

PEMBUATAN KUNCI KHUSUS PEMBUKA KONTENER *DSRS* UNTUK MEMINIMALISASI POTENSI BAHAYA RADIASI DALAM KEGIATAN *DISMANTLING*

Suparno, Harwata, Sugianto, Arifin Istavara
Pusat Teknologi Limbah Radioaktif - BATAN

ABSTRAK

PEMBUATAN KUNCI KHUSUS PEMBUKA KONTENER *DSRS* UNTUK MEMINIMALISASI POTENSI BAHAYA RADIASI DALAM KEGIATAN *DISMANTLING*. Pada tahun 2018, telah dilakukan pembuatan kunci khusus pembuka kontener *Disused Seal Radioactive Source (DSRS)* untuk meminimalisasi potensi bahaya radiasi dalam kegiatan *dismantling DSRS*. Tujuan dari kegiatan ini adalah untuk mempermudah dan mempercepat proses pelepasan sumber radioaktif dari pembungkus atau kontennya sehingga dapat meminimalisasi resiko pekerja radiasi terpapar radiasi berlebih. Metode yang digunakan yaitu identifikasi model kunci yang dibutuhkan, perancangan, pemilihan bahan, pengerjaan dan uji fungsi. Hasil yang diperoleh berupa tersedianya kunci untuk 4 model kontener *DSRS* yang berbeda yaitu model kunci "T", model kotak atau persegi empat, model minus ukuran sedang dan besar serta model *double dot*. Kunci ini terbuat dari bahan *carbon steel* yang berasal dari poros motor listrik bekas yang memiliki ketahanan dalam menerima gaya puntir. Dari hasil pengujian diperoleh bahwa waktu pelepasan penutup kontener menggunakan kunci khusus ini lebih cepat dibandingkan dengan membuka dengan kunci konvensional sehingga dapat diasumsikan bahwa jumlah paparan radiasi yang diterima oleh pekerja radiasi lebih kecil.

Kata kunci : kunci khusus, kontener, *DSRS*.

ABSTRACT

MANUFACTURE OF SPECIAL TOOL FOR OPEN THE CONTAINERS OF *DSRS* TO MINIMIZE OF POTENTIAL RADIATION HAZARD ON *DISMANTLING* ACTIVITIES. In 2018, was done manufactured of special tool for container *Disused Seal Radioactive Source (DSRS)* to minimize of potential of radiation expose on dismantling activities. The purpose of this activity is to simplify and speed up the release of radioactive sources from the package or container so as to minimize the risk of the excess radiation exposed for workers. The method is identification of key models required, design, material selection, execution of workmanship and function tests. The results obtained in the form of tool for 4 different *DSRS* container models are key model "T", square or square model, medium and large minus model and double dot model. This tool made from carbon steel material that comes from a used electric motor shaft that has a resistance in receiving torque. From the test results obtained that the release time of the container cover using this special tool is faster than opening with a conventional tool, so it can be assumed that the amount of radiation exposure received by radiation workers is smaller.

Keywords: special tool, container, *DSRS*

PENDAHULUAN

Pada tahun 2016, *International Atomic Energy Agency (IAEA)* memberikan bantuan kepada Indonesia dalam bentuk program *expert mission* tentang pengelolaan sumber radioaktif terbungkus yang tidak digunakan atau yang lebih dikenal dengan istilah *Disused Sealed Radioactive Sources (DSRS)* kategori 3 sampai dengan 5. Program *expert mission IAEA* ini dilanjutkan pada tahun 2018 dengan pertimbangan karena Indonesia masih memiliki banyak model dan jenis *DSRS* yang belum dapat dikelola dengan efektif dan efisien. Selain program *expert mission*, *IAEA* juga

memberikan bantuan dalam bentuk *training* dan *workshop* pengelolaan *DSRS* untuk pekerja radiasi dibidang pengelolaan limbah radioaktif. Pemberian *training* dan *workshop* ini bertujuan agar Indonesia dapat mengelola sendiri *DSRS* dengan baik, efektif dan efisien yang sesuai dengan rekomendasi dari *IAEA* dimasa yang akan datang.

