

## DESAIN SISTEM PENDINGIN PRIMER REAKTOR TRIGA PELAT

Abdul Jami, Budi Santoso  
Pusat Rekayasa Fasilitas Nuklir - BATAN  
Gedung 71, Kawasan PUSPIPTK Serpong, Tangerang Selatan 15314  
[abduljami@batan.go.id](mailto:abduljami@batan.go.id)

### ABSTRAK

**DESAIN SISTEM PENDINGIN PRIMER REAKTOR TRIGA PELAT.** Sistem pendingin primer untuk reaktor triga pelat menggunakan sistem konveksi alam dan konveksi paksa. Dengan demikian, sistem pendingin ini harus dilengkapi dengan katup konveksi. Konveksi alam terjadi ketika reaktor padam, katup konveksi terbuka dan konveksi paksa terjadi ketika reaktor beroperasi, katup konveksi tertutup. Telah dilakukan pengembangan dan modifikasi sistem pendingin primer existing sebagai sistem pendingin primer reaktor triga pelat. Modifikasi dilakukan dengan menambah equipment decay tank, fitting pipe, valve, instrument control, dan mengubah jalur pipa penghubung antar equipment. Hasil modifikasi dalam bentuk gambar Process Flow Diagram (PFD), Piping & Instrumentation Diagram (P&ID), layout, plot plan, dan isometrik. Perbedaan tinggi lokasi alat penukar panas dan reaktor dapat menyebabkan terjadinya arus balik, sehingga anti siphon valve perlu dipasang pada jalur pipa penghubung ini. Perubahan jalur pipa antara pompa dan reaktor, pipa keluar reaktor melalui lubang beam port masuk ke decay tank kemudian keluar menuju pompa primer. Pada gambar layout, decay tank dilengkapi dengan level indikator dan vent, dengan tujuan untuk memastikan decay tank berisi penuh air dan tidak ada gas atau uap yang terperangkap, karena dapat menyebabkan kavitasi pada pompa.

Kata kunci : Decay Tank, Fitting Pipe, Anti Siphon Valve.

### ABSTRACT

**A DESIGN OF TRIGA PLATE PRIMARY COOLING SYSTEM.** The primary cooling system for triga plate reactors uses natural convection and forced convection systems. Further more, this cooling system must be equipped with a convection valve. Natural convection occurs when the reactor goes out, the convection valve opens and forced convection occurs when the reactor operates, the convection valve is closed. The development and modification of the existing cooling system has been carried out as a plate triga reactor primary cooling system. Modifications are made by adding equipment decay tanks, pipe fittings, valves, control instruments, and changing connecting pipe lines between equipment. Modification results in the form of process flow diagram (PFD), Piping & Instrumentation Diagram (P & ID), layout, plot plan, and isometric. The difference in the height of the heat exchanger and the location of the reactor can cause backflow, so the anti-siphon valve needs to be installed on this connecting pipe. The changes in the pipeline track between the pump and reactor, the reactor exit pipe through the hole of beam port into the decay tank and then towards the primary pump. In the layout drawing, the decay tank is equipped with a level indicator and vent, with the aim of ensuring that the decay tank is full of water and no gas or steam is trapped, because it can cause cavitation on the pump.

Keywords: Modification, Decay Tank, Fitting Pipe, Anti Siphon Valve.

## 1. PENDAHULUAN

Sistem pendingin primer untuk reaktor triga pelat didesain menggunakan dua sistem konveksi yaitu konveksi alam dan konveksi paksa [1]. Perpindahan panas secara konveksi alam yaitu perpindahan aliran panas secara bebas dari bawah ke atas, perpindahan aliran ini terjadi karena perbedaan densitas fluida, yaitu dari fluida dengan densitas rendah karena panas ke fluida dengan densitas tinggi karena lebih dingin.

Perpindahan panas secara konveksi paksa yaitu perpindahan panas yang langsung di arahkan ke tujuan pendinginan dengan bantuan pompa [2]. Desain sistem pendingin primer reaktor tiga pelat, dilengkapi dengan katup konveksi dengan mekanisme kerja buka tutup. Pendinginan secara konveksi alam terjadi ketika reaktor padam dan katup konveksi membuka. Pendinginan secara konveksi paksa terjadi ketika reaktor beroperasi serta katup konveksi menutup [1].

