

**KAJIAN KEGAGALAN PENGUKURAN KETINGGIAN AIR  
SISTEM PENAMPUNGAN LIMBAH CAIR AKTIVITAS RENDAH (KPK01 CL001)  
DI RSG-GAS**

Sukino<sup>1</sup>, Heri Suherkiman<sup>2</sup>, Ranji Gusman<sup>3</sup>

**ABSTRAK**

**KAJIAN KEGAGALAN PENGUKURAN KETINGGIAN AIR SISTEM PENAMPUNGAN LIMBAH CAIR AKTIVITAS RENDAH (KPK01 CL001) DI RSG-GAS.** Pengukuran ketinggian air ini digunakan untuk mengendalikan ketinggian permukaan air pada tangki penampungan air limbah aktivitas rendah. Kajian dilakukan karena adanya kerusakan pada sistem tersebut, yang mengakibatkan penunjukan antara meter dan indikator di lokal panel dan RKU tidak sama ketinggian air di dalam tangki. Tujuannya adalah supaya mengetahui kerusakan sistem dan kemudian memperbaikinya atau mengganti modul yang rusak. Hasil pengujian linieritas transduser tipe FMC480 penyimpangan antara pembacaan meter dengan harga standar sebesar 100%. Sedangkan dengan transduser tipe FMX570 penyimpangan antara pembacaan meter dengan harga standar sebesar 0.84%. Dari hasil pengujian tersebut ditarik kesimpulan bahwa transduser tipe FMC480 harus diperbaiki atau diganti.

*Kata kunci : transduser, pengukuran ketinggian, FMC480, FMX570*

**ABSTRACT**

**STUDY OF MEASUREMENT WATER LEVEL FAILURE ON LOW ACTIVITIES WASTE WATER STORAGE SYSTEM (KPK01 CL001) AT RSG-GAS.** *Measuring level of the water is used to control water levels in the waste water holding tank low activity. The study was conducted because of the damage to the system, which resulted in the appointment of the meters and indicators on the local panel and RKU not at the height of the water in the tank. The intent was to know the system and then repair the damage or replace the defective module. Test results FMC480 type transducer linearity deviation between meter readings to the standard price of 100%. While the transducer type FMX570 deviation between meter readings with a standard price of 0.84%. From the test results concluded that the type of transducer FMC480 be repaired or replaced.*

*Keywords: transducers, level measurement, FMC480, FMX570*

## PENDAHULUAN

Sistem penampung limbah cair aktivitas rendah berfungsi untuk mengumpulkan dan menampung air limbah aktif yang berasal dari dalam gedung reaktor dengan aktivitas lebih kecil dari  $10^{-2}$  Ci/m<sup>3</sup>. Sistem penampungan ini menyimpan limbah cair secara sementara sebelum limbah cair tersebut diangkut ke Pusat Pengolahan Limbah Radioaktif (PTLR). Limbah cair yang ditampung pada tangki KPK01 BB01 dan BB02 berasal dari beberapa sistem yaitu sistem drainase lantai (KTF01), sistem drainase komponen primer (KTA01), sistem pengisian dan pengosongan air kolam reaktor (KBB01), air bekas dekontaminasi dan air kondensasi sistem ventilasi reaktor.

Pengukuran ketinggian pada sistem penampung limbah cair aktivitas rendah (KPK01 CL001 dan CL002) sangat dibutuhkan untuk menjaga supaya limbah cair di tangki penyimpanan tidak meluap kelantai reaktor, sebab jika air tangki meluap maka akan menimbulkan kontaminasi pada lantai yang digenangi air limbah tersebut. Selain itu pengukuran ketinggian air ini juga digunakan untuk mengamankan pompa benam yang dipakai untuk memompa air ke sistem pembuangan jika telah mencapai batas minimum air. Jika level air berada dibawah pompa benam maka hanya udara yang akan dihisap oleh pompa dan ini dapat merusak pompa.

