

ANALISIS PENYERAPAN KALOR PADA AIR DI WATER COOLING TANK SELAMA KONDISI TUNAK BERDASARKAN VARIASI TEMPERATUR

Jodi Maulana^{1*}, Mulya Juarsa¹, Ainur Rosidi²

¹Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Ibn Khaldun Bogor

²Pusat Teknologi Keselamatan Reaktor Nuklir, Badan Tenaga Nuklir Nasional

ABSTRAK

Kecelakaan PLTN yang terjadi di USA yaitu kecelakaan pada reaktor tipe PWR di Three Mile Island unit-2. Kecelakaan tersebut menyebabkan lelehnya teras reaktor akibat gagalnya sistem pendingin aktif (pompa mati). Sehingga masalah tersebut menjadi perhatian penting pada sistem pendingin pasif dengan memanfaatkan aliran sirkulasi alam untuk meningkatkan kinerja keselamatan PLTN saat kecelakaan menjadi topik yang menarik. PTKRN BATAN memiliki fasilitas Untai Uji FASSIP-02 Mod.1 yang diperuntukkan pada penelitian sistem pendingin pasif. Sehingga tujuan penelitian adalah melakukan analisis pelepasan kalor ke dalam air WCT (water cooling tank) dari heat exchanger tipe-U selama kondisi tunak berdasarkan variasi temperatur di daerah WHT (water heating tank). Sehingga perlu dilakukan kajian pada WCT untuk memperoleh hasil analisis penyerapan kalor pada air WCT selama kondisi tunak berdasarkan variasi temperatur. Metode penelitian yang dilakukan dengan variasi temperatur setting air dalam WHT pada kondisi tunak dari temperatur 60oC, 70oC, 80oC, dan 90oC dengan eksperimen dilakukan selama 6 jam. Hasil analisis penyerapan yang paling besar pada temperatur 900C yaitu 7366,55 W sedangkan hasil yang paling kecil adalah temperatur 600C yaitu 3416,77 W dan kalor yang terbuang dengan hasil yang paling besar pada temperatur 900C yaitu 869,10 W sedangkan hasil yang paling kecil adalah temperatur 600C yaitu 238,13 W.

Kata kunci : Pelepasan kalor, WCT, Pendingin pasif, Tunak, Sirkulasi alam

ABSTRACT

The nuclear power plant accident that occurred in the USA was an accident at the PWR type reactor at Three Mile Island unit-2. The accident caused the reactor core to melt due to the failure of the active cooling system (pump off). So that this problem becomes an important concern in passive cooling systems by utilizing natural circulation flows to improve the safety performance of nuclear power plants when an accident becomes an interesting topic. PTKRN BATAN has the FASSIP-02 Mod.1 Test Strand facility which is intended for passive cooling system research. So the aim of the research is to analyze the heat release into the WCT (water cooling tank) water from the U-type heat exchanger during steady conditions based on temperature variations in the WHT (water heating tank) area. So it is necessary to conduct a study on WCT to obtain the results of the analysis of heat absorption in WCT water during steady conditions based on temperature variations. The research method was carried out by varying the water setting temperature in WHT at steady conditions from temperatures of 60oC, 70oC, 80oC, and 90oC with experiments carried out for 6 hours. The results of the analysis of the largest absorption at a temperature of 900C that is 7366.55 W while the smallest result is a temperature of 600C that is 3416.77 W and the heat wasted with the greatest result at a temperature of 900C that is 869.10 W while the smallest result is 600C temperature is 238.13 W.

Keywords : Heat releas, WCT , Passive cooling, Steady, Natural circulation

1. PENDAHULUAN

Perusahaan listrik negara (PLN) sebagai penyedia energi listrik dituntut menambah pasokan energi listrik, untuk memenuhi kebutuhan energi listrik Hal ini disebabkan banyaknya permintaan energi listrik masyarakat dan industri yang semakin

meningkat, Semakin banyaknya peralatan mesin yang digunakan masyarakat dan industri untuk membantu aktivitasnya hal ini memunculkan beberapa persoalan penting yang sekarang ini dihadapi sistem kelistrikan di Indonesia. Penambahan pembangkit listrik adalah cara untuk menambah

kapasitas pasokan energi listrik agar dapat memenuhi kebutuhan energi listrik masyarakat dan industri [1].

Pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, khususnya terkait dengan kebutuhan energi listrik sejak puluhan dekade lalu telah menciptakan Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN). PLTN merupakan suatu teknologi yang memanfaatkan energi termal dari hasil reaksi fisi Uranium yang memanaskan air secara langsung untuk menghasilkan uap sebagai penggerak turbin dan generator. Panas dari hasil reaksi fisi digunakan untuk menguapkan air pendingin, dan uap yang dihasilkan digunakan untuk memutar turbin dan generator. Energi panas yang dihasilkan oleh reaksi fisi 1 kg uranium murni nilainya setara dengan 2.400 ton batu bara [2].

