



UJI LAPANGAN PERANGKAT DETEKSI GAMMA DENSITY HASIL REKAYASA BATAN PADA INDUSTRI & PERTAMBANGAN

¹Rony Djokorayono, ²Indarzah MP, ³Usep S.G, ⁴Utomo A

^{1,2,3,4} Pusat Rekayasa Perangkat Nuklir, Kawasan PUSPIPTEK Serpong, Gedung 71, Tangerang Selatan, 15310

ABSTRAK

UJI LAPANGAN PERANGKAT DETEKSI GAMMA DENSITY HASIL REKAYASA BATAN PADA INDUSTRI & PERTAMBANGAN. Telah dikonstruksi sistem deteksi densitas aliran slurry oleh Pusat Rekayasa Perangkat Nuklir Batan dengan teknik absorpsi radiasi gamma untuk mengukur densitas slurry yang mengalir di dalam pipa tailing tambang pada proses pengolahan tambang emas, dengan ketelitian ukur antara 1 gram/dm³ sampai 15 gram/dm³. Untuk mengukur densitas slurry digunakan sumber pemancar gamma jenis ¹³⁷Cs dan detector scintilasi, intensitas radiasi gamma yang terabsorpsi oleh material slurry proporsional dengan densitas slurry yang mengalir di dalam pipa. Kegiatan ini dilakukan bekerjasama dengan PT.RecsaLOG suatu perusahaan integrasi/konsultan peralatan tambang di Bandung. Uji dilakukan dengan membandingkan perangkat ini, dengan perangkat timbangan yang terkalibrasi. Hasil uji menunjukkan kesalahan 2,4 gram/dm³ dengan koefisien korelasi linier 0,985.

Kata kunci: gamma density, deteksi, pipa

ABSTRACT

Gamma density detection system has been constructed by Pusat Rekayasa Perangkat Nuklir Batan using gamma absorption technique to used density flow tailing slurry of gold mining process, with the accuracy required for measurement of density amounting from 1.0 gram/dm³ to 15 gram/dm³. For measuring the density slurry is used gamma Source ¹³⁷Cs and scintillation detector, the absorption gamma by slurry is proportional with flow slurry in the pipe. Evaluation of this equipment is done by comparing with another calibrated weight scale equipment and field tested under collaboration of PT. RecsaLOG as having experience in integration equipment mining and analysis consultant for mining exploration in Bandung. Test results have accuracy of 2,4 gram/dm³ by coefficient linier correlation 0,985

Keywords: gamma density, detection, pipe

1. PENDAHULUAN

Sistem deteksi densitas *slurry* P₂O₅ yang mengalir di dalam pipa, pada produksi pupuk SP36 Petrokimia Gresik pada awalnya menggunakan metoda cuplikan dimana setiap 3 jam diambil sampel dengan volume tertentu, selanjutnya ditimbang menggunakan timbangan yang telah terkalibrasi kemudian ditentukan densitasnya. Proses manual dalam menentukan densitas *slurry* yang mengalir di dalam pipa memerlukan waktu sekitar tiga jam, padahal untuk proses pengendalian densitas di pabrik dibutuhkan waktu yang cepat orde menit, akibatnya ketelitian hasil produksi menyimpang dari standar yang telah ditentukan.

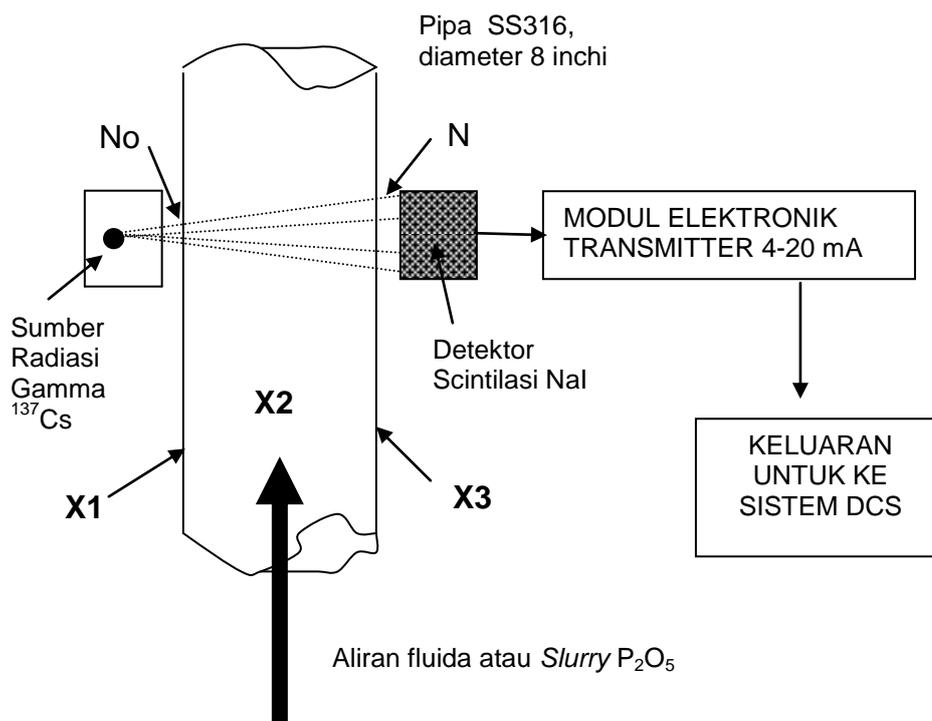
Karena hasilnya beberapa jam kemudian, sehingga feed back nilai densitas ke sistem proses kontrol memerlukan delay beberapa jam, hal tersebut akan tidak efisien karena pada saat pemeriksaan sampel berlangsung, nilai densitas P₂O₅ telah berubah sehingga akan mengurangi keakuratan dalam memperoleh hasil produksi, sehingga mengakibatkan pemborosan bahan baku. Untuk menanggulangi ketidakefisiennya pada proses produksi diperlukan sistem On Line yang dapat melakukan *real time* pengukuran dan sekaligus mengendalikan densitas atau konsentrasi



