



Pengukuran basis *weight pulp* dengan Stronsium-90

ANISA DWI MAHARANI¹, HARLEM SIMARMATA², MIRZA YUSFRIZAL², RAMLAN^{1*}

¹ Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya, Sumatera Selatan 30862, Indonesia. ² PT. Tanjungenim Lestari Pulp & Paper, Banuayu, Rambang Dangku, Muara Enim, Sumatera Selatan 31172, Indonesia.

<p>Kata kunci: partikel beta (β), Stronsium-90, <i>basis weight</i>, efek Bremsstrahlung</p>	<p>ABSTRAK: Basis <i>weight</i> yang akurat dan konsisten dari produk kertas atau <i>pulp</i> sangat penting untuk memastikan kualitas dari produk yang dihasilkan. Penelitian ini bertujuan untuk mengukur basis <i>weight</i> menggunakan radiasi dan menganalisis pengaruh yang memengaruhi hasil ukurannya. Dalam pelaksanaannya, penelitian ini dilakukan selama tiga bulan di PT. Tanjungenim Lestari dengan menggunakan metode kausal komparatif. Data yang diambil berupa pengukuran menggunakan radiasi Stronsium-90 (β) dan data yang dihitung secara manual oleh laboratorium. Hasil penelitian menunjukkan kedua data yang didapatkan, terdapat perbedaan hasil ukur basis <i>weight</i>. Perbedaan hasil ukur aktual dengan data laboratorium disebabkan oleh pancaran radiasi yang diterima oleh detektor yang bersifat acak, sehingga partikel yang keluar dari inti belum tentu masuk seluruhnya ke detektor. Selain itu, perbedaan proses pengukuran juga memengaruhi hasil ukuran tersebut, dimana pada data aktual, basis <i>weight</i> diukur menggunakan <i>instrument</i> ABB Scanner NP-1200.</p>
<p>Keywords: beta (β) particles, Strontium-90, basis weight, Bremsstrahlung effect</p>	<p>ABSTRACT: Accurate and consistent basis weight of a paper or pulp product is essential to ensure the quality of the product. This study aims to measure basis weight using radiation and analyze the influences that affect the measurement results. This study was conducted for three months at PT Tanjungenim Lestari using the comparative causal method. Data taken in the form of measurements using Strontium-90 (β) radiation and data calculated manually by the laboratory. The results showed that the two data obtained, there were differences in the results of measuring the basis weight. The difference between the actual measurement results and the laboratory data is caused by the radiation received by the detector which is random, so that the particles coming out of the core do not necessarily enter the detector entirely. In addition, differences in the measurement process also affect the size results, where in the actual data, the basis weight is measured using the ABB Scanner NP-1200 instrument.</p>

1 PENDAHULUAN

Radiasi adalah pancaran energi yang melalui materi atau ruang dalam bentuk partikel atau gelombang [1]. Pada industri penggunaan radiasi yang umum adalah jenis radioisotop [2]. Radioisotop merupakan merupakan suatu isotop yang bersifat tidak stabil sehingga akan memancarkan suatu energi radioaktif untuk mencapai bentuk stabilnya [3]. Salah satu jenis radioisotop yang dipakai dalam bidang industri adalah Strontium-90. Strontium-90 atau ⁹⁰Sr adalah salah satu radionuklida pemancar beta utama yang ditemukan di situs penonaktifan nuklir. Salah satu sumber bahan Stronsium-90 ini didapat suatu operasi reaktor, pembuangan sampah radioaktif, jatuhnya debu radioaktif percobaan peledakan nuklir maupun pencemaran oleh instalasi

yang menggunakan radionuklida. Secara kimiawi ⁹⁰Sr mirip dengan sesama kalsium logam alkali tanah. Dengan waktu paruh 28,1 tahun, Sr-90 dapat mencemari air tanah, karena deposisi Sr-90 terjadi baik di daratan maupun di perairan [4][5].

