

KALIBRASI TRANSDUSER TEKANAN, LAJU ALIR, SUHU DAN LEVEL AIR PADA SISTEM INSTRUMENTASI PROTEKSI REAKTOR

Yusi Eko Yulianto

ABSTRAK

Telah dilakukan kalibrasi terhadap sebagian transduser yang ada di dalam kanal pengukuran sistem instrumentasi proteksi reaktor pada Reaktor Serbaguna G.A. Siwabessy. Kalibrasi transduser merupakan kegiatan kalibrasi yang tidak dilakukan pada kegiatan perawatan rutin. Transduser-transduser terpilih yang dimaksudkan adalah transduser kanal pengukuran tekanan, transduser kanal pengukuran suhu, transduser kanal pengukuran laju alir dan transduser kanal pengukuran level air. Kalibrasi dilakukan dengan menggunakan kalibrator dan peralatan khusus untuk uji tekanan dan laju alir, uji suhu dan uji level air. Hasil kalibrasi telah mengembalikan kemampuan transduser kepada harga standarnya dan berhasil menstandardisasikan 25% dari jumlah transduser yang ada di dalam sistem instrumentasi proteksi reaktor.

ABSTRACT

This experiment (on RSG-GAS) has calibrated a part of the transducers of reactor protection's measurement channels. The calibration of the transducers is a special program of the RSG-GAS maintenance program. The measurement channels transducers are the transducers of pressure measurement channel, the temperature measurement channel, the flow measurement channel and the water level measurement channel. The calibrations have used the special tools of the pressure and flow test, temperature test and water level test. These calibrations have re adjusted and re standardized all of these mentioned transducers. These work has brought the performance of the 25% of the transducers in reactor protection system back to their base.

PENDAHULUAN

Kalibrasi instrumentasi sistem kanal pengukuran RSG-GAS secara berkala dan rutin telah dilakukan berdasarkan Manual Perawatan dan Perbaikan sistem instrumentasi RSG-GAS. Terutama terhadap komponen-komponen yang terkait dengan sistem proteksi reaktor, karena sistem proteksi reaktor memerlukan inspeksi untuk mencapai operasi dengan ketelitian yang tinggi. Dengan adanya kalibrasi dimaksudkan agar spesifikasi kanal pengukuran dapat dikendalikan pada harga standarnya.

Kegiatan kalibrasi yang telah dilakukan di RSG-GAS mencakup uji fungsi dan kalibrasi setiap kanal pengukuran secara menyeluruh. Namun demikian kegiatan kalibrasi komponen seperti transduser tidak dilakukan, karena tidak ada dalam panduan dan program perawatan rutin, oleh karena itu ditetapkan bahwa kalibrasi transduser tetap diperlukan dan dapat dilaksanakan secara khusus, dengan dilakukan persiapan-persiapan pekerjaan secara baik dan terencana. Dalam melakukan kalibrasi transduser diperlukan antara lain manual-manual dokumen-dokumen

yang sesuai dengan sifat dan karakter setiap transduser, dokumen-dokumen hasil komisioning terdahulu serta pengetahuan dan pengalaman praktis di lapangan.

Untuk melakukan kalibrasi dibutuhkan peralatan yang memadai, terutama penyediaan kalibrator dan peralatan khusus. Kalibrator diperlukan antara lain untuk transduser tekanan, laju alir dan suhu, sedangkan untuk level air dapat dilakukan dengan menggunakan transduser standarnya. Kalibrator tekanan ada 2 jenis, yakni untuk tekanan rendah (maksimum 600 mbar) yang menggunakan bantuan tekanan gas nitrogen dan untuk tekanan tinggi diatas 3 bar digunakan kalibrator hidrolik. Kalibrator laju alir hanya membutuhkan tekanan maksimum 300 mbar. Untuk mengkalibrasi suhu dibutuhkan kalibrator tahanan variabel PT-100. PT-100 berfungsi untuk menggantikan sensor suhu yang cara penggunaannya sesuai dengan tabel kalibrasi harga tahanan sebagai fungsi harga suhu. Untuk mengkalibrasi level air diperlukan alat transduser standar yang sesuai dengan spesifikasi tiap-tiap transdusernya.

Dalam pelaksanaan kalibrasi diperlukan persiapan dan perencanaan yang meliputi :

1. Penentuan penggunaan peralatan
2. Perencanaan prosedur kerja
3. Perencanaan pengambilan data
4. Perencanaan pengolahan data dan penyusunan laporan

Data hasil kalibrasi kemudian diolah sebagai laporan dan dokumen perawatan yang penting. Data kalibrasi ini akan menjadi informasi dan dasar dalam melakukan analisis dan kegiatan trouble shooting.

SISTEM KANAL PENGUKURAN

Sistem instrumentasi proteksi reaktor memiliki 47 transduser kanal pengukuran, yang terdiri dari transduser-transduser kanal pengukuran:

1. Densitas fluks neutron
2. Aktivitas N-16
3. Posisi katup isolasi primer
4. Level air pada kolam reaktor
5. Aliran masa pada sistem primer
6. Temperatur keluaran pada sistem pemindah panas
7. Tegangan pada sistem saklar darurat
8. Aktivitas di dalam sistem hisapan udara kolam reaktor
9. Posisi dari katup sistem sirkulasi alam

Transduser-transduser tekanan, laju alir, suhu dan level air tersebut terdapat di dalam kelompok sistem primer JE dan sistem kolam reaktor JAA.

A. SISTEM PENDINGIN PRIMER

Sistem pendingin primer yang ditandai dengan kode KKS "JE" memiliki kanal pengukuran tekanan (CP), laju alir (CF) dan suhu air (CT) yang mengirimkan data kepada sistem proteksi reaktor. Terdiri dari kanal-kanal:

1. JE01 CP811
2. JE01 CP821
3. JE01 CP831
4. JE01 CF811
5. JE01 CF821
6. JE01 CF831
7. JE01 CT811
8. JE01 CT821
9. JE01 CT831

B. SISTEM KOLAM REAKTOR

Sistem kolam reaktor yang ditandai dengan kode KKS "JAA" memiliki kanal pengukuran

level air kolam (CL) yang mengirimkan data level air kolam reaktor kepada sistem proteksi reaktor. Terdiri dari kanal-kanal:

1. JAA01 CL811
2. JAA01 CL821
3. JAA01 CL831

CARA KERJA

Cara kerja kalibrasi yang dilakukan adalah sebagai berikut :

A. Kalibrasi transduser (CP)

Kalibrasi transduser tekanan yang ditandai dengan *Control Pressure* (CP) dilakukan terhadap transduser-transduser pengukuran tekanan yang berada pada sistem sirkulasi pendingin primer. Pekerjaan kalibrasi dengan memperhatikan **Gambar 1** dilakukan dengan cara sbb:

