



## DESAIN PERHITUNGAN UKURAN PIPA NOMINAL UNTUK TRANSPORTASI FLUIDA PABRIK KONVERSI $UF_6$ MENJADI $UO_2$ MELALUI JALUR AUK DAN JKT KAPASITAS 710 TON/TAHUN

Bambang G. Susanto, Hyundianto AG, Krismawan, Abdul Jami, Marliyadi P.

PRPN BATAN, Kawasan PUSPIPEK, Gedung 71, Tangerang Selatan, 15310

### ABSTRAK

PERHITUNGAN UKURAN PIPA NOMINAL UNTUK TRANSPORTASI FLUIDA PABRIK KONVERSI  $UF_6$  MENJADI  $UO_2$  MELALUI JALUR AUK DAN JKT KAPASITAS 710 TON/TAHUN. Telah dilakukan perhitungan diameter pipa untuk memindahkan fluida dalam pabrik konversi  $UF_6$  menjadi  $UO_2$  melalui jalur AUK dan JKT kapasitas 710 ton/tahun. Dari hasil perhitungan disimpulkan bahwa pada jalur konversi ammonium uranyl karbonat ukuran pipa nominal yang akan dipakai adalah 3,5 inchi, 2,5 inchi, 0,75 inchi, 0,5 inchi, 3/8 inchi dan 0,25 inchi. Untuk konversi melalui jalur kering terpadu diperoleh hasil perhitungan ukuran pipa nominal 3,5 inchi; 2,5 inchi; 2 inchi; 1,25 inchi; 1,0 inchi; 0,75 inchi; 0,25 inchi dan 3/8 inchi. Seluruh pipa yang telah dihitung diameter nominalnya menggunakan nomor schedule 40 paduan bahan pipa dipilih SS 316 L untuk jalur konversi AUK. Bahan pipa jalur JKT dipilih paduan SS 316 L untuk yang kontak dengan gas  $UF_6$  dan paduan nikel 200 atau monel 400 untuk yang kontak dengan gas/cairan HF.

*Kata Kunci: ukuran pipa nominal,  $UF_6$ ,  $UO_2$ , AUK, JKT*

### ABSTRACT

NOMINAL PIPE SIZE CALCULATION TO TRANSPORT THE FLUID OF  $UF_6$  to  $UO_2$  CONVERSION PLANT THROUGH AMMONIUM URANYL CARBONATE ROUTE AND INTEGRATED DRY ROUTE. The nominal pipe size calculation to move the fluid in the conversion plant  $UF_6$  to  $UO_2$  through ammonium uranyl carbonate route and integrated dry route has been conducted. From the calculation results are concluded that the conversion through the ammonium uranyl carbonate route the nominal pipe sizes to be used are 3.5 inches, 2.5 inches, 0.75 inches, 0.5 inches, 3/8 inches and 0.25 inches. For the conversion through the integrated dry route the nominal pipe size to be used are 3.5 inches, 2.5 inches; 2.0 inches; 1.25 inches, 1.0 inches; 0.75 inches; 0.25 inches and 3/8 inches. All the nominal pipe size calculations the schedule number 40 pipe are used, and material SS 316 L is selected for AUC conversion route. For Integrated Dry Route SS 316 L is selected for direct contact fluid  $UF_6$  gas and nickel alloy 200 or monel 400 for piping indirect contact to HF liquid and or gas.

Key words: nominal pipe size,  $UF_6$ ,  $UO_2$ , AUK, JKT

## 1. PENDAHULUAN

Rancangan sistem pipa merupakan rancangan yang menggabungkan semua disiplin keteknikan seperti teknik kimia, teknik mesin, teknik sipil, teknik instrumentasi dan kendali, serta teknik listrik. Rancangan proses dari pipa adalah keseimbangan diantara ukuran atau diameter pipa dan penurunan tekanan dalam pipa. Untuk sesuatu kecepatan



alir fluida kalau ukuran pipa lebih besar dipilih maka ia akan memberikan penurunan tekanan lebih kecil. Ukuran pipa lebih besar menaikkan biaya tetap dari pipa dan penurunan tekanan lebih kecil berarti konsumsi tenaga yang diperlukan lebih kecil atau biaya operasi pipa lebih kecil. Penurunan tekanan lebih kecil dalam pipa dapat mereduksi ukuran peralatan yang bergerak seperti pompa dan karenanya dapat mereduksi biaya tetap dari pompa. Oleh karena itu biaya modal dari pipa akan naik dengan naiknya diameter pipa, sementara biaya pemompaan atau biaya kompresi menurun dengan naiknya diameter. Idealnya seseorang harus mencari ukuran pipa yang memberikan jumlah amortisasi biaya modal ditambah biaya operasi yang minimum atau dengan kata lain harus dicapai ukuran pipa yang optimum<sup>(1)</sup>.

