

MODIFIKASI MESIN PRES HIDRAULIK PENEKAN TUNGGAL MENJADI PERANGKAT PRES HIDRAULIK PENEKAN GANDA UNTUK MEMBUAT PELET MENTAH UO_2 .

Gandana, Efrizon Umar
Pusat Penelitian Teknik Nuklir - Badan Tenaga Atom Nasional

ABSTRAK

MODIFIKASI MESIN PRES HIDRAULIK PENEKAN TUNGGAL MENJADI PERANGKAT PRES PENEKAN GANDA UNTUK MEMBUAT PELET MENTAH UO_2 . Oleh karena kerusakan mesin pres pembuat pelet mentah UO_2 merek Slecmi buatan Perancis tipe hidrolik berpenekan ganda tidak dapat diperbaiki, maka dilakukan penelitian yang memodifikasi mesin pres merek Blitz buatan Jerman yang berpenekan tunggal menjadi perangkat pres penekan ganda untuk membuat pelet mentah UO_2 . Modifikasi dilakukan dengan menambahkan alat pengungkit hidrolik dan beberapa komponen lain serta memodifikasi meja kerja. Perangkat pres hasil modifikasi tersebut telah dapat dioperasikan dengan mudah, biaya murah dan hasilnya sangat memuaskan. Dan perangkat ini dapat digunakan untuk membuat pelet mentah dengan diameter yang berbeda-beda, dengan mengganti cetakkannya.

ABSTRACT

SINGLE PUNCH HYDRAULIC PRESSING MACHINE MODIFICATION TO DOUBLE PUNCH HYDRAULIC PRESSING SYSTEM FOR UO_2 GREEN PELLETS FABRICATION. In the frame of overcoming the stopping of the UO_2 pellet experiment due to the unrepairable damage of the French Slecmi double punch hydraulic pressing machine for fabricating UO_2 green pellets, the available German Blitz single punch hydraulic pressing machine was modified to double punch hydraulic pressing system for that purpose. The modification was done by addition of a hydraulic lever, and some components and working table modification. The pressing system has been operated with easy operation, low operation cost and satisfactory results. The system could be used to fabricate green pellets with various diameters by replacing the punches and dies.

PENDAHULUAN

Pembuatan pelet UO_2 untuk elemen bakar nuklir pada umumnya melalui proses pengoperasian dingin yang diikuti dengan penyinteran [1,2,3,4]. Dalam proses pengepresan dingin, serbuk UO_2 yang telah dicampur homogen dengan 0,3 % berat Zn-stearat dipres (dalam cetakan) pada suhu kamar pada mesin pres penekan ganda dengan tekanan sekitar 3-8 ton/cm². Rapat massa pelet mentah hasil pengepresan dingin sekitar 40-60 % rapat massa teoritis [3,4].

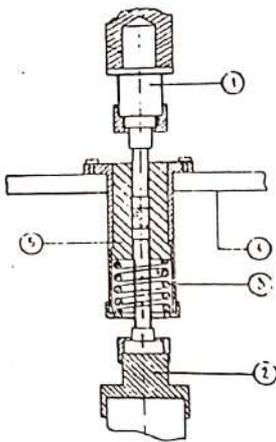
Mesin pres penekan ganda tipe hidrolik merek Slecmi buatan Perancis, yang biasa digunakan untuk pembuatan pelet UO_2 mentah di Laboratorium metalurgi nuklir PPTN, mengalami kerusakan dan belum dapat diperbaiki, karena salah satu komponen listrik-mekaniknya tidak berfungsi dan tidak ada gantinya di pasaran. Supaya program penelitian pembuatan elemen bakar nuklir tidak terhenti, dilakukan pembuatan perangkat pres yang dapat berfungsi sebagai mesin pres penekan ganda. Perangkat tersebut dibuat dengan memodifikasi mesin pres penekan tunggal

merek Blitz buatan Jerman yang ada di Laboratorium metalurgi nuklir PPTN. Modifikasi dilakukan dengan menambahkan alat pengungkit hidrolik manual dan beberapa komponen tambahan lain pada sistem, serta memodifikasi meja penahan.

