

## **TITIK KRITIS KONVERSI REAKTOR TRIGA 2000 BANDUNG MENJADI REAKTOR TRIGA BERBAHAN BAKAR PELAT**

Henky P. Rahardjo dan V. Indriati Sri Wardhani

Pusat Sains dan Teknologi Nuklir Terapan – BATAN Jl. Tamansari 71 Bandung, 40132

### **ABSTRAK**

**TITIK KRITIS KONVERSI REAKTOR TRIGA 2000 BANDUNG MENJADI REAKTOR TRIGA BERBAHAN BAKAR PELAT.** Reaktor TRIGA Bandung merupakan fasilitas yang sangat diperlukan, memiliki nilai strategis dan ekonomis, yaitu dapat untuk memback-up produksi radioisotop dan sebagai instalasi penting untuk penelitian dan pendidikan nuklir di Indonesia. Operasi reaktor TRIGA Bandung sebagian besar sangat bergantung pada pasokan bahan bakar dari General Atomic (GA) USA yang saat ini tidak memproduksi lagi bahan bakar reaktor TRIGA tersebut. Sementara di sisi lain BATAN Serpong telah dapat membuat sendiri bahan bakar tipe pelat yang telah digunakan untuk reaktor Serpong. Hal ini bisa menjadi modal bagi BATAN terutama PSTNT sebagai pengelola reaktor TRIGA Bandung untuk melakukan lompatan teknologi guna menjaga agar reaktor TRIGA Bandung tetap beroperasi untuk waktu yang lama. Oleh karena itu melalui peluang ini, peneliti BATAN khususnya PSTNT, merencanakan suatu bentuk konversi dari reaktor TRIGA Bandung dengan mengganti bahan bakar berbentuk batang menjadi tipe pelat, yaitu dengan memanfaatkan bahan bakar buatan BATAN sendiri, sehingga tidak tergantung pasokan bahan bakar dari negara lain (GA). Untuk itu perlu dilakukan beberapa tahapan proses yaitu: Pengumpulan data teknis reaktor TRIGA berbahan pelat yang diinginkan, Perancangan bentuk teras, Perancangan Sistem Pendinginan, Perancangan Sistem perpipaan dan support atau penyangga, Perancangan Sistem instrumentasi kendali dan lainnya, Analisis ulang Struktur Gedung Reaktor, dll. Dengan tahapan proses tersebut perlu dibentuk kelompok-kelompok penanggungjawab yang jelas dan mempunyai kemampuan dalam perancangan agar konversi reaktor tersebut di atas dapat terrealisir.

*Katakunci: reaktor, konversi, silinder, pelat, permasalahan.*

### **ABSTRACT**

**THE CRITICAL POINT OF CONVERSION OF REACTOR TRIGA 2000 BANDUNG TO TRIGA REACTOR FUEL PLATES.** The Bandung TRIGA Reactor is still has strategic and economic value, which may be to back up the production of radioisotopes and as an important installation for nuclear research and education in Indonesia. Operation of Bandung TRIGA reactor largely depends heavily on fuel supplies from General Atomics (GA) USA, but this time the GA as a supplier of standard fuel TRIGA reactor no longer produce the TRIGA reactor fuel. While on the other hand BATAN Serpong has been able to make its own fuel type of plate that has been used for reactor Serpong. This proves the mastery of technology by BATAN fuel. It could be a capital for BATAN especially PSTNT as manager of Bandung TRIGA reactor to perform a technological leap in order to keep the Bandung TRIGA reactors remain in operation for a long time. Therefore, through this opportunity, researchers of BATAN especially PSTNT, plan a form of conversion of the reactor TRIGA Bandung by replacing the fuel rods into a plate type, namely by using fuel made in BATAN itself, so it does not depend on fuel supplies from other countries (GA). To realize the Bandung TRIGA reactor fueled the plate needs to be done several stages of the process are: Collection of the technical data of the reactor TRIGA plate, design of core, design of Cooling Systems, design of piping and support, systems, design of instrumentation control systems, re-analysis Reactor Building structures, etc. With the process steps, necessary to set up the groups in charge of clear and has the ability in the design so that the above-mentioned conversion reactor can be realized.