rock fosfat P_2O_5 sebagai bahan baku yang masuk ke proses produksi. Metoda yang tepat untuk mempercepat proses pengukuran densitas *slurry* P_2O_5 yang mengalir di dalam pipa adalah menggunakan teknik serapan gamma. Mengingat *slurry* P_2O_5 memiliki tingkat keasaman yang tinggi dan mengakibatkan korosif pada alat ukur maka diperlukan perangkat non kontak pengukur densitas. Teknik serapan radiasi gamma adalah alat yang sesuai untuk mengukur densitas *slurry* P_2O_5 karena tidak memerlukan kontak langsung dengan *slurry* P_2O_5 , tetapi cukup ditempel diluar pipa.

2. TEORI

Metoda pengukuran densitas fluida P_2O_5 yang mengalir di dalam pipa menggunakan absorpsi radiasi gamma dapat dijelaskan pada Gambar 1, berikut:



Gambar 1. Sistem deteksi densitas menggunakan Metoda Serapan Radiasi Gamma.

Radiasi gamma yang keluar dari *Source* ^{137}Cs mempunyai intensitas N_0 akan diabsorpsi oleh dinding pipa dengan ketebalan X_1 kemudian diabsorpsi oleh material *slurry* atau fluida P_2O_5 yang mengalir di dalam pipa dengan ketebalan X_2 , dan kemudian radiasi gamma diabsorpsi kembali oleh dinding pipa dengan ketebalan X_3 , dan sisanya diterima oleh detektor sintilasi. Intensitas radiasi yang diterima detektor akan memenuhi persamaan 1). Referensi ^[1] dan ^[2].

$$N = N_0 e^{-\mu \rho x} \quad (1)$$

- μ = koefisien absorpsi massa
- ρ = densitas material yang dilalui berkas radiasi gamma
- x = tebal lapisan yang dilalui berkas radiasi gamma



untuk kasus pengukuran densitas *slurry* atau fluida P_2O_5 yang mengalir didalam pipa akan memenuhi persamaan 2) sebagai berikut :

$$N = N_0 e^{-(\mu_1 \rho_1 x_1 + \mu_2 \rho_2 x_2 + \mu_3 \rho_3 x_3)} \quad (2)$$

μ_1 = koefisien absorpsi massa pipa tebal X_1
 μ_2 = koefisien absorpsi massa fluida P_2O_5 tebal X_2
 μ_3 = koefisien absorpsi massa pipa tebal X_3

X_1 = tebal dinding pipa kiri
 X_2 = tebal lapisan fluida P_2O_5
 X_3 = tebal lapisan pipa kanan
 ρ_1 = densitas pipa kiri
 ρ_2 = densitas fluida P_2O_5 di dalam pipa
 ρ_3 = densitas pipa kanan

Tebal pipa dan densitas material pipa tetap sehingga $\mu_1, \mu_3, X_1, X_3, \rho_1, \rho_3$ dianggap konstan, dengan demikian intensitas radiasi yang diterima oleh detektor dapat dinyatakan dengan persamaan 3) dan 4).

