



ID0000025

PENYUSUNAN DATA BASE KOMPONEN DAN SISTEM RSG GAS UNTUK ANALISIS KEANDALAN

Demon Handoyo, Deswandri,
Dwijo Mulyanto, Slamet Kusmono

ABSTRAK

PENYUSUNAN DATA BASE KOMPONEN DAN SISTEM RSG GAS UNTUK ANALISIS. Penyusunan data base komponen dan sistem RSG-GAS ditujukan untuk melihat karakteristik keandalan komponen-komponen yang beroperasi pada reaktor RSG-GAS. Analisis dilakukan berdasarkan pengalaman operasi komponen dan data-data diambil dari Logbook operasi. Sampai akhir tahun kegiatan 1997/1998 sudah dikumpulkan data-data operasi beberapa komponen selama periode Februari 1997 s/d Januari 1998. Selama pengumpulan data, hanya 22 komponen yang dapat dianalisis karena data pada komponen tersebutlah yang memperlihatkan siklus operasi paling lengkap. Dari data-data tersebut dapat diperoleh besaran-besaran seperti total waktu komponen dioperasikan, jumlah kegagalan selama beroperasi, jumlah permintaan (demand) untuk komponen siaga serta jumlah permintaan yang gagal. Melalui besaran-besaran tersebut dapat dihitung parameter-parameter keandalan komponen. Dalam perhitungan parameter ini, komponen dipisahkan berdasarkan komponen operasi yang memberikan laju kegagalan operasi dan komponen siaga yang memberikan laju kegagalan permintaan (probabilitas kegagalan permintaan). Untuk menghitung parameter keandalan laju kegagalan komponen dan probabilitas kegagalan permintaan, data yang digunakan tidak hanya berasal dari data tahun 1997/1998 saja tetapi juga data pada tahun-tahun sebelumnya (sejak September 1990), karena besaran keandalan merupakan besaran yang bersifat kumulatif. Harga rata-rata laju kegagalan yang didapat sampai akhir tahun anggaran 1997~1998 untuk tiap-tiap komponen sebesar : $FAK=1,08 \cdot 10^{-4} \text{ jam}^{-1}$, $JE=2,53 \cdot 10^{-4} \text{ jam}^{-1}$, $KBE01=2,28 \cdot 10^{-5} \text{ jam}^{-1}$, $KBE02=3,72 \cdot 10^{-5} \text{ jam}^{-1}$, $PA-AP=3,01 \cdot 10^{-4} \text{ jam}^{-1}$, $PA-AH=4,66 \cdot 10^{-4} \text{ jam}^{-1}$.

ABSTRACT

DEVELOPMENT OF THE MULTIPURPOSES REACTOR G.A SIWABESSY (MPR-GAS). To analyze the reliability of its components, the development of the Multi Purposes Reactor G. A. Siwabessy (MPR-GAS) data base has been done. The analysis was done base on the components operating experiences and the data collection from the operation logbook. The components operation data have been collected from February 1997 to January 1998. Only 22 components could be analyzed since these components operation cycles were shows very complete. The operation data provide values, such as; the operation time of components, number of failure, number of demand and number of failure on demand. The reliability parameters of the components were calculated using these values. In the calculation, the components were classified by the operating components, which gave a operation failure rate and the standby components, which gave a failure probability on demand. On calculating these parameters, not only the 1997/1998 data were used but also the past data (since September 1990), because the reliability are a cumulative value. Number of operation failure rate of components in 1997~1998 are $FAK=1,08 \cdot 10^{-4} \text{ hr}^{-1}$, $JE=2,53 \cdot 10^{-4} \text{ hr}^{-1}$, $KBE01=2,28 \cdot 10^{-5} \text{ hr}^{-1}$, $KBE02=3,72 \cdot 10^{-5} \text{ hr}^{-1}$, $PA-AP=3,01 \cdot 10^{-4} \text{ hr}^{-1}$, $PA-AH=4,66 \cdot 10^{-4} \text{ hr}^{-1}$.