- 1) Persiapan pekerjaan kalibrasi dengan menyediakan perlengkapan-perengkapan yang diperlukan, antara lain:
 - 1.1 Dokumen sistem instrumentasi kanal pengukuran tekanan, seperti dalam Gambar 1 (Lampiran)
 - 1.2 Isian kegiatan kalibrasi yang diperlukan, seperti dalam **Tabel** Lampiran
 - 1.3 Kalibrator tekanan dengan tangan dan kalibrator tekanan yang dilengkapi dengan tabung N₂ yang telah dirangkaikan dengan benar; Untuk tekanan operasi hingga 300 mA gunakan Kalibrator Yokogawa yang dilengkapi dengan tabung N₂, sedangkan untuk tekanan operasi hingga 5 bar gunakan kalibrator tekanan yang sesuai dengan menggunakan tangan
 - 1.4 Multimeter
- 2) Melepaskan penutup kotak transduser dan sambungan kabel output dari terminal No.4, kemudian menghubungkan ujung-ujung kabel yang terlepas dengan Amperemeter, ukur arusnya dan mencatatnya
- 3) Melakukan venting pada pipa-pipa berdasarkan pada **Gambar 1** dengan cara sebagai berikut :
 - 3.1 Menutup katup penyumbat
 - 3.2 Menutup katup stop
 - 3.3 Membuka katup buangan
 - 3.4 Membuka baut penyumbat pipa buangan
- 4) Menghubungkan kalibrator ke transduser seperti pada **Gambar 1** melalui lubang yang terdapat pada pipa buangan
- 5) Mengkalibrasi sesuai dengan petunjuk isian kalibrasi yang disediakan.

- 6) Setelah selesai, melepaskan semua peralatan kalibrasi dari sistem transduser dan meventing pipa sekali lagi dengan cara sebagai berikut :
 - 6.1 membuka katup penyumbat
 - 6.2 membuka katup stop, hingga air nampak mengalir
 - 6.3 menutup lubang buangan menggunakan bautnya
 - 6.4 menutup katup buangan
- 7) Melepaskan sambungan Amperemeter dan Kalibrasi selesai

B. Kalibrasi transduser laju alir (CF)

Cara kerja kalibrasi yang dilakukan adalah sebagai berikut :

- 1) Melakukan persiapan pekerjaan kalibrasi dengan menyediakan perlengkapan-perengkapan yang diperlukan, antara lain:
 - 1.1 Dokumen sistem instrumentasi kanal pengukuran laju alir, seperti dalam **Gambar 2** (Lampiran)
 - 1.2 Isian kegiatan kalibrasi yang diperlukan, seperti dalam Lampiran
 - 1.3 Kalibrator tekanan yang dilengkapi dengan tabung N2 yang telah dirangkaikan dengan benar
 - 1.4 Multimeter
- 2) Melepaskan penutup kotak transduser dan melepaskan sambungan kabel output dari terminal No.4, kemudian menghubungkan ujung-ujung kabel yang terlepas dengan Amperemeter, ukur arusnya dan mencatatnya
- 3) Melakukan venting pada pipa-pipa berdasarkan pada **Gambar 2** dengan cara sebagai berikut :
 - 3.1 Menutup katup nomer 1 dan 2
 - 3.2 Membuka katup 3,4,5,6,7,8 dan 9, hingga semua airnya habis keluar melalui katup 8 dan 9
 - 3.3 Menutup kembali katup nomer 3,4,5,6 dan 7
 - 3.4 Menghubungkan katup nomer 8 dengan kalibrator tekanan dan menutup katup nomer 9. Menentukan bahwa arus yang terukur pada Amperemeter sesuai dengan hasil pengukuran dari prosedur nomer 2 diatas
- 4) Menghubungkan kalibrator ke transduser seperti pada **Gambar 2** melalui lubang yang terdapat pada pipa buangan
- 5) Mengkalibrasi sesuai dengan lembar isian kalibrasi yang disediakan.

- 6) Setelah selesai, melepaskan semua peralatan kalibrasi dari sistem transduser dan meventing pipa sekali lagi dengan cara sebagai berikut :
 - 6.1 lepaskan selang udara bertekanan kalibrator dari katup nomer 8
 - 6.2 memasang kembali penutup katup 8 dan 9 secara tidak rapat sehingga air masih bisa merembes keluar
 - 6.3 membuka katup nomer 3,4,5,6 dan 7
 - 6.4 menutup kembali satu per satu katup nomer 7, 3 dan 4
 - 6.5 merapatkan penutupan katup nomer 8 dan 9
 - 6.6 memperhatikan dan menyesuaikan harga arus pada Amperemeter dengan hasil pengukuran prosedur nomer 2, jika masih ada perbedaan maka penutupan katup nomer 7, 8 dan 9 harus disempurnakan
- 7) Melepaskan sambungan Amperemeter dan kalibrasi selesai

C. Kalibrasi transduser suhu (CT)

Cara kerja kalibrasi yang dilakukan adalah sebagai berikut :

- 1) Melakukan persiapan pekerjaan kalibrasi dengan menyediakan perlengkapan-perengkapan yang diperlukan, antara lain:
 - 1.1 Dokumen sistem instrumentasi kanal pengukuran suhu tersebut, seperti dalam **Gambar 3** (Lampiran)
 - 1.2 Dokumen kegiatan kalibrasi yang diperlukan, seperti dalam **Tabel** Lampiran
 - 1.3 Kalibrator suhu PT-100 dan perlengkapannya yang dirangkaikan dengan benar
 - 1.4 Multimeter
- 2) Melepaskan hubungan kabel antara transduser dengan sensor suhu
- 3) Menghubungkan kalibrator PT-100 dengan transduser
- 4) Mengkalibrasi sesuai dengan lembar isian kalibrasi yang disediakan.
- 5) Kemudian, melepaskan semua peralatan kalibrasi dari sistem transduser
- 6) Melepaskan sambungan Amperemeter dan kalibrasi selesai

D. Kalibrasi transduser level air (CL)

Cara kerja yang digunakan dalam kalibrasi yang sesuai dengan prosedur perawatan adalah sebagai berikut :

- 1) Melakukan persiapan pekerjaan kalibrasi dengan menyediakan perlengkapan-perengkapan yang diperlukan, antara lain:
 - 1.1 Dokumen sistem instrumentasi kanal pengukuran laju alir, seperti dalam **Gambar 4** (Lampiran)
 - 1.2 Dokumen kegiatan kalibrasi yang diperlukan, seperti dalam **Tabel** Lampiran
 - 1.3 Alat bantu pekerjaan kalibrasi, seperti tool set
 - 1.4 Multimeter
- 2) Mengukur kedalaman air kolam yang ditempati oleh probe sistem pengukuran level dan mencatat hasilnya
- 3) Menghubungkan Amperemeter dengan terminal test pada transduser pengukuran level, dan mencatat harganya.
- 4) Melakukan pengesetan potensiometer yang terdapat pada transduser sesuai dengan harga arus terhitung dari hasil pengukuran tinggi level yang sesuai
- 5) Melepaskan sambungan Amperemeter dan kalibrasi selesai

HASIL KALIBRASI

Perbandingan jumlah transduser yang dikalibrasi di dalam sistem proteksi reaktor diperlihatkan oleh **Diagram 1** dan hasil kalibrasi yang dilakukan diberikan dalam **Tabel 1**.

