

HIPOTESIS TIMBULNYA *BUBBLE* DI DALAM *DELAY CHAMBER* PADA REAKTOR RSG-GAS YANG BEROPERASI PADA DAYA 30 MW

Sutrisno dan Purwadi

*Pusat Reaktor Serba Guna-BATAN, Kawasan Puspiptek Gdg 31, Serpong
Email : soe-tris@batan.go.id*

ABSTRAK

Salah satu persoalan teknis yang masih muncul ketika Reaktor RSG-GAS dioperasikan pada daya 30 MW adalah pertambahan volume gas di dalam delay chamber dan penurunan tekanan di sistem pendingin primer. Penelitian terdahulu mendapatkan bahwa penyebab penurunan tekanan sistem pendingin primer diakibatkan oleh akumulasi gas yang terbentuk pada delay chamber, akan tetapi belum ditemukan asal gas yang terbentuk. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jumlah gas yang terakumulasi di dalam delay chamber ketika reaktor beroperasi pada daya 0 - 30 MW dan tekanan pada sistem pendingin primer. Terbentuknya gas di dalam delay chamber setelah reaktor beroperasi selama 14 jam dapat diamati dari control level kolam reaktor pada saat sebelum operasi dan sesudah reaktor shut down. Hasil eksperimen menunjukkan pertambahan volume gas di dalam delay chamber sebesar 5,85 m³ dengan 7 menara pendingin, dan penurunan tekanan pada sistem pendingin primer masih di atas -0,15 bar. Hal tersebut menunjukkan bahwa kavitasi pada pompa pendingin primer tidak terjadi, dari hasil tersebut reaktor aman dioperasikan pada daya 30 MW selama 2 jam sehingga perlu eksperimen lanjutan untuk operasi daya 30 MW selama 3 hari.

Kata kunci: bubble, volume gas, delay chamber, reaktor RSG-GAS

HYPOTHESES BUBBLE IN THE DELAY CHAMBER ON THE POWER OF 30 MW AT RSG-GAS REACTOR

ABSTRACT

Hypotheses Bubble In The Delay Chamber On The Power Of 30 Mw At RSG-GAS Reactor. *One of the technical issues that still arise when the RSG-GAS reactor operated at 30 MW is the increase in gas volume within the delay chamber and the pressure drop in the primary cooling system. Earlier research found that the cause of the decline in primary coolant system pressure was due to the accumulation of gases formed on delay chamber, but no gas origin was found. This study aims to determine the amount of gas accumulated in the delay chamber when the reactor operates at a power of 0-30 MW and the pressure on the primary cooling system. The formation of gas within the delay chamber after reactor operates for 14 hours can be observed from the reactor pond level control shortly before and after the reactor is shut down. The experimental results show an increase in gas volume within the chamber delay of 5.85 m³ with 7 cooling towers, and the pressure drop in the primary cooling system is still above -0.15 bar. This indicates that the cavitation at the primary coolant pump does not occur, from which the safe reactor operates at 30 MW for 2 hours, requiring further experiments for 30 MW of power operation for 3 days.*

Keywords: bubble, gas volume, delay chamber, RSG-GAS reactor

PENDAHULUAN

Delay chamber merupakan salah satu bagian dari system jaringan pendingin yang berada di sisi hisap pompa pendingin primer. Kegunaan *delay chamber* adalah untuk menunda waktu tempuh isotop N-16 dari teras reaktor sampai meluruh pada waktu (sekon) tertentu [1,2]. Air pendingin primer melintasi *delay chamber* dengan stuktur *cross flow area* yang tidak seragam, kompleks dan memiliki kecepatan linier aliran ataupun tingkat turbulensinya tidak mungkin dapat ditentukan secara tepat. Hal ini merupakan fenomena aliran khusus yang perlu mendapat perhatian untuk dikaji [3].

Masalah yang muncul pada pelaksanaan operasi reaktor pada daya tinggi adalah terkumpulnya gas di *delay chamber* atau kamar tunda, sehingga mempengaruhi/mengganggu kelangsungan pelaksanaan operasi reaktor [3]. Terakumulasi gas di dalam *delay chamber* akan mengakibatkan turunnya tekanan pada sisi hisap pompa primer, apabila penurunan tekanan tersebut melewati batas *setting* (-0,15 bar) akan berakibat pompa primer mati secara otomatis lebih dulu kemudian RPS (*Reactor Protection System*) memerintahkan untuk memadamkan reaktor [2].