PENDAHULUAN

Sebagai tempat berlangsungnya reaksi fisi, Reaktor Serba Guna G A Siwabessy (RSG-GAS) mempunyai potensi bahaya akibat radiasi. Agar potensi bahaya ini dapat dicegah, yaitu terlepasnya radiasi ke lingkungan, pengelolaan RSG-GAS haruslah memenuhi persyaratan keselamatan yang tinggi. Untuk menjamin keselamatan, sistem-sistem tertentu pada reaktor nuklir harus dapat berfungsi secara benar, pada saat operasi normal, saat shutdown, atau pada saat kecelakaan; sesuai dengan rancangan operasi. Disamping faktor manusia, keberhasilan fungsi suatu sistem sangat bergantung pada keandalan komponen-komponen yang terkait pada sistem tersebut. Yang dimaksud dengan keandalan komponen adalah probabilitas komponen untuk dapat berfungsi secara tepat pada jangka waktu dan kondisi tertentu.

Suatu komponen mempunyai sifat dapat diperbaiki (*repairable*) atau tidak dapat diperbaiki (*unrepairable*) apabila mengalami kegagalan. Komponen yang tidak dapat diperbaiki hanya dapat dipakai sekali, begitu rusak langsung diganti. Komponen yang dapat diperbaiki dapat dipakai berulang-ulang, apabila rusak komponen diperbaiki dan kemudian dipakai kembali. Setelah perbaikan, komponen ini dianggap seperti baru kembali. Karena perbaikan memerlukan waktu, komponen yang dapat diperbaiki mempunyai parameter keandalan lain yang disebut ketidaksediaan (*unavailability*). Definisi ketidaksediaan adalah perbandingan waktu komponen dalam perbaikan terhadap waktu keseluruhan komponen (waktu sejak komponen mulai beroperasi sampai saat perhitungan dilakukan). Parameter ini menunjukkan probabilitas komponen tidak berfungsi ketika dibutuhkan.

Konsep keandalan merupakan konsep statistik dan probabilistik, oleh karena itu peninjauannya didasarkan pada pengalaman operasi sebelumnya. Dari sejarah operasi ini akan terlihat seberapa jauh keandalan komponen yang dipakai. Dan sebagaimana sifat statistik, keakuratan analisis ditentukan oleh jumlah data yang terkumpul, semakin besar jumlah data semakin akurat hasil analisis. Untuk menganalisis seberapa jauh keandalan komponen-komponen yang dipakai pada RSG- GAS, maka dilakukan pengumpulan data-data komponen yang beroperasi. Dengan pengelompokan data secara tepat, akan dapat diperoleh : jumlah kegagalan, jumlah *demand* (berapa kali komponen diperlukan beroperasi pada keadaan tertentu), waktu operasi total, waktu siaga total, frekuensi atau lama test dan frekuensi + lama perawatan serta perbaikan .

Data-data inilah yang digunakan untuk mengestimasi parameter keandalan.

Pengumpulan data ini akan dilakukan terus-menerus sepanjang umur RSG-GAS. Hal ini adalah untuk memenuhi sifat statistik seperti yang sudah disebutkan di atas. Hasil kegiatan data base ini selanjutnya dapat digunakan sebagai sumber data bagi Analisis Keselamatan Probabilistik (PSA) dan sebagai bahan pertimbangan dalam memodifikasi prosedur perawatan, perbaikan dan operasi.

TEORI DASAR DAN MODEL PERHITUNGAN

Dalam studi keandalan, biasanya komponen dikelompokkan dalam tiga kategori; yaitu :

- a. **Komponen siap-siaga (standby)**; yaitu komponen-komponen yang pada keadaan normal tidak beroperasi, akan tetapi pada waktu-waktu tertentu (pada keadaan *transient* atau kecelakaan) diperlukan beroperasi. Misalnya komponen pada Sistem Catu Daya Darurat.
- b. **Komponen operasi (operating)**; yaitu komponen-komponen yang selalu beroperasi dalam keadaan normal. Misalnya komponen pada Sistem Pendingin Primer.
- c. **Komponen sistem misi (mission)**; yaitu komponen-komponen yang beroperasi pada jangka waktu tertentu setelah keadaan *transient* atau kecelakaan terjadi. Sebelum keadaan tersebut, komponen ini mungkin saja sebagai komponen siap-siaga atau komponen operasi. Misalnya komponen pada Sistem Pendingin Darurat.