Kajian kegagalan pengukuran ketinggian sistem penampungan limbah cair aktivitas rendah dilatarbelakangi oleh adanya Permintaan dan Perbaikan Instruksi Kerja (PPIK) dari operator yang mengoperasikan sistem. Sistem dinyatakan tidak berfungsi, karena pada penunjukan parameter kontrol ketinggian di ruang kendali utama tidak sesuai dengan ketinggian air di tangki KPK01 BB001. Tujuan dari kajian ini adalah agar dapat diketahui kegagalan atau kerusakan pada

sistem, sehingga kerusakannya dapat segera diperbaiki atau dapat diganti dengan menggunakan suku cadang yang tersedia, sehingga sistem dapat dioperasikan sesuai dengan fungsinya. Metoda kajian adalah dengan cara uji fungsi setiap modul atau komponen sistem KPK01 CL001, dari mulai sensor, transduser dan penampil. Dari hasil pengujian tersebut akan didapat modul atau komponen yang harus diperbaiki atau diganti. Setelah melakukan perbaikan atau penggantian modul maka akan dilakukan uji fungsi sistem secara keseluruhan untuk memastikan bahwa sistem telah beroperasi kembali seperti semula.

## DESKRIPSI SISTEM

### Sistem Penampungan Limbah Cair Aktivitas Rendah

Sistem penampungan limbah cair aktivitas rendah yang selanjutnya akan di singkat dengan kode KPK01 merupakan tempat penampungan limbah cair dari beberapa sistem yang aktivitas radiasinya lebih kecil dari  $10^{-2}$  Ci/m<sup>3</sup>. KPK01 memiliki dua buah tangki penampung air limbah aktivitas rendah masing-masing memiliki kapasitas total 20 m<sup>3</sup>, yaitu KPK01 BB001 dan KPK01 BB002. Antara tangki 1 dan tangki 2 terhubung pipa yang berfungsi untuk memindahkan air dari tangki 1 ke tangki lain jika terjadi *over flow*. Sistem ini dilengkapi dengan pipa saluran untuk mengeluarkan air limbah isi tangki yaitu KPK01 BR003. Air limbah masing-masing tangki dapat dikeluarkan menuju drainase luar gedung jika aktivitas lebih kecil  $10^{-6}$  Ci/m<sup>3</sup> atau ke tangki pembuangan limbah jika aktivitas  $>10^{-6}$  Ci/m<sup>3</sup> dan  $<10^{-2}$  Ci/m<sup>3</sup>. Sistem ini juga dilengkapi dengan pipa untuk *bypass* aliran dalam melakukan pengadukan atau pengambilan sampel pada tangki yang bersesuaian yaitu KPK01 001 dan KPK01 BR002. Diagram sistem penampungan

limbah cair aktivitas rendah terlihat pada Gambar 1.

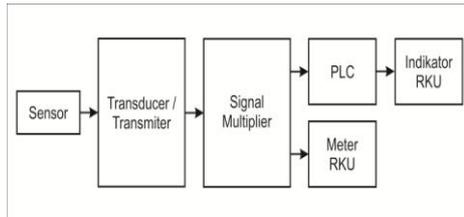
Pada Gambar 1, terlihat peralatan pengukuran yang terpasang untuk pemantauan pada sistem penyimpanan limbah cair aktivitas rendah terdiri dari:

1. Alat ukur yang memantau aktivitas limbah yang akan dikeluarkan yaitu KPK01 CR001
2. Alat ukur yang memantau laju alir air keluaran pompa yaitu KPK01 CF001
3. Alat ukur yang memantau level air dalam tangki 1 dan tangki 2 yaitu KPK01 CL001 dan KPK01 CL002. Jika level air mencapai batas maksimum (200 cm) maka akan memberikan sinyal alarm ke ruang kendali utama (RKU). Sebaliknya jika pompa beroperasi untuk pembuangan limbah level air mencapai minimum maka akan mematikan pompa<sup>1)</sup>.