Partikel beta (β) adalah suatu partikel yang memiliki massa yang sama dengan elektron dengan massa dari partikel beta lebih kecil daripada partikel alpha (α) sehingga ionisasinya menjadi lebih kecil. Akibatnya daya tembus atau jangkauan udaranya \pm 1m untuk energi radiasi sebesar 0,5 MeV dan 10m untuk 3MeV [6]. Peluruhan beta (β) menghasilkan nuklida baru yang mempunyai nomor massa sama dengan radionuklida awalnya (berupa isobar radionuklida sumbernya). Karena itu massa peluruhan beta dapat diabaikan [7]. Peluruhan beta dapat berupa beta positif (e^+) atau beta negatif

* Corresponding Author: email: ramlan@unsri.ac.id

(e⁻) maupun penangkapan elektron. Saat partikel beta berinteraksi dengan materi arah pergerakan partikel nya akan berubah atau berbelok. Hal tersebut diakibatkan massa partikel beta yang bermassa 8.000 kali massa cahaya [8]. Saat melakukan interaksi dengan materi partikel beta memiliki dua cara yaitu pendekatan dengan bremstahlung, pendekatan ini terjadi saat partikel beta memasuki wilayah sekitar inti atom dan karena adanya gaya coulomb yang menarik partikel tersebut [6]. Efek ini merupakan suatu efek yang terjadi ketika radiasi beta (β) dibelokkan atau perlambat oleh inti atom yang bermuatan positif sehingga memancarkan radiasi gelombang elektromagnetik. Pendekatan selanjutnya yaitu ionisasi, Menurut ensiklopedi nuklir nasional (BATAN), ionisasi adalah suatu materi yang terdiri dari atom dan molekul. Pada saat radiasi melewati materi tersebut, maka sebagian atau seluruh energi radiasinya akan berpindah sebab terjadinya penyerapan dan hamburan. Dengan demikian energi radiasinya menjadi berkurang. [9].

Basis *weight* merupakan suatu *variable* yang dipakai untuk standar acuan dari hasil produksi di industri *pulp* dan kertas, terutama untuk pabrik yang memiliki standar berat *pulp* (*gramature*) diatas 1000 g/m^2 [10]. Basis *weight* ditentukan berdasarkan dispersi serat. Selain itu komposisi dari basis *weight* juga dipengaruhi oleh rasio air yang dipakai dalam pengenceran saat membuat *pulp* [11]. Jadi pengertian dari basis *weight* ialah berat dasar *pulp* atau kertas dari produk tersebut yang belum dikurangi dengan kadar *moisture* atau air dari bahan tersebut [10][12]. Basis *weight* yang diukur berdasarkan metoda transmisi-absorpsi pancaran radioisotop beta dengan rumus :

$$I = I_0 e^{-\mu x} \rightarrow \ln I = \ln I_0 - \mu x$$

Dengan asumsi nilai $\ln I_0$ dan μ adalah konstanta. Keterangan: I_0 = intensitas radiasi beta sebelum diabsorpsi kertas I = intensitas radiasi beta setelah diabsorpsi oleh kertas μ = konstanta atenuasi massa untuk kertas, x = berat kertas per satuan luas (g/m^2) [10].

Dari persamaan tersebut didapatkan hubungan linear antara berat material kertas atau *pulp* per-satuan luas dengan logaritmik intensitas radiasi beta yang terabsorpsi oleh material kertas [10].

Untuk memudahkan penghitungan basis *weight* pada bidang industri, dibuatlah suatu alat untuk menghitung basis *weight* secara otomatis. Salah satunya adalah ABB Scanner NP 1200. ABB Scanner NP 1200 dapat mengukur basis *weight* dengan jenis detektor tabung ion didalamnya

(Geiger Muller) [13]. Dalam pengukuran radiasi digunakan detektor, salah satu nya detektor geiger muller. Detektor Geiger muller memiliki jendela tipis yang dibuat sebagai tempat masuknya radiasi. Ketika elektron dari radiasi masuk, akan terjadi ionisasi dalam tabung karena radiasi berinteraksi dengan gas dalam detektor. Setelahnya elektron dalam detektor Geiger Muller akan mengalami eksitasi yang menyebabkan elektron kembali ke keadaan dasarnya [14][15].

2 BAHAN DAN METODA

Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan tanggal 11 januari 2023 sampai dengan 10 february 2023 pada PT.Tanjungenim Lestari Pulp And Paper, Departement Electrical Instrument- DCS di Area *Pulp Machine*.

Prosedur Penelitian

Dalam penelitian ini digunakan instrument ABB Scanner NP-1200 dengan spesifikasi sensor bertipe BW tipe TLS-1 dan bahan berupa sumber radioaktif Stronsium-90 dan *pulp* padat.



