

MODIFIKASI PEMIPAAN SISTEM PEMBUANGAN LIMBAH CAIR AKTIVITAS RENDAH (KPK01)

Santosa Pujiarta, Bambang Murjati

ABSTRAK

MODIFIKASI PEMIPAAN SISTEM PEMBUANGAN LIMBAH CAIR AKTIVITAS RENDAH (KPK01). Permasalahan utama dari instalasi nuklir adalah pengelolaan limbah radioaktif dari hasil proses produksi, penelitian, dan limbah dari dampak daerah kerja. Di Pusat Reaktor Serbaguna (PRSG) limbah radioaktif telah dikelola dengan baik. Limbah radioaktif dengan aktifitas rendah dikirim ke instalasi pengolahan limbah di Pusat Teknologi Limbah Radioaktif (PTLR) untuk diolah dan disimpan, sehingga aman untuk lingkungan. Sistem pengiriman limbah cair radioaktif dilakukan menggunakan mobil tangki limbah, namun karena mengalami kendala dalam pengelolaan kendaraan angkut dan mengingat segi keselamatan pengiriman. Selanjutnya sistem pengiriman limbah diubah menggunakan jalur pemipaan bak terpadu (PBT) yang terhubung dengan instalasi nuklir lain yang berada di kawasan Puspipstek, dimana pipa pengiriman limbah dihubungkan menggunakan selang menuju saluran limbah terpadu melalui pintu keluar darurat. Karena cara ini mempengaruhi tekanan negatif di dalam gedung reaktor maka sambungan selang penghubung dimodifikasi menggunakan sambungan pipa permanen dari bahan pipa SS 316 dengan diameter 2 inch yang dipasang di lorong pipa pendingin sekunder. Setelah dilakukan modifikasi sistem pengiriman limbah cair radioaktif menjadi lebih mudah, aman dan tidak mempengaruhi tekanan negatif di dalam gedung reaktor.

Kata kunci : modifikasi, pemipaan, limbah, radioaktif

ABSTRACT

PIPING MODIFICATION OF LOW RADIOAKTIF LIQUID WASTE DISPOSAL SYSTEM (KPK01). *The main problem of operation of nuclear installation is to manage radioactive waste developed during process production, research and waste coming from working area. Radioactive waste produced from the RSG-GAS operation is managed in proper ways. Low activity radioactive waste, contained using special transport container, is transferred to the Center for Radioactive Waste Technology for processing and storing by means of transport vehicle. Due encountering difficulties to manage transport vehicle and considering safety aspect during waste from radioactive waste pool storage at the reactor building to integrated pool storage waste at the PUSPIPTEK Area through emergency piping system. Using this method is realized that negative pressure system inside the reactor building is disturbed. To solve this problem therefore, hose connection was modified using permanent pipe connection made of SS 316 diameter of 2 inch and it is installed in secondary coolant pipe channel. After modification, it is deemed that the negative pressure inside reactor building can easily be maintained then radioactive waste disposal is accomplished more practical and safe.*

Keywords: modifications, piping, waste, radioactive

1. PENDAHULUAN

Setiap pembangunan instalasi nuklir selalu diikuti berbagai masalah yang harus dicari penyelesaiannya, dan permasalahan utama untuk setiap instalasi nuklir adalah sistem penampungan dan pengolahan limbah radioaktif yang dihasilkan dari proses produksi, penelitian, maupun limbah yang diakibatkan oleh beroperasinya sistem. Untuk itu setiap pembangunan instalasi nuklir harus dipikirkan juga tempat penampungan dan pengolahan limbahnya. Untuk memudahkan dalam penyimpanan dan pengelolaannya, di Pusat Reaktor Serba Guna (PRSG) limbah radioaktif dikelompokkan menjadi 3 jenis, yaitu: limbah padat, limbah cair dan limbah semi cair. Yang termasuk dalam limbah padat antara lain: kertas, kayu, logam dan lainnya, sedangkan untuk limbah cair adalah seluruh air limbah aktif yang dihasilkan di gedung reaktor, dan untuk limbah semi cair berupa limbah resin penukar ion dari sistem purifikasi air pendingin kolam bahan bakar dan kolam reaktor.⁽¹⁾