$$N = N_0 e^{-(K_1 + (\mu_2 \rho_2 X_2) + K_3)} \quad (3)$$

$$N = N_0 e^{-\mu_2 \rho_2 X_2} \quad (4)$$

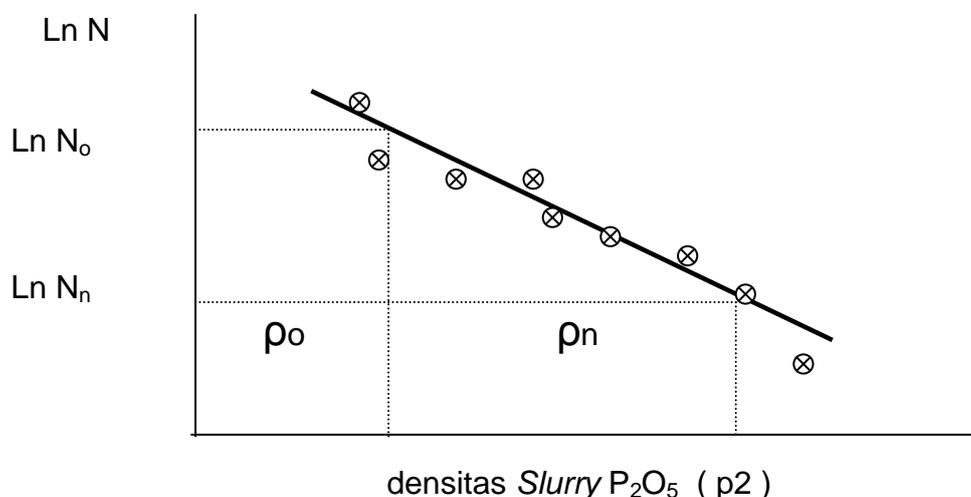
Keluaran sistem deteksi densitas akan memenuhi persamaan 4) dan jika dalam bentuk logaritmik menjadi

$$\ln N = \ln N_0 - (\mu_2 \rho_2 X_2) \quad (5)$$

Sehingga keluaran sistem deteksi densitas merupakan fungsi dari densitas *slurry* (P_2O_5) yang mengalir di dalam pipa seperti dinyatakan sebagai berikut :

$$d(\ln N) = -d(\rho_2) \quad (6)$$

dan akan memenuhi grafik pengukuran seperti pada gambar 2.



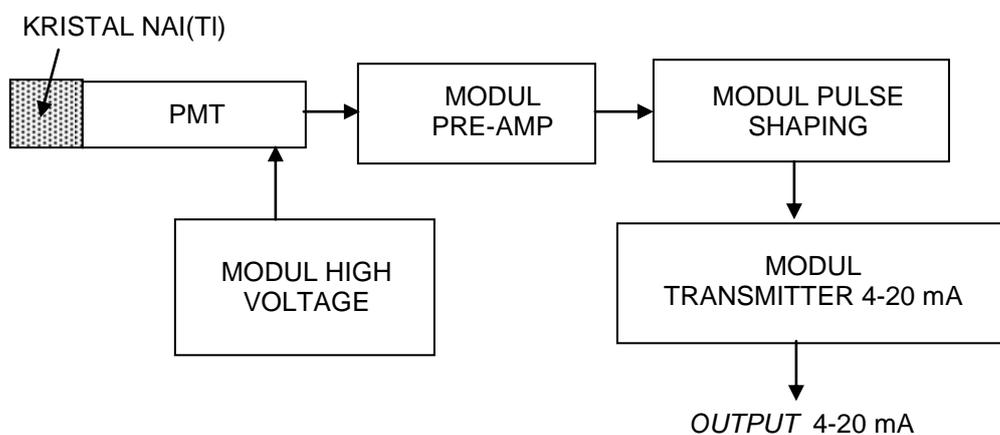
Gambar 2. Grafik pengukuran intensitas keluaran sistem deteksi densitas terhadap densitas *slurry* P_2O_5



Dari grafik dapat dijelaskan bahwa intensitas atau arus yang keluar dari sistem densitas akan berkurang secara proporsional dengan naiknya densitas aliran P_2O_5 di dalam pipa.

3. TATAKERJA

Blok sistem deteksi gamma densitas tersusun dari modul preamplifier, modul high voltage, modul pulshaping dan modul transmitter 4-20 mA seperti pada Gambar 3. berikut. Sebelum diintegrasikan menjadi sistem deteksi gamma densitas terlebih dulu diuji masing masing komponen blok modulnya.



Gambar 3. Sistem deteksi gamma densitas

Prinsip kerja sistem deteksi gamma densitas adalah sebagai berikut: radiasi gamma diterima oleh modul kristal NaI, kristal NaI menghasilkan cahaya dan cahaya dikonversi menjadi elektron serta dikuatkan oleh photomultiplier menjadi pulsa listrik orde millivolt dan pulsa listrik ini dikuatkan lagi oleh modul preamp menjadi pulsa listrik orde ratusan milivolt. Pulsa listrik dibentuk menjadi pulsa berbentuk gaussian dan dihilangkan ekornya, selanjutnya dibentuk menjadi pulsa kotak dengan amplitudo maksimum 5 volt. Kemudian pulsa kotak dikonversi ke besaran signal transmitter 4-20 mA. Sebelum diintegrasikan menjadi sistem deteksi gamma densitas, modul modul elektroniknya diuji secara bertahap, adapun modul modul elektronik yang diuji diantaranya :

3.1. Modul High Voltage

Sebelum melaksanakan pengujian, ditentukan dulu kriteria keberterimaannya, sehingga memiliki acuan standar metode pengujian, dan nilai kriterianya terpenuhi. Kriteria keberterimaan yang dijadikan acuan dalam melakukan pengujian Modul High Voltage adalah sebagai berikut.