PEMBAHASAN

Kalibrasi transduser merupakan kegiatan awal dari kegiatan kalibrasi sistem instrumentasi kanal pengukuran secara keseluruhan. Kalibrasi transduser dan komponen lain di dalam sistem kanal pengukuran dilakukan untuk menjamin adanya ketersediaan sistem kanal pengukuran secara menyeluruh. Pada langkah selanjutnya dapat dilakukan uji fungsi secara kelompok dan keseluruhan pada sistem kanal pengukuran.

Kegiatan kalibrasi transduser ini telah melaksanakan dengan baik pekerjaan kalibrasi transduser dan memberikan hasil yang sesuai dengan yang diharapkan. Data dari **Tabel 1** menunjukkan bahwa sebelum dikalibrasi transduser-transduser tersebut memiliki penyimpangan rata-rata sebesar:

Transduser tekanan: 0,772 mA atau sekitar 3,8%
Transduser laju alir: 0,87 mA atau sekitar 4,35%
Transduser suhu: 0,4155 mA atau sekitar 2,1%

Transduser Level air: 1,671 mA atau sekitar 8,35%
Perbandingan secara grafis dapat dilihat pada **Diagram 2**.

Setelah dilakukan kalibrasi diperoleh kembali kinerja transduser yang sesuai dengan harga standarnya seperti diperlihatkan pada **Grafik 1 s/d Grafik 4**.

Peralatan kalibrasi merupakan faktor penunjang penting dalam kegiatan kalibrasi, sehingga kesempurnaannya senantiasa harus terjamin. Sebelum digunakan harus senantiasa diuji fungsi bahkan di setiap bagiannya. Sehingga pada akhirnya sistem kalibrator tersebut dapat bekerja dengan sempurna.

Dari hasil yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa faktor penuaan pada komponen atau transduser dapat mempengaruhi penurunan kinerja transduser atau menimbulkan unsur kelelahan, walaupun tidak sepenuhnya transduser-transduser tersebut terbuat dari material logam dan bahan mekanis yang mengalami kelelahan, akan tetapi waktu hidup komponen elektronik dapat pula menyusut.

Transduser level air termasuk komponen yang memiliki sensitivitas tertinggi dibandingkan dengan transduser-transduser lain (yang dikalibrasi), sehingga ke depan diperlukan perawatan yang lebih intensif untuk menjaga kinerjanya.

KESIMPULAN

Kegiatan kalibrasi transduser merupakan kegiatan perawatan yang harus dilaksanakan secara berkala dan terencana. Dengan kegiatan kalibrasi transduser secara rutin, maka kinerja instrumentasi sistem kanal pengukuran dapat dipertahankan sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan. Dari kegiatan kalibrasi rutin juga dapat dilakukan perawatan prediktif dengan mengetahui adanya transduser dan peralatan yang telah mengalami penurunan kinerja dan harus diganti.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada para staf dan teknisi di Subidang Sistem Instrumentasi dan Kendali P2TRR atas kerjasamanya yang baik selama pekerjaan kalibrasi berlangsung.

DAFTAR PUSTAKA

- 1) RSG-GAS, *Maintenance and Repair Manual (MRM)* untuk sistem instrumentasi dan kendali, Jakarta, 1985
- 2) RSG-GAS, Hasil-hasil perawatan untuk kanal pengukuran JE01 CP, JE01 CF, JE01 CT, dan JAA01 CL
- 3) RSG-GAS, Dokumen sirkit sistem instrumentasi JE01 CP, JE01 CF, JE01 CT, dan JAA01 CL, Jakarta, 1985
- 4) RSG-GAS, *Turn Over Package Document*, Jakarta, 1985

DISKUSI

Pertanyaan : (Teguh Sulistyoy)

Dalam tampilan *flowchart*, mengapa terdapat 2 buah kolom pengujian transduser ?

Jawaban : (Yusi Eko Yulianto)

Terimakasih atas koreksinya.

Pertanyaan : (Anthony S)

1. Peralatan bantu untuk melakukan kalibrasi dilakukan kalibrasi dulu ?
2. Kalibrasi ini apakah kalibrasi primer atau sekunder
3. Kapan melakukan kalibrasi ?

Jawaban : (Yusi Eko Yulianto)

1. Tentu saja secara berkala.
2. Kalibrasi ini adalah kalibrasi sekunder.
3. Secara teratur, berkala sesuai jadwal kalibrasinya.

Diagram 1. Jumlah transduser yang dikalibrasi dari seluruh transduser yang ada di dalam sistem proteksi reaktor RSG-GAS

