

PROSES PENGERINGAN LARUTAN AMONIUM DIURANAT (ADU) MENGGUNAKAN SPRAY DRYER DR-1100

Agus Sartono¹, Dede Sutarya¹ dan Ade Saputra¹

¹ Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir
Badan Tenaga Nuklir Nasional, Serpong, Banten, Indonesia, 15313
sartono@batan.go.id

ABSTRAK — Proses pengeringan amonium diuranat (ADU) di laboratorium *Pilot Conversion Plant* (PCP) dilakukan menggunakan Spray Dryer DR-1100. Proses ini bertujuan untuk memperoleh serbuk ADU kering yang dapat diproses lebih lanjut menjadi serbuk U_3O_8 dan UO_2 . Untuk memperoleh parameter operasi yang optimal maka perlu dipahami karakter peralatan spray dryer DR-1100 melalui beberapa kali running proses pengeringan. ADU sebagai umpan proses diperoleh dari hasil pengendapan larutan uranyl nitrat dengan ammonium hidroksida yang kemudian dipisahkan dengan sentrifuge dan dikeringkan dengan spray dryer setelah dicuci menggunakan air bebas mineral. Pengeringan dilakukan pada suhu 220°C dengan kecepatan putar atomizer 15.000 - 20.000 rpm, hasil yang diperoleh ditentukan oleh konsentrasi padatan umpan dan kecepatan pengumpanan. Perbedaan temperatur udara masuk dan keluar dapat digunakan sebagai acuan untuk mengetahui seberapa besar air yang dapat teruapkan sehingga diperoleh serbuk ADU kering. Hasil yang diperoleh dari proses yang dilakukan menunjukkan bahwa perbedaan temperatur antara input dan output pada kisaran 100°C dan putaran atomizer 20.000 rpm menghasilkan serbuk ADU kering yang diharapkan untuk diproses ke tahapan berikutnya.

Kata Kunci – Spray dryer, proses pengeringan, amonium diuranat.

ABSTRACT — The drying process of ammonium diuranate (ADU) in the *Pilot Conversion Plant* (PCP) laboratory was carried out using the Spray Dryer DR-1100. This process aims to obtain dry ADU powder which can be further processed into U_3O_8 and UO_2 powders. To obtain optimal operating parameters, it is necessary to understand the character of the spray dryer DR-1100 through several times running the drying process. ADU as process feed was obtained from the deposition of uranyl nitrate solution with ammonium hydroxide which was then separated by centrifuge and dried with a spray dryer after washing using mineral-free water. Drying is carried out at a temperature of $200\text{-}250^\circ\text{C}$ with an atomizer rotating speed of 15,000 - 20,000 rpm, the results obtained are determined by solid concentration and feed speed. The difference in the temperature of the air in and out can be used as a reference to find out how much water can be evaporated so that the ADU powder is dried. The results obtained from the process carried out indicate that the temperature difference between the input and output is around 100°C and the atomizer rotation of 20,000 rpm produces expected dry ADU powder to be processed to the next stage.

Keywords – Spray dryer, drying process, ammonium diuranate.

I. PENDAHULUAN

Intalasi Elemen Bakar eksperimental (IEBE) merupakan salah satu instalasi di Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir (PTBBN) yang memiliki tugas dan fungsi pengembangan

dan penguasaan Teknologi Fabrikasi Bahan Bahan Bakar Nuklir untuk reaktor daya dan reaktor riset. IEBE mempunyai beberapa bagian yang saling terkait yaitu *Pilot Conversion Plant* (PCP), *Fuel Fabrication Laboratory* (FFL), dan Kendali Kualitas (KK). Dalam pengoperasiannya IEBE didukung oleh Bidang Pengembangan Fasilitas Bahan Bakar Nuklir (BPFBBN) yang menyediakan utilitas dan sarana pendukung, Bidang Keselamatan Kerja dan Akunting Bahan Nuklir (BKK-ABN) serta Unit Pengamanan Nuklir (UPN).