Pemilihan sistem perpipaan merupakan aspek penting dalam perancangan yang berkaitan dengan sistem proses yang mengkonsumsi energi. Masalah seleksi seperti bahan pipa, konfigurasi, diameter dan isolasi, memiliki dampak pada konsumsi energi secara keseluruhan dari sistem<sup>(2)</sup>

Pusat Rekayasa Perangkat Nuklir (PRPN) – BATAN saat ini sedang menyelesaikan laporan tahun ke 2 tahapan *basic* desain pabrik elemen bakar nuklir tipe PWR 1000 MWE untuk PLTN di Indonesia. Pada tahapan ini dilakukan penyiapan isometrik pipa, perhitungan diameter pipa nominal pabrik konversi gas UF<sub>6</sub> menjadi serbuk UO<sub>2</sub> baik melalui jalur ammonium uranyl karbonat (AUK) dan jalur kering terintegrasi (JKT).

Teknologi proses konversi UF<sub>6</sub> menjadi UO<sub>2</sub> yang banyak ditemukan di industri nuklir biasanya melalui tiga macam proses yaitu<sup>(3,4,5)</sup>:

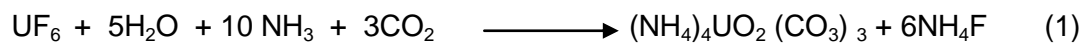
1. Gas UF<sub>6</sub> diendapkan menjadi Ammonium Uranil Karbonat (AUK) dengan tambahan CO<sub>2</sub> dan NH<sub>3</sub>. Jalur proses ini disebut dengan jalur AUK
2. Gas UF<sub>6</sub> dihidrolisa dengan larutan air dan ammonia untuk diendapkan menjadi Ammonium diuranat (ADU). Jalur proses ini disebut dengan jalur ADU
3. Gas UF<sub>6</sub> dihidrolisa dan direduksi menggunakan uap dan gas hydrogen dan disebut sebagai proses jalur kering terintegrasi (*Integrated Dry Route/IDR*)

Dari ketiga cara tersebut hanya cara (1) dan (3) yang menjadi prioritas utama, sedangkan jalur ADU tidak dipilih karena serbuk UO<sub>2</sub> yang dihasilkan tidak memenuhi tingkat keramik dan memerlukan perlakuan tambahan.

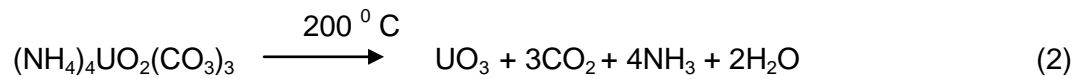
Bila digunakan cara (1), maka salah satu proses kimia untuk merubah gas UF<sub>6</sub> menjadi UO<sub>2</sub> melalui tahapan reaksi sbb:



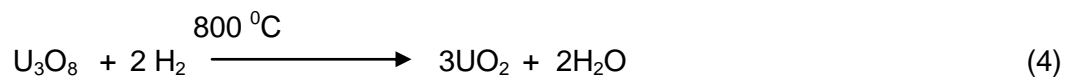
1. Reaksi pengendapan gas UF<sub>6</sub> menjadi Ammonium Uranil karbonat ( AUK) :



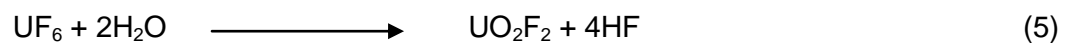
2. Reaksi kalsinasi untuk merubah AUK menjadi serbuk U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>:



3. Reaksi Reduksi Untuk Merubah U<sub>3</sub>O<sub>8</sub> Menjadi UO<sub>2</sub>:



Proses secara kimia menjadi serbuk UO<sub>2</sub> yang memenuhi tingkat keramik (*ceramic grade*) dapat dilakukan melalui jalur kering terintegrasi (JTK) menurut reaksi sbb<sup>(3,4,5)</sup>:



Serbuk uranil fluoride (UO<sub>2</sub>F<sub>2</sub>) hasil *hydrolysis* selanjutnya dikonversi menjadi UO<sub>2</sub> dengan mengalirkan gas H<sub>2</sub> dan uap air sesuai dengan reaksi sbb:



Proses konversi melalui jalur JKT akan merubah gas UF<sub>6</sub> langsung menjadi UO<sub>2</sub>, dan dihasilkan limbah yang paling sedikit sehingga disebut proses yang ramah lingkungan<sup>(5)</sup>.

