

## FABRIKASI BATANG KENDALI REAKTOR TRIGA TANPA BAHAN BAKAR

Agoeng Kadarjono, Abdul Rojak  
Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir

### ABSTRAK

Reaktor TRIGA 2000 Bandung di PTNBR telah dioperasikan sejak tahun 1971 menggunakan daya 1000 kW dan dinaikkan hingga daya 2000 kW untuk perhitungan *burn-up* skala lima tahunan yang berakhir tahun 2011, hingga padam di tahun 2013. Reaktor dipadamkan atas dasar ketidakterediaan batang kendali. Demi keberlangsungan operasi reaktor, maka diputuskan membuat batang kendali tanpa bahan bakar secara mandiri kepada PTBBN. Pembuatan batang kendali tanpa bahan bakar (BKRTTB) terdiri dari komponen utamadan komponen penunjang. Komponen utamaberturut-turut terdiri dari kelongsong, tutup atas, pipa penjarak atas, ring penjarak, pipa penjarak bawah, batang penyerap neutron, piring penyangga, batang pengganti berat bahan bakar, tutup bawah, dan sumbat. Komponen penunjang berturut-turut terdiri dari *expanding arbor*, batang penjarak, *crimper*, *welding rotary*, *OD chill*, *chill plug*, dan *glove box*. Baik komponen utama maupun komponen penunjang dibuat dengan cara pemesian menggunakan mesin bubut, mesin *frais*, gergaji mesin, gergaji tangan, *cutting wheel*, mesin las TIG, *tap*, *sney*, micrometer, dan jangka sorong. Bahan-bahan untuk membuat komponen utama dan komponen penunjang terbuat dari SS-304, kecuali batang penyerap neutron terbuat dari bahan B<sub>4</sub>C, dan *glove box* terbuat dari bahan flexiglass. Fabrikasi BKRTTB dimulai dari pemasangan tutup atas pada kelongsong, kemudian berturut-turut diisi dengan pipa penjarak atas, ring penjarak, pipa penjarak bawah, batang penyerap neutron (B<sub>4</sub>C), piring penyangga, batang pengganti berat bahan bakar, tutup bawah, dan diakhiri dengan pemasangan sumbat. Hasil akhir pembuatan dan perakitan batang kendali tanpa bahan bakar dapat diselesaikan sebanyak 4 buah, dan memenuhi syarat berat total dan uji kebocoran.

**Kata kunci** : Reaktor TRIGA 2000 Bandung, BKRTTB, fabrikasi

### PENDAHULUAN

Reaktor TRIGA (*Training, Research, Isotopes, General Atomic*) 2000 Bandung, berjenis reaktor TRIGA Mark II adalah reaktor penelitian tipe kolam, merupakan reaktor nuklir pertama di Indonesia. Di dalam reaktor TRIGA 2000 terdapat teras reaktor yang berisi bahan bakar (*fuel element/FE*) dan batang kendali (*fuel follower control rod/FFCR*), yang keduanya berbentuk silinder. *Fuel Element/FE* berisi bahan bakar UZrH dengan pengkayaan <sup>235</sup>U <19,75% sedang FFCR berisi bahan bakar UZrH dengan pengkayaan <sup>235</sup>U <19,75% dan batang penyerap neutron berbahan boron carbide/B<sub>4</sub>C. Reaktor TRIGA 2000 Bandung dioperasikan menggunakan batang kendali sebanyak 5 buah untuk dapat mencapai daya puncak (2000 KW). Selama beroperasi, reaktor dikendalikan oleh batang kendali tersebut dengan cara disisipkan ke atau ditarik dari teras reaktor sesuai dengan tingkat daya yang diinginkan atau jenis operasi yang dikehendaki.<sup>[1,2]</sup>