### Sistem Pengukuran Ketinggian Air Limbah KPK01 CL001

Sistem pengukuran ketinggian air limbah adalah rangkaian modul elektronik yang menyusun sistem pengukuran. Susunan dari modul pada sistem KPK01 CL001 RSG-GAS ditunjukkan seperti pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Blok diagram sistem pengukuran ketinggian air limbah KPK01 CL001

Prinsip kerja blok diagram kanal pengukuran ketinggian air limbah KPK01 CL001 adalah sebagai berikut:

Sensor ketinggian air mendeteksi ketinggian air didalam tangki 1 atau tangki 2. Hasil deteksi tersebut kemudian dikonversikan kedalam bentuk perubahan kapasitansi. Selanjutnya perubahan kapasitansi dideteksi oleh transduser level dan diubah menjadi arus listrik yang proporsional dengan perubahan kapasitansi. Keluaran arus dari transduser dimasukkan ke *multiplier* untuk mendapatkan dua sinyal arus yang sama dengan masukannya yaitu 0-20 mA atau 0-10 V. Keluaran arus pertama digunakan sebagai masukan analog PLC, keluaran sinyal dari PLC digunakan untuk mengendalikan pompa benam dan dipakai sebagai indikasi logika di RKU. Keluaran arus yang kedua digunakan sebagai indikator meter dipanel tegak RKU. Sistem analog PLC akan memberikan batasan level maksimal yaitu pada ketinggian 200 cm yang akan mengakibatkan lampu indikator *alarm high* dilokal panel dan RKU menyala. Lampu indikator *alarm high* dilokal panel dan RKU akan hilang

apabila telah dilakukan pengosongan air pada tangki tersebut.

### Modul Transmitter level

Modul ini berfungsi sebagai perubah besaran kapasitansi menjadi besaran frekuensi. Pemakaian transmitter level pada sistem penampungan limbah cair aktivitas rendah RSG-GAS adalah bahwa masukan modul terhubung ke sensor level, kemudian keluaranya dihubungkan transduser. Keluaran transmitter kemudian dikirim ke modul transduser<sup>(2)</sup>. Prinsip pengukuran dasar kapasitansi dari transmitter ini di tunjukkan pada rumus berikut:

$$C = \epsilon \frac{A}{d}$$

Dimana:

C = Kapasitansi (F)

$\epsilon$  = Konstanta dielektrik

A = Luas penampang (m<sup>2</sup>)

d = Jarak antara elektroda (m)

Modul transmitter level yang terpasang seperti terlihat pada Gambar 3.

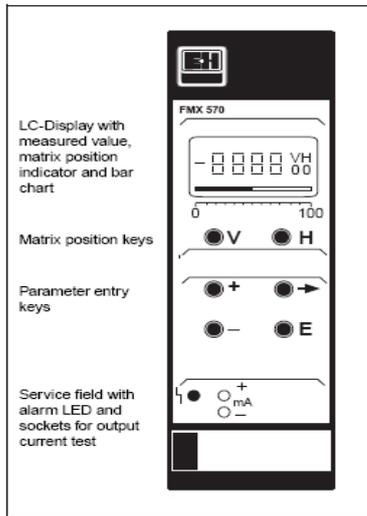


**Gambar 3.** Modul transmitter

### Modul Transduser Ketinggian Air

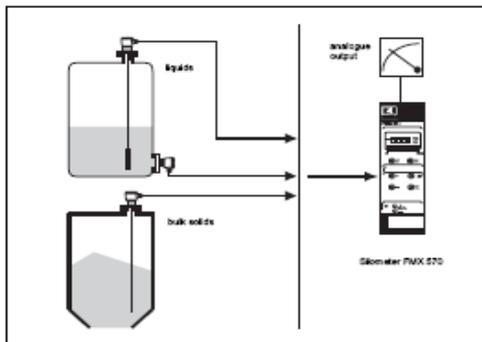
Modul ini berfungsi sebagai perubah besaran frekuensi menjadi besaran listrik (0-20 mA). Pemakaian transduser ketinggian air pada sistem penampungan limbah cair aktivitas rendah RSG-GAS adalah bahwa masukan modul terhubung ke sensor ketinggian air, kemudian keluaranya dihubungkan ke multiplier

untuk didistribusikan sesuai keperluan. Modul transduser ketinggian air yang terpasang terlihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Modul transduser ketinggian air

Gambar 5. Menunjukkan rangkaian kontrol ketinggian air mulai dari probe atau sensor sampai ke penampil secara sederhana.

