

KAJIAN TEKNOLOGI INSTRUMEN UNTUK ANALISIS PLASTIK SINTILASI BERBASIS POLISTIRENA

Abdul Jami, Hafni Lissa Nuri, Hana Subhiyah
Pusat Rekayasa Fasilitas Nuklir – BATAN
Gedung 71 Kawasan Puspiptek Serpong, Tangerang Selatan 15314
abduljami@batan.go.id

ABSTRAK

KAJIAN TEKNOLOGI INSTRUMEN UNTUK ANALISIS PLASTIK SINTILASI BERBASIS POLISTIRENA. Plastik Scintilasi dengan bahan dasar polistirena merupakan salah satu komponen dari portal monitor radiasi sebagai detektor. Prinsip dasar detektor plastik sintilasi ini mengubah energi radiasi menjadi cahaya ultraviolet dan menjadi cahaya tampak berupa kilau cahaya ungu pada rentang panjang gelombang 400 ~ 500 nm, yang kemudian diubah lagi menjadi sinyal listrik oleh photomultiplier tube. Kajian teknologi instrumen untuk analisis plastik sintilasi sebagai detektor telah dilakukan terhadap Spektrofotometer UV-Vis, Spektrofotometer Emisi Atom, dan Photomultiplier Tube (PMT). Spektrofotometer UV-Vis, dan Spektrofotometer Emisi Atom menggunakan sumber cahaya ultraviolet atau cahaya tampak, sehingga yang berfungsi hanyalah dopan sekunder, sedangkan dopan primer tidak berfungsi. Sementara itu photomultiplier tube berfungsi untuk menguji kemampuan plastik sintilasi mendeteksi sinar gamma berdasarkan sinyal listrik yang ditimbulkan. Sinyal listrik yang ditimbulkan menunjukkan bahwa dopan primer maupun dopan sekunder yang berada di dalam plastik sintilasi sebagai shifter gelombang berfungsi dengan baik karena mampu mengubah radiasi sinar gamma menjadi gelombang cahaya tampak dan dapat membedakan dua energi dari dua sumber radiasi sinar gamma yang berbeda. Jadi Photomultiplier Tube digunakan untuk menganalisis kemampuan plastik sintilasi mendeteksi radiasi sinar gamma, dan untuk mengukur panjang gelombang cahaya kilau plastik sintilasi digunakan Spektrofotometer UV-Vis atau Spektrofotometer emisi atom.

Kata kunci: Photomultiplier Tube, Plastik Sintilasi, Spektrofotometer, Dopan, Shifter

ABSTRACT

STUDY OF INSTRUMENT TECHNOLOGY FOR ANALYSIS OF PLASTIC SYNTILATION POLYSTYRENE BASED. Scintillation plastic made of polystyrene is one components of the radiation portal monitor as a detector. The basic principle of this scintillation plastic detector is to convert radiation energy into ultraviolet light and into visible light in the form of a purple light in the wavelength range of 400 ~ 500 nm, which is then converted into an electrical signal by a photomultiplier tube. Studies on instrument technology for the analysis of scintillated plastics as detectors have been carried out on UV-Vis Spectrophotometer, Atomic Emission Spectrophotometer, and Photo Multiplier Tube (PMT). UV-Vis Spectrophotometer and Atomic Emission Spectrophotometer use an ultraviolet light source or visible light, so that only the secondary dopant works, whereas the primary dopant does not work. Meanwhile, the photomultiplier tube is used to test the ability of scintillated plastics to detect gamma rays based on the electrical signal generated. The electrical signal generated indicates that the primary and secondary dopants are functioning properly because they are able to convert gamma radiation into visible light waves. So the Photo Multiplier Tube is used to analyze the ability of scintillated plastics to detect gamma ray radiation, and to measure the wavelength of the scintillated plastic scintillation light using UV-Vis Spectrophotometer or Atomic Emission Spectrophotometer.