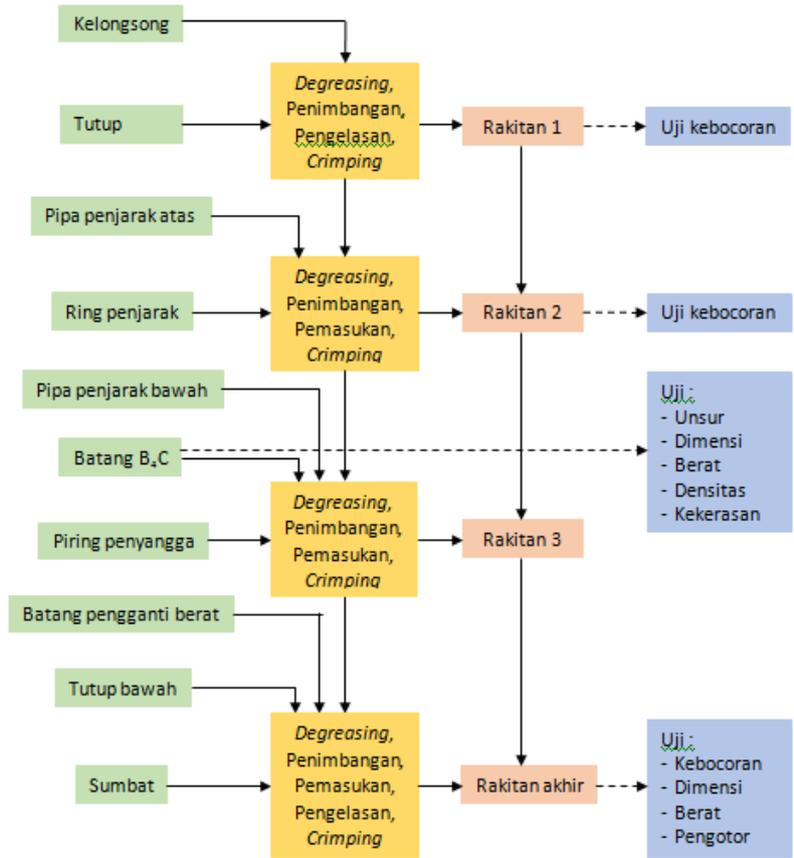
Pada tahun 1971, reaktor TRIGA 2000 Bandung mengawali operasi menggunakan seluruh elemen bakar baru (segar), melakukan perhitungan *burn-up* dengan periode lima tahunan, dioperasikan pada daya 1000 KW dan dapat ditingkatkan hingga daya 2000 KW.

Dari tahun 2011 hingga 2013, reaktor tidak dapat dioperasikan (padam) karena keterbatasan elemen kendali untuk menunjang keselamatan operasi reaktor. Dengan tidak adanya pasokan dari General Atomic maka BATAN berinisiatif untuk membuat batang kendali pengganti<sup>[3,4]</sup>. Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir (PTBBN) ditunjuk sebagai satuan kerja yang bertanggungjawab dalam melakukan riset dan fabrikasi batang kendali pengganti tersebut. Penugasan kepada staf PTBBN-BATAN didasarkan pada pengalaman dalam memproduksi elemen bakar nuklir dan membuat elemen bakar standar TRIGA untuk reaktor Kartini PTAPB-BATAN Yogyakarta<sup>[5]</sup>. Mengingat masih tersedia cukup banyak elemen bakar (FE), maka batang kendali dibuat tanpa menggunakan bahan bakar (batang kendali reaktor TRIGA tanpa bahan bakar/BKRTTBB) dan hanya berisi bahan B<sub>4</sub>C (Boron Carbide). Spesifikasi dan dimensi BKRTTBB tetap mengacu pada FFCR yang ada<sup>[6]</sup>.

Persyaratan yang harus dipenuhi dalam pembuatan BKRTTBB untuk dapat dioperasikan ke dalam reaktor selain keselamatan termohidrolik adalah keselamatan neutronik reaktor nuklir yaitu rentang reaktivitas harus cukup baik dari posisi padam hingga posisi daya maksimum (*control rod worth*) dan pemenuhan kondisi selamat (respon reaktifitas) bila salah satu batang kendali dengan reaktifitas terbesar gagal jatuh (*one stuck rod criteria*) masih menunjukkan kondisi sub-kritis ( $< 0,5$ )<sup>[7,8]</sup>.

## METODOLOGI

Fabrikasi BKRTTBB berupa perakitan komponen utama menggunakan komponen penunjang. Komponen utama berturut-turut terdiri dari kelongsong, tutup atas, pipa penjarak atas, ring penjarak, pipa penjarak bawah, batang penyerap neutron/B<sub>4</sub>C, piring penyangga, batang pengganti berat bahan bakar, tutup bawah, dan sumbat. Komponen penunjang berturut-turut terdiri dari *expanding arbor*, *tool* penjarak, *crimper*, *welding rotary*, *OD chill*, *chill plug*, dan *glove box*. Sebelum dirakit bagian per bagian, seluruh komponen utama di-*degreasing* dan dikeringkan di udara terbuka. Selanjutnya seluruh komponen utama ditimbang, diukur, dan dirakit. Perakitan BKRTTBB dimulai dari pemasangan tutup atas pada kelongsong, dan selanjutnya berturut-turut dimasukkan komponen pipa penjarak atas, ring penjarak, pipa penjarak bawah, B<sub>4</sub>C, piring penyangga, batang pengganti berat bahan bakar, tutup bawah, dan sumbat. Dimensi dan bentuk BKRTTBB mengacu pada FFCR<sup>[9]</sup>.

