

KAJIAN KEMUNGKINAN MODIFIKASI PERALATAN FABRIKASI UNTUK FABRIKASI ELEMEN BAKAR JENIS HWR DAN LWR

Tri Yulianto
Pusat Elemen Bakar Nuklir



ID0100071

ABSTRAK

Kajian kemungkinan modifikasi peralatan fabrikasi untuk fabrikasi elemen bakar jenis HWR dan LWR. Berdasarkan TOR BATAN untuk pelita VI, salah satu program Batan dalam sektor teknologi produksi elemen bakar adalah penguasaan teknologi fabrikasi elemen bakar, baik untuk reaktor riset dan reaktor daya. Penguasaan teknologi dapat dicapai melalui berbagai strategi, antara lain dengan melakukan penelitian dan pengembangan teknologi yang dikehendaki menggunakan sarana yang dimiliki atau dengan melakukan alih teknologi langsung dari sumbernya. Sesuai dengan hal tersebut, PEBN melalui fasilitasnya telah mulai melakukan penguasaan teknologi fabrikasi elemen bakar reaktor daya dengan mengembangkan alat yang sudah ada yaitu alat fabrikasi elemen bakar jenis HWR Cirene. Pengembangan alat dimaksudkan untuk membuat elemen bakar jenis HWR (Candu) dan LWR (PWR dan BWR) dengan cara modifikasi alat. Untuk mencapai hal tersebut pada tahap awal dari kegiatan ini telah dilakukan pengkajian terhadap peralatan fabrikasi yang meliputi peralatan peletisasi, peralatan pembuatan komponen dan peralatan perakitan. Pengkajian dilakukan dengan membandingkan bentuk dan ukuran elemen bakar yang ada dengan elemen bakar yang telah digunakan pada reaktor-reaktor yang telah beroperasi seperti reaktor Candu, PWR dan BWR. Beberapa alat yang mempunyai kemungkinan untuk dimodifikasi membuat elemen bakar HWR dan LWR adalah sebagai berikut : Peralatan peletisasi yang berupa mesin pres untuk membuat pelet mentah memungkinkan untuk dimodifikasi *punch* dan *dies*nya sehingga *punch* dan *dies* bisa dibongkar pasang dengan macam-macam ukuran *punch* dan *dies* sesuai dengan ukuran pelet jenis HWR dan LWR. Peralatan pembuatan komponen mempunyai kemungkinan yang besar untuk dimodifikasi guna membuat elemen bakar HWR Candu karena bentuk elemen bakar HWR Candu mempunyai bentuk dan ukuran yang hampir sama dengan elemen bakar yang ada, sedangkan untuk membuat komponen elemen bakar jenis LWR kemungkinannya kecil karena hanya beberapa komponen elemen bakar saja yang mungkin bisa dibuat dengan alat yang ada. Peralatan perakitan memungkinkan dengan modifikasi beberapa alat perakitan sedangkan untuk merakit elemen bakar jenis LWR hanya sebagian saja (sampai pada batang elemen bakar) itupun harus ditambahkan alat las jenis TIG serta modifikasi alat yang ada.

ABSTRACT

Assesment on the possibility to modify fabrication equipment for fabrication of HWR and LWR fuel elements.. Based on TOR BATAN for PELITA VI, on of BATAN program in the fuel element production technology section is the acquisition of the fuel element fabrication technology for research reactor as well as power reactor. The acquisition can be achieved using different strategies, e.g. by utilizing the facility owned for research and development of the technology desired or by transferring the the technology directly from the source. With regards to the above, PEBN through its facility in BEBE has started the acquisition of the fuel element fabrication technology for power reactor by developing the existing equipment initially designed to fabricate HWR Cirene fuel element. The development, by way of modifying the equipment, is intended for the production of HWR (Candu) and LWR (PWR and BWR) fuel elements. To achieve above objective, at the early stage of activity, an assesment on the fabrication equipment for pelletisation, component production and assembly. The assesment was made by comparing the shape and the size of the existing fuel element with those used in the operating reactors such as Candu reactors, PWR and BWR. Equipment having the potential to be modified for the production of HWR and LWR fuel elements are as follows : For the peletisation equipment, the punch and dies can be used of the pressing machine for making green pellet can be modified so that different sizes of punch and dies can be used, depending upon the size of the HWR and LWR pellets. The equipment for component production has good potential for modification to produce the HWR CANDU fuel element, which has similar shape anda size with those of the existing fuel element, while the possibility of producing the LWR fuel element component is small because only a limited number of the required component can be made with the existing equipment. The asembly equipment has similar situation whit that of the component production, that is, to assemble the HWR fuel element modification of a few assembly units very probable, while to assemble the LWR fuel element less unit can be modified (up to the fuel element pin) and still an addition of TIG type welding equipment is required with some modification on the existing (welding) equipment.