Keywords: design, Photomultiplier Tube, Scintillation Plastic, Spectrophotometry, Dopan, Shifter

1. PENDAHULUAN

Plastik sintilasi berbasis polisterina merupakan salah satu detektor radiasi yang digunakan untuk mendeteksi adanya pancaran radiasi sumber radioaktif baik dalam bentuk radiasi pengion maupun radiasi neutron. Prinsip dasar detektor plastik sintilasi ini menyerap energi radiasi dan memancarkan kembali dalam bentuk cahaya tampak yaitu berupa kilau pada rentang panjang gelombang 400 ~ 500 nm, yang kemudian diubah lagi ke dalam sinyal listrik oleh *photomultiplier tube* (PMT)^[1].

Bahan dasar untuk pembuatan plastik sintilasi yang digunakan untuk detektor radiasi yaitu polisterina, PTP dan POPOP. Polisterina adalah bahan utama yang berfungsi sebagai media kilau, sedangkan PTP dan POPOP sebagai bahan aditif yang berfungsi sebagai *shifter* energi radiasi yang mengubah panjang gelombang pendek menjadi cahaya tampak dengan panjang gelombang yang lebih panjang. Polisterina digunakan sebagai bahan utama media kilau karena ia didapat dan mudah difabrikasi, dan dapat dibuat dalam dimensi yang besar, sehingga sangat sesuai untuk digunakan pada perangkat Portal Monitor Radiasi (PMR)^[2].

Polisterina yang telah dicampur dengan bahan aditif PTP dan POPOP dengan perbandingan dan pencampuran bahan-bahan tersebut pada komposisi dan suhu tertentu akan menghasilkan plastik bening transparan yang dapat berkilau jika dikenai radiasi dari sumber radioaktif, sinar ultraviolet maupun sinar ungu, sehingga ia dikenal dengan nama plastik sintilasi. Kilauan plastik sintilasi ini jika dikenai sinar radiasi memiliki panjang gelombang dengan rentang 400 ~ 500 nm untuk dapat digunakan sebagai detektor radiasi, sehingga perlu dilakukan analisis dengan instrument yang dapat mengetahui panjang gelombang cahaya kilau dan daya deteksi radiasi sinar gamma dari plastik sintilasi tersebut. Tujuan penulisan makalah ini adalah membahas tentang kajian teknis instrument yang digunakan untuk analisis hasil percobaan pembuatan plastik sintilasi

2. DASAR TEORI

2.1. Gelombang Elektromagnetik

Gelombang elektromagnetik adalah gelombang transversal yang merambat tanpa medium dan membawa energi dalam bentuk medan magnet dan medan listrik. Gelombang elektromagnetik dimulai dari energi tertinggi yang terdiri dari sinar gamma, sinar-x, sinar ultraviolet, sinar tampak, sinar inframerah, gelombang mikro, dan gelombang radio. Bagian gelombang elektromagnetik yang menjadi pembahasan dalam makalah ini adalah sinar gama, sinar ultraviolet dan ungu atau biru.

Radiasi sinar gama merupakan gelombang elektromagnetik dengan energi tertinggi yang berada pada range frekuensi 10^{17} – 10^{21} kHz dengan panjang gelombang $<10^{-3}$ nm. Sinar ultraviolet memiliki energi lebih rendah dengan rentang (*range*) frekuensi 10^{12} – 10^{14} kHz dan panjang gelombang 1 nm – 400 nm^[3]. Sinar ungu merupakan sinar monokromatik dan termasuk dalam golongan sinar tampak yang memiliki rentang panjang gelombang 400 – 450 nm.