## 2. TEORI

Tujuan dari sistem distribusi fluida adalah untuk menyediakan fluida pada tekanan yang tepat pada tempat yang dituju. Oleh karena itu faktor penurunan tekanan sepanjang aliran pipa adalah sangat penting dan ditentukan oleh kecepatan alir, luas permukaan pipa, kekentalan fluida dan sifat-sifat fisis lainnya<sup>(6)</sup>. Luas permukaan suatu pipa ditentukan oleh diameter dalam pipa menurut persamaan sbb<sup>(1,2,6)</sup>:

$$A = \frac{1}{4} \times \pi \times (0.001 \times ID)^2 \quad (8)$$



dengan :  $A$  = Luas permukaan pipa,  $m^2$   
 $ID$  = diameter dalam dari pipa, mm

Dari luas permukaan pipa, kecepatan alir fluida yang semula volumetrik ( $m^3/jam$ ) dirubah menjadi kecepatan alir linier ( $m/detik$ ), melalui hubungan persamaan sbb<sup>(1,2,6)</sup>:

$$v = \frac{Q}{3600 \times A} \quad (9)$$

dengan:  $v$  = kecepatan alir linier fluida ( $m/detik$ )  
 $Q$  = debit fluida ( $m^3/jam$ )  
 $A$  = luas permukaan pipa ( $m^2$ )

Untuk menghitung kekasaran dari pipa ( $\epsilon / D$ ) terlebih dahulu mencari harga bilangan Reynold ( $Re$ ) dari aliran fluida apakah aliran itu laminar atau turbulen. Bilangan Reynold dituliskan sbb<sup>(1,2,6)</sup>:

$$Re = \frac{\rho \times ID \times v}{\mu} \quad (10)$$

dengan:  $Re$  = Bilangan Reynold ( tak berdimensi)  
 $\rho$  = densitas fluida ( $kg/m^3$ )  
 $ID$  = Diameter dalam pipa, mm  
 $V$  = kecepatan fluida terhitung ( $m/detik$ )  
 $\eta$  = kekentalan fluida (cp)

Bila bilangan Reynold ( $Re$ ) > 2000, maka faktor friksi dapat dihitung dengan cara iterasi dari rumus Fanning sbb<sup>(1,2,6,7)</sup>:

$$\frac{1}{\sqrt{f_m}} = -4 \log \left[ \frac{\epsilon}{3.7D} + \frac{1.26}{Re \sqrt{f_m}} \right] \quad (11)$$

dengan:  $f_m$  = faktor friksi Fanning ( tak berdimensi)  
 $\epsilon$  = kekasaran dari pipa, mm  
 $D$  = diameter dalam pipa, mm



Bila bilangan Reynold ( $Re$ ) < 2000 (laminar), maka faktor friksi dihitung dengan

rumus sbb:

$$f_m = \frac{16}{Re} \quad (12)$$

Kekasaran pipa sangat bergantung dari jenis material pipanya seperti ditunjukkan dalam Tabel 1 dibawah ini<sup>(1,2,6,7)</sup>:

Tabel 1: Kekasaran Pipa berdasarkan Jenis material pipa

Material Pipa	Kekasaran $\varepsilon$ , mm
1. Drawn tubing (brass lead, glass)	0.001524
2. Commercial steel / wrought iron	0.04572
3. Asphalted cast iron	0.12192
4. Galvanized iron	0.1524
5. Cast iron	0.25908
6. Wood stave	0.1829 - 0.9144
7. Concrete	0.3048 - 3.048
8. Riveted steel	0.9144 - 9.144
9. Rubber lined (dirty case)	0.2926
10. Rubber lined (clean case)	0.097536

Penurunan tekanan per 100 m panjang pipa dapat dihitung melalui persamaan 13

$$\Delta P = 0.02 \times f_m \times \frac{L}{D} \times \rho \times v^2 \quad (13)$$

dengan :  $\Delta P$  = Penurunan tekanan ,  $\text{kg/cm}^2/100 \text{ m}$

$F_m$  = Faktor friksi Fanning

$L$  = panjang pipa lurus per 100 m

$D$  = diameter dalam pipa, mm

$\rho$  = densitas fluida,  $\text{kg/m}^3$

$v$  = kecepatan linier fluida, m/detik.