- Pada pengujian *level* komponen, setiap komponen dianggap dapat digunakan jika memiliki hasil pengukuran nilai komponen tersebut sesuai atau mendekati batas toleransi yaitu maksimum $\pm 5\%$ untuk *power supply*, $\pm 1\%$ untuk resistor, $\pm 0,002\%$ untuk ripple komponen oscillator high voltage.
- Pada pengujian *level* modul, modul dikatakan dapat diterima jika keluaran yang dihasilkan dari modul tersebut mendekati atau sesuai dengan hasil keluaran yang diharapkan (pada tahap desain), dapat berupa grafik, atau nilai tertentu. Untuk kriteria nilai terukur memiliki toleransi ripple *output* high voltage $\pm 0,05\%$.
- Pada pengujian *level* perangkat, perangkat dikatakan dapat diterima jika setelah diintegrasikan memiliki kemampuan yang sama pada saat uji pada *level* modul, berupa nilai keluaran terukur yang memiliki batas toleransi ripple *output* high voltage $\pm 0,05\%$.



3.2. Data Hasil Pengujian Modul High Voltage

Tabel 1. Hasil Pengujian High Voltage

No	Jenis Pengujian	Hasil
1	Uji fisik kondisi modul high voltage pastikan kondisi tidak retak pcb nya atau jalur ada yang putus atau antar jalur tidak berkepentingan tidak saling bersambungan	PCB tidak retak, jalur tidak ada yang putus, jalur yang tidak berkepentingan tidak ada yang nyambung
2	Uji nilai komponen resistor yang terpasang apakah sesuai dengan nilai yang tertera pada pcb dokumen desain rinci, dan cek komponen pasif lain (<i>socket</i> , terminal, kapasitor HV) apakah sesuai standar nilai yang tertera pada pcb dokumen desain rinci	Ketelitian Resistor $\pm 1\%$, nilai sesuai dengan dok desain, <i>socket</i> dan terminal standard industrial
3	Hubungkan modul high voltage dengan <i>power supply</i> , Uji pin <i>power supply</i> harus +15Vdc, dan pin pengatur tegangan <i>output</i> harus dapat diatur dari 0 Vdc sampai maksimum +5Vdc.	pin <i>power supply</i> harus +15Vdc, pin pengatur tegangan <i>output</i> dapat diatur dari 0 Vdc sampai maksimum +5Vdc
4	Uji pengatur tegangan <i>output</i> dengan menguji nilai resistor <i>cermet</i> yang terpasang	Nilai <i>cermet</i> sesuai desain rinci
5.	Integrasikan modul high voltage dengan <i>power supply</i> +24Vdc 2 Ampere, Uji ripple dan tegangan <i>Output</i> nya menggunakan Digital Voltmeter	<i>Output</i> dapat diatur dari 50 Vdc s/d 1200 Vdc dengan ripple $\pm 0,002\%$ tanpa beban

3.3. Modul Preamplifier Nal(tl)

Tahapan pengujian Preamplifier Nal(Tl) dilakukan dengan urutan sebagai berikut :

- a. Uji fisik kondisi modul preamp Nal(Tl) menggunakan digital ohm meter, pastikan kondisi tidak retak pcb nya atau jalur ada yang putus atau antar jalur tidak berkepentingan tidak saling bersambungan.
- b. Uji nilai komponen resistor menggunakan digital ohm meter, resistor yang terpasang apakah sesuai dengan nilai yang tertera pada pcb dokumen desain rinci, dan cek komponen pasif lain (*socket*, terminal, kapasitor HV) apakah sesuai standar nilai yang tertera pada pcb dokumen desain rinci .
- c. Hubungkan modul preamp Nal(tl) dengan *power supply*, Uji menggunakan digital voltmeter dimana pin 10 harus +12Vdc, dan pin 5 harus -12Vdc.
- d. Uji gain modul dengan menguji nilai resistor menggunakan digital ohm meter dan koneksi antar pin pada terminal Gain Select.
- e. Integrasikan modul preamp Nal(tl) dengan PMT & kristal Nal(tl) & Modul High Voltage, Uji *Output* menggunakan Oscilloscope.
- f. Uji dengan Sampel standard $^{232}\text{Thorium}$ atau ^{137}Cs , amati bentuk pulsa pada terminal *output* menggunakan Oscilloscope, uji pada saat posisi sampel standard berjarak 100 cm dari detektor dan pada saat posisi sampel standard berjarak 10 cm dari detektor.



