



STUDI PERSYARATAN DESAIN SISTEM PERPIPAAN DI AREA POMPA UNTUK *BASIC DESIGN* PABRIK YELLOW CAKE DARI URANIUM HASIL SAMPING PABRIK ASAM FOSFAT

Kukuh Prayogo, Petrus Zacharias, dan Krismawan

PRPN – BATAN, Kawasan Puspiptek, Gedung 71, Tangerang Selatan, 15310

ABSTRAK

STUDI PERSYARATAN DESAIN SISTEM PERPIPAAN DI AREA POMPA UNTUK BASIC DESIGN PABRIK YELLOW CAKE DARI URANIUM HASIL SAMPING PABRIK ASAM FOSFAT. Telah dilakukan kegiatan basic design sistem mekanik pabrik yellow cake dari uranium hasil samping pabrik asam fosfat, salah satu bagian dari kegiatan adalah membuat routing sistem perpipaan di sekitar area pompa. Fungsi dari pipa di area pompa adalah untuk menyediakan saluran untuk aliran cairan ke dan dari pompa, tanpa merugikan kinerja atau keandalan pompa. Namun, banyak kinerja pompa dan masalah reliabilitas disebabkan atau diperburuk oleh sistem perpipaan yang tidak memadai. Tujuan dari persyaratan desain adalah untuk meningkatkan efisiensi dan memenuhi standar desain yang relevan dengan pompa dengan memberikan konsep dasar yang diperlukan untuk desain perpipaan. Dengan adanya persyaratan desain ini diharapkan sistem perpipaan dapat didesain dan direkayasa dengan efisien sehingga pabrik yellow cake dapat beroperasi dengan performa tinggi dan handal serta mempunyai nilai ekonomis tinggi.

Kata kunci: Persyaratan Desain, Pompa, Sistem mekanik, Uranium, Pabrik asam fosfat.

ABSTRACT

PIPING SYSTEM DESIGN REQUIREMENTS STUDY IN THE AREA OF PUMPS FOR BASIC DESIGN OF PLANT YELLOW CAKE FROM URANIUM BYPRODUCT OF PHOSPHORIC ACID PLANT. Activities basic design of mechanical systems plant yellow cake uranium byproduct of phosphoric acid plant has been done, one part of the activity is to make the routing system piping that surroundings pump area. Function of the pipe in the area of the pump is to provide a conduit for the flow of fluid into and out of the pump, without adversely affecting the performance or reliability of the pump. However a lot of pump performance and reliability problems caused or exacerbated by inadequate piping system. The purpose of the design requirements was to improve efficiency and meet the design standards that are relevant to the pump by providing the basic concepts necessary for the design of piping. With the requirements of piping system design is expected to be designed and engineered to efficiently so yellow cake plant can operate with high-performance and reliable and have high economic value.

Keywords: Design Requirements, Pump, Mechanical System, Uranium, Phosphoric acid plant.



1. PENDAHULUAN

Pabrik *yellow cake* dari uranium hasil samping pabrik asam fosfat merupakan suatu fasilitas nuklir yang mempunyai fungsi untuk memisahkan uranium yang terkandung di dalam asam fosfat. Asam fosfat yang dihasilkan oleh pabrik petrokimia ternyata masih mengandung uranium yang dapat diambil kembali dengan proses ekstraksi. Uranium hasil pemurnian asam fosfat kemudian diolah menjadi *yellow cake* yang digunakan sebagai bahan bakar nuklir. Untuk merealisasikan pabrik *yellow cake* dibutuhkan tahap perancangan sebelum tahap konstruksi.