PENDAHULUAN

Berdasarkan TOR BATAN untuk pelita VI, salah satu program Batan dalam sektor teknologi produksi elemen bakar adalah penguasaan teknologi fabrikasi elemen bakar, baik untuk

reaktor riset dan reaktor daya. Penguasaan teknologi dapat dicapai melalui berbagai strategi, antara lain dengan melakukan penelitian dan pengembangan teknologi yang dikehendaki menggunakan sarana yang dimiliki atau dengan melakukan alih teknologi langsung dari

sumbernya. Sesuai dengan hal tersebut, PEBN melalui fasilitasnya yang ada di BEBE akan mulai melakukan penguasaan teknologi fabrikasi elemen bakar reaktor daya dengan mengembangkan alat yang sudah ada yaitu alat fabrikasi elemen bakar jenis HWR Cirene. Pengembangan alat dimaksudkan untuk membuat elemen bakar jenis HWR (Candu) dan LWR (PWR dan BWR) dengan cara modifikasi. Untuk mencapai hal tersebut pada tahap awal dari kegiatan ini akan dilakukan pengkajian terhadap peralatan fabrikasi yang meliputi peralatan peletisasi, peralatan pembuat komponen dan peralatan perakitan. Pengkajian dilakukan dengan membandingkan bentuk dan ukuran elemen bakar yang ada dengan elemen bakar yang telah digunakan pada reaktor yang telah beroperasi seperti reaktor Candu, PWR dan BWR. Ditinjau dari segi peralatan yang telah ada di Instalasi EBE, untuk membuat elemen bakar lain yang paling mudah dilakukan adalah elemen bakar nuklir jenis HWR-Candu, karena elemen bakar nuklir jenis HWR-Candu ini mempunyai banyak persamaan dengan elemen bakar nuklir Cirene. Namun demikian akan ditinjau juga sejauh mana kemungkinannya untuk membuat elemen bakar jenis LWR. Dalam makalah ini akan ditinjau kemungkinan membuat elemen bakar nuklir lain terutama untuk elemen bakar nuklir jenis HWR dan LWR dengan menggunakan sarana yang telah ada di BEBE.

BERKAS ELEMEN BAKAR

Berkas elemen bakar nuklir reaktor daya

Berkas elemen bakar nuklir untuk reaktor tipe HWR dan LWR terdiri dari batang-batang elemen bakar yang dirakit menjadi rakitan berkas elemen bakar nuklir, sedangkan batang elemen bakar nuklir terdiri dari bahan bakar nuklir (pelet UO_2) dan pembungkus.

Gambar berkas elemen bakar nuklir untuk jenis HWR dan LWR dapat dilihat pada gambar 1 dan gambar 2, sedangkan untuk HWR Candu tipe Pickering dan LWR tipe PWR masing-masing dapat dilihat pada Gambar 3 dan 4.

Bahan, bentuk dan ukuran suatu berkas elemen bakar nuklir untuk suatu reaktor disesuaikan dengan tipe serta kemampuan reaktor itu sendiri. Pada tabel 1 dikemukakan beberapa parameter desain (spesifikasi) untuk macam-macam jenis reaktor HWR dan LWR.

Berkas elemen bakar nuklir di BEBE

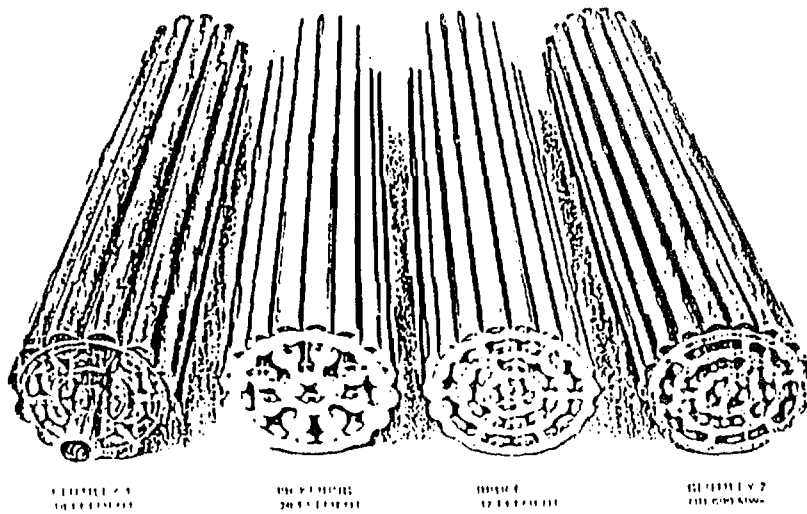
Berkas elemen bakar nuklir yang dibuat di BEBE adalah untuk reaktor berpendingin air dengan moderator air berat yang dikenal dengan nama Cirene. Bentuk elemen bakar nuklir Cirene cukup sederhana, satu berkas terdiri dari 18 batang elemen bakar dengan bahan bakar UO_2 alam dan sebagai bahan pendukung & struktur untuk konstruksinya adalah bahan *zircaloy-2*. Satu berkas rakitan elemen bakar nuklir Cirene terdiri dari 7 bagian komponen dasar seperti terlihat pada gambar 5.