Pada tulisan ini akan membahas terbentuknya gas dalam *delay chamber* yang disebabkan oleh hilangnya tekanan di dalam teras akibat suhu air pendingin naik karena naiknya daya reaktor yang dapat mengakibatkan laju alirnya tidak dapat memenuhi daya hisap pompa, sehingga terjadi ruang kosong dalam *delay chamber* [4].

Metodologi dalam penelitian ini adalah mengamati ketinggian level kolam reaktor sebelum dan setelah operasi. Dan juga mengamati tekanan pada sisi hisap pompa primer. Setelah pengamatan tersebut diharapkan dapat memberikan informasi berkurangnya ketinggian air kolam reaktor yang menjadi gas di *delay chamber* dan tekanan di sisi hisap pompa primer pada saat daya dinaikkan 30 MW.

DESKRIPSI PENDINGIN PRIMER DAN KAMAR TUNDA [1,2,3].

Sistem pendingin primer berfungsi mengambil panas yang dibangkitkan di teras reaktor dan reflektor dengan menggunakan pompa-pompa sirkulasi. Alat penukar kalor terletak pada sisi keluaran (*discharge*) pompa primer berperan dalam memindahkan energi panas dari sistem pendingin primer ke pendingin sekunder sebagaimana diilustrasikan pada Gambar 1. Kapasitas pendingin primer dan

sekunder masing-masing sebesar 3200 m³/jam dan 3900 m³/jam. Menurut desain kamar tunda, dalam operasi reaktor daya termal 30 MW, suhu maksimum air pendingin primer dari teras menuju kamar tunda adalah 48°C.

Sisi hisap pompa pendingin primer melwati kamar tunda dan menetrasi perisai beton. Kamar tunda yang memiliki volume sekitar 80 m³ ini merupakan bagian integral dari blok reaktor dengan lokasi di bawah kolam penyimpanan elemen bakar seperti terlihat pada Gambar 2. Plat *throttling* di dalam kamar tunda mebagi ruangan menjadi beberapa kompartemen yang berfungsi sebagai penghambat aliran pendingin sehingga isotop radioaktif N-16 dari teras reaktor dapat meluruh. Setelah itu pendingin meninggalkan kamar tunda menuju kamar katup (*valve chamber*) yang berada didekatnya dan selanjutnya melewati pipa baja diameter 600 mm (DN) mengalir ke arah alat penukar kalor JE01/BC01/2 di ruang sel primer.

Di sisi lain ada perbedaan tekanan udara antara bagian dalam dan luar *delay chamber* yang dalam keseimbangannya akan membentuk suatu rongga pada belokan-belokan dan permukaan air di dalam *delay chamber* karena adanya gaya gravitasi. Selain itu karena tekanan udara di dalam *delay chamber* < 1 atm maka dengan naiknya suhu air pendingin primer akan memudahkan terjadinya penguapan.[5]

Penurunan tekanan di dalam *delay chamber* dan sekitarnya merupakan proses keseimbangan aliran sistem pendingin primer, penyebabnya karena terjadi penurunan tekanan sepanjang teras, belokan-belokan, penyusutan atau pengembangan permukaan aliran, pipa-pipa, katup-katup dan konstruksi dari *delay chamber* itu sendiri. Secara umum persamaan penurunan tekanan dapat dituliskan sebagai fungsi kecepatan aliran dan friksi yang tergantung dari bentuk geometri aliran dan bilangan Reynold.[6] Persamaan penurunan tekanan setelah melewati bagian-bagian tertentu adalah sebagai berikut :