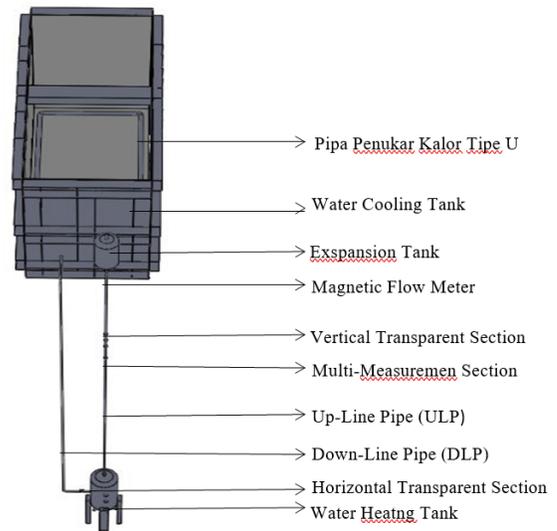
Seperti pembangkit listrik pada umumnya, keamanan dan keselamatan PLTN secara khusus lebih menjadi perhatian utama, khususnya jika terjadi kecelakaan yang menyebabkan terlepasnya material radioaktif ke lingkungan. Kecelakaan terbaru dari PLTN, pernah terjadi di Fukushima Daichi Jepang tahun 2011, kecelakaan terjadi karena adanya tsunami dan luapan air melebihi batas ketinggian tembok penghalang sehingga air merendam generator cadangan. Kemudian generator rusak sehingga pendingin mati total akibat pompa tidak beroperasi (system aktif gagal) [3].

Penelitian tentang pendingin pasif untuk reaktor nuklir sudah dilakukan oleh beberapa ilmuwan dengan menggunakan simulasi dan eksperimen. Penelitian yang dilakukan oleh Mulya Juarsa et.al, 2018 telah menunjukkan adanya sirkulasi alam pada FASSIP-02 yaitu sistem pendingin pasif dengan skala besar. Dengan gaya bouyancy dan mengandalkan gaya gravitasi menunjukkan adanya pendinginan [4]. Peneliti fenomena sirkulasi alami yang dilakukan Rabiee et. al, menunjukkan perubahan fluks panas menyebabkan ketidakstabilan yang fluktuasi terhadap laju aliran massa air [5]. Pemodelan RELAP5 Mod3 untuk mempelajari fenomena beda ketinggian antara sumber air pemanas dan sumber air dingin Untai FASSIP- 01 telah dilakukan oleh Andy Sofrani Ekariansyah[6].

Perubahan temperatur selama eksperimen menggunakan Untai Uji FASSIP- 02, baik di gunakan WCT dan bagian WHT akan sangat dipengaruhi oleh perubahan daya dan pelepasan kalor pada WCT. Sehingga tujuan penelitian adalah melakukan analisis pelepasan kalor ke dalam air WCT berdasarkan varisasi temperatur untuk kondisi tunak.

2. METODE PENELITIAN

Fasilitas untai FASSIP adalah fasilitas eksperimen yang terdapat pada di PTKRN BATAN yang digunakan untuk mensimulasikan investigasi fenomena aliran sirkulasi alamiah pada pengembangan sistem keselamatan PLTN baik pada kondisi kecelakaan maupun pada kondisi operasi. Tahapan jalur perekaman data terdiri dari sambungan elbow, tee, dan pipa kaca berbahan pyrex dengan diameter 1,27 cm yang membentuk untai dengan ketinggian total 3,75 m dan lear 1 m. pipa pyrex digunakan agar bisa melihat penomena aliran yang terjadi di dalam untai. Untai Uji FASSIP-02 terdiri dari dua komponen penting yaitu heater dan coil heat exchanger yang dibagi kedalam dua segmen yaitu segmen pemanas dan pendingin. Alat eksperimen untai uji FASSIP-02 dapat dilihat pada Gambar 1.

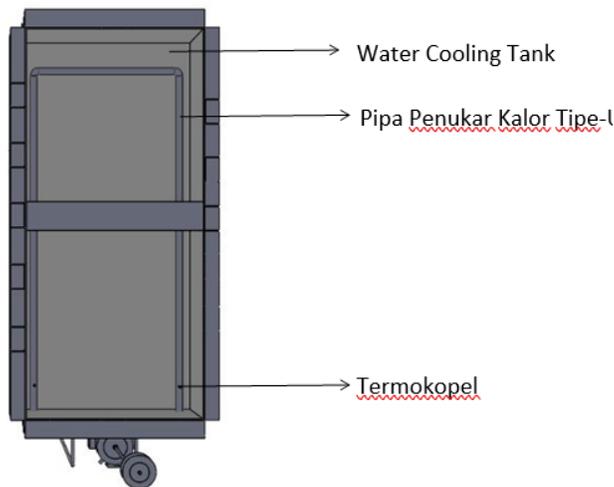


Gambar 1. Untai uji FASSIP-02

Tabel 1. Hasil pengukuran sensor ultrasonik HC-SR04 nomor 1 (bagian atas terhadap dinding)