Pilot Conversion Plant (PCP) adalah unit yang digunakan melakukan serangkaian proses untuk memperoleh serbuk uranium oksida (UO_2) derajat nuklir, yang dapat digunakan sebagai bahan bakar. PCP terdiri dari 12 seksi yang saling terkait, dimulai dari proses penggerusan bahan baku proses yaitu *Yellow Cake* diseksi 100 hingga seksi 1100 yaitu proses pengeringan serbuk ammonium diuranat (ADU), kalsinasi menjadi serbuk U_3O_8 , reduksi untuk menghasilkan serbuk uranium oksida (UO_2) dan passivasi untuk menjaga serbuk UO_2 dari proses oksidasi sebelum dilakukan proses berikutnya atau dilakukan penyimpanan. Seksi 200 merupakan seksi pendukung proses yaitu penyiapan larutan make-up proses seperti penyiapan larutan asam nitrat dan ammonium hidroksida, seksi 300 bertugas melarutkan yellow-cake menjadi larutan uranil nitrat sebelum dilakukan proses pemurnian. Seksi 400 digunakan untuk memurnikan larutan uranil nitrat dengan proses ekstraksi menggunakan larutan TBP-kerosene, seksi 500 bertugas untuk melakukan regenerasi larutan organik untuk pemurnian. Seksi 600 digunakan untuk memekatkan konsentrasi larutan uranil nitrat dengan menggunakan evaporator. Seksi 800 digunakan untuk melakukan proses olah ulang dari gagal serbuk, seksi 900 berfungsi untuk mengendapkan larutan uranil nitrat menjadi ammonium diuranat. Seksi 700 penampungan sementara limbah organik, seksi 1000 bertugas untuk mengolah larutan induk sebelum dikirim ke unit penampungan limbah sementara, seksi 1100 bertugas untuk memproses ADU hasil pengendapan menjadi serbuk UO_2 yang siap diproses lanjut di unit fabrikasi dan seksi 1200 merupakan pendukung keseluruhan proses yang berhubungan dengan keselamatan lingkungan selama proses berlangsung.

Salah satu proses dari PCP adalah pengeringan serbuk ADU di seksi 1100 setelah dilakukan proses pemisahan dari larutannya diseksi 900 dengan menggunakan pemisah sentrifugal. Proses pemisahan pada seksi 900 dilakukan dengan mengalirkan larutan hasil proses pengendapan kedalam silinder yang diputar dengan kecepatan tinggi, sehingga endapan akan terlempar dan menempel pada dinding silinder dan terpisah dari larutannya. Dengan menggunakan pisau yang diputar berlawanan dengan arah putaran sentrifugal, endapan ADU akan terpotong dan jatuh ke tangki penampungan. Hasil

endapan ADU tidak dapat langsung dikeringkan tetapi masih harus dicuci dengan menggunakan air bebas mineral (ABM) untuk menghilangkan sisa ammonia yang masih terikat pada saat pemisahan.

Pemisahan dan pengeringan serbuk ADU berikutnya adalah dengan menggunakan spray dryer, penggunaan spray dryer dipilih dengan mempertimbangkan karakteristik dari serbuk ADU berupa agglomerate yang akan membentuk lapisan filter sekunder dengan kerapatan tinggi, sehingga dapat menurunkan efisiensi filtrasi jika dilakukan dengan menggunakan penyaringan gravitasi. Filtrasi jenis lain dapat juga digunakan seperti *rotary drum filter* (RDF).

Pemisahan dan pengeringan ADU di PCP dilakukan dengan spray dryer DR-1100 yang memiliki dua system pengoperasian, yaitu *nozzle* atomisasi dan sentrifugal atomisasi. Pengoperasian spray dryer DR-1100 membutuhkan pengamatan yang konsisten mulai dari persiapan operasi, penyiapan umpan dan selama proses pengeringan berlangsung. Kesalahan dalam penyiapan umpan dan pengoperasian dapat menyebabkan terjadinya kegagalan dalam proses pemisahan tersebut.

