

RANCANGAN DASAR ON-LINE ANALYZER UNSUR PADA LEMBARAN KERTAS DENGAN TEKNIK XRF

Rony Djokorayono, Ahmad Suntoro, Ikhsan Shobari, Usep Setia Gunawan
Pusat Rekayasa Fasilitas Nuklir (PRFN) – BATAN
E-mail : ronyd@batan.go.id

ABSTRAK

RANCANGAN DASAR ON-LINE ANALYZER UNSUR PADA LEMBARAN KERTAS DENGAN TEKNIK X-RAY FLUORESCENCE (XRF). Telah dilakukan rancangan dasar on-line analyzer unsur pada lembaran kertas dengan teknik XRF. Dibandingkan dengan teknik pencuplikan, teknik XRF ini memiliki kelebihan dalam hal akurasi dan waktu analisis. Kegiatan perancangan yang telah dikerjakan meliputi penentuan persyaratan desain, persyaratan fungsi, persyaratan teknis, spesifikasi teknis, perancangan sub sistem deteksi, perancangan sub sistem akuisisi data, dan perancangan computer console operator. Kegiatan ini akan menggunakan detektor silicon drift detector (SDD) atau detector X-ray CdTe untuk mendeteksi X-ray fluorecence yang dipancarkan oleh unsur-unsur dalam lembaran kertas akibat interaksi X-ray dari sumber ⁵⁵Fe (Ferro-55). Desain dasar perangkat on-line analyzer unsur pada lembaran kertas dengan teknik XRF ini perlu dilanjutkan ke tahap rekayasa selanjutnya, yaitu desain rinci, konstruksi prototipe, dan pengujian di lapangan.

Kata kunci: On-line analyzer unsur, lembaran kertas, teknik XRF

ABSTRACT

BASIC DESIGN OF ON-LINE ANALYZER FOR SHEET PAPER USING X-RAY FLUORESCENCE (XRF) TECHNIQUE. Basic design of on-line analyzer for sheet paper using X-ray fluorescence technique has been carried out. Compared with sampling technique, this X-ray fluorescence technique has some advantages in term of analysis accuracy and time. The design activities performed including the establishment of design requirements, functional requirements, technical requirements, technical specification, detection sub-system design, data acquisition sub-system design, and operator computer console design. This program will use silicon drift or CdTe X-ray detector to detect X-ray fluorescence emitted by elements in sheet paper due to X-ray interaction of a X-ray source, ⁵⁵Fe (Ferro-55). This basic design of on-line analyzer for sheet paper using X-ray fluorescence technique should be followed up with the development of detailed design, prototype construction, and field testing.

Keyword: element on-line analyzer, sheet paper, X-ray fluorescence (XRF) technique

1. PENDAHULUAN

Sebagian besar pabrik kertas memantau total *aditif* organik seperti kadar TiO₂, CaCO₃, konsentrasi *clay* dan kadar abu dengan metoda sampling (disobek). Metoda ini tidak cocok digunakan untuk pengendalian yang efektif karena tidak cepat dan tidak memberikan pengukuran komponen *aditif* yang tepat. Biasanya analisa dilakukan di laboratorium dengan proses analisa yang cukup lama sekitar 6 jam sampai 12 jam. Analisis rinci dapat juga menggunakan metoda analisa kimia basah atau dengan aktivasi neutron, tetapi memerlukan cuplikan yang volumenya cukup besar, sehingga tidak layak digunakan di pabrik kertas. Jika dilakukan dengan metoda cuplik atau pengujian manual maka akan menunda tindakan korektif, sementara jumlah standar kertas yang diproduksi bermacam macam. Unsur lain yang ada pada lembar kertas dapat dilakukan pengukuran kandungan Pb, Rb, Sr, Y, Zr, K, Ca, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn dan Co, dengan lebih teliti yang dilakukan di labolatorium dengan menggunakan perangkat teknik *X-Ray Flouresence* (XRF) memanfaatkan *energy dispersif* [1]. Pemanfaatan XRF untuk pengukuran kadar unsur telah banyak digunakan. Beberapa penelitian melakukan pengukuran dengan

menggunakan XRF untuk mengukur konten *ash* pada batubara basah yang menyebabkan alkalinasi air bila tidak dikendalikan [2]. Pemanfaatan lainnya digunakan untuk pengukuran kadar konsentrasi campuran beton [3], aplikasi pemanfaatan XRF dapat digunakan untuk analisa unsur yang lebih luas [4].