PERENCANAAN

Komponen perangkat pres hasil modifikasi ini harus mampu menahan tegangan dari gaya tekan pada saat pembuatan pelet. Konstruksi komponen mesin pres ini tertera pada gambar 1.

Karena konstruksi ini direncanakan untuk membuat pelet dengan bermacam-macam diameter, maka diharapkan penggantian cetakan tidak mempengaruhi komponen-komponen yang lain. Dimensi dan jenis bahan komponen ini ditentukan berdasar tekanan maksimum yang diberikan dalam pembuatan pelet tersebut yaitu 8 ton/cm². Berdasar nilai tekan maksimum ini akan dapat ditentukan tegangan pada berbagai komponen mesin pres.



1. Torak penahan penekan atas
2. Torak penahan penekan bawah
3. Pegas penahan cetakan
4. Profil penahan cetakan
5. Cetakan

Gambar 1. Konstruksi komponen-komponen perangkat keras yang direncanakan

Tegangan pada torak penahan tekanan-atas ditentukan dengan menganggap bahwa gaya terdistribusi secara merata pada penampang, dan besarnya tegangan tersebut dihitung melalui persamaan berikut [6]:

$$\sigma_1 = F/A_1 \quad (1)$$

σ_1 ialah tegangan yang timbul akibat tekanan yang diberikan penekan-atas (N/cm^2), F adalah gaya yang terdistribusi merata (Newton) dan A_1 adalah luas penampang "torak penahan penekan atas" (cm^2). Harga F ditentukan berdasarkan tekanan maksimum P pada saat pembuatan pelet.

$$P = F/A_0 \quad (2)$$

A_0 ialah luas penampang pelet (cm^2)

Dengan metode yang sama melalui penentuan tegangan pada torak penahan penekan-atas, dapat juga ditentukan tegangan pada torak penahan penekan-bawah.

$$\sigma_2 = F/A_2 \quad (3)$$

σ_2 ialah tegangan pada torak penahan penekan-bawah (cm^2), dan A_2 adalah luas penampang torak penahan penekan-bawah.

Dengan menggunakan kriteria luluh Tresca [9] dapat ditentukan jenis bahan yang akan digunakan untuk komponen tersebut. Besarnya te-

ngangan maksimum torak penahan penekan-atas dan torak penahan penekan-bawah masing-masing adalah $12,415 N/cm^2$ dengan $P = 8 ton/cm^2$, $A_0 = 2 cm^2$, A_1 dan $A_2 = 12,56 cm^2$. Berdasarkan nilai ini dan menggunakan faktor keamanan 4, maka sebagai bahan torak penahan penekan-atas maupun penekan-bawah dipilih St 60 (tegangan luluh St 60 = $60.000 N/cm^2$).

Pegas penahan berfungsi menahan cetakan pada saat terjadi penekanan serbuk. Jumlah pegas yang digunakan satu buah, dan besarnya gaya yang diterima pegas bergantung pada penentuan lendutan pegas pada saat penekanan. Dengan mengambil lendutan pegas sekitar 10 mm, keamanan pegas terhadap gaya tekan dapat terjamin [10]. Besarnya gaya tekan pada pegas dapat ditentukan [7,8] sbb:

$$P = f.G.d / 8 C^3 .z \quad (4)$$

P ialah gaya tekan pada pegas (N), f lendutan pada pegas (cm), G modulus geser bahan (N/cm^2), $C = D/d$, D diameter lengkaran pegas (cm), d diameter pegas (cm), z jumlah lilitan pegas