Sistem penampungan limbah cair aktivitas rendah (KPK01 BB01/02) merupakan sistem pengelola dan penampungan sementara limbah cair aktivitas rendah sebelum dibuang ke lingkungan atau diproses ulang di unit pengolahan limbah radioaktif Pusat jalur penampungan bak terpadu (PBT) dibuatkan penghubung menggunakan selang yang dilengkapi dengan kopling sambungan untuk mempermudah dalam proses penyambungan selang. Namun pada moda pengiriman limbah ini masih sangat rawan terjadinya kebocoran apabila kopling sambungan tidak terhubung dengan benar. Disamping itu sistem sambungan pemipaan yang berada di gedung reaktor masih kurang praktis karena harus melakukan bongkar pasang sambungan selang penghubung yang beresiko kebocoran limbah cair serta pada waktu proses pengiriman limbah cair. Dan permasalahan

Teknologi Limbah Radioaktif (PTLR). Sistem ini berfungsi untuk menampung sementara limbah cair aktif, yang berasal dari laboratorium, ruang dekontaminasi, air kondensasi sistem ventilasi (*air handling unit*, AHU), sistem air pendingin darurat (JNA), sistem penampungan limbah cair pendingin primer (KBB01), sistem penampungan limbah cair lantai gedung reaktor (KTF).

Tujuan modifikasi pemipaan sistem penampungan limbah cair aktivitas rendah adalah untuk mendapatkan moda operasi pembuangan limbah cair aktif dari sistem penampungan limbah menuju unit pengolahan limbah di PTLR secara aman dan praktis.

Sistem pengiriman limbah cair aktivitas rendah dari gedung reaktor menuju unit pengolahan limbah di PTLR pada awalnya dilakukan menggunakan mobil tangki, namun karena mengalami kendala dalam pengelolaan kendaraan pengangkut limbah, maka selanjutnya diubah dengan menggunakan pemipaan yang telah terintegrasi dengan jalur pembuangan limbah dari unit kerja yang lain melalui jalur penampungan bak terpadu yang bermuara di gedung pengolahan limbah aktif.

Untuk melakukan pembuangan limbah cair dari gedung reaktor menuju

yang lain adalah pada waktu pembuangan limbah cair dilakukan, pintu darurat di lantai + 0,00 meter harus terbuka sehingga mempengaruhi sistem tekanan negatif gedung reaktor. Untuk itu perlu dilakukan modifikasi pemipaan yang lebih baik dan lebih aman, dengan membuat sambungan pemipaan yang baru menggunakan material yang lebih baik (*stainless steel*) sehingga tidak mudah terjadi kebocoran.

Prinsip dasar modifikasi pemipaan sistem penampungan limbah cair aktifitas rendah (KPK01 BB01/02), adalah bahwa telah terjadi penyimpangan fungsi dan kegunaan peralatan dan peraturan yang ada

didalam melakukan pembuangan (*transfer*) limbah cair aktif dari Pusat Reaktor Serba Guna (PRSG) ke Pusat Teknologi Limbah Radioaktif (PTLR).

Penyimpangan fungsi dan kegunaan, terkait dalam hal:

1. Peraturan tentang Proteksi Fisik yaitu: penggunaan pintu darurat (UJA-JMG02) untuk melakukan kegiatan rutin, sebab seluruh akses pintu darurat dari dan ke dalam gedung reaktor terkoneksi ke *Batan Security Sistem (BSS)* sebagai pemegang wewenang untuk pengendalian proteksi fisik di Kawasan Nuklir Serpong (KNS). Konsekuensi atas penggunaan pintu darurat secara rutin adalah tidak

Dengan melakukan modifikasi pipa sambungan untuk pembuangan limbah cair aktif menjadi solusi yang terbaik bagi proses pengiriman limbah cair aktif ke gedung pengolahan limbah. Selain itu proses pemindahan limbah menjadi lebih aman, praktis dan tidak mengganggu sistem tekanan negatif dalam gedung reaktor, karena pemipaan dilakukan menggunakan material yang sesuai serta terpasang secara permanen mulai dari ruangan penampungan limbah cair hingga ke saluran penampungan bak terpadu.