Sistem pendingin primer reaktor tiga pelat yang akan direncanakan ini, didukung oleh beberapa *equipment* utama, pipa penghubung dan instrumen kontrol sebagai pengendali proses dan keamanan selama reaktor beroperasi. Sistem pendingin ini, direncanakan memanfaatkan jalur pipa *existing* [1] dengan melakukan modifikasi dan perubahan jalur pipa yang akan digunakan. Modifikasi dan perubahan sistem pendingin primer *existing* untuk reaktor tiga pelat dilakukan dengan penambahan peralatan baru yaitu *decay tank* atau tangki tunda, perubahan jalur pipa antara reaktor dan pompa primer, penambahan *fitting pipe*, *valve*, dan *instrument control*. Penambahan peralatan dan perubahan jalur pipa penghubung ini, menjadi pokok permasalahan dalam desain sistem pendingin primer reaktor tiga pelat, terutama mengenai tata letak peralatan utama yang berkaitan dengan faktor keamanan, kemudahan untuk dikonstruksi [3] dan faktor lain tentang aliran fluida dalam pipa.

Dalam makalah ini, akan membahas pengembangan dan modifikasi desain sistem pendingin primer *existing* menjadi sistem pendingin primer reaktor tiga pelat. Hasil pengembangan sistem pendingin primer ini akan digunakan sebagai pertimbangan dalam mengevaluasi dan menganalisis perubahan jalur pipa dan pengaruh posisi *decay tank* serta alat penukar panas terhadap posisi reaktor.

## **2. DASAR TEORI**

Jalur pipa sistem pendingin primer *existing* akan dimanfaatkan sebagai sistem pendingin primer reaktor tiga pelat. Pemanfaatan jalur pipa ini perlu pengembangan dan modifikasi, yaitu dengan mengubah jalur pipa serta penambahan beberapa peralatan dan *instrument control*. Pengembangan dan memodifikasi sistem pendingin primer memerlukan beberapa gambar teknis sebagai berikut:

### **2.1 Process Flow Diagram (PFD)**

*Process Flow Diagram* (PFD) sistem pendingin primer *existing* dimodifikasi dan digunakan sebagai acuan untuk membuat PFD sistem pendingin primer reaktor tiga pelat. Modifikasi ini dilakukan dengan menambahkan peralatan baru yaitu *decay tank* (DT-01) dan perubahan jalur pipa. Perubahan jalur pipa tersebut yaitu pipa yang ke luar dari reaktor (R-01). Jalur pipa ini di rencanakan akan memanfaatkan lubang *beam port* menuju *decay tank* sebelum menuju pompa primer (P-01). Sedangkan jalur pipa dari alat penukar panas (HE-01) menuju ke reaktor diperpanjang sampai di atas teras reaktor. Pembuatan PFD ini digunakan untuk acuan dalam membuat gambar *Piping & Instrumentation Diagram* (P&ID).

### **2.2 Piping & Instrumentation Diagram (P&ID)**

Pengembangan sistem pendingin primer setelah pembuatan PFD, langkah selanjutnya adalah pembuatan *Piping & Instrumentation Diagram* (P&ID). Pembuatan P&ID sistem pendingin primer reaktor tiga pelat ini, mengacu pada gambar PFD hasil modifikasi. Jalur pipa masuk reaktor (R-01) dan jalur pipa masuk *decay tank* (DT-01) dilengkapi dengan beberapa *fitting pipe*, *valve* dan *instrument control* sebagai pengendali proses dalam sistem pendingin primer. Pembuatan gambar P&ID ini bertujuan untuk mempermudah membuat gambar *layout*.

### **2.3 Layout**

*Layout* atau tata letak peralatan dan *routing* pipa sistem pendingin primer digambar dengan sistem tiga dimensi dan mengacu pada dokumen P&ID. *Layout* dibuat dengan memasukkan semua *fitting pipe* dan *valve* yang digunakan. Pembuatan *layout* ini bertujuan untuk mengetahui posisi dan jarak antar peralatan, panjang pipa, ukuran, posisi peralatan dan jumlah *fitting pipe* dan *valve* yang akan digunakan. Pembuatan gambar *layout* ini digunakan sebagai acuan untuk membuat gambar *plot plan* dan gambar isometrik.

### **2.4 Plot Plan**

*Plot plan* sistem pendingin primer reaktor triga pelat dibuat berdasarkan dokumen gambar P&ID dan gambar *plant layout* sistem pendingin primer yang telah dibuat. Gambar *plot plan* ini memberikan informasi yang menunjukkan lokasi beberapa peralatan yang posisinya disesuaikan dengan sistem, struktur dan konstruksi *existing*. Pembuatan gambar *plot plan* ini akan digunakan sebagai acuan untuk membuat isometrik jalur pipa penghubung antara peralatan.