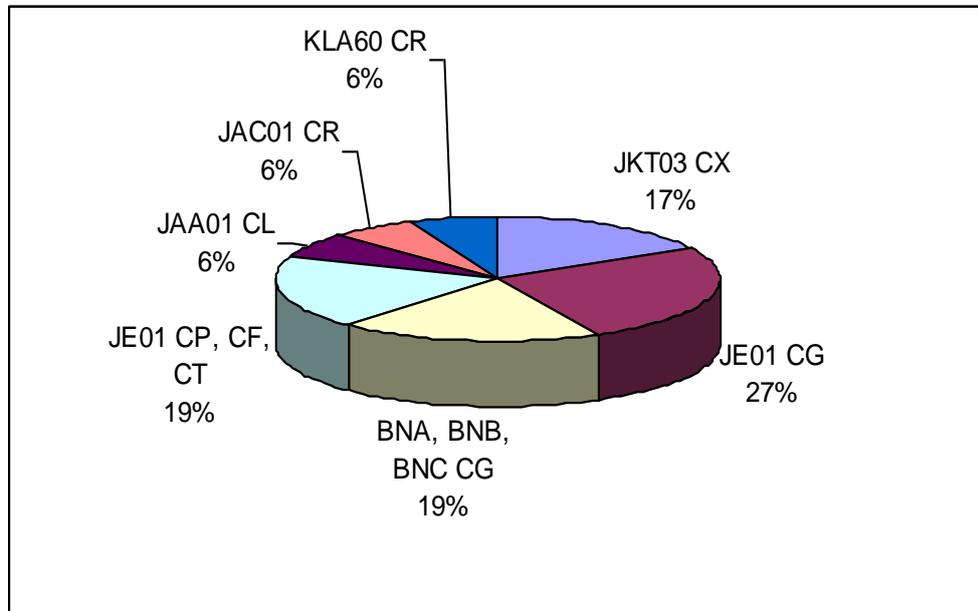
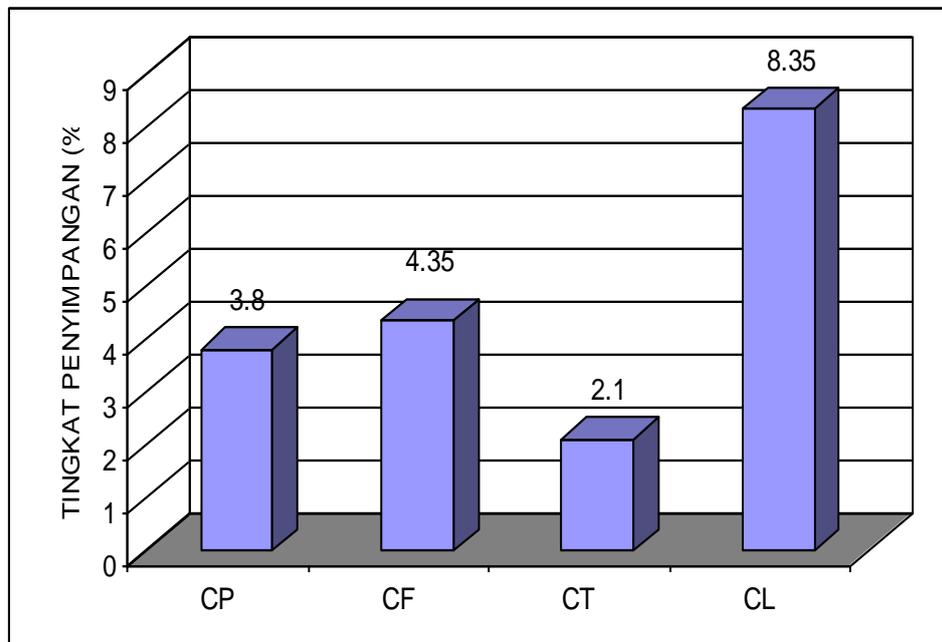


Diagram 2. Perbandingan tingkat penyimpangan rata-rata tiap jenis transduser



Tabel Form isian kegiatan kalibrasi transduser

Sistem			Tanggal	
Titik Pengukuran			Pengarah	
Posisi Modul			Hasil	
Lokasi	Titik Pengukuran		Diperiksa	
	Kabinet			

Data sebelum Kalibrasi

Harga Standar	Data Hasil Pengukuran			
Input	Nominal		Aktual	
	Kgf/cmm2	mA	Kgf/cm2	mA

Data sesudah Kalibrasi

Harga Standar	Data Hasil Pengukuran			
Input	Nominal		Aktual	
	Kgf/cmm2	mA	Kgf/cm2	mA

Alat Ukur	
Probe	
Kalibrator	
Alat Ukur	

Tabel 1. Data hasil kalibrasi

JE01 CP811

Harga Standar (Bar)	Harga Sinyal Sebelum Dikalibrasi		Harga Sinyal Sesudah Dikalibrasi		Error (mA)
	KgF/cm2	mA	KgF/cm2	mA	
0	0	0	0	0	0
0,3	0,121648	1,84	0,182265	2,75	0,91
0,6	0,472709	7,15	0,473891	7,15	0
0,9	0,823109	12,45	0,851678	12,85	0,085
1,3	1,328883	20,05	1,32557	20	0,05

JE01 CP821

Harga Standar (Bar)	Harga Sinyal Sebelum Dikalibrasi		Harga Sinyal Sesudah Dikalibrasi		Error (mA)
	KgF/cm2	MA	KgF/cm2	mA	
0	0	-0,003	0,00019	0	0
0,3	0,16370	2,47	0,25790	3,9	1,43
0,6	0,49178	7,42	0,57662	8,7	1,28
0,9	0,81257	12,26	0,89409	13,49	13,49
1,3	1,24603	18,8	1,32557	20	20

JE01 CP831

Harga Standar (Bar)	Harga Sinyal Sebelum Dikalibrasi		Harga Sinyal Sesudah Dikalibrasi		Error (mA)
	KgF/cm2	mA	KgF/cm2	mA	
0	0	0	0	0	0
0,3	0,220044	3,32	0,245230	3,7	0,05
0,6	0,501065	7,56	0,551437	8,32	0,66
0,9	0,773470	11,67	0,896748	13,53	1,86
1,3	1,125408	16,98	1,32557	20	3,02

JE01 CF811

Harga Standar (Bar)	Harga Sinyal Sebelum Dikalibrasi		Harga Sinyal Sesudah Dikalibrasi		Error (mA)
	KgF/cm2	mA	KgF/cm2	mA	
0	0,0012	0,001	0,0018	0,001	0
0,0313	0,0316	0,001	0,0322	0,001	0
0,125	0,1273	8,75	0,1276	8,80	0,05
0,281	0,2869	14,47	0,2868	14,54	0,07
0,5	0,5091	19,86	0,5101	20	0,14

JE01 CF821

Harga Standar (Bar)	Harga Sinyal Sebelum Dikalibrasi		Harga Sinyal Sesudah Dikalibrasi		Error (mA)
	KgF/cm2	MA	KgF/cm2	mA	
0	0,0002	0,2	0,0003	0,2	0
0,0313	0,0316	4,63	0,0316	4,92	0,29
0,125	0,1274	9,27	0,1274	9,98	0,21
0,281	0,2867	13,93	0,2867	14,99	0,06
0,5	0,5090	18,55	0,5096	20	1,45

JE01 CF831

Harga Standar (Bar)	Harga Sinyal Sebelum Dikalibrasi		Harga Sinyal Sesudah Dikalibrasi		Error (mA)
	KgF/cm2	mA	KgF/cm2	mA	
0	0,0012	0,01	0,001	0,01	0
0,0313	0,0316	0,01	0,317	0,01	0
0,125	0,1273	4,47	0,1271	5,38	1,91
0,281	0,2869	11,67	0,2870	13,48	1,18
0,5	0,5091	17,53	0,5091	20	2,47