*Keywords: reactor, conversion, cilinder, plate, problems.*

## 1. PENDAHULUAN

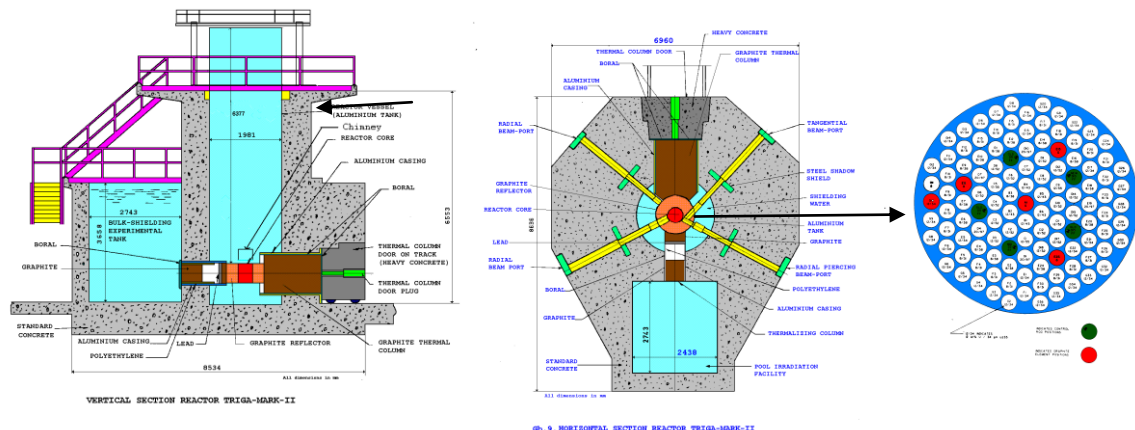
Dalam rangka mendukung program pembangunan nasional, visi, misi dan tupoksi BATAN adalah melakukan kegiatan-kegiatan penelitian, pengembangan dan penerapan energi nuklir, isotop dan radiasi. Kegiatan-kegiatan ini dilakukan untuk mempercepat kesejahteraan bangsa. Oleh karena itu diperlukan sarana atau alat yang dapat digunakan untuk melaksanakan kegiatan tersebut. Reaktor TRIGA 2000 Bandung merupakan fasilitas yang sangat diperlukan dalam penelitian di bidang nuklir. Sampai saat ini Reaktor TRIGA 2000 Bandung masih memiliki nilai strategis dan ekonomis, yaitu dapat untuk memback-up produksi radioisotop dan sebagai instalasi penting untuk penelitian dan pendidikan nuklir di Indonesia. Oleh karena itu operasi reaktor perlu dipertahankan untuk waktu yang lama. Batan Serpong telah dapat membuat sendiri bahan bakar reaktor tipe pelat dan telah digunakan di reaktor Serbaguna Serpong. Dengan kemampuan Batan yang sudah dapat membuat bahan bakar reaktor sendiri ini dapat dimanfaatkan untuk mempertahankan operasi reaktor TRIGA 2000 Bandung jika menggunakan bahan bakar tipe pelat tersebut. Caranya yaitu dengan mengubah teras reaktor yang semula berbentuk silinder menjadi bentuk persegi, atau disebut melakukan konversi reaktor dari bahan bakar silinder ke tipe pelat. Konversi ini mengakibatkan konstruksi teras berubah, sistem pendingin juga berubah serta sistem samping lainnya dapat berubah. Perubahan ini dapat dilakukan dengan penggantian seluruh sistem lama menjadi sistem yang baru, dapat pula hanya mengganti beberapa sistem tertentu dan sistem yang lain masih tetap dipertahankan yang lama, yang disebut modifikasi. Agar lebih ekonomis maka perubahan yang dipilih adalah modifikasi, karena lokasi tetap dipertahankan sehingga izinnya bisa berupa modifikasi bukan

membangun reaktor baru.

