

**PERANCANGAN MODUL SISTEM DETEKSI DAN TRANSMITTER SIGNAL  
PADA PERANGKAT ANALISA UNSUR DENGAN  
TEKNIK XRF UNTUK INDUSTRI**

Rony Djokorayono, Ahmad Suntoro, Usep Setia Gunawan, Ikhsan Shobari  
Pusat Rekayasa Fasilitas Nuklir – BATAN, Gd 71, Kawasan Puspiptek Serpong,  
Tangerang Selatan Banten. Email : ronyd@batan.go.id

**ABSTRAK**

*PERANCANGAN MODUL SISTEM DETEKSI DAN TRANSMITTER SIGNAL PADA PERANGKAT ANALISA UNSUR DENGAN TEKNIK XRF UNTUK INDUSTRI. Pengukuran gramatur kertas (basis weight), kelembaban (moisture), dan kadar abu (ash content) secara on-line diperlukan untuk menjamin kualitas produksi di industri kertas. Analisa unsur dengan teknik XRF (X-Ray Fluorescence) dapat diaplikasikan untuk melakukan pengukuran unsur terutama yang mempengaruhi kadar abu dan aditif seperti clay, TiO<sub>2</sub> dan CaCO<sub>3</sub>. Pengukuran secara on-line dengan pemroses mikrokontroler dapat menghemat waktu dan mengoptimalkan pemakaian aditif. Data hasil pembacaan sensor dari detektor oleh mikrokontroler dan modul transmitter signal di proses menjadi keluaran dengan standar arus 4 – 20 mA. Sinyal dikonversi menjadi nilai digital, dan dilakukan perhitungan di modul mikrokontroler. Data selanjutnya dikirim ke komputer Data Logger menggunakan standar arus. Hasil rancangan detektor gross counting telah diuji dengan nilai penyimpangan terbesar 0,79 %. Digunakan detektor gross counting Scionix dengan sumber radioaktif <sup>137</sup>Cs.*

*Kata kunci: sistem deteksi, transmitter signal, XRF\_industri*

**ABSTRACT**

*DESIGN OF DETECTION SYSTEM AND TRANSMITTER SIGNAL ON ANALYSIS OF ELEMENTS BY XRF TECHNIQUE FOR INDUSTRIAL. Measurement of paper gramatur (weight basis), moisture, and ash content on-line is necessary to ensure the quality of production in the paper industry. Element analysis with XRF techniques (X-Ray Fluorescence) can be applied to measurement of elements affecting the concentration of ash and additives such as clay, TiO<sub>2</sub> and CaCO<sub>3</sub>. On-line measurements with a microcontroller processor can save time and optimize the use of additives. The data from the sensor of the detector by the microcontroller and signal transmitter module are processed into the current standard 4-20 mA. The signal is converted into a digital value, and a calculation is done in the microcontroller module. The data are then sent to a computer using a standard Data Logger. The gross counting detector design has been obtained and tested with the result that the greatest deviation value of 0.70%. Scionix gross counting detector is used with a radioactive source <sup>137</sup>Cs.*

**Key words: detection system, transmitter signal, XRF industri**

**1. PENDAHULUAN**

Produsen kertas meningkatkan kualitas kertas dengan menambahkan aditif tertentu untuk mendapatkan kualitas yang baik. *Aditif organic* atau pigmen digunakan untuk meningkatkan *printability* dan opasitas di industri kertas. Penambahan *filler* (pengisi) dan pelapis pigmen harus dikendalikan secara ketat selama pabrik kertas memproduksi agar kualitasnya baik dan seragam serta ekonomis.