Sinar ultraviolet dan sinar ungu ini dimanfaatkan untuk analisa awal hasil pembuatan plastik sintilasi secara visual, sedangkan radiasi sinar gamma untuk analisa lanjutan dengan perangkat Photomultiplier Tube (PMT). Sinar gamma yang berasal dari sumber radioaktif dimanfaatkan untuk menganalisis kemampuan plastik sintilasi menyerap dan memancarkan kembali sinar gamma dalam bentuk cahaya tampak yaitu cahaya ungu. Untuk itu diperlukan instrument yang mampu mengukur panjang gelombang kilau yang dipancarkan oleh plastik sintilasi dan instrument pengubah cahaya ungu menjadi sinyal listrik.

2.2. Plastik Sintilasi Berbasis Polisterina

Plastik sintilasi dengan bahan dasar polisterina (PS) termasuk dalam golongan sintilator organik dan polisterina sebagai media kilau. Sintilator ini dapat digunakan untuk mendeteksi radiasi gamma, beta, alfa dan neutron cepat^[4]. Bahan aditif yang digunakan adalah p-terphenyl (PTP) yang dikenal sebagai dopan primer dan POPOP sebagai dopan sekunder. Kedua bahan tersebut berfungsi sebagai shifter dengan karakteristik masing-masing, yaitu PTP mengubah energi radiasi sinar gamma dengan panjang gelombang pendek menjadi sinar ultraviolet, sedangkan POPOP mengubah gelombang sinar ultraviolet menjadi cahaya tampak yang ditransmisikan sebagai berkas cahaya monokromatik dengan panjang gelombang yang lebih panjang yaitu daerah cahaya ungu dengan panjang gelombang 410 nm. Nilai ini yang harus diuji dan dianalisa terhadap produk plastik sintilasi yang akan digunakan sebagai detektor radiasi. Gambar 1 dan gambar 2 di bawah ini merupakan bahan dasar polisterina dan dopan primer p-terphenyl.



Gambar 1. Polisterina (PS)^[5]



Gambar 2. *p-Terpheny* (PTP)^[6]

3. TATA KERJA

Instrumen yang akan digunakan untuk analisis produk plastik sintilasi adalah Spektrofotometer dan Photo Multiplier Tube (PMT).

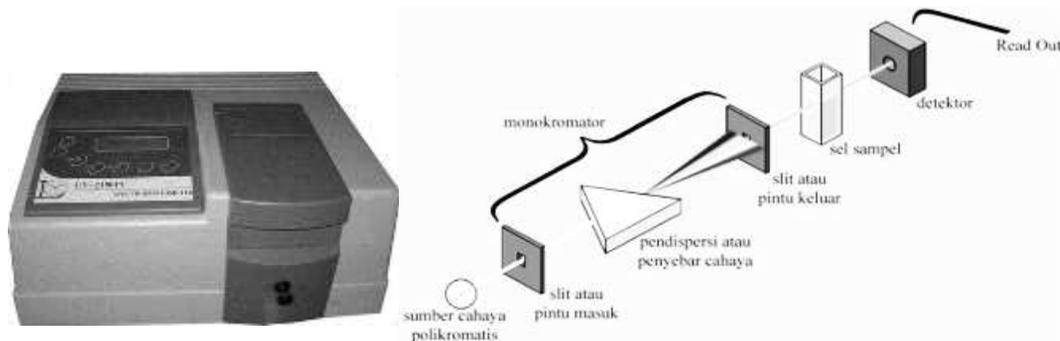
3.1. Spektrofotometer

Spektrofotometer adalah instrumen yang digunakan untuk mengukur energi secara relative jika energi tersebut ditransmisikan, direfleksikan atau diemisikan. Spektrofotometer terdiri dari dua komponen utama yaitu spektrometer sebagai penghasil sinar dari spektrum pada panjang gelombang tertentu dan fotometer sebagai pengukur intensitas cahaya yang ditransmisikan, diemisikan atau diabsorpsi^[8]. Jadi spektrofotometer merupakan instrument untuk mengukur panjang gelombang dan intensitas sinar yang diabsorpsi maupun yang diemisikan oleh sampel. Ada dua tipe spektrofotometer yang akan dijadikan sebagai kajian dalam makalah ini yaitu spektrofotometer UV-Vis Absorpsi dan spektroskopi Emisi Atom.