Program *expert mission* ini telah memberikan pengalaman dan pengetahuan baru bagi Indonesia, khususnya bagi Pusat Teknologi Limbah Radioaktif Badan Tenaga Nuklir Nasional (PTLR-BATAN) dalam mengelola *DSRS* yang lebih baik. Pengalaman baru ini adalah kegiatan pendataan, *dismantling* dan kapsulasi berupa pelepasan sumber radioaktif dari kontener atau pembungkusnya untuk dikelompokkan berdasarkan jenis radionuklida dan dikapsulasi serta dicatat dalam dokumen resmi sesuai rekomendasi *IAEA*. *DSRS* yang telah dikapsulasi, selanjutnya ditempatkan dalam wadah yang lebih kecil berupa *shell drum* 200L sehingga dapat mereduksi volume limbah yang berdampak pada efisiensi tempat penyimpanan sementara. Dari kegiatan *expert mission* tersebut, PTLR-BATAN telah berhasil melakukan pendataan, *dismantling* dan kapsulasi serta pewadahan *DSRS* terhadap lebih dari 570 unit zat radioaktif.[1][2]

Kegiatan *dismantling* dilakukan terhadap *DSRS* kategori 3 sampai dengan 5 dengan jenis dan aktivitas radionuklida serta paparan radiasi yang beragam. Jenis radionuklida yang telah berhasil dikelola dalam kegiatan *dismantling* ini adalah C-18, Co-60, Cs-137 dan Am-241/Be dengan aktivitas sumber radiasi berkisar antara 0,02 Currie sampai dengan 13 Currie dan paparan radiasi berkisar antara 0,0016 mSv/j sampai dengan 600 mSv/j. Dengan kondisi ini, petugas radiasi sangat berpotensi terkena paparan radiasi berlebih mengingat pelaksanaan *dismantling* dilakukan dengan cara kontak langsung dengan pembungkus atau kontener *DSRS* untuk melepas penutup atau pengungkungnya.[1]

Potensi terkena paparan berlebih juga dapat dipengaruhi oleh bentuk kontener atau pembungkusnya. Hal ini karena masing-masing kontener atau pembungkus memiliki bentuk pengunci atau penutup yang khusus sehingga membutuhkan teknis pelepasan dan peralatan bantu berupa kunci yang berbeda pula. Kendala yang dihadapi, umumnya kunci yang dibutuhkan untuk melepas pengunci atau penutup kontener sulit ditemukan dipasaran. Untuk mengatasinya dilakukan improvisasi dengan menggunakan peralatan atau kunci yang ada. Hal ini menyebabkan kegiatan melepas penutup kontener membutuhkan waktu pengerjaan yang lebih lama sehingga pekerja radiasi berpotensi mendapat paparan berlebih.

Dengan mempertimbangkan faktor keselamatan dalam meminimalisasi potensi paparan radiasi bagi pekerja radiasi, maka dibutuhkan penggunaan kunci atau peralatan bantu yang sesuai. Hal ini diharapkan proses pelepasan pengunci atau penutup kontener atau pembungkus dapat dilaksanakan lebih cepat dan dapat mengurangi potensi paparan radiasi bagi pekerja radiasi. Dengan berdasar pada kendala yang dihadapi tersebut, maka dilakukan pengembangan pembuatan kunci khusus *DSRS* menggunakan bahan bekas yang tersedia dengan memanfaatkan fasilitas perbengkelan yang terdapat di PTLR- BATAN.

Tujuan dari kegiatan pembuatan kunci khusus *DSRS* ini adalah untuk mempermudah dan mempercepat proses pelepasan sumber radioaktif dari pembungkus atau kontenernya sehingga dapat meminimalisasi resiko pekerja radiasi terpapar radiasi berlebih.

TEORI/POKOK BAHASAN/PEMODELAN

Besi dan baja paling banyak dipakai sebagai bahan industri karena disamping alasan nilai ekonomi, juga karena sifat-sifatnya yang bervariasi. Bahan tersebut mempunyai berbagai sifat dari yang paling lunak dan mudah dibentuk sampai dengan yang paling keras dan tajam. Dari unsur besi, berbagai bentuk struktur logam dapat dibuat, sehingga besi dan baja disebut dengan bahan yang kaya dengan sifat-sifat. Unsur paduan utama besi dan baja adalah karbon.[3] Baja karbon sedang (*medium carbon steel*) memiliki kandungan karbon 0,3% sampai mendekati 0,55%. Baja karbon sedang memiliki kekerasan dan kekuatan di atas baja karbon rendah tetapi sifat mampu bentuknya lebih buruk dibandingkan baja karbon rendah. Kandungan karbon pada baja jenis ini sangat mendukung untuk dilakukan proses perlakuan panas *hardening*. Aplikasi baja karbon sedang antara lain sebagai bahan pembuatan poros, as, roda gigi, pegas, dan lain-lain.[4]. Dengan mengacu pada teori diatas dan ketersediaan bahan bekas di bengkel Bidang Pengembangan Fasilitas Proses (BPFL), maka dipilih bahan *carbon steel* dari bekas poros motor listrik dan *stainless steel* dari bekas kunci untuk bahan pembuatan kunci khusus *DSRS*. Hal ini dengan pertimbangan bahwa untuk membuka pengunci atau penutup kontener *DSRS* tidak membutuhkan kekuatan puntir yang besar.