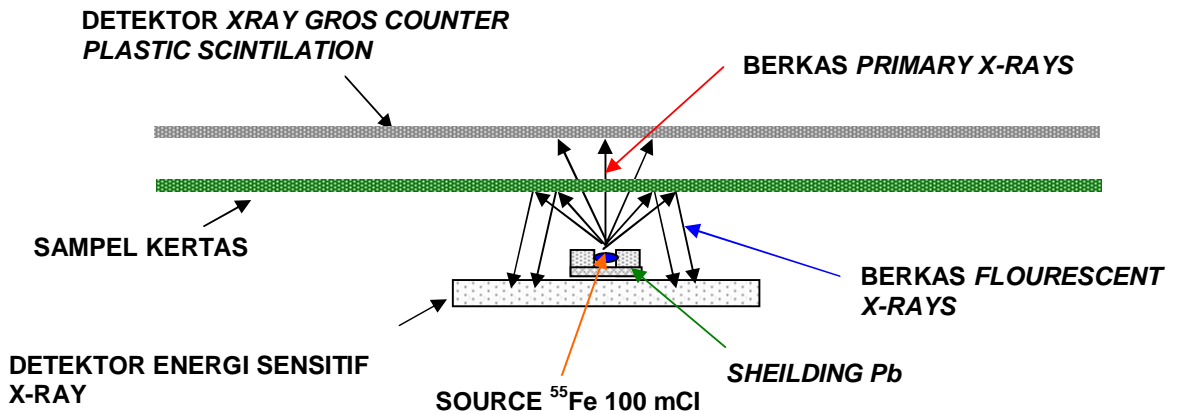
Salah satu teknik yang bisa digunakan untuk melakukan pengendalian produk kertas adalah dengan menggunakan teknik XRF (*x-ray fluorecence*) yang dilengkapi sumber radioisotop <sup>59</sup>Fe. Cara ini digunakan untuk mengendalikan *clay*, dan TiO<sub>2</sub> secara optimal serta memantau secara selektif lembaran kertas dengan mengukur

*variable* kadar abu dan opasitas secara *on-line*. Kertas halus atau kertas karton (*board*) sering menggunakan *aditive filler clay* (tanah liat),  $\text{CaCO}_3$  dan *opacifier*  $\text{TiO}_2$ , digunakan untuk menghasilkan kertas dengan permukaan yang halus, tetapi mudah patah. Penambahan *aditive*  $\text{CaCO}_3$ , dapat menambah liatnya sehingga kertas tidak mudah patah dan sobek. Penambahan harus dilakukan secara tepat dan dengan optimasi dari komposisi *furnish* di antaranya *clay*,  $\text{TiO}_2$  dan  $\text{CaCO}_3$ . Jika dikombinasi dengan pengukuran opasitas maka akan mengoptimasi secara lengkap terhadap pengukuran kadar abu, kadar  $\text{TiO}_2$  dan opasitas<sup>[2]</sup>. Saat ini sebagian besar pabrik kertas memantau total aditif organik dengan metoda *sampling* (disobek). Metoda ini tidak cocok digunakan untuk pengendalian proses yang efektif karena tidak cepat dan tidak memberikan pengukuran komponen aditif yang tepat. Analisa rinci yang menggunakan metoda analisa kimia basah atau dengan aktivasi neutron, akan memerlukan sampel yang volumenya cukup besar, sehingga tidak layak digunakan di pabrik kertas<sup>[1]</sup>.

Pengukuran parameter yang mempengaruhi kualitas produksi kertas saat ini dapat dilakukan secara otomatis dan *on-line*. Perkembangan teknologi komunikasi dan sensor memungkinkan parameter *gramatur*, *moisture*, *aditive*  $\text{TiO}_2$  dan  $\text{CaCO}_3$  dapat diukur secara tepat dan cepat. Mikrokontroller dan komputer digunakan untuk melakukan proses perhitungan dan menampung data pengukuran sebelum ditransmisikan menjadi *standard signal* untuk diolah ke unit pengendalian proses. Komputer proses dapat digunakan selain sebagai terminal data juga dapat difungsikan sebagai pengendali proses. Pada makalah ini disampaikan rancangan sistem deteksi, penggunaan sumber radioisotop  $^{55}\text{Fe}$ , detektor *gross counting* dan detektor sensitif *xray* yang digunakan untuk mendeteksi konsentrasi *clay*,  $\text{TiO}_2$  dan  $\text{CaCO}_3$  dan kadar abu kertas.

