



EVALUASI KEMAMPUAN SISTEM MENARA PENDINGIN REAKTOR RSG-GAS

Edison Sihombing^{*1}, Sutrisno¹, Sukmanto Dibyo²

¹Pusat Reaktor Serba Guna, Batan, Kawasan Puspiptek gedung 90 Serpong, Indonesia

²Pusat Teknologi dan Keselamatan Reaktor Nuklir, Batan, Kawasan Puspiptek gedung 80 Serpong, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

RiwayatArtikel:

Diterima:

6 November 2017

Diterima dalam bentuk revisi:

20 Desember 2017

Disetujui:

3 April 2018

Kata kunci:

RSG-GAS
temperatur pendingin
evaluasi
kemampuanmenara
pendingin.

ABSTRAK

EVALUASI KEMAMPUAN SISTEM MENARA PENDINGIN REAKTOR RSG-GAS. Saat ini, pengoperasian reaktor telah berlangsung selama 29 tahun. Meskipun selama ini masih dapat beroperasi secara aman. Namun analisis terkini kemampuan sistem pendingin reaktor RSG-GAS sangat penting untuk dilakukan. Hal ini perlu disampaikan kepada badan pengawas untuk mendapatkan persetujuan perpanjangan izin operasi RSG-GAS. Sistem pendingin RSG-GAS adalah pendingin primer dan sekunder. Unit komponen operasi yang berperan mentransfer panas adalah pompa penukar panas dan menara pendingin, dari 7 unit menara pendingin yang ada, dapat dioperasikan sesuai dengan beban panas dari reaktor. Tujuan makalah ini adalah menganalisis kemampuan sistem menara pendingin RSG-GAS pada daya operasi reaktor 20 MWt, 25 MWt dan 30 MWt. Uji verifikasi dikerjakan dengan mengukur temperatur pendingin keluar menara pendingin dan masuk ke reaktor pada operasi reaktor daya 15 MWt dengan moda operasi 4, 5 dan 6 unit menara pendingin. Selanjutnya analisis kemampuan menara pendingin pada daya reaktor 20 MWt, 25 MWt dan 30 MWt dianalisis menggunakan software ChemCAD. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa dari aspek keselamatan, reaktor RSG-GAS daya 15 MWt dapat dioperasikan secara aman. Dari analisis operasi 4 dan 5 menara pendingin pada daya 30 MWt mengindikasikan bahwa temperatur pendingin ke reaktor mendekati batas sistem proteksi reaktor yang sebaiknya dihindari, oleh karena itu dianjurkan penggunaan 6 menara pendingin untuk operasi steady state pada daya 30 MWt.

ABSTRACT

PERFORMANCE EVALUATION ON REACTOR COOLING TOWER OF RSG-GAS. Currently, the operation of the reactor has been going on for 29 years. Although its can still operate safely. However, the latest analysis of RSG-GAS reactor coolant system capability is very important to do. This should be submitted to the regulatory body to obtain the extended operating licenses for RSG-GAS. The main cooling of RSG-GAS are primary and secondary cooling system. The operating component that used to transfer the heat are pumps, heat exchangers and cooling towers. There are 7 cooling tower units, they can be operated according to the heat load of the reactor. Purpose of this paper is to analyze the cooling tower performances at reactor power of 20 MWt, 25 MWt and 30 MWt. The verification is conducted by measuring the outlet coolant temperature from the cooling tower and inlet coolant temperature to the reactor. The measurement data is taken at steady state operating of 15 MWt power with 4, 5 and 6 cooling tower operating modes. Further more by the ChemCad software, the analysis of cooling tower performance at reactor power of 20 MWt, 25 MWt dan 30 MWt were carried out. The evaluation results indicates that from safety aspect, the 15 MWt RSG-GAS reactor can be operated safely. Operating analysis of 4 and 5 cooling towers at the power of 30 MWt indicates that inlet coolant temperature to the reactor approaches the limits of reactor protection system which should be avoided, therefore the use of 6 unit cooling tower for steady state reactor operation of 30 MWt is suggested.

Keywords: RSG-GAS, coolant temperature, evaluation, analysis, cooling tower performances.