Bagian	Geometri	Ukuran dan Material
WCT, water cooling tank	Kotak	1 m x 2.75 m (carbon steel, t= 6 mm)
WHT, water heating tank	Silinder	Dia. 24 inch. Sch.40, h=1 (cup=15,72 cm, (stainless steel 3040))
Diameter pipa (D)	Silinder	Dia. 1 inch, t=3 mm, (Cooper)
Penukar kalor, HE heater (4 pieces)	Silinder	Length= 30 cm, P=5 Kw (total 20 Kw)
Beda ketinggian	-	910 cm

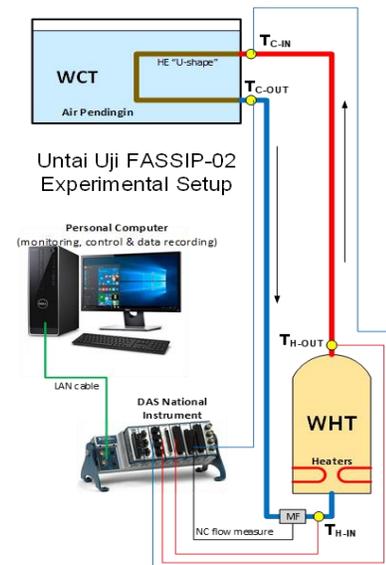
Berikut gambar pada bagian fasilitas Untai Uji FASSIP-02 yaitu WCT 1 m x 2.75 m dan dapat dilihat pada Gambar 2



Gambar 2. Water Cooling Tank(WCT)

2.1 Setup Eksperimen

Setup eksperimen terdiri dari desain Untai FASSIP-02, posisi pemasangan termokopel, dan tahapan jalur perekaman data. Untai FASSIP-02 terdiri dari sambungan elbow, tee, dan pipa kaca berbahan pyrex dengan diameter 1,27 cm yang membentuk untai dengan tinggi total 3,75 m dan lebar 1 m. Pipa pyrex digunakan agar dapat melihat fenomena aliran yang terjadi di dalam untai. Untai FASSIP-02 memiliki dua komponen penting yaitu heater dan coil heat exchanger yang dibagi kedalam dua segmen/bagian yaitu segmen pemanas dan segmen pendingin. Gambar 1 merupakan gambaran setup dari Untai FASSIP-02, Untai FASSIP-02 telah dipasang termokopel tipe k di 12 titik yang telah ditentukan dan juga dipasang kontrol temperatur heater menggunakan solid state relay. Semua titik pemasangan termokopel terhubung ke alat NI (national instrument) yang disambungkan ke personal computer melalui kabel LAN. Pengukuran temperatur di Untai FASSIP-02 divisualisasikan oleh software LAB VIEW. Pemasangan termokopel tipe-K yang berada pada untai FASSIP-02 semuanya masing-masing telah diberi nama sesuai peruntukannya. Seperti ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Setup Eksperimen

Hidupkan panel listrik QFM-5, hidupkan MCB Untai FASSIP-02, hidupkan NI Daq, hidupkan MCB Heater, Mensetting tegangan listrik travo, nyalakan daya pada heater, komputer untuk perekaman data penelitian.

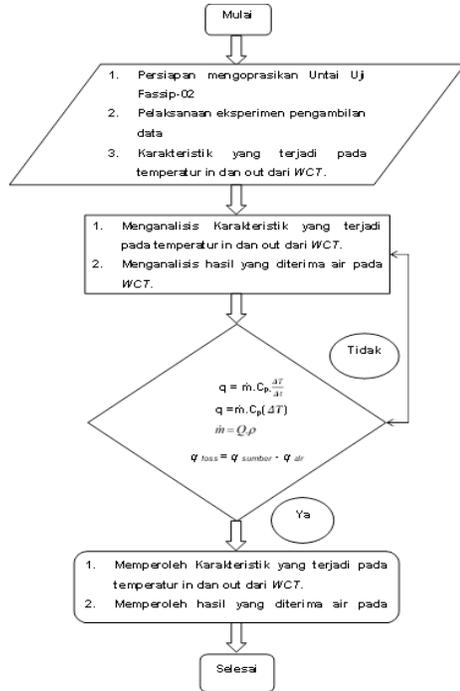
2.2 Metode Eksperimen

Fasilitas eksperimen Untai Uji FASSIP-02 di Laboratoium Thermohidrolika PTKRN-BATAN merupakan pengembangan sistem pendingin pasif. Tahapan- tahapan eksperimen:

1. Melakukan eksperimen dengan menjalankan *software LabView* untuk perekaman data secara otomatis
2. Mengoperasikan slide voltage regulator 25 Kva
3. Mengatur tegangan elektrik pada 220 Volt
4. Menjalankan 4 buah heater dengan total daya 20 kWatt
5. Mengukur arus listrik menggunakan tang ampere pada 4 buah *heater*
6. Mengolah data dengan cara menggunakan *software origin pro 8*
7. Mendapatkan data hasil eksperimen yang sudah diolah dan memvisualisasikannya dengan menggunakan persamaan rumus
8. Menganalisa hasil data perbandingan eksperimen perpindahan kalor dengan
9. Pengaruh perbedaan temperatur dalam visual grafik.