## 2. DASAR TEORI DAN METODOLOGI

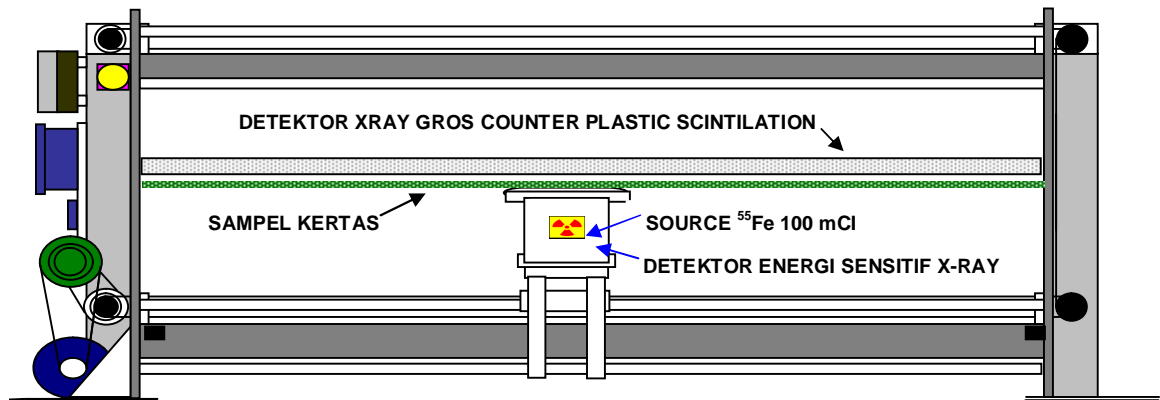
*Poly-Ash* adalah dua sisi pengukuran dari  $\text{TiO}_2$  dan  $\text{CaCO}_3$  yang selektif dengan menggunakan metoda *fluorescence x-ray* dan pengukuran *total Ash* dengan metoda serapan normal *x-ray*. Gambar 1 menjelaskan prinsip pengukuran *total ash* dengan metoda serapan *normal x-ray*. Sebuah sumber radioisotop *x-ray*  $^{55}\text{Fe}$  dengan energi 6,0 Kev dan waktu paruh 2,7 tahun, digunakan untuk meradiasi lembaran kertas. Pemakaian sumber radioaktif  $^{55}\text{Fe}$  sebagai sumber *x-ray* karena untuk mengurangi biaya atau kegiatan pemeliharaan dan masalah kesetabilan. Berkas *x-ray fluorescence* yang terpantul (*backscatter*) dari lembaran kertas dideteksi oleh detektor *xray*, dan serapan radiasi lembaran kertas disebaliknya diukur oleh detektor *plastic scintillation* atau *ionisation chamber*. Penggunaan energi *x-ray fluorescence* dengan pemilah spektrum yang selektif yang diaplikasikan untuk menentukan konsentrasi unsur didalam suatu material atau bahan telah diterima oleh kalangan industri secara luas. Primer foton dari sumber radioisotop penghasil *x-ray*, digunakan untuk meradiasi lembaran kertas sehingga memindahkan elektron dari kulit K orbital di dalam unsur titanium dan kalsium, sehingga terjadi kekosongan sesaat atau distorsi didalam struktur elektron atom tersebut. Kekosongan ini secara cepat diisi oleh elektron kulit terluar, pada saat perpindahan elektron akan terpancar *x-ray fluorescence*. Energi *x-ray* ini memiliki karakteristik ikatan elektron yang spesifik untuk masing - masing unsur.<sup>[2]</sup>



Gambar 1. Prinsip pengukuran *total ash* dengan metoda serapan *transmisi x-ray*.<sup>[2]</sup>