$$\Delta h = k (v^2/2 g) \dots\dots\dots (1)$$

k = koefisien friksi pipa, tergantung geometri.
 v = kecepatan aliran fluida

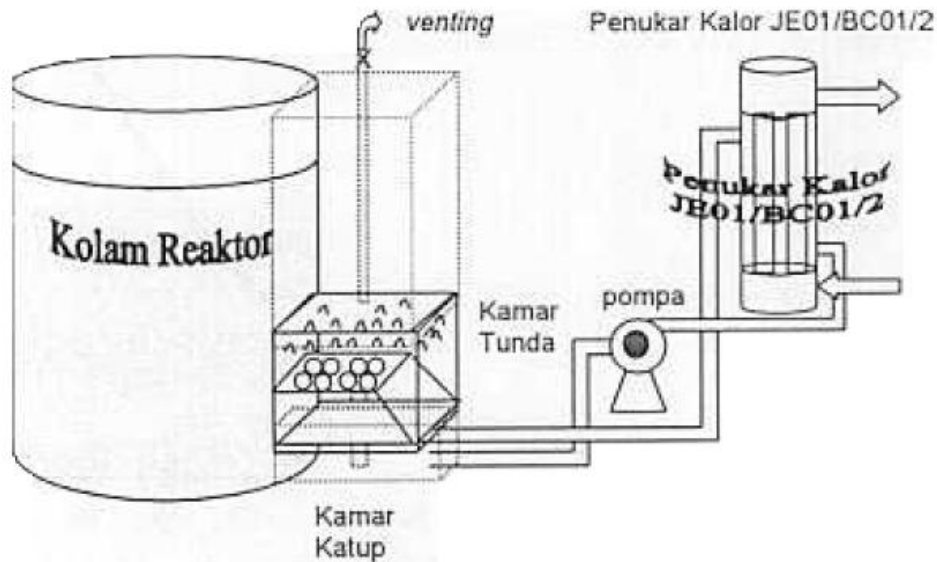
$k = f \cdot l/d$, untuk pipa lurus.
 g = percepatan gravitasi

$k = (1-s_1/s_2)^2$, untuk ekspansi.
 f = koefisien friksi

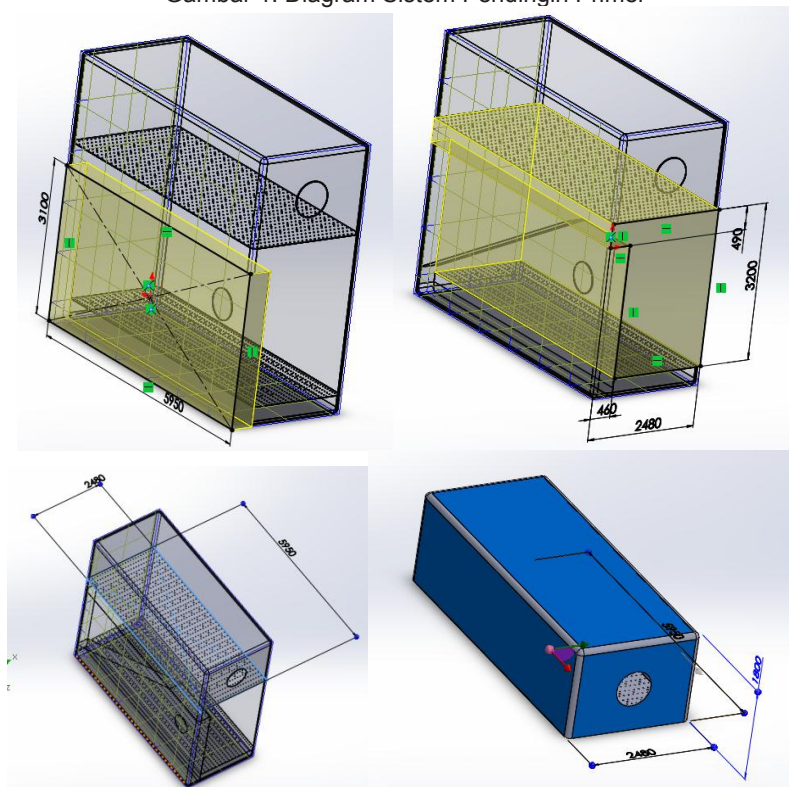
$k = 0,5 (1-s_1/s_2)^2$, untuk kontraksi.
 l = panjang pipa

$k = c \cdot f$, untuk sambungan, elbow.
 d = diameter pipa

$s1/s2$ = perubahan penampang aliran.
 c = konstanta elbow



Gambar 1. Diagram Sistem Pendingin Primer



Gambar 2. Dimensi Delay Chamber

METODOLOGI

- Mengamati penurunan level air kolam reaktor pasca operasi dengan mengukur level air sebelum dan pasca operasi.

