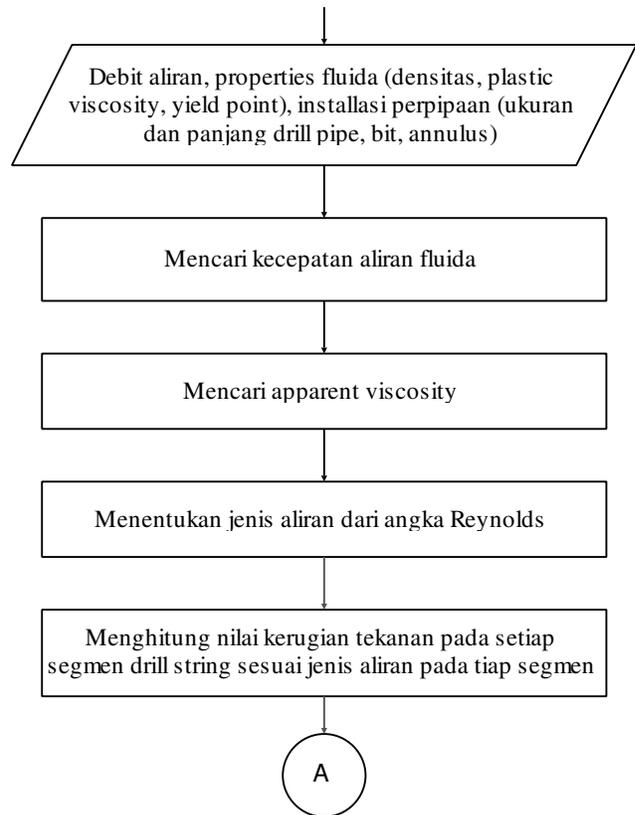
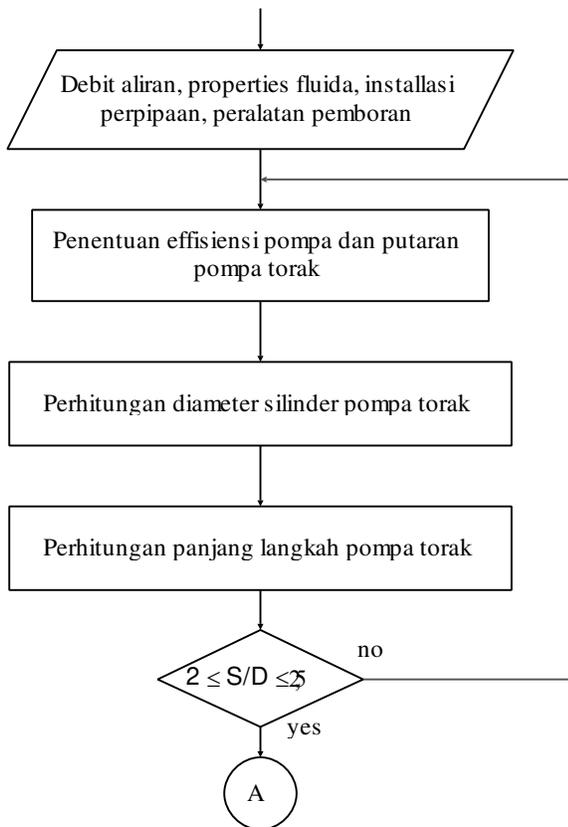
Perancangan komponen lainnya berupa batang torak (*connecting rod*) perlu diketahui kondisi terjadinya tegangan terbesar yang didapatkan oleh bagian *big end*. Pada posisi putaran tertentu, batang torak mendapatkan tegangan bending maksimum. Hal ini sebagai dasar perhitungan geometri batang torak. Komponen utama yakni poros engkol direncanakan berdasarkan pada beban-beban yang terjadi sepanjang poros yang direncanakan. Beban-beban tersebut berupa beban radial dan beban puntir. Perencanaan poros dilakukan untuk mendapatkan diameter minimum poros berdasarkan kekuatan dari material poros dengan besar beban yang terjadi pada poros utama. Komponen pendukung lainnya yakni bantalan. Bantalan yang direncanakan adalah bantalan radial. Bantalan jenis ini berfungsi menahan beban radial yang bekerja pada poros.