### 3. RANCANGAN SISTEM DETEKSI DAN TRANSMITTER SIGNAL

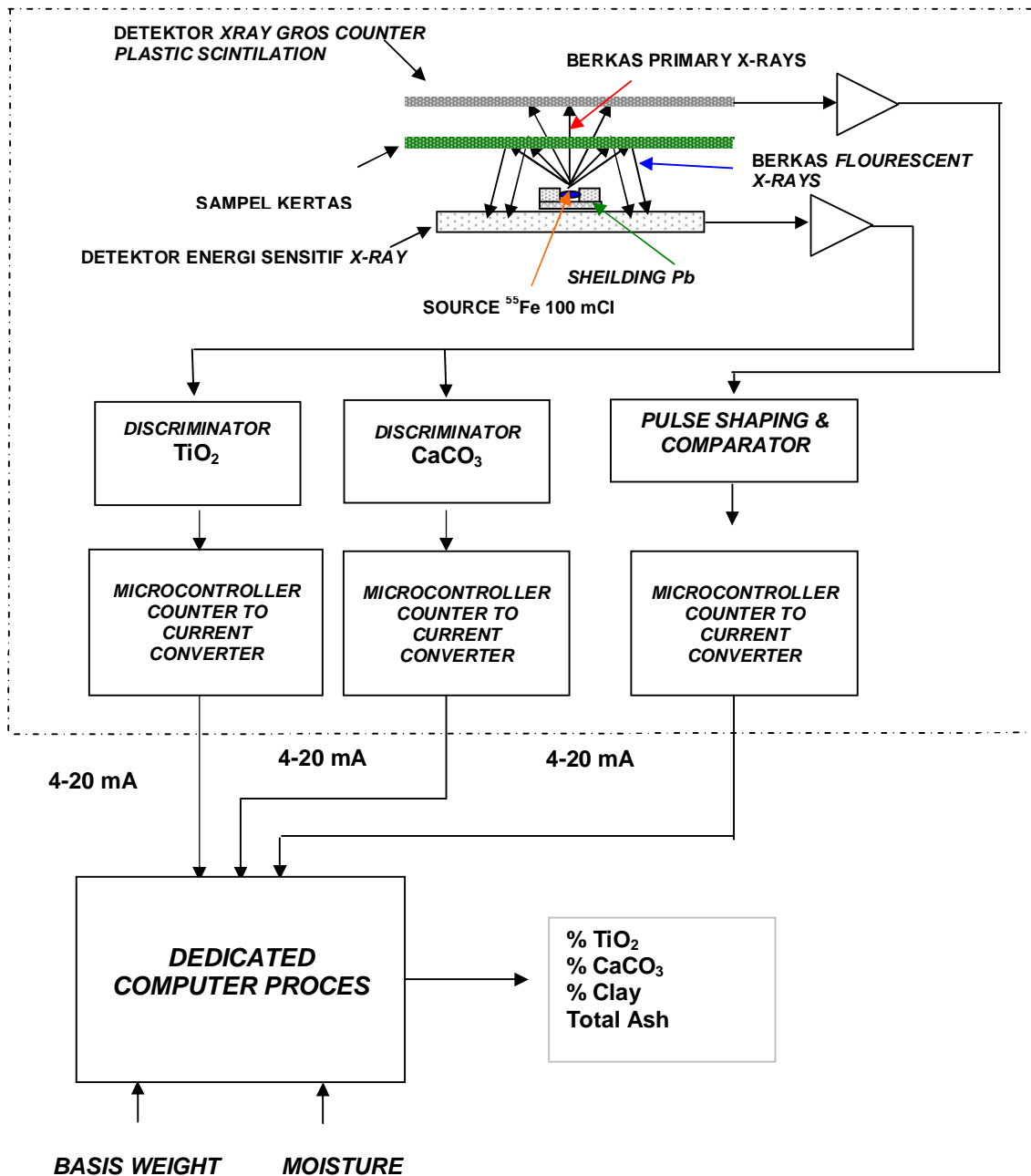
Rancangan sistem deteksi *XRF* yang menggunakan *scanner* pengukuran *basis weight* yang ada di pabrik kertas, ditunjukkan pada Gambar 2. Sumber radioaktif *x-ray*  $^{55}\text{Fe}$  ditempatkan di bawah sampel kertas bersama detektor *XRF* analisis unsur sedangkan detektor *gross counting* ditempatkan di atas sampel kertas. Detektor *gross counting* dapat menggunakan jenis plastik scintilasi atau *ion chamber* dengan ketelitian ukur lebih kecil dari  $\pm 1\%$ .



Gambar 2. Rancangan sistem deteksi *XRF* pada *scanner basis weight* yang ada di pabrik kertas