JE01 CT811

Harga Standar (°C)	Harga Sinyal Sebelum Dikalibrasi	Harga Sinyal Sesudah Dikalibrasi	Error (mA)
	mA	mA	
20	0,38	0	0,38
30	3,69	3,39	0,3
40	6,93	6,63	0,3
50	10,35	10,14	0,21
60	13,79	13,58	0,21
80	20,28	20	0,28

JE01 CT821

Harga Standar (°C)	Harga Sinyal Sebelum Dikalibrasi	Harga Sinyal Sesudah Dikalibrasi	Error (mA)
	mA	mA	
20	0,32	0	0,32
30	3,72	3,39	0,07
40	6,95	6,63	0,32
50	10,32	10,03	0,29
60	14,59	14,4	0,19
80	20,28	20	0,28

JE01 CT831

Harga Standar (°C)	Harga Sinyal Sebelum Dikalibrasi	Harga Sinyal Sesudah Dikalibrasi	Error (mA)
	mA	mA	
20	0,12	0,12	0
30	8,81	6,78	2,03
40	13,42	13,01	0,41
50	16,81	16,74	0,07
60	20,08	20	0,08

JAA01 CL811

Harga Standar (cm)	Harga Sinyal Sebelum Dikalibrasi	Harga Sinyal Sesudah Dikalibrasi	Error (mA)
	mA	mA	
0	-1,05	-1,055	0,005
20	5,56	4,72	0,84
30	9,8	8,93	0,87
40	14,38	13,07	1,31
60	21,97	20	1,97

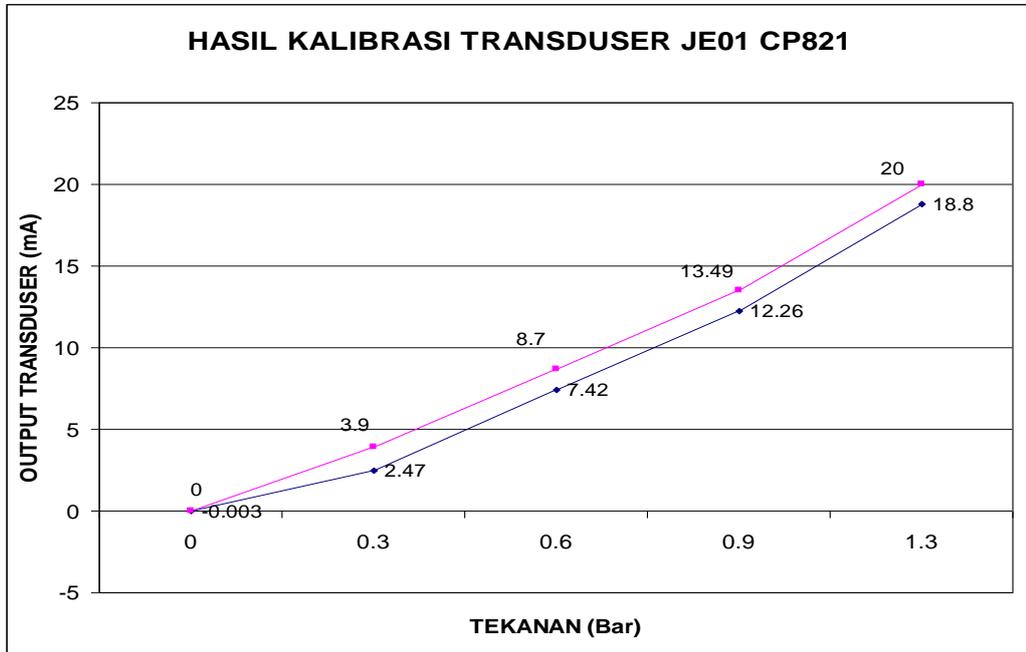
JAA01 CL821

Harga Standar (cm)	Harga Sinyal Sebelum Dikalibrasi	Harga Sinyal Sesudah Dikalibrasi	Error (mA)
	mA	mA	
0	3,29	3,33	0,004
20	9,07	7,97	1,1
30	12,3	12,09	0,21
40	15,3	15,3	0
60	21,26	20,4	0,86

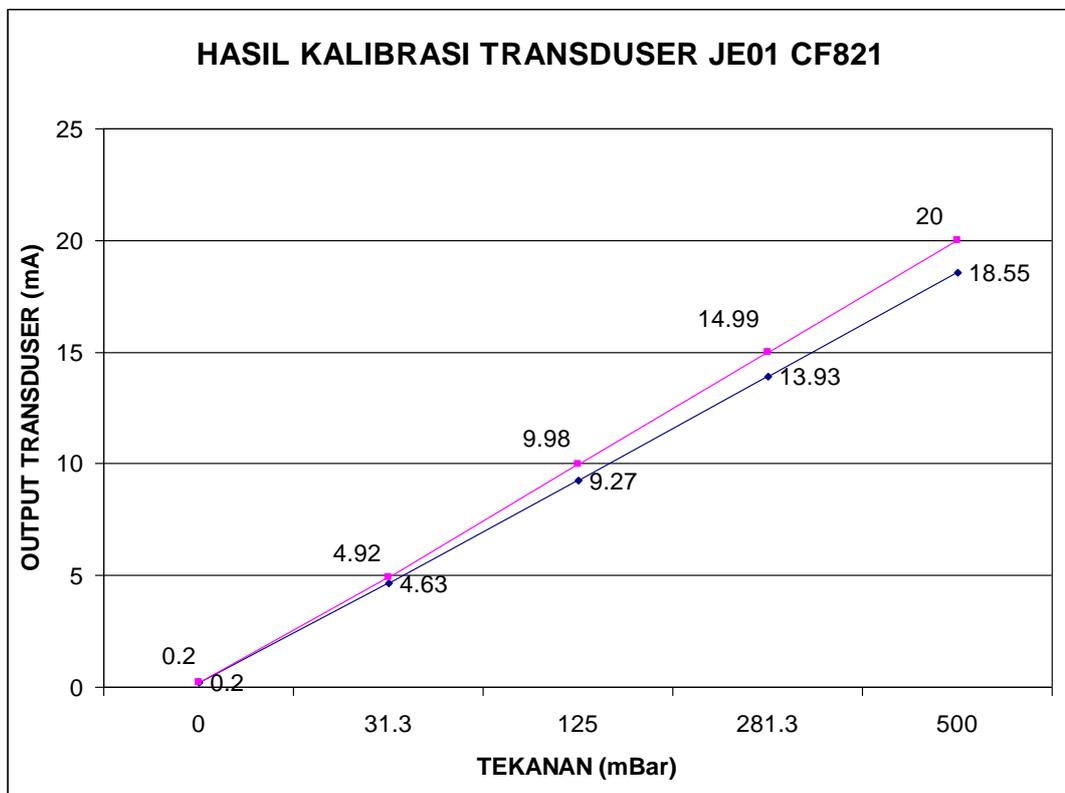
JAA01 CL831

Harga Standar (cm)	Harga Sinyal Sebelum Dikalibrasi	Harga Sinyal Sesudah Dikalibrasi	Error (mA)
	mA	mA	
0	0,04	1,04	1,0
20	0,05	1,4	0,99
30	2,56	10,06	7,8
40	13,8	11,76	2,04
60	25,51	20,06	5,45