2. DESKRIPSI SISTEM ⁽³⁾

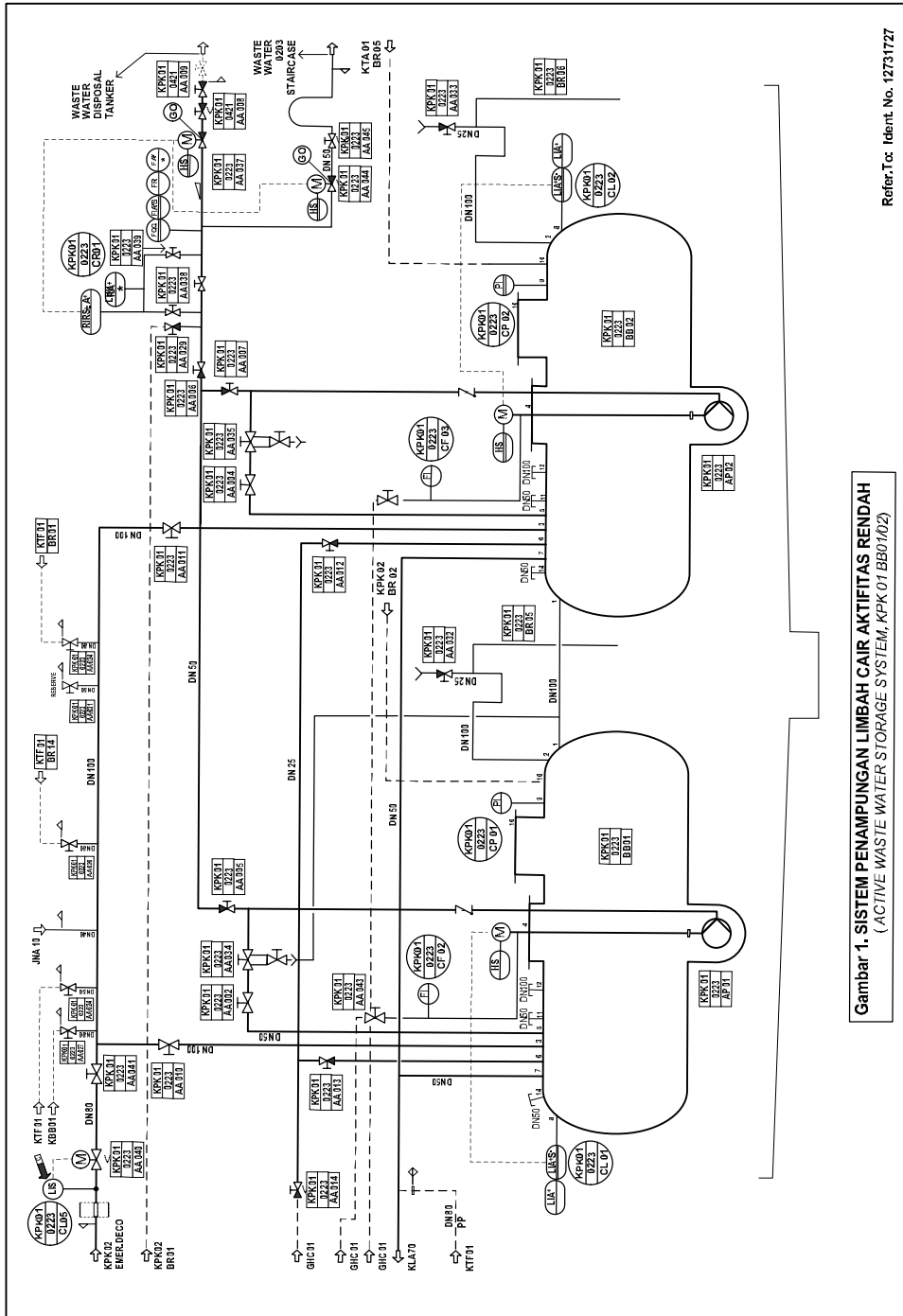
Sistem penampungan limbah cair di gedung reaktor terbagi dalam beberapa sistem yang semuanya ditempatkan di lantai - 6,5 meter, antara lain yaitu: sistem

diperkenankan, sebab inkonsisten dengan prinsip kedaruratan. ⁽²⁾

2. Pengendalian pengungkung sistem ventilasi RSG-GAS, dimana tekanan udara di dalam gedung reaktor lebih kecil dari pada tekanan luar (*negative pressure barrier*), sebab setiap melakukan pembuangan limbah cair aktifitas rendah, pintu darurat akan terbuka sehingga udara luar akan masuk ke dalam gedung reaktor. Pemasokan udara luar yang tidak terkendali akan mengakibatkan terjadi gangguan pada sistem ventilasi zona radiasi menengah (*intermediated radiation zone, IRZ*), sehingga inkonsisten dengan fungsi pengungkung (*barrier*). ⁽³⁾