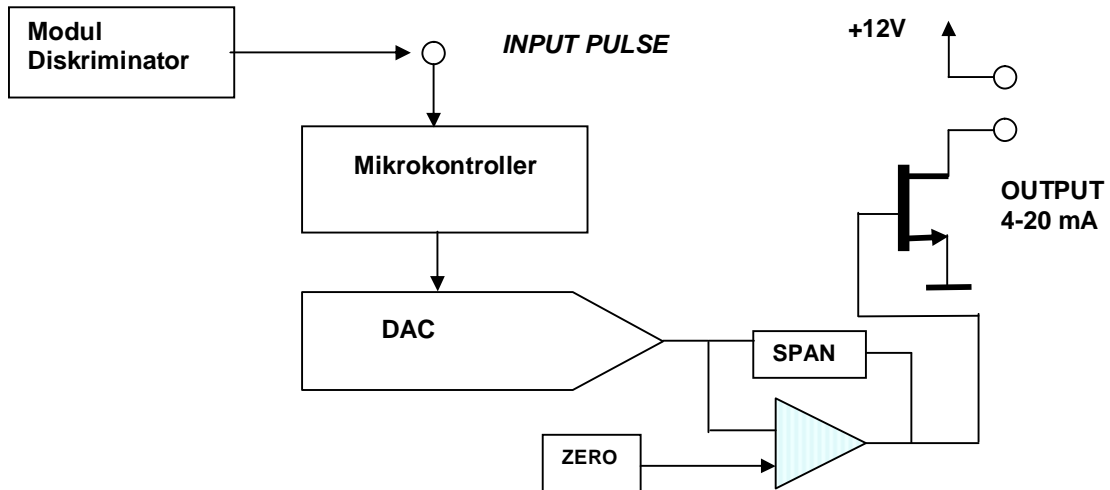
Poly-ash adalah dua sisi pengukuran  $\text{TiO}_2$  dan  $\text{CaCO}_3$  yang selektif dengan menggunakan metoda fluorescence *x-ray* dan pengukuran total ash dengan metoda absorpsi transmisi *x-ray* (Gambar 1). Sebuah sumber radioisotop *x-ray*  $^{55}\text{Fe}$  digunakan untuk meradiasi lembaran kertas, digunakannya  $^{55}\text{Fe}$  sebagai sumber *x-ray* untuk mengurangi biaya atau kegiatan pemeliharaan dan alasan kesetabilan. Jika digunakan tabung *x-ray*, berkas *x-ray fluorescence* yang terpantul (*backscatter*) dari lembaran

kertas dideteksi oleh detektor xrf atau proporsional counter, dan serapan radiasi lembaran kertas di seberangnya diukur oleh detektor plastik scintilasi atau *ionisasi chamber*. Blok sistem deteksi xrf ditunjukkan pada Gambar 3 (garis titik titik), yang tersusun dari detektor *gross counting* jenis *plastic* scintilasi, sumber radioisotop  $^{55}\text{Fe}$ , detektor *xrf*, dua buah diskriminator energi unsur (Ti,Ca), dua buah modul mikrokontroller transmitter signal. Hasil pengukuran konsentrasi unsur titanium, calsium dan *gross counting* diintegrasikan ke dalam sebuah *dedicated* komputer proses. Hasil perhitungan %  $\text{TiO}_2$ , %  $\text{CaCO}_3$ , % Clay dan Total Ash ditampilkan oleh komputer proses pada layar monitor LCD.