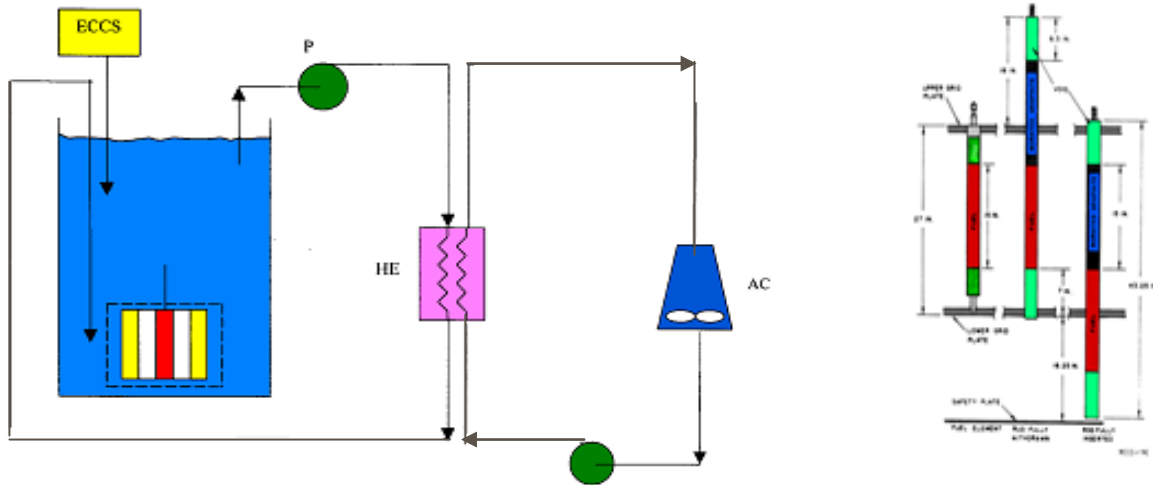
Perubahan sistem yang cukup besar terjadi pada sistem pendingin primer, karena pada sistem pendingin yang lama pendinginan reaktornya dilakukan secara alamiah, sedang sistem reaktor konversi diperlukan pendinginan konveksi paksa, sehingga arah alirannya pun berubah yang semula dari bawah ke atas menjadi dari atas ke bawah. Akibatnya sistem perpipaan pun berubah. Dalam makalah ini diuraikan masalah-masalah yang mungkin timbul dalam melaksanakan konversi reaktor TRIGA 2000 Bandung yang berbahan bakar silinder menjadi berbahan bakar pelat serta cara pemecahan masalah tersebut. Diharapkan dengan uraian ini bisa menjadi masukan untuk melakukan konversi reaktor TRIGA 2000 Bandung menjadi berbahan bakar pelat, sehingga dapat dilaksanakan dengan cepat dan tepat.

## 2. TATA KERJA

Reaktor TRIGA 2000 Bandung merupakan reaktor penelitian yang berdaya maksimum 2000 KW, berbahan bakar silinder yang disusun secara heksagonal di dalam teras. Jumlah elemen bakar untuk mencapai kekritisan berkisar di atas 100 elemen bakar. Reaktor ini dibangun sejak tahun 1964, awalnya berdaya 250 KW, kemudian pada tahun 1971 dayanya *diupgrade* menjadi 1000 KW dan akhirnya pada tahun 2000 dayanya dinaikkan kembali menjadi 2000 KW. Adapun bentuk fisik reaktor dan teras TRIGA 2000 Bandung seperti terlihat pada Gambar 1. Reaktor TRIGA 2000 ini didinginkan oleh air melalui sistem pendingin primer dan sekunder, lihat diagram blok Gambar 2.



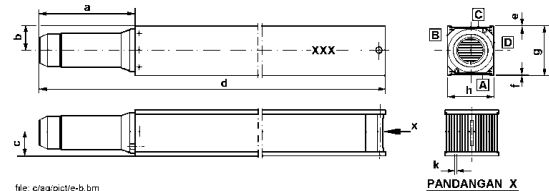
Gambar 1. Irisan Vertikal, Horizontal dan Teras Reaktor TRIGA 2000 Bandung



Gambar 2. Sistem Pendingin Reaktor dan Elemen Bakar Reaktor TRIGA 2000 Bandung

Susunan teras reaktor TRIGA 2000 Bandung adalah heksagonal, berisi ±117 buah elemen bakar berbentuk silinder dengan 5 buah batang kendali. Adapun bentuk dan ukuran elemen bakar dan batang kendali seperti terlihat pada Gambar 2

Dengan sistem, bentuk dan ukuran reaktor TRIGA 2000 Bandung yang demikian, maka jika dikonversikan menjadi reaktor TRIGA yang berbahan bakar pelat perlu dilakukan langkah-langkah yang tepat supaya konversi bisa efisien dan efektif.