© 2017Jurnal Pengembangan Energi Nuklir. All rights reserved

1. PENDAHULUAN

Pada tahun 2017 reaktor RSG-GAS telah berusia 29 tahun, izin operasi akan berakhir tahun 2019. Dalam rangka memperpanjang izin tersebut, diperlukan dokumen analisis keselamatan sebelum akhir izin operasi. Salah satu yang penting dalam analisis keselamatan tersebut adalah evaluasi kemampuan sistem pendingin reaktor sebagai efek dari proses penuaan, meskipun selama ini reaktor masih dapat beroperasi secara aman[1].

Evaluasi sistem pendingin dan aspek

keselamatannya telah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya[1,2,3]. Untuk melengkapi dokumen analisis keselamatan terkini maka evaluasi kemampuan sistem pendingin reaktor RSG-GAS ini sangat harus dilakukan. Salah satu aspek yang penting adalah mengetahui status kemampuan sistem pendingin reaktor saat ini yang berfungsi mentransfer panas dari reaktor melalui sistem pendingin primer dan sekunder yang kemudian dilepas ke lingkungan[3]. Pengalaman operasi sejak

*Penulis korespondensi:
E-mail: edison@batan.go.id

tahun 1987 menunjukkan perlunya perawatan berkala terhadap kemampuan menara pendingin. Oleh karena itu perlu evaluasi untuk mendukung keselamatan operasi reaktor RSG-GAS sesuai dengan ketentuan yang dimuat dalam Laporan Analisis Keselamatan (LAK).

Sistem pendingin RSG-GAS adalah pendingin primer dan sekunder. Unit komponen operasi yang berperan mentransfer energi panas adalah pompa, penukar panas dan menara pendingin. Unit menara pendingin pada pendingin sekunder merupakan sistem pembuangan panas akhir dari reaktor. Panas dari reaktor diambil oleh sistem pendingin primer dan ditransfer melalui penukar panas menuju sistem pendingin sekunder dan dilepaskan ke udara luar oleh menara pendingin. Sebanyak 7 unit menara pendingin sistem pendingin sekunder RSG-GAS yang dipasang secara paralel dan 1 unitnya untuk pengambilan panas tambahan bilamana ada kegiatan eksperimen. Jumlah unit menara pendingin yang harus dioperasikan tergantung pada beban panas dari reaktor, kondisi udara luar dan kemampuan dari menara pendingin itu sendiri. Oleh karena itu kemampuan dari menara pendingin perlu dievaluasi.

Tujuan makalah ini adalah untuk mengevaluasi dan menganalisis kemampuan sistem menara pendingin RSG-GAS pada daya operasi reaktor 20 MWt, 25 MWt dan 30 MWt menggunakan model ChemCAD yang diverifikasi dengan data pengukuran langsung pada daya reaktor 15 MWt.

2. TEORI

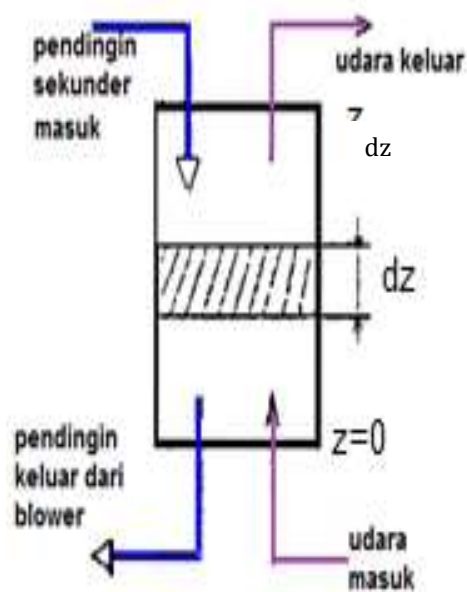
Sistem pendingin RSG GAS terdiri dari sistem pendingin primer dan sekunder sebagaimana yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Skematika Diagram Alir Sistem Pendingin RSG-GAS[2,3].

Menara pendingin merupakan sistem pembuangan panas akhir dari reaktor. Jenis menara pendingin adalah *induced draft tower*, di mana jenis ini dilengkapi dengan kipas untuk menarik udara sehingga melewati butiran air pendingin dari atas [4,5,6]. Temperatur air yang keluar dari hasil pendinginan menggunakan menara pendingin ini dipengaruhi oleh kecepatan udara, temperatur *wet bulb* udara dan laju massa air panas yang didinginkan [7,8,9]. Berdasarkan data temperatur *ambient wet bulb* udara daerah Tangerang Selatan 28°C dan T_{approach} (T_{approach} adalah perbedaan temperatur antara temperatur keluar dari menara pendingin dan temperatur *ambient wet bulb*) $=4^{\circ}\text{C}$ [SAR RSG-GAS Bab.6.3. *Secondary Cooling System*][3], maka temperatur air pendingin keluar dari menara pendingin 32°C .