penampungan limbah cair aktifitas tinggi (KPK02), sistem penampungan limbah cair aktifitas rendah (KPK01), sistem drainase kolam reaktor (KBB01), sistem drainase komponen primer (KTA01) dan sistem drainase lantai daerah aktif (KTF). Dari semua sistem penampungan limbah cair aktif tersebut apabila akan dibuang atau diolah ke unit pengolahan limbah cair aktif di gedung Pusat Teknologi Limbah Radioaktif harus dialirkan melalui tangki KPK01, sedangkan untuk limbah tidak aktif dapat langsung dibuang ke lingkungan. Gambar rangkaian sistem penampungan limbah cair aktifitas rendah dapat dilihat pada Gambar 1. ⁽³⁾

Pompa yang dipergunakan untuk mengalirkan limbah cair pada sistem KPK01 yang terpasang mempunyai spesifikasi sebagai berikut (lihat Tabel 1):



Gambar 1. SISTEM PENAMPUNGAN LIMBAH CAIR AKTIFITAS RENDAH
 (ACTIVE WASTE WATER STORAGE SYSTEM, KPK 01 BB01/02)

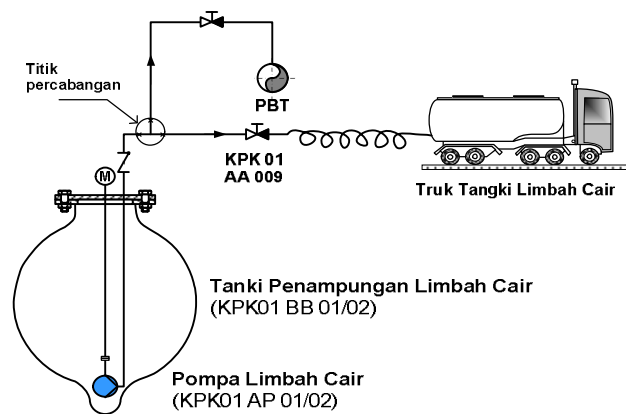
Refer. To Ident. No. 12731727

Tabel 1. Data pompa limbah cair aktifitas rendah (KPK01 AP01/02)

No.	Deskripsi	Parameter	Keterangan
1.	Pabrik Pembuat / Jenis	KSB/CTN-C.40-200	-
2.	No. Seri	440-102	-
3.	Laju alir air	15 m ³ /jam	design
4.	Head	25 m	design
5.	Tekanan maksimum	6 bar	design
6.	Temperatur air	Maks. 50 °C	design
7.	Daya motor listrik	55 kW	design
8.	Putaran	2920 min ⁻¹	design

Sistem penampungan limbah cair aktifitas rendah (KPK01) terdiri dari 2 buah tangki penampung dengan kapasitas masing-masing 20 m³ dan 2 buah pompa yang berfungsi untuk mendorong air limbah ke tempat pembuangan dengan kapasitas laju alir 15 m³/jam, serta dilengkapi dengan pemipaan yang menggunakan material dari *Stainless steel*. Pada mulanya untuk melakukan pengiriman limbah radioaktif dilakukan dengan menggunakan mobil tangki, namun selanjutnya diubah

menggunakan sistem penanganan limbah cair terpadu (PBT), dimana limbah cair tidak lagi diangkut menggunakan mobil tangki akan tetapi dialirkan menggunakan pemipaan yang terhubung bersama dengan limbah cair dari Pusat Radioisotop dan Radiofarmaka (PRR) dan Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir (PTBN) yang bermuara di Pusat Teknologi Limbah Radioaktif (PTLR), seperti terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Proses Pembuangan Limbah Cair Aktifitas Rendah

NTS.

3. METODE MODIFIKASI

Proses modifikasi pemipaan saluran pembuangan limbah cair aktivitas rendah dilakukan dengan tidak mengubah pengoperasian sistem penampungan limbah cair aktivitas rendah, tetapi hanya dilakukan penambahan pemipaan yang berfungsi untuk mempermudah proses pengiriman limbah cair secara aman, praktis dan tidak mempengaruhi sistem tekanan udara negatif dalam gedung reaktor. Selain itu juga untuk mengembalikan fungsi dari pintu keluar darurat yang selama ini selalu dibuka untuk proses pengaliran limbah cair.