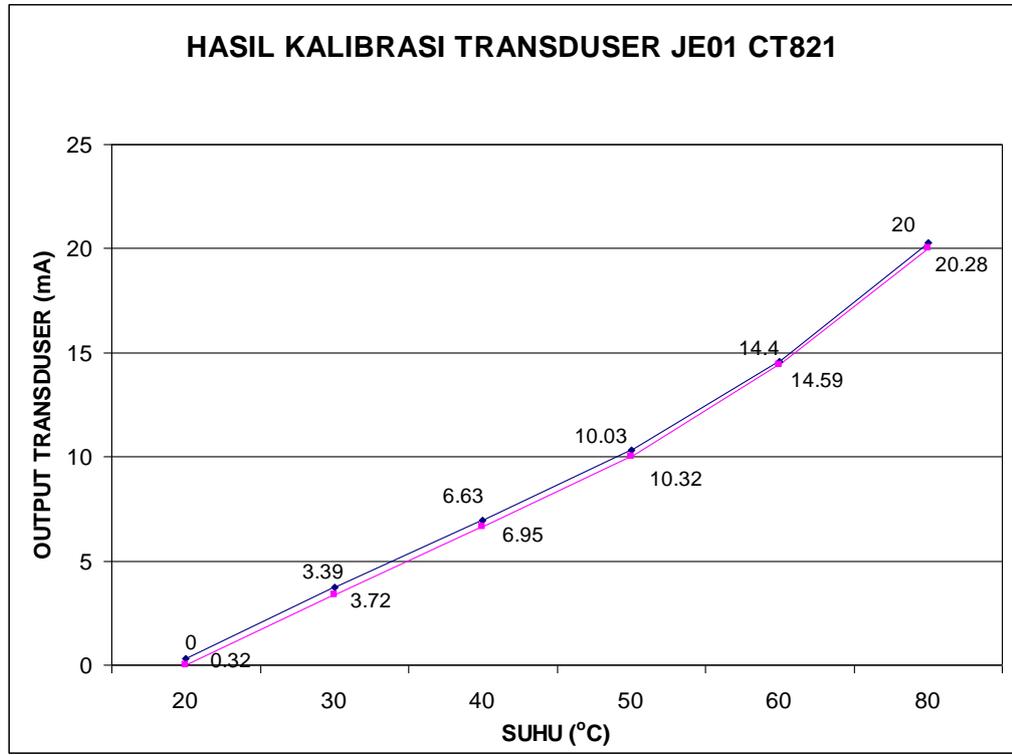
Grafik 1. Contoh data kalibrasi CP



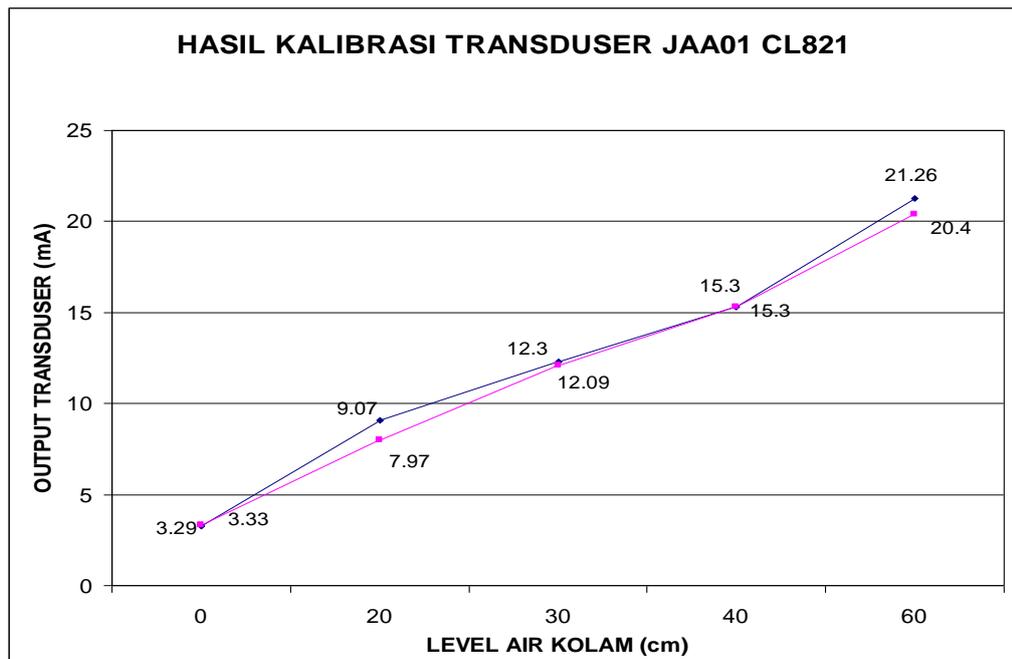
Grafik 2. Contoh data kalibrasi CF

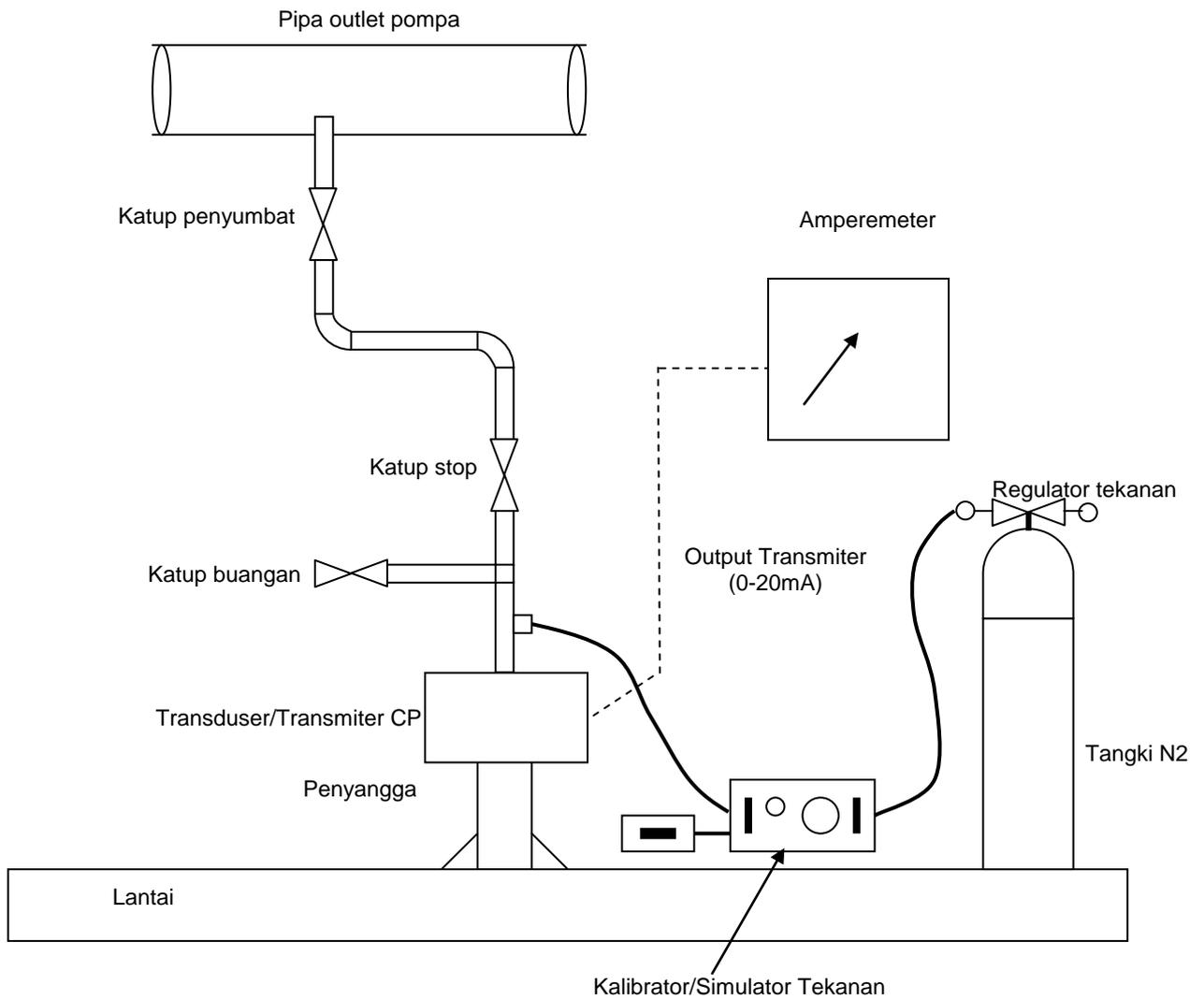