Gambar 1 ABB Scanner NP1200 [12].

ABB Scanner NP1200 akan mulai mengukur secara otomatis ketika *pulp* melewatinya. Hal tersebut dikarenakan pada ABB Scanner NP1200 dilengkapi oleh sensor BW yang akan merespon otomatis *pulp* yang melewatinya. Saat *pulp* melewati ABB Scanner NP1200 pengukuran berlangsung, dengan sensor merespon dan sumber (source) radioaktif berupa stronsium-90 akan memancarkan sinar beta secara acak. Saat inilah pancaran beta tersebut menembus *pulp* dan pancaran beta yang dideteksi oleh detektor di atasnya akan berbanding terbalik dengan basis *weight* dari *pulp*. Artinya semakin tebal *pulp* yang melewatinya maka akan semakin kecil pancaran beta yang terdeteksi.

Analisa

Pada penelitian ini digunakan metode kuantitatif yang berdasar pada filsafat *positivisme*. Salah satu metode kuantitatif yang akan digunakan ialah me-

tode Kausal Komparatif. Metode penelitian kausal komparatif merupakan salah satu dari beberapa metode penelitian kuantitatif. Dimana metode tersebut dipakai untuk mengevaluasi hubungan sebab-akibat dari suatu permasalahan. Prinsip kerja metode penelitian kuantitatif berjenis kausal komparatif dilakukan dengan cara pengamatan terhadap akibat yang ada dengan mencari faktor-faktor penyebabnya. Prosesnya meliputi identifikasi pengaruh suatu variabel terhadap variabel lainnya.

Saat proses pengukuran pancaran radiasi akan dikonversi menjadi sinyal elektronik, sebelum sinyal tersebut dijadikan hasil ukur. Untuk konversi sinyal radiasi menjadi sinyal elektronik, tegangan bias dari catu daya eksternal akan melewati ruang ionisasi yang membuat ion melewati gas elektroda dan menghasilkan arus listrik. Jumlah arus listrik yang dihasilkan akan sebanding dengan jumlah radiasi yang menuju detektor. Detektor kemudian akan menghasilkan frekuensi pada waktu tertentu yang akan dikirimkan berupa sinyal. Sinyal tersebut nantinya akan diubah oleh *amplifier*. *Amplifier* juga berfungsi sebagai elektrometer. Elektrometer merupakan suatu inversi logaritmik dari proses basis *weight*. Jika dalam proses tidak terdapat pengukuran maka *output* yang keluar akan tinggi [13]. Pernyataan tersebut sejalan dengan teori yang dipakai, jika pada saat radiasi melewati materi tersebut, maka sebagian atau seluruh energi radiasinya akan berpindah sebab terjadinya penyerapan dan hamburan. Dengan demikian energi radiasinya menjadi berkurang [10]. Energi radiasi sisa hamburan dan penyerapan inilah yang akan ditangkap oleh detektor *ABB Scanner*.

Kemudian pancaran radiasi akan dikonversi menjadi sinyal elektronik, sebelum sinyal tersebut dijadikan hasil ukur. Untuk konversi sinyal radiasi menjadi sinyal elektronik, tegangan bias dari catu daya eksternal akan melewati ruang ionisasi yang membuat ion melewati gas elektroda dan menghasilkan arus listrik. Jumlah arus listrik yang dihasilkan akan sebanding dengan jumlah radiasi yang menuju detektor. Detektor akan menghasilkan frekuensi pada waktu tertentu dan akan dikirimkan dalam bentuk sinyal selama proses.

3 HASIL

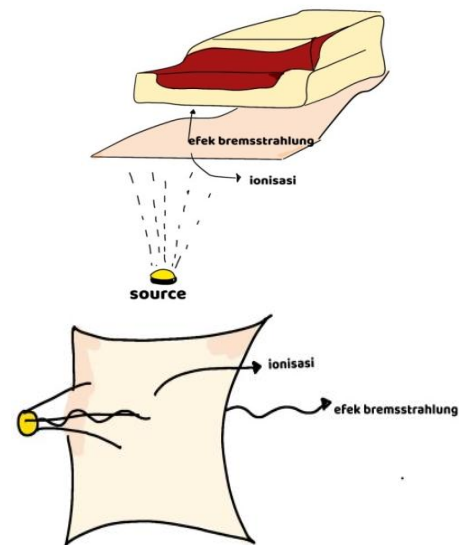
Berdasarkan pengukuran basis *weight* selama 19 jam oleh *ABB Scanner NP1200* dibuatlah data sebagai berikut:

Tabel .1 Data Hasil Pengukuran *ABB Scanner NP1200* (Aktual) dan Data Pengukuran Lab.