- Mengamati tekanan pada sisi hisap pompa primer selama reaktor operasi (dari daya 0-30 MW)

HASIL DAN PEMBAHASAN

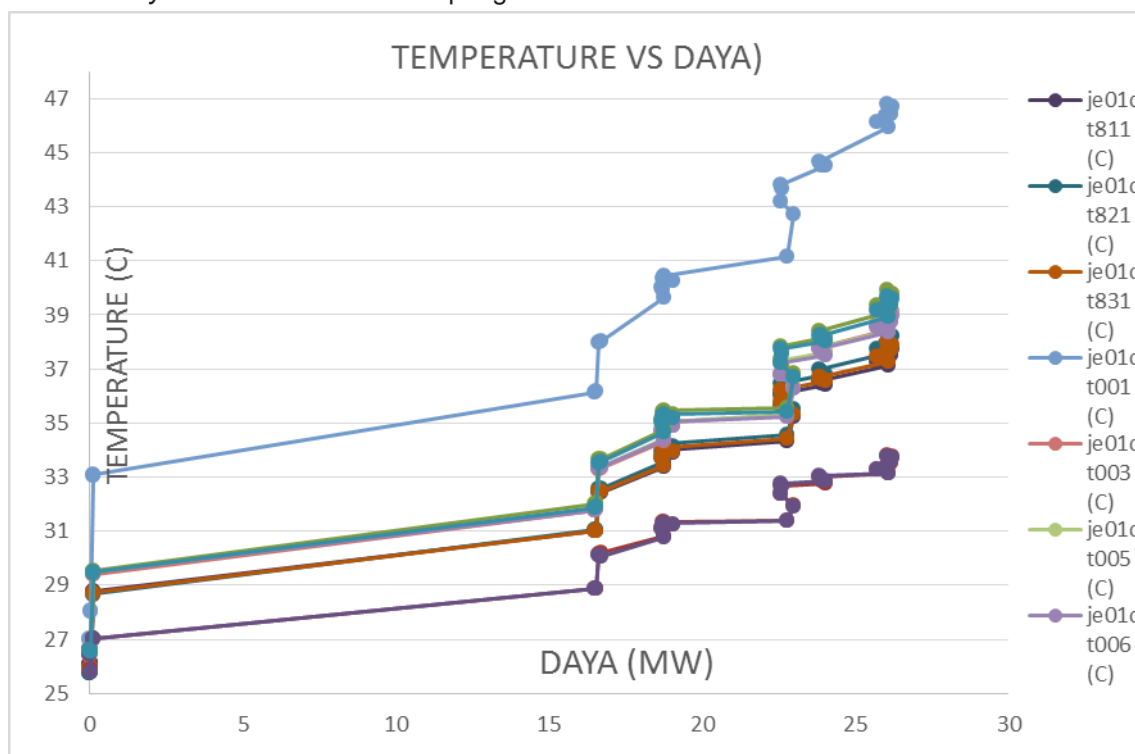
Berdasarkan data-data yang dihimpun dalam eksperimen, reaktor beroperasi daya 0 - 30 MW selama 14 jam (12 Januari 2017) sistem pendingin sekunder dioperasikan dengan 7 menara pendingin, seperti terlihat pada data operasi 30 MW pada Tanggal 12 Januari 2017 sebaga berikut:

- Data operasi 30 MW
- Tanggal: 12 Januari 2017
- Pompa primer yang digunakan : JE01 AP01 dan AP02
- Pompa Sekunder : PA02 AP01 dan PA03 AP01
- Sekunder on : 14.09
- Cooling Tower on : 14.11 (7 buah)
- Primer on : 14.36
- start up : 14.45
- Daya 5 MW : 16.16
- Daya 10 MW : 16.41
- Daya 15 MW : 16.56
- Daya 18 MW : 19.30
- Daya 20 MW : 20.51
- Daya 25 MW : 22.45
- Daya 27 MW : 00.45
- Daya 30 MW : 02.45
- shutdown : 04.45

Untuk mendapatkan volume gas yang terjebak di dalam *delay chamber* dilakukan pengamatan

level air kolam reaktor pra operasi dan pasca operasi hingga temperatur mencapai temperatur lingkungan. Hasil pengamatan Volume gas yang terjebak di dalam *delay chamber* = (luas tampang kolam reaktor + luas tampang kolam elemen bakar bekas) x berkurangnya level air kolam = 5,85 m³.