Proses pabrik *yellow cake* pada tahap perlakuan awal dilakukan proses pendinginan, pemisahan dari senyawa-senyawa padat, proses klarifikasi dan proses filtrasi. Kemudian Asam fosfat yang sudah bersih masuk ke dalam siklus pertama proses ekstraksi untuk pengambilan uranium dengan pelarut organik D2EHPA-TOPO. Uranium dalam fase organik kemudian di stripping kembali dengan asam fosfat (35%) P₂O₅ yang sebelumnya telah direduksi dengan serbuk besi. Asam yang dilucuti (strip) kemudian dioksidasi dan uranium diekstraksi kembali dengan mengontakkan kembali dengan pelarut D2EHPA-TOPO dalam siklus kedua proses ekstraksi. Larutan ammonium karbonat dipakai untuk melucuti uranium dari siklus kedua pelarut. Uranium kemudian dapat diendapkan dari larutan membentuk ammonium uranil tri karbonat (AUT). Uranium padat dicuci, disentrifuge dan dikalsinasi untuk menghasilkan produk akhir *yellow cake*.

Di dalam dunia industri, pompa memegang peranan yang sangat penting, dimana pompa digunakan untuk memindahkan fluida dari suatu tempat ke tempat lainnya. Penggunaan dan pemilihan jenis pompa disesuaikan dengan kebutuhan yang diperlukan. Untuk pemipaan pompa persyaratan tata letak pompa secara umum adalah Jika memungkinkan memasang jalur *suction* minimum dan lurus terhadap jalur sumber *suction* sehingga bisa meminimalkan penurunan tekanan pada jalur *suction* (hisap) dan mencegah terjadinya kavitasi, pertimbangan untuk pemasangan dan pembongkaran pompa dan motor, harus dapat dilakukan pada tempat yang nyaman untuk pemeliharaan dan letak pompa harus di tempat yang mudah untuk akses selama operasi.

Persyaratan desain diperlukan dalam kegiatan rekayasa untuk menentukan, memilih dan menerapkan sistem pompa dan instalasi pemipaan dalam suatu sistem. Dengan demikian efisiensi dan kinerja sistem meningkat (optimal), dan kemudian menetapkan standar untuk desain pompa dan pemipaan sesuai dengan prosedur yang berlaku pada suatu pabrik kimia yang dirancang dengan memberikan konsep dasar yang diperlukan.



2. TEORI

Pompa adalah suatu mesin yang menambahkan energi ke cairan dengan tujuan untuk meningkatkan tekanannya atau memindahkan cairan tersebut melalui pipa. Secara umum pompa mempunyai dua nosel utama, yaitu *suction* dan *discharge*.

Pompa dapat diklasifikasikan berdasarkan struktur dan metode operasi seperti pada tabel berikut:

Tabel 1. Klasifikasi pompa berdasarkan struktur dan metode operasi

Tipe	Klasifikasi struktur	Klasifikasi metode operasi	Spesifikasi
Positive displacement pump	Reciprocating pump	<ul style="list-style-type: none"> - Pompa piston - Pompa plunyer - Pompa diafragma 	Jenis pompa ini menghisap fluida melalui gerakan <i>reciprocating</i> piston atau plunyer, dan mengeluarkan fluida dengan cara memberi tekanan sesuai jumlah yang dibutuhkan. Hal ini digunakan bila tekanan tinggi diperlukan meskipun jumlah debit keluaran kecil.
	Pompa rotari	<ul style="list-style-type: none"> - Pompa gear - Pompa ulir - Pompa vane (baling-baling) 	Jenis pompa ini menghisap fluida cairan melalui gerakan rotasi rotor, dan memiliki keuntungan karena getaran operasi sedikit/kecil.
Pompa kinetik	Pompa sentrifugal	<ul style="list-style-type: none"> - Radial pump - Volute pump - Mixed flow pump - Axial flow pump 	Jenis pompa ini mentransfer energi ke fluida melalui gaya sentrifugal rotasi impeller atau melalui perubahan ukuran dan arah luas penampangnya, dan mengubah energi kecepatan menjadi energi tekan dalam ruang <i>volute</i> atau <i>diffuser</i> .
	Pompa khusus	<ul style="list-style-type: none"> - Jet pump - Gas lift pump - Wesco pump 	Jenis pompa ini memiliki efisiensi rendah dan jarang digunakan, kecuali untuk tujuan khusus.