### **2.5 Isometrik Pipa**

Isometrik pipa adalah gambar yang menunjukkan *routing* pipa dalam gambar tiga dimensi dan disesuaikan dengan arah dan posisi pipa yang sebenarnya. *Routing* pipa ini sebagai penghubung antara peralatan yang digunakan dalam desain sistem pendingin primer triga pelat. Pembuatan gambar isometrik pipa sistem pendingin primer ini, akan digunakan sebagai referensi dan mempermudah dalam kegiatan konstruksi.

### **2.4 Plot Plan**

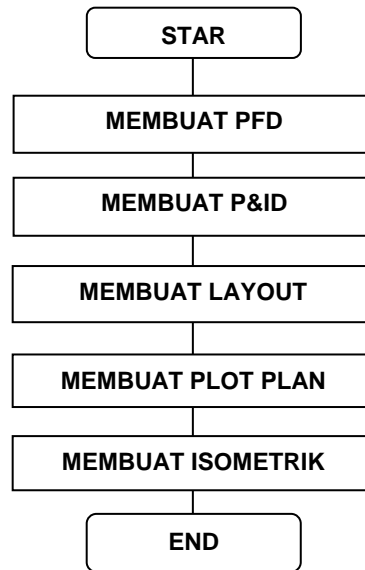
*Plot plan* sistem pendingin primer reaktor triga pelat dibuat berdasarkan dokumen gambar P&ID dan gambar *plant layout* sistem pendingin primer yang telah dibuat. Gambar *plot plan* ini memberikan informasi yang menunjukkan lokasi beberapa peralatan yang posisinya disesuaikan dengan sistem, struktur dan konstruksi *existing*. Pembuatan gambar *plot plan* ini akan digunakan sebagai acuan untuk membuat isometrik jalur pipa penghubung antara peralatan.

### **2.5 Isometrik Pipa**

Isometrik pipa adalah gambar yang menunjukkan *routing* pipa dalam gambar tiga dimensi dan disesuaikan dengan arah dan posisi pipa yang sebenarnya. *Routing* pipa ini sebagai penghubung antara peralatan yang digunakan dalam desain sistem pendingin primer triga pelat. Pembuatan gambar isometrik pipa sistem pendingin primer ini, akan digunakan sebagai referensi dan mempermudah dalam kegiatan konstruksi.

## **3. TATA KERJA**

Desain sistem pendingin primer reaktor triga pelat secara garis besar menggunakan tahapan sesuai dengan *flowchart* pada Gambar 1. Membuat *Process flow diagram* (PFD) berdasarkan diagram alir kualitatif dan diagram alir kuantitatif. PFD dilengkapi dengan pompa, beberapa *equipment* utama dan penunjuk arah aliran proses. Hasil diagram PFD ini, dijadikan sebagai acuan untuk membuat *piping & instrumentation diagram* (P&ID). Pada diagram ini, *routing* pipa dan *equipment* dilengkapi dengan beberapa instrumen kontrol untuk mengendalikan sistem pendingin agar proses berjalan dengan baik. Dari gambar P&ID ini, selanjutnya digunakan sebagai acuan untuk membuat *layout*, *plot plan* dan isometrik.