METODOLOGI

Bahan

Bahan yang dipakai untuk membuat kunci khusus *DSRS* antara lain :

1. *Carbon Steel*
2. *Stainless steel*
3. Elektroda las listrik

Peralatan

1. Mesin bubut
2. Mesin frais
3. Mesin bor
4. Mesin gerinda
5. Mesin las listrik
6. Kikir
7. Ragum
8. Mesin gergaji besi

Tata Kerja

1. Identifikasi Model Kunci
Identifikasi model kunci dilakukan dengan mengamati dan mendata jenis pembungkus atau kontener *DSRS* yang memiliki penutup atau pengunci dengan model khusus yang tidak terdapat dipasaran.
2. Pemilihan Bahan
Pemilihan bahan dilakukan dengan cara studi literatur tentang bahan yang sesuai untuk digunakan sebagai kunci dan identifikasi ketersediaan bahan di fasilitas bengkel BPFL.
3. Perancangan

Perancangan model kunci dilakukan berdasarkan hasil identifikasi model kunci dan disesuaikan dengan bahan yang tersedia di fasilitas bengkel BPFL.

4. Pengerjaan

Pengerjaan dilakukan melalui tahapan:

- a. Menyiapkan peralatan perbengkelan yaitu memeriksa kondisi mesin bubut, mesin frais, mesin bor, mesin gergaji, mesin las dan peralatan bengkel seperti ragum, kikir, jangka sorong dan lain-lain.
- b. Menyiapkan bahan berupa bahan untuk membuat kunci seperti *carbon steel* dan *stainless steel* yang berasal dari bahan bekas.
- c. Preparasi bahan dilakukan untuk memperoleh bentuk dan tampilan yang sesuai dengan gambar rancangan. Bahan *carbon steel* yang berasal dari poros motor listrik dipotong dengan gergaji mesin untuk membentuk bagian dasar dari kunci kotak dan kunci minus. Sedangkan untuk kunci T dan *double dot* menggunakan bahan *carbon steel* yang berasal dari *spindle* atau pasak as motor listrik bekas.

d. Pembuatan detail model kunci

1) Kunci T

Bahan *Stainless Steel* yang digunakan telah berbentuk kunci T sehingga proses pembuatannya hanya pada bagian mata kuncinya. Mata kunci dibentuk dengan gerinda pada bagian ujungnya seperti terlihat pada gambar 2 diatas.

2) Kunci Minus

Bahan *Carbon Steel* yang telah dipotong, selanjutnya dilakukan pembubutan untuk membersihkan karat dan membentuk lebih detail sesuai dimensinya. Setelah itu dilakukan pembuatan mata kunci dengan mengikis permukaan bagian bawah dan atas dengan menggunakan mesin frais untuk memperoleh dimensi seperti pada gambar 3. Selanjutnya dilakukan pembuatan lubang untuk gagang kunci dengan menggunakan mesin bor. Gagang kunci terbuat dari bahan *stainless steel* yang dibentuk dengan menggunakan mesin bubut.

3) Kunci Kotak

Pembuatan kunci khusus berbentuk kotak memiliki tahapan yang hampir sama dengan pembuatan kunci minus. Bahan *Carbon Steel* yang telah dipotong, dibubut untuk membentuk detail sesuai dimensinya. Dilanjutkan dengan mengikis permukaan bagian bawah dan atas dengan menggunakan mesin frais untuk membuat mata kunci seperti pada gambar 4. Selanjutnya dilakukan pembuatan lubang untuk gagang kunci dengan menggunakan mesin bor. Gagang kunci terbuat dari bahan *stainless steel* yang dibentuk dengan menggunakan mesin bubut.

4) Kunci *Double Dot*

Bahan *Carbon Steel* yang berasal dari pasak atau *spindle* yang telah dipotong, selanjutnya dilakukan pembentukan untuk membuat mata kunci dengan menggunakan gerinda dan mesin frais. Untuk detail dimensinya dilakukan finishing menggunakan kikir sesuai ukuran yang terdapat pada gambar 5. Selanjutnya dilakukan penyambungan gagang kunci berbentuk T dengan menggunakan mesin las.