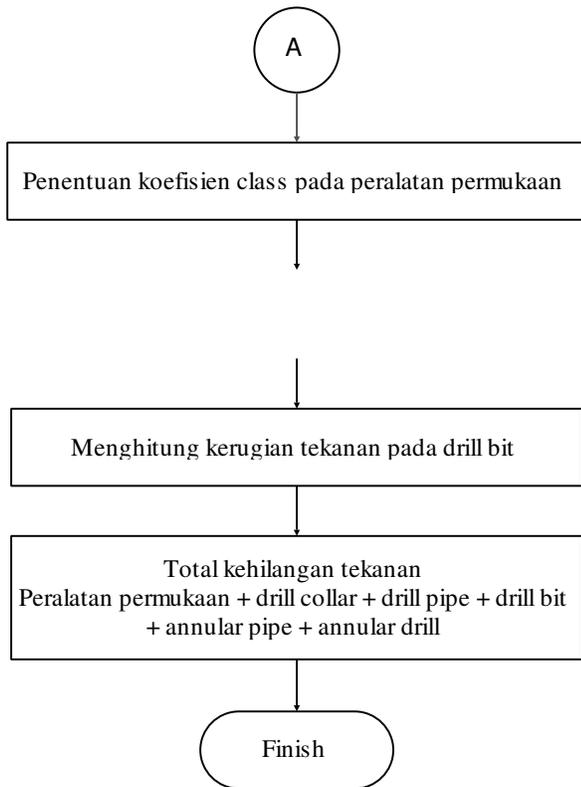
III. METODOLOGI

Metodologi yang dilakukan dalam perancangan pompa torak 3 silinder ini dapat dilihat pada Gambar 3. Dalam perhitungan kebutuhan minimum daya pompa, dilakukan perhitungan kerugian tekanan sepanjang aliran sirkulasi lumpur pemboran seperti pada Gambar 4.



Gambar. 3. Flowchart perancangan pompa torak.





Gambar. 4. Flowchart perhitungan kerugian tekanan sepanjang aliran sirkulasi lumpur pendoran.

IV. HASIL DAN DISKUSI

A. Geometri Pompa Torak

Pada perancangan geometri utama pompa torak berupa diameter silinder dan panjang langkah, didapatkan diameter silinder sebesar 6,5 inch. Sedangkan panjang langkah torak didapatkan sebesar 14,65 inch. Geometri ini didapatkan dari rasio *stroke* dan diameter silinder pada *low speed power pump*.

B. Head Pompa

Pada sistem sirkulasi lumpur pendoran, besarnya *head* pompa adalah total kerugian tekanan sepanjang sistem sirkulasi lumpur pendoran. Pada perencanaan didapatkan tekanan pemompaan sebesar 2033,0718 psi dengan fluida kerja berupa lumpur pendoran dengan properties tertentu.

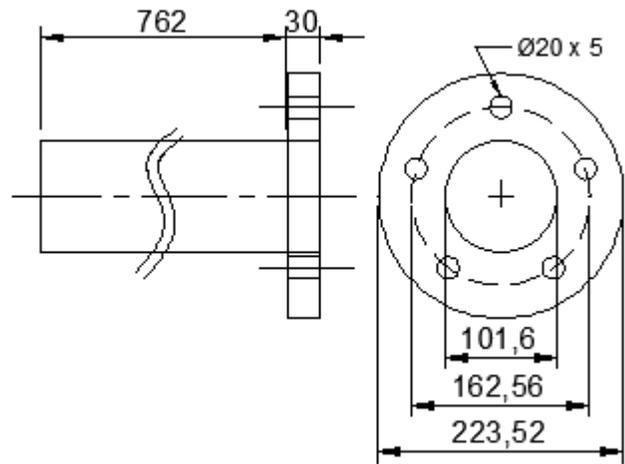
C. Daya pompa

Besarnya daya pompa yang diperlukan untuk mensirkulasikan lumpur pendoran sampai kedalaman 10000 feet adalah sebesar 700 HP.