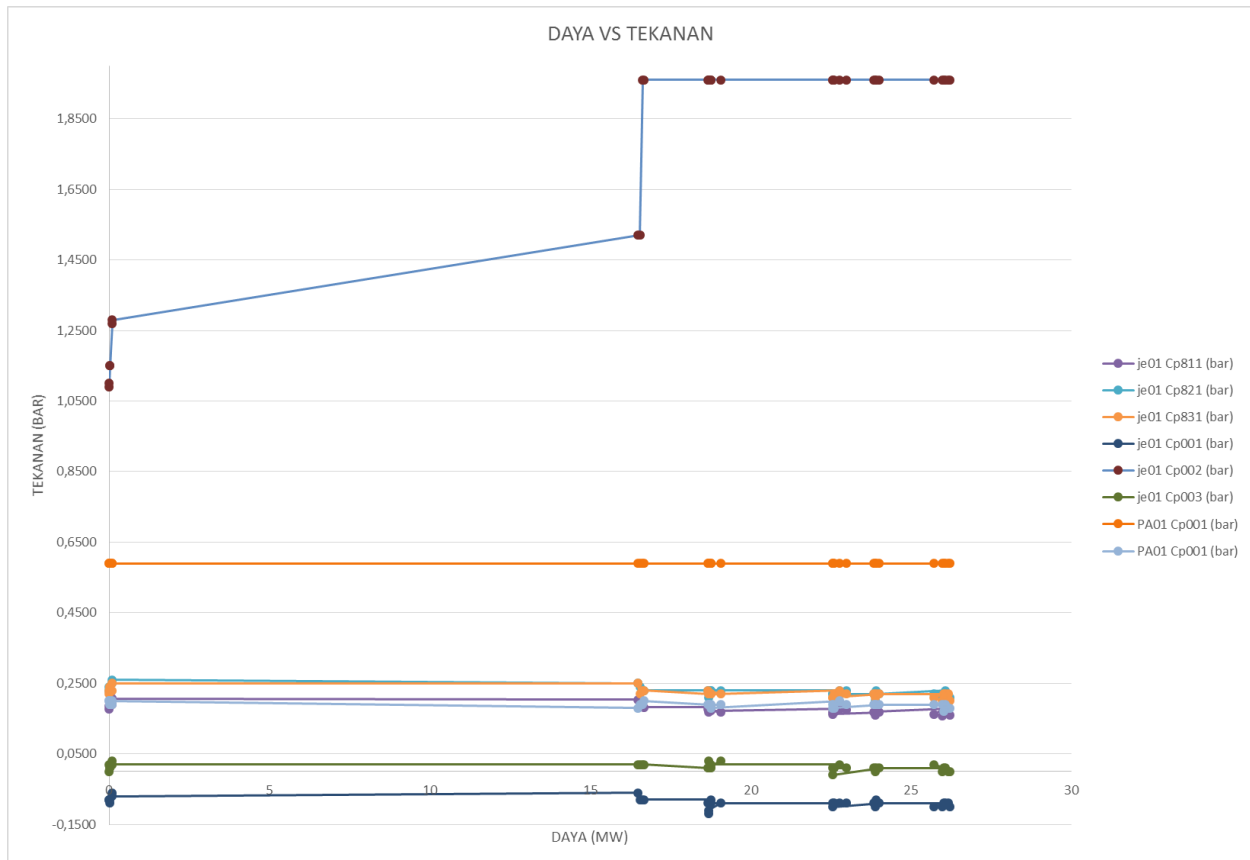
Pengamatan temperatur dilakukan pada saat reaktor *start up* sampai daya 30 MW seperti terlihat pada Tabel 1. Dari Tabel 1 dibuat grafik seperti Gambar 3, disini terlihat bahwa temperatur di seluruh tempat pemantauan mempunyai tren kenaikan yang sama, untuk daya 0 MW sampai dengan 15 MW kenaikan temperatur terlihat linear akan tetapi setelah daya 15 MW kenaikan suhunya tidak linear. Mulai daya reaktor menuju 27 MW terlihat temperatur mendekati 46°C dan hingga daya dinaikkan 30 MW hasil dari pengamatan temperatur mencapai harga 47°C, harga ini masih di bawah harga temperatur maksimal yang diijinkan. Berarti reaktor aman untuk dioperasikan 30 MW selama 2 jam.