3.3.1. Data Hasil Pengujian Modul Preamplifier Nal(Tl)

Tabel 2. Hasil Pengujian Preamplifier Nal(Tl)

No	Jenis Pengujian	Hasil
1	Uji fisik kondisi modul preamp Nal(tl) pastikan kondisi tidak retak pcb nya atau jalur ada yang putus atau antar jalur tidak berkepentingan tidak saling bersambungan	PCB tidak retak, jalur tidak ada yang putus, jalur tidak berkepentingan tidak ada yang nyambung
2	Uji nilai komponen resistor yang terpasang apakah sesuai dengan lampiran dokumen desain rinci, dan cek komponen pasif lain (<i>socket</i> , terminal, kapasitor HV) apakah sesuai standard pada lampiran dokumen desain rinci	Ketelitian Resistor $\pm 1\%$, nilai sesuai dengan dok desain, <i>socket</i> dan terminal standar industrial
3	Hubungkan modul preamp Nal(tl) dengan <i>power supply</i> , Uji pin 10 harus +12Vdc, dan pin 5 harus -12Vdc.	Pin 10 = +12Vdc Pin 5 = -12Vdc
4	Uji gain modul dengan menguji nilai resistor dan koneksi antar pin pada terminal Gain Select.	Gain 10 (Note 4) data sheet
5.	Integrasikan modul preamp Nal(tl) dengan PMT & kristal Nal(tl) & Modul High Voltage, Uji <i>Output</i> menggunakan Oscilloscope.	Telah terintegrasi, high voltage 1000 Vdc
6.	Uji dengan Sampel standar ²³² Thorium atau ¹³⁷ Cs, amati bentuk pulsa, saat posisi sampel standard berjarak 100 cm dari detektor dan saat posisi sampel standard berjarak 10 cm dari detektor.	Jarak 100 m pulsa jarang, jarak 10 m pulsa rapat

3.4. Modul *Pulse Shaping*

Sebelum melaksanakan pengujian ditentukan dulu kriteria keberterimaannya, sehingga memiliki acuan standar metode pengujian, dan nilai kriterianya terpenuhi. Kriteria keberterimaan yang dijadikan acuan dalam melakukan pengujian Modul *Pulse Shaping* adalah sebagai berikut :

- Pada pengujian *level* komponen, setiap komponen dianggap dapat digunakan jika memiliki hasil pengukuran nilai komponen tersebut sesuai atau mendekati batas toleransi yaitu maksimum $\pm 5\%$ untuk *power supply*, $\pm 1\%$ untuk resistor/*cermet*, $\pm 1\%$ untuk ripple komponen kapasitor.
- Pada pengujian *level* modul, modul dikatakan dapat diterima jika keluaran yang dihasilkan dari modul tersebut mendekati atau sesuai dengan hasil keluaran yang diharapkan (pada tahap desain), dapat berupa grafik, atau nilai tertentu. Untuk kriteria nilai terukur memiliki toleransi $\pm 5\%$
- Pada pengujian *level* perangkat, perangkat dikatakan dapat diterima jika setelah diintegrasikan memiliki kemampuan yang sama pada saat uji pada *level* modul, berupa nilai keluaran terukur yang memiliki batas toleransi $\pm 5\%$.

3.4.1. Tahapan Pengujian Modul *Pulse Shaping*

Tahapan pengujian modul *Pulse Shaping* dilakukan dengan urutan sebagai berikut :

- a. Uji fisik kondisi modul *pulse shaping* pastikan kondisi tidak retak pcb nya atau jalur ada yang putus.
- b. Uji nilai komponen resistor yang terpasang apakah sesuai dengan nilai yang tertera pada pcb dokumen desain rinci, dan cek komponen pasif lain (*socket*, terminal, kapasitor) apakah sesuai standard nilai yang tertera pada pcb dokumen desain rinci
- c. Hubungkan modul *pulse shaping* & single channel *analyzer* dengan *power supply*, Uji pin *power supply* harus +12Vdc, -12Vdc dan +5Vdc.



- d. Hubungkan modul *pulse shaping & single channel analyzer* dengan *power supply*, modul preamp, pmt, kristal NaI(Tl) serta *test* dengan *Source* ^{137}Cs agar paparan di permukaan kristal 0,2 $\mu\text{Sv/h}$.
- e. Uji pengatur *pole zero* cocellation dengan mengatur nilai resistor *cermet* yang terpasang, amati di oscilloscope, atur *cermet* agar amplitudo ekor pulsa tidak besar, merapat ke *zero*.
- f. Atur *Zero cermet* agar signal simetris, positip diatas *level zero* amati, di oscilloscope.
- g. Atur *span cermet* agar signal simetris, positip diatas *level zero* dan tidak mencapai tegangan maksimum puncak signal +5Vdc, amati di oscilloscope.
- h. Atur *span* dengan mengubah nilai resistor *cermet* yang terpasang, amati di oscilloscope, atur *cermet* agar amplitudo maksimum pulsa mencapai +5Vdc, pada saat digunakan sampel $^{232}\text{Thorium}$ berenergi 2611 Kev.
- i. Atur *cermet* lower threshold agar *outputnya* mencapai 4,5 Volt dc, dan atur *cermet* high threshold agar *outputnya* mencapai 5,5 Volt dc, gunakan sampel $^{232}\text{Thorium}$ berenergi 2611 Kev, amati *output* modul *pulse shaping & single channel analyzer*.
- j. Atur *cermet* lower threshold agar *outputnya* mencapai 1,0 Volt dc, dan atur *cermet* high threshold agar *outputnya* mencapai 1,3 Volt dc, gunakan sampel ^{137}Cs berenergi 662 Kev, amati *output* modul *pulse shaping*.