Di pasaran Internasional standar pipa tersedia dengan berbagai nomor *schedule* seperti misalnya : 5; 10; 20; 30; 40; 60; 80; 100; 120; 140 dan 160<sup>(7,8)</sup>. Untuk pipa baja karbon tersedia *schedule* mulai dari 40 sampai 150, tapi untuk pipa baja tahan karat *schedule* 10 dipakai untuk berbagai keperluan. Ketebalan dari standar pipa akan naik dengan naiknya



nomor schedule. Ukuran pipa nominal biasa disebut dengan NPS (*nominal pipe size*). Untuk pipa dengan ukuran antara 1/8 sampai 12 inchi mempunyai nilai NPS dan diameter luar (*out side diameter*) yang berbeda. Sebagai contoh untuk pipa dengan NPS 12 inchi akan mempunyai diameter luar pipa 12,75 inchi. Tetapi untuk ukuran pipa diatas 14 inchi maka nilai NPS akan sama dengan nilai diameter luar pipa, misalnya NPS untuk pipa 14 inchi akan mempunyai diameter luar pipa 14 inchi<sup>(1,2,8)</sup>.

#### 4. CARA PERHITUNGAN

Semua sistem proses yang ada di pabrik *yellow cake* ini dihubungkan dengan pipa proses untuk memindahkan sejumlah fluida tertentu dari suatu alat proses ke alat proses lainnya. Seluruh pipa tersebut harus dirancang dan dihitung sedemikian rupa agar diperoleh diameter nominal dan material pipa sesuai dengan beban aliran (debit), penurunan tekanan didalam pipa itu. Untuk memperoleh hasil yang maksimal maka cara perhitungan diameter pipa yang ada dalam sistem proses produksi *yellow cake* dilakukan menurut tahapan perhitungan sbb:

- Menentukan kondisi process seperti : suhu ( $T^{\circ}\text{C}$ ), Tekanan absolut (bar), densitas fluida ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ), kekentalan (cp), kecepatan alir ( $\text{m}^3/\text{jam}$ ). Parameter tersebut dipakai untuk menghitung bilangan Reynold, friksi dalam pipa, dan penurunan tekanan ( $\Delta P$ )
- Menentukan standard pipa yang akan digunakan: ANSI atau JIS. Lalu tentukan *Schedule* pipa dan kekasarannya (tergantung jenis materialnya) untuk menentukan luas permukaan pipa (A). Standar Pipa dapat dilihat di standard ANSI atau JIS.
- Menghitung luas permukaan pipa dengan menggunakan rumus (1), kecepatan linier fluida dengan rumus (2), bilangan Re dengan rumus (3), dan faktor friksi fanning dengan rumus (4) seperti dalam teori diatas.
- Menghitung penurunan tekanan dalam pipa untuk per 100 m panjang pipa dengan menggunakan faktor friksi Fanning dari rumus (6).
- Perhitungan serentak untuk menentukan ukuran pipa nominal yang dihitung dilakukan oleh *spread sheet Excel*, dan hasilnya dibandingkan dengan kriteria kecepatan alir liner dan penurunan tekanan ( $\Delta P$ ) sbb:
  - a. Bila kecepatan alir fluida dalam pipa  $\leq 3\text{m}/\text{detik}$
  - b. Bila penurunan tekanan dalam pipa  $\leq 2 \text{ kg}/\text{cm}^2/100 \text{ m}$



Ukuran nominal pipa yang dipilih adalah ukuran pipa nominal yang memenuhi syarat kecepatan alir dan penurunan tekanan fluida seperti diatas, dan schedule pipa Nomor 40 dipilih karena ukurannya sesuai dengan standar dan berlaku umum.