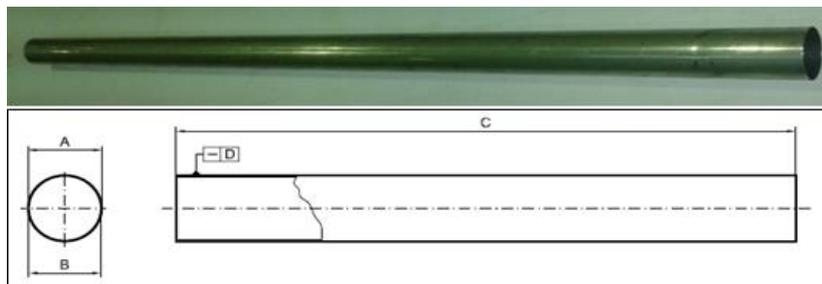


Gambar 1. Metodologi pembuatan BKRTTB<sup>[9]</sup>

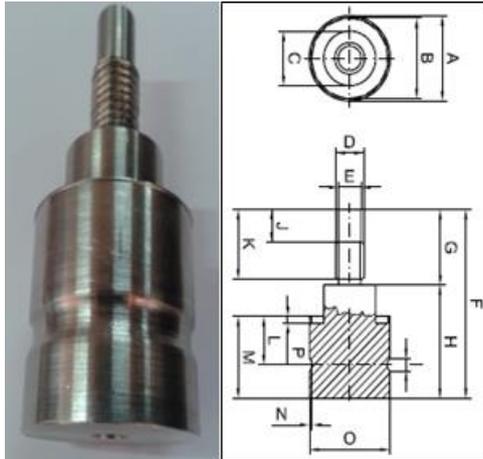
**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Pembuatan komponen utama dan penunjang**

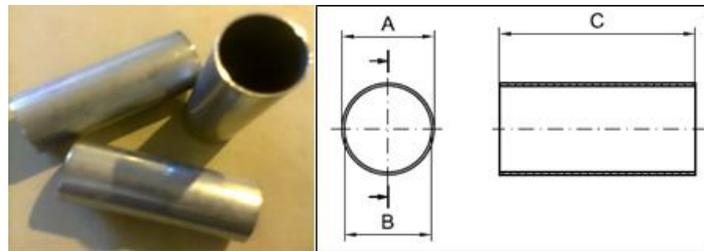
Bahan-bahan yang digunakan untuk membuat seluruh komponen utama adalah logam SS-304. Komponen penunjang yang terbuat dari logam SS yaitu *expanding arbor*, mata *crimper*, *tool* penjarak, *chill plug*, dan *welding rotary*, sedangkan *OD chill* terbuat dari logam tembaga, sementara itu *glove box* terbuat dari bahan *flexiglass*. Seluruh komponen utamadibuat dengan cara pemesian, dan hasilnya berturut-turut ditampilkan pada Gambar 1 hingga 8<sup>[9]</sup>.