Tahapan-tahapan dalam proses penelitian ini dalam bentuk flow chart ditunjukkan pada Gambar 4.

perintah kepada robot untuk terus berjalan atau berubah posisi. Kemudian cek lantai apakah sudah bersih atau belum, jika sudah maka tekan tombol *off* untuk mematikan robot. Jika belum maka arahkan robot untuk memebrsihkan ulang pada lantai tersebut. Adapun Diagram alir sistem pada robot pembersih lantai dapat dilihat pada dibawah ini:



Gambar 4. Flowchart

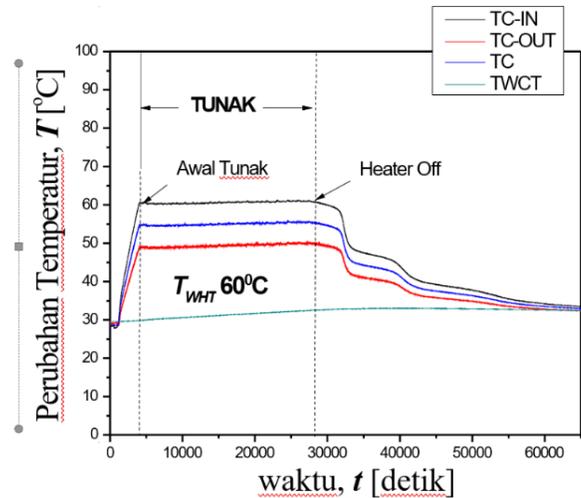
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Karakteristik perubahan temperatur dalam WCT

Eksperimen yang dilakukan menggunakan Untai Uji FASSIP-02 Mod 1 selama proses pemanas air menggunakan 4 buah heater dengan total daya 20 kWatt pada WHT dengan setting temperatur sebesar 60oC, 70oC, 80oC, dan 90oC. Data perubahan temperatur selama eksperimen berlangsung diukur dan direkam menggunakan sistem akuisisi data National Instrument (DAS-NI) data disimpan melalui personal computer (PC). Kemudian, data berupa txt file dikonversi ke bentuk excel kemudian di export ke software Origin pro 8 untuk menampilkan data selama eksperimen dalam bentuk kurva.

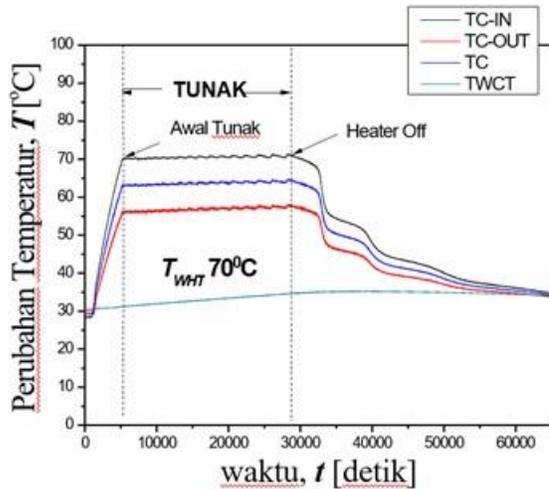
3.2 Karakteristik temperatur cooler dan air WCT selama eksperimen

Karakteristik temperatur cooler dan air WCT selama eksperimen berdasarkan variasi pada temperatur setting WHT 60oC, 70oC, 80oC, dan 90oC. Data diperoleh berdasarkan perekaman temperatur secara digital melalui DAS-NI dan data disimpan melalui personal computer (PC) untuk temperatur 60oC, 70oC, 80oC, dan 90oC selama eksperimen. Kemudian, data berupa txt file dikonversi ke bentuk excel kemudian di export ke software Origin pro 8 untuk menampilkan data selama eksperimen dalam bentuk kurva, Gambar ditampilkan dalam bentuk kurva untuk melihat perubahan temperatur. Berikut ini, secara berturut-turut merupakan Gambar kurva karakteristik temperatur pada TC-IN, TC-OUT, TC dan TWCT dari temperatur 60oC, 70oC, 80oC, dan 90oC yang ditunjukkan pada Gambar 5, Gambar 6, Gambar 7, dan Gambar 8.