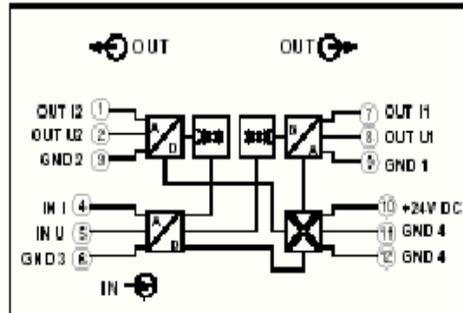


Gambar 5. Blok modul transduser ketinggian air

**Modul Signal Multiplier**

Modul ini berfungsi sebagai *buffer* dan distribusi terhadap sinyal output analog dari transduser. Pada instalasi reaktor RSG-GAS, sinyal keluaran dari

transduser umumnya berupa arus 0-20 mA. Sinyal arus ini menjadi masukan modul multiplier, selanjutnya keluaran dari multiplier berupa dua kanal arus yang besarnya sama dengan masukanya<sup>(3)</sup>. Blok diagram modul signal multiplier terlihat pada gambar 6.



Gambar 6. Blok diagram modul signal multiplier

**METODE PENGUJIAN**

Unjuk kerja sensor ketinggian air sistem penampungan limbah cair aktivitas rendah dinyatakan dalam kemampuan operasi yang ditentukan berdasarkan prosedur yang ada. Dengan mengacu pada ketentuan yang disyaratkan dalam prosedur tes pengujian instrumen yang dikeluarkan oleh pemasok. Metode pengujiannya adalah sebagai berikut :

- Pengujian kanal pengukuran melalui transduser
- Pengujian sensor ketinggian air menggunakan kalibrator level air
- Pembahasan hasil pengujian
- Menyimpulkan hasil pengujian.

**Pengujian Kanal Pengukuran**

Langkah pertama untuk mendapatkan data adalah dengan uji fungsi atau kalibrasi kanal pengukuran ketinggian air. Hal ini dilakukan untuk menentukan kebenaran dari kanal pengukuran sistem tersebut. Alat yang di gunakan untuk kalibrasi kanal pengukuran adalah generator arus 0-20

mA. pengujian dilakukan pada modul distributor atau modul signal multiplier.

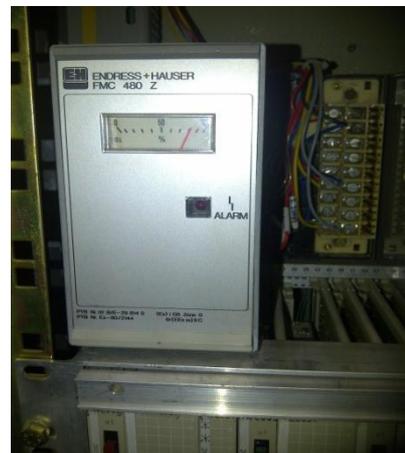
### **Pengujian Sensor Ketinggian Air**

Langkah pengujian sensor ketinggian air dilakukan dengan memberikan masukan air dari kalibrator ketinggian air secara bertahap. Pelaksanaan pengujian sensor dilakukan setelah uji fungsi atau kalibrasi kanal pengukuran, tujuannya adalah untuk memastikan bahwa kanal pengukuran dalam kondisi baik dan benar, sehingga saat uji fungsi sensor hasilnya dapat diketahui sensor tersebut masih baik atau sudah mengalami penurunan kemampuan fungsinya (degradasi). Pembacaan pengujian sensor ini dapat dilakukan di beberapa tempat yaitu dari keluaran modul transduser, keluaran modul distributor, dan dari meter yang terpasang.