Penambahan sambungan pemipaan dilakukan dengan membuat percabangan atau memasang *tee* pada pipa sisi keluaran pompa dan dihubungkan dengan jalur penampungan limbah terpadu yang bermuara di unit pengolahan limbah Pusat Teknologi Limbah Radioaktif. Dalam melakukan modifikasi sambungan pipa dipergunakan bahan dari pipa baja tahan karat dengan sambungan las untuk menghindari korosi dan kontaminasi pada material. Modifikasi pemipaan ini dilakukan dalam beberapa tahapan, yaitu: tahap pemilihan bahan atau material yang akan dipergunakan, pembuatan rancangan, dan pengujian instalasi pipa yang terpasang.

a. Pemilihan bahan

Pemilihan bahan sangat diperlukan dalam modifikasi sistem penampungan limbah cair aktif, untuk menjamin bahwa material yang dipergunakan telah sesuai dengan pemanfaatannya yaitu untuk mengalirkan limbah radioaktif cair dan dipasang secara permanen serta harus tahan korosi untuk menghindari terjadinya kebocoran, sehingga untuk pemipaan dipilih material stainless steel 316 dengan sambungan las Argon tujuannya adalah untuk memperkecil kemungkinan terjadinya kebocoran air limbah pada pemipaan dan sambungan sehingga tidak terjadi kontaminasi pada lingkungan sekitarnya.

Pemilihan penggunaan bahan pipa yang mengacu pada bahan pipa di unit sistem penampungan limbah cair aktifitas rendah (KPK) yang telah terpasang, yaitu: baja tahan karat austenitik SS-321 DIN 1.4541 (*Deutsches Institut für Normung, DIN*). Namun karena terkendala dari prospektif niaga (permintaan & kebutuhan yang relatif kecil), maka bahan pipa dengan standar SS-321 DIN 1.4541 tidak tersedia dipasaran Indonesia, maka standar pipa diganti dengan material yang setara dengan SS-321 yaitu SS-316L DIN 1.4435 yang banyak tersedia di pasaran dalam negeri⁽⁴⁾. Sedangkan untuk katup yang menggunakan katup dari jenis *Two Way Plug Valve merk TUFLIN*, hal ini sesuai dengan jenis katup yang dipergunakan di reaktor.⁽⁵⁾

Dasar penggantian jenis bahan pipa dari SS-321 menjadi SS-316L, adalah:⁽⁶⁾

1. Bahan pipa baja anti karat SS-316L tersebut masih termasuk kelompok struktur baja austenitik (*austenitic steel*);
2. SS-316L memiliki kandungan karbon lebih kecil atau sama dengan 0,08% ($C \leq 0,08\%$) dengan SS-321
3. SS-316L memiliki kekuatan tarik (σ_t) lebih kecil 20% dibandingkan dengan pipa SS-321 ($\sigma_{SS-316L} < \sigma_{SS-321}$) dengan kandungan Titanium (Ti) 20% lebih sedikit dibandingkan SS-321.