#### 4. HASIL PERHITUNGAN DAN PEMBAHASAN

##### 4.1 Perhitungan Diameter Pipa Untuk Jalur AUK

Dari hasil perhitungan ukuran pipa nominal untuk jalur konversi AUK ditunjukkan dalam Tabel 2. Dari Tabel tersebut nampak bahwa ukuran pipa nominal hasil perhitungan diperoleh antara diameter 3,5 inchi, 2,5 inchi, 0,75 inchi, 0,5 inchi dan 0,25 inchi. Diameter tersebut sesuai dengan kriteria kecepatan linier dan penurunan tekanan ( $\Delta P$ ) yang telah ditetapkan. Diameter pipa nominal 3,5 inchi akan dipakai untuk sistem transportasi fluida dari Tangki Penguap gas UF<sub>6</sub> menuju ke reaktor gelembung. Diameter pipa nominal antara 2,5 inchi akan dipakai untuk mengangkur fluida dari Scrubber ke Popma P-09 dan ke Tangki limbah.. Sementara diameter pipa nominal 0,5 inchi akan dipergunakan untuk memindahkan fluida dari Settling tank ke tangki limbah; dari settling tank ke pompa P-08; dari pompa P-05 ; ke washing tank; dari washing tank ke tangki limbah dan ke pompa P-07 ke *homogenizer* dan ke pompa P-06; dari pompa P-06 ke *spray dryer*; dan dari *spray dryer* ke reaktor kalsinasi. Semua pipa yang dipergunakan menggunakan nomor schedule 40 dengan bahan pipa yang tahan terhadap gas UF<sub>6</sub> yaitu SS 316L.

Tabel 2: Hasil Perhitungan Diameter Pipa Nominal Jalur AUK<sup>(9)</sup>

Aliran Fluida dari	Aliran Fluida ke	Kriteria Kecepatan Fluida (m/detik)	Kecep. Fluida Terhitung	Kriteria Penurunan Tekanan ( $\Delta P$ ), kg/cm <sup>2</sup> /100 m	$\Delta P$ Terhitung (kg/cm <sup>2</sup> /100 m)	NPS Terhitung inchi; Nomor Schedule
T Penguap UF <sub>6</sub>	R- Gelembung	3 m/detik	2,26	2,0	0.02	3,5;40
T-CO <sub>2</sub>	R- Gelembung	3 m/detik	0.59	2,0	0.63	3/8; 40
R- Gelembung	<i>Scrubber</i>	3 m/detik	0.31	2,0	0.32	0.25; 40
R-Gelemb	Pompa P-4	3 m/detik	1,23	2,0	1,19	¾; 40
Pompa P- 4	<i>Settling Tank</i>	3 m/detik	1,23	2,0	1.19	¾; 40



Setling Tank	Tangki Limbah	3 m/detik	1,23	2,0	1,71	0,5; 40
Setling Tank	Pompa P-08	3 m/detik	0,95	2,0	1,08	0,5; 40
Pompa P-05	Washing Tank	3 m/detik	0,95	2,0	1,08	0,5; 40
T- NH4OH	Washing Tank	3 m/detik	0,38	2,0	0,39	0,25; 40
Settling Tank	Washing Tank	3 m/detik	0,95	2,0	1,08	0,5; 40
Tangki NH4OH	Washing Tank	3 m/detik	0,69	2,0	1,85	0,25; 40
Washing Tank	Tangki Limbah	3 m/detik	0,84	2,0	0,86	0,50; 40
Washing Tank	Pompa P-07	3 m/detik	0,90	2,0	0,98	0,50; 40
Pompa P-07	Homogenizer	3 m/detik	0,90	2,0	0,98	0,50; 40
Homogenizer	Pompa P-06	3 m/detik	0,90	2,0	0,98	0,50; 40
Pompa P-06	Spra Dryer	3 m/detik	0,90	2,0	0,98	0,50; 40
Spray Dryer	Kalsinasi	3 m/detik	0,77	2,0	0,74	0,50; 40
Scrubber	Pompa P-09	3 m/detik	2,23	2,0	0,04	2,5 ; 40
Pompa P-09	Tangki Limbah	3 m/detik	2,23	2,0	0,04	2,5 ; 40