3.4.2. Data Hasil Pengujian Modul Pulse Shaping

Tabel 3. Hasil Pengujian Modul Pulse Shaping

No	Jenis Pengujian	Hasil
1	Uji fisik kondisi modul modul pulse shaping pastikan kondisi tidak retak pcb nya atau jalur ada yang putus	PCB tidak retak, jalur tidak ada yang putus, jalur tidak berkepentingan tidak ada yang nyambung
2	Uji nilai komponen resistor yang terpasang apakah sesuai dengan nilai yang tertera pada pcb dokumen desain rinci, dan cek komponen pasif lain (<i>socket</i> , terminal, kapasitor) apakah sesuai standard nilai yang tertera pada pcb dokumen desain rinci	Ketelitian Resistor $\pm 1\%$, nilai sesuai dengan dok desain, <i>socket</i> dan terminal standard industrial
3	Hubungkan modul pulse shaping & single channel analyzer dengan <i>power supply</i> , Uji pin <i>power supply</i> harus +12Vdc, -12Vdc dan +5Vdc	Pin terminal <i>power supply</i> +11,98Vdc, -12,01Vdc dan +4,98Vdc,
4	Hubungkan modul pulse shaping dengan <i>power supply</i> , modul preamp, pmt, kristal NaI(Tl) serta <i>test</i> dengan <i>Source</i> ^{137}Cs agar paparan di permukaan kristal 0,2 $\mu\text{Sv/h}$	Telah terintegrasi modul pulse shaping & single channel analyzer dengan <i>power supply</i> , modul preamp, pmt, kristal NaI(tl), <i>output</i> sebelum comparator keluar pulsa.
5.	Uji pengatur <i>pole zero</i> concellation dengan mengatur nilai resistor <i>cermet</i> yang terpasang, amati di oscilloscope, atur <i>cermet</i> agar amplitudo ekor pulsa tidak besar, merapat ke <i>zero</i>	Amplitudo ekor pulsa merapat ke <i>level zero</i>
6.	Atur <i>Zero cermet</i> agar signal simetris, positip diatas <i>level zero</i> , amati di oscilloscope	Signal simetris, positip diatas <i>level zero</i>
7.	Atur <i>span cermet</i> agar signal simetris, positip diatas <i>level zero</i> dan tidak mencapai tegangan maksimum puncak signal +5Vdc, amati di oscilloscope.	Signal simetris, positip diatas <i>level zero</i> dan tidak mencapai tegangan maksimum puncak <i>level</i> +5Vdc
8.	Atur <i>span</i> dengan mengubah nilai resistor <i>cermet</i> yang terpasang, amati di oscilloscope, atur <i>cermet</i> agar amplitudo maksimum pulsa mencapai +5Vdc,	Amplitudo maksimum pulsa mencapai +5Vdc, pada saat digunakan sampel



	pada saat digunakan sampel ^{232}Th berenergi 2611 Kev.	^{232}Th berenergi 2611 Kev.
9.	Atur <i>cermet</i> lower threshold agar <i>output</i> nya mencapai 4,5 Volt dc, dan atur <i>cermet</i> high threshold agar <i>output</i> nya mencapai 5,5 Volt dc, gunakan sampel ^{232}Th berenergi 2611 Kev, amati <i>output</i> modul pulse shaping.	<i>Output</i> modul pulse shaping & single channel <i>analyzer</i> keluar pulsa standard TTL, makin dekat sampel ke detektor pulsa makin rapat.
10.	Atur <i>cermet</i> lower threshold agar <i>output</i> nya mencapai 1,0 Volt dc, dan atur <i>cermet</i> high threshold agar <i>output</i> nya mencapai 1,3 Volt dc, gunakan sampel ^{137}Cs berenergi 662 Kev, amati <i>output</i> modul pulse shaping.	<i>Output</i> modul pulse shaping & single channel <i>analyzer</i> keluar pulsa standard TTL, makin dekat sampel ke detektor pulsa makin rapat.

3.5. Modul Elektronik Transmitter 4-20 mA

Dalam menentukan kriteria keberterimaan mengacu pada standar metode pengujian sehingga nilai / kriterianya terpenuhi.