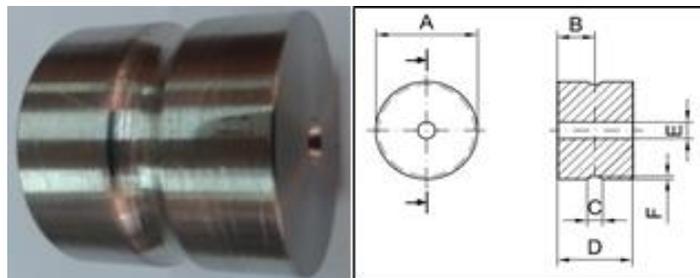
Gambar 2. Kelongsong



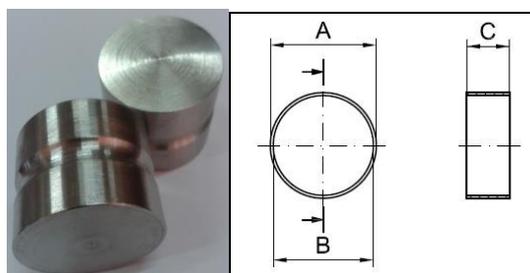
Gambar 3. Tutup Atas



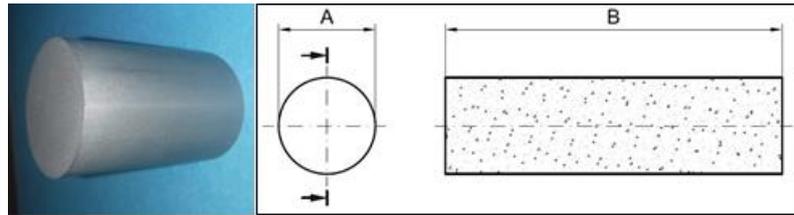
Gambar 4. Pipa Penjarak Atas



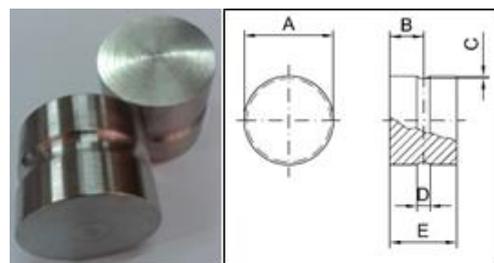
Gambar 5. Ring Penjarak



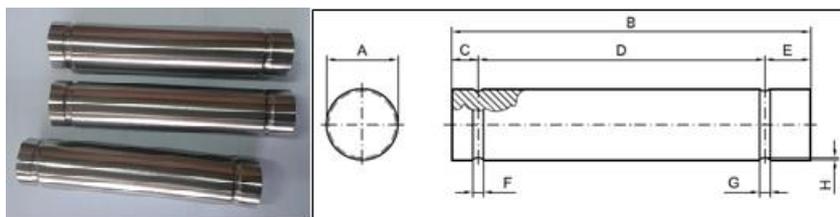
Gambar 6. Pipa Penjarak Bawah



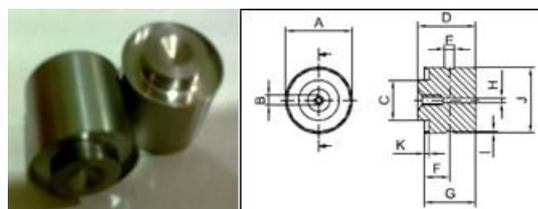
Gambar 7. Batang penyerap neutron



Gambar 8. Piring Penyangga



Gambar 9. Batang Pengganti Berat Bahan Bakar



Gambar 10. Tutup Bawah

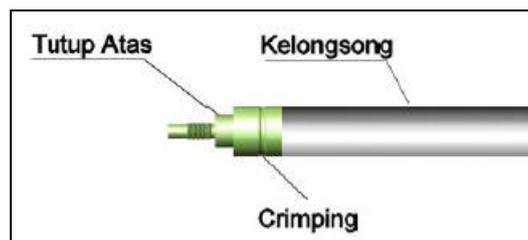
Kebutuhan pembuatan komponen penunjang agar diperoleh kualitas yang diinginkan, kemudahan proses pembuatan, dan mencegah kerusakan komponen utama<sup>[9]</sup>.

### Pemasangan tutup atas pada kelongsong

Sebelum tutup atas dimasukkan ke dalam kelongsong, terlebih dahulu jarak antara dasar cerukan terhadap ujung tutup atas (kode L-Gambar. 3) diukur ke dalam permukaan di salah satu ujung kelongsong (penanda 1). Penandaan ini dilakukan untuk menepatkan posisi cerukan tutup atas terhadap kelongsong sehingga tidak meleset ketika dilakukan *crimping*. Komponen tutup atas dimasukkan ke dalam kelongsong. Ujung

kelongsong akan tertahan oleh diameter luar tutup atas (Kode A-Gambar. 3), lalu tepatkan posisi mata *crimper* pada penanda 1 dan kegiatan *crimping* dilakukan dengan cara memutar kelongsong sambil lalu mata *crimper* ditekan-putar. Kegiatan *crimping* dihentikan bila kedalaman cerukan <5 mm. Metode *crimping* dilakukan untuk mengurangi beban las terhadap berat BKRTTBB dan membantu stabilitas masing-masing komponen. Metode *crimping* (pengkerutan) dipilih karena kesederhanaan proses meskipun tidak terjadi penyatuan permukaan antara kelongsong dan tutup atas. Pada FFCR menggunakan metode *magneform* dengan alat *magnetic pulse welding*. Pada metode ini membutuhkan biaya yang mahal untuk membelinya, dan keunggulan lainnya adalah kemampuan menyatukan dua jenis material yang berbeda<sup>[10,11]</sup>. Selanjutnya *OD chill* dipasang dan dirapatkan pada ujung kelongsong, sedemikian hingga pertemuan ujung kelongsong dan diameter luar tutup atas dapat dilas tanpa hambatan, demikian pula pemasangan *chill plug* pada tutup atas untuk membuat kerataan ujung kelongsong terhadap pengelasan.

Hasil pemasangan tutup atas pada kelongsong dan *crimping*nya ditunjukkan pada Gambar 11.



Gambar 11. Pemasangan tutup atas pada kelongsong (rakitan 1)

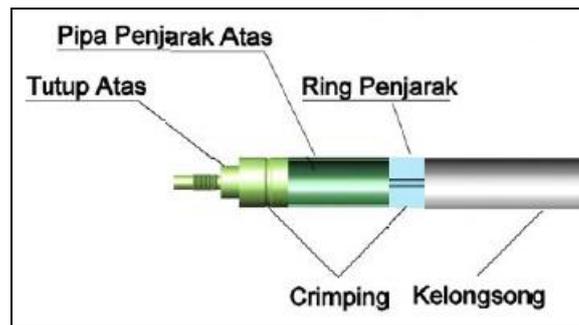
Rakitan kelongsong dan tutup atas dipasang pada *welding rotary* yang sudah diatur kecepatan putarnya ( $\pm 3$  rpm), lalu pengelasan dilakukan menggunakan mesin las TIG. Selanjutnya hasil pengelasan dilakukan uji kebocoran menggunakan alat *leak detector*. Hasil uji kebocoran ditampilkan pada Tabel A.