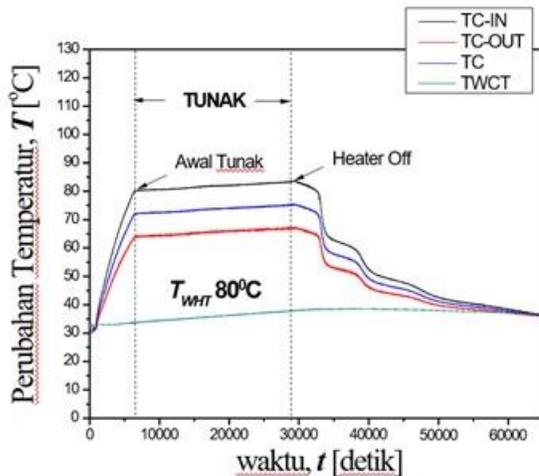
Gambar 5. Karakteristik temperatur cooler dan air WCT 60°C

Berdasarkan pada Gambar 5 untuk temperatur setting pada WHT 60 oC selama kondisi tunak yaitu dapat dilihat dari 0 detik saat awal heater dihidupkan sampai dengan 4146 detik terjadi kenaikan temperatur yaitu waktu pemanasan, Kemudian awal mencapai kondisi tunak dari detik ke 4146 dan akhir kondisi tunak dari detik ke 27506 hingga keadaan heater off yaitu kenaikan temperatur air WCT 60 oC. Temperatur setting pada WHT 70°C dapat dilihat pada Gambar 6



Gambar 6. Karakteristik temperatur cooler dan air WCT 70°C

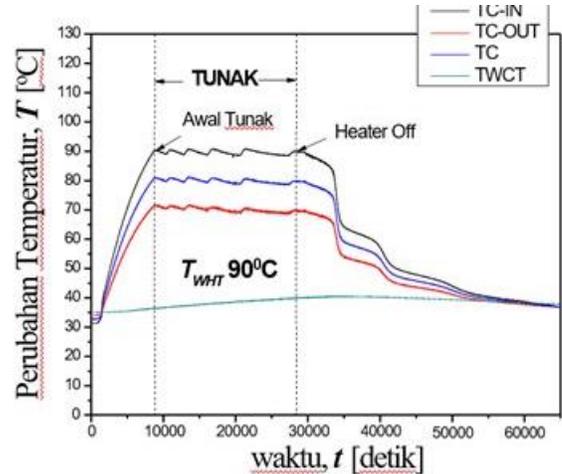
Berdasarkan pada Gambar 6 untuk temperatur setting pada WHT 70 oC selama kondisi tunak yaitu dapat dilihat dari 0 detik saat awal heater dihidupkan sampai dengan 5200 detik terjadi kenaikan temperatur yaitu waktu pemanasan, Kemudian awal mencapai kondisi tunak dari detik ke 5200 dan akhir kondisi tunak dari detik ke 28231 hingga keadaan heater off yaitu kenaikan temperatur air WCT 70 oC. Temperatur setting pada WHT 80°C dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Karakteristik temperatur cooler dan air WCT 80°C

Berdasarkan pada Gambar 7 untuk temperatur setting pada WHT 80 oC selama kondisi tunak yaitu dapat dilihat dari 0 detik saat awal heater dihidupkan sampai dengan 6517 detik terjadi kenaikan temperatur yaitu waktu pemanasan, Kemudian awal mencapai kondisi

tunak dari detik ke 6517 dan akhir kondisi tunak dari detik ke 29404 hingga keadaan heater off yaitu kenaikan temperatur air WCT 80 oC. Temperatur setting pada WHT 90°C dapat dilihat pada gambar berikut ini:

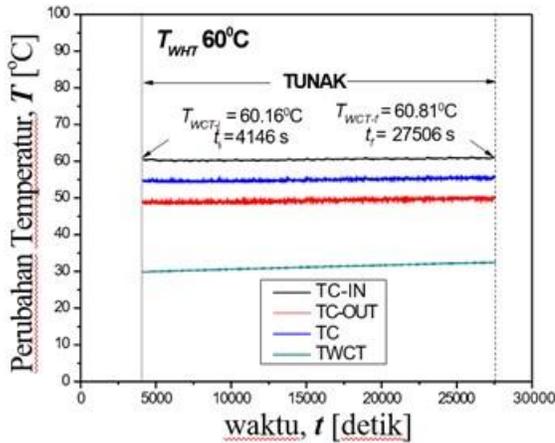


Gambar 8. Karakteristik temperatur cooler dan air WCT 90°C

Berdasarkan pada Gambar 8 untuk temperatur setting pada WHT 90 oC selama kondisi tunak yaitu dapat dilihat dari 0 detik saat awal heater dihidupkan sampai dengan 8897 detik terjadi kenaikan temperatur yaitu waktu pemanasan, Kemudian awal mencapai kondisi tunak dari detik ke 9987 dan akhir kondisi tunak dari detik ke 29646 hingga keadaan heater off yaitu kenaikan temperatur air WCT 90 oC

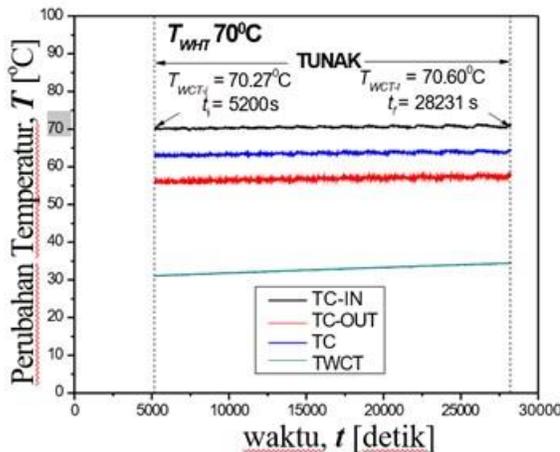
3.3 Karakteristik Temperatur tunak dalam WCT