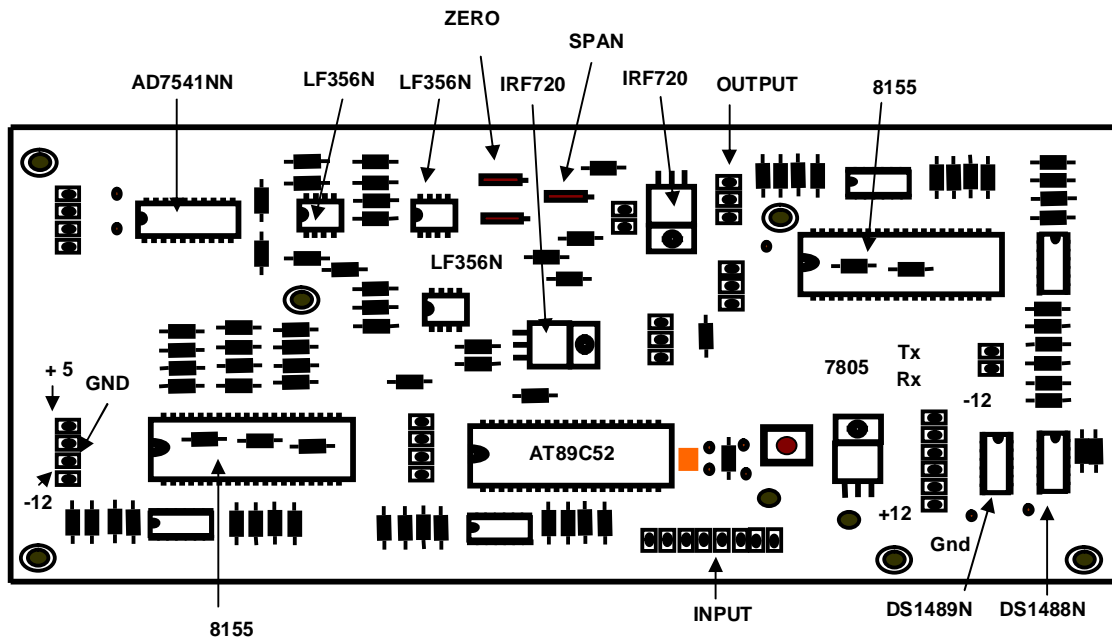


Gambar 3. Blok sistem deteksi xrf

Modul diskriminator energi  $TiO_2$  dibuka untuk energi 4,5 Kev dan diskriminator energi  $CaCO_3$  dibuka untuk energi 3,69 Kev, sedangkan keluaran masing masing diskriminator energi dan *pulse shaping* berbentuk pulsa TTL dicacah oleh modul mikrokontroler transmitter signal dengan bukaan gate selama 500 mSec. Hasil pencacahan tersebut diatur sedemikian rupa sehingga nilai digital yang keluar dari mikrokontroler bernilai maksimum 4095 dan minimum 819. Keluaran counter mikrokontroler dimasukkan ke *chip digital to analog* konverter dengan resolusi 12 bit dan dikonversi menjadi signal arus dengan rentang antara 4 mA dan 20 mA. Blok sistem mikrokontroler transmitter signal ditunjukkan pada Gambar 4. dan *layout* penempatan komponennya dapat dilihat pada Gambar 5.



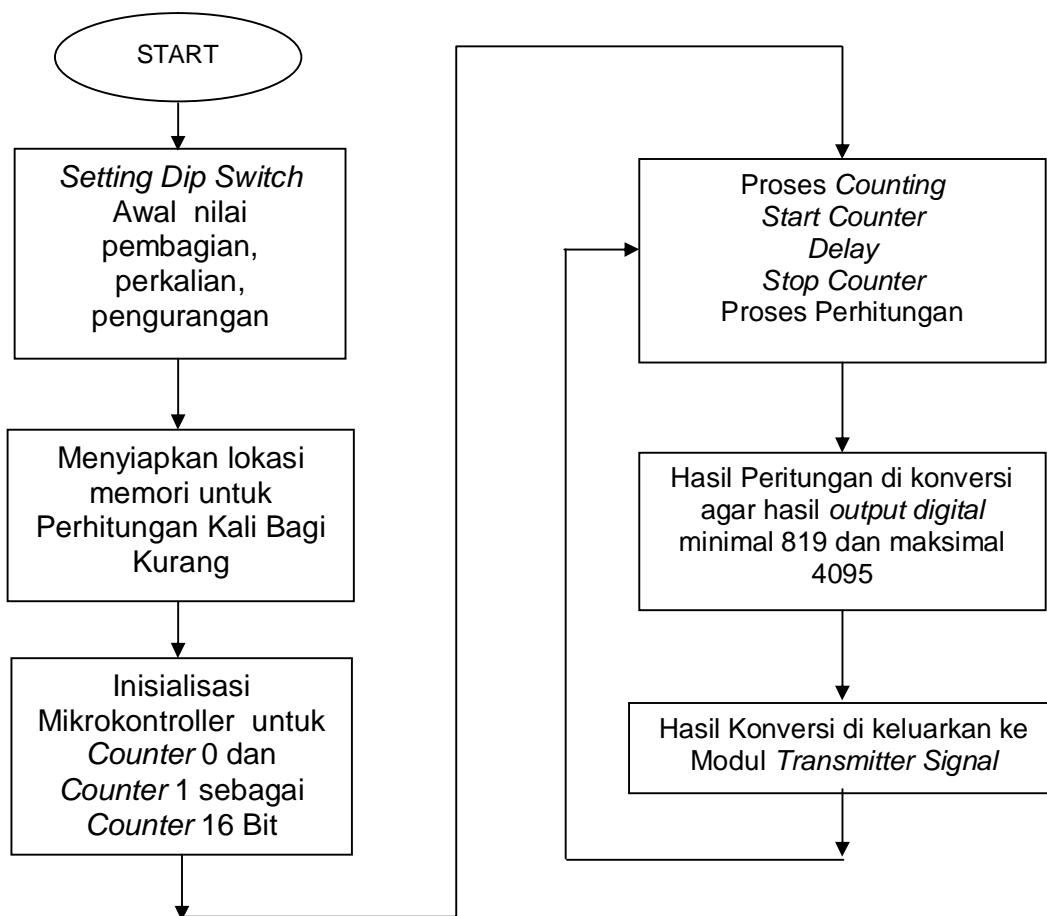
Gambar 4. Blok sistem *microcontroller transmitter signal*.