Perekayasaan perangkat *on-line analyzer* unsur dengan teknik XRF dapat digunakan untuk mengukur kadar abu dan mengukur setiap senyawa secara individu didalam lembaran kertas secara cepat dalam orde detik. *Clay* atau bahan silikat atau sejenisnya diukur menggunakan penyerapan intensitas *X-ray*, sementara TiO_2 dan CaCO_3 diukur menggunakan metoda *X-ray fluorescence* [5].

Banyak pabrik kertas melakukan pengendalian kadar abu dan titanium dioksida TiO_2 karena menghasilkan penghematan yang signifikan. Penghematan tahunan dari program ini, sering lebih dari 135 ton atau \$240.000 untuk mesin kertas dengan kapasitas produksi 200 ton per hari [6]. Kertas halus atau kertas karton (*board*) sering menggunakan *filler clay* (tanah liat) dan *opacifier* TiO_2 . Hasil produksi kertas halus atau karton yang mudah patah juga disebabkan oleh penambahan *filler* kalsium karbonat CaCO_3 . Pada proses pabrik kertas membutuhkan optimasi yang tepat dari komposisi *furnish* diantaranya *clay*, TiO_2 dan CaCO_3 . Jika dikombinasi dengan pengukuran opasitas maka akan mengoptimasi secara lengkap terhadap pengukuran kadar abu, kadar TiO_2 dan opasitas [6].

1.1. TEORI

1.1.1. Prinsip Kerja Sistem Deteksi

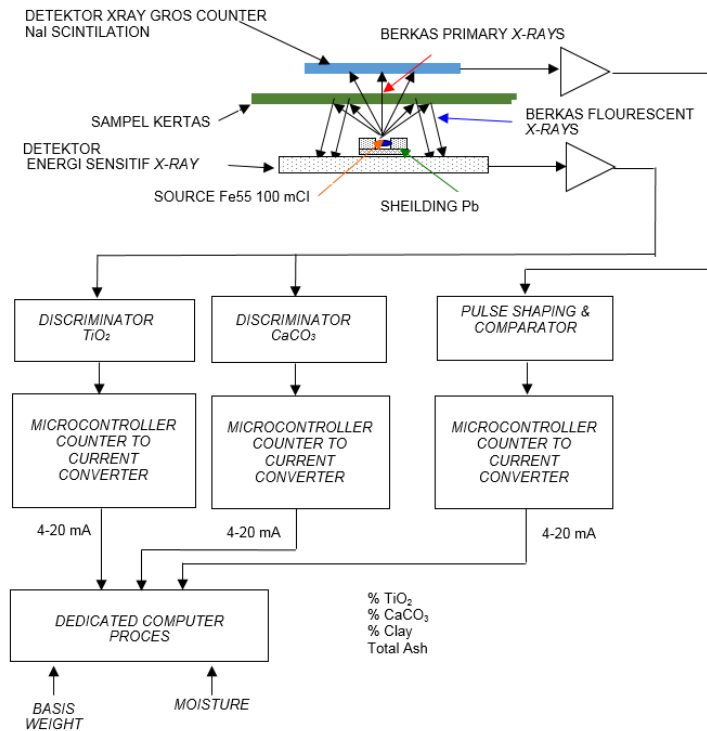
Sensor proportional counter atau detektor sensitif energy *X-ray* mendeteksi *X-ray fluorescence* dan mengubahnya menjadi pulsa listrik dimana tinggi pulsa dan jumlahnya secara *subsequential* disortir dan dihitung oleh *multichannel analyzer* atau *multi-sca-to-v-to-mA*, yang menghasilkan signal yang berhubungan dengan spektrum energi *X-ray*. Pada penelitian yang telah dilakukan untuk energi Fe 55 dengan aktivitas 10,9 mCi dengan menggunakan detektor HPGe planar pengaturan windows pada energi 5,9 keV [7]. *Multichannel analyzer* atau *multi-sca-to-v-to-mA* keluaran mengikuti standar industri berupa sinyal arus 4-20 mA. Konversi cacah dari beberapa SCA (*Single Channel Analyzer*) yang difungsikan sebagai *multichannel analyzer* menjadi arus dilakukan pada modul ini. Perhitungan akhir dilakukan oleh mikroprosesor kecepatan tinggi yang menghasilkan pengukuran yang telah terkalibrasi seperti terlihat pada Gambar 1. Konsentrasi kadar abu total (*total Ash*) pada lembaran kertas dapat dihasilkan dari penyinaran *X-ray* terhadap lembaran kertas. Koefisien penyerapan kadar abu total (*total ash*) sensitif terhadap terhadap komposisi *Ash*, dengan mengukur unsur titanium dan kalsium menggunakan metoda *X-ray fluorescence* maka pengukuran konsentrasi *Ash* akan terkoreksi sehingga pengukuran kadar abu (*Ash*) dapat lebih teliti.