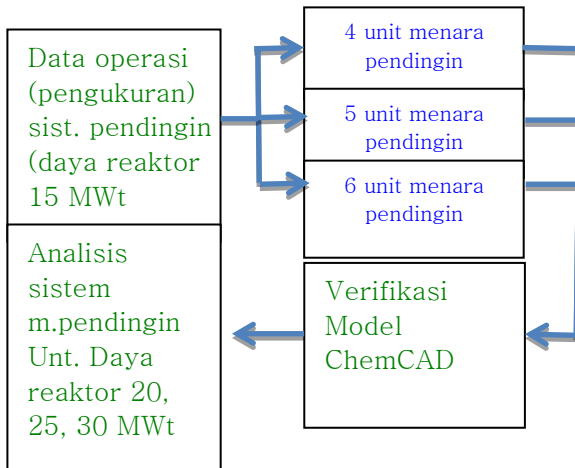
Pada prinsipnya, menara pendingin melepaskan panas ke udara yang temperaturnya lebih rendah secara transfer panas *latent* dan *sensible*. Dalam pengoperasian menara pendingin, proses pendinginan disertai dengan hilangnya sebagian kecil percikan air (*drift loss*) dan penguapan ke udara. Skematika aliran lawan arah (*counter flow*) pada proses transfer massa dan panas yang terjadi antara udara lingkungan (*ambient air*) dan air pendingin diilustrasikan pada Gambar 2;



Gambar 2. Skematika aliran lawan arah pada proses transfer massa dan panas menara pendingin[10,11].

3. METODOLOGI

Gambar 3. menunjukkan tahapan skema alur metodologi evaluasi kemampuan menara pendingin pada daya 15 MWt untuk verifikasi dan langkah analisis pada berbagai daya reaktor menggunakan ChemCAD.



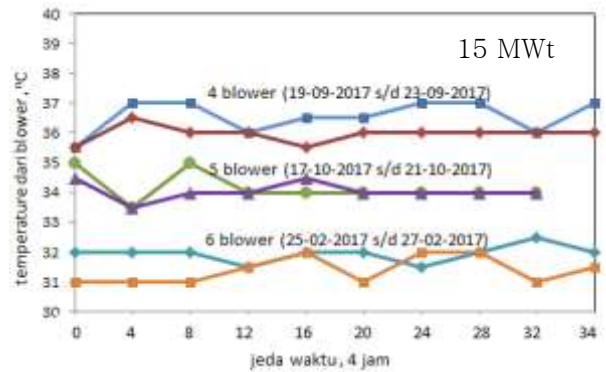
Gambar 3. Diagram Langkah Evaluasi.

Data Temperatur pendingin keluar menara pendingin dan masuk reaktor pada operasi reaktor daya 15 MWt, dengan laju alir sistem pendingin primer volumetrik 3150 m³/jam dan laju alir sistem pendingin sekunder 3900 m³/jam dicatat. Data tersebut diambil dengan mengoperasikan masing-masing 4, 5 dan 6 unit menara pendingin. Masing-masing pengukuran menggunakan 3 alat ukur untuk operasi 4 dan 5 menara pendingin, sedangkan untuk operasi 6 menara pendingin datanya diambil oleh 2 alat ukur yang ada. Selanjutnya analisis kemampuan menara pendingin untuk berbagai daya reaktor dianalisis menggunakan *software* ChemCAD setelah dilakukan uji verifikasi.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

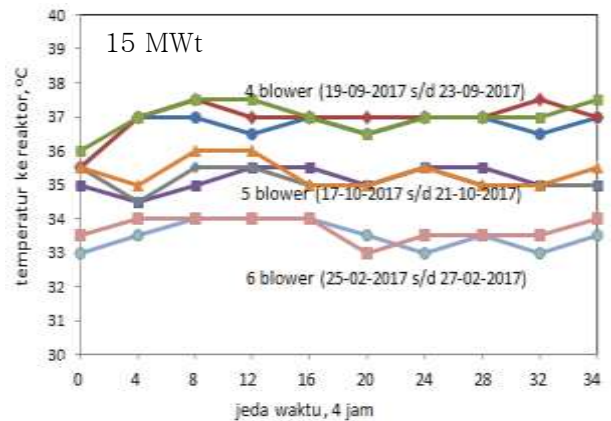
Gambar 4 Menunjukkan perbedaan kurva temperatur pendingin yang keluar dari menara pendingin menggunakan 4, 5 dan 6 unit menara pendingin (PA01CT01 dan PA02CT01 adalah kode alat ukur).