Net Positive Suction Head (NPSH) adalah *head* yang tersedia di mata *impeller* yang nilainya harus lebih besar dari NPSH minimum yang dibutuhkan oleh pompa pada suatu laju alir tertentu. Untuk permukaan fluida (yang akan dipindahkan) lebih tinggi dari *centerline* pompa dapat dijabarkan persamaan matematika sederhana pada daerah antara tangki dengan *suction* pompa, yaitu : $P_{atm} + \text{Beda tinggi permukaan di tangki}$



terhadap centerline pompa – hilang tekan atau pressure drop sepanjang pipa *suction* (termasuk di *fitting*-nya) – tekanan uap fluida. Persamaan ini dikenal sebagai NPSH tersedia (*NPSH available*).

Besaran *NPSH available* haruslah lebih besar dari NPSH yang dibutuhkan pompa guna menghindari fenomena yang disebut sebagai kavitasi. Kavitasi adalah peristiwa di mana tekanan di sekitar mata impeller menjadi rendah sedemikian rupa sehingga dapat membuat fluida di sekitar daerah tersebut mulai menguap dengan membentuk gelembung. Gelembung ini dapat menerpa impeller sehingga bisa merusaknya. Lebih jauh, kavitasi dapat menyebabkan vibrasi serta kerusakan *bearing*. *NPSH available* harus lebih besar dari NPSH yang dibutuhkan pompa (*NPSH required*) dikarenakan *NPSH required* akan naik seiring dengan naiknya laju alir fluida yang dipompakan, serta untuk mengkompensasi penurunan tekanan yang tak menentu (*uncertainty pressure drop*) di pipa *suction* beserta *fitting*-nya. Hal tersebut, dapat menjadi kritis, terutama ketika pertama kali pompa dioperasikan dengan katub di keluaran pompa dibuka penuh.

Ketika merancang *NPSH available*, perlu diperhatikan pemilihan *NPSH required* pada kondisi kasus terburuk, karena jika bedanya terlalu dekat, maka jika pada suatu saat laju alir fluida diperlukan untuk dinaikkan, bisa jadi pompa akan mengalami kavitasi.

Untuk kasus *centerline* pompa lebih tinggi dari permukaan fluida yang akan dipindahkan, bagian *suction* pompa ada di bawah pompa, persamaannya menjadi :
 P_{atm} (-) beda tinggi permukaan fluida di tangki terhadap centerline pompa – hilang tekan atau *pressure drop* sepanjang pipa *suction* (termasuk di *fitting*-nya) – tekanan uap fluida. Pada kasus ini, harga *NPSH available* akan turun. Karena itu desain pompa harus mempunyai harga *NPSH required relative* lebih kecil terhadap pompa.

Pump Differential Head

$$H = (P_d - P_s) \frac{10}{Sp.Gr} \quad (1)$$

dengan

H : Head (m)

P_s : Tekanan pada *suction* pompa (kg/cm²)

P_d : Tekanan pada *discharge* pompa (kg/cm²)

$Sp.Gr$: *Specific Gravity* pada suhu pemompaan.



NPSH yang dibutuhkan pompa (*NPSH Required*)

$$NPSHr = \sigma \times H \quad (2)$$

dengan

H : Diferensial head dari pompa (*Pump differential head*)

σ : Koefisien Kavitasi Thoma (*Thoma Cavitation Coefficient*)

NPSH Tersedia (*NPSH Available*)

$$NPSHa = (P_s - P_v) \frac{10}{Sp.Gr} - \Delta P + H \quad (3)$$

Keterangan :

P_s : Tekanan di level *suction* cairan (kg/cm^2)

P_v : Tekanan uap pada suhu *suction* (kg/cm^2)

ΔP : *Pressure drop* pada jalur *suction* (kg/cm^2)

H : Jarak antara *level liquid normal* dan porostengah pompa (m)

3. METODE PERSYARATAN DESAIN

Persyaratan desain ini akan digunakan sebagai referensi untuk melaksanakan desain pipa di area pompa untuk kegiatan *Basic Design Pabrik Yellow Cake Dari Uranium Hasil Samping Pabrik Asam Fosfat Kapasitas 60 Ton U3O8/Tahun*.