Pengujian yang dilakukan pada penulisan ini adalah membaca keluaran pada meter yang terpasang. Hal ini dilakukan karena kanal pengukuran sebelumnya sudah dilakukan kalibrasi, sehingga kanal pengukuran sudah dipastikan dalam kondisi benar. Langkah pengujian sensor ketinggian air sistem penampungan limbah cair aktivitas rendah (KPK01 CL001) adalah sebagai berikut :

1. Melepas sensor dari dudukanya
2. Sensor dimasukkan kedalam kalibrator ketinggian air
3. Kalibrator ketinggian air diatur sesuai tabel uji
4. Hasil pembacaan ketinggian air dilihat pada meter di panel local
5. Pencataan hasil pengujian
6. Dari data hasil pengujian tidak sesuai, maka dilakukan perbaikan pada system
7. Pengecekan modul yang dicurigai rusak yaitu modul transduser FMC480
8. Penggantian modul transduser tipe FMC480 dengan tipe FMX570
9. Dilakukan kegiatan langkah 2 s/d 5
10. Pembuatan grafik dari hasil pengujian

Pengujian dilakukan dua kali terhadap sistem dalam kondisi rusak yaitu menggunakan transduser tipe FMC480 dan pada saat sistem sudah dilakukan perbaikan atau penggantian dengan menggunakan transduser tipe FMX570. Penggantian transduser dilakukan karena transduser tipe lama yaitu FMC480 sudah tidak bisa diperbaiki dan sudah tidak diproduksi lagi. Maka sebagai penggantinya adalah transduser generasi baru yaitu tipe FMX570. Keunggulan Transduser tipe FMX570 diantaranya adalah dari segi tampilan transduser FMX570 berbasis digital yang lebih mudah untuk dibaca dibandingkan dengan tipe lama yang berbasis analog, dari segi setting bisa dilakukan dengan dua cara yaitu secara manual dan bisa dengan menggunakan komputer sedangkan tipe lama hanya bisa dengan cara manual. Dari segi dimensi tipe baru lebih kecil dibandingkan dengan tipe lama, sehingga penempatannya lebih mudah. Gambar transduser tipe FMC480 yang rusak dan data gambar transduser penggantinya tipe FMX480 tampak pada Gambar 7 dan 8.



**Gambar 7.** Transduser tipe FMC480



**Gambar 8.** Transduser tipe FMX570

Langkah penggantian transduser tipe FMC480 ke tipe FMX570 adalah dengan tambahan modifikasi dudukan atau *casing* pada kabinet dilokal panel diposisi -6,5 m. Modifikasi dudukan dilakukan karena dudukan transduser tipe FMC480 berbeda dengan transduser tipe FMX570.

**Pengolahan Data**

Dari data hasil pengujian dan komisioning dapat dibuat grafik dengan sumbu X sebagai input arus (A), sedangkan pada sumbu Y merupakan hasil pengukuran output ketinggian air (cm). Untuk menentukan besarnya kesalahan hasil pengujian, maka dari data hasil pengujian dan harga standar dilakukan perhitungan menggunakan persamaan sebagai berikut <sup>(4)</sup>.

$$\text{Penyimpangan} = \frac{x-x^1}{x} \times 100\%$$

Dimana :

X<sup>1</sup> = data hasil pengukuran

X = data setting/standar

Untuk menentukan besarnya ketelitian sistem menggunakan rumus sederhana, yaitu : ketelitian = 100% - penyimpangan

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Data Hasil Uji Fungsi Kanal Pengukuran**

Setelah dilakukan uji fungsi kanal pengukuran dengan menggunakan generator arus (mA) pada modul distributor atau modul signal multiplier, maka diperoleh hasil pengujian seperti Tabel 1.