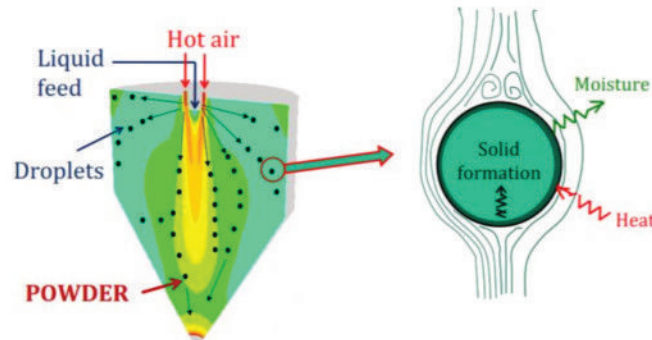
Kegagalan yang sering dialami pada saat dilakukan proses pemisahan dan pengeringan serbuk ADU dengan menggunakan metode Atomisasi di PCP adalah serbuk ADU yang dihasilkan masih bercampur dengan air atau dapat dikatakan tidak terjadi pemisahan dan pengeringan ADU seperti yang diharapkan. Oleh karena itu, untuk memperoleh parameter operasi yang optimal maka perlu dipahami karakter peralatan spray dryer DR-1100 melalui beberapa kali running proses pengeringan sehingga diperoleh parameter operasi yang mampu menghasilkan serbuk ADU kering yang diharapkan.

II. DASAR TEORI

Spray dryer adalah proses yang menggunakan aliran teratomisasi untuk dikeringkan dengan aliran gas pada temperatur yang lebih tinggi dari aliran cairan. Temperatur aliran gas yang lebih tinggi menyebabkan terjadinya evaporasi dari cairan menjadi tetesan (droplets) yang kemudian membentuk partikel. Spray dryer telah digunakan secara luas dalam industri makanan misalnya pembuatan susu bubuk dan industri farmasi untuk membentuk serbuk untuk proses peletisasi [1, 2].

Spray Dryer dapat didefinisikan sebuah proses khusus yang digunakan untuk mengubah umpan dalam bentuk larutan ke dalam bentuk partikel kering (Serbuk atau Partikel) dengan penyemprotan umpan kedalam ruang pengering dengan medium udara panas [3]. Proses spray dryer melibatkan sejumlah besar panas untuk menguapkan air dan isu penghematan panas menjadi faktor kunci keberhasilan proses ini [4]. Pada

umumnya umpan yang digunakan adalah padatan dalam bentuk slurry dengan konsentrasi tertentu. Dengan menggunakan pompa dan tekanan pneumatik, larutan tersebut disemprotkan ke dalam ruangan yang dialiri udara panas. Udara panas yang digunakan untuk mengeringkan dapat dialirkan secara searah (co-current) atau berlawanan arah (counter current). Secara umum proses pada spray dryer dapat diilustrasikan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Skema proses pegeringan dengan spray dryer [3]

Seperti terlihat pada Gambar 1, umpan larutan yang mengandung padatan dialirkan dari bagian atas ruang pengering (chamber) dengan diberi tekanan atau diputar dan dialirkan searah dengan aliran udara panas (co-current). Pada saat larutan umpan bersinggungan dengan udara panas, akan terjadi perpindahan panas dari udara panas ke padatan dan air. Larutan akan melewati ujung spray dengan diameter yang lebih kecil, dan karena adanya tekanan akan terjadi semburan atau tetesan dari larutan tersebut. Padatan dan air akan terpisah, padatan yang terkena panas akan mengeras membentuk serbuk atau butiran, sedangkan air yang terkena panas akan terpisah dalam bentuk uap atau gas. Karena lingkungan di ruang pengeringan temperaturnya cukup tinggi, maka kedua formasi tersebut akan mengalir bersama aliran udara panas. Aliran udara dihasilkan dari adanya beda tekanan yang diciptakan dengan bantuan blower penghisap. Serbuk dan uap air hasil pengeringan dipisahkan dengan menggunakan filter berupa filter siklon atau dengan menggunakan *metal porous filter*.