Dalam rangka mendesain sistem perpipaan di area pompa maka diperlukan beberapa hal mengenai persyaratan desain yang mengacu pada standar API 610 yaitu kriteria untuk menentukan tata letak pompa, sistem perpipaan di area sekitar pompa, sistem penyokong pipa di area sekitar pompa.

Kriteria untuk menentukan tata letak pompa meliputi persyaratan kebutuhan desain, pengaturan pompa, penataan ruang pompa dan tinggi pondasi serta tidak melupakan faktor keselamatan terhadap operator maupun area kerja .

Dalam mendesain sistem perpipaan di area sekitar pompa dibagi menjadi beberapa hal yaitu pengaturan perpipaan sesuai desain umum, pertimbangan utama yang meliputi hilang tekanan, gaya luar pada nosel pompa, kavitasi, kantong udara pada *suction line*, dan metode instalasi *strainer*.

Sedangkan pertimbangan-pertimbangan yang diambil dalam mendesain sistem penyokong pipa di area sekitar pompa adalah eksentrisitas pompa, posisi penyokong pipa di dekat *suction* atau *discharge* nosel, dan beban pada nosel pompa.



Setelah persyaratan desain sistem perpipaan di area pompa sudah ditentukan maka langkah selanjutnya adalah membuat desain *routing* sistem perpipaan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penjabaran di bab III metode persyaratan desain disebutkan ada beberapa hal mengenai persyaratan desain yaitu kriteria untuk menentukan tata letak pompa, sistem perpipaan di area sekitar pompa, sistem penyokong pipa di area sekitar pompa.

Kriteria untuk menentukan tata letak pompa meliputi beberapa hal yaitu persyaratan kebutuhan desain meliputi jarak *suction line* harus sependek mungkin dan lurus terhadap pompa sehingga meminimalisir *pressure drop* dan menahan terjadinya kavitasi, pemasangan dan pembongkaran pompa dan motor harus diperhitungkan ruangnya untuk kemudahan perawatan, posisi pemasangan pompa harus mudah dijangkau pada saat operasi, Instalasi pompa harus seimbang dengan tata letak *equipment* keseluruhan. Selanjutnya adalah pengaturan pompa, nosel discharge pompa harus mempunyai pipa yang distandarisasi dan tersusun tertib, penyokong yang nyaman, operasi dan kendali yang mudah. Pada pondasi pompa bagian belakang, konstruksi kabel pit harus mudah serta motor pompa, switch, dan instrumen tersusun rapi. Pada pondasi bagian depan harus ada ruang untuk perawatan pompa dan susunan poros tengah pompa harus disesuaikan dengan instalasi dan perawatan. Penataan dimensi ruang pompa ditentukan setelah tinjauan perpipaan dan tinggi pondasi 100-300 mm dari tanah.

Sistem perpipaan di area sekitar pompa dapat mengacu pada pengaturan desain umum sebagai berikut: pertimbangan hilang tekanan, gaya luar pada nosel pompa, kavitasi, kantong udara pada *suction line*, dan pertimbangan lainnya.

Pertimbangan hilang tekanan harus diminimalisir dengan cara *suction line* harus *simple* dan sependek mungkin, memakai *long radius elbow*, memasang *gate valve* dan *check valve* jika pipa *discharge* lebih besar dari nosel.

Pertimbangan gaya luar pada nosel dapat dijelaskan sebagai berikut: pipa harus didesain untuk menghindari beban berlebih, mengaplikasikan beban yang diijinkan oleh API 610, menghindari ekspansi panas dengan cara menyerapnya dengan *routing* pipa, memasang penyokong, dan memasang sambungan ekspansi, memeriksa *routing* pipa dengan mempertimbangkan perbedaan suhu perpipaan karena operasi jika pompa dalam keadaan *stand-by*.

Pertimbangan karena adanya kavitasi perlu dipikirkan. Kavitasi terjadi ketika NPSHr lebih besar dari NPSHa. Kavitasi mengurangi kinerja pompa, menyebabkan getaran atau kebisingan dan perkaratan bahan. Oleh karena itu, minimalkan kerugian tekanan pada



perpipaan pompa dan, perawatan harus diambil untuk menghindari *drifting* pada nosel dan diperlukan pipa lurus minimum pada nosel *suction* untuk mencegah *drifting*.