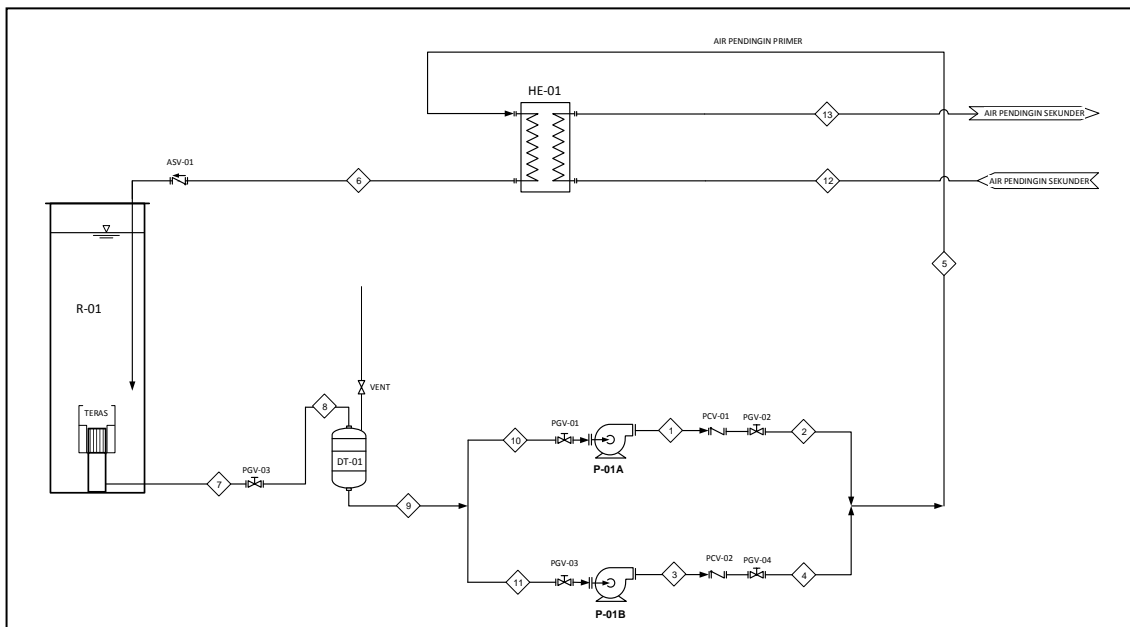
Gambar 1. Flowchart Desain Plant

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kegiatan pengembangan sistem pendingin primer untuk reaktor tiga pelat yang meliputi pembuatan PFD, P&ID, *Layout*, *Plot Plan* dan Isometrik telah dilakukan dengan hasil modifikasi sebagai berikut:

##### 4.1 *Process Flow Diagram (PFD)*

Hasil modifikasi *process flow diagram* (PFD) sistem pendingin primer seperti tampak pada Gambar 2 berikut.

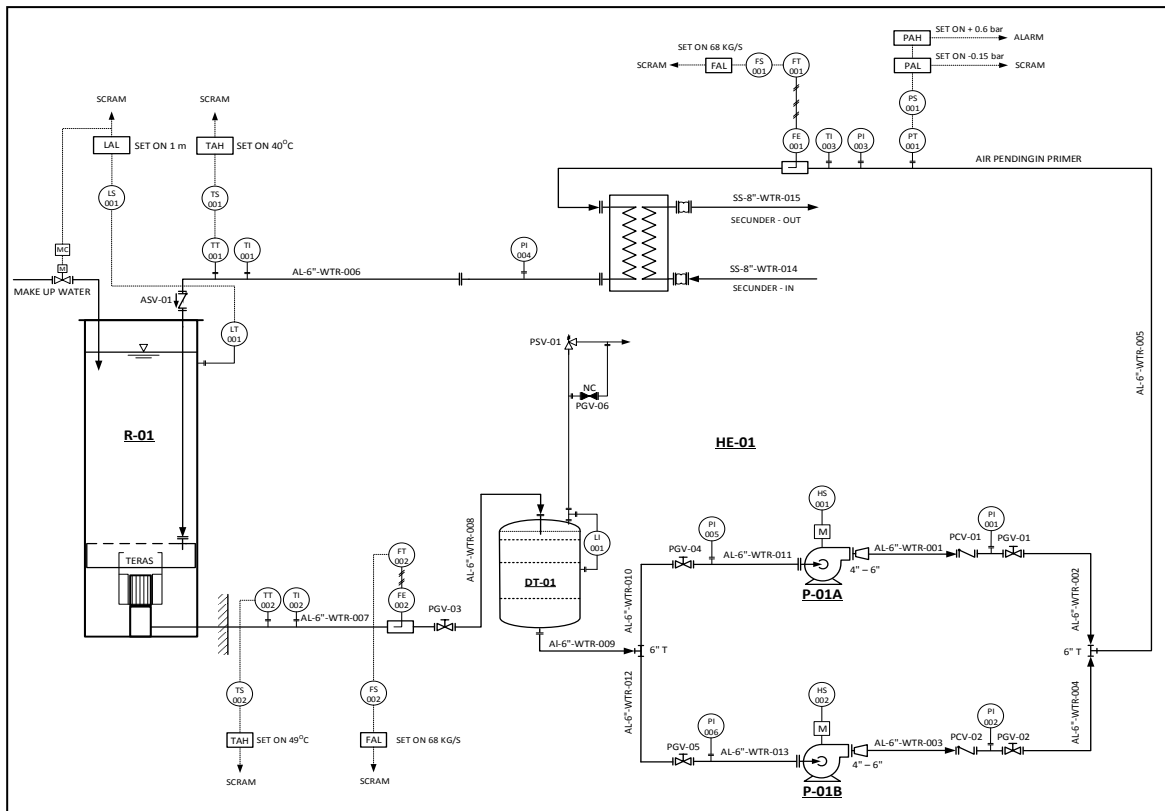


Gambar 2. PFD Sistem Pendingin Primer [4]