Gambar 5. *Layout* Penempatan Komponen elektronik PCB.

Keluaran dari modul sistem mikrokontroller *transmitter signal* berupa arus antara 4 mA – 20 mA dan *signal* ini digunakan sebagai masukan dari modul *dedicated* komputer proses, selanjutnya dilakukan perhitungan dan proses pengendalian. Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah berupa *toolset* elektronik, *Digital Multimeter* Fluke 117, kalibrator Hioki 7016 *Signal source*. Peralatan penunjang untuk pembuatan program berupa *software* perangkat lunak X8052. Program mikrokontrolernya, dan program aplikasi tampilan dibuat dengan bahasa C dos. Bahan utama yang digunakan dalam pembuatan modul sistem mikrokontroller *transmitter signal* adalah *chip* mikrokontroller 89C52, *pheriperal paralel interface* intel 8155, *chip digital to analog converter* AD7541, penguat op-amp LF356 dan penguat arus mosfet IRF732.

Langkah kerja yang dilakukan dalam perancangan ini meliputi studi literatur terutama cara kerja dari sistem instrumentasi *basis weight* dan *moisture* di pabrik kertas, melakukan rancangan sistem keseluruhan, dan *prototyping*, yaitu melakukan penyusunan perangkat keras, dengan mikrokontroller 89C52, komponen *chip digital to analog* konverter AD7541, dan chip penguat tegangan LF356 dan *chip* penguat arus mosfet IRF732 yang layoutnya dapat dilihat pada Gambar 5. Selanjutnya pembuatan *software* yang ditanam pada perangkat keras untuk sistem mikrokontroller transmisi signal. Adapun *flowchart microcontroller transmitter signal* sebagai berikut pada Gambar 6.



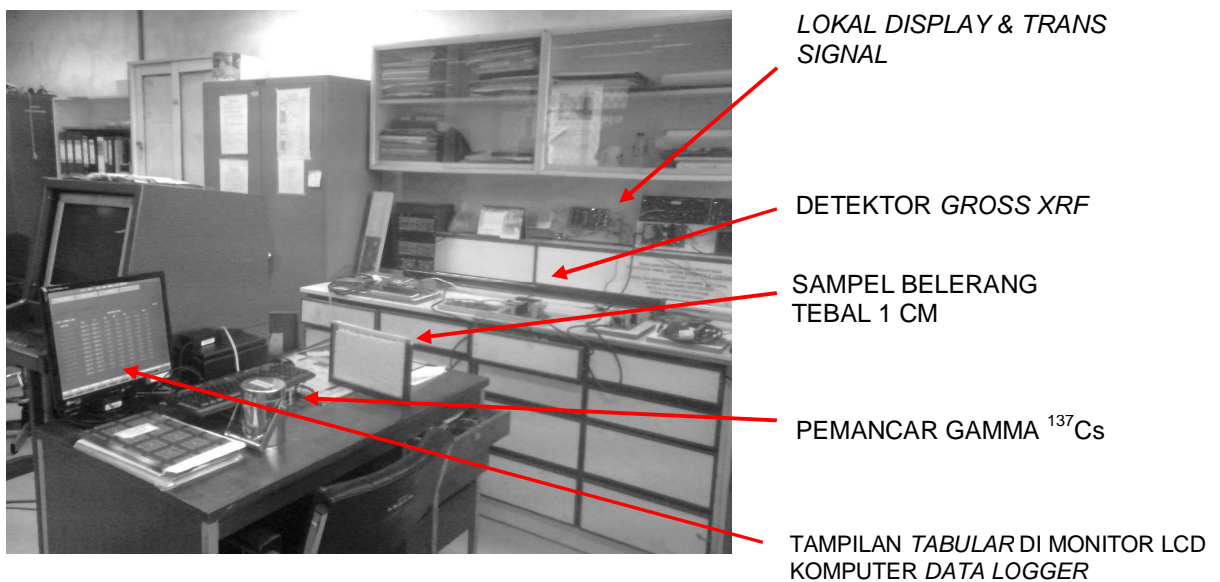
Gambar 6. Flow chart software microcontroller transmisi signal