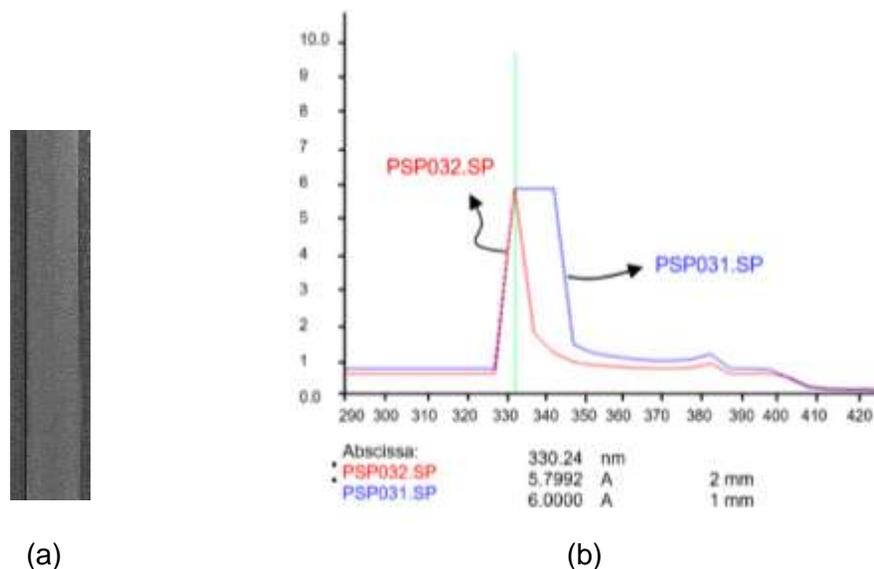
a. Spektrofotometer UV-Vis

Spektrofotometer UV-Vis dan peralatan didalamnya (Gambar 3) merupakan instrument pengukuran serapan cahaya yang bekerja pada daerah sinar ultraviolet (200 – 350 nm) dan daerah sinar tampak monokromatis (350 – 800 nm). Spektrofotometer ini menggunakan dua buah sumber cahaya yang berbeda yaitu sumber cahaya ultra violet dan sumber cahaya tampak. Untuk sampel yang akan dianalisis diukur serapan sinar ultra violet atau serapan sinar tampak^[7]. Hasil analisis sampel menunjukkan bahwa jumlah intensitas cahaya yang diserap sebanding dengan konsentrasi sampel jika sampel berupa larutan, dan sebanding dengan kandungan senyawa kimia dalam sampel jika sampel berupa padatan. Sinar yang ditransmisikan atau diabsorpsi adalah

cahaya tampak sehingga alat ini hanya digunakan untuk pengukuran panjang gelombang cahaya tampak yang diabsorpsi oleh sampel tersebut dalam hal ini adalah sampel plastik sintilasi hasil percobaan. Gambar 4.a adalah contoh sampel untuk analisis berupa pelat tipis yang pernah dibuat di PT. Intera Lestari Polimer - Balaraja dengan Ukuran yang digunakan $1 \times 3 \times 0,1$ cm sesuai dengan ukuran kuvet spektrofotometer UV-Vis yang digunakan. Gambar 4.b adalah grafik hasil analisis plastik sintilasi berupa panjang gelombang sinar yang diabsorpsi oleh sampel.



Gambar 3. Spektrofotometer UV-Vis [8]



Gambar 4. (a) Sampel Pelat Tipis Plastik Sintilasi
(b) Grafik Hasil Analisis Plastik Sintilasi Dengan Spektrofotometer UV-Vis.