5. Uji fungsi

Uji fungsi dilakukan untuk mengetahui kesesuaian dimensi, kekuatan bahan dan kemudahan dalam penggunaannya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada tahun 2018, telah dilakukan pembuatan kunci khusus pembuka kontener sumber radioaktif untuk meminimalisasi potensi bahaya radiasi dalam kegiatan *dismantling DSRS* dengan hasil sebagai berikut:

1. Kegiatan Identifikasi Model Kunci

Kegiatan pembuatan kunci khusus untuk *dismantling DSRS* ini diawali dengan mengamati kendala yang dihadapi dalam melepas penutup atau pengunci DSRS saat mengikuti kegiatan *expert mission IAEA* pada tahun 2016 tentang *dismantling DSRS* kategori 3 sampai dengan 5. Kendala tersebut adalah ditemukannya beberapa penutup atau pengunci DSRS yang memiliki bentuk khusus. Bentuk khusus yang dimaksud adalah PTLR-BATAN tidak menemukan kunci atau peralatan bantu yang sesuai dengan bentuk kunci pada penutup atau pengunci DSRS, baik pada inventori peralatan PTLR-BATAN maupun dipasaran. Dari hasil pengamatan dilakukan pendataan dan identifikasi dimensi dari penutup atau pengunci pembungkus DSRS tersebut. Hasil identifikasi dan pendataan diperoleh paling sedikit ada 4 model bentuk penutup atau pengunci DSRS yang membutuhkan kunci khusus yaitu:

a. Penutup atau pengunci model anak kunci

Model pembungkus DSRS dengan penutup atau pengunci menggunakan anak kunci (*key*) ini banyak terdapat pada inventori di PTLR-BATAN. Pada saat DSRS ini dilimahkan ke PTLR-BATAN, seharusnya disertakan dengan anak kuncinya (*key*) untuk membuka penutup atau pengunci DSRS. Namun pada beberapa proses pelimbahan, anak kunci ini tidak disertakan yang disebabkan karena hilang atau rusak. Untuk mengatasinya, ketika pelaksanaan *expert mission*, para *expert IAEA* menggunakan *master key* untuk membuka kunci pada model pembungkus ini dan *master key* ini hanya dimiliki oleh para *expert IAEA*. *Master key* ini terkadang tidak dapat digunakan karena kondisi pengunci kontener DSRS macet atau tidak dapat diputar. Solusi terakhir jika menemukan kondisi seperti ini adalah dengan memotong pengait pada pengunci menggunakan gergaji atau gerinda. Hal ini sangat berbahaya dan membutuhkan waktu yang relatif lama untuk proses pengerjaannya.

b. Penutup atau pengunci kontener dengan model kunci kotak atau persegi empat.

Model kontener atau pembungkus DSRS ini memiliki penutup atau pengunci berbentuk silinder dengan diameter sekitar 2 cm dan tebal 1 cm. Pada permukaan silinder terdapat ulir atau drat dan pada bagian tengahnya terdapat lubang berbentuk kotak. Lubang ini memiliki dimensi panjang sekitar 0,9 cm dan lebar sekitar 0,9 cm serta dengan kedalaman sekitar 0,7 cm. Lubang inilah yang digunakan untuk menempatkan kunci untuk melepas penutup ini. Bentuk penutup kontener diperlihatkan pada Gambar 1:



Gambar 1. Penutup atau pengunci kontener dengan model kunci kotak, model minus dan model *double dot*.

- c. Penutup atau pengunci kontener dengan model kunci minus sedang dan besar
Penutup atau pengunci model kontener atau pembungkus *DSRS* ini berbentuk silinder dengan ulir pada bagian luarnya. Ada 2 jenis ukuran penutup yaitu sedang dan besar. Penutup atau pengunci ukuran sedang memiliki diameter sekitar 4 cm, sedangkan untuk ukuran besar memiliki diameter sekitar 7,5 cm dengan ketebalan sekitar 1 cm. Pada bagian tengah permukaan penampang silinder terdapat celah memanjang sesuai ukuran diameter pada masing-masing jenis ukuran. Celah ini memiliki dimensi lebar sekitar 0,3 cm dan tebal atau kedalaman sekitar 0,3 cm juga. Celah ini digunakan untuk menempatkan kunci pada saat melepas penutup kontener. Bentuk penutup kontener seperti terlihat pada Gambar 1.
- d. Penutup atau pengunci bentuk *double dot*.
Penutup atau pengunci model kontener *DSRS* ini berbentuk silinder dengan ulir pada bagian luarnya dan tirus pada bagian atasnya. Penutup ini memiliki diameter sekitar 2 cm, sedangkan untuk ukuran tirusnya memiliki diameter sekitar 1,5 cm dengan ketebalan sekitar 2 cm. Pada bagian tengah permukaan penampang silinder yang berbentuk tirus terdapat 2 buah lubang dengan jarak antar lubang sekitar 1 cm dengan kedalaman sekitar 0,5 cm. 2 buah lubang ini digunakan untuk menempatkan kunci pada saat melepas penutup kontener. Bentuk penutup kontener ini seperti terlihat pada Gambar 1.