Gambar 3. Bentuk dan Ukuran Bahan Bakar Pelat  $U_2Si_2$ -Al buatan BATAN

### 3. KONVERSI REAKTOR DARI BAHAN BAKAR SILINDER KE PELAT

BATAN Serpong telah dapat membuat sendiri bahan bakar  $U_2Si_2$ -Al, tipe pelat dan telah digunakan untuk reaktor Serpong, lihat Gambar 3. Dengan kemampuan tersebut direncanakan suatu bentuk konversi reaktor TRIGA 2000 Bandung menjadi reaktor TRIGA dengan bahan bakar berbentuk pelat[2,3,4], agar tidak tergantung pada pasokan bahan bakar negara lain.

Beberapa sistem reaktor [1] yang penting yang harus diubah dalam konversi reaktor dengan cara modifikasi ini yaitu:

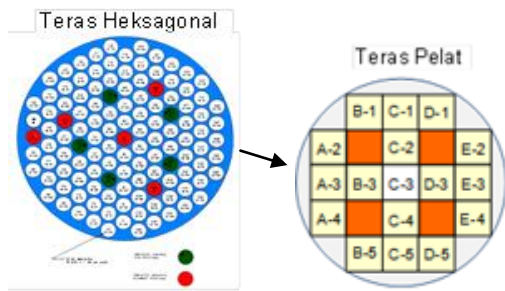
- Sistem teras dan konstruksinya
- Sistem Pendingin Primer
- Sistem Pendingin Sekunder
- Sistem decay tank
- Sistem *Emergency Core Cooling System* (ECCS)
- Sistem pemurnian air

Dari sistem-sistem tersebut di atas ada 3 sistem utama yang penting dalam konversi reaktor ini, yaitu, Sistem teras dan konstruksinya, Sistem Pendingin Primer dan Sistem Pendingin Sekunder.

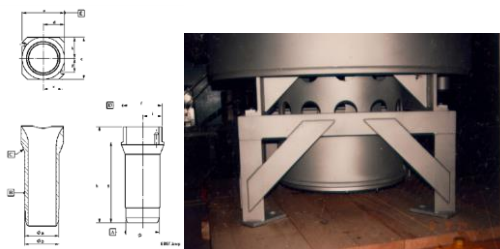
## 4. PEMBAHASAN

### 4.1. Sistem Teras dan Konstruksinya

Bentuk teras TRIGA 2000 Bandung berupa lingkaran dan ukuran elemen bakar pelat lebih besar dari elemen bakar yang lama maka dengan dimensi teras reaktor TRIGA 2000 Bandung yang ada dan ukuran elemen bakar pelat buatan Batan, maka teras reaktor TRIGA maksimum hanya dapat memuat 20 elemen bakar, seperti terlihat pada Gambar 4. Oleh kelompok neutronik banyaknya elemen bakar pelat yang dapat masuk dalam teras reaktor TRIGA akan dianalisis. Analisis neutronik dapat menentukan cukup tidaknya jumlah elemen bakar pelat yang masuk ke dalam teras reaktor TRIGA agar reaksi fisi berantai bisa terjadi. Pada Teras yang lama elemen bakar duduk pada pelat bawah (bottom grade plate) dan pelat atas (top grade plate), sedang teras pelat hanya duduk pada pelat bawah dialur tertentu dan terkunci, serta saling bersebelahan berdiri vertical antar elemen bakar, lihat Gambar 5. Dengan demikian perlu dipikirkan konstruksi meja teras yang kuat baik terhadap beban statis maupun dinamis agar tidak mengganggu gerakan batang kendali.