Pengelompokkan ini penting karena model perhitungan yang digunakan untuk analisis keandalan ketiga jenis komponen di atas berbeda satu sama lain. Ada dua istilah yang dipakai untuk pernyataan keandalan komponen, ketidaksediaan rata-rata (*average unavailability*) dan ketidakandalan (*unreliability*); dengan pengertian bahwa ketidaksediaan rata-rata adalah probabilitas komponen tidak terpasang/tersedia pada saat diperlukan dan ketidakandalan adalah probabilitas komponen akan gagal sebelum menyelesaikan waktu operasinya. Dalam penerapan praktis, istilah ketidaksediaan rata-rata sering digunakan untuk menggantikan istilah ketidakandalan komponen.

Pada komponen siap-siaga, kegagalan dapat terjadi selama periode non-operasi sehingga komponen tidak siap atau tidak dapat *start* ketika dibutuhkan beroperasi. Apabila komponen ini dapat *start* dengan baik, tetapi gagal melanjutkan operasi pada jangka waktu tertentu, maka kegagalan diperhitungkan sebagai kegagalan komponen misi. Untuk komponen ini, kegagalan dapat dimodeli dalam

dua kategori; yaitu kegagalan berdasarkan waktu dan kegagalan berdasarkan *demand* (kebutuhan operasi).

Model matematis ketidaksediaan rata-rata komponen siap-siaga dengan laju kegagalan berdasarkan waktu diturunkan dari distribusi eksponensial, yaitu ⁽¹⁾:

- Komponen siap siaga yang diuji secara terjadwal :

$$q_s = \frac{1}{2} \lambda_s \cdot T \quad (1)$$

dengan : q_s = ketidaksediaan rata-rata komponen siap-siaga
 λ_s = laju kegagalan komponen siap-siaga
 T = periode pengujian

- Komponen siap-siaga yang tidak dapat diuji :

$$q_s = 1 - \exp(-\lambda_s \cdot T_p) \quad (2)$$

dengan : q_s = ketidaksediaan komponen siap siaga pada $t = T_p$
 λ_s = laju kegagalan komponen siap siaga
 T_p = umur instalasi pd saat perhitungan dilakukan

Model matematis kegagalan komponen siap siaga berdasarkan kebutuhan operasi adalah ⁽¹⁾:

$$q_d = \lambda_d = \frac{\text{jumlah kegagalan saat dibutuhkan}}{\text{jumlah total kebutuhan operasi}} \quad (3)$$

dengan : q_d = ketidaksediaan rata-rata komponen siap siaga
 λ_d = laju kegagalan kebutuhan operasi

Untuk komponen operasi yang dapat diperbaiki, besar ketidaksediaan rata-rata dapat dihitung dari persamaan ⁽¹⁾:

$$q_o = \frac{\lambda_o \cdot T}{1 + \lambda_o \cdot T} \quad (4)$$

dengan : q_o = ketidaksediaan rata-rata komponen operasi
 λ_o = laju kegagalan komponen operasi
 T = waktu perbaikan rata-rata

Apabila komponen operasi tidak dapat diperbaiki, ketidaksediaan rata-rata (ketidakandalan) adalah ⁽¹⁾:

$$q = 1 - \exp(-l_o \cdot T_p) \quad (5)$$

dengan : q = ketidaksediaan komponen missi
 l_o = laju kegagalan komponen missi

Komponen misi dengan waktu operasi tertentu, besar ketidaksediaan rata-rata dapat dihitung dari persamaan ⁽¹⁾:

$$q = 1 - \exp(-l_o \cdot T_m) \quad (6)$$

dengan : q = ketidaksediaan komponen missi
 l_o = laju kegagalan komponen missi
 T_m = waktu operasi

Bila $l_o \cdot T_m \approx 0,1$, maka persamaan menjadi :

$$q = \lambda_o \cdot T_m \quad (7)$$

Sebagai model alternatif untuk komponen yang terpisah dari sistem karena test, perawatan atau perbaikan, secara matematis dapat diberikan model umum ketidaksediaan rata-rata ,yaitu ⁽¹⁾ :

$$q = \frac{t_{tot}}{T_{tot} + t_{tot}} \quad (8)$$

dengan : q = ketidaksediaan rata-rata komponen
 t_{tot} = jumlah total waktu perbaikan, pengujian atau perawatan
= jumlah total waktu komponen terpisah
 T_{tot} = jumlah total waktu operasi komponen

Analisis keandalan komponen seperti yang sudah digambarkan di atas, pada prinsipnya bergantung pada berbagai macam parameter seperti: laju kegagalan, probabilitas kegagalan *demand*, waktu perbaikan rata-rata, dan lain-lain. Parameter-parameter ini dapat diperoleh dari pengalaman operasi sebelumnya.