Pada operasi normal 15 MWt, parameter keselamatan temperatur maksimum selalu berada dibawah batas keselamatan operasi untuk seluruh data yang menggunakan 4, 5 dan 6 menara pendingin.



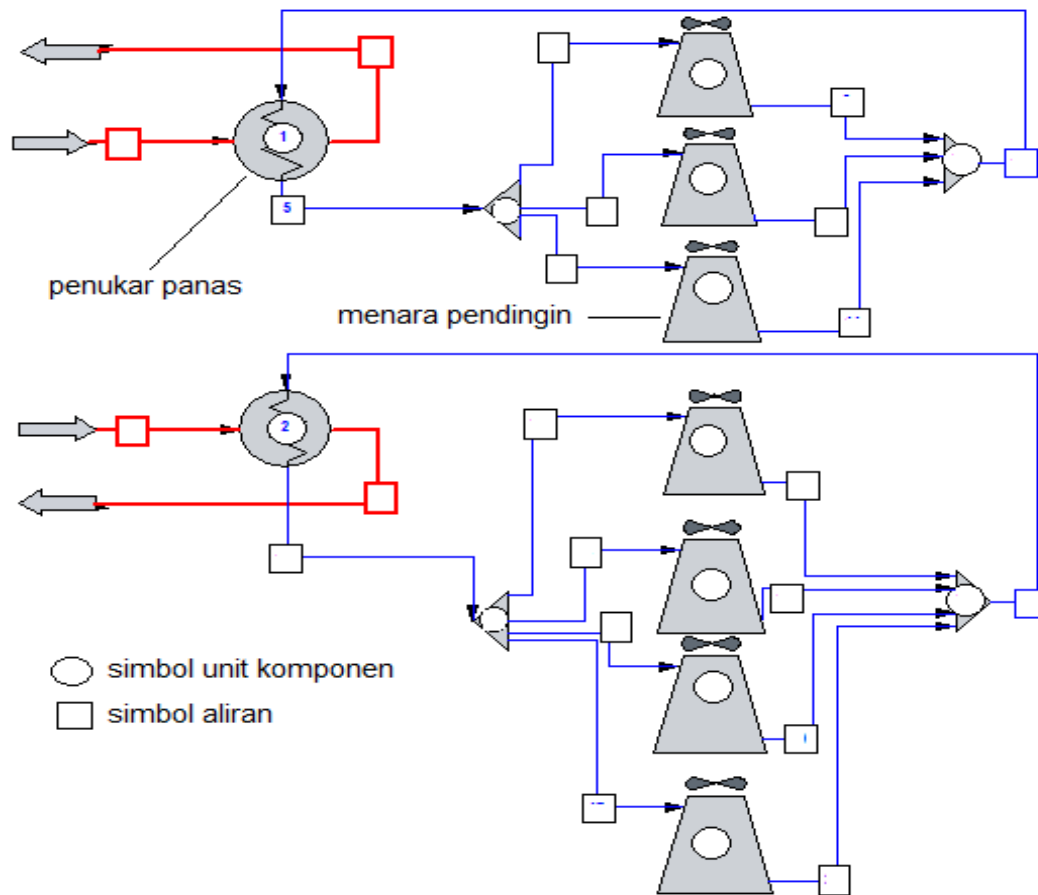
Gambar 4. Temperatur Pendingin dari Menara Pendingin (PA01CT01 dan PA02CT01) untuk 4, 5 dan 6 Unit.

Gambar 5 menunjukkan hasil pengukuran temperatur pendingin yang masuk ke reaktor, terukur temperatur maksimum pada angka 37,5°C. Temperatur ini masih dibawah dari nilai batas *set-point* sistem proteksi reaktor yaitu 42°C, artinya pendinginan bahan bakar terjamin aman dan selamat dari aspek termohidrolika[3]. Untuk data pengoperasian dengan jumlah menara pendingin yang lebih banyak, terukur temperatur pendingin lebih rendah yang berarti bahwa proses pengambilan panas oleh menara pendingin semakin baik.