2. Pemilihan Bahan

Pemilihan bahan dilakukan dengan cara studi literatur tentang bahan yang sesuai untuk digunakan sebagai kunci mekanikal yaitu memiliki sifat sulit untuk dibengkokkan, dilas dan dipotong. Jenis bahan yang sesuai dengan kriteria diatas adalah *chrome Vanadium*, *Molybdenum materials*, *stainless steel* dan *carbon steel*. [5] Dari klasifikasi jenis bahan diatas, dilakukan identifikasi ketersediaan bahan pada fasilitas bengkel BPFL. Hasil identifikasi diperoleh bahwa tidak

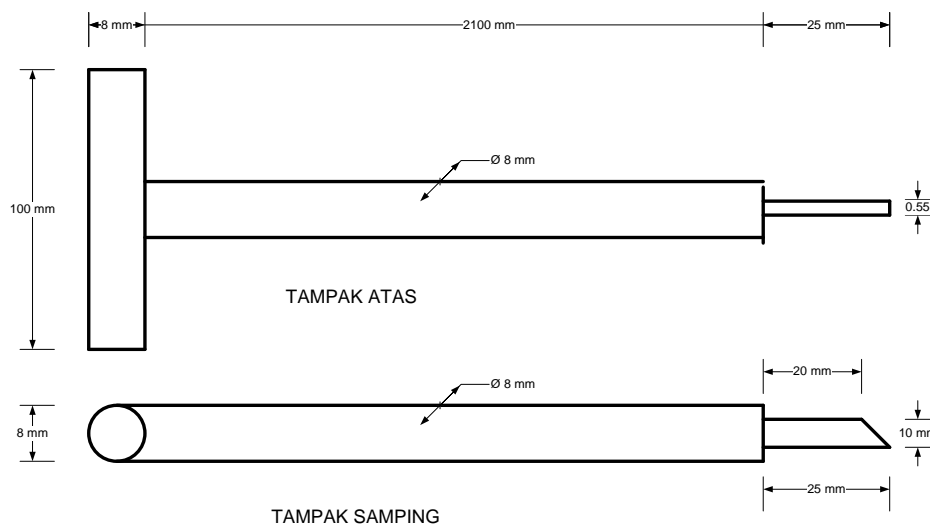
ditemukan bahan mentah (plat, tabung pejal, besi kotak) seperti jenis bahan diatas. Identifikasi dilanjutkan dengan mencari bahan yang berasal dari bagian mesin yang sudah tidak digunakan atau bahan bekas. Hasil pencarian menemukan adanya material *carbon steel* yang berasal dari poros motor listrik bekas, *stainless steel* berbentuk kunci T yang telah rusak serta potongan *stainless steel* yang sudah tidak terpakai.

3. Perancangan

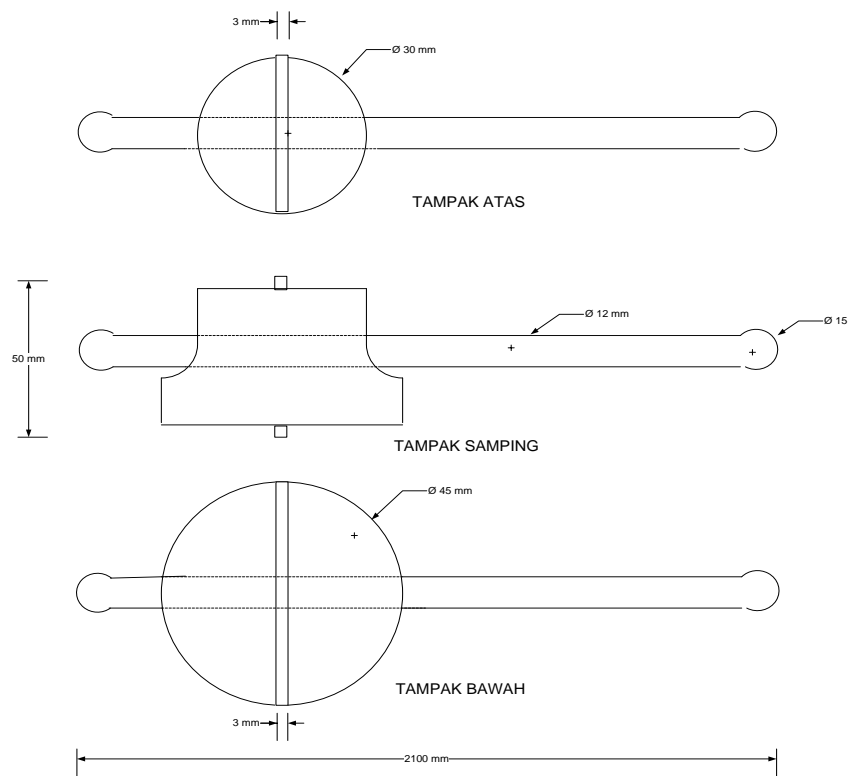
Perancangan model kunci dilakukan berdasarkan hasil identifikasi model kunci dan disesuaikan dengan bahan yang tersedia di fasilitas bengkel BPFL. Perancangan diawali dengan identifikasi kesesuaian bentuk bahan dengan kebutuhan bahan untuk pembuatan kunci. Dari identifikasi bentuk bahan diperoleh hasil sebagai berikut:

- Untuk pembuatan kunci khusus kontener yang menggunakan model anak kunci (*key*) digunakan bahan bekas *stainless steel* berbentuk kunci T.
- Untuk pembuatan kunci khusus kontener yang menggunakan penutup berbentuk model minus (sedang dan besar) digunakan bahan *carbon steel* yang berasal dari poros motor listrik bekas dan potongan *stainless steel* bekas .
- Untuk pembuatan kunci khusus kontener yang menggunakan penutup berbentuk model kotak digunakan bahan *carbon steel* yang berasal dari poros motor listrik bekas dan potongan *stainless steel* bekas.
- Untuk pembuatan kunci khusus kontener yang menggunakan penutup berbentuk model *double dot* digunakan bahan *carbon steel* yang berasal dari *spindle* atau pasak poros motor listrik bekas dan potongan *carbon steel* bekas.

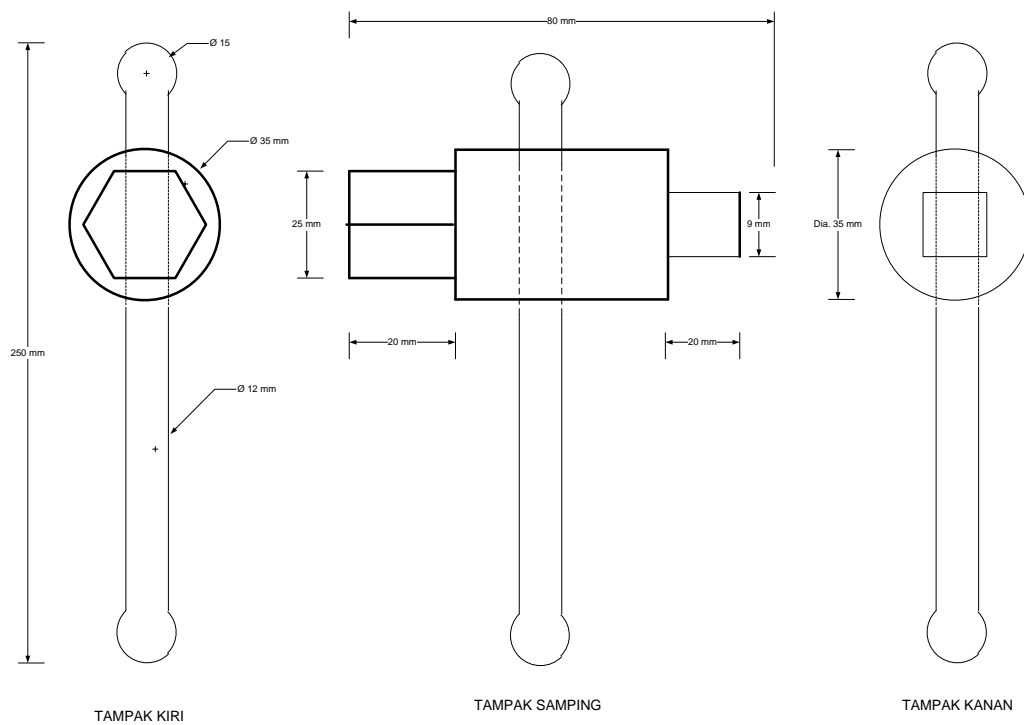
Kegiatan perancangan selanjutnya yaitu membuat gambar teknis yang dilengkapi dengan ukuran sebagai acuan pembuatan kunci khusus. Hasil perancangan dalam bentuk gambar teknis seperti pada gambar berikut:



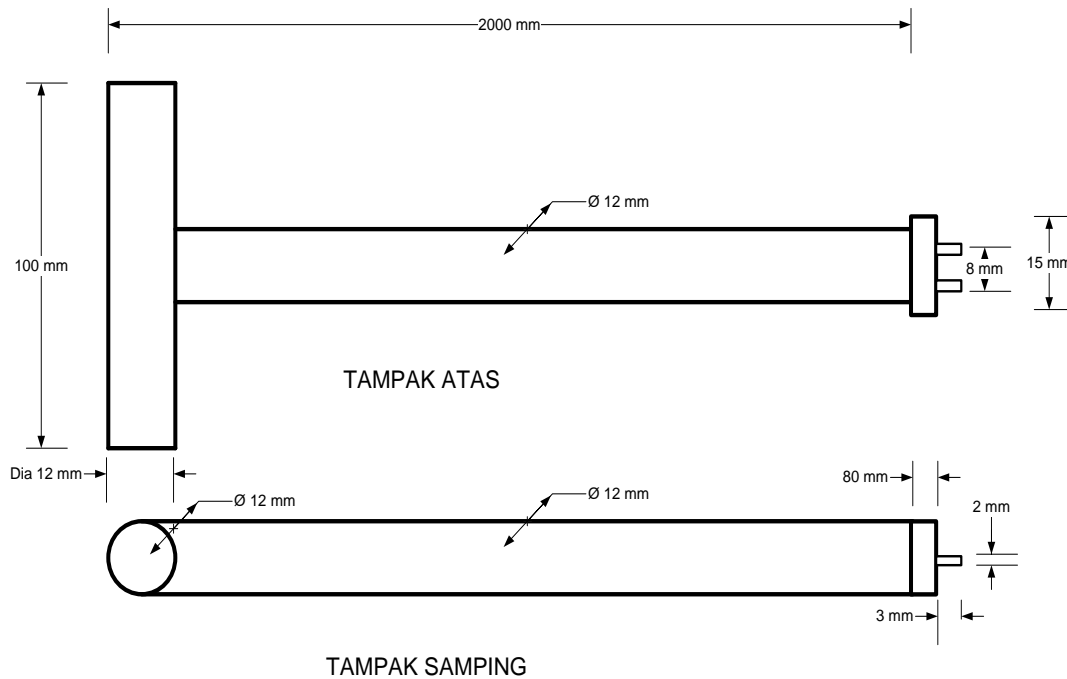
Gambar 2. Gambar Rancangan Kunci T sebagai pengganti anak kunci (*key*)



Gambar 3. Gambar Rancangan Kunci Minus Sedang dan Besar



Gambar 4. Gambar Rancangan Kunci Kotak



Gambar 5. Gambar Rancangan Kunci *Double Dot*

4. Pengerjaan

Seluruh kegiatan pembuatan kunci khusus *DSRS* ini dilakukan di bengkel BPFL-PTLR dengan memanfaatkan bahan bekas yang berasal dari peralatan yang sudah tidak dipakai lagi (rusak). Bentuk kunci khusus *DSRS* disesuaikan dengan bentuk bahan bekas yang tersedia. Bahan bekas yang digunakan umumnya telah mengalami korosif pada permukaan luarnya sehingga harus dibersihkan menggunakan mesin bubut dan amplas. Untuk membentuk bahan bekas menjadi kunci khusus digunakan mesin frais namun terkendala pada ketersediaan ukuran mata pisau mesin frais yang terbatas sehingga membutuhkan waktu pengerjaan yang lebih lama.

Pada saat pengerjaan kunci khusus *DSRS* ini, dilakukan pengukuran dan pencocokan dimensi mata kuncinya. Pengukuran dilakukan dengan mengacu pada gambar rancangan, sedangkan pencocokan dilakukan langsung terhadap pengunci kontener. Dari hasil pencocokan kunci khusus *DSRS* berbentuk kotak diketahui bahwa dimensi pengunci kontener jenis ini memiliki beberapa ukuran yang berbeda yaitu panjang dan lebarnya antara 7 - 9 mm. Untuk mengatasi hal ini, dilakukan pembuatan mata kunci khusus yang berbentuk tirus dan pada bagian sudutnya dibentuk lengkungan. Hasil pembuatan kunci khusus ini seperti terlihat pada gambar 6 berikut:



Gambar 6. Kunci Khusus *DSRS* dari bahan bekas

5. Uji fungsi

Uji fungsi dilakukan untuk mengetahui kesesuaian dimensi, kekuatan bahan dan kemudahan dalam penggunaannya. Uji kesesuaian dimensi dilakukan pada saat pembuatan kunci khusus ini berlangsung yaitu mencocokkan langsung hasil pembuatan detail kunci dengan model penutup atau pengunci kontener *DSRS*. Uji kekuatan bahan dilakukan dengan cara langsung yaitu kunci khusus digunakan untuk memutar penutup atau pengunci kontener *DSRS* yang dijepit pada ragum. Uji kemudahan dalam penggunaan dilakukan dengan cara mengamati dan merasakan kesesuaian bentuk gagang kunci dengan bentuk tangan dan fleksibilitas penggunaannya yaitu untuk mendapatkan kekuatan putar yang maksimal, kemudahan dalam memutar dan tidak membahayakan penggunaannya. Bahaya ini dapat berupa potensi bahaya mekanik maupun potensi bahaya radiasi.

Hasil uji fungsi dari seluruh model kunci khusus diperoleh bahwa:

- Dimensi dari kunci khusus model *key*, kotak, minus dan *double dot* telah sesuai dengan model pengunci atau penutup kontener *DSRS*.
- Kekuatan bahan pembuat kunci telah memenuhi kekuatan bahan yang dibutuhkan untuk membuka pengunci atau penutup kontener *DSRS* yang umumnya lebih mudah untuk dibuka jika dibandingkan dengan pengunci berbentuk mur baut.
- Seluruh kunci khusus ini memenuhi kriteria mudah dalam penggunaannya tetapi untuk kunci model minus perlu ditambahkan penutup (*dop*) pada bagian mata kuncinya. Hal ini dikarenakan kunci model minus memiliki 2 mata kunci yaitu pada bagian atas dan bawah dan memiliki ketajaman yang dapat berpotensi melukai tangan pada saat penggunaannya.

KESIMPULAN

Kegiatan pembuatan kunci khusus *DSRS* dengan mengoptimalkan fasilitas bengkel BPFL-PTLR dan memanfaatkan barang bekas telah berhasil membuat 4 model kunci khusus. Kunci khusus ini dilengkapi tuas dengan panjang sekitar 20 cm dan telah melalui uji kekuatan, kesesuaian dimensi serta kemudahan dalam penggunaan. Dengan tersedianya kunci khusus ini kegiatan *dismantling DSRS* akan

lebih mudah dan cepat serta pekerja tidak kontak langsung dengan *DSRS*. Hasil ini diharapkan dapat meminimalisasi resiko pekerja radiasi terpapar radiasi berlebih.

Saran:

1. Perlu dilakukan identifikasi lanjutan tentang model penutup yang memiliki model khusus lainnya untuk dilakukan pembuatan kunci khususnya.
2. Perlu disediakan bahan kunci baru yang memiliki kualitas lebih baik.
3. Perlu penambahan peralatan perbengkelan seperti kikir, kabel las, mata pisau mesin frais dan lain-lain

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami ucapan terimakasih kepada:

1. Kepala Pusat Teknologi Limbah Radioaktif yang telah mendukung kegiatan ini.
2. Kepala Bidang Pengembangan Fasilitas Limbah yang telah mengarahkan dan membimbing pelaksanaan kegiatan pengembangan ini.
3. Seluruh Pejabat Fungsional Pranata Nuklir dilingkungan subbidang Fasilitas Proses yang telah mendukung dan melaksanakan kegiatan pengembangan ini.
4. Tim Buletin Limbah dan Tim Editor PTLR-BATAN

DAFTAR PUSTAKA

1. PTLR-BATAN, “Laporan Pelaksanaan *Expert Mission Dismantling Disused Sealed Radioactive Sources (DSRS)* kategori 3-5”, PTLR-BATAN, Tangerang Selatan, (2016).
2. PTLR-BATAN, “Laporan Pelaksanaan *Expert Mission Dismantling Disused Sealed Radioactive Sources (DSRS)* kategori 3-5”, PTLR-BATAN Tangerang Selatan, (2018).
3. Tata Surdia MS. dan Shinroku Saito, “Pengetahuan Bahan Teknik”, Pradnya Paramita, Jakarta (1999)
4. Amanto, H dan Daryanto, “Ilmu Bahan”, Bumi Aksara, Jakarta, (1999).
5. Anonymous A. 2015, “Baja Karbon”, teknikmesinmanufaktur.blogspot.co.id, disunting pada 16 April 2018 pukul 14.05 WIB