Pengukuran konsentrasi *clay*, TiO_2 dan CaCO_3 harus dikoreksi juga oleh hasil pengukuran *basis weight* dan *moisture* kertas. Perlu diperhatikan juga bahwa ruang udara disekitar *Head Sensor* tekanannya harus tetap dan dilindungi dari lingkungan sekitarnya. Hal tersebut digunakan untuk mempertahankan jumlah molekul udara yang dilintasi jejak *X-ray*. Perubahan suhu udara ekstrim akan menyebabkan kesalahan pengukuran. Sedikit *air-gap* (celah udara) memerlukan kompensasi *external*, temperatur celah pada *head sensor* harus stabil, maka digunakanlah *thermistor* yang dipasang pada sebuah piring dan dirancang secara aerodinamika sehingga terhindar dari debu dan kotoran yang mengendap. Pendingin tidak diperlukan untuk menjaga stabilitas sensor, karena seluruh sensor tertutup dalam kemasan *stainless steel*. Secara keseluruhan bahwa ketelitian ukur sensor dapat mencapai $\pm 0,25\%$ untuk *clay*, $\pm 0,18\%$ untuk titanium dan $\pm 0,10\%$ untuk Kalsium [6].

Hasil pengukuran dari sistem deteksi *X-ray* diolah oleh mikroprosesor sistem deteksi dengan *sampling* pengukuran 100 *mSec*, di-*filter* dengan bukaan energi dari unsur unsur Ca (3,69 keV), Ti (4,5 keV), *Clay (gross counting)* serta masing masing dicacah oleh pencacah 16 bit, dikonversi linierisasi menjadi tegangan DC dengan rentang 0-10V kemudian ditransmisikan ke DAQ Komputer menggunakan *standard signal* 4-20 mA. Konversi linierisasi antara cacah dengan tegangan DC merupakan kesebandingan antara

cacah keluaran detektor dengan keluaran DC pada modul mikrokontroler. Keluaran dari modul ini (*signal analog* DC) dikonversi lagi menjadi keluaran arus standard 4-20 mA. Data pengukuran detektor diterima oleh DAQ dan dikomunikasikan ke Sistem Komputer *Data Logger* yang terdapat di *control room* menggunakan standar komunikasi RS232 atau RS422. Blok Sistem deteksi *on-line* Analyzer dapat dilihat pada Gambar 1.

Jumlah cacahan atau intensitas *X-ray* fluorescence setiap unsur menunjukkan konsentrasi unsur yang terdapat didalam material atau senyawa lembaran kertas tersebut. Sedangkan untuk mengeksitasi unsur unsur yang terdapat pada lembaran kertas diperlukan sumber *X-ray* ^{55}Fe yang waktu paruhnya 2,7 tahun dan energi *X-ray* 6 keV [8]



Gambar 1. Perangkat Deteksi *On-line* Analisis Unsur pada Lembaran kertas dengan teknik XRF [6]

1.1.2. Diskripsi Sistem Instrumentasi

Sebuah sistem Instrumentasi deteksi *On-line* Analyzer unsur dengan teknik XRF tersusun dari :

- Detektor sintilasi menggunakan kristal NaI(Tl) XTL-GR, plastic sintilasi atau *ion chamber* untuk mengukur *X-ray gross counting*, *silicon drift detector* (SDD) atau detektor CdTe untuk analisa unsur [9].
- Blok *High Voltage* modul HVM-1200 yang digunakan untuk men-*supply* tegangan NaI(Tl) atau *plastic scintilasi* dengan rentang *output* dapat diatur dari 700 VDC sampai 1200 VDC.
- Blok preamp detektor sintilasi menggunakan komponen dengan *bandwidth frekuensi* 120 MHz dan dapat beroperasi sampai temperatur 70 °C serta menghasilkan pulsa ± 10 Vpp.
- Blok modul *single channel analyzer* yang dilengkapi pengaturan *pole zero*, *upper level* energi dan *lower level* energi *window*. Untuk sistem ini dipilih *window* energi untuk menerima pulsa listrik yang berasal dari pancaran radiasi gamma unsur unsur Ca (3,69 keV),Ti (4,5 keV) [8], *clay (gross counting)* sesuai energi masing masing. Keluaran modul ini berupa pulsa kotak standar TTL yang diumpan ke *Input counter* mikroprosesor blok modul *processor data transmitter*.
- Blok modul *processor data transmitter* berfungsi mengolah signal pulsa yang berasal dari modul *single channel analyzer* menjadi signal tegangan DC dimana

makin banyak pulsa yang diterima persatuan waktu cuplik (100 Sec) maka tegangan DC yang dihasilkan juga bertambah secara proporsional, batasan *output* modul ini adalah 0 sampai 10 VDC. Modul ini dilengkapi pengatur *timer sampling*, pengatur *Zero* dan pengatur *Span*.