Beberapa hal yang mempengaruhi pengoperasian spray dryer, antara lain [5]:

- Temperatur Udara Panas Masuk

Temperatur udara panas masuk ke ruang pengeringan sangat menentukan jumlah panas yang diperlukan untuk proses pengeringan. Semakin tinggi temperatur udara masuk, akan menurunkan jumlah panas yang dibutuhkan sesuai dengan produk yang diharapkan.

- Konsentrasi umpan
Spray dryer adalah cara yang mahal untuk menguapkan bahan volatile dan untuk mendapatkan kondisi pemanasan yang optimum, oleh karena itu umpan *spray dryer* harus diatur sedemikian hingga diperoleh kondisi umpan yang optimum.
- Perbedaan temperatur pengeringan
Perbedaan temperatur yang tinggi akan menurunkan kebutuhan panas untuk menghasilkan produk dengan kadar kelembaban maksimum dari umpan. Hal ini dapat dicapai dengan menurunkan temperatur keluaran atau menaikkan temperatur masukan.
- Temperatur umpan
Menaikkan temperatur umpan akan menurunkan panas yang diperlukan dalam setiap satuan berat produk. Demikian pula dengan pemanasan awal larutan umpan umumnya dapat dilakukan untuk mengurangi viskositas umpan, sehingga dapat menaikkan kinerja atomisasi dan untuk mencegah terjadinya pengkristalan yang dapat menyebabkan penyumbatan pada atomizer.

Secara umum penggunaan *spray dryer* untuk proses pemisahan dan pengeringan memiliki kelebihan dan kekurangan dibandingkan dengan penggunaan cara lain, yaitu:

Kelebihan penggunaan *spray dryer*:

- Kemudahan mengontrol prosesnya dan dapat digunakan secara sinambung
- Dapat digunakan untuk bahan yang sensitif terhadap panas maupun yang tahan panas
- Dapat digunakan pada jenis bahan yang korosif, mudah mengikis, beracun maupun bahan yang mudah meledak
- Sangat baik digunakan pada proses pengeringan bahan yang mensyaratkan kebersihan dan kesehatan lingkungannya
- Berbagai jenis produk dapat dihasilkan seperti : butiran, aglomerat atau serbuk
- Ukuran dapat menyesuaikan dengan kapasitas produk

Sedangkan kekurangan dari *spray dryer*:

- Biaya instalasi yang besar
- Kebutuhan udara yang besar walau hanya untuk kapasitas yang rendah dan ini berpengaruh terhadap biaya pembersihan udara buang
- Efisiensi panas yang rendah
- Penurunan kualitas panas dapat dimungkinkan pada proses dengan temperatur

yang tinggi

III. PROSES PENGERINGAN ADU DENGAN SPRAY DRYER DR-1100

Disiapkan padatan ammonium diuranat hasil proses pemisahan sentrifugasi yang sudah dilarutkan dengan air bebas mineral (ABM), diatur konsentrasi endapannya antara 40-60%, dan dilakukan pengadukan secara kontinu dengan kecepatan rendah untuk menjaga padatan tidak mengendap di dasar tangki dan slurry terbentuk sempurna.

Pasang wadah penampung serbuk ADU hasil pengeringan pada *glove box* GB-1101 dan pastikan bahwa system pengungkung *glove-box* bekerja dengan baik, hal ini dapat terlihat dari sarung tangan *glove box* yang terlihat menegang.

Dilakukan pemeriksaan ketinggian air pendingin pada alat scrubber CR-1101. Jika terlalu rendah ketinggian air pencucinya dapat ditambahkan (ABM) hingga dirasa cukup dan buka katup aliran air pendingin untuk menjaga air pencuci udara tetap dingin, kemudian nyalakan pompa sirkulasi air pencuci dan atur kecepatan aliran kurang lebih 3.500 – 4.000 kg/jam, amati juga tekanan pompa sirkulasinya dijaga pada kisaran 3,5 bar.