Gambar 5. Temperatur Pendingin ke Reaktor (JE-01CT811/821/831) untuk 4, 5 dan 6 Menara Pendingin.

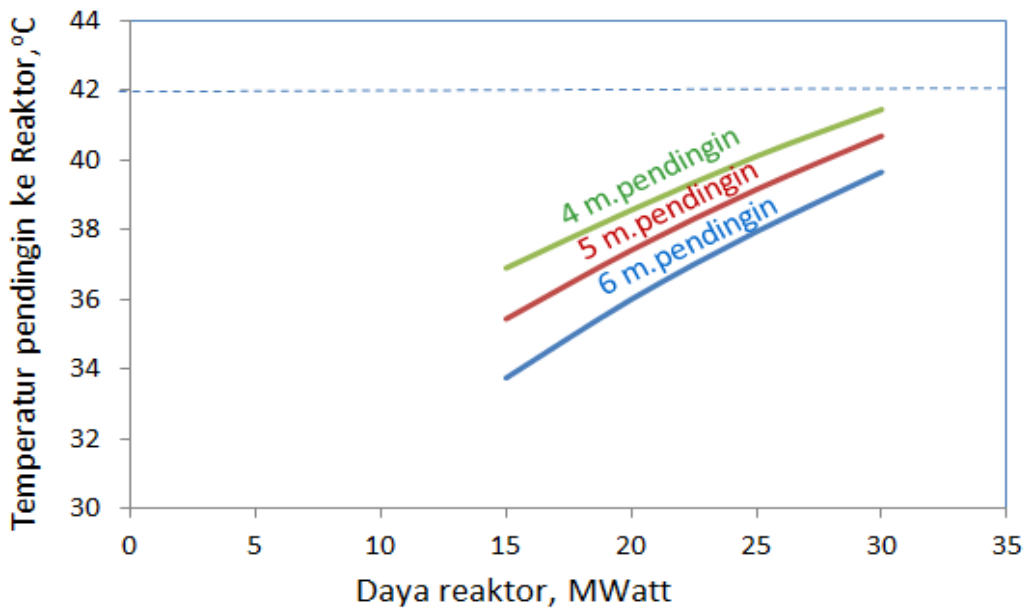
Selanjutnya Gambar 6 menampilkan diagram alir sistem pendingin RSG-GAS yang digunakan untuk analisis kemampuan pengambilan panas untuk daya 20, 25 dan 30 MWt. Analisis dan diagram tersebut disusun dengan menggunakan *software* ChemCAD6.1.4. ChemCAD adalah *software* yang dapat dipakai untuk desain operasi, evaluasi pada industri instalasi proses termasuk desain unit baru. ChemCAD telah berhasil dipakai di dalam desain sistem pendingin pada OPAL *Research Reactor* 20 MWt Australia [12].



Gambar 6. Modeling ChemCAD untuk Analisis Sistem Menara Pendingin.

Tabel 1. Temperatur Pendingin Masuk ke Reaktor untuk Operasi 4, 5 dan 6 Menara Pendingin

Parameter, Unit	M. Pendingin 4 Unit	M. Pendingin 5 Unit	M. Pendingin 6 Unit
Temperatur pengukuran pada Daya 15 MW, °C	36.86	35.21	33.51
Temperatur dari ChemCAD pada Daya 15 MW, °C	36.90	35.44	33.75
Temperatur dari ChemCAD pada Daya 20 MW, °C	38.56	37.41	36.10
Temperatur dari ChemCAD pada Daya 25 MW, °C	40.05	39.05	37.72
Temperatur dari ChemCAD pada Daya 30 MW, °C	41.24	40.48	39.25



Gambar 7. Hubungan Daya Reaktor vs. Temperatur Air ke Reaktor.

Tabel 1 memuat hasil pengukuran, verifikasi ChemCAD pada daya reaktor 15 MWt dan analisis temperatur pendingin ke reaktor untuk berbagai jumlah unit menara pendingin dan berbagai daya reaktor. Sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1, verifikasi antara pengukuran dan hasil keluaran ChemCAD pada daya reaktor 15 MWt untuk jumlah menara pendingin 4, 5 dan 6 unit telah dikerjakan dengan hasil yang secara umum cukup memuaskan. Adapun untuk daya 20 MWt, 25 MWt dan 30 MWt merupakan hasil analisis.