**Gambar 4. Konversi dari Teras Silinder ke Teras Pelat**



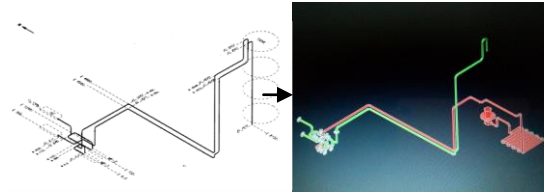
**Gambar 5. Sistem Pengunci Elemen Bakar Pelat dan Meja Teras Reaktor TRIGA**

Meja teras dapat digunakan konstruksi yang lama, hanya harus dihitung kembali kekuatan kaki mejanya akibat beban yang lebih besar, oleh kelompok mekanik.

#### 4.2. Sistem Pendingin Primer

Karena bentuk pendinginan reaktor pelat adalah dialirkan diantara pelat bahan bakar maka perlu system pendingin yang digerakkan oleh pompa yaitu tipe pendinginan paksa dengan arah aliran bisa ke atas atau ke bawah. Untuk arah aliran yang ke atas tidak akan bertentangan dengan arah aliran konveksi alamiah seperti sistem pendinginan pada reaktor TRIGA 2000 Bandung, akan tetapi sistem ini akan berakibat paparan di permukaan reaktor tinggi, karena partikel aktif yang bercampur dengan fluida pendingin akan bergerak ke permukaan reaktor dalam waktu yang pendek, tidak ada waktu tenggang. Untuk menghindari itu, akan lebih baik jika alirannya dari atas ke bawah, sehingga partikel aktif yang terangkut fluida pendingin akan memerlukan waktu tempuh yang panjang untuk mencapai permukaan tangki, karena harus bergerak melalui sistem perpipaan pendingin yang panjang. Oleh karena itu perlu dirancang suatu sistem perpipaan yang routingnya panjang agar waktu tempuh dari teras reaktor menuju permukaan reaktornya mempunyai waktu tenggang (delay time). Karena

situasi ruang yang tersedia dan untuk lebih efisien dalam melakukan konversi reaktor, maka sistem pendingin primer reaktor TRIGA 2000 Bandung masih dapat dimanfaatkan dengan mengubah dan memperpanjang routing perpipaannya. Salah satu pemikiran pemanfaatan dari sistem perpipaan pendingin primer yang lama seperti rancangan awal pada Gambar 6. Pertambahan panjang routing pipa dapat dimasukkan ke dalam Bulk Shielding sehingga tidak memerlukan tambahan ruangan.

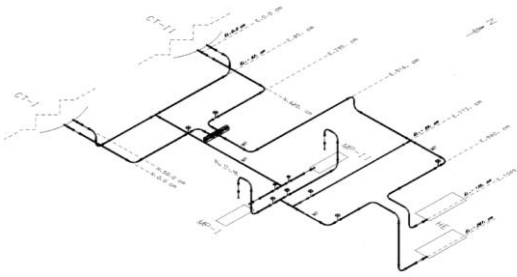


**Gambar 6. Perubahan Routing Perpipaan Sistem Pendingin Primer Reaktor TRIGA Pelat**

Dengan routing pipa seperti terlihat pada **Gambar 6**, perlu dilakukan analisis paparan radiasi di permukaan air tangki, sehingga diperoleh penambahan panjang pipa yang tepat. Dilakukan pula analisis pendinginan untuk menentukan kapasitas pompa, efektivitas penukar panas oleh kelompok termohidrolik. Dengan keadaan sistem perpipaan yang baru perlu dilakukan analisis tegangan pipanya oleh kelompok *Pipe Stress Analysis*, agar tidak terjadi beban berlebih baik beban statis maupun dinamis pada sistem perpipaan pendingin primer.

#### 4.3. Sistem Pendingin Sekunder

Dengan kondisi ruang yang ada dan supaya pelaksanaan konversi reaktor lebih ekonomis maka untuk Sistem Pendingin Sekunder dapat digunakan sistem perpipaan pendingin sekunder Reaktor TRIGA 2000 Bandung yang sudah ada, hanya perlu dilakukan analisis ulang proses pendinginannya, agar dapat ditentukan kapasitas pompa, penukar panas dan cooling tower-nya yang sesuai dengan sistem pendinginan yang baru. Sistem perpipaan pendingin sekunder dapat dilihat pada Gambar 7. Analisis ulang dilakukan oleh kelompok termohidrolik. Diperlukan pula analisis ulang tegangan sistem perpipaannya oleh kelompok *Pipe Stress Analysis*.