Peralatan *decay tank* (DT-01) dan jalur pipa penghubung melalui sisi bawah teras reaktor menuju *decay tank* dilengkapi dengan *valve*. Jalur pipa dari alat penukar panas (HE-01) masuk reaktor diperpanjang sampai diatas teras reaktor dan dipasang *valve*.

#### 4.2 Piping & Instrumentation Diagram (P&ID)

Berikut adalah hasil pembuatan gambar *piping & instrumentation diagram* (P&ID) sistem pendingin primer.

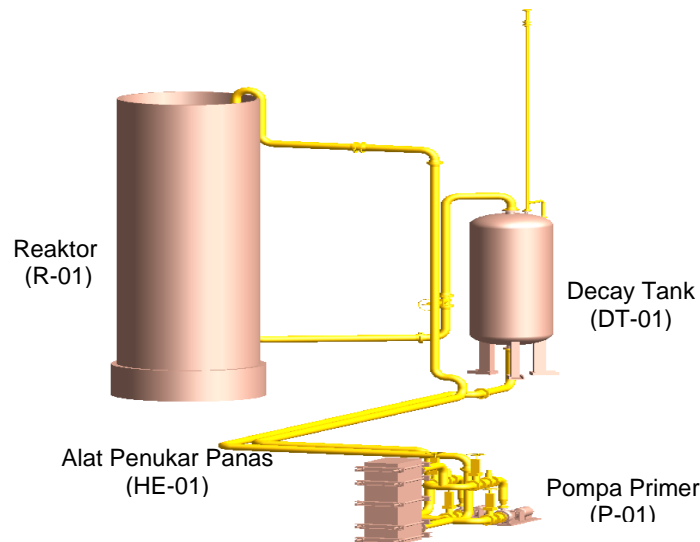


Gambar 3. *Piping & Instrumentation Diagram* (P&ID)

*Piping & instrumentation diagram* (P&ID) sistem pendingin primer seperti tampak pada Gambar 3 diatas, dibuat dengan mengacu pada hasil pengembangan dan modifikasi *process flow diagram* (PFD). Jalur pipa penghubung hasil modifikasi yaitu, jalur pipa dari alat penukar panas (HE-01) menuju reaktor (R-01), jalur pipa dari reaktor menuju *decay tank* (DT-01) dan pompa primer (P-01). Perubahan jalur pipa penghubung ini dilengkapi dengan beberapa instrumen diantaranya yaitu, *pressure indicator* (PI), *temperature indicator* (TI), *flow indicator* (FI) dan *level indicator* (LI). Instrumen ini sebagai indikator terhadap kondisi proses aliran pendingin primer. Kondisi proses aliran pendingin primer ini antara lain: suhu air masuk dan suhu air keluar reaktor, level air dalam reaktor, dan laju alir air dalam pipa. Jika kondisi proses air pendingin primer tidak terpenuhi, maka instrumen ini akan menginformasikan bahwa reaktor harus *scram*.

#### 4.3 Layout

Pemodelan gambar tiga dimensi dari beberapa peralatan dan pipa penghubung, pemodelan mengacu pada hasil pembuatan P&ID. Pipa penghubung ini merupakan jalur pipa air pendingin primer yang keluar reaktor dan kembali lagi ke reaktor melalui beberapa peralatan dengan hasil modifikasi seperti tampak pada Gambar 4 berikut.



Gambar 4. Layout Sistem Pendingin Primer

*Decay tank* (DT-01) berbentuk silinder vertikal dipasang di samping reaktor dan dihubungkan dengan pipa. *Decay tank* dilengkapi dengan empat buah *nozle*, *level indicator* dan *vent*.