NO	Waktu (Jam)	Data Lab	Data Aktual
1	6:00	1156	1165
2	7:00	1166	1170
3	8:00	1142	1154
4	9:00	1169	1154
5	10:00	1140	1143
6	11:00	1134	1158
7	12:00	1146	1150
8	13:00	1146	1163
9	14:00	1151	1143
10	15:00	1140	1154
11	16:00	1146	1171
12	17:00	1155	1166
13	18:00	1146	1161
14	19:00	1142	1169
15	20:00	1148	1158
16	21:00	1145	1160
17	22:00	1141	1164
18	23:00	1139	1162
19	24:00	1145	1147

Sumber : Dokumen *Instrument DCS* dan *Laboratorium PT. Tanjungenim Lestari Pulp and Paper*.

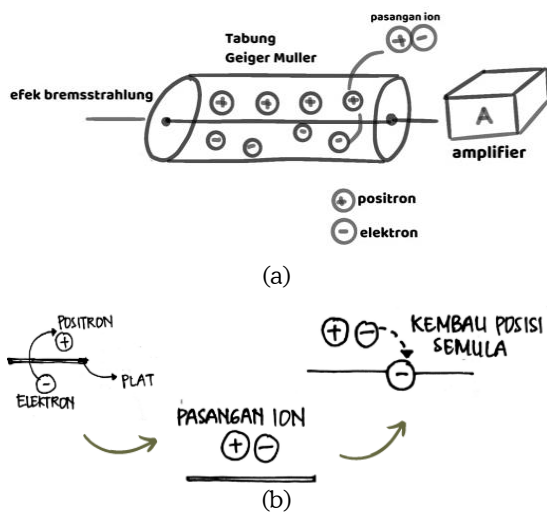
4 PEMBAHASAN



Gambar 2 Interaksi antara materi dan partikel sinar (β). (Sumber: Dokumentasi Pribadi)

Stronsium-90 sebagai jenis radioaktif yang memancarkan partikel beta (β), secara teori akan mengalami ionisasi dan efek bremsstrahlung saat berinteraksi dengan materi [10]. Saat *source* (sumber radioaktif) memancarkan radiasi nya melewati *pulp* padat (bubur kertas), sebelum pancaran sinar tersebut menembus *pulp*, partikel beta (β) akan mengalami ionisasi. Ionisasi terjadi agar saat pancaran beta keluar permukaan *pulp* (bubur kertas). Sehingga pancaran tersebut akan

stabil dan dapat dihitung besarnya. Selanjutnya ketika sinar beta (β) telah stabil, partikel beta akan memasuki wilayah disekitar inti atom dan tertarik masuk kedalam inti atom sehingga partikel beta terdefleksi dari lintasan semula. Akibat defleksi lintasan, partikel beta mengalami pelepasan partikelnya ke medium. Perbelokan dan pelepasan partikel ke medium tersebut disebut sebagai efek bremsstrahlung [6]. Akibat dari efek bremsstrahlung menyebabkan sinar beta (β) akan mengalami perlambatan. Sisa energi dari partikel tersebut kemudian akan terpancar keluar dan ditangkap oleh detektor.



Gambar 3 (a) Tabung Detektor, (b) Analogi penyerapan partikel beta. (Sumber: Dokumentasi Pribadi)