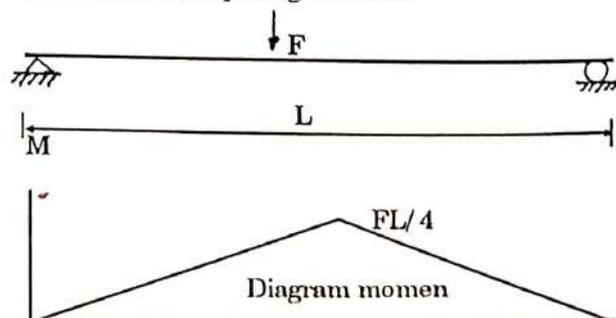
Besarnya tegangan yang terjadi pada pegas penahan dapat dihitung melalui persamaan:

$$\tau_{maks} = 8 k D P / \pi d^3 \quad (5)$$

dengan $k = 1 + 0,615/C$

Baja pegas yang dipilih memiliki tegangan luluh $140.000 N/cm^2$ dan dimensi pegas: $D = 6 cm$, $d = 0,4 cm$, $z = 5$, $G = 8300.000 N/cm^2$ dan $f = 1 cm$. Maka besarnya gaya tekan pada pegas penahan adalah 20 Newton. Tegangan geser pada pegas yang dihitung dengan persamaan (5) sekitar $5.000 N/cm^2$. Berdasarkan nilai ini disimpulkan bahwa pemilihan bahan dari baja ternyata sangat aman.

Profil penahan cetakan berguna untuk menahan cetakan pada saat penekanan. Konstruksi profil ini tertera pada gambar 2.



Gambar 2. Profil penahan cetakan

Dalam merencanakan profil penahan cetakan dipilih profil berpenampang segi empat dan gaya yang bekerja diasumsikan terkonsentrasi di tengah profil. Besarnya gaya pada profil ini sama dengan gaya yang diberikan pengungkit hidrolik untuk menyamakan tekanan pada saat pembuatan pelet. Berdasarkan hasil pengukuran besarnya gaya adalah 10 % dari gaya yang diberikan hidrolik mesin pres, yaitu sebesar 16.000 N. Sedangkan besarnya tegangan geser maksimum yang terjadi pada profil dihi tung dengan persamaan:

$$\tau_{maks} = V/A \quad (6)$$

V ialah gaya lintang pada profil (N) dan A penampang profil (cm^2).

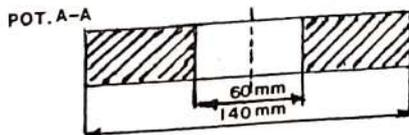
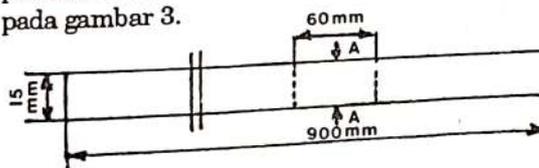
Besarnya tegangan akibat momen dihitung dengan persamaan:

$$\sigma = M.c/I \quad (7)$$

M ialah momen maksimum pada profil (Ncm), I momen inersia dan c jarak.

Dengan memilih dimensi profil pada tabel American Standard Steel Beam [6], besarnya τ dan σ ditentukan dengan memasukkan harga-harga berikut: $V = 16.000$ Newton, $A = 12$ cm^2 , $F = 17.000$ Newton, $L = 90$ cm, $M = FL/4 = 380.000$ Ncm, $I = 22.500$ mm^4 dan $c = 7,5$ mm.

Harga s yang diperoleh dari pustaka adalah 6, sedangkan harga τ dan σ yang diperoleh masing-masing adalah $\tau = 1335$ N/cm^2 dan $\sigma = 1270$ N/cm^2 . Berdasarkan harga-harga tegangan di atas dipilih baja dengan profil St 30, dan untuk profil penahan cetakan serta dimensi profil dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Dimensi profil penahan cetakan

UJI COBA DAN KALIBRASI

Uji coba dan kalibrasi dilakukan dengan menggunakan serbuk UO_2 alam CEA Perancis sebagai standar. Diameter cetakan dan penekannya masing-masing 11,20 mm dan 11,19 mm. Langkah uji coba tersebut dilakukan dengan memasukkan sejumlah tertentu campuran homogen