Kemungkinan Modifikasi Peralatan Fabrikasi

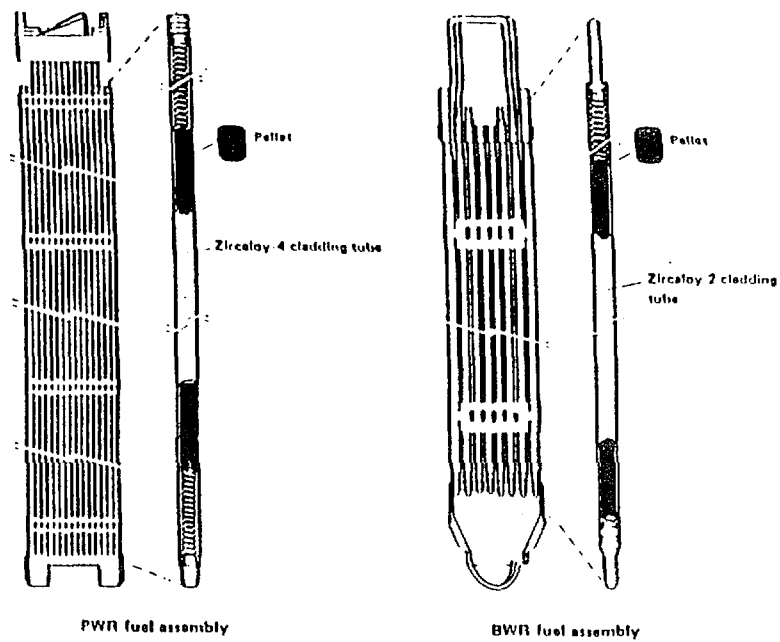
Beberapa macam jenis elemen bakar nuklir telah dikemukakan pada bab II. Ada beberapa perbedaan diantara jenis-jenis yang dikemukakan tersebut, antara lain bentuk dan ukuran berkas, ukuran kelongsong dan bahan berkas/kelongsong. Disamping itu banyak persamaannya diantara yang satu dengan yang lainnya, terutama untuk jenis-jenis elemen bakar HWR. Kalau diperhatikan spesifikasinya, maka elemen bakar nuklir Cirene yang dibuat di BEBE memiliki banyak persamaan dengan jenis-jenis elemen bakar nuklir HWR Candu, khususnya untuk elemen bakar Candu Gently 1