Grafik 3. Contoh data kalibrasi CT

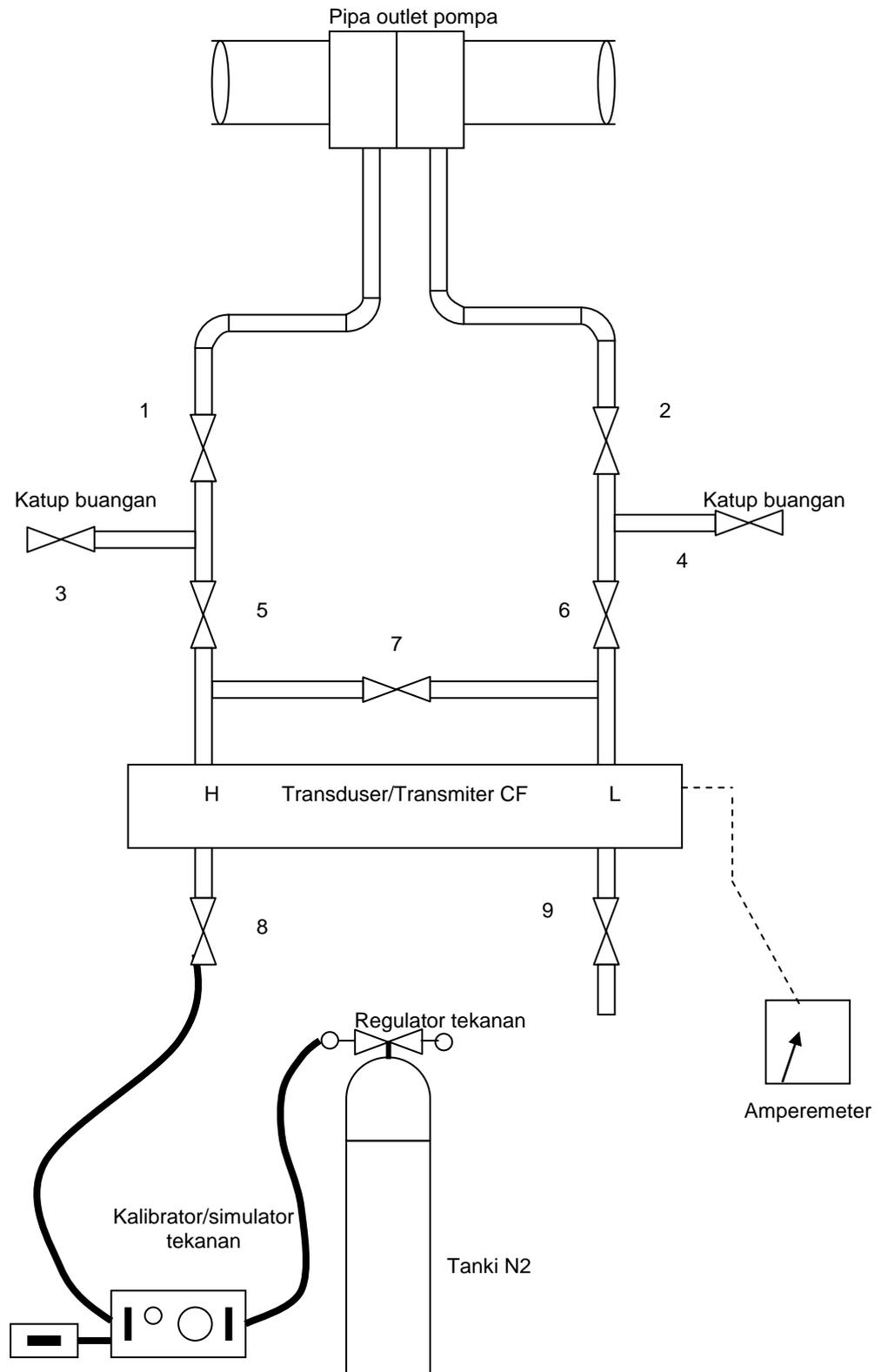


Grafik 4. Contoh data kalibrasi CL

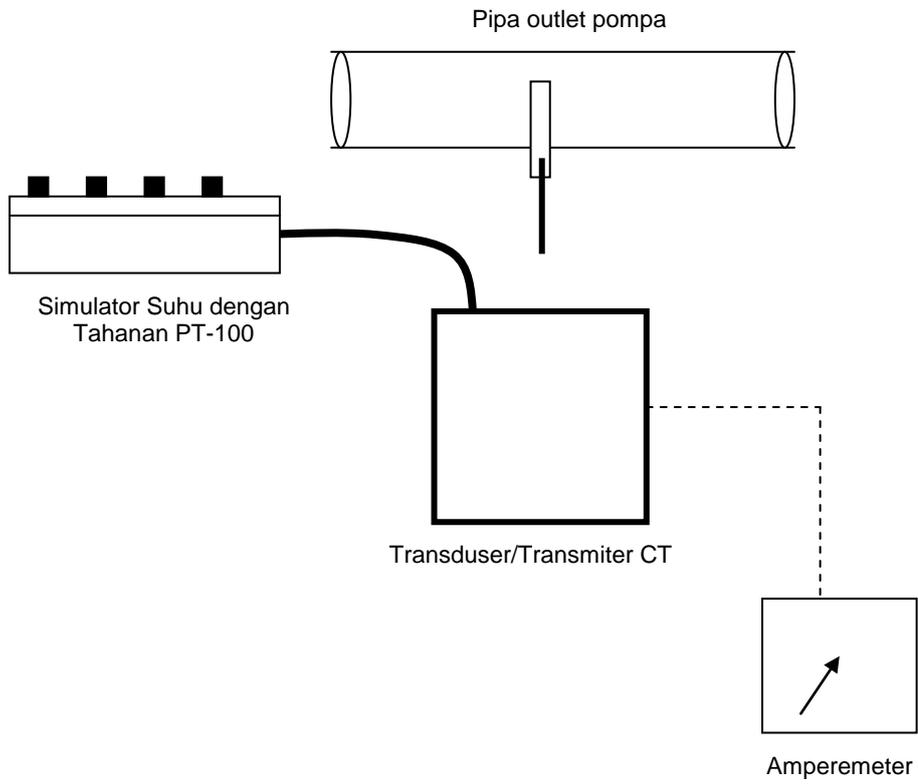




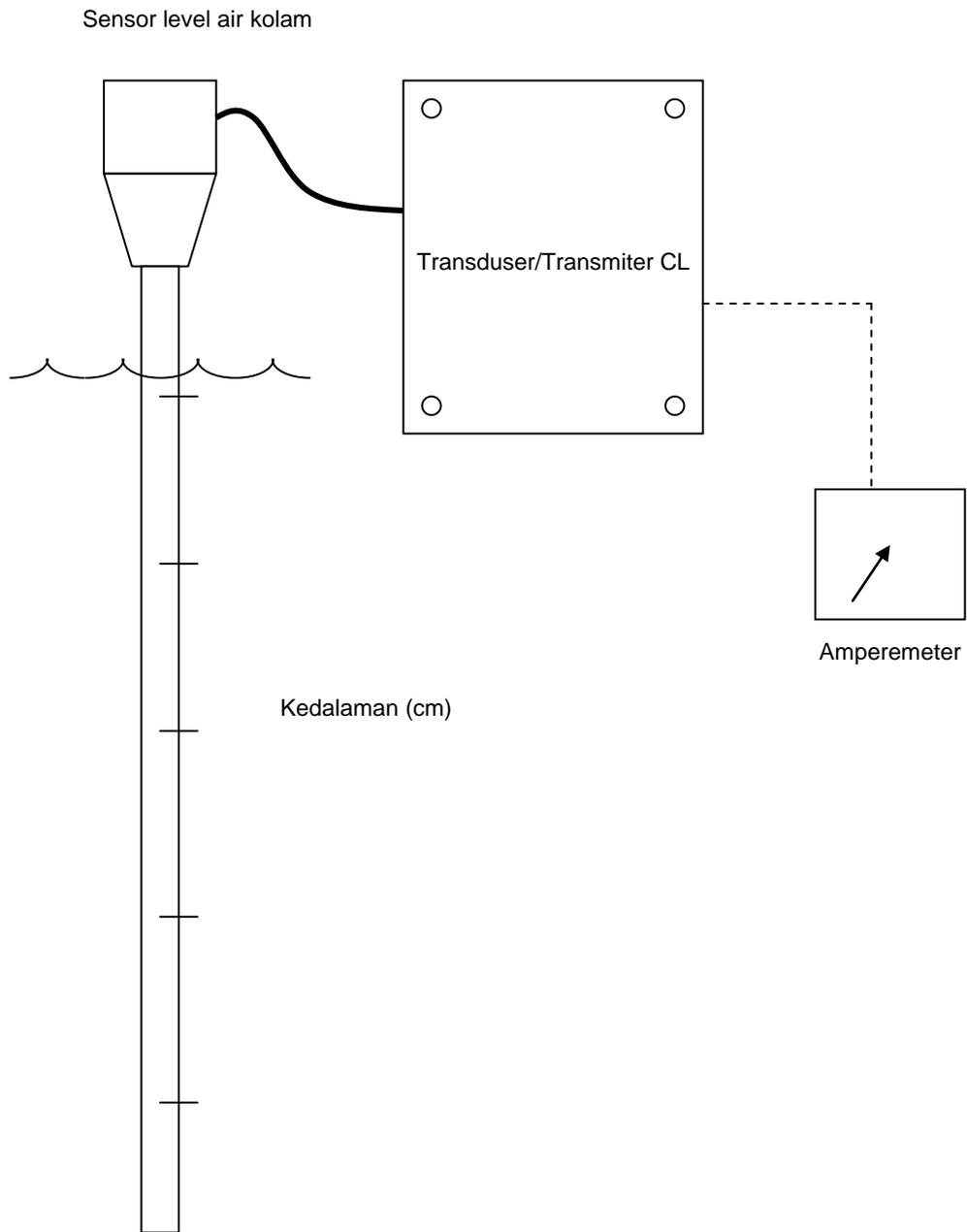
Gambar 1, Susunan peralatan kalibrasi transduser tekanan



Gambar 2, Susunan peralatan kalibrasi transduser laju alir



Gambar 3, Susunan peralatan kalibrasi transduser suhu



Gambar 4, Susunan peralatan kalibrasi transduser level air kolam