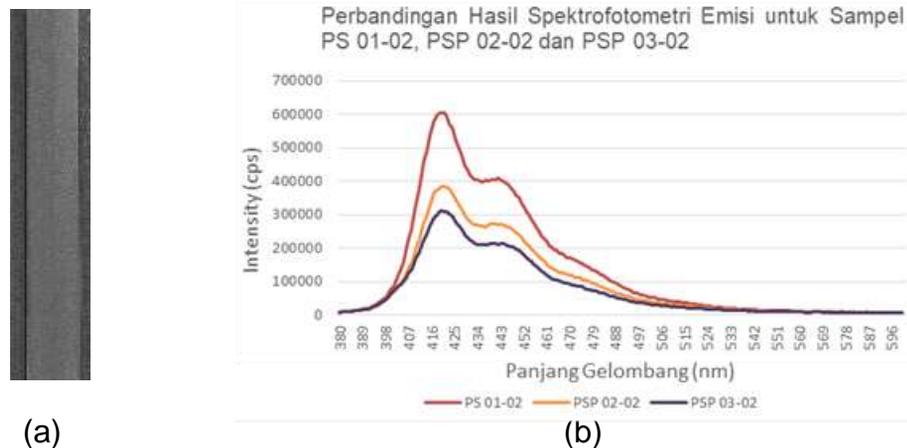
b. Spektrofotometer Emisi Atom

Spektroskopi emisi atom dan peralatan di dalamnya (Gambar 5) adalah instrumen yang digunakan untuk menentukan komposisi material yang terkandung dalam sampel. Prinsip kerja spektrofotometer emisi atom didasarkan pada cahaya yang diemisikan ketika elektron kembali ke tingkat dasar. Setiap sampel yang akan dianalisis pada prosesnya harus diatomkan terlebih dahulu. Untuk dapat menjadi atom, sampel dalam keadaan padat atau berupa cairan akan melalui proses pemanasan dengan menggunakan energi tinggi agar dapat melewati fase gas sebelum menjadi atom. Atom-atom akan tereksitasi ketika permukaan sampel menerima energi panas pada

proses pembakaran lokal. Eksitasi terjadi ketika elektron bertransisi dari tingkat energi rendah ke energi yang lebih tinggi, kemudian kembali ke keadaan dasar dengan memancarkan energi dalam bentuk sinar dengan panjang gelombang tertentu yang merupakan ciri dari suatu unsur. Jika kandungan unsurnya berbeda maka panjang gelombang yang diemisikan juga berbeda. Karena pancaran sinar yang diemisikan merupakan cahaya tampak, alat ini hanya untuk pengukuran panjang gelombang cahaya tampak yang diemisikan oleh sampel tersebut yaitu sampel plastik sintilasi. Gambar 6.a adalah contoh sampel untuk analisis berupa pelat tipis yang pernah dibuat di PT. Intera Lestari Polimer- Balaraja dengan ukuran yang digunakan $3 \times 3 \times 0,1$ cm sesuai dengan ukuran kuvet yang digunakan. Gambar 6.b adalah grafik hasil analisis plastik sintilasi berupa panjang gelombang sinar yang diemisikan oleh sampel



Gambar 5. Instrumen Spektrofotometri Emisi Atom^[9]

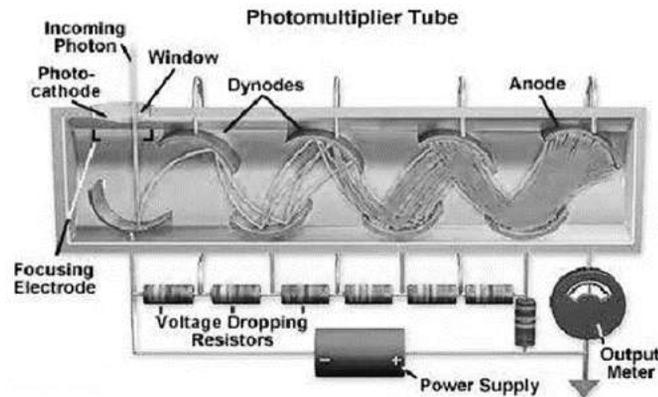


Gambar 6. (a) Sampel Pelat Tipis Plastik Sintilasi
(b) Grafik Hasil Analisis Plastik Sintilasi Dengan Spektrofotometri Emisi