Tabel 1 : Spesifikasi elemen bakar nuklir HWR & LWR

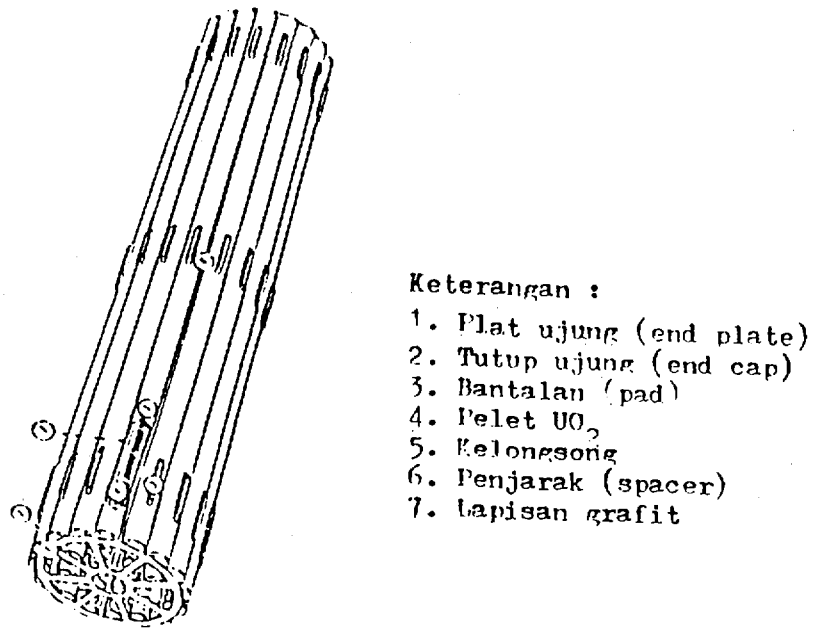
Reaktor	HWR				LWR	
	Cirene	Candu			PWR	BWR
		Gently 1	Pickering	Gently 2		
Bahan bakar	UO_2	UO_2	UO_2	UO_2	UO_2	UO_2
Bahan struktur	Zr-2	Zr-4	Zr-4	Zr-4	Zr-4	Zr-2
Berkas el. bakar :						
-panjang, mm	500	500	495,3	495,3	4058	4500
-tampang lintang	$\varnothing 104,6$	$\varnothing 102,41$	$\varnothing 102,49$	$\varnothing 102,49$	214x214	139x139
Batang el. bakar :						
-diameter luar	20	19,74	15,19	13,08	9,5	12,3
-tebal kelongsong	0,51	0,49	0,38	0,38	0,57	0,86
-Jumlah /berkas	18	18	28	37	264	62



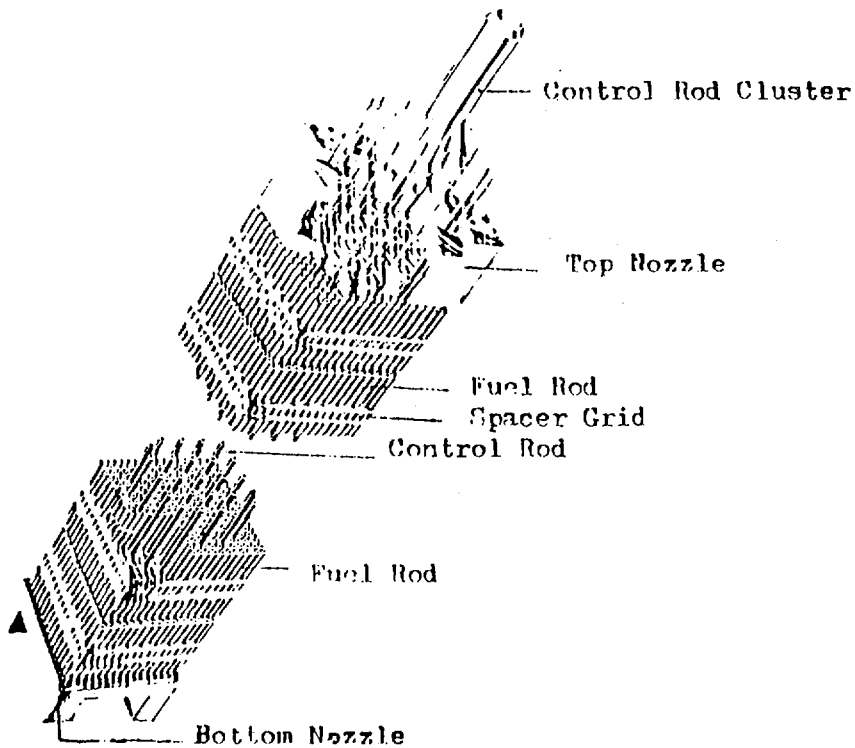
Gambar 1. Berkas elemen bakar jenis HWR Candu



Gambar 2. Berkas elemen bakar jenis LWR (PWR dan BWR)

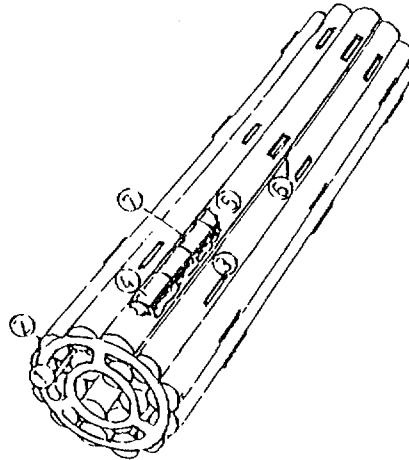


Gambar 3. Berkas elemen bakar jenis HWR Candu tipe Pickering dan komponennya



Gambar 4. Berkas elemen bakar jenis LWR tipe PWR dan komponennya

1. Plat ujung (end plat) zirkaloy.
2. Tutup (end cap) zirkaloy.
3. Bantalan (bearing pad) zirkaloy.
4. Pelet UO_2
5. Kelongsong (tube) zirkaloy.
6. Penjarak (spacer) zirkaloy.
7. Lapisan grafit.