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Data hasil pengujian sistem deteksi ditunjukkan pada Tabel 1. Data diambil dengan melakukan pengukuran pemancar gamma  $^{137}\text{Cs}$  yang diletakan sekitar 200 meter dari detektor *gross counting* jenis plastik scintilasi, berbagai sampel dan *output* sistem deteksi dibaca serta dilihat kestabilan pengukurannya oleh komputer *data logger* dan ditampilkan pada monitor LCD. Gambar 7 menampilkan perangkat sistem deteksi *gross xrf* dan modul *transmitter signal* saat pengujian dengan menggunakan sumber pemancar gamma  $^{137}\text{Cs}$ . Di antara detektor dan pemancar gamma diletakan berbagai sampel dan hasil pengukuran dilihat di *local display* dan minitor LCD komputer *data logger*. Pengujian tidak menggunakan sampel kertas karena sumber pemancar *xray*  $^{55}\text{Fe}$  belum tersedia.

Tabel 1. Data hasil pengukuran

No	Sampel	Hasil Pengukuran <i>Local Display</i> rata rata	Simpangan (Kesalahan) rata rata
1	Kosong	15426,3	123,3 (0,79%)
2	Belerang tebal 1 cm	13754,5	19,3 (0,14%)
3	Belerang tebal 3 cm	12371,1	-41,7 (-0,34%)
4	Belerang tebal 1+3 cm	11227,1	-24,7 (-0,22%)
5	Ponska tebal 5 cm	11669,7	-10,6 (-0,09%)
6	Ponska tebal 2 cm	13427,7	+11,2 (+0,08%)
7	Ponska tebal 2+5 cm	10476,4	6,8 (+0,07%)



Gambar 7. Foto rancangan sistem deteksi *gross xrf* dengan sampel belerang tebal 1 cm

Kesalahan simpangan paling besar pada pengukuran sampel kosong sebesar +0,79% % dan kesalahan paling kecil pada pengukuran sampel ponska tebal 7 cm dengan penyimpangan sebesar 0,07 %. Kesalahan dapat terjadi pada pemakaian komponen modul *high voltage* detektor, yang digunakan untuk catu daya *photomultiplier* detektor, serta penggunaan komponen *preamp* dan *single channel analyzer* (sca) pada sistem detektor. Perbaikan dapat dilakukan dengan menggunakan komponen *preamp* dan SCA yang *low noise dan modul high voltage* dengan *ripple* dibawah 10 mV untuk tegangan kerja 1000 Vdc.

## KESIMPULAN

Hasil pengujian dan pembahasan menunjukkan bahwa sistem yang dirancang setelah diuji dapat berfungsi dengan baik. Penyimpangan pengukuran saat pengujian paling tinggi sebesar +0,79 % untuk sampel kosong dan terendah -0,07 % untuk sampel ponska tebal 7 cm. Penyimpangan ini masih masuk dalam kisaran pengukuran di Industri yang memiliki persyaratan lebih kecil dari 1,0%.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Djokorayono R, dkk, 2014, *Rancangan dasar on-line Analyzer Batubara pada Belt Conveyor dengan Teknik Aktivasi Neutron*, Jurnal Perangkat Nuklir Volume 08, Nomor 01, Juni 2014, ISSN No. 1978-3515.
- [2]. Palmer P, 2000, *Introduction To Energy-Dispersive X-Ray Fluorescence (XRF) – An Analytical Chemistry Perspective*, Professor Department of Chemistry & Biochemistry San Francisco State University Science Advisor San Francisco District Laboratory U.S. Food and Drug Administration.
- [3]. Iwanczyk J S & Patt B E, 1999, *New X-Ray Detectors For XRF Analysis*, Photon Imaging, Inc., Northridge, CA 91324, JCPDS-International Centre for Diffraction Data.
- [4]. Fajber R dan Simandl G J, diakses tahun 2012, *Evaluation of Rare Earth Element-enriched Sedimentary Phosphate Deposits Using Portable X-ray Fluorescence (XRF) Instruments*.  
<http://www.empr.gov.bc.ca/Mining/Geoscience/PublicationsCatalogue/Fieldwork>.