Berikut ini kriteria keberterimaan yang dijadikan acuan

1. Pada pengujian *level* komponen, setiap komponen dianggap dapat digunakan jika memiliki hasil pengukuran nilai komponen tersebut sesuai atau mendekati batas toleransi yaitu maksimum $\pm 5\%$ untuk *power supply*, $\pm 1\%$ untuk resistor/*cermet*, $\pm 1\%$ untuk ripple komponen kapasitor.
2. Pada pengujian *level* modul, modul dikatakan dapat diterima jika keluaran yang dihasilkan dari modul tersebut mendekati atau sesuai dengan hasil keluaran yang diharapkan (pada tahap desain), dapat berupa grafik, atau nilai tertentu. Untuk kriteria nilai terukur memiliki toleransi $\pm 5\%$
3. Pada pengujian *level* perangkat, perangkat dikatakan dapat diterima jika setelah diintegrasikan memiliki kemampuan yang sama pada saat uji pada *level* modul, jika keluaran berupa nilai terukur memiliki batas toleransi $\pm 5\%$.

3.5.1. Tahapan Pengujian Modul Elektronik Transmitter 4-20 mA

Langkah pengujian (gunakan *Tool* Set Elektronik & Digital Multimeter & Oscilloscope)

- a. Uji fisik kondisi modul elektronik transmitter 4-20 mA pastikan kondisi tidak retak pcb nya atau jalur ada yang putus.
- b. Uji nilai komponen resistor yang terpasang apakah sesuai dengan nilai yang tertera pada pcb dokumen desain rinci, dan cek komponen pasif lain (*socket*, terminal, kapasitor) apakah sesuai standar nilai yang tertera pada pcb dokumen desain rinci .
- c. Hubungkan modul elektronik transmitter 4-20 mA dengan *power supply*, Uji pin *power supply* harus +12Vdc, -12Vdc dan +5Vdc
- d. Hubungkan modul elektronik transmitter 4-20 mA dengan *power supply*, modul preamp, pmt, kristal NaI(tl), pulse shaping serta *test* dengan *Source* ^{137}Cs agar paparan di permukaan kristal 0,2 $\mu\text{Sv/h}$.
- e. Uji pengatur *pole zero* dengan mengatur nilai resistor *cermet* yang terpasang, agar, nilai pengukuran *output* merapat ke *zero*.
- f. Atur *span cermet* agar *output* maksimum +9,9 Vdc dan tidak mencapai tegangan maksimum + 10 Vdc, amati di oscilloscope
- g. Atur *span* dengan mengubah nilai resistor *cermet* yang terpasang, amati di oscilloscope, atur *cermet* agar tegangan *output* maksimum mencapai +9,9 Vdc, pada saat digunakan sampel ^{232}Th berenergi 2611 Kev dengan *counting* 4090.
- h. Atur *cermet span* dan *zero* agar *output*nya memberikan nilai +2,0 Volt dc pada saat *counting* 819 dan memberikan nilai +10,0 Vdc pada saat *counting* 4095, gunakan sampel ^{232}Th berenergi 2611 Kev.



i. Atur *cermet span* dan *zero* agar *outputnya* memberikan nilai +2,0 Volt dc pada saat *counting* 819 dan memberikan nilai +10,0 Vdc pada saat *counting* 4095, gunakan sampel ^{137}Cs berenergi 662 Kev.