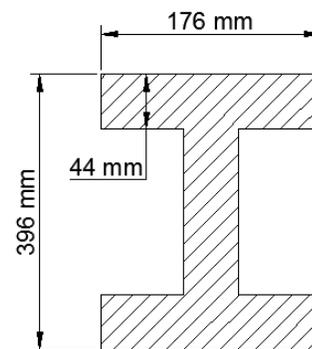
D. Sambungan Batang Torak

Geometri sambungan batang torak yang didapat dari hasil perancangan ditunjukkan pada Gambar 5.

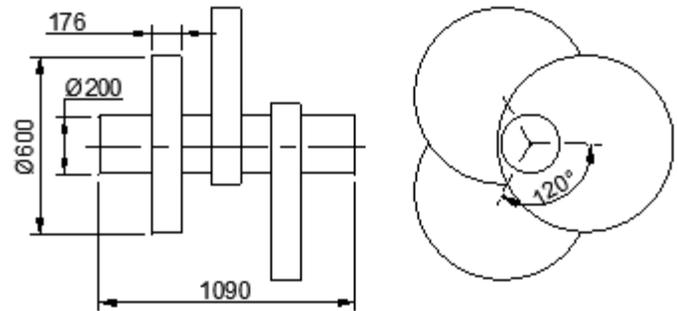
- diameter utama = 101,6 mm
- panjang sambungan = 762 mm
- diameter flange = 223,52 mm



Gambar. 5. Sambungan batang torak hasil perancangan.



Gambar . 6. Profil penampang I-beam pada batang torak.



Gambar. 7. Susunan eccentric sleeve pada main journal.

- tebal flange = 30 mm
- jumlah baut = 5 buah
- diameter pitch baut = 162,56 mm
- diameter lubang baut = 20 mm

E. Batang Torak

Profil batang torak berupa I-beam hasil perhitungan ditunjukkan pada Gambar 6. Material yang digunakan berupa Grey Cast Iron ASTM Grade-50

F. Poros Utama (Main Journal) dan bantalan

Pada poros utama terdapat eccentric sleeve. Susunan eccentric sleeve dan geometri main journal ditunjukkan seperti pada Gambar 7. Diameter poros utama sebesar 200 mm dengan material alloy steel AISI 4130. Sedangkan bantalan

direncanakan berupa *double row cylindrical roller bearing* SKF 4940.

#### IV. KESIMPULAN

Kesimpulan dari perancangan pompa torak untuk injeksi lumpur pemboran kedalaman 10000 feet dan debit 500 gpm didapatkan diameter silinder sebesar 6,5 inch dengan panjang langkah 14,65 inch. Pompa torak yang dirancang termasuk dalam kategori *low speed power* pump dengan rasio *stroke* dan diameter silinder sebesar 2,25. Daya pada pompa sebesar 700 HP dengan putaran pompa 80 rpm . Poros utama direncanakan dengan material AISI 4130 dengan diameter 200 mm bantalan radial SKF 4940. Komponen lain dari pompa torak berupa

sambungan batang torak dengan diameter penampang 101,6 mm dan batang torak dengan tebal *web* sebesar 44 mm.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Pertamina Hulu Energi atas data yang penulis dapatkan sehingga dapat menyelesaikan perancangan pompa torak ini sampai selesai.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Rubiandini, Rudi, R. S. 2001. Diktat Kuliah Teknik Pemboran dan Praktikum. Bandung : Penerbit ITB.