Hidupkan blower penghisap K-1101, kemudian pastikan bahwa system sirkulasi udara panas berjalan normal. Pengamatan dilakukan pada beberapa titik untuk memastikan sirkulasi udara pengering berjalan normal. Tekanan pada ruang pengering kurang lebih -80 hingga -120 mmH₂O, tekanan pada pemanas udara masuk kurang lebih -15 mm H₂O, tekanan pada inlet filter ADU PI-1102 kurang lebih -90 mmH₂O, tekanan keluar pada system pencuci gas buang PI-1104 kurang lebih -100 mmH₂O. amati besarnya beda tekanan pada filter F-1102 tidak boleh lebih besar dari 10 mmH₂O, jika beda tekanan yang ditunjukkan manometer PDI-1103 Lebih besar dari 15 mmH₂O segera lakukan penggantian filter.

Nyalakan alat kendali penyembur balik udara (*blow back*) yang digunakan untuk membersihkan filter yang tersumbat. Penyembur udara balik ini akan bekerja secara bergantian pada masing-masing filter yang dikendalikan secara otomatis.

Setelah semua persiapan selesai dilakukan, hidupkan pemanas spray dryer, dan diatur temperaturnya pada temperatur 200-250°C dan tingkat pemanas yang disesuaikan dengan kebutuhan. Setelah temperature pada ruang pengering tercapai, biarkan beberapa waktu hingga temperature diruang pengering merata dan stabil.

Hidupkan motor atomizer dan diatur putarannya pada 15.000-20.000 rpm dengan memutar tombol pengatur kecepatan dan putaran atomizer dapat terlihat pada panel kendali. Setelah siap, nyalakan pompa pengumpan dan atur kecepatan umpanya. Selalu diamati perubahan putaran atomizer pada saat umpan masuk, penurunan temperature

keluaran, dan tekanan dalam ruang pengering. Kurangi kecepatan umpan jika terjadi penurunan kecepatan putaran atomizer dan penurunan temperature keluaran dirasa cukup besar.

Proses pengeringan dilakukan hingga umpan habis, kemudian dilakukan pencucian dengan mengalirkan air bebas mineral ke atomizer dan memastikan tidak ada penyumbatan pada pipa dan atomizer. Setelah selesai, matikan pemanas udara masuk dan biarkan temperature di ruang pengering turun hingga temperatur kamar dan seluruh system dapat dimatikan.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Spray dryer Anhydro yang terpasang di *Pilot Conversion Plant* (PCP) adalah jenis pemanas elektrik dengan kapasitas rendah dengan menerapkan teknologi yang sama digunakan pada skala produksi [6]. *Spray dryer* ini dilengkapi dengan dua system pengeringan yaitu centrifugal atomisasi dan nozzle atomisasi. Atomisasi sentrifugal dilakukan secara searah, udara panas dan slurry ADU dialirkan melalui bagian atas ruang pengeringan. Sedangkan pada nozzle atomisasi dilakukan secara berlawanan dengan udara panas dan nozzle diletakan pada bagian bawah kerucut. *Spray dryer* Anhydro DR-1100 di perlihatkan pada Gambar 2.