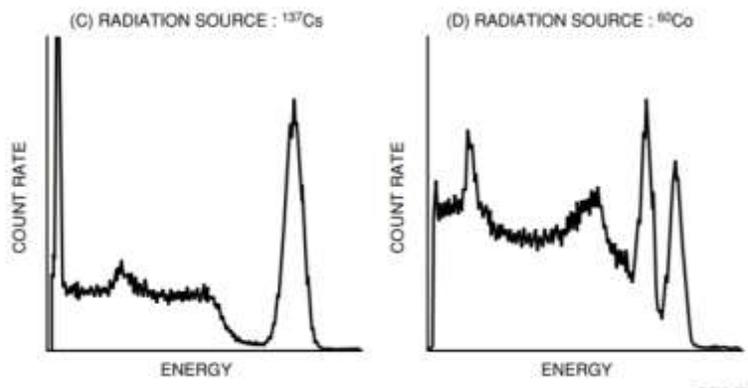
3.2. PMT

PMT atau Photomultiplier Tube (Gambar 7) adalah instrumen yang berfungsi sebagai detektor foton untuk mendeteksi cahaya tampak yang dipancarkan oleh plastik sintilasi dan mengubahnya menjadi sinyal listrik. Plastik sintilasi yang digunakan sebagai detektor akan menyerap energi radiasi sinar gamma yang melewatinya dan akan mengubah energi radiasi tersebut menjadi sinar tampak. Pada proses selanjutnya sinar tampak yang dipancarkan ini akan diubah menjadi sinyal listrik oleh perangkat PMT. Keberhasilan dari detektor plastik sintilasi dalam mendeteksi sinar gamma ditentukan oleh sinyal listrik yang dihasilkan oleh perangkat PMT yang

digambarkan dalam bentuk grafik di layar monitor^[4] seperti tampak pada Gambar 8 di bawah. Jadi alat ini sangat sesuai sebagai instrumen untuk analisis kemampuan plastik sintilasi sebagai detektor sinar gamma, namun instrumen ini tidak diperuntukkan untuk mengukur panjang gelombang dari sinar tampak yang diubah menjadi sinyal listrik



Gambar 7. Instrumen Tabung Pengganda Elektron^[10]



Gambar 8. Grafik Hasil Analisis Dengan Instrumen Tabung Pengganda Elektron^[11]

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kajian teknologi instrumen untuk analisis sampel plastik sintilasi telah dilakukan pada spektrofotometri UV-Vis maupun spektrofotometri emisi atom. Kedua instrumen ini menggunakan energi radiasi gelombang elektromagnetik dari sumber cahaya dan bukan dari sumber radiasi sinar gamma, sehingga sumber cahaya ini diubah menjadi cahaya tampak yang berupa kilau sinar ungu. Hal ini menunjukkan bahwa bahan aditif yang berfungsi sebagai shifter gelombang hanyalah dopan sekunder, sedangkan dopan primer sebagai shifter gelombang yang mengubah sumber radiasi sinar gamma menjadi cahaya ultraviolet tidak berfungsi. Pada instrumen spektrofotometri ini, hanya bahan aditif dopan sekunder dalam plastik sintilasi yang berperan mengubah sumber cahaya menjadi kilau sinar ungu dan sekaligus akan terukur panjang gelombangnya. Pada instrumen Photomultiplier Tube menggunakan energi radiasi gelombang elektromagnetik berupa radiasi sinar gamma yang berasal dari bahan radioaktif dan sekaligus sebagai obyek yang akan dideteksi keberadaannya. Sinyal listrik yang dihasilkan pada instrumen Photomultiplier Tube ini mengindikasikan bahwa di dalam sampel plastik sintilasi telah terjadi perubahan energi gelombang elektromagnetik dari sinar gamma menjadi cahaya ultraviolet oleh dopan primer kemudian menjadi cahaya

tampak oleh dopan sekunder dan menjadi pulsa listrik sebagai hasil akhir. Bahan aditif dopan primer maupun dopan sekunder yang berada di dalam sampel plastik sintilasi sebagai shifter gelombang telah berfungsi dengan baik dan mampu membedakan dua energi dari dua sumber radiasi gamma yang berbeda