Laju kegagalan komponen dapat diestimasi dari jumlah kegagalan (X) dan waktu operasi total (T), berdasarkan persamaan ⁽²⁾:

$$\lambda_{est} = \frac{X}{T} \quad (9)$$

Untuk estimasi interval, batas tingkat kepercayaan (confidence) didefinisikan dengan menggunakan distribusi kumulatif *Chi-square* . Derajat kebebasan (degrees of freedom) untuk statistik ini digunakan persamaan :

$$f_1 = 2X \quad \text{dan} \quad f_2 = 2(X+1), \quad (10)$$

sehingga interval tingkat kepercayaan 90% adalah :

$$\frac{\frac{X}{T} \chi^2(5\%, f_1)}{2X} \leq \lambda \leq \frac{\frac{X}{T} \chi^2(95\%, f_2)}{2X} \quad (11)$$

Nilai $\chi^2(5\%, f_1)$ dan $\chi^2(95\%, f_2)$ diambil dari tabel distribusi .

Untuk probabilitas kegagalan permintaan, estimasi dilakukan dari X permintaan yang gagal dan N permintaan keseluruhan , yaitu ⁽²⁾:

$$P = \frac{X}{N} \quad (12)$$

Estimasi interval tingkat kepercayaan 90% dihitung dengan menggunakan distribusi F, yaitu :

- Batas bawah :

$$P_L = \frac{R_1}{\left[R_2 + (N - R_1 + 1) F_{0.05}(2(N - R_1 + 1); 2R_1) \right]} \quad (13)$$

- Batas atas :

$$P_u = \frac{R_2}{\left[R_2 + (N - R_2 + 1) / F_{0.05}(2R_2; 2(N - R_2 + 1)) \right]} \quad (14)$$

dimana $R_1 = NP$, $R_2 = NP+1$ serta nilai $F_{0,05}(2(N-R_1+1);2R_1)$ dan $F_{0,05}(2R_2;2(N-R_2+1))$ diambil dari tabel distribusi F.

PENYUSUNAN DATA BASE KOMPONEN DAN HASIL ESTIMASI LAJU KEGAGALAN

Seperti yang sudah disebutkan dalam pendahuluan, gambaran keandalan suatu komponen dapat dilihat dari sejarah operasi sebelumnya. Untuk memperoleh gambaran keandalan komponen-komponen yang beroperasi pada RSG-GAS, maka dilakukan pencatatan data-data operasi komponen. Data-data ini diperoleh dari *log book* operasi. Data-data dikelompokkan menurut sistem dan komponen. Informasi yang diperlukan untuk ini adalah saat komponen mulai operasi, saat dimatikan atau ditemukan gagal, saat perbaikan atau perawatan, saat beroperasi kembali setelah dimatikan atau siap operasi setelah perbaikan serta uraian kejadian untuk setiap rekaman data. Dari informasi ini akan diperoleh waktu sebenarnya untuk lama operasi komponen, lama tidak operasi atau siaga untuk komponen siaga dan lama perbaikan untuk satu rekaman data. Apabila setiap *record* data untuk sistem dan komponen yang sama dijumlahkan ke bawah, maka :

1. jumlah lama operasi memberikan total waktu operasi komponen .
2. jumlah lama tidak operasi memberikan total waktu tidak operasi atau jumlah total waktu siaga untuk komponen siaga.
3. jumlah lama perbaikan memberikan total waktu perbaikan atau terpisahnya komponen dari sistem.
4. uraian kejadian memberikan informasi tentang tipe dan jumlah kegagalan komponen (dapat dipilih kegagalan secara umum atau lebih spesifik).

Data-data inilah yang digunakan dalam mengestimasi parameter-parameter berdasarkan persamaan estimasi di atas. Dari hasil pengumpulan data yang sudah dilakukan, ternyata tidak semua data operasi dan perawatan komponen di RSG-GAS dapat diolah. Hal ini disebabkan karena masih ada pencatatan data untuk suatu komponen tidak lengkap sehingga rangkaian sejarah operasi sebenarnya menjadi terputus-putus. Sudah seyogyanya pencatatan data operasi ini dilakukan selengkap mungkin, sehingga dengan jelas dapat terlihat kapan komponen mulai dioperasikan, dimatikan, ditemukan gagal, diperbaiki dan selesai perbaikan, serta dihidupkan kembali setelah dimatikan. Dan juga apabila komponen mengalami kegagalan, uraian kegagalan yang terjadi ditulis dengan jelas.