serbuk UO_2 yang mengandung 0,3% berat Zn Stearat ke dalam cetakan. Jumlah serbuk yang dimasukkan memungkinkan untuk mendapatkan pelet mentah dengan tinggi kira-kira 1,25 kali diameternya. Penekan-atas dan penekan-bawah diaktifkan sampai tekanan yang diinginkan. Penunjuk tekanan fluida adalah *pressure gauge* merek Jako buatan Austria dengan satuan kg/cm^2 . Kedua penunjuk tekanan menunjukkan tekanan yang sama, dan dibiarkan pada tekanan tersebut selama 30 detik sebelum pelet mentah dikeluarkan. Pelet mentah diamati secara visual untuk melihat cacat dan kondisi permukaan, diukur dimensinya, ditimbang massanya dan dihitung rapat massanya. Kondisi dan rapat massa pelet mentah yang dihasilkan pada tekanan fluida 10-150 kg/cm^2 dapat dilihat pada tabel 1.

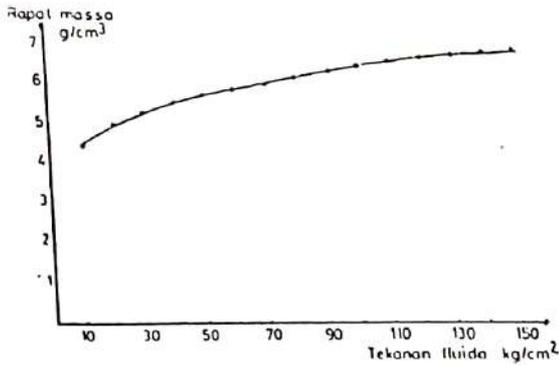
Tabel 1. Kondisi dan rapat massa pelet mentah hasil pengepresan pada tekanan fluida dari 10 sampai 150 kg/cm^2

Tekanan fluida (kg/cm^2)	Rapat massa pelet mentah (g/cm^3)	% T secara teoritis
10	4,464 ± 0,016	40,7
20	5,017 ± 0,048	45,7
30	5,276 ± 0,041	48,1
40	5,485 ± 0,039	49,9
50	5,637 ± 0,021	51,4
60	5,775 ± 0,014	52,6
70	5,899 ± 0,011	53,8
80	6,016 ± 0,015	54,8
90	6,103 ± 0,006	55,6
100	6,204 ± 0,014	56,6
110	6,282 ± 0,012	57,3
120	6,362 ± 0,005	57,9
130	6,429 ± 0,005	58,6
140	6,497 ± 0,018	59,2
150	6,540 ± 0,006	59,6

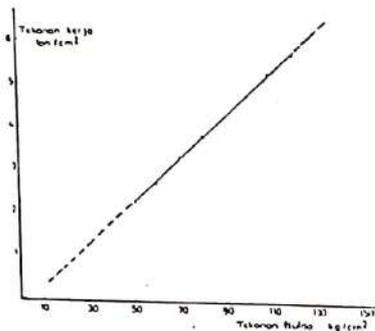
Pada gambar 4 dapat dilihat kurva hubungan antara tekanan fluida dengan rapat massa Kurva standar hubungan rapat massa dan tekanan sebagai hasil pembuatan pelet mentah serbuk UO_2 alam CEA Perancis dicantumkan pada gambar 5. Kurva kalibrasi yang dibuat dengan cara grafis dapat dilihat pada gambar 6.

Korelasi antara tekanan kerja dan tekanan fluida adalah linier dengan koefisien korelasi $r = 0,999$. Persamaan kurva kalibrasi yang dibuat dengan cara kuadrat terkecil (least square method) adalah:

