

BAB 1

USULAN GAGASAN

1.1 Deskripsi Umum Masalah

Sinar tampak (Visible) adalah wilayah spektrum elektromagnetik yang panjang gelombangnya berkisar antara 380-750 nm. Ini adalah satu-satunya bagian dari spektrum elektromagnetik yang dapat dideteksi langsung oleh manusia tanpa bantuan alat. Cahaya ini memainkan peran penting dalam penglihatan, fotosintesis, dan berbagai aplikasi teknologi. Sumber utama cahaya tampak adalah Matahari. Selain Matahari, cahaya visible juga dihasilkan oleh benda-benda buatan seperti lampu dan layar elektronik. Sinar ultraviolet (UV) adalah wilayah spektrum elektromagnetik antara cahaya tampak dan sinar-X dengan panjang gelombang berkisar 100-400 nm. Sinar ultraviolet digolongkan menjadi UV A (380–315 nm) yang juga disebut "Gelombang Panjang", UV B (315–280 nm) yang juga disebut "Gelombang Medium", dan UV C (280-100 nm) yang juga disebut "Gelombang Pendek".

Energi sinar UV-Vis yang lebih tinggi mempunyai kemampuan untuk memindahkan elektron dari atom atau molekul, sehingga terbentuk radiasi ionisasi. Penyinaran matahari yang sedang, secara psikologi dan fisiologi menimbulkan rasa yang nyaman dan sehat, dapat merangsang peredaran darah, meningkatkan pembentukan hemoglobin, mensintesa vitamin D serta membunuh bakteri. Disamping manfaat tersebut, terdapat juga efek samping yang ditimbulkan apabila kulit terkena paparan radiasi sinar UV-Vis secara terus-menerus yakni akan mengalami perubahan struktur dan komposisi serta akan timbul oksidatif pada kulit yang selanjutnya mengakibatkan kerusakan mekanisme regenerasi dari sel-sel kulit.

Beberapa dampak buruk yang diterima akibat terpapar UV-Vis secara langsung dan berlebihan yaitu kulit akan terasa seperti terbakar, dapat menimbulkan eritema atau kondisi dimana kulit kaki mengalami kemerahan dan bengkak, menimbulkan penyakit katarak atau kondisi dimana mata tertutupi oleh selaput-selaput tertentu sehingga penglihatan menjadi berkabut bahkan terganggu, memicu pertumbuhan sel kanker terutama kanker kulit pada manusia, radiasi sinar UV A yang menembus dermis dapat merusak sel kulit, kulit kehilangan elastisitas, menyebabkan kerut pada bagian kulit, dan menyebabkan kanker kulit. Radiasi sinar UV-Vis yang paling banyak berpengaruh terhadap kulit yaitu radiasi sinar UV B, yang menyebabkan terjadinya photodamage pada kulit.

Beberapa bidang pekerjaan seperti ilmuwan dan peneliti yang bekerja di bidang penelitian medis, iklim, dan lingkungan memiliki urgensi yang besar untuk memperhatikan besar radiasi

UV-Vis yang diterima oleh tubuh karena paparan sinar UV-Vis yang berlebihan dapat memiliki konsekuensi serius bagi kesehatan dan keselamatan serta dapat melakukan penelitian dengan radiasi UV-Vis. Contohnya pada penelitian yang terjadi di