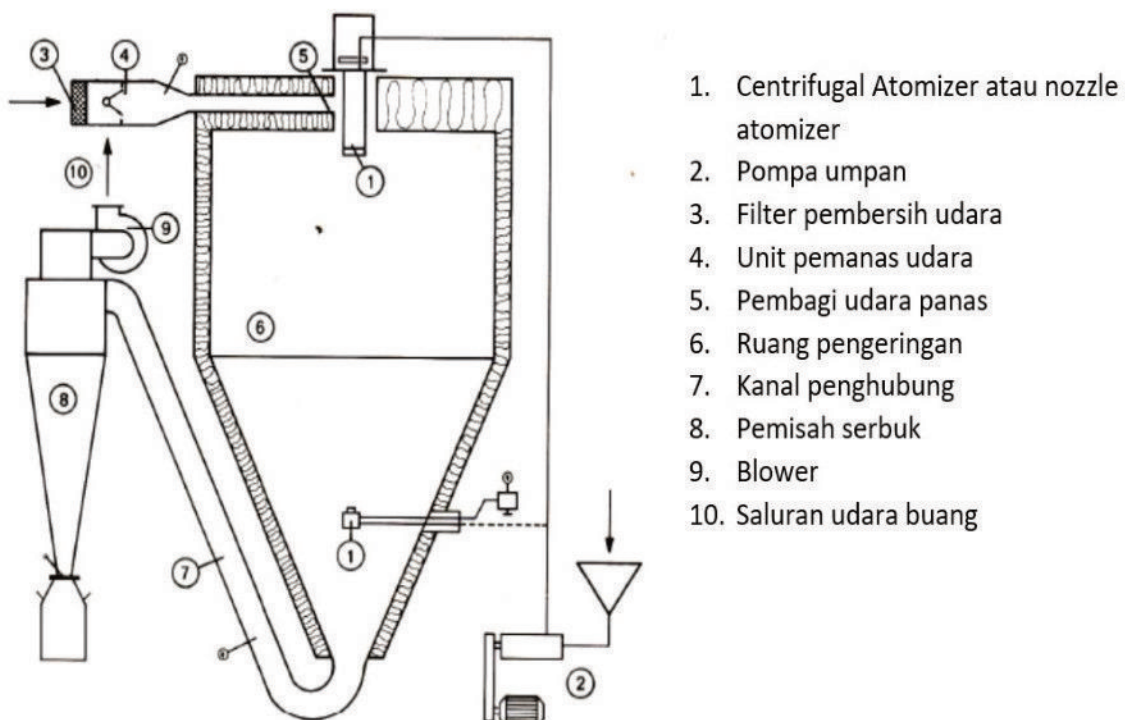
Gambar 2. Spray Dryer DR-1100

Spesifikasi teknis dari spray dryer Anhydro DR-1100 yang terpasang di PCP ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi teknis spray dryer Anhydro DR-1100

Spesifikasi	Nilai	Satuan
Kecepatan penguapan dengan pemanasan elektrik	28	Kg/h
Kecepatan putaran atomizer (maksimum)	35.000	rpm
Daya motor terpasang	3,4	kW
Daya pemanas udara elektrik (maksimum)	42	kW
Aliran udara tekan (maksimum)	250	l/min
Tekanan udara tekan (maksimum)	4	Bar
Diameter ruang pengering	1,25	m

Skema *spray dryer* Anhydro DR-1100 yang memperlihatkan bagian utama dari system keseluruhan diperlihatkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Skema spray dryer Anhydro DR-1100

Telah dilakukan empat kali proses pengeringan dengan parameter operasi yang berbeda untuk memahami karakteristik spray dryer DR-1100 seperti yang diperlihatkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Operasi pengeringan dengan variasi parameter proses

Run	Temp. Inlet	Temp. Outlet	Putaran Umpan	Putaran Atomizer	Hasil Produk ADU
1	220	119	$\frac{1}{4}$	15.000	Kering
2	220	96	$\frac{1}{2}$	15.000	Basah
3	220	58	$\frac{1}{2}$	15.000	Tidak terpisah
4	220	120	$\frac{1}{2}$	20.000	kering

Beberapa kekurangan dari system yang terpasang di PCP pada saat ini antara lain kecepatan pengumpanan belum dapat diketahui secara kuantitatif, karena belum terpasang instrumentasi yang dapat menjadi acuan kecepatan pengumpanan. Kondisi umpan juga belum dapat dipastikan konsentrasinya dan masih menggunakan prakiraan. Ketidakakuratan dua hal yang merupakan parameter pokok dalam proses ini menyebabkan tidak akuratnya kondisi operasi dan hasil pengeringan serta pemisahan ADU yang tidak konsisten, hingga menyebabkan kegagalan operasi berupa tidak terpisahnya endapan ADU dengan larutannya dan tertampung pada glove box penampung hasil.

Dalam beberapa kali pengoperasian pengeringan serbuk Amonium Diuranat (ADU), data operasi dan hasil dapat terlihat pada Table 2 diperoleh hasil sebagai berikut.