#### 4.2 Perhitungan Diameter Pipa Untuk Jalur JKT

Hasil perhitungan diameter pipa nominal untuk jalur kering terintegrasi dapat ditunjukkan dalam Tabel 3. Dari Tabel tersebut ditunjukkan bahwa diameter pipa nominal hasil perhitungan diperoleh antara diameter nominal pipa yang dipakai bervariasi mulai dari 3/8 inchi; 0,25 inchi ; 3/4 inchi; 1,0 inchi; 1,25 inchi ; 2 inchi; 2,5 inchi dn 3,5 inchi. Diameter nominal pipa 3,5 inchi akan digunakan untuk memindahkan fluida dari tangki penyedia gas N<sub>2</sub> ke Tangki Penguap gas UF<sub>6</sub>. Pipa dengan NPS 2 inchi akan dipergunakan untuk transportasi fluida dari Penyedia uap ke R-01. Pipa dengan NPS 2,5 in akan dipakai untuk transportasi fluida dari Tangki Penguap gas UF<sub>6</sub> ke HE-01; dari HE-01 ke R-01; dari R-01 ke HE-03; Dari HE-03 ke Kompresor; dari Kompresor ke HE-04. Pipa dengan NPS 1,25 inchi akan dipergunakan untuk memindahkan fluida dari S-01 ke Pompa P-02; dari pompa P-02 ke Tangki Limbah. Pipa dengan NPS 1,0 inchi akan dipasang untuk memindahkan fluida dari HE-04 ke S-01; . Pipa dengan NPS 0,25 in akan





dipasang untuk memindahkan fluida dari tangki penyedia air (H<sub>2</sub>O) ke pompa P-1 dan dari P-1 ke S-1. Pipa dengan NPS 3/8 inchi akan dipasang untuk memindahkan fluida dari R-01 ke HE-02. Sementara pipa dengan NPS terkecil 3/4 inchi akan dipasang untuk memindahkan fluida dari HE-02 ke penyedia H<sub>2</sub>. Semua Diameter pipa nominal tadi diambil dengan nomor schedule 40, bahan pipa dari SS 316 L, atau paduan nikel200/monel 400 untuk pipa yang kontak dengan gas HF.

Tabel 3: Hasil Perhitungan Diameter Pipa Nominal Jalur Kering Terintegrasi (JKT) <sup>(9)</sup>

Aliran Fluida dari	Aliran Fluida ke	Kriteria Kecepatan Fluida (m/detik)	Kecep. Fluida Terhitung	Kriteria Penurunan Tekanan (P, )	Δ P Terhitung ( kg/cm <sup>2</sup> /100 m	NPS Terhitung: No.Schedule
Supply N <sub>2</sub>	Tangki Penguap UF <sub>6</sub>	3 m/detik	2,26	2,0	0,02	3,5; 40
T Penguap UF <sub>6</sub>	HE-01	3 m/detik	2,86	2,0	0,05	2,5; 40
HE-01	R-01	3 m/detik	2,86	2,0	0,05	2,5; 40
R-01	HE-02	3 m/detik	2,90	2,0	1,22	3/8;40
HE-02	H <sub>2</sub> Supply	3 m/detik	2,90	2,0	1,22	3/4;40
Steam supply	R-01	3 m/detik	2,92	2,0	0,07	2; 40
R-01	HE-03	3 m/detik	2,87	2,0	0,05	2,5; 40
HE-03	Kompresor	3 m/detik	2,87	2,0	0,05	2,5; 40
Kompresor	HE-04	3 m/detik	2,87	2,0	0,05	2,5; 40
HE-04	S-01	3 m/detik	1,97	2,0	0,18	1,0; 40
S-01	Pompa P-2	3 m/detik	2,17	2,0	0,12	1,25; 40
Pompa P-2	T-Limbah	3 m/detik	2,17	2,0	0,12	1,25; 40
H <sub>2</sub> O	P-1	3 m/detik	0,10	2,0	0,08	0,25; 40
P-1	S-1	3 m/detik	0,10	2,0	0,08	0,25; 40

## 5. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari perhitungan diameter/ukuran pipa nominal untuk memindahkan fluida pabrik konversi gas UF<sub>6</sub> menjadi UO<sub>2</sub> diperkaya U235 sampai 5%, melalui jalur AUK dan JKT adalah sbb:

1. Pada jalur konversi gas UF<sub>6</sub> menjadi AUK diperoleh hasil perhitungan bahwa diameter/ukuran pipa nominal yang akan digunakan dalam kisaran 3,5 inchi, 2,5 inchi, 0,5 inchi, 0,75 inchi; dan 0,25 inchi dengan menggunakan nomor schedule 40.