- f. Blok modul *converter* tegangan (VDC) ke Arus (mA), masukan modul ini berupa tegangan DC *range* 0 – 10 VDC dan Keluarannya berupa arus dengan range 0-20 mA dan dapat di set menjadi 4-20 mA.
- g. Blok modul Converter RS232 ke RS422, modul ini berfungsi mengkonversi signal komunikasi yang dipancarkan oleh modul *processor data transmitter* Tx berstandar RS232 ke signal komunikasi standar RS422.
- h. Blok modul LED *lokal display*, modul ini menampilkan hasil pengukuran intensitas radiasi gamma dalam bentuk digital 4 digit, menggunakan LED warna merah.

2. METODOLOGI

Perancangan perangkat prototipe *on-line analyzer* unsur dengan teknik XRF untuk industri dilakukan melalui beberapa tahap, yaitu:

- Penetapan persyaratan desain
Pada tahap ini ditetapkan persyaratan desain yang harus dipenuhi oleh perangkat *on-line analyzer* unsur dengan teknik XRF yang akan dibuat.
- Penetapan Persyaratan Fungsi
Pada tahap ini persyaratan fungsi perangkat *on-line analyzer* unsur dengan teknik XRF ditentukan.
- Penetapan persyaratan teknis
Pada tahap ini ditetapkan persyaratan teknis yang harus dipenuhi oleh perangkat *on-line analyzer* unsur dengan teknik XRF yang menggunakan radiasi *X-ray* ^{55}Fe .
- Perancangan desain perangkat
Pada tahap ini dilakukan perancangan perangkat dengan memperhatikan persyaratan desain dan teknis dari perangkat *on-line analyzer* unsur yang menggunakan sumber radiasi ^{55}Fe .

Perangkat ini terdiri dari :

- Sub sistem deteksi yang meliputi pemancar *X-ray* ^{55}Fe , *preamplifier*, pengolah signal analog, *single channel analyzer*, prosesor penghitung pulsa dan *transmitter signal analog*;
- Sub sistem *Data Aquisition* (DAQ) dan komunikasi data serial; dan
- Sub sistem *software* tampilan komputer *operator console*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil kegiatan yang diperoleh meliputi persyaratan desain, persyaratan fungsi, persyaratan teknis, spesifikasi teknis, desain sub sistem deteksi, desain sub sistem data akuisisi, dan desain *software* tampilan perangkat prototipe *on-line analyzer* unsur dengan teknik XRF yang menggunakan sumber radiasi ^{55}Fe .

3. 1. Persyaratan Desain

Berdasarkan dokumen, *AccuRay 1190 Sensor Procedures Manual, 101766-011* dan *The AccuRay 1190 2-Component and 3-Component Ash Sensor Manual, 101766-006* yang terdapat di Pabrik Kertas Leces [10][11], ditetapkan persyaratan desain perangkat *on-line analyzer* unsur dengan teknik XRF.

Dokumen *AccuRay 1190 Sensor Procedures Manual, 101766-011* dan *The AccuRay 1190 2-Component and 3-Component Ash Sensor Manual, 101766-006* [10][11], yang digunakan di Pabrik Kertas Leces digunakan sebagai referensi untuk menetapkan

persyaratan desain perangkat *on-line analyzer* unsur dengan teknik XRF. dengan mengacu pada dokumen ini harapannya desain perangkat dapat berfungsi sama atau lebih baik dari sudah ada di Pabrik Kertas Leces. Perangkat yang dibuat ini harus dapat digunakan untuk mengukur konsentrasi unsur-unsur Ti, Ca dan *Clay* di dalam lembaran kertas yang berada di mesin kertas. Jenis unsur yang terkandung di dalam lembaran kertas yang biasa dianalisis antara lain meliputi Ca, Ti, *Clay*. Perhitungan kadar abu lembaran kertas dilakukan dengan mengukur dan menghitung konsentrasi *Clay*, TiO_2 , $CaCO_3$, *Moisture* dan *Basis Weight*. Laporan kualitas lembaran kertas dapat dilakukan setiap detik, setiap 5 detik, setiap 10 detik atau paling lama dalam satu menit dan ditampilkan pada layar monitor komputer *operator console*.