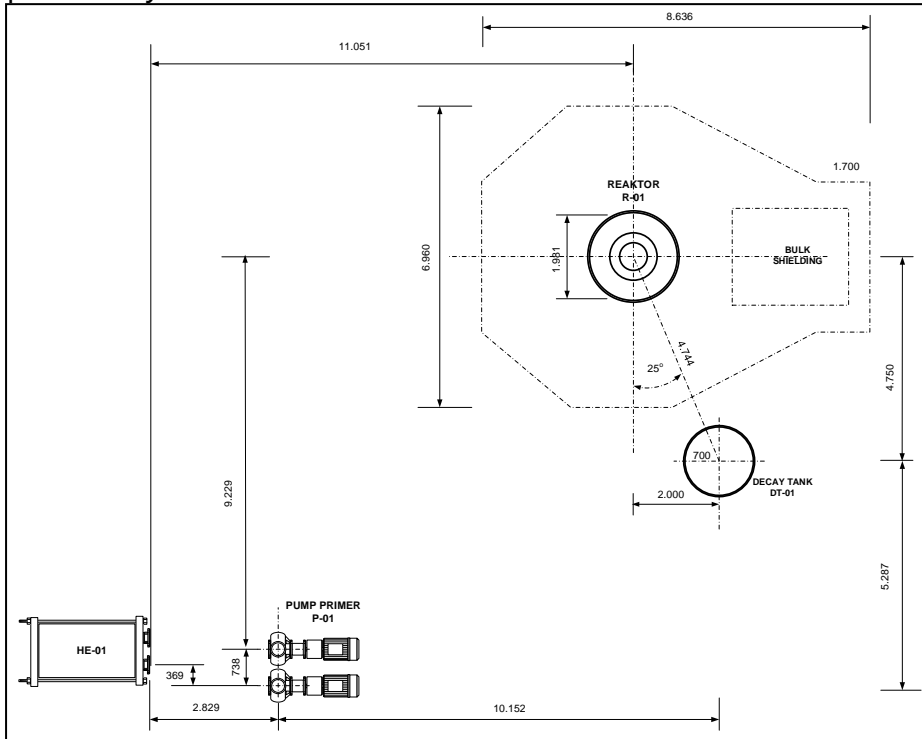
Reaktor (R-01), *decay tank* (DT-01), pompa primer (P-01), dan alat penukar panas (HE-01) dihubungkan dengan pipa. Pipa penghubung ini, dari reaktor menuju *decay tank* melalui bagian atas dan keluar melalui sisi bawah lalu menuju pompa primer, dari pompa primer pipa menuju alat penukar panas dan kembali lagi ke reaktor. Sepanjang jalur pipa penghubung ini, memerlukan beberapa *fitting pipe* dan *valve*. Penambahan *fitting pipe* dan *valve* pada jalur pipa penghubung tersebut terdistribusi sebagai berikut:

- *Decay tank* (DT-01) sebagai tangki yang berfungsi menunda laju alir pendingin primer selama 50 detik sebelum dihisap oleh pompa primer (P-01). Karena fungsi pompa untuk mengalirkan fluida cair, maka *decay tank* yang berisi air pendingin primer harus dalam keadaan penuh dan tidak boleh mengandung gas atau uap, karena dapat menyebabkan kavitasi dalam pompa [5]. Untuk memastikan *decay tank* dalam keadaan penuh dan tidak mengandung gas atau uap, maka *decay tank* dilengkapi dengan *instrument level indicator* (LI) dan *vent* untuk mengeluarkan gas atau uap yang terbentuk.
- Jalur pipa keluar reaktor (R-01) menuju *decay tank* (DT-01) melalui sisi bawah teras reaktor. Posisi *decay tank* di bawah permukaan atas air dalam reaktor, jika pada kondisi tertentu dan diperlukan perbaikan pada instalasi pipa penghubung tersebut, maka sebagai faktor keamanan, diperlukan *valve* untuk menahan aliran air keluar reaktor. Pada jalur pipa penghubung ini memerlukan beberapa *fitting pipe* yaitu lima buah *flange*, empat buah *gasket*, tiga buah *elbow*, satu buah *valve*, dan katup konveksi.
- Posisi alat penukar panas (HE-01) berada di bawah posisi bagian dasar reaktor (R-01). Pada saat terjadi kebocoran pada instalasi sepanjang jalur pipa tersebut, tentunya reaktor akan padam, pompa akan berhenti. Kondisi ini akan mengakibatkan terjadinya aliran balik air pendingin primer dari reaktor (R-01) menuju alat penukar panas (HE-01), sehingga diperlukan *valve* yang berfungsi untuk mencegah terjadinya arus balik tersebut, yaitu *anti siphon valve* (ASV-01). Pada jalur pipa penghubung ini memerlukan tambahan *fitting pipe* selain *anti siphon valve* (ASV – 01) yaitu, tiga buah *gasket* dan empat buah *flange*.
- Jalur pipa penghubung *decay tank* (DT-01) dengan pompa primer (P-01) adalah jalur pipa pengembangan dari pipa *existing* yang semula menuju reaktor, dipotong dan dihubungkan dengan pipa yang keluar *decay tank*. Pipa penghubung hasil pengembangan ini memerlukan tambahan *fitting pipe*, yaitu tiga buah *flange*, dua buah *gasket*, dan empat buah *elbow*.