$$y = 0,005 x - 0,023$$



Gambar 4. Kurva hubungan antara tekanan fluida dengan rapat massa



Gambar 6. Kurva kalibrasi

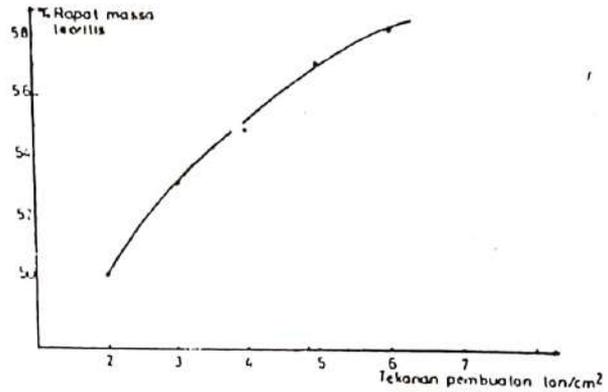
HASIL DAN PEMBAHASAN

Perangkat press hasil modifikasi ini telah dioperasikan untuk pembuatan pelet mentah dari dua jenis serbuk UO_2 alam CEA Perancis dan tiga jenis serbuk UO_2 PPNY dengan tekanan kerja 1-7 ton/cm². Dari pengoperasian ini dapat diperoleh hasil pengamatan bahwa:

1. Pelet yang dihasilkan dari kelima jenis serbuk UO_2 tersebut telah mencapai 400 buah tanpa menyebabkan kerusakan pada alat.
2. Persentase pelet mulus yang dihasilkan (permukaannya halus, tidak cacat dan tidak retak) yang memiliki variasi tekanan 1-7 ton/cm² mencapai 100 %.
3. Pengoperasian alat sangat mudah, pengisian cetakan dilakukan secara manual, penekanan atas dan penekanan-bawah diaktifkan masing-masing dengan penggerak listrik dan manual, sedang besar tekanan kerja dan waktu penekanan mudah diatur.

DAFTAR PUSTAKA

1. Belle, J., Uranium Dioxide, Properties and Nuclear Applications, USAEC, Washington D.C., 25, 1961.
2. Fizzoti, C., Principles of Nuclear Fuel Production, Vol I, Fuel Cycle Department, ENEA, Roma, 1984.
3. Matz, G., Fabrication of Fuel Elements, Review Series, No.25, IAEA, Vienna, 1962.



Gambar 5. Kurva standar hubungan antara rapat massa dengan tekanan pembuatan pelet mentah serbuk UO_2 alam CEA Perancis

4. Cetakan mudah diganti-ganti dengan ukuran yang sesuai.
5. Biaya pengoperasian sangat murah karena tidak memerlukan tenaga manusia dan tenaga listrik yang besar.

KESIMPULAN

1. Perangkat pres hasil modifikasi ini, pengoperasian dan pengaturannya mudah, biaya operasi murah dan hasil yang sangat memuaskan.
2. Cetakan mudah diganti-ganti dengan ukuran yang berbeda-beda, sehingga perangkat pres ini dapat digunakan untuk membuat pelet mentah dengan diameter sesuai dengan yang diperlukan.
3. Kurva kalibrasi antara tekanan kerja dengan tekanan fluida merupakan fungsi linier (dengan $r = 0,999$ dan $y = 0,005x - 0,0237$) pada diameter cetakan dan penekan masing-masing 11,20 mm dan 11,19 mm.
4. Disarankan agar setiap pasangan antara cetakan dan penekan dibuat kurva kalibrasinya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada saudara Dayat Edi Saputra, Asep Sukayat dan Nana Kurnia atas bantuannya, terutama pada saudara Dayat Edi Saputra sebagai pimpinan pelaksana atas gagasan-gagasannya yang sangat baik sehingga pekerjaan ini dapat berhasil dengan sangat memuaskan.

4. Stehle, H., et al., Uranium Dioxide Properties for LWR Fuel Rods, Nuclear Engineering and Design 33, North Holland Publishing Company, 1975.
5. Faugere, M., Cogema/Scfic Poudre D²Oxide D²Uranium Natural Frettable, CEA/CEN-Cadarache, 1982.
6. Popov, E.P., Mechanics of Materials, Second Edition, Prentice-Hall of India, New Delhi, 1981.
7. Niemann, G., Machine Element, Vol I, Springer Verlag, Berlin, 1964.
8. Niemann, G., Machine Element, Vol II, Springer Verlag, Berlin, 1964.
9. Dieter, G.E., Mechanical Metallurgy, Mc. Graw Hill Book Company, New York, 1987.
10. Umar, E., Perencanaan Kopling Traktor, Departemen Mesin ITB, Bandung, 1984.