3. 2. Persyaratan Fungsi

Berdasarkan dokumen *AccuRay 1190 Sensor Procedures Manual, 101766-011* dan *The AccuRay 1190 2-Component and 3-Component Ash Sensor Manual, 101766-006* yang terdapat di Pabrik Kertas Leces (Ref. [10] [11]) ditetapkan persyaratan fungsi perangkat prototip *on-line analyzer* unsur dengan teknik XRF ini. Persyaratan fungsi perangkat ini adalah sebagai berikut:

- Dapat digunakan untuk mengukur konsentrasi unsur Ca, Ti, *Clay* yang ada dalam lembaran kertas yang berada pada mesin kertas yang bergerak dengan kecepatan sekitar 250 meter per menit;
- Dapat digunakan untuk menentukan konsentrasi unsur-unsur Ca, Ti, *Clay* yang terkandung dalam lembaran kertas secara *on-line*, dengan waktu proses maksimal 10 menit;
- Dapat digunakan untuk menentukan kadar abu lembaran kertas dengan mengukur dan menghitung konsentrasi TiO_2 , $CaCO_3$ dan *Clay* sedemikian sehingga laporan kualitasnya dapat dilakukan setiap satu menit dan ditampilkan pada layar monitor komputer *operator console*.

3.3. Persyaratan Teknis

Menurut manual *AccuRay 1190 Sensor Procedures Manual, 101766-011* dan *The AccuRay 1190 2-Component and 3-Component Ash Sensor Manual, 101766-006*, karakteristik pemancar *X-ray* yang digunakan pada perangkat *on-line analyzer* unsur dengan teknik XRF untuk lembaran kertas adalah sebagai berikut [10][11] :

- Energi radiasi *X-ray* harus 6 KeV;
 - Waktu paruh harus panjang, minimal 2 tahun;
- Berdasarkan pada karakteristik pemancar *X-ray* tersebut, pemancar *X-ray* jenis ^{55}Fe sebagian dapat memenuhi karakteristik tersebut. Karakteristik pemancar *X-ray* ^{55}Fe adalah sebagai berikut:

- Energi radiasi rata-rata 6,0 KeV
- Waktu paruh 2,7 tahun
- Aktivitas sumber pemancar *X-ray* minimal 100 mCi.

Dokumen yang dijadikan sebagai referensi [10][11] menjelaskan bahwa sistem deteksi menggunakan detektor $Nal(Tl)$, *ion chamber* atau plastic scintilasi untuk mengukur konsentrasi *Clay* dan detektor $CdTe$ atau *silicon drift detector* untuk mengukur konsentrasi Ti dan Ca.

3.4. Spesifikasi Teknis

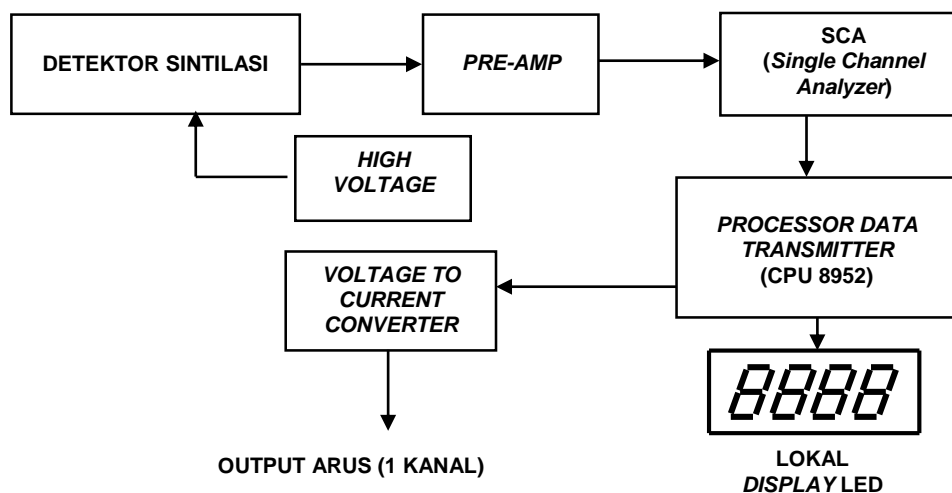
Spesifikasi teknis yang telah dibuat untuk perangkat prototipe *on-line analyzer* unsur teknik XRF ini ditunjukkan pada Tabel 1. Spesifikasi teknis yang telah disiapkan untuk aktivitas sumber *X-ray*, jenis detektor, digital signal processing untuk akuisisi data, *real time data acquisition* dan *signal transmitter*, *electronic data logger* dan *computer data logger*, tampilan *computer console operator*, waktu laporan hasil pengukuran, dan unsur yang diukur.