Gambar 5. Berkas elemen bakar Cirene

Ditinjau dari segi peralatan fabrikasi yang ada di BEBE, pembuatan elemen bakar nuklir lain dengan tipe yang sama (HWR) adalah yang paling mungkin dilakukan, oleh karena bentuk dan dimensinya yang hampir sama.

Elemen bakar HWR seperti jenis Candu mempunyai jumlah batang elemen bakar setiap berkasnya lebih banyak dari pada jumlah batang elemen bakar Cirene. Elemen bakar LWR yang mempunyai bentuk dan ukuran berkas yang sangat berbeda dengan elemen bakar Cirene maka diperlukan ukuran dan bentuk komponen-komponen berkas elemen bakar yang berlainan.

Agar peralatan fabrikasi yang ada di BEBE dapat dipakai untuk membuat elemen bakar lain, maka harus diadakan perubahan/ modifikasi pada beberapa komponen alat fabrikasi (peralatan proses peletisasi, peralatan proses pembuatan komponen dan peralatan proses perakitan).

Berikut ini akan dibahas alat-alat proses fabrikasi yang ada di BEBE dan kemungkinan modifikasi alat-alat tersebut untuk membuat elemen bakar lain terutama untuk elemen bakar jenis HWR dan LWR.

Peralatan Peletisasi

Salah satu komponen utama elemen bakar, baik untuk reaktor tipe LWR maupun HWR adalah pelet UO_2 yang berbentuk silindris. Pelet UO_2 tersebut dibuat dari serbuk UO_2 melalui proses peletisasi. Teknik peletisasi yang ada di BEBE adalah *cold pressing* yang diikuti dengan *sintering* dan *grinding*.

Cold pressing dilakukan dengan alat *double acting press* yang mempunyai cetakan pelet berupa piston (*punch*) dan lobang metris (*dies*) dimana *punch* dan *dies* tersebut mempunyai ukuran yang sesuai dengan desain pelet elemen bakar Cirene.

Hasil dari *cold pressing* ini adalah berupa *green pellet*. *Green pellet* ini selanjutnya disinter dalam tungku *sinter* untuk mendapatkan sifat-sifat pelet yang memenuhi persyaratan operasi reaktor. Setelah proses *sintering* selesai pelet sinter digerinda dengan menggunakan mesin gerinda tanpa pusat (*centerless grinding machine*).

Peralatan peletisasi utama adalah alat cetak pelet yaitu *punch* dan *dies* yang sifatnya dapat dibongkar pasang, sehingga memungkinkan macam-macam ukuran *punch* dan *dies* untuk

dipasang pada alat pres yang ada. Modifikasi *punch* dan *dies* disesuaikan dengan ukuran pelet yang diinginkan sesuai dengan jenis elemen bakar yang dikehendaki baik untuk jenis HWR maupun LWR.

Selain alat pres terdapat alat gerinda tanpa pusat (*centerless grinder machine*) yang fungsinya untuk menyamakan ukuran diameter pelet setelah proses sinter. Alat inipun didesain sesuai dengan diameter pelet elemen bakar Cirene, sehingga untuk menggerinda pelet elemen bakar jenis lain (HWR / LWR) perlu modifikasi komponen alat gerinda yang ada.

Peralatan Pembuatan Komponen

Elemen bakar nuklir yang difabrikasi di BEBE adalah jenis HWR Cirene dengan bahan dasar untuk komponen-komponen pendukungnya adalah *Zircaloy-2*. Adapun komponen-komponen yang diperlukan untuk rakitan elemen bakar meliputi kelongsong yang siap dirakit, tutup kelongsong dan plat ujung. Kelongsong yang siap dirakit adalah tabung Zr dengan dimensi tertentu yang telah dilengkapi dengan penjarak, bantalan dan bagian dalamnya telah dilapisi grafit. Oleh karena itu secara keseluruhan fabrikasi komponen ini akan meliputi pembuatan bantalan dan penjarak, pembuatan tutup kelongsong (*end cap*), pembuatan plat ujung (*end plate*) dan penyiapan kelongsong.