### **Pemasangan pipa penjarak atas dan ring penjarak pada kelongsong**

Mula-mula penandaan posisi mata *crimper* pada permukaan kelongsong dilakukan dengan cara menjumlah jarak kode M (Gambar. 3), kode C (Gambar. 4), dan kode B (Gambar. 5) sebagai penanda 2. Penandaan juga dilakukan pada *Tool* penjarak dengan cara mengukur jarak ujung lain kelongsong terhadap titik (penanda 3) permukaan kelongsong (jarak kode M, kode C, dan kode D-Gambar. 4) menggunakan pipa penjepit pada *tool* penjarak. Selanjutnya berturut-turut pipa penjarak atas dan ring penjarak dimasukkan ke dalam kelongsong. Bila pipa penjepit sudah mencapai ujung ring penjarak, maka itu berarti ujung *tool* penjarak sudah pada titik penanda 3. Dengan demikian kegiatan

*crimping* pada titik penanda 2 dapat segera dilakukan. Kegiatan *crimping* akan dihentikan apabila kedalaman mata sudah < 5 mm. Pemasangan pipa penjarak dimaksudkan selain untuk menyimpan gas berlebih, juga untuk menempatkan posisi ring penjarak pada posisi yang tepat untuk dikerutkan.

Hasil pemasangan pipa penjarak atas dan ring penjarak pada kelongsong ditunjukkan pada Gambar 12.

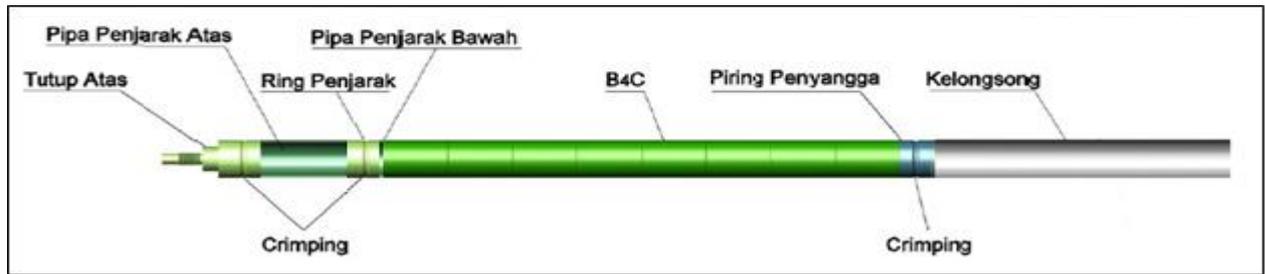


Gambar 12. Pemasangan pipa penjarak atas dan ring penjarak pada kelongsong (rakitan 2)

### **Pemasangan pipa penjarak bawah, B<sub>4</sub>C, dan piring penyangga pada kelongsong**

Mula-mula penanda 4 (jumlah jarak kode C-Gambar. 6, jarak 8 buah kode B-Gambar. 7 dan jarak kode B-Gambar. 8) dan penanda 5 (jumlah jarak kode C-Gambar. 6, jarak 8 buah kode B-Gambar. 7 dan jarak kode E-Gambar. 8) dipasang pada permukaan kelongsong. Demikian pula posisi penanda 3a pada *tool* penjarak (penanda 3 ditambah kode C Gambar. 5)) menyatakan bahwa pipa penjarak bawah sudah dimasukkan ke dalam kelongsong dan berada pada posisinya. Selanjutnya penanda 3b diartikan sebagai satu buah B<sub>4</sub>C sudah pada posisi didalam kelongsong. Demikian seterusnya hingga ke 8 buah B<sub>4</sub>C (penanda 3i) sudah dimasukkan semuanya dan posisi ujung piring penyangga telah tepat di penanda 5. Kemudian kegiatan *crimping* dilakukan pada penanda 4. Pemasangan ke delapan buah B<sub>4</sub>C dan piring penyangga akan mengalami kesulitan karena diameter luar B<sub>4</sub>C dan piring penyangga mempunyai ukuran yang sama dengan diameter dalam kelongsong sehingga setiap pemasukan komponen tersebut akan mendapat tekanan balik dari udara yang terjebak. Ke delapan buah B<sub>4</sub>C akan mempunyai panjang 400 mm, sehingga ke delapan buah B<sub>4</sub>C akan mempunyai panjang berlebih 17 mm (batang penyerap neutron pada FFCR mempunyai panjang 383 mm). Meskipun ke delapan buah B<sub>4</sub>C harus diposisikan ditengah-tengah ketinggian teras reaktor, maka akan berpengaruh pada pengurangan panjang pipa penjarak atas ketika akan dibuat.

Hasil pemasangan pipa penjarak bawah, B<sub>4</sub>C, dan piring penyangga ditunjukkan pada Gambar 13.



Gambar 13. Pemasangan pipa penjarak bawah, B<sub>4</sub>C, dan piring penyangga (rakitan 3)

### Pemasangan batang pengganti berat bahan bakar, tutup bawah, dan sumbat

Sesuai dengan namanya, batang pengganti berat bahan bakar adalah rod pejal yang dipasang pada BKRTTB untuk menggantikan berat bahan bakar pada FFCR dengan berat yang sama. Batang pengganti berat bahan bakar terbuat dari bahan SS-304, dan dengan diketahui nilai densitasnya, maka panjang batang pengganti berat bahan bakar dapat dihitung.