Untuk komponen yang dapat diestimasi, ada juga beberapa komponen yang data operasinya tidak begitu lengkap (hilang sebagian) sehingga rangkaian sejarah operasi menjadi terputus sebagian. Misalnya satu komponen dimatikan pada tanggal tertentu. Pada data berikutnya komponen itu dimatikan kembali, sehingga tanggal dihidupkan setelah dimatikan sebelumnya menjadi tidak jelas (tidak tercatat). Dalam estimasi yang telah dilakukan, kejadian ini diabaikan (walaupun ada sebagian data lama operasi yang hilang), dengan pertimbangan nilai data ini kecil dibandingkan dengan total operasi keseluruhan. Pada kegiatan tahun 1997/1998 dilakukan pengumpulan data operasi komponen periode Februari 1997 sampai dengan Maret 1998. Akan tetapi dalam mengestimasi laju kegagalan, perhitungan juga melibatkan data pada tahun-tahun sebelumnya (sejak September 1990), karena besaran ini bersifat kumulatif.

Hal terpenting dalam kegiatan ini adalah penentuan kegagalan komponen. Ada beberapa komponen dimatikan karena beberapa gejala, seperti suara dengung pada motor, dan lain-lain. Walaupun kejadian ini dapat mengarah pada kegagalan kalau dibiarkan lama-lama, tetapi kejadian ini tidak dikategorikan sebagai kegagalan. Yang dikategorikan sebagai kegagalan di sini adalah ketika komponen sedang beroperasi tiba-tiba mati atau tidak bisa beroperasi (start) ketika dibutuhkan tanpa disebabkan oleh faktor luar. Dalam hal ini komponen tersebut mati atau tidak bisa hidup semata-mata disebabkan oleh kejadian yang terjadi di dalam komponen itu sendiri (proses kerusakan komponen). Uraian kegagalan masing-masing komponen (berdasarkan informasi yang terdapat dalam *logbook* operasi) diberikan dalam Tabel 1a dan 1b.

Tabel 1a. Uraian Kegagalan Komponen

URAIAN KEGAGALAN	KOMPONEN	DETEKSI / MATI
1. Tidak bisa dihidupkan	FAK01AP01	24-06-1992 10.33
2. Tidak bisa dihidupkan		02-07-1992 14.59
3. Kebocoran seal		13-09-1993 14.52
4. Unjuk kerja tidak normal		18-02-1995 06.13
1. Kebocoran kecil	FAK01AP02	23-04-1991 19.34
2. Mati sendiri		24-06-1992 10.40
3. Tidak bisa dihidupkan		02-07-1992 14.59
4. Blink		04-10-1994 19.03
5. Mati sendiri		23-09-1996 08.53
6. Mati sendiri		25-09-1996 23.02
7. Mati sendiri		15-10-1996 15.20
8. Mati sendiri		10-11-1996 06.25
Mati sendiri	JE01AP01	13-12-1990 17.40
1. Mati sendiri	JE01AP02	12-12-1990 10.34
2. Blink		15-01-1991 01.54
3. Blink		29-01-1991 10.36
4. Overcurrent		01-06-1992 15.41
5. Mati sendiri		09-11-1993 06.31
6. Blink		07-01-1994 15.00
7. Mati sendiri		29-10-1996 09.46
1. Fault	JE01AP03	08-05-1991 10.40
2. Tidak bisa dihidupkan		02-08-1991 13.33
3. Tidak bisa dihidupkan		18-08-1992 00.00
4. Blink		10-11-1993 17.51
Kelainan pada motor	KBE01AP01	21-03-1991 07.39
Kelainan pada motor	KBE01AP02	21-03-1991 07.39
1. Kelainan pada motor	KBE02AP01	21-03-1991 07.39
2. Mati sendiri		04-10-1994 19.00
3. Bocor		11-01-1995 14.43
1. Mati sendiri	KBE02AP02	04-10-1994 19.02
2. Mati sendiri		18-12-1994 08.26
1. Blink	PA01AH01	02-02-1991 05.58
2. Kinerja tidak normal		03-08-1995 08.52
Kipas tidak berputar	PA01AH03	01-05-1993 00.25
Kipas tidak berputar	PA02AH01	01-05-1993 23.24
1. Blink	PA02AH02	12-01-1992 01.26
2. Kipas tidak berputar		06-06-1993 20.25
3. Fault (skring putus)		07-10-1993 23.00
4. Fault		08-10-1995 15.02
Blink	PA02AH03	30-03-1991 14.44
1. Tidak bisa hidup	PD01AH01	06-02-1991 17.46
2. Blink		29-01-1993 16.45