Kalau dibandingkan dengan elemen bakar jenis-jenis HWR-Candu, komponen elemen bakar yang ada (Cirene) mempunyai banyak kesamaan hanya bentuk dan ukuran yang sedikit berbeda seperti terlihat pada gambar 3, gambar 5 dan tabel 1. Dengan demikian alat-alat fabrikasi yang ada sekarang ini mempunyai peluang yang besar untuk dimodifikasi guna membuat elemen bakar jenis-jenis HWR-Candu. Adapun alat-alat yang perlu dimodifikasi itu adalah sebagai berikut :

Alat pembuat *end cap*

Pembuatan *end cap* batang elemen bakar menggunakan mesin bubut yang dilengkapi *spacial cutting tool* untuk *end cap*. *Spacial cutting tool* ini adalah khusus untuk membuat *end cap* diameter tertentu (untuk elemen bakar Cirene) yang dapat dibongkar pasang. Sedang untuk elemen bakar lain yang mempunyai diameter kelongsong yang berlainan, dengan sendirinya diameter tutup ujungpun berlainan sehingga untuk membuat tutup ujung perlu *spacial cutting tool* yang sesuai sehingga perlu

modifikasi *spacial cutting tool* yang dapat untuk membuat *end cap* elemen bakar HWR Candu.

Alat pembuat *end plate*

Pembuatan *end plate* berkas elemen dengan memakai mesin *copy milling*, dengan bentuk *master end plate* yang sesuai dengan *end plate* elemen bakar Cirene. Dengan mengganti *master end plate*, alat milling tersebut memungkinkan untuk membuat *end plate* elemen bakar jenis HWR Candu.

Alat pembuat bantalan dan penjarak

Untuk pembuatan bantalan dan penjarak digunakan mesin pres yang dilengkapi dengan *blanking dies* untuk mencetak bantalan dan penjarak. Dengan melakukan modifikasi *blanking diesnya*, mesin pres tersebut memungkinkan untuk membuat bantalan maupun penjarak pada elemen bakar jenis HWR Candu.

Alat-alat sistem *brazing* dan *grafit coating*

Seperti halnya alat pembuatan komponen yang lain alat-alat sistem *brazing* dan *grafit coating* ini memungkinkan untuk dimodifikasi untuk elemen bakar jenis HWR Candu.

Untuk membuat elemen bakar LWR (PWR dan BWR) alat-alat fabrikasi komponen elemen bakar yang ada masih ada peluang meskipun tidak sebesar kalau mau membuat elemen bakar jenis HWR-Candu. Karena kalau dilihat pada gambar 3, gambar 4 dan tabel 1 bentuk dan ukuran elemen jenis-jenis LWR sangat berlainan dengan bentuk elemen bakar Cirene.

Kalau diperhatikan pada gambar 2 dan 4, komponen-komponen elemen bakar LWR seperti *Top nozle*, *Bottom nozle*, *grid-grid spacer* nampaknya sulit untuk dibuat dengan alat yang ada, akan tetapi ada yang bisa dibuat dengan alat yang ada, seperti pembuatan *end cap* dan pemotongan kelongsong dapat dikerjakan dengan mesin bubut yang telah tersedia.

Peralatan Perakitan

Untuk merakit elemen bakar HWR atupun LWR prosesnya sama dengan proses yang ada, yaitu pertama proses perakitan batang elemen bakar dan kedua proses perakitan berkas elemen bakar, hanya sistem pengelasan yang digunakan berbeda. Perakitan elemen bakar Cirene dan HWR Candu menggunakan sistem pengelasan yang sama yaitu sistem las tahanan listrik, baik

untuk perakitan batang elemen bakar maupun untuk perakitan berkas elemen bakar. Pada perakitan batang elemen bakar LWR pengelasan and cap dengan kelongsong menggunakan sistem las TIG sedangkan untuk merakit berkas elemen bakarnya digunakan sistem baut. Beberapa alat proses perakitan yang ada dan sejauh mana bisa dimodifikasi adalah sebagai berikut :

Pengelasan tutup I dan II batang elemen bakar

Pengelasan ini dilakukan dengan mesin las resistansi gaya magnet (magnetic force resistance welding machine). Pada alat las ini komponen-komponen seperti klem, *colet*, elektroda *colet* yang berfungsi untuk memegang kelongsong dan tutup ujung selama proses pengelasan adalah khusus untuk ukuran batang elemen bakar tertentu (elemen bakar Cirene). Mesin las ini mempunyai kemungkinan untuk mengelas batang elemen bakar jenis HWR Candu dengan modifikasi komponen tersebut sesuai dengan ukuran batang elemen bakar yang dikehendaki.