**Gambar 7. Perpipaian Sistem Pendingin Sekunder Reaktor TRIGA Pelat sama dengan Reaktor TRIGA 2000.**

Dari uraian di atas maka perlu dibentuk kelompok-kelompok kerja sebagai berikut :

1. Kelompok Neutronik, tugasnya merancang jumlah elemen bakar pelat yang masuk dalam teras reaktor TRIGA sehingga kekritisannya dapat dicapai dan dapat diketahui distribusi fluks dayanya serta diketahui pula kanal-kanal terpanasnya.
2. Kelompok Termohidrolik, tugasnya untuk merancang sistem pendinginan reaktor meliputi pendinginan teras, pendinginan sistem, penentuan kapasitas pompa, penukar panas dll. Kelompok termohidrolik ini juga harus melakukan analisis proses pendinginan baik keadaan tunak maupun keadaan transien.
3. Kelompok Mekanikal, bertugas untuk merancang konstruksi teras dan sistem mekanik lainnya.
4. Kelompok Material, tugasnya adalah untuk melakukan analisis kemampuan material komponen reaktor yang akan digunakan kembali, seperti tangki, pipa pendingin reaktor, serta komponen lainnya.
5. Kelompok Piping, tugasnya untuk merancang routing pipa, letak dan jenis penyangga pipa agar sistem perpipaannya tahan terhadap beban internal maupun eksternal.
6. Kelompok Sipil, bertugas untuk melakukan kaji ulang tentang kekuatan gedung reaktor yang sudah dibangun sejak tahun 1964
7. Kelompok Instrumentasi, tugasnya merancang sistem kendali dan instrumentasi reaktor.
8. Kelompok Listrik, tugasnya merancang sistem catu daya reaktor
9. Kelompok Jaminan Kualitas dan Perijinan Reaktor, tugasnya mengumpulkan semua dokumen dari proses perancangan, fabrikasi dan operasi reaktor untuk digunakan dalam pengajuan izin operasi reaktor.

Dengan demikian akan ada beberapa permasalahan penting yang harus diperhatikan, dalam pelaksanaan konversi Reaktor TRIGA 2000

Bandung menjadi Reaktor TRIGA pelat[2,3,4] yaitu :

1. Lokasi adalah tetap, merupakan lokasi Reaktor TRIGA 2000 Bandung, berarti bentuk dan ukuran ruang merupakan kendala pada saat perancangan
2. Sumber Daya Manusia dalam waktu 2 atau 3 tahun banyak yang pensiun, baik yang terlibat perancangan maupun yang mampu membuat elemen bakar, maka proses perancangan harus cepat dilakukan, maksimum 3 tahun kedepan[5]. Tahun 2019 *blueprintnya* harus sudah selesai serta dalam 3 tahun ini harus melibatkan banyak yang junior untuk alih teknologi. Demikian dari pihak perizinan akan mengalami problem yang sama, maka sejak awal perancangan pihak perizinan harus sudah diikutsertakan
3. Ketersediaan bahan untuk membuat  $U_2Si_2-Al$  belum terjamin kontinuitasnya
4. Fabrikasi di Indonesia kurang memenuhi persyaratan[6,7] dengan demikian sejak awal harus dilibatkan fabrikator-fabrikator yang biasa menangani pekerjaan sistem nuklir, terutama fabrikator dalam negeri. Jika fabrikator dalam negeri belum ada yang mampu BATAN harus membinanya sejak awal.
5. Kerjasama dengan perguruan tinggi, badan, lembaga lainnya belum optimal[8,9,10,11]
6. Pihak Bapeten harus diajak untuk memahami pentingnya konversi reaktor TRIGA 2000 Bandung ini demi kemajuan dan kemandirian bangsa Indonesia.
7. Dana dari pemerintah biasanya tidak turun sekaligus, tapi dicicil. Oleh karena itu perlu perjuangan yang kuat dan tujuan yang jelas untuk mendapatkan dana pelaksanaan konversi tersebut.