Tabel 1b. Uraian Kegagalan Komponen (sambungan)

KOMPONEN	URAIAN KEGAGALAN	DETEKSI / MATI
PA01AP01	<ol style="list-style-type: none"> 1. Tidak bisa dioperasikan 2. Blink 3. Blink 4. Kelainan pada motor 5. Blink 6. Mati 7. Blink 	<p>29-04-1992 18.12 26-05-1992 08.10 05-06-1992 13.47 17-07-1992 10.36 06-09-1992 13.58 07-10-1994 10.48 18-10-1994 21.02</p>
PA02AP01	<ol style="list-style-type: none"> 1. Blink 2. Blink , tidak bisa dihidupkan 3. Blink , tidak bisa dihidupkan 4. Blink 5. Blink 6. Mati sendiri 7. Mati sendiri 8. Fault 9. Fault 10. Blink 11. Blink , tidak bisa dihidupkan 	<p>05-06 1991 16.00 29-04-1992 18.12 04-05-1992 11.41 26-05-1992 08.10 17-05-1993 09.52 09-06-1993 07.56 15-06-1993 13.45 07-10-1994 10.49 10-10-1994 11.24 18-10-1994 21.02 05-11-1994 09.39</p>
PA03AP01	<ol style="list-style-type: none"> 1. Blink 2. Tidak bisa dihidupkan 3. Mati sendiri 4. Blink 5. Mati sendiri 	<p>20-01-1991 00.21 23-07-1992 13.12 24-08-1992 16.24 13-03-1993 20.00 02-06-1994 10.09</p>
BRV10	<ol style="list-style-type: none"> 1. Gagal start saat Listrik PLN trip 2. Gagal start saat Listrik PLN trip 	<p>27-11-1991 14.30 10-03-1996 09.31</p>
BRV20	<ol style="list-style-type: none"> 1. Gagal start saat Listrik PLN padam 2. Gagal start saat Listrik PLN padam 	<p>12-01-1992 20.34 25-07-1993 08.21</p>

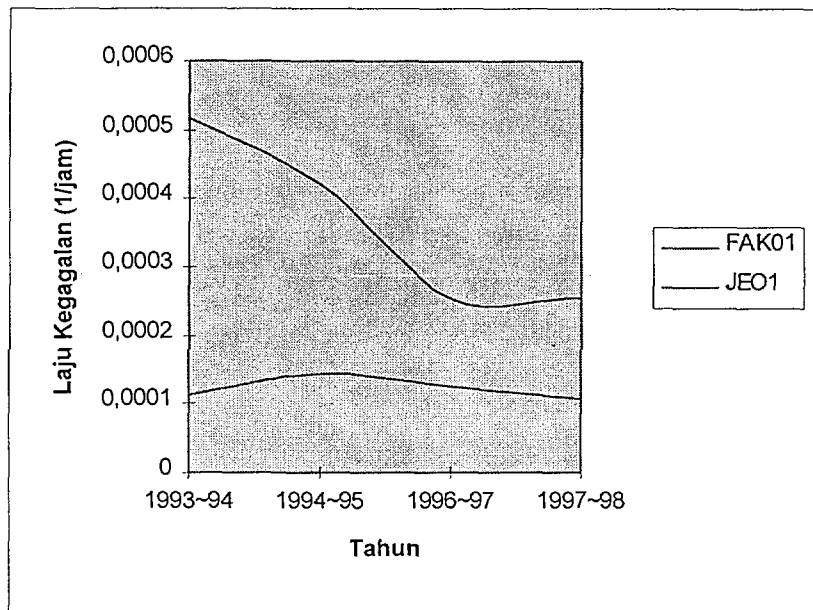
Dari hasil perhitungan yang sudah dilakukan dapat terlihat hasil estimasi tahun ini tidak terlalu jauh berbeda dengan laporan tahun sebelumnya. Perlu dijelaskan bahwa, dengan semakin lengkapnya data yang diperoleh, laporan ini merevisi perhitungan tahun lalu, sehingga jumlah kegagalan komponen seperti yang ditulis pada tahun lalu ada yang bertambah dan ada pula yang berkurang. Hasil estimasi keseluruhan diberikan pada Tabel 2, 3 dan Gambar 1, 2, 3.