Karakteristik perubahan tempertur berdasarkan variasi pada temperatur setting WHT 60oC, 70oC, 80oC, dan 90oC. Data diperoleh berdasarkan perekaman temperatur secara digital melalui DAS-NI dan data disimpan melalui personal computer (PC) untuk temperatur 60oC, 70oC, 80oC, dan 90oC selama eksperimen. Kemudian, data berupa txt file dikonversi ke bentuk excel kemudian di export ke software Origin pro 8 untuk menampilkan data selama eksperimen dalam bentuk kurva, Gambar ditampilkan dalam bentuk kurva untuk melihat perubahan temperatur.



Gambar 9. Karakteristik temperatur *tunak* dalam WCT 60°C

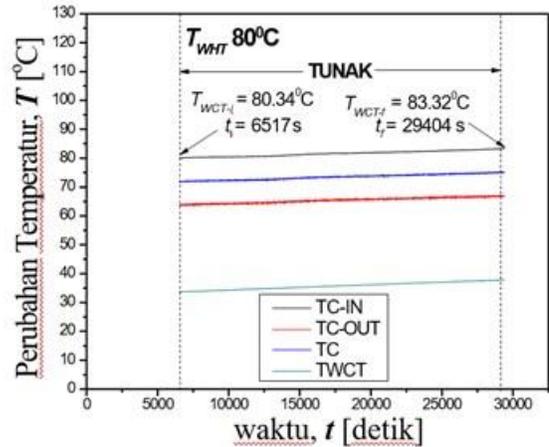
Berdasarkan pada Gambar 9 untuk temperatur setting pada WHT 60 oC selama kondisi tunak yaitu dari detik ke 4146 dengan tempeatur tunak dalam WCT untuk awal kondisi tunak dengan temperatur TWCT mencapai 60,16oC pada waktu 4146 detik dan akhir kondisi tunak dengan temperatur TWCT mencapai 60,81oC pada waktu akhir tunak 27506 detik. Temperatur setting pada WHT 70°C dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Karakteristik temperatur *tunak* dalam WCT 70°C

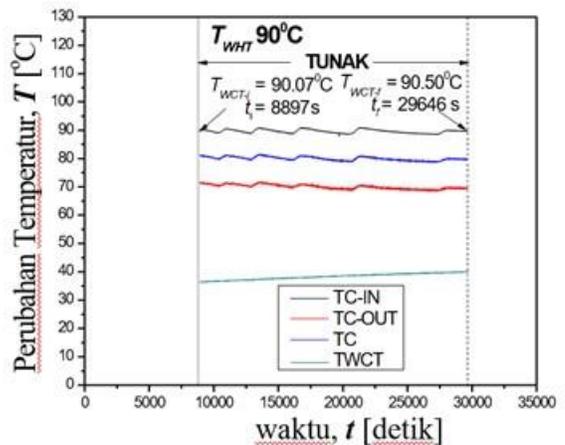
Berdasarkan pada Gambar 10 untuk temperatur setting pada WHT 70 oC selama kondisi tunak yaitu dari detik ke 5200 dengan tempeatur tunak dalam WCT untuk awal kondisi tunak dengan temperatur TWCT mencapai 70,27oC pada waktu 5200 detik dan akhir kondisi tunak dengan temperatur TWCT mencapai 70,60oC pada waktu akhir tunak 28231

detik. Temperatur setting pada WHT 80°C dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Karakteristik temperatur *tunak* dalam WCT 80°C

Berdasarkan pada Gambar 11 untuk temperatur setting pada WHT 80 oC selama kondisi tunak yaitu dari detik ke 6517 dengan tempeatur tunak dalam WCT untuk awal kondisi tunak dengan temperatur TWCT mencapai 80,34oC pada waktu 6517 detik dan akhir kondisi tunak dengan temperatur TWCT mencapai 83,32oC pada waktu akhir tunak 29404 detik. Temperatur setting pada WHT 90°C dapat dilihat pada Gambar 12



Gambar 12. Karakteristik temperatur *tunak* dalam WCT 90°C

3.4 Karakteristik Perubahan Energi Internal Air WCT

Karakteristik perubahan tempertur berdasarkan variasi pada temperatur setting WHT 60oC, 70oC, 80oC, dan 90oC. Data diperoleh

berdasarkan perekaman temperatur secara digital melalui DAS-NI dan data disimpan melalui personal computer (PC) untuk temperatur 60oC, 70oC, 80oC, dan 90oC selama eksperimen. Karakteristik temperatur selama eksperimen, untuk memanaskan air sampai temperatur kondisi tunak di pada WHT berdasarkan variasi temperatur seperti ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Data hasil eksperimen waktu kondisi tunak