Pemasukan deret pelet kedalam kelongsong

Proses pemasukan pelet kedalam kelongsong dilakukan dengan mesin pengering & pengisi pelet. Alat pengering dan pengisi pelet ini mempunyai fungsi untuk mengeringkan dan mengisikan deret pelet kedalam kelongsong. Selain untuk mengeringkan dan mengisikan pelet alat ini juga sudah didesain untuk melakukan pengelasan dengan sistem las TIG. Fasilitas las yang sudah tersedia seperti welding box, sistem vakum, sistem pengisian gas inert dan sistem mekaniknya, hanya saja mesin las jenis TIG belum tersedia.

Agar mesin pengisi & pengering pelet ini bisa digunakan untuk ukuran batang elemen bakar jenis HWR Candu maka tutup sementara dan *colet* pemegang kelongsong harus dimodifikasi, sedangkan dengan penambahan mesin las jenis TIG memungkinkan untuk merakit batang elemen bakar jenis LWR, karena perakitan batang elemen bakar LWR menggunakan sistem las TIG.

Pembentukan *end cap* batang elemen bakar

Setelah kedua *end cap* dilas dengan kelongsong maka untuk selanjutnya dilakukan pembentukan ujung *end cap* ini dengan mesin bubut. Seperti halnya yang lain mesin bubut inipun mempunyai komponen-komponen seperti klem pemegang kelongsong dan *spacial cutting tool* untuk ukuran elemen bakar tertentu (elemen

bakar Cirene). Jadi dengan melakukan modifikasi komponen-komponen tersebut alat ini mampu untuk mengerjakan batang elemen bakar lain jenis HWR Candu.

Pengelasan *end plate*

Pengelasan ini untuk merakit berkas elemen bakar dan dilakukan dengan mesin las tahanan listrik yang mempunyai pemegang berkas (*jig & fixture*) khusus untuk berkas elemen bakar tertentu (berkas elemen bakar Cirene). *Jig & fixture* ini dapat dimodifikasi untuk ukuran berkas elemen bakar HWR Candu.

Hasil kemungkinan modifikasi alat fabrikasi

Dari pembahasan alat-alat fabrikasi tersebut diatas dihasilkan beberapa alat yang mempunyai kemungkinan untuk dimodifikasi guna membuat elemen bakar HWR dan LWR adalah sebagai berikut :

Peralatan peletisasi yang berupa mesin pres untuk membuat pelet mentah memungkinkan untuk dimodifikasi *punch* dan *dies* sehingga bisa dibongkar pasang dengan macam-macam ukuran sesuai dengan ukuran pelet jenis HWR dan LWR.

Peralatan pembuatan komponen mempunyai kemungkinan yang besar untuk dimodifikasi guna membuat elemen bakar HWR Candu karena bentuk elemen bakar HWR Candu mempunyai bentuk dan ukuran yang hampir sama dengan elemen bakar yang ada, sedangkan untuk membuat komponen elemen bakar jenis LWR kemungkinannya kecil karena hanya beberapa komponen elemen bakar saja yang mungkin bisa dibuat dengan alat yang ada.

Peralatan perakitanpun demikian halnya seperti peralatan pembuat komponen, bahwa untuk merakit elemen bakar HWR memungkinkan sekali dengan modifikasi beberapa alat perakitan sedangkan untuk merakit elemen bakar jenis LWR hanya sebagian saja (sampai pada batang elemen bakar) itupun harus ditambahkan alat las jenis TIG serta modifikasi alat yang ada.

Hasil selengkapnya mengenai komponen-komponen alat fabrikasi yang perlu dimodifikasi untuk fabrikasi elemen bakar jenis HWR / LWR ditampilkan pada tabel 2.

SIMPULAN

Dengan modifikasi peralatan fabrikasi diharapkan alat fabrikasi yang ada di BEBE dapat dikembangkan untuk membuat elemen bakar jenis HWR dan LWR.

Ditinjau dari segi peralatan yang ada, perubahan / modifikasi akan lebih mudah kalau bahan bakar yang akan dibuat masih dari jenis HWR, misalnya jenis-jenis Candu. Elemen bakar Candu mirip dengan Cirene, keduanya mempergunakan pelet UO_2 dengan Uranium alam serta bahan konstruksinya mempergunakan zircaloy. Ukuran dan bentuknya pun tidak jauh beda hanya berbeda pada diameter batang dan jumlah batang elemen bakar tiap berkasnya.