b. Pembuatan rancangan

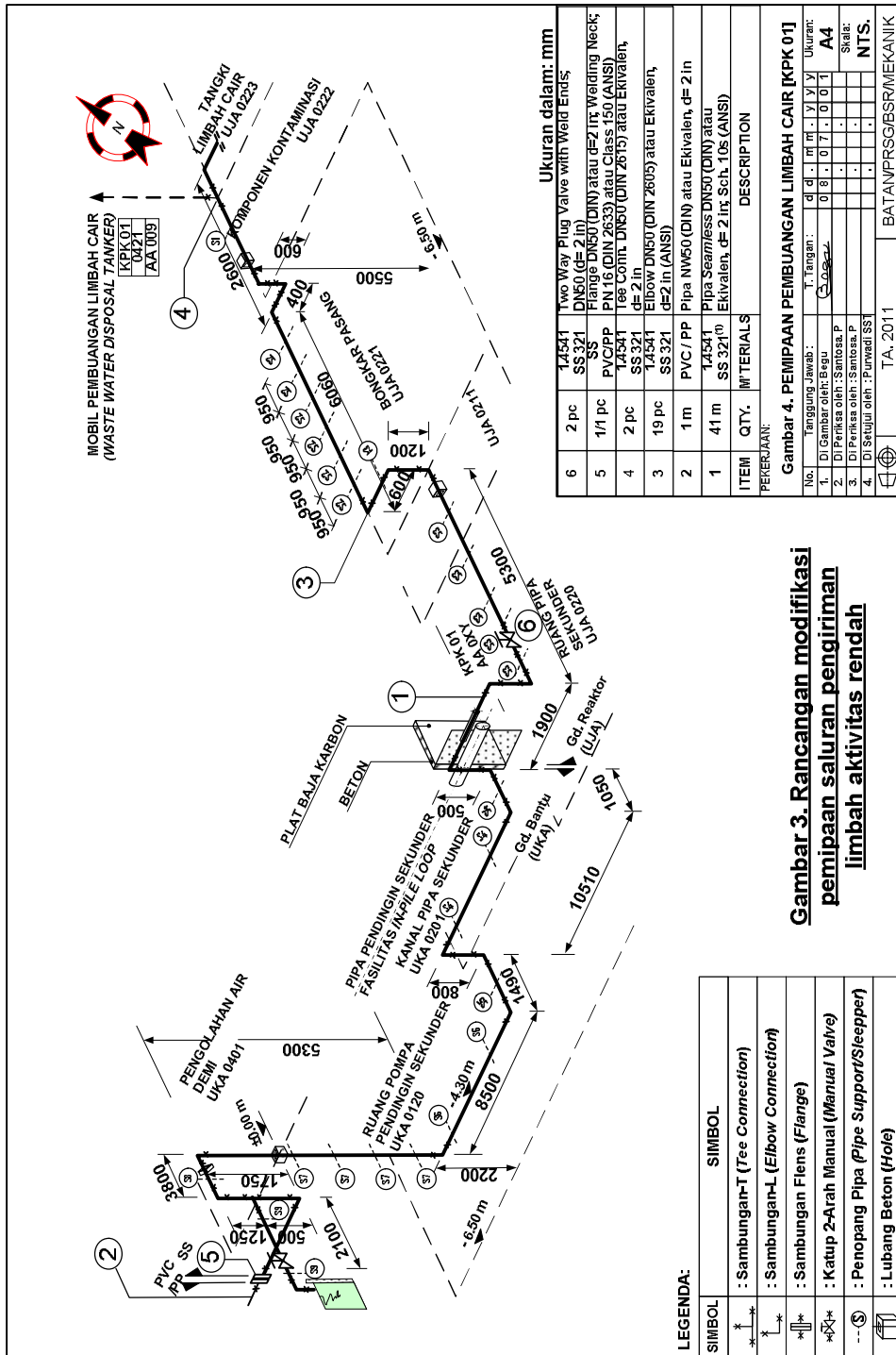
Pembuatan rancangan diperlukan untuk menentukan rencana kerja dan pemasangan pipa pembuangan limbah. Pembuatan rancangan di mulai dari mengumpulkan data: panjang pemipaan, lokasi pemasangan pipa, pembuatan gambar, dan pembuatan rencana pemasangan. Dari hasil observasi di lokasi pekerjaan pemasangan pipa diperoleh data panjang keseluruhan dari penyambungan pipa menuju saluran pembuangan limbah terpadu adalah sebagai berikut (lihat Tabel 2.):

Tabel 2. Data bahan modifikasi saluran pembuangan limbah cair aktifitas rendah (KPK01)

No.	Uraian Kebutuhan Bahan & Alat	Satuan	Jumlah
1.	Pipa <i>seamless stainless steel</i> DN 50; 1.4401 (DIN) Ø 2 in Sch.10s; SS 316 (ANSI)	meter	41
2.	Pipa paralon PVC, NW 50 (Ø 2 in), PVC	meter	1
3.	Sambungan-L, DN 50 (Ø 2 in) Material: 1.4401 (DIN) Material: SS 316 (ANSI)	buah	19
4.	Elbow, Ø 4 in PVC (<i>long radius</i>)	buah	1
5.	Sambungan-T, DN 50 (Ø 2 in) Material: 1.4401 (DIN) Material: SS 316 (ANSI)	buah	2
6.	Flange, <i>welding neck</i> DN50 (Ø 2 in) PN10; Material: 1.4401 (DIN) Class 250; Material: SS 316 (ANSI)	buah	1
7.	Flange PVC, NW 50 (Ø 2 in), PVC	buah	1
8.	Two way plug valve with welds ends DN 50; 1.4401 (DIN) Ø 2 in; SS 316 (ANSI)	unit	2
9.	Support / Sleepper	buah	26