Tabel 1. Spesifikasi Teknis *On-line Analyzer*

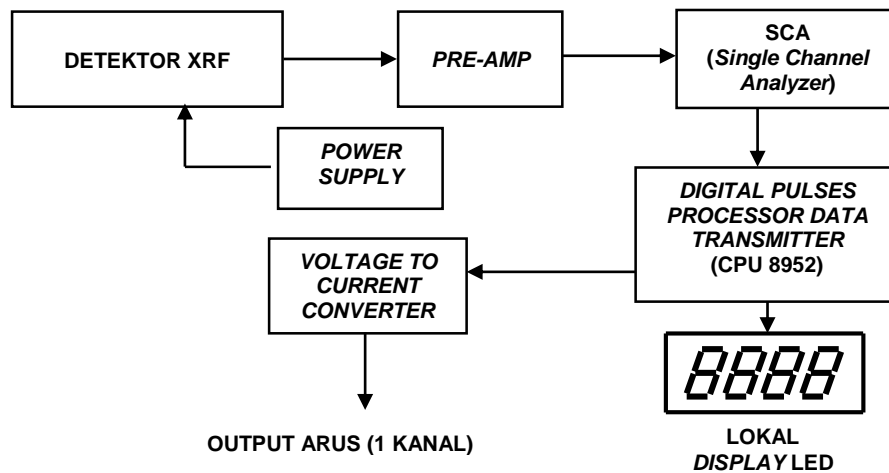
Komponen	Spesifikasi
Aktivitas sumber <i>X-ray</i>	⁵⁵ Fe, 100 mCi
Detektor untuk konsentrasi <i>Clay</i>	Nal(Tl), Ion Chamber, Plastik Scintilasi
Detektor untuk konsentrasi unsur Ti dan Ca	<i>CdTe</i> atau <i>silicon drift detector</i>
Akuisisi data	X-123 Amp-Tek kalibrator standar atau yang sejenis
<i>Real time data acquisition</i> dan <i>signal transmitter</i>	SCA, <i>processor transmitter</i> 4-20 mA untuk masing masing unsur Ca, Ti, dan <i>Clay</i>
<i>Electronic data logger</i> dan <i>computer data logger</i>	16 kanal <i>analog input range</i> 0-10 V atau 4-20 mA <i>Isolated</i> , Komunikasi RS232, USB, <i>operating sistem</i> DOS, Windows XP, windo 7, <i>display square</i> LCD 17"
Tampilan <i>computer console</i> operator	Tabular digital dan trend untuk pengukuran unsur dan Kadar abu
Kalkulasi	Kadar abu
Waktu laporan hasil pengukuran	Maksimal 10 menit
Unsur atau variabel yang diukur	Ca, Ti, <i>Clay</i> , Basis Weight dan Moisture pada lembaran kertas.

3.5. Sub Sistem Deteksi

Sub sistem deteksi untuk *on-line analyzer* meliputi detektor sintilasi, catu daya tegangan tinggi, *pre-amplifier*, *Single Channel Analyzer* (SCA), *processor data transmitter*, *Converter* tegangan ke arus, dan *local display*. Sub sistem deteksi ini ditunjukkan pada Gambar 2 dan Gambar 3.



Gambar 2. Blok elektronik sub sistem deteksi *on-line analyzer* unsur dengan teknik XRF untuk detektor Nal(tl)