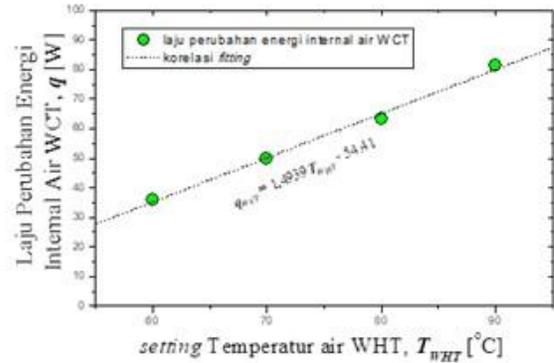
Temperatur Setting kondisi tunak pada WHT, T (°C)	Waktu kondisi tunak, T (detik)	T _{WCT-t} [°C]	T _{WCT-t} [°C]	ΔT _{WCT} [°C]	Δt Waktu (detik)	T _{WCT} [°C]
60	27506	32,29	29,78	2,51	23387	31,3
70	28231	34,42	30,98	3,44	23121	32,7
80	29404	37,92	33,60	4,32	22887	35,76
90	29646	40,20	35,17	5,03	20749	37,68

Tabel 2 menunjukkan temperatur setting pada WHT selama kondisi tunak berdasarkan variasi pada temperatur T-WCT terlihat waktu yang paling cepat untuk mencapai kondisi tunak pada temperatur 60oC dengan ΔTWCT 2,51oC mencapai waktu 27506 detik dan yang paling lama pada temperatur 90oC dengan ΔTWCT 5,03oC mencapai waktu 29646 detik. Berdasarkan data eksperimen yang terdapat pada Tabel 2 maka dapat dipastikan bahwa temperatur pada air dalam WCT mengalami kenaikan seiring dengan dinaikannya temperatur pada setting WHT. Dari kurva dan temperatur selama eksperimen dan perhitungan dengan persamaan rumus diperoleh Hasil laju perubahan energi internal rata-rata air WCT selama kondisi tunak dapat dilihat pada Gambar 13.

3.5 Laju perubahan energi internal rata-rata air WCT

Korelasi fitting diperoleh hasil fitting air pada WCT rata-rata pada perubahan temperatur selama kondisi tunak dengan tingkat kepercayaan sebesar R2 = 0,99266 . Sehingga kolerasi ini dapat digunakan untuk memprediksi laju perubahan kalor pada titik-titik tertentu setting temperatur WHT selama dalam rentang 20oC hingga 100oC.

$$q_{WCT} = 1.4939T_{WHT} - 54.41$$



Gambar 13. Perubahan Energi Internal Rata-rata Air WCT

Gambar 13 Menunjukkan hasil air pada WCT dengan menggunakan variasi setting temperatur pada WHT masing-masing untuk setting temperatur 60oC, 70oC, 80oC, dan 90oC secara berturut-turut hasilnya adalah 3954,9 Watt, 5064,6 Watt, 6427,9 Watt, 8235,6 Watt. Dapat dilihat kurva perubahan energi internal rata-rata air WCT semakin besar temperature yang diberikan maka semasih besar juga hasil perubahan energi internal air pada WCT.

3.6 Karakteristik serapan kalor pada air WCT

Karakteristik perubahan tempertur berdasarkan variasi pada temperatur setting WHT 60oC, 70oC, 80oC, dan 90oC. Data diperoleh berdasarkan perekaman temperatur secara digital melalui DAS-NI data disimpan melalui personal computer (PC) untuk temperatur 60oC, 70oC, 80oC, dan 90oC selama eksperimen.

Tabel 3. Debit aliran selama eksperimen Kondisi Tunak.

Temperatur air WHT Setting, T _{WHT} [°C]	Debit Aliran Tunak, Q(m ³ /s)	TC-IN [°C]	TC-OUT [°C]
60	7,27598x10 ⁻⁵	60,11	48,48
70	8,46692x10 ⁻⁵	69,78	55,84
80	9,15156x10 ⁻⁵	80,10	63,81
90	9,85532x10 ⁻⁵	90,17	71,44

Tabel 3 menunjukkan waktu pemanasan air pada WHT sejak heater mulai dihidupkan sampai temperatur kondisi tunak tercapai dan dapat dilihat hasil debit aliran paling kecil adalah pada T-WHT 60oC dan yang paling besar adalah 90oC.Hal ini diakibatkan karakteristik temperatur yang terjadi pada setiap perubahan temperatur air

pada WHT yang terus dinaikan, Sehingga laju aliran massa air terus mengalami perubahan pada setiap detiknya. Maka dapat dipastikan bahwa temperatur pada air dalam WCT mengalami kenaikan seiring dengan dinaikannya temperatur pada setting WHT.

Pelepasan kalor ke dalam air WCT selama kondisi tunak setiap detik dihitung dengan persamaan (1).