Gambar 3. Grafik Temperatur degan variasi Daya

Hasil pengamatan tekanan pada sisi hisap pompa pendingin primer dengan kenaikan daya reaktor seperti terlihat pada Tabel 1 dan dibuat grafik seperti Gambar 4. Dari gambar 4 terlihat bahwa pada daya 0 MW sampai 15 MW tekanan pada sisi hisap pompa primer masih stabil sekitar 0 bar, akan tetapi saat reaktor dinaikkan

menuju 18 MW, 20 MW, 25 MW, 27 MW dan 30 MW terjadi penurunan tekanan, akan tetapi masih di atas harga -1,5 bar sehingga reaktor tidak terjadi *scram*. Ini berarti reaktor RSG-GAS dioperasikan selama 2 jam pada daya 30 MW aman, karena semua parameter yang ditunjukkan masih di bawah harga maksimal.



Gambar 4. Grafik Tekanan sisi hisap Pompa Primer

KESIMPULAN

Hasil dari pengamatan selama reaktor beroperasi dari daya 0 MW- 30 MW menunjukkan gas yang terbentuk di dalam kamar tunda (*delay chamber*) adalah sebesar 5,85 m³. Hasil hipotesis terbentuknya gas dalam *delay chamber* masih diperlukan pengamatan yang lebih komprehensif. Serta pengamatan temperatur maupun tekanan yang dihasilkan masih di bawah harga maksimal yang diijinkan sehingga reaktor aman dioperasikan.

DAFTAR PUSTAKA

1. **SUKMANTO DIBYO**, "Analisis Aliran Transien Pada *Delay Chamber* RSG-GAS Dengan *RELAP5/SCDAP/MOD3.2*," Jurnal Teknologi Reaktor Nuklir Volume 6, Nomor 3, ISSN1411-240X, Oktober 2004.
2. **PRSG**, "Laporan Analisa Keselamatan RSG-GAS, revisi 10.1". Jakarta Th.2011.
3. **SUKMANTO DIBYO**, "Fenomena Aliran di Dalam Kamar Tunda RSG-GAS, Jurnal Teknologi Reaktor, ISSN 1411-240X, Februari 2000
4. **PURWADI** dan **DJUNAIDI**, "Pengaruh Terbentuknya Udara Dalam *Delay Chamber* Terhadap Operasi Reaktor Pada Teras 75 Operasi V", Prosiding, Seminar Nasional Teknologi dan Aplikasi Reaktor Nuklir ISBN 978-979-171109-6-1, Serpong 28 September 2011.
5. **SETIYANTO**, "Alternatif Penanggulangan Gangguan Penurunan Tekanan Sistem Primer RSG-GAS", Hasil-hasil Penelitian 1995-1996, ISSN 0854-5278, PRSG 1996.
6. **ENDIAH P.** "Perpindahan Panas Reaktor RSG-GAS ", Bahan Mengajar Diklat Supervisor Reaktor RSG-GAS, Serpong April 2014.