5. KESIMPULAN

Telah dilakukan kajian terhadap ketiga instrumen yang meliputi spektrofotometri UV-Vis absorpsi, spektroskopi emisi atom, dan Photomultiplier Tube. Ketiga instrumen ini digunakan untuk analisis plastik sintilasi berbasis polisterina. Instrumen spektrofotometri yang digunakan untuk analisis baik spektrofotometer UV-Vis absorpsi maupun spektroskopi emisi atom hanya mengukur panjang gelombang cahaya kilau sinar ungu hasil dari shifter gelombang dopan sekunder, sehingga dopan primer sebagai shifter gelombang tidak berfungsi, karena sumber gelombang yang digunakan bukan sumber radiasi sinar gamma. Sedangkan Photomultiplier Tube dalam analisis sampel plastik sintilasi mampu menunjukkan respon dengan baik yang ditunjukkan dalam bentuk grafik yang tampak pada layar monitor. Hal ini menunjukkan bahwa dopan primer maupun dopan sekunder sebagai shifter gelombang yang berada dalam sampel plastik sintilasi keduanya berfungsi dengan baik. Jadi Photomultiplier Tube digunakan untuk menganalisis kemampuan plastik sintilasi untuk mendeteksi radiasi sinar gamma, sedangkan untuk mengukur panjang gelombang cahaya kilau plastik sintilasi digunakan Spektrofotometer UV-Vis atau Spektrofotometer emisi atom.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Cahyono, J. Triyanto, dan D. Handoyo, 2014, *Desain Dasar Portal Monitor Radiasi untuk Kendaraan*, PRIMA, vol. 11, no. 1, hal. 32-43.
- [2] A. pla-dalmau, et all, *Low-cost extruded plastic scintillator*, August 2000, Nucl. Instruments Methods Ohys. Res. Sect. A Accel. Spectrometers, Detect. Assoc. Equip., vol. 466, no. hal. 482 – 491.
- [3] https://id.wikipedia.org/wiki/Spektrum_elektromagnetik disadur tanggal 29 Juli 2021 jam 09:51
- [4] D. Kim, 2005, *Detector with Plastic Scintillators*, International Workshop on a Far Detector in Korea for the J-PARC Neutrio Beam, KIAS, Korea.
- [5] <https://www.indiamart.com/proddetail/polystyrene-granules-20898215633.html> disadur tanggal 15 September 2021 jam 13:17
- [6] <https://www.tradeindia.com/manufacturers/p-terphenyl.html> disadur tanggal 15 September 2021 jam 13:45
- [7] I Wayan Suarsa, 2015, *Spektroskopi*, Jurusan kimia Fakultas MIPA, Universitas Udayana.
- [8] [https://UV-Vis_Spectrophotometer_\(bppt.go.id\)](https://UV-Vis_Spectrophotometer_(bppt.go.id)) disadur tanggal 17 Desember 2020 jam 2:24
- [9] <https://www.slideshare.net/RidwanEfendi1/atomic-absorption-spectrophotometry-aas> disadur tanggal 15 September 2021 jam 11:31
- [10] <https://micro.magnet.fsu.edu/primer/digitalimaging/concepts/photomultipliers.html> disadur tanggal 15 September 2021 jam 12:42
- [11] https://www.hamamatsu.com/resources/pdf/etd/PMT_handbook_v3aE-Chapter7.pdf disadur tanggal 05 Agustus 2021 jam 11:30