Tabel 2. Estimasi Laju Kegagalan Untuk Komponen Operasi

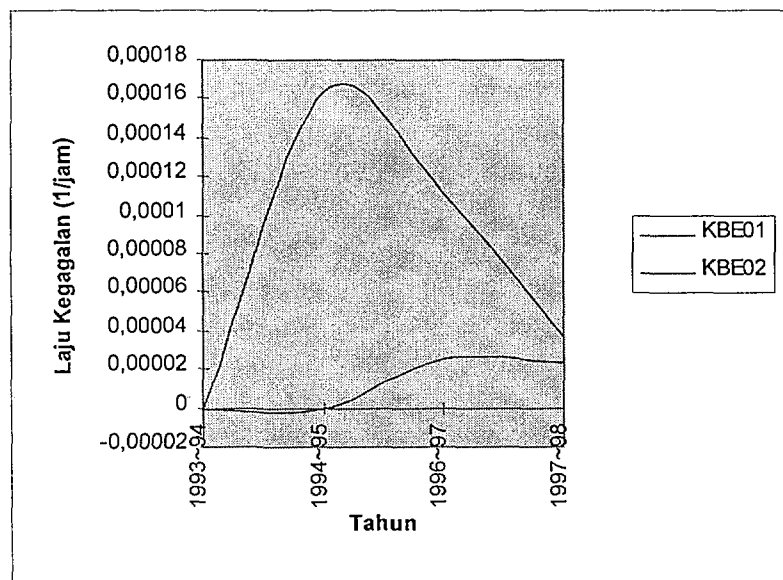
Komponen	Periode Februari 1997 ~ maret 1998		Periode Sept. 1990 ~ maret 1998 (Kumulatif)		
	Total Operasi (Jam)	Jumlah Gagal	Total Operasi (Jam)	Jumlah Gagal	$\lambda_{rata-rata}$ ($10^{-4}/Jam$)
FAK01AP01	14097,78	0	60651,83	4	0.55
FAK01AP02	11406,03	4	36346,41	8	2.06
JE01AP01	3211,72	0	19787,55	1	0.091
JE01AP02	2878,70	1	21559,50	7	3.15
JE01AP03	1478,47	0	5747,37	4	5.62
KBE01AP01	14156,38	0	38370,15	1	0.22
KBE01AP02	14558,90	0	43182,02	1	0.085
KBE02AP01	13657,15	0	33946,20	3	0.85
KBE02AP02	1309,68	0	10639,28	2	1.74
PA01AP01	3947,38	0	19348,75	7	3.26
PA02AP01	2421,20	0	17531,05	11	5.75
PA03AP01	2389,48	0	6936,78	5	5.69
PA01AH01	3410,42	0	12771,25	2	1.38
PA01AH02	3398,80	0	12089,68	0	0
PA01AH03	2567,78	0	9075,80	1	1.03
PA02AH01	3395,22	0	11353,28	1	0.783
PA02AH02	2319,97	0	9649,53	4	3.49
PA02AH03	3468,67	0	11208,77	1	7.73
PD01AH01	1381,70	0	3803,82	2	4.42