Untuk membuat elemen bakar jenis LWR, selain modifikasi beberapa komponen alat juga perlu banyak penggantian dan penambahan alat. Hal ini disebabkan bentuk dan ukuran elemen bakar jenis LWR sangat berbeda dengan elemen bakar Cirene.

DAFTAR PUSTAKA

1. Page R.D., Canadian Power Reactor Fuel, Atomic Energy of Canada Limited, Ontario, 1976
2. KWU Fuel Assemblies for Pressurized and Boiling Water Reactors
3. Nuclear Fuel Industries, Ltd
4. Mitsubishi PWR Fuel
5. Dokumen fabrikasi elemen bakar nuklir Cirene

TANYA JAWAB

Taufik Usman

- Kalau pak Tri sebagai pengambil keputusan (*decision maker*), jenis reaktor daya yang mana yang akan dipilih untuk PLTN ditinjau dari aspek ekonomi elemen bakar nuklir dan apa alasannya atau keuntungannya

Tri Yulianto

- Makalah yang saya sampaikan tidak meninjau aspek ekonomi, jadi saya tidak bisa memilih reaktor mana yang dipilih untuk PLTN ditinjau dari aspek ekonomi, yang saya tinjau hanya kemudahan/kesulitan didalam fabrikasinya.

Nurokhim

- Dalam abstrak disebutkan bahwa Cirene adalah jenis reaktor HWR, tentu saja tidak akan sulit untuk dimodifikasi ke jenis HWR (Candu). Karena spesifikasi jelas berbeda dengan LWR, tentu saja sulit untuk modifikasi ke LWR, pertanyaan saya : desain alat tersebut untuk tujuan apa modifikasi ke arah LWR dilakukan ? Dari segi ekonomi dan kapasitas fabrikasi, apakah tidak lebih baik dengan desain alat baru yang spesifik untuk LWR ?

Tri Yulianto

- Modifikasi ke arah LWR dimaksudkan untuk menguasai teknologi fabrikasi elemen bakar LWR dengan mengembangkan alat yang sudah tersedia, dan untuk dapat melakukan desain alat baru yang ekonomis dan memenuhi kapasitas fabrikasi perlu penguasaan teknologi.

Tabel 2. Komponen alat fabrikasi yang dimodifikasi

Nama Alat	Modifikasi untuk elemen bakar	Komponen alat yang perlu dimodifikasi
<p>Peralatan peletisasi :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Powder mixer 2. <i>Double acting press</i> (prepressing) 3. Jaw crusher 4. Granulating and sieving machine 5. <i>Double acting press</i> (final pressing) 6. <i>Sintering furnace</i> 7. <i>Centerless grinding machine</i> 8. Surface grinder 9. Degreasing equipment 10. Ultrasonic cleaning equipment 11. Under vacuum dryer 	<p>HWR / LWR HWR / LWR HWR / LWR HWR / LWR HWR / LWR HWR / LWR HWR / LWR HWR / LWR HWR / LWR HWR / LWR HWR / LWR</p>	<p>Tidak ada. Tidak ada. Tidak ada. Tidak ada. <i>Punch dan Dies.</i> Tidak ada. Blade penyangga pelet. Pemegang pelet . Tidak ada. Tidak ada . Tidak ada.</p>
<p>Peralatan Pembuatan komponen :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Center lathe 2. Precision Center lathe 3. Shearing machine 4. Milling machine 5. Graphite coating unit 6. Press for pad and spacer 7. Weld matic unit 8. Brazing unit 	<p>HWR / LWR HWR / LWR HWR HWR HWR HWR HWR HWR</p>	<p>Cuting tool. Cuting tool. Tidak ada. Master copy milling endplate. Pemegang dan dudukan kelongsong. Blanking <i>dies</i>. Pemegang kelongsong. Pemegang dan dudukan. kelongsong.</p>
<p>Peralatan Perakitan :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Pellet drying and element filling machine 2. Magnetic force welding machine 3. Fuel element machining equipment 4. Pickling unit 5. Welding machine 6. Autoclave unit 	<p>HWR / LWR HWR HWR HWR / LWR HWR HWR</p>	<p>Pemegang tutup kelongsong, Pemegang kelongsong, <u>Catatan</u> :Untuk perakitan batang elemen bakar LWR perlu tambahan alat las TIG. Pemegang tutup kelongsong. Pemegang kelongsong. Elektroda. Pemegang kelongsong. Cuting tool. Tidak ada. Jig dan fixture. Elektroda. Tidak ada.</p>