**Tabel 1.** Hasil pengujian kanal pengukuran

No	Input Arus (A)	Setting Level (Cm)	Output Level (Cm)
1	0	0	0
2	2	27	25
3	4	54	55
4	6	81	80
5	8	108	110
6	10	135	135
7	12	162	160
8	14	189	190
9	16	216	215
10	18	243	240
11	20	270	270

**Data Hasil Uji Fungsi Sensor Level**

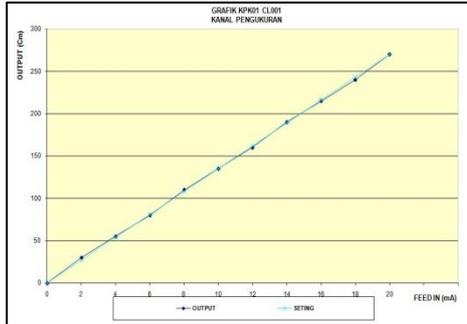
Setelah dilakukan uji fungsi sensor level dengan menggunakan transduser tipe lama FMC480 dan Transduser tipe baru FMX570, maka diperoleh hasil pengujian seperti terlihat pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Hasil pengujian level air

No	Input Level (Cm)	Output	
		FMC480 Level (Cm)	FMX570 Level (Cm)
1	0	0	0
2	20	0	19,8
3	40	0	39,9
4	60	0	60
5	80	0	81
6	100	0	101
7	120	0	119
8	140	0	139
9	160	0	158
10	180	0	178
11	200	0	199
12	220	0	220

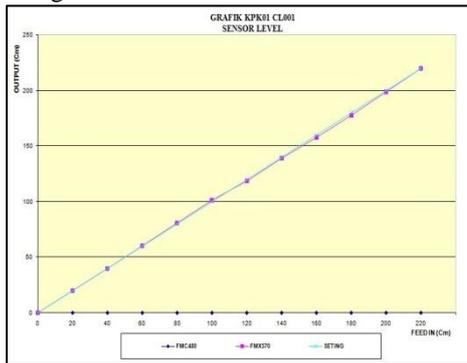
**Grafik Hasil Uji Fungsi**

Dari tabel hasil uji fungsi kanal pengukuran yang telah dikerjakan, dibuat grafik sebagai berikut :



**Gambar 9.** Grafik kanal pengukuran KPK01 CL001

Dari tabel hasil uji fungsi sensor level yang telah dikerjakan, dibuat grafik sebagai berikut:



**Gambar 10.** Grafik sensor level KPK01 CL001

Pengujian kanal pengukuran dilakukan dengan menggantikan transduser dengan generator arus. Posisi pengujianya terletak pada modul distributor atau signal multiplier. Pengujian ini menggunakan metode pembandingan, yaitu membandingkan hasil pengukuran dengan nilai standar yang diberikan kalibrator atau generator arus.

Dari data tabel1. diatas terlihat bahwa antara data masukan dan keluaran pada sistem menunjukkan angka yang berbeda. Hal ini disebabkan oleh pembacaan yang tidak tepat, karena keluaran sistem masih berbasis analog. Untuk mengetahui seberapa besar tingkat penyimpangan dan tingkat ketelitian menggunakan rumus sederhana sebagai berikut :

$$\text{Penyimpangan} = \frac{X-X^1}{X} \times 100\%$$

Keterangan :

X<sup>1</sup> : data hasil pengukuran

X : data setting/standar

Hasil penyimpangan dari pengujian kanal pengukuran dari sistem terlihat pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Hasil pengujian kanal pengukuran

No	Input Arus (A)	Setting Level (Cm)	Output Level (Cm)	Penyimpangan (%)
1	0	0	0	0
2	2	27	25	7.4
3	4	54	55	1.8
4	6	81	80	1.2
5	8	108	110	1.8
6	10	135	135	0
7	12	162	160	1.2
8	14	189	190	0.5
9	16	216	215	0.4
10	18	243	240	1.3
11	20	270	270	0
Rata-rata				1.42

Dari hasil perhitungan berdasar tabel 3 diperoleh hasil penyimpangan rata-rata sebesar 1.42%, maka tingkat ketelitian dapat diketahui yaitu sebesar 98.58%. Dengan demikian dari hasil pengujian kanal pengukuran kontrol level sistem penampungan limbah cair aktivitas rendah masih berada dalam kondisi baik, hal ini terbukti dari data perhitungan ketelitian yaitu 98.58%. Data pada tabel diatas dapat dibuat dalam bentuk grafik dan terlihat bentuk grafik yang linier, yang

membuktikan bahwa kanal pengukuran masih dalam kondisi baik. Akan tetapi, terjadi sedikit penyimpangan antara masukan generator arus dengan keluaran meter. Penyimpangan ini dimungkinkan oleh beberapa hal antara lain faktor umur komponen atau modul kanal pengukuran, faktor pengamatan yang masih menggunakan meter analog.