Tabel 1. Hasil Pengamatan parameter pada daya reaktor 30 MW

PARAMETER	KKS	POSISI	SATUAN	HARGA OPERASI	JAM PENGAMBILAN DATA									
					15.00	16.16	16.41	16.41	16.41	19.30	20.51	22.45	00.45	02.45
Daya reaktor			MW	≤ 30	0	5	10	15	18	20	25	27	30	30
Jumlah cooling tower					7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Suhu keluar teras	JE01 CT811	CWL03 BL009	°C	<49	26	29	29	32	38	39	42	43	45	44
Suhu masuk teras	JE01 CT821	CWL02 BL029	°C	<42	26	28	29	33	33	34	36	37	38	38
	JE01 CT831	CWL02 BL029	°C	<42	26	27	29	33	33	34	36	37	38	38
Suhu masuk BC002	JE01 CT002	CWL02 BL013	°C	<51	26	30	33	38	38	40	43	45	46	46
Suhu keluar BC002	JE01 CT003	CWL02 BL009	°C	<42	26	28	29	33	33	34	36	37	38	38
Suhu masuk BC001	JE01 CT004	CWL02 BL014	°C	<51	28	32	34	39	39	40	44	45	46	46
Suhu masuk teras	JE01 CT005	CWL02 BL009	°C	<42	26	28	29	33	33	34	36	37	38	38
Laju alir JE01	JE01 CT006	CWL02 BL011	°C	<42	26	28	30	34	34	35	36	38	38	38
	JE01 CF811	CWL02 BL027	m ³ /jam	>2902	3150	3150	3150	3150	3150	3150	3150	3150	3150	3150
	JE01 CF821	CWL02 BL027	m ³ /jam	>2902	3150	3150	3150	3150	3150	3150	3150	3150	3150	3150
	JE01 CF831	CWL02 BL027	m ³ /jam	>2902	3150	3150	3150	3150	3150	3150	3150	3150	3150	3150
Kontrol level	JAA01 CL001	CWL02 BL023	m	≥12,41	12,5	13	13	13	13	13	13	13	13	13
	JAA01 CL811	CWL02 BL025	m	≥12,41	12,48	12,5	12,5	12,52	12,52	12,52	12,52	12,52	12,52	12,52
	JAA01 CL821	CWL02 BL025	m	≥12,41	12,48	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5
	JAA01 CL831	CWL02 BL025	m	≥12,41	12,5	12,52	12,52	12,54	12,54	12,54	12,54	12,54	12,54	12,54
Kontrol level	JAA02 CL001	CWL03 BL015	m	≥12,41	6,6	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,7	6,7	6,7
Temperatur	JAA02 CT001	CWL03 BL017	m	≥12,41	27,5	26	26	26	29	30	32	34	35	34
	JAA02 CT002	CWL03 BL019	m	≥12,41	27,5	26	26	26	29	30	32	34	35	34
Kontrol tekanan JE	JE01 CP811	CWL02 BL009	bar	<0,56	0	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,17	0,2	0,16	0,16
Tekanan isap pompa	JE01 CP01	CWL03 BL015	bar	> -0,15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	JE01 CP03	CWL03 BL017	bar	> -0,15	-	-	-	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
	JE01 CP05	CWL03 BL019	bar	> -0,15	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Suhu masuk BC01	PA01 CT001	CWL04 BL001	°C	>20<40	28	28	28	29	32	33	34	34	35	35
Suhu keluar BC01	PA01 CT002	CWL04 BL002	°C	>20<50	27	28	28	30	34	36	38	39	40	40
Suhu masuk BC02	PA02 CT001	CWL04 BL011	°C	>20<40	25	25	25	25	26	27	28	29	30	30
Suhu keluar BC02	PA02 CT002	CWL04 BL012	°C	>20<50	28	29	29	30	35	36	38	39	40	40
Laju alir	PA01 CF001	CWL03 BL029	m ³ /jam	>1400	1900	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
	PA01 CF002	CWL03 BL029	m ³ /jam	>1400	1900	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800
	PA01 CF003	CWL03 BL029	m ³ /jam	>1400	1900	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800
	PA02 CF001	CWL04 BL009	m ³ /jam	>1400	1900	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
	PA02 CF002	CWL04 BL009	m ³ /jam	>1400	1900	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
	PA02 CF003	CWL04 BL009	m ³ /jam	>1400	1900	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800
Tekanan isap pompa	PA01 GP001	CWL04 BL003	bar	>0,1	-	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52
	PA02 GP001	CWL04 BL003	bar	>0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
	PA03 GP001	CWL04 BL003	bar	>0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Suhu udara luar	KLA10 CT01	CWG01 BL013	°C	-	30	28	28	28	26	26	26	26	26	26