2. Pada jalur kering terintegrasi untuk merubah gas  $UF_6$  menjadi serbuk  $UO_2$ , hasil perhitungan diameter pipa nominalnya bervariasi antar 3,5 inchi, 2,5 inchi, 2 inchi, 1,5 inchi, 1 inchi, 3/8 inchi dan 0,75 inchi dengan nomor schedule pipa masing-masing 40.
3. Seluruh pipa pada jalur AUK menggunakan bahan paduan SS316 L untuk pipa yang kontak langsung maupun yang tidak kontak langsung dengan gas  $UF_6$ .
4. Untuk pipa jalur JKT menggunakan paduan SS316 L untuk fluida yang kontak langsung dengan gas  $UF_6$ , dan paduan nikel 200 atau monel 400 untuk pipa yang kontak dengan gas HF

## 7. DAFTAR PUSTAKA

1. THAKORE S.B., BHATT B.I., Introduction To Process Engineering And Design, McGraw Hill Publishing Company Limited, 2007, New Delhi, pp 71-75.
2. ANONYM, "Best Practice Manual, Fluid Piping System", Devki Energy Consultancy Pvt. Ltd., 405, Ivory Terrace, R.C. Dutt Road, Vadodara – 390007, India 2006
3. SUSANTO, B.G. dkk, "Laporan Tim Pra Studi Kelayakan Pembangunan Pabrik Elemen Bakar Nuklir Tahun 2006", PTBN-BATAN, Serpong 2006.
4. SUSANTO, BG, dkk, "Pra Studi Kelayakan Pabrik Elemen Bakar Nuklir Tipe Pressurized Water Reactor (PWR) di Indonesia", Volume 1 dan 2, PTBN-BATAN, 5 Desember 2008.
5. ANONYM, Technical Report Series IAEA, No. 221, "Guidebook on Quality Control of Water Reactor Fuel", Vienna 1983.
6. ANONYM, "Pipe and Pipes Sizing, Module 10.2", SC-GCM-75 CM Issue 8, Copyright 2012 Spirax-Sarco Limited.
7. SUBRAMANIAN R.S., "Pipe Flow Calculation" Department of Chemical and Biomolecular Engineering Clarkson University.
8. ANONYM, ASME B31.3 Process Piping Guide Revision 2, 2009.
9. SUSANTO B.G., PRAYITNO, ABDUL JAMI, HAFNI L.N., PANCOKO M., "Draft Laporan Tahun ke 2, Desain Pabrik Elemen Bakar Nuklir Tipe PWR 1000 MWE untuk PLTN di Indonesia", 2012.



### LAMPIRAN 1: Contoh Hasil Perhitungan Diameter Pipa Nominal Jalur AUK

 PRPN-BATAN	DESAIN PABRIK ELEMEN BAHAN BAKAR TIPE PWR 1000 Mwe UNTUK PLTN DI INDONESIA	No	-
		Rev.	A
		Date	1-Jul-12
		Page	1 of

#### LIQUID PHASE LINE SIZING

**DESIGN CRITERIA**

Maximum Fluid Velocity	Vmax mps	3.00	(*)
------------------------	----------	------	-----

**LINE NUMBER** AUK-001

**FROM** TANGKI PENGUAP

**TO** REAKTOR GELEMBUNG

**P&ID NO.** 0

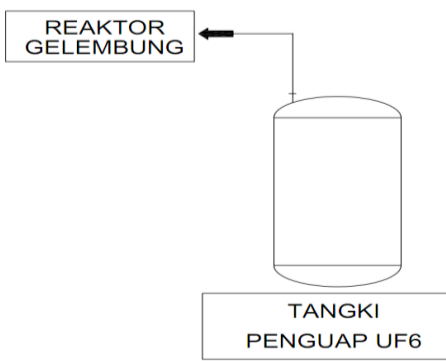
**DESIGN BASIS**

Maximum Liquid Rate	Q	M3/hr	24.13	(*)
Pressure	P	Kg/cm2	1.50	(*)
Temperature	T	°C	90.00	(*)
Liquid Density	$\rho$	Kg/m3	5	(*)
Liquid Viscosity	$\mu$	cP	2.00E+00	(*)
Liquid Specific Gravity			0.01	(*)