- Jalur pipa penghubung dari pompa primer (P-01) menuju alat penukar panas (HE-01) tidak mengalami perubahan dan sesuai dengan *existing*.

#### 4.4 Plot Plan

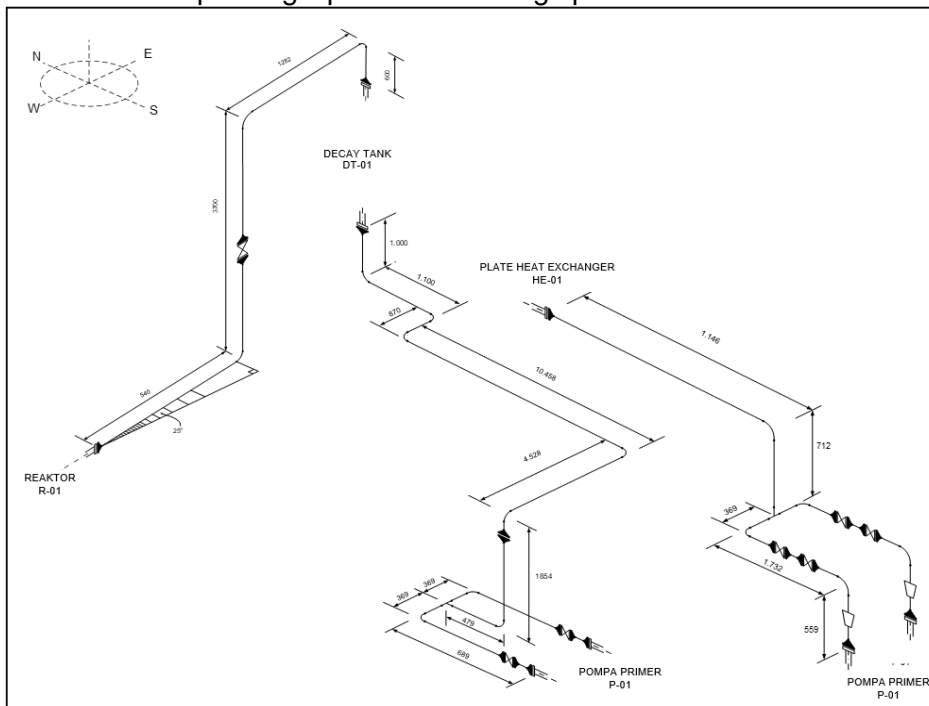
Berikut adalah hasil pembuatan gambar *plot plan* sistem pendingin primer, posisi antara pusat *decay tank* dan reaktor membentuk sudut  $25^\circ$ .



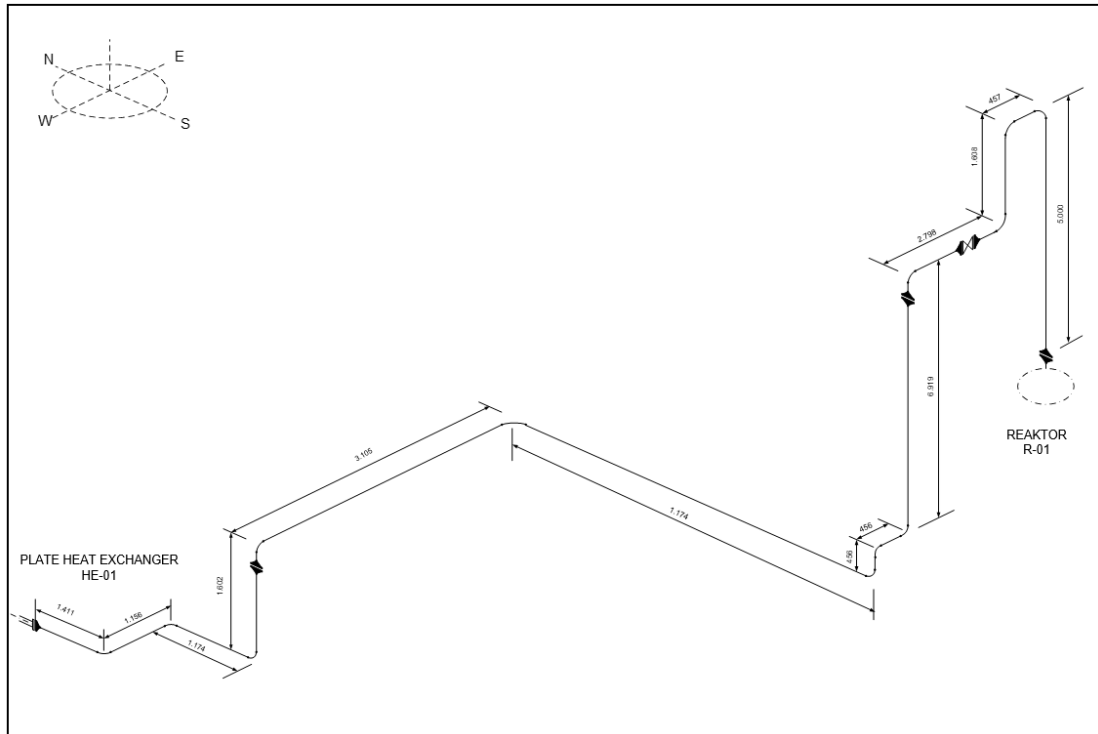
Gambar 5. *Plot Plan* Sistem Pendingin Primer.