Detektor yang dipakai oleh ABB scanner NP-1200 berupa detektor dengan tabung ion di dalamnya (geiger muller) [13]. Prinsip kerja dari detektor GeigerMuller, ketika radiasi (partikel beta) memasuki detektor, selanjutnya radiasi tersebut akan mengionisasi gas dalam tabung dan menghasilkan ion-ion positif dan ion-ion negatif (elektron) yang sebanding dengan intensitas. Selanjutnya, ion-ion tersebut bergerak menuju elektroda yang sesuai (katoda atau anoda) dan menimbulkan pulsa tegangan listrik [16]. Pada saat pengamatan sisa energi yang ditangkap detektor, selanjutnya akan menumbuk atom-atom gas (helium) sehingga atom gas akan melepaskan elektron. Elektron yang terlepas tersebut akan ditarik menuju anoda. Pelepasan elektron tersebut menyebabkan atom gas berubah menjadi ion positif dan menetap pada katoda. Peristiwa pelepasan ion ini terjadi secara singkat dan terus menerus. Setiap radiasi masuk dan terdeteksi oleh detektor, radiasi tersebut akan langsung ter-ionisasi dengan atom-atom atau molekul-molekul gas dalam tabung, hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Azam dkk., pada 2007 [17]. Selanjutnya elektron

dan positron tersebut akan membentuk pasangan elektron. Pasangan elektron inilah yang dapat menjadi indikasi untuk detektor mengetahui karakteristik dan sifat pasangan elektron-positron untuk mengukur energi yang hilang saat berinteraksi dengan materi.

Proses pengukuran pada ABB Scanner, pancaran radiasi akan dikonversi menjadi sinyal elektronik, sebelum sinyal tersebut dijadikan hasil ukur. Saat konversi sinyal radiasi menjadi sinyal elektronik, tegangan bias dari catu daya eksternal akan melewati ruang ionisasi yang membuat ion melewati gas elektroda dan menghasilkan arus listrik. Jumlah arus listrik yang dihasilkan akan sebanding dengan jumlah radiasi yang menuju detektor. Detektor akan menghasilkan frekuensi pada waktu tertentu dan akan dikirimkan dalam bentuk sinyal selama proses. Sinyal yang dikirimkan oleh detektor kemudian akan diubah oleh amplifier. Amplifier juga berfungsi sebagai elektrometer. Elektrometer ini merupakan suatu inversi logaritmik dari proses basis *weight*. Jika dalam proses tidak terdapat pengukuran atau tidak ada *pulp* yang melewati alat ABB, maka *output* yang keluar akan tinggi [13]. Pernyataan tersebut sejalan dengan teori yang dipakai, jika pada saat radiasi melewati materi tersebut, maka sebagian atau seluruh energi radiasinya akan berpindah sebab terjadinya penyerapan dan hamburan. Dengan demikian energi radiasinya menjadi berkurang [10].

Untuk pengukuran data dari basis *weight* pada laboratorium, akan dihitung dengan cara manual. Prosedur yang dilakukan disesuaikan dengan standar ISO perusahaan dan dikalikan dengan faktor basis *weight* yang telah disediakan dari literatur pihak Laboratorium. Data lab digunakan sebagai data pembandingan data utama (aktual). Pada kedua data yang diambil terdapat perbedaan jumlah basis *weight*. Hal ini disebabkan oleh perbedaan proses pengukuran kedua data. Pada data aktual, basis *weight* diukur dengan menggunakan *instrument* (ABB Scanner NP-1200). Pada ABB Scanner NP-1200 pada daerah *pulp machine* menggunakan sensor bertipe TLS (*Terrestrial Laser Scanner*) 1 sebagai komponennya. Teknologi tersebut berupa survei dan pemetaan dengan pengindraan jarak jauh. ABB Scanner NP-1200 akan mengukur jarak dari alat ke objek dan *point cloud* nya. Pancaran sinar radioaktif ini sangat bergantung dengan karakteristik dari *pulp* (bubur kayu) yang diukur dan banyaknya radiasi yang ditangkap oleh detektor [18]. Hasil yang didapat dari lab sudah mendekati nilai pengukuran alat. Sehingga data yang dipakai masih masuk dalam standar kualitas yang ditentukan PT. Tanjung Enim Lestari.

5 KESIMPULAN

Dari data yang didapatkan, terdapat perbedaan hasil ukur aktual dengan hasil data laboratorium. Hal ini dipengaruhi oleh pancaran radiasi yang diterima oleh detektor. Pancaran radiasi bersifat acak sehingga partikel yang keluar dari inti belum tentu masuk seluruhnya ke detektor. Perbedaan proses pengukuran juga memengaruhi hasil ukur tersebut. Pada data aktual, basis *weight* diukur dengan menggunakan *instrument* (ABB Scanner NP-1200). Meski begitu pengukuran dalam penelitian ini masih masuk dalam standar kualitas yang ditentukan oleh PT. Tanjung Enim Lestari.