Dari data tersebut diatas, selanjutnya dibuat gambar pemipaan yang akan dipergunakan dalam kegiatan modifikasi sambungan pemipaan sistem pembuangan limbah cair aktifitas rendah (lihat Gambar 3.). Pada gambar terlihat bahwa penyambungan pipa menuju pipa saluran pembuangan dimulai dari belokan pipa kearah pembuangan menuju mobil tangki yang terletak di lantai – 6,5 meter yang kemudian disambung hingga ke ruang

sistem pendingin sekunder dan keluar dibelakang ruangan sistem pengolahan air bebas mineral serta dihubungkan dengan pipa saluran pembuangan menuju PTLR. Pipa saluran limbah ditopang oleh beberapa penyangga untuk memperkuat dudukan pipa serta dipasang alat ukur laju alir untuk mengetahui kecepatan aliran dan jumlah volume limbah cair yang dikirim ke gedung pengolahan limbah.



Gambar 3. Rancangan modifikasi pemipaan saluran pengiriman limbah aktivitas rendah

LEGENDA:

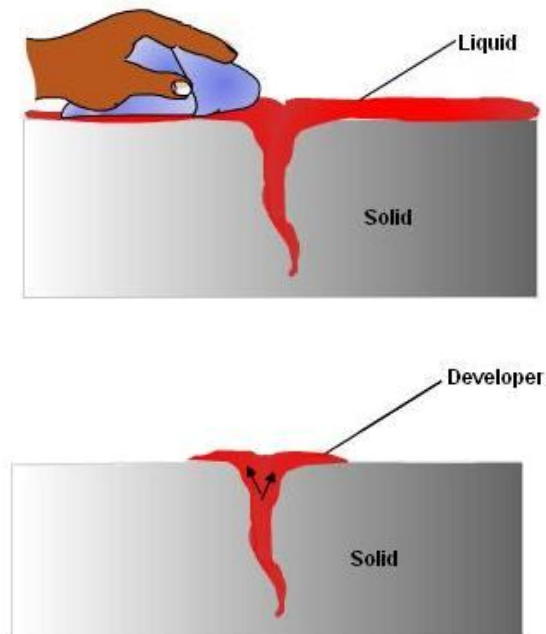
SIMBOL	SIMBOL
$\frac{x}{x}$: Sambungan-T (Tee Connection)
$\frac{x}{L}$: Sambungan-L (Elbow Connector)
$\frac{ }{ }$: Sambungan Flens (Flange)
$\frac{X}{X}$: Katup 2-Arah Manual (Manual Valve)
--(S)	: Penopang Pipa (Pipe Support/Sleeper)
	: Lubang Beton (Hole)

c. Pengujian pemipaan

Pengujian sambungan pemipaan perlu dilakukan untuk memastikan bahwa setiap sambungan yang dilakukan telah tersambung dengan baik dan aman, serta tidak terdapat kebocoran. Untuk melakukan pemeriksaan hasil sambungan pengelasan dapat dilakukan dengan metode *Dye Penetrant* atau *Non Destructive Test (NDT)*

yang lainnya. Pada sistem pemipaan tambahan ini pengujian dilakukan menggunakan *dye penetrant*, jika terdapat hasil pengelasan yang kurang baik atau cacat maka bahan kimia penetrant akan masuk dan meresap kedalam lubang atau cacat pengelasan, sehingga membentuk titik merah setelah diberi bahan pengembang (*developer*), lihat Gambar 4.





Gambar 4. Metode pemeriksaan dan pengujian pipa

Selain uji menggunakan *dye penetrant* juga dilakukan uji fungsi pemipaan sistem dengan mengoperasikan sistem penampungan limbah radioaktif dari ruang pengoperasian sistem untuk mengalirkan limbah cair aktivitas rendah menuju gedung pengolahan limbah PTLR dengan mengikuti prosedur pengoperasian sistem penampungan limbah radioaktif KPK01, hal ini untuk memastikan bahwa penyambungan pipa telah dilakukan dengan baik dan tidak terdapat penyumbatan serta kebocoran pada jalur pipa terpasang serta sistem pengiriman limbah cair dapat berfungsi dengan baik. ⁽⁷⁾