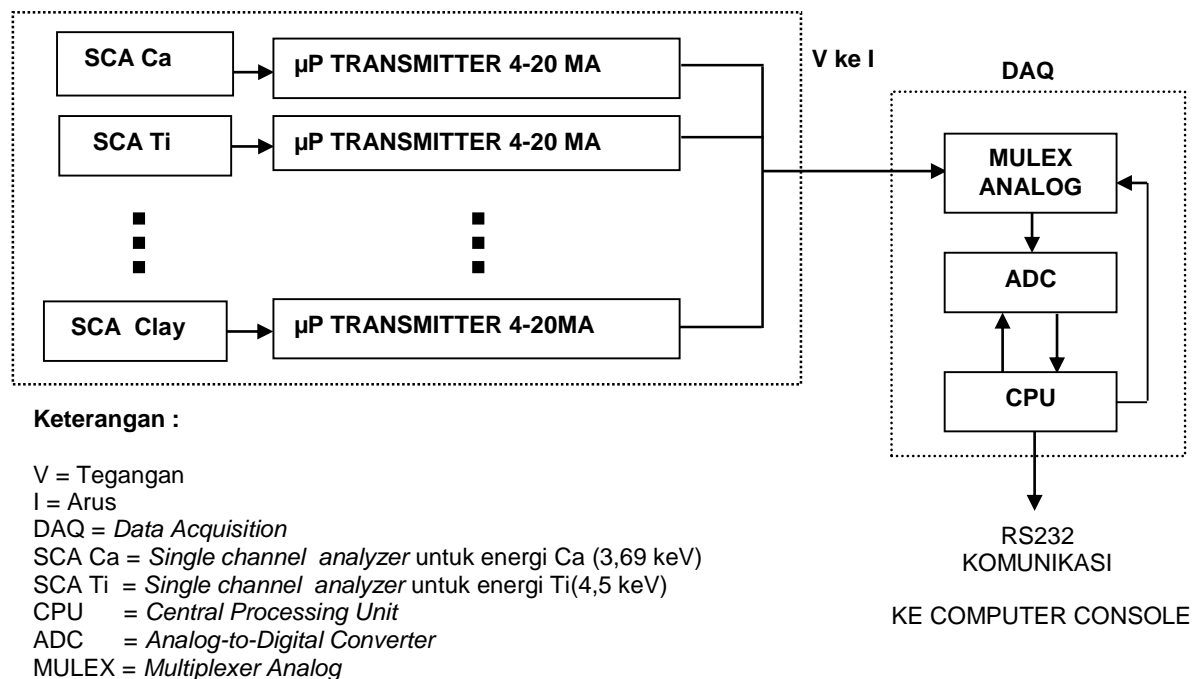


Gambar 3. Blok elektronik sub sistem deteksi *on-line analyzer* unsur dengan teknik XRF untuk detektor CdTe atau Silicon drift detector

Radiasi XRF yang dipancarkan oleh unsur-unsur yang ada dalam lembaran kertas akibat radiasi X-ray dideteksi oleh detektor CdTe atau *silicon drift detector* (SDD). Setelah diperkuat oleh *pre-amplifier*, sinyal hasil pengukuran diolah oleh mikroprosesor sistem deteksi dengan interval pengambilan cuplikan 100 mSec, di-filter dengan lebar *window* energi untuk unsur-unsur Ca, Ti, oleh SCA (*Single Channel Analyzer*). Sinyal keluaran dari SCA selanjutnya dicacah oleh pencacah 16 bit dan ditampilkan pada *local display*. Transmitter juga meneruskan sinyal tegangan ke sebuah *converter* yang mengubahnya secara linier menjadi tegangan DC 0-10 V serta ditransmisikan ke komputer akuisisi data (*DAQ computer console*) menggunakan *standard signal* 4-20 mA. Data pengukuran dari detektor yang diterima oleh DAQ kemudian dikomunikasikan ke sistem komputer *data logger* di *Control Room* menggunakan standar komunikasi RS232/RS422.

3.6. Sub Sistem Akuisisi Data

Diagram blok elektronika untuk sub sistem akuisisi data (*Data Acquisition*) perangkat *on-line analyzer* untuk pengukuran unsur TiO₂ dan CaCO₃ dengan teknik XRF ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Diagram Blok Elektronika Sub sistem Akuisisi

Keluaran signal listrik dari sistem deteksi (kristal NaI(tl)+PMT), CdTe, SDD+preamp akan dimasukkan ke sistem SCA dengan lebar *window* filter energi sesuai dengan unsur terkait. Jumlah pulsa listrik dari masing-masing radiasi gamma setiap unsur akan dihitung oleh modul processor transmitter 4-20 mA dan dikonversi menjadi sinyal arus listrik dengan *range* 4-20 mA. Setelah sinyal hasil pengukuran radiasi *X-ray* untuk masing-masing unsur berbentuk arus listrik, sinyal ini dikirim ke masukan sistem *analog-to-digital converter* (ADC) untuk dikonversi menjadi besaran digital yang kemudian ditransmisikan ke komputer *operator console data logger* melalui sarana komunikasi RS232/RS422.

3.7. Computer Console Operator

Komputer konsol operator terletak di ruang terpisah yang berjarak sekitar 100 meter dari sub sistem deteksi agar operator tidak terpapar oleh radiasi *X-ray* dan perangkat komputer terhindar dari lingkungan berdebu serta korosif. Melalui konsol operator dapat memonitor kualitas lembaran kertas yang diukur serta dapat melaporkan hasil pengukuran ke tingkat manajemen untuk tindakan lebih lanjut jika diperlukan. Contoh tabel data *output* yang ditampilkan pada komputer konsol ditunjukkan Gambar 5.