Batang pengganti berat bahan bakar mempunyai dua buah area *crimping* pada masing-masing ujungnya. Pemasangan batang pengganti berat bahan bakar dimulai dari kegiatan *crimping* pada penanda 6 (penanda 5 ditambah jarak C-Gambar. 9) dan penanda 7 pada kelongsong (penanda 5 ditambah jarak D-Gambar. 9).

Pemasangan komponen tutup bawah dilakukan dengan cara yang sama ketika kelongsong akan dipasang komponen tutup atas. Komponen tutup bawah dimasukkan pada ujung lain kelongsong, sedemikian hingga diameter luar tutup bawah akan bertemu dengan kelongsong. Kegiatan *crimping* dilakukan pada daerah penanda 8 pada permukaan kelongsong yaitu jarak kode F-Gambar. 9.

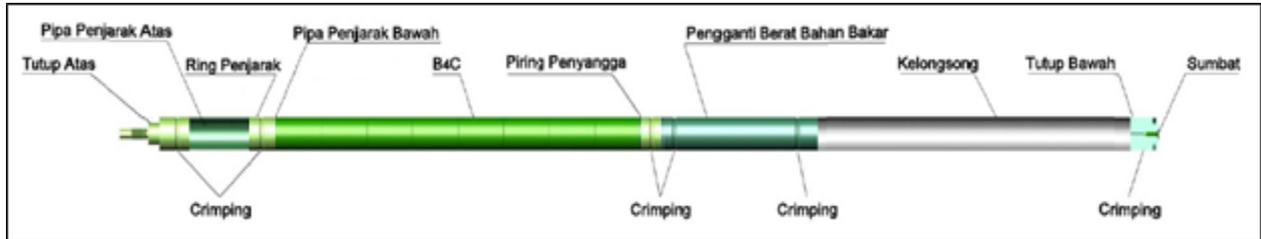
Komponen *OD chill* dipasang dan dirapatkan sedemikian hingga pada pertemuan ujung kelongsong masih terdapat daerah yang mudah untuk dilakukan pengelasan menggunakan komponen *chill plug*. Rakitan *OD chill* pada tutup bawah dipasangkan pada *welding rotary* untuk dilakukan pengelasan menggunakan las TIG.

Hasil pengelasan tutup bawah harus dilakukan uji kebocoran menggunakan detector *leak test*. Hasil uji kebocoran ditunjukkan pada Tabel A.

Apabila hasil uji kebocoran sudah memenuhi syarat, maka komponen sumbat harus dipasang pada tutup bawah. Mula-mula rakitan BKRTTB dimasukkan ke dalam *glove box* untuk dilakukan pemvakuman berulang-ulang, dengan cara *glove box* divakum dan dihembuskan gas He berulang-ulang. Selanjutnya pada posisi *glove* bersuasana gas He, sumbat dipasang dan diulirkan. Rakitan BKRTTB yang sudah terpasang sumbat

dikeluarkan dari *glove box*, kemudian pada permukaan sumbat ditimbun dengan cara pengelasan.

Selanjutnya rakitan BKRTTB diuji kebocoran, dan hasil uji ditunjukkan pada Tabel A. Hasil pemasangan batang pengganti berat bahan bakar, tutup bawah, dan sumbat ditunjukkan pada Gambar 14.



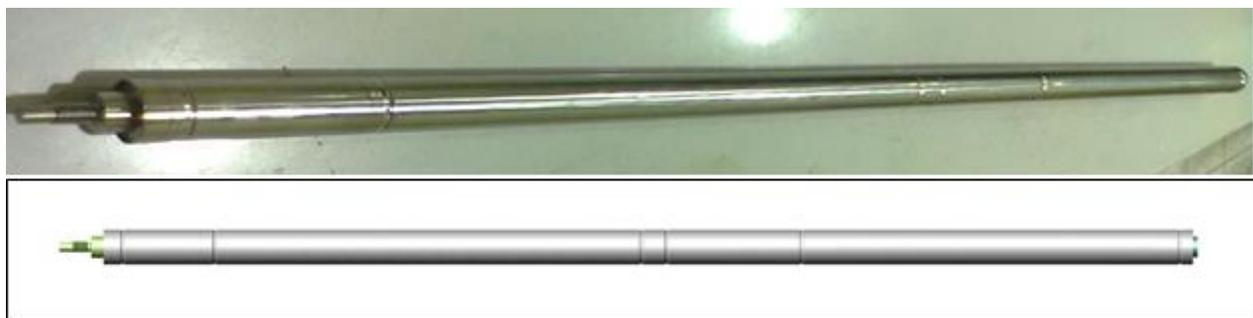
Gambar 14. Hasil pemasangan batang pengganti berat bahan bakar, tutup bawah, dan sumbat (rakitan akhir)

Tabel A. Hasil uji kebocoran BKRTTB.