**CALCULATION**

O U T P U T								
CALCULATED NPS	ID	Velocity	$\Delta P$	MACH	VELOCITY RESULT	AP RESULT	MACH RESULT	TOTAL RESULT
		m/s	kg/cm <sup>2</sup> /100m					
3"	77.92	3.02	0.03	N/A	NOT OK	OK	N/A	NOT OK
3.1/2"	90.12	2.26	0.02	N/A	OK	OK	N/A	OK
4"	102.26	1.75	0.01	N/A	OK	OK	N/A	OK




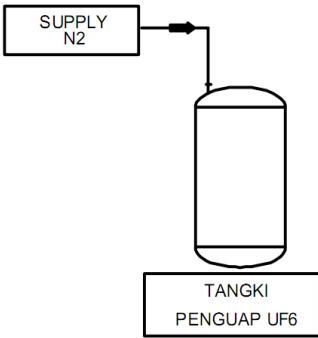
  

RESULT				
<b>SELECTED NPS</b>	inch	3,5		
<b>SCHEDULE</b>		40		

*Notes: (\*) Items must be specified*



**LAMPIRAN II**  
**Contoh Hasil Perhitungan Diameter Pipa Nominal Jalur JKT**

 PRPN-BATAN	DESAIN PABRIK ELEMEN BAHAN BAKAR TIPE PWR 1000 Mwe UNTUK PLTN DI INDONESIA	No	-					
		Rev.	A					
		Date	1-Jul-12					
		Page	1 of					
<b>LIQUID PHASE LINE SIZING</b>								
<b>DESIGN CRITERIA</b>								
Maximum Fluid Velocity	Vmax mps	3.00	(*)					
<b>LINE NUMBER</b>		<b>JKT-001</b>						
<b>FROM</b>		N2 SUPPLY						
<b>TO</b>		TANGKI PENGUAPAN UF6						
<b>P&amp;ID NO.</b>		0						
<b>DESIGN BASIS</b>								
Maximum Liquid Rate	Q M3/hr	24.13	(*)					
Pressure	P Kg/cm2	1.50	(*)					
Temperature	T °C	90.00	(*)					
Liquid Density	$\rho$ Kg/m3	5	(*)					
Liquid Viscosity	$\mu$ cP	2.00E+00	(*)					
Liquid Specific Gravity		0.01	(*)					
<b>CALCULATION</b>								
<b>O U T P U T</b>								
CALCULATED NPS	ID	Velocity	$\Delta P$	MACH	VELOCITY RESULT	$\Delta P$ RESULT	MACH RESULT	TOTAL RESULT
		m/s	kg/cm <sup>2</sup> /100m					
<b>3"</b>	77.92	<b>3.02</b>	0.03	N/A	<b>NOT OK</b>	OK	N/A	<b>NOT OK</b>
<b>3.1/2"</b>	90.12	2.26	0.02	N/A	OK	OK	N/A	OK
<b>4"</b>	102.26	1.75	0.01	N/A	OK	OK	N/A	OK
<div style="text-align: center;">  <p>SUPPLY N2 → TANGKI PENGUAPAN UF6</p> </div>								
<b>RESULT</b>								
<b>SELECTED NPS</b>	inch	<b>3,5</b>						
<b>SCHEDULE</b>		<b>40</b>						
<i>Notes: (*) Items must be specified</i>								



---

## TANYA JAWAB

### Pertanyaan

1. Untuk ukuran pipa diameter 3.5 “ apakah ada dipasaran, mengingat pipa diameter 3.5” susah/sulit dipasaran? (PUJI SANTOSO)
2. Hasil line sizing diperoleh NPS diameter pipa 0.25” s/d 3.5 “ padahal jalur pipa tersebut akan dipasang control valve, ukuran standart valve size minimal ½ “. Bagaimana dengan ukuran pipa yang diameternya kurang dari 0.25” s/d 3.5 “. Apakah akan mengikuti ukuran valve? ( HAFNI )

### Jawaban

1. Dari hasil kalkulasi, bila diameter pipa 3.5” tidak ada dipasaran, maka bisa diambil diameter pipa 4” atau 3” yang masih memenuhi kecepatan alir dan  $\Delta P$  yang ditetapkan
2. Ukuran pipa masih dapat disesuaikan dengan diambil diameter minimum yang akan dipilih. Bisa mengikuti ukuran valve. Selain itu pabrik UF<sub>6</sub> -> UO<sub>2</sub> adalah pabrik yang sangat khusus, karen ada masalah *criticality*, jadi bila ukuran dan katub terlalu kecil maka harus dipesan khusus.