Pertimbangan kantong udara pada *suction line* meliputi hal-hal berikut: kemiringan *slope* yang diperbolehkan sekitar $1/20 \sim 1/50$ pada *suction line* menuju sumber *suction* jika sumber *suction* lebih rendah dari nosel *suction* pompa, kemiringan *slope* $1/20$ atau lebih diperbolehkan untuk jalur *suction* menuju pompa pada menara vakum, memasang *reducer eccentric* dengan bagian atas datar (*top flat*) pada nosel *suction*, Jika *gate valve* akan dipasang pada jalur yang sumber jalur *suction*-nya berada lebih rendah dari nosel *suction* pompa, maka *valve stem* harus horizontal.

Pertimbangan lainnya yang perlu diperhatikan adalah Jalur *by-pass* yang dipasang pada jalur *discharge* pompa harus dipasang pada saluran tanpa kantong, pemipaan *suction* pompa dari tangki penyimpanan harus dipertimbangkan agar nosel *suction* pompa harus tidak lebih tinggi dari nosel keluaran tangki, menghindari pemasangan jalur pemasok bahan kimia atau air berdekatan dengan nosel *suction* reservoir agar udara tidak tersedot masuk.

Persyaratan desain sistem penyokong pipa di area sekitar pompa dapat dijelaskan sebagai berikut: penyokong harus dipasang agar pipa dan *valve* tidak membebani nosel pompa, *suction line* dan *discharge line* harus disokong dengan sebaik mungkin, penyokong yang dipasang di dekat nosel *suction* atau *discharge* harus dapat diatur dengan mudah dan cepat agar dapat dilakukan *centering* dengan baik.

5. KESIMPULAN

Pompa adalah suatu mesin yang menambahkan energi ke cairan dengan tujuan untuk meningkatkan tekanannya atau memindahkan cairan tersebut melalui pipa. Kegiatan desain sistem perpipaan di area sekitar pompa membutuhkan beberapa hal yang harus diperhatikan.

Net Positive Suction Head (NPSH) adalah *head* yang tersedia di mata *impeller* yang nilainya harus lebih besar dari NPSH minimum yang dibutuhkan oleh pompa pada suatu laju alir tertentu. Besaran NPSH *available* haruslah lebih besar dari NPSH yang dibutuhkan pompa guna menghindari fenomena yang disebut sebagai kavitasi. Kavitasi adalah peristiwa di mana tekanan di sekitar mata *impeller* menjadi rendah sedemikian rupa sehingga dapat membuat fluida di sekitar daerah tersebut mulai menguap dengan membentuk gelembung. Gelembung ini dapat menerpa *impeller* sehingga bisa merusaknya.



Sistem perpipaan di area sekitar pompa dapat mengacu pada pengaturan desain umum sebagai berikut: pertimbangan hilang tekanan, gaya luar pada nosel pompa, kavitasi, kantong udara pada *suction line*, dan pertimbangan lainnya.

Pertimbangan karena adanya kavitasi perlu dipikirkan. Kavitasi terjadi ketika NPSHr lebih besar dari NPSHa.

Meskipun sering tidak diberikan perhatian yang layak, desain dari sistem perpipaan yang melekat pada pompa dapat sangat mempengaruhi kinerja dan kehandalan pompa. Namun, sebagian besar literatur yang diterbitkan saat ini hanya memberikan pedoman umum saja atau terbatas dalam satu lingkup. Standar pipa pompa baru yang dikembangkan oleh ISO / HI *Pump Piping Work Group* perlu dikaji lebih lanjut.

6. DAFTAR PUSTAKA

1. Samsung Engineering, "Design Manual SEM-3074E" rev 4, 2006.
2. PRPN, "Piping Design Criteria", 2012.
3. ANSI/API STANDARD 610, "Centrifugal Pumps for Petroleum, Petrochemical and Natural Gas Industries", Eleventh Edition, September 2010.