Kode	Nominal, (mbar.L/s)	Aktual, (mbar.L/s)				Ket.
		BKRTTB-1	BKRTTB-2	BKRTTB-3	BKRTTB-4	
Daerah Las Tutup Atas	≤ 4,8 x 10 <sup>-8</sup>	1,3 x 10 <sup>-10</sup>	1,6 x 10 <sup>-9</sup>	3,4 x 10 <sup>-9</sup>	4,3 x 10 <sup>-9</sup>	Diterima
Daerah Las Tutup Bawah		4,3 x 10 <sup>-10</sup>	5,9 x 10 <sup>-9</sup>	5,8 x 10 <sup>-9</sup>	5,7 x 10 <sup>-9</sup>	Diterima
Rakitan BKRTTB		5,0 x 10 <sup>-9</sup>	4,6 x 10 <sup>-9</sup>	4,9 x 10 <sup>-9</sup>	4,3 x 10 <sup>-9</sup>	Diterima

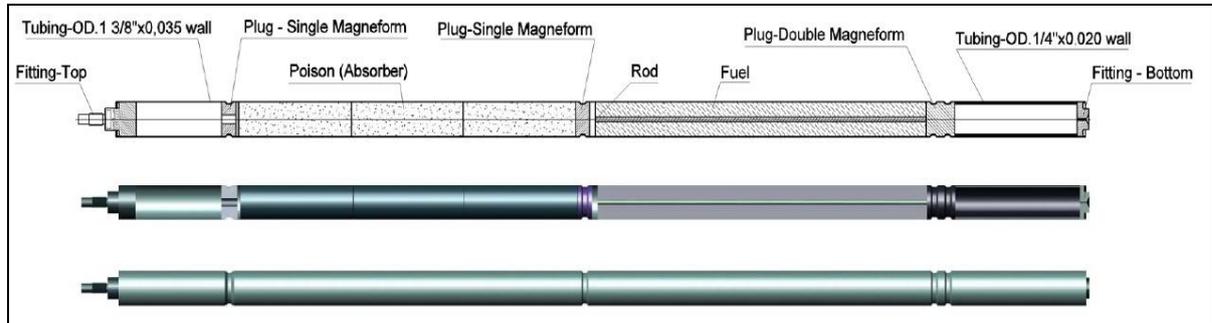
**Proses akhir BKRTTB**

Rakitan BKRTTB dibersihkan dari kotoran akibat proses pemesinan dengan cara dibersihkan menggunakan larutan benzena. Rakitan utuh BKRTTB ditunjukkan pada Gambar 15, sedangkan hasil uji berat ditampilkan pada Tabel B.



Gambar 15. Bentuk utuh hasil rakitan BKRTTB

Bentuk BKRTTBB secara prinsip hampir mirip dengan FFCR, namun yang membedakan adalah penggunaan metode dan posisi *magneform* diganti dengan teknik *crimping*, 4 buah jumlah *magneform* diganti dengan 6 buah jumlah *crimping*, panjang total B<sub>4</sub>C (batang penyerap neutron mempunyai panjang 383 mm menjadi 400 mm karena sulit potong), dan bahan bakar U-ZrH diganti dengan batang pengganti berat bahan bakardari bahan SS 304 seperti ditunjukkan pada Gambar 16.



Gambar 16. FFCR buatan General Atomic

Berat total BKRTTBB diharapkan pada rentang berat nominalnya. Untuk mendapatkan berat pada rentangnya, maka perhitungan akhir diketahui dengan cara mengatur berat batang pengganti berat bahan bakar. Perbandingan berat komponen penyusun FE, FFCR, dan BKRTTBB ditunjukkan pada Tabel B.

Tabel B. Perbandingan berat komponen penyusun FE, FFCR, dan BKRTTBB

Komponen	FE	FFCR	BKRTTBB-1	BKRTTBB-2	BKRTTBB-3	BKRTTBB-4
	Berat (gram)					
Tutup Atas	210.38	259.14	277.99	276.82	276.41	276.53
Tutup Bawah	219.07	65.81	183.43	181.60	182.73	183.42
Kelongsong SS-304	261.25	451.12	421.70	463.00	463.00	460.00
Batang Zr	78.43	78.43	-	-	-	-
Bahan Bakar, U-ZrH	2,469.89	1,882.35	-	-	-	-
Penyerap Neutron, B4C	-	801.21	885.50	885.55	886.19	885.89
Tutup Atas Grafit	115.08	-	-	-	-	-
Tutup Bawah Grafit	163.76	-	-	-	-	-
Pipa Penjarak Atas	-	-	44.40	44.41	44.58	44.49
Ring Penjarak	-	-	167.24	167.71	169.34	167.48
Pipa Penjarak Bawah	-	-	2.00	2.09	2.13	2.05
Piring Penyangga	-	-	172.37	175.73	174.78	174.00
Batang Pengganti Berat Bahan Bakar	-	-	1,205.58	1,159.80	1,158.30	1,161.60
<b>Berat Total</b>	<b>3,517.85</b>	<b>3,538.06</b>	<b>3,360.21</b>	<b>3,356.71</b>	<b>3,357.46</b>	<b>3,355.46</b>
<b>Berat Total (Nominal)</b>			<b>3358.5<sup>±5</sup></b>			