Tabel 3. Probabilitas Kegagalan Permintaan Untuk Komponen Siaga

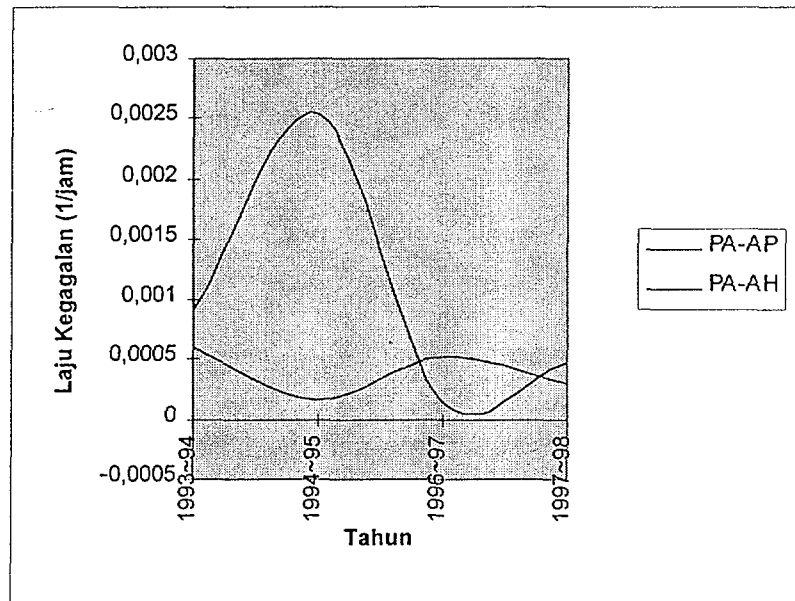
Komponen	Periode Februari 1997 s/d Januari 1998		Periode September 1990 s/d Januari 1998 (Kumulatif)		
	Jumlah Demand	Jumlah Kegagalan	Jumlah Demand	Jumlah Kegagalan	Probabilitas Kegagalan Demand ($10^{-2}/d$)
BRV10	17	1	127	2	1.575
BRV20	16	0	109	2	1.83
BRV30	16	0	107	0	0



Gambar 1. Laju Kegagalan Komponen FAK01 & JEO1



Gambar 2. Laju Kegagalan Komponen KBE01 & KBE02



Gambar 3. Laju Kegagalan Komponen PA-AP & PA-AH

KESIMPULAN

Hasil pendataan memberikan format data pengalaman operasi yang sistematis dan hasil estimasi menunjukkan gambaran keandalan komponen yang dianalisis. Dalam kegiatan ini pengumpulan data dilakukan pada periode Februari 1997 sampai dengan Maret 1998, karena besaran keandalan bersifat kumulatif, estimasi terhadap laju kegagalan komponen dilakukan sejak periode operasi September 1990 sampai Maret 1998. Hasil estimasi parameter keandalan *data base* ini diharapkan nantinya dapat dimanfaatkan sebagai sumber data bagi analisis keselamatan probabilistik (PSA) dan sebagai umpan balik dalam modifikasi prosedur perawatan, perbaikan dan operasi. Pengambilan data komponen untuk *data base* ini dilakukan secara terus-menerus sepanjang umur RSG GAS sehingga, sebagaimana sifat statistik, dapat tergambar karakteristik keandalan komponen sebenarnya. Perhitungan laju kegagalan sampai akhir tahun anggaran 1997~1998 untuk tiap komponen yang telah dihitung adalah : FAK= $1.08 \cdot 10^{-4} \text{ jam}^{-1}$, JE= $2.53 \cdot 10^{-4} \text{ jam}^{-1}$, KBE01= $2.28 \cdot 10^{-5} \text{ jam}^{-1}$, KBE02= $3.72 \cdot 10^{-5} \text{ jam}^{-1}$, PA-AP= $3.01 \cdot 10^{-4} \text{ jam}^{-1}$, PA-AH= $4.66 \cdot 10^{-4} \text{ jam}^{-1}$. Perubahan laju kegagalan dalam kurun waktu 1993~1998 seperti yang tertera dalam Gambar 1, 2, dan 3 walaupun ada anomali berupa kenaikan harga laju kegagalan (tahun 1994/95 dan 1995/96) yang kemungkinan disebabkan oleh ketidak lengkapan data, namun demikian bentuk secara keseluruhan menunjukkan penurunan harga.

DAFTAR PUSTAKA

1. LOFGREN, E.V., Probabilistic Risk Assessment Course Documentation, Vol.3 : System Reliability and Analysis Techniques Session A - Reliability, NUREG/CR-4350/3.
2. LEVERENZ, F.L., COX, D.C., Probabilistic Risk Assessment Course Documentation, Vol. 6 : Data Development, NUREG/CR-4350/6.
3. BRASZ,J., SMIT, C.C., *Experimental Determination of Reliability Data*, Proceedings of an IAEA-Symposium on Reliability Problems of Reactor Pressure Components, Vienna, Oct 1997.
4. KECECIOGLU, D., Reliability Engineering Handbook, Vol. 1, Prentice-Hall, 1991
5. DESWANDRI, DEMON H, DWIJO M., dan SLAMET K., Penyusunan Data Base Komponen dan Sistem RSG GAS Untuk Analisis Keandalan, Laporan teknis PPTKR Tahun Kegiatan 93/94, 95/96 dan 96/97.