Pengujian sensor level dilakukan dengan menggunakan transduser tipe lama FMC480 dan tipe baru FMX570. Posisi pengujian terletak pada sensor level menggunakan kalibrator level air. Pengujian ini menggunakan metode perbandingan, yaitu membandingkan hasil pengukuran dengan nilai standar yang diberikan kalibrator level air. Hasil penyimpangannya terlihat pada table 4.

**Tabel 4.** Hasil pengujian level air

No	Input Level (Cm)	Output		Penyimpangan	
		FMC480 Level (Cm)	FMX570 Level (Cm)	FMC480 (%)	FMX570 (%)
1	0	0	0	0	0
2	20	0	19,8	100	1
3	40	0	39,9	100	2,5
4	60	0	60	100	0
5	80	0	81	100	1,3
6	100	0	101	100	0,9
7	120	0	119	100	0,8
8	140	0	139	100	0,7
9	160	0	158	100	1,3
10	180	0	178	100	1,1
11	200	0	199	100	0,5
12	220	0	220	100	0
Rata-rata				100	0,84

Dari hasil perhitungan berdasar tabel 4 dengan menggunakan transduser tipe FMC480 hasil penyimpangan rata-rata sebesar 100%, maka tingkat ketelitian dapat diketahui yaitu sebesar 0%. Dengan demikian dari hasil pengujian sensor tipe FMC480 kontrol level sistem penampungan limbah cair aktivitas rendah dalam kondisi rusak, hal ini terbukti dari data perhitungan ketelitian yaitu 0%.

Dari hasil perhitungan berdasar tabel 4 dengan menggunakan transduser tipe FMX570 hasil penyimpangan rata-rata

sebesar 0.84%, maka tingkat ketelitian dapat diketahui yaitu sebesar 99.16%. Dengan demikian dari hasil pengujian sensor tipe FMX4570 kontrol level sistem penampungan limbah cair aktivitas rendah dalam kondisi baik, hal ini terbukti dari data perhitungan ketelitian yaitu 99.16%. Dari data tabel diatas dibuat dalam bentuk grafik dan terlihat bentuk grafik yang linier, yang membuktikan bahwa sensor tipe FMX570 dalam kondisi baik.

**KESIMPULAN**

Dari hasil uji fungsi kanal pengukuran dan pengujian sensor level diatas dapat disimpulkan bahwa kontrol level sistem penampungan limbah cair aktivitas rendah dengan menggunakan transduser FMC480 dalam kondisi rusak, harus dilakukan perbaikan atau penggantian. Hal ini dapat dibuktikan berdasarkan data perhitungan penyimpangan dan ketelitian menunjukkan penyimpangan sebesar 100%, sehingga ketelitiannya 0%.Setelah dilakukan penggantian transduser tipe FMC480 dengan transduser tipe FMX570 sistem dalam kondisi baik. Hal ini dapat dibuktikan berdasarkan data perhitungan penyimpangan dan ketelitian menunjukkan penyimpangan sebesar 0.84%, sehingga ketelitiannya 99.16%.

**DAFTAR PUSTAKA**

1. **PURWADI**, Pelatihan Penyegaran Operator dan Supervisor Reaktor RSG-GAS, PUSDIKLAT-BATAN, Serpong, 2010
2. **ANONIM**, Manual Level Measurement Silometer FMX570, Endress+Hauser, Germany, 2001
3. **SUKINO**, Seminar Nasional Pranata Nuklir, PRSG-BATAN, Serpong, 2011
4. **SUKINO**, Buletin Pengelolaan Reaktor Nuklir Volume VIII No 2, PRSG-BATAN, Serpong, 2011.