Gambar 7 menunjukkan kurva temperatur pendingin ke reaktor terhadap daya reaktor dan jumlah pengoperasian unit menara pendingin. Tampak bahwa, pengoperasian jumlah menara pendingin cukup signifikan terhadap temperatur pendingin ke reaktor. 39,25°C masih dibawah sistem proteksi reaktor (JE01CT811/821/831)

Hasil analisis operasi 4 dan 5 menara pendingin pada daya 30 MWt mengindikasikan bahwa temperatur pendingin ke reaktor mendekati 42°C sebagai batas sistem proteksi reaktor yang sebaiknya dihindari Oleh karena itu, hasil analisis ini menganjurkan penggunaan minimum 6 unit menara pendingin untuk operasi *steady state* pada daya 30 MWt. Dalam hal ini temperatur pendingin ke reaktor.

5. KESIMPULAN

Pengoperasian jumlah menara pendingin cukup berpengaruh signifikan terhadap temperatur pendingin ke reaktor. Oleh karena itu dari hasil analisis pada daya reaktor yang lebih tinggi disarankan untuk memaksimalkan kemampuan sistem menara pendingin dengan cara mengoperasikan semua fasilitas unit menara pendingin yang ada. Hasil analisis operasi 4 dan 5 menara pendingin pada daya reaktor 30 MWt menunjukkan temperatur pendingin ke reaktor masing-masing 41,24°C dan 40,48°C, oleh karena itu dianjurkan untuk menggunakan 6 unit menara pendingin pada daya 30 MWt.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada PRSG BATAN dan semua pihak yang mendukung kelengkapan data operasi sistem pendingin RSG-GAS sehingga makalah ini dapat diselesaikan.

DAFTAR ACUAN

- [1]. K. Iman, "Evaluasi Kinerja Sistem Keselamatan Reaktor RSG-GAS Selama Beroperasi 25 Tahun",

- dalam *Buletin Pengelolaan Reaktor Nuklir*. Serpong, Indonesia. Vol.XI, No.1, 2014. pp.1-10.
- [2]. A.S. Catur, "Kajian Perawatan Menara Pendingin Reaktor Serba Guna G.A. Siwabessy", dalam *SemNas V SDM Teknologi Nuklir Yogyakarta*, Nov. 2009.
- [3]. Sukmanto Diby and Ign.Djoko Irianto, "Evaluation of operating performance of the reactor coolant system of RSG-GAS Using ChemCAD 6.1.4, in *ICoNETS Conference Proceedings International Conference on Nuclear Energy Technologies and Sciences*, Indonesia, 2015.
- [4]. T.Jagadeesh, and K.S.Reddy, "Performance Analysis of the Natural Draft Cooling Tower in Different Seasons". *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering*, Vol.7, Issue 5, pp.19-23, 2013.
- [5]. W.Akram et,al, "Thermo-Hydraulic Behavior of Water Cooling Channel Subjected to Constant Heat Flux during Pressure Reduction Transient in its Cooling System", *International Journal of Computer Applications*, Vol 80, No 1, Oct. 2013.
- [6]. I.M. Kuzmenko, "Experimental Research of Heat Transfer in Cooling Tower", *American Journal of Energy Research*, Vol. 2, No. 3, pp.47-52, 2014.
- [7]. B.K. Naik, et al. "Performance Assessment of a Counter Flow Cooling Tower: Unique Approach", in *Energy Procedia 109*, pp. 243-252, 2017.
- [8]. Bahadori, "A Simple Method For Estimation Of Performance Characteristics Of Cooling Towers", *Journal of the Energy Institute*, Vol. 84-Issue 2, pp. 88-93, 2011.
- [9]. M. A. Ardekani, F. Farhani, M. Mazidi and M. A. Ranjbar, "Study of Degradation of Dry Cooling Tower Performance Under Wind Conditions And Method For Tower Efficiency Enhancement", *IJE Transactions C: Aspects* Vol. 28, No. 3, 460-466, March 2015.
- [10]. B.B. Sai, et al. "Design of Cooling Tower", *International Journal of Scientific & Engineering Research*, Vol.4, Issue 5, 1560, 2013.
- [11]. N Kiran, et al, "Performance Assessment of Counter Flow Cooling Tower Unique Approach", *Energy Procedia 109*, 2017 pp. 243 - 252.
- [12]. D. Sukmanto, et al. "Analisis Desain Proses Sistem Pendingin Reaktor Riset Inovatif 50 MW", *Jurnal Teknologi Reaktor Nuklir*. Vol.17, No.1, pp.19-30, Februari, 2015.