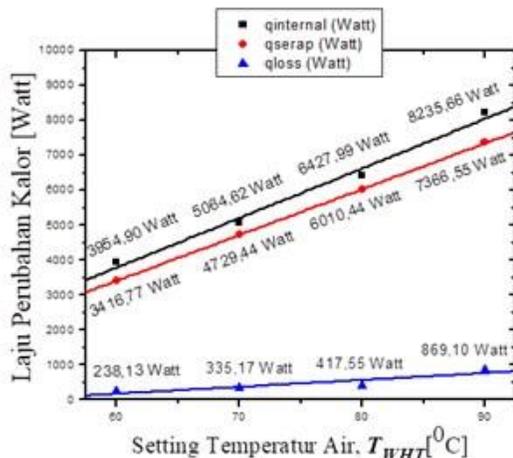
$$q_{loos} = q_{WCT} - q_{serap} \quad (1)$$

Data hasil eksperimen yang diperoleh adalah data laju perubahan energi selama kondisi tunak pada setting temperature air WHT. Kemudian data selama eksperimen direkam menggunakan sistem akuisisi data National Instrumen (DAS- NI) dan disimpan dalam personal computer (PC). Hasil data yang sudah dihitung menggunakan persamaan rumus dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil perhitungan

$T_{WHT} [^{\circ}C]$	$q_{Internal} (Watt)$	$q_{serap} (Watt)$	$q_{loos} (Watt)$
60	3954,90	3416,77	238,13
70	5064,62	4729,44	335,17
80	6427,99	6010,44	417,55
90	8235,66	7366,55	869,10

Berdasarkan Tabel 4 pada bagian temperatur setting air WHT dan hasil yang didapatkan semakin besar seiring dengan dinaikannya temperatur pada setting WHT selama kondisi tunak seperti yang diunjukkan pada Gambar 14.



Gambar 14. Kurva beda laju perubahan energi dalam air WCT

Berdasarkan Gambar 4.18 menunjukkan kurva beda laju perubahan energi dalam air WCT terhadap setting temperatur pada WHT. Laju

perubahan kalor yang di serap air selama heater hidup saat kondisi tunak yaitu 3416,77 Watt, 4729,44 Watt, 6010,44 Watt dan 7366,55 Watt. Laju perubahan energi internal air WCT yaitu 3954,90 Watt, 5064,62 Watt, 6427,99 Watt dan 8235,66 Watt, Sedangkan Pelepasan kalor air ke dalam WCT yaitu 238,13 Watt, 335,17 Watt, 417,55 Watt dan 869,10 Watt.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil data-data penelitian maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Hasil karakteristik perubahan energi internal selama kondisi tunak berdasarkan variasi pada temperatur T-WCT terlihat waktu yang paling cepat selama kondisi tunak pada temperatur 60oC dengan ΔTWCT 2,51oC mencapai waktu 27507 detik dan yang paling lama pada temperatur 90oC dengan ΔTWCT 5,03oC mencapai waktu 29646 detik, Sedangkan untuk air pada WCT hasil yang paling besar adalah temperatur 900C yaitu 8335,66 watt dan hasil yang paling kecil adalah temperatur 600C yaitu 3954,90 watt.
2. Hasil eksperimen pelepasan kalor air ke dalam WCT selama kondisi tunak yang terkecil pada temperatur setting WHT 600C yaitu 238,13 Watt dan hasil yang paling besar pada temperatur setting WHT 900C yaitu 869,10 Watt. Serta serapan kalor pada air WCT adalah pada temperatur setting WHT 600C 3416,77 Watt dan pada temperatur setting WHT 900C 7366,55 Watt.

DAFTAR PUSTAKA

Asy'ari, H. Budiman, A. & Munadi, A. (2013). Speedbumb sebagai Pembangkit Listrik Ramah Lingkungan dan Terbarukan, SEMANTIK 2013.

Tjipta Suhaemi. Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN) Menopang Kebutuhan Eenergi Listrik Nasional, Seminar Nasional TEKNOKA_FT UHAMKA, 30 Januari 2016.

- A. Rosyidi, Sagino, Eksperimen Awal Aliran Sirkulasi Alamiah Pada Simulasi Sistem Keselamatan Pasif, Sigma Epsilon, ISSN 0853-9103.
- L.F. Ningsih, A.R. Sofyan, Giarno, D. Haryanto, J.P. Witoko, M. Juarsa. Estimasi perhitungan kalor dan laju aliran kalor pada untai fassip-02.
- Pitts, Donal R., Leighton E. Sissom, Perpindahan Kalor, (diterjemahkan oleh Arko Prijono) Erlangga, Jakarta, 1987
- Jodi Maulana, Ainur Rosidi, Giarno, G.Bambang.H, Dedy Haryanto, Dwi Yuliaji, Mulya Juarsa, Analisis Laju Perubahan Energi Internal Air WCT Selama Kondisi Tunak Berdasarkan Variasi, (KTI tersebut telah disajikan pada Seminar Nasional Teknologi Energi Nuklir (SENTEN) 2020, 18 November 2020). KTI tersebut belum dipublikasikan oleh SENTEN