REFERENSI

- [1] Asriwati. *Fisika Kesehatan Dalam Keperawatan*. Yogyakarta : Deepublish, 166 pp. 2017.
- [2] I. Suparman., dan H. Lubis. "Pengembangan Dan Pembedayaan Produk Isotop". *Jurnal Radioisotop dan Radiofarmaka*. vol. 11, no. 1, pp. 42., 2009.
- [3] Islamiyati, R.R., dan Halimah, E. "Review : Tinjauan Pustaka Mengenai Karakteristik Radioisotop Yang Digunakan Pada Pembuatan Radiofarmaka". *Jurnal Farmaka*. vol. 16, no. 1, pp. 222., 2018.
- [4] Turkington ,G., Gamage ,K.A.A., And Graham ,J. "Beta Detection Of Strontium-90 And The Potential For Direct In Situ Beta Detection For Nuclear Decommissioning Applications". *Journal Nuclear*. vol. 911, no. 1, pp. 6-7., 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.nima.2018.09.101>.
- [5] Hamdani, N., Suratman, Sardjono, I.D. " Teknik Pemisahan Kimia Sr-90 Dalam Air Tanah Sebagai Metoda Baku Analisis Radioaktivitas Lingkungan" . *Prosiding Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Penelitian Dasar Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Nuklir P3TM-BATAN*. BATAN. 2019.
- [6] Ariyanto, S. "Perhitungan penahan radiasi alpha, beta dan gamma". 1998, pp. 29.
- [7] Sunarjo, S. *Radioisotop dan Radiofarmaka*. Jakarta : PPIN-BATAN, 43 pp. 2013.
- [8] Iswadi. *Buku Daras Pendidikan Fisika Inti*. Makasar : Alaudin University Press, 54 pp. 2012.
- [9] Batan. 2001. *Interaksi Radiasi dengan Materi (Proses Dasar)* [online]. Avalaible : interaksi radiasi dengan materi (proses dasar) (batan.go.id).
- [10] Batan. "Sistem Pengukuran Basis Weight (Grammatur) Dan Monitor". *Prosiding- Pertemuan Ilmiah Nasional Rekayasa Perangkat Nuklir*. BATAN. 2007.
- [11] Shan, W.J., and Tang, W. "Effect of Dilution Water on Pulp Consistency in Cross Dirrectional Basis Weight Control. *Journal of Korea TAPI*. vol. 51, no. 2, pp. 4., 2019.
- [12] Wang, B., Tang, W., Dong, J., and Wang, F. *Positioning-control Based on Trapezoidal Velocity Curve for High-precision Basis Weight Control Valve*. *Journal PBM Basis Weight Control Valve*. vol. 2, no. 2, pp. 43., 2017.
- [13] Murray ,P., And Tiggs ,P. *Accuray 1190™ Basis Weight Sensors Manual (TLS-5, TLK-T, TLK-8, TLP-1,TLP-2, And TLS-1)*. USA : Technical Publications Department Of The Pulp And Paper Division, 4, 19-20 pp. 1996.
- [14] Cherry, S.R., Sorenson, J.A., and Phelps, M.E. *Physics in Nuclear Medicine*. USA : Elseiver Science, 94 pp. 2003.
- [15] Maulany, G.J., dan Manggau, F.X. *Radiation Detection Of Alfa, Beta, and Gamma Rays With Geiger Muller Detector*. *International Journal of Mechannical Engineering and Technologi (IJMET)*. vol. 9, no. 11, pp. 22., 2018.
- [16] Hariyanto, D., dan Permana, S. "Studi Intensitas Radiasi Menggunakan Survey Meter Berbasis Tabung Geiger M4011 dan Mikrokontroler Arduino Uno". *Prosiding Simposium Nasiona; Inovasi dan Pembelajaran Sains*. Institut Teknologi Bandung. 2019.
- [17] Azam ,M.F., Hilyana ,S., Dan Setiawan, E. "Penentuan Efisiensi Beta Terhadap Gamma Pada Detektor Geiger Muller". *Jurnal Sains dan Matematika*. vol. 15, no. 2, pp. 73-74., 2007.
- [18] Jorena dkk. *Buku Eksperimen Fisika II*. Indralaya : Universitas Sriwijaya, 7 pp. 2022.