#### 4.5 Isometrik Pipa

Gambar 6.a dan Gambar 6.b adalah gambar isometrik pipa hasil pengembangan dan modifikasi sistem pendingin primer reaktor triaga pelat.



Gambar 6.a. Isometrik Pipa Sistem Pendingin Primer.



Gambar 6.b. Isometrik Pipa Sistem Pendingin Primer.

## 5. KESIMPULAN

Dari hasil pengembangan sistem pendingin primer *existing* untuk reaktor tiga pelat yang diwujudkan dalam bentuk Gambar 1–6 dan pembahasan di atas, dapat disimpulkan bahwa, hasil pengembangan dan modifikasi jalur pipa sistem pendingin primer tersebut memerlukan beberapa *fitting pipe* dan *valve* yaitu, *flange*, *gasket*, *elbow*, *gate valve*, dan *anti siphon valve*. *Anti siphon valve* diperlukan untuk mencegah terjadinya arus balik dari reaktor menuju alat penukar panas. Jalur pipa penghubung antara reaktor (R-01) dan pompa primer (P-01) yang semula langsung melewati sisi atas reaktor, dimodifikasi dengan cara dipotong dan dihubungkan ke jalur pipa yang keluar dari *decay tank* (DT-01). Sedangkan untuk memastikan air pendingin primer dalam *decay tank* (DT-01) penuh, maka *decay tank* dilengkapi dengan level indikator (LI) dan untuk mencegah gas atau uap tidak terperangkap di dalamnya, maka *decay tank* dilengkapi dengan *vent* agar gas atau uap tersebut keluar.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Anonim, 2017, *Konversi Reaktor Tiga 2000 Menggunakan Bahan Bakar Jenis Standard General Atomic Menjadi Tiga Pelat Menggunakan Bahan Bakar Tipe Pelat Produksi Dalam Negri*, Lap.005.KRN.
- [2]. Peter Smith and R.W. Zappe, 2004, "Valve Selection Handbook", Fifth Edition, Elsevier Inc., Linacre House, Jordan Hill, Oxford.
- [3]. Piping Isometric Drawing. <http://hima-tl.ppns.ac.id/gambar-isometri-pipa-piping-isometric-drawing-2/>. disadur tanggal 23/05/2019 Jam 22:11
- [4]. Abdul Jami, Hafni Lissa Nuri, 2018, "Line Sizing Jalur Pipa Sistem Pendingin Primer Reaktor Tiga Pelat", Prima, Vol.15, Nomor 2, PRFN, Serpong.
- [5]. Coulson & Richardson's, 2005, "Chemical Engineering Design", Volume 6, Fourth Edition Linacre House, Jordan Hill, Oxford.



- [6]. Stanley M. Walas, 1990, "*Chemical Process Equipment*", Butterworth-Heinemann, 313 Washington Street.
- [7]. Inergraph, 2009, "*Smart Plant P&ID (Creating a P&ID Course Labs)*", Intergraph Corporation, Huntsville, Alabama.
- [8]. Gavin Twler and Ray Sinnott, 2008, "*Cemical Engineering Design*", Elsievier Inc., Sandiego, California, USA.