Dengan kondisi seperti tersebut di atas maka agar konversi reaktor dari reaktor TRIGA 2000 Bandung menjadi reaktor TRIGA pelat dapat dilaksanakan, perlu dilakukan secara efektif dan efisien melalui pembentukan tim pelaksana dengan struktur yang jelas agar tanggung jawabnya jelas. Perlu dilakukan kerja sama dengan semua instansi baik Perguruan Tinggi, Lembaga, Perusahaan swasta, BUMN (fabricator) dan lainnya, dan pihak badan pengawas (BAPETEN), sehingga tidak hanya dari BATAN sendiri tetapi banyak tenaga-tenaga ahli yang dapat mendukung terwujudnya konversi reaktor ini oleh tenaga-tenaga Indonesia sendiri.

#### 4. KESIMPULAN

Dari hasil pembahasan di atas dapat disimpulkan bahwa, agar keonversi reaktor TRIGA 2000 Bandung menjadi reaktor TRIGA pelat dapat dilaksanakan secara efektif dan efisien perlu dibentuk tim, minimum terdiri dari kelompok neutronik, termohidrolik, mekanikal, piping, material, sipil, instrumentasi, listrik, jaminan kualitas dan perizinan, yang tenaganya dapat diambil dari gabungan personil Batan, Perguruan tinggi dan lembaga lain termasuk fabrikator dalam negeri serta dukungan kuat pemegang kebijakan.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

1. ANONYMOUS, Laporan Analisis Keselamatan Reaktor TRIGA 2000 Bandung, Rev. 2 (2001).
2. YAZID, PUTRANTO ILHAM, Perancangan neutronik untuk mendapatkan teras optimal dari reaktor TRIGA Bandung yang dikonversi, Laporan Triwulan 1, 2 dan 3, Pusat Sains dan Teknologi Nuklir Terapan-BATAN, Bandung, (2015).
3. POEDJO. R. HENKY, V. INDRIATI SRI WARDHANI. Analisis Termohidrolik Kanal Terpanas Teras Reaktor TRIGA Bandung Berbahan Bakar Pelat dengan Program Heat-Hyd, Laporan Triwulan 1, 2 dan 3, Pusat Sains dan Teknologi Nuklir Terapan-BATAN, Bandung (2015).
4. V. INDRIATI SRI WARDHANI, POEDJO. R. HENKY, Analisis Distribusi Temperatur Kanal Terpanas Teras Reaktor TRIGA Bandung Berbahan Bakar Pelat dengan Program FLUENT, Laporan Triwulan 1, 2 dan 3, Pusat Sains dan Teknologi Nuklir Terapan-BATAN, Bandung (2015)
5. POEDJO. R. HENKY, YAZID, PUTRANTO ILHAM, V. INDRIATI SRI WARDHANI, SUDJATMI K, REINALDY NAZAR, PRASETYO BASUKI, Konversi Reaktor TRIGA 2000 Bandung ke Bahan Bakar Tipe Pelat, Proposal Fokus Bidang: Industri, BATAN (2014)
6. ANONYMOUS, Safety Guide on the Utilization and Modification of Research Reactors, IAEA Series 35-G2, Vienna (1993).
7. ANONYMOUS, Peraturan Pemerintah no. 43 tahun 2006, tentang Perizinan Reaktor Nuklir, Badan Pengawas Tenaga Nuklir.(2006)
8. LEE, JUNGWON, Technology Transfer in Developing Countries, S&T Policy and R&D Management Training Program, Seoul, Korea (2001)
9. SHIN, HEE SUNG, Technology Transfer and Assessment, S&T Policy and R&D Management Training Program, Seoul, Korea (2001)
10. SHIGERU WADA, Safety Design of JRR3, The International Seminar on Nuclear Safety, International Nuclear Technology Cooperation Center Radiation Application Development Association, JAPAN, October 20-31, 2003
11. YOSHIO MURAO, Basic Concept of Nuclear Safety Administration, The International Seminar on Nuclear Safety, International Nuclear Technology Cooperation Center Radiation Application Development Association, JAPAN, October 20 -31, 2003.