3.5.2. Data Hasil Pengujian Modul Elektronik Transmitter 4-20 mA

Tabel 4. Hasil Pengujian Modul Elektronik Transmitter 4-20mA

No	Jenis Pengujian	Hasil
1	Uji fisik kondisi modul modul pulse shaping & single channel <i>analyzer</i> pastikan kondisi tidak retak pcb nya atau jalur ada yang putus	PCB tidak retak, jalur tidak ada yang putus, jalur tidak berkepentingan tidak ada yang nyambung
2	Uji nilai komponen resistor yang terpasang apakah sesuai dengan nilai yang tertera pada pcb dokumen desain rinci, dan cek komponen pasif lain (<i>socket</i> , terminal, kapasitor) apakah sesuai standar nilai yang tertera pada pcb dokumen desain rinci	Ketelitian Resistor $\pm 1\%$, nilai sesuai dengan dok desain, <i>socket</i> dan terminal standard industrial
3	Hubungkan modul elektronik processor data akuisi (<i>counter</i> , <i>dac</i> , <i>buffer analog</i>) dengan <i>power supply</i> , Uji pin <i>power supply</i> harus +12Vdc, -12Vdc dan +5Vdc	Pin terminal <i>power supply</i> +11,98Vdc, -12,01Vdc dan +4,98Vdc,
4	Hubungkan modul elektronik processor data akuisi (<i>counter</i> , <i>dac</i> , <i>buffer analog</i>) dengan <i>power supply</i> , modul <i>preamp</i> , <i>pmt</i> , kristal NaI(Tl) , modul <i>pulse shaping</i> serta <i>test</i> dengan <i>Source</i> ^{137}Cs dengan paparan di permukaan kristal 0,2 $\mu\text{Sv/h}$	Telah terintegrasi modul elektronik processor data akuisi (<i>counter</i> , <i>dac</i> , <i>buffer analog</i>) dengan <i>power supply</i> , modul <i>preamp</i> , <i>pmt</i> , kristal NaI(Tl) , <i>pulse-shapping</i> , dan <i>output</i> 4 mA
5.	Uji pengatur <i>zero</i> dengan mengatur nilai resistor <i>cermet</i> yang terpasang, agar, nilai pengukuran <i>output</i> merapat ke <i>zero</i>	<i>Level output OP AMP</i> merapat ke <i>level zero</i>
6.	Atur <i>span cermet</i> agar <i>output</i> maksimum +9,9 Vdc dan tidak mencapai tegangan maksimum + 10 Vdc, amati di <i>oscilloscope</i>	<i>Input processor</i> diberi pulsa dengan nilai <i>counting</i> 4090 dan <i>output OP AMP</i> 9,9 Vdc
7.	Atur <i>span</i> dengan mengubah nilai resistor <i>cermet</i> yang terpasang, amati di <i>oscilloscope</i> , atur <i>cermet</i> agar tegangan <i>output</i> maksimum mencapai +9,9 Vdc, pada saat digunakan sampel $^{232}\text{Thorium}$ berenergi 2611 Kev dengan <i>counting</i> 4090.	Pada saat nilai <i>counting</i> 4090 dan <i>output OP AMP</i> 9,9 Vdc
8.	Atur <i>cermet span</i> dan <i>zero</i> agar <i>outputnya</i> memberikan nilai +2,0 Volt dc pada saat <i>counting</i> 819 dan memberikan nilai +10,0 Vdc pada saat <i>counting</i> 4095, gunakan sampel $^{232}\text{Thorium}$ berenergi 2611 Kev.	memberikan nilai +2,0 Volt dc pada saat <i>counting</i> 819 dan memberikan nilai +10,0 Vdc pada saat <i>counting</i> 4095
9.	Atur <i>cermet span</i> dan <i>zero</i> agar <i>outputnya</i> memberikan nilai +2,0 Volt dc pada saat <i>counting</i> 819 dan memberikan nilai +10,0 Vdc pada saat <i>counting</i> 4095, gunakan sampel ^{137}Cs berenergi 662 Kev.	memberikan nilai +2,0 Volt dc pada saat <i>counting</i> 819 dan memberikan nilai +10,0 Vdc pada saat <i>counting</i> 4095

3.6. PENGUJIAN SISTEM DETEKSI DENSITAS

Pengujian sistem deteksi densitas dilakukan menggunakan sampel *slurry* P_2O_5 yang berasal dari Petrokimia Gresik unit SP36. Dilakukan dalam kondisi statis dengan berbagai sampel



yang sudah ditentukan densitasnya, hasil pengukuran terbaca pada komputer proses berupa nilai numerik yang dilengkapi tampilan trend. Data pengujian dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 5. Tabel pengujian densitas *slurry* P₂O₅

Data Sampel Lab Petrokimia Gresik	Tampilan digital densitas Alat yang dibuat	Tampilan densitas dan Konsentrasi (%) Alat yang dibuat
P ₂ O ₅ (%) atau gram/dm ³	Numerik	P ₂ O ₅ (%) atau gram/dm ³
44,17 = 1170,4	2193	44,35 = 1170,7
45,71 = 1178,8	2215	46,23 = 1181,2
48,05 = 1191,7	2226	47,17 = 1186,5
50,59 = 1205,2	2265	50,50 = 1205,1
51,50 = 1210,7	2280	51,78 = 1212,3

Dari hasil uji densitas *slurry* P₂O₅ didapat persamaan linier $Y = 0,085429 X - 142,997917$ dimana X adalah nilai digital sampel uji *slurry* P₂O₅ dari laboratorium Petrokimia Gresik dan Y adalah nilai digital numerik hasil pengukuran yang ditampilkan pada komputer proses. Koefisien korelasi linier pengukuran adalah $r = 0,985$. Dari Tabel 1 hasil pengujian densitas *slurry* P₂O₅ terdapat penyimpangan untuk sampel P₂O₅ 1178,8 gram/dm³ ternyata hasil di komputer proses sistem deteksi densitas yang dibuat menunjukkan 1181,2 gr/cm³ dengan perbedaan 2,4 gram/cm³, begitu juga dengan sampel uji P₂O₅ 1210,7 gram/dm³ akan terbaca oleh sistem yang dibuat sebesar 1212,3 gram/dm³ dengan perbedaan sebesar 1,6 gram/dm³.

4. KESIMPULAN

Dari hasil uji menggunakan sampel *slurry* P₂O₅ yang berasal dari Pabrik Petrokimia Gresik, perangkat deteksi gamma densitas mempunyai koefisien korelasi $r = 0,985$, dengan kesalahan tertinggi 2,4 gram/dm³, sedangkan proses pengukuran per sampling hanya memerlukan waktu 100 milidetik.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] "Berthold Radiation Measuring Instruments For Industry", Gmbh & Co KG, D-7547 Bad Wilbad (2008)
- [2] "Radioisotope Instruments in Industry and Geophysic", International Atomic Energy Agency.(1980)