Waktu Sampling	Konsentrasi				
	Ca	Ti	BW	Moist	Ash
08.00					
08.02					
08.04					
08.06					
08.08					
08.10					
09.12					
08.14					
09.16					
09.18					
09.20					
09.22					

Gambar 5. Contoh tabel data output pada komputer konsol

4. KESIMPULAN

Kegiatan perancangan ini menghasilkan suatu desain dasar perangkat *on-line analyzer* unsur dengan teknik XRF untuk menentukan konsentrasi unsur Ti, Ca dan *Clay* menggunakan pemancar *X-ray* dari unsur ⁵⁵Fe dengan aktivitas 100 mCi. Pembuatan desain dasar perangkat ini diawali dengan penentuan persyaratan desain, persyaratan teknis, dan persyaratan fungsi yang mengacu pada *Standard The AccuRay 1190 2-Component and 3-Component Ash Sensor Manual 101766-011*, yang telah digunakan oleh pabrik kertas leces. Spesifikasi teknis, desain sub sistem deteksi, desain sub sistem data akuisisi, dan desain computer console operator juga telah dibuat. Kegiatan desain yang selanjutnya perlu dikerjakan adalah pembuatan desain rinci, konstruksi, dan pengujian skala lab serta skala lapangan dari perangkat *on-line analyzer* unsur dengan teknik XRF.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Atas terlaksananya kegiatan perancangan *on-line analyzer* unsur dengan teknik XRF ini, kami menyampaikan terima kasih kepada pihak Manajemen PRPN BATAN yang telah mengizinkan kami untuk melakukan peninjauan lapangan, Manajemen Pabrik Kertas

Trimitra Mandiri, terutama Bapak Setya Budhie, yang telah memberi kesempatan untuk peninjauan Unit 2 Mesin Kertas untuk memperoleh informasi teknis.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1]. M. Rozic, M. Rozmaric Macefat, V. Orescanin, "*Elemental analysis of ashes of office papers by EDXRF spectrometry*", Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B 229, Elsevier, 2005, halaman 117–122.
- [2]. Jeffrey G. Catalano, Brittany L. Huhmann, Yun Luo, dkk. "Metal Release and Speciation Changes during Wet Aging of Coal Fly Ashes", Article Environment Science and Technology, 2012, halaman, 11804–11812.
- [3]. Yurdakul, Ezgi; Taylor, Peter C.; and Ceylan, Halil, "The Application of X-Ray Fluorescence to Assess Proportions of Fresh Concrete" Civil, Construction and Environmental Engineering Conference Presentations and Proceedings. Paper 6., Iowa State University Digital Repository, 2012. http://lib.dr.iastate.edu/ccee_conf/6
- [4]. IAEA-TECDOC-1456 "In situ applications of X ray fluorescence techniques" IAEA, VIENNA, 2005.
- [5]. Rudolf Munch, "Paper and Board : 9. Control Systems for Paper Machines", Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, German, 2012.
- [6]. Breunis J. Kamphorst, "On-line analyzer reduces furnish cosh, improves additive control" Process Control, Papermaking Application, Sentrol System Ltd, Montreal, Quebec.
- [7]. Do Than Thao, " Studies on the abilities to make a paper ash sensor based on XRF principle," VAEC-AR 01/02—15, The Annual Report for 2001-2002, VAEC
- [8]. Radionuclide Safety Data Sheets, <http://web.stanford.edu/dept/EHS/prod/researchlab/radlaser/RSDS.html>, diakses 30 Juni 2016.
- [9]. X-123 Complete X-ray Spectrometer with CdTe Detector User Guide and Operating Instructions Amptek, Inc.14 DeAngelo Dr.Bedford, MA 01730
- [10]. AccuRay 1190 Sensor Procedures Manual, 101766-011, http://ftp.ruigongye.com/200808/operator_advant.pdf, diakses 24 Agustus 2016
- [11]. The AccuRay 1190 2-Component and 3-Component Ash Sensor Manual, 101766-011, [http://solutionsbank.abb.com/SBankData/S/LOC/Accuray/UserManuals/Smart Ash Sensor/MANUAL/MANUALS/195278G298607/3BUS208128R1001.pdf](http://solutionsbank.abb.com/SBankData/S/LOC/Accuray/UserManuals/SmartAshSensor/MANUAL/MANUALS/195278G298607/3BUS208128R1001.pdf), diakses 24 Agustus 2016