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perubahan sistem pengiriman limbah radioaktif cair dari gedung reaktor menuju gedung pengolahan limbah menjadi cara yang terbaik untuk mengatasi

permasalahan yang selama ini terjadi, permasalahan tersebut antara lain:

- Biaya perawatan mobil tangki yang cukup tinggi
- Kemungkinan terjadinya kerusakan pada selang penghubung
- Kemungkinan resiko terjadi tumpahan dan kebocoran
- Gangguan pada sistem tekanan negatif di dalam gedung reaktor
- Pengembalian fungsi pintu darurat

Dengan dilakukannya modifikasi pipa saluran pengiriman limbah cair tersebut, maka proses pengiriman menjadi lebih mudah, aman, biaya lebih murah dan tidak mempengaruhi sistem keselamatan gedung reaktor. Karena untuk pemipaan dari sistem penampungan limbah cair aktifitas rendah (KPK01) menuju pipa terpadu dipergunakan pipa *stainless steel* yang dipasang secara permanen menggunakan sambungan las serta dipasang penyangga untuk memperkuat dudukan pipa.

Modifikasi pada sistem pengiriman limbah cair hanya dilakukan pada moda pengiriman limbah yaitu dengan melakukan perubahan pemipaan di sisi keluaran pompa, sehingga tidak merubah dan mempengaruhi pengoperasian dari sistem KPK01. Namun dari hasil modifikasi tersebut menurunkan laju alir pompa dikarenakan adanya pressure drop

(kehilangan tekan) akibat tambahan panjang pipa dan adanya belokan, akan tetapi penurunan laju alir masih berada dalam batas yang diijinkan dan masih mampu mengalirkan limbah cair ke gedung pengolahan limbah (PTLR), dimana laju alir pompa turun $3 \text{ m}^3/\text{jam}$, sedangkan batas minimum laju alir yang diijinkan adalah $> 5 \text{ m}^3/\text{jam}$ (lihat Tabel 3.)⁽⁷⁾

Tabel 3. Tabel perbandingan laju alir sebelum dan sesudah modifikasi⁽⁷⁾

No.	Deskripsi	Harga parameter	
		Sebelum modifikasi (desain)	Setelah modifikasi (terukur)
1.	Pabrik Pembuat / Jenis	KSB/CTN-C.40-200	KSB/CTN-C.40-200
2.	No. Seri	440-102	440-102
3.	Laju alir air	$15 \text{ m}^3/\text{jam}$	$12 \text{ m}^3/\text{jam}$
4.	Head maks.	25 m	23 m
5.	Temperatur air	Maks. $50 \text{ }^\circ\text{C}$	$25 \text{ }^\circ\text{C}$
6.	Daya motor listrik	55 kW	55 kW
7.	Putaran	2920 min^{-1}	2920 min^{-1}

5. KESIMPULAN

Modifikasi sistem pengiriman limbah cair aktifitas rendah dari tangki KPK01 telah berhasil dengan baik sesuai dengan hasil uji konstruksi maupun kinerja sistem KPK01, sehingga moda pengiriman limbah cair dapat dilakukan secara langsung dari gedung reaktor menuju gedung pengolahan limbah dengan lebih mudah, aman dan tidak mempengaruhi tekanan negatif di dalam gedung reaktor serta dapat mengembalikan fungsi dari pintu darurat.

6. DAFTAR PUSTAKA

1. Anonymous., Ensiklopedi teknologi Nuklir, <http://www.batan.go.id/ensiklopedi/> 05/01
2. Anonymous, Ketentuan Sistem Proteksi Fisik Instalasi dan Bahan Nuklir, Perka BAPETEN No. 1, Tahun 2009
3. Anonymous., *Safety Analysis Report (SAR) MPR-30*, Vol.2 Rev.6.
4. Joliet, IL., *Flow of Fluids Through Valves, Fitting and Pipe, Crane®. Technical Paper No. 410, Crane & Co. 104 Chicago St., 25th Printing, 1991. USA.*
5. Anonymous., *Xomox International GmbH & Co. Process Valve & Actuators, Tuflin® Two Way Plug Valve with Weld Ends, Von-Behning-Straße 15. D-88131 Lindau. Germany, August 2005.*
6. Anonymous, spesifikasi pipa stainless steel, <http://www.stainless-steel-tube.org>
7. Anonymous, *Multy Purpose Reactor 30 Operating Manual part IV chapter 4.1*, Badan Tenaga Nuklir Nasional, 1988