Run 1. Terlihat perbedaan temperatur masuk dan keluaran tidak terlalu besar, pada kisaran 100°C , perbedaan tekanan aliran udara normal pada kisaran -80 hingga -100 mmH₂O dan temperature pada filter pemisah masih dalam kategori normal pada kisaran 97°C . Atomizer dijalankan pada putaran 15.000 rpm dan akan menurun pada kisaran 12.000 rpm pada saat umpan masuk, kecepatan umpan pada $\frac{1}{4}$ putaran. Serbuk ADU yang dihasilkan kering.

Run 2. Putaran atomizer dijalankan pada 15.000 rpm, perbedaan temperatur udara masuk dan temperatur udara keluar terlihat sangat besar, kecepatan umpan

dipasang pada $\frac{1}{2}$ putaran, temperatur pada filter pemisah turun hingga 63°C , dan produk yang dihasilkan ADU lembek bercampur dengan air.

Run 3. Terlihat perbedaan temperatur udara masuk dan keluar yang sangat besar, kecepatan putaran atomizer pada 15.000 rpm dengan kecepatan umpan $\frac{1}{2}$ putaran. Temperatur pada filter pemisah pada kisaran 32°C dan tidak menghasilkan serbuk ADU. Produk ADU yang dihasilkan masih tercampur dengan air larutnya, atau dapat dikatakan air yang digunakan untuk melarutkan ADU tidak menguap.

Run 4. Putaran atomizer dijalankan pada 20.000 rpm dan akan turun pada kisaran 18.000 rpm pada saat umpan masuk, perbedaan temperatur udara masuk dan keluar tidak terlalu besar, umpan dijalankan pada $\frac{1}{2}$ putaran, temperatur pada filter pemisah pada kisaran 97°C dan menghasilkan serbuk ADU yang kering.

V. KESIMPULAN

Untuk menghasilkan produk ammonium diuranat (ADU) kering dengan menggunakan proses spray dryer perlu dilakukan beberapa hal:

- a. Pengukuran konsentrasi padatan pada umpan ADU yang akan dikeringkan, sehingga dapat diketahui berapa kecepatan pengumpanan yang harus dioperasikan
- b. Pengukuran kecepatan pengumpanan *slurry* ADU ke spray dryer yang disesuaikan dengan konsentrasi padatan, sehingga diperoleh perpindahan panas yang efisien
- c. Pengamatan yang konsisten selama proses berlangsung untuk mengetahui setiap perubahan parameter proses dan dapat dilakukan penyesuaian sehingga diperoleh hasil pengeringan ADU yang optimal.

UCAPAN TERIMA KASIH

Para penulis mengucapkan terimakasih kepada staf Instalasi Elemen Bakar Eksperimental PTBBN – BATAN atas bantuan dan diskusi mereka selama penulisan juga untuk editor dan reviewer atas komentar konstruktif mereka pada tahap awal penulisan makalah ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Flether, B. Guo, et al., "What is important in the simulation of spray dryer performance and how do current CFD perform?", 3rd International Conference on CFD in Minerals and Process Industries, 2003.
- [2] Y. Maa and S.J. Prestrelski, "Biopharmaceuticals powders: Particle formation and formulation considerations", *Current Pharmaceutical Biotechnology*, 1(3), pp. 283-302, 2000.
- [3] Mujumdar, Arun S., *Spray Drying of Foods*, International Workshop on Drying of Food And biomaterilas, Bangkok, 2011
- [4] Velic, Darko., et.all, *Simulation, calculation and possibilities of energy saving in spray drying process*, Applied Thermal Engineering, Pergamon, 2003.
- [5] Dharshini.S, Angel., et.all, *Heat and Mass Transfer Study in the Spray Drying of Tomato Juice*, Mexico, 2008.
- [6] APV Anhydro, *Anhydro spray dryer-DR-1100*, Denmark, 1985
- [7] IEBC, *Instruksi Kerja Proses Pengeringan Serbuk ADU Seksi 1100*, No.Dok. BN12 E03 011, 2011