Components	FE	FFCR	BKRTTBB
	Weight (grams)		
Tutup Atas	210.38	259.14	277.99
Tutup Bawah	219.07	65.81	183.43
Kelongsong SS-304	261.25	451.12	421.70
Batang Zr	78.43	78.43	
Bahan Bakar, U-ZrH	2469.89	1882.35	
Penyerap Neutron, B <sub>4</sub> C	-	801.21	885.50
Top Graphite Plug	115.08		
Bottom Graphite Plug	163.76		
Pipa Penjarak Atas			44.40
Ring Penjarak			167.24
Pipa Penjarak Bawah			2.00
Piring Penyangga			172.37
Batang Pengganti Berat Bahan Bakar			1205.58
<b>Total</b>	<b>3517.85</b>	<b>3538.06</b>	<b>3360.21</b>
<b>Total (Nominal)</b>			<b>3358.5<sup>±5</sup></b>

## KESIMPULAN

Fabrikasi BKRTTBB terdiri dari komponen utama yang dirakit pemasangan tutup atas pada kelongsong, kemudian berturut-turut diisi dengan pipa penjarak atas, ring penjarak, pipa penjarak bawah, batang penyerap neutron (B<sub>4</sub>C), piring penyangga, batang pengganti berat bahan bakar, tutup bawah, dan diakhiri dengan pemasangan sumbat. Perakitan BKRTTBB menggunakan komponen penunjang agar komponen utama mudah dibuat, tidak rusak, dan didapatkan kualitas yang diinginkan. BKRTTBB dibuat sebanyak 4 (empat) buah dan memenuhi syarat.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan selesainya perakitan BKRTTBB, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu baik tenaga maupun pemikiran sehingga tulisan dan wujud BKRTTBB dapat diselesaikan.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Hernandez F.A., The Mexican TRIGA Mark-III Reactor with TRIGA Fuel Type 30/20, RERTR-2012, <sup>34th</sup> International Meeting on Reduced Enrichment for Research and Test Reactor, Warsaw Poland, October 14-17, 2012

2. IAEA., History, Development and Future of TRIGA Research Reactor, Technical Report Series No. 482.
3. Setiyanto, Tukiran Surbakti., Analysis of Gamma Heating at TRIGA Mark Reactor Core Bandung Using Plate Type Fuel, Tri Dasa Mega, Jurnal Teknologi Reaktor Nuklir, Vol. 18 No.3, 2016
4. Putranto Ilham Yazid., Laporan Kemajuan Kegiatan Perhitungan Reaktor TRIGA 2000 dengan Elemen Bakar Standar TRIGA, April 2013.
5. Abdul Rojak., Pembuatan Komponen Struktur Dan Perakitan Elemen Bakar Standar Reaktor Kartini P3TM Yogyakarta, 1995.
6. Putranto Ilham Yazid., Kajian Teknis Pengoperasian Reaktor TRIGA 2000 Bandung, Agustus 2013.
7. Prasetyo Basuki., et.al., Kajian Keselamatan Pengoperasian Reaktor TRIGA 2000 Bandung Dengan Menggunakan Batang Kendali Reaktor TRIGA 2000 Tanpa Bahan Bakar (BKRTTB), Jurnal Sains dan Teknologi Nuklir Indonesia, *Indonesian Journal of Nuclear Science and Technology*, Vol. 16 No. 2, Agustus 2015: 93- 104.
8. Islam M.M., et.al., Calculation of Control Rod Worth of TRIGA Mark-II Reactor Using Evaluated Nuclear Data Library JEFF-3.12, IOSR Journal of Applied Physics (IOSR-JAP), e-ISSN: 2278-4861. Volume 9, Issue 4 Ver. IV (Jul.–Aug. 2017),pp. 67-72
9. Rojak A., Paid A., Perancangan Elemen Kendali Tanpa Fuel Follower Reaktor TRIGA-2000 Bandung, Prosiding Seminar Pengelolaan Perangkat Nuklir Tahun 2013, PTBN-BATAN, Serpong 25 September 2013, hal. 8-16, ISSN: 1978-9858
10. Kang B.Y., *Review of Magnetic Pulse Welding*, *Journal Welding and Joining*, Vol. 33 No. 1, 2015
11. Mc Ginley J., *Magnetic Pulse Technology as a Means of Joining Generation IV Cladding Material*, *Proceeding of 17<sup>th</sup> International Conference on Nuclear Engineering, ICONE 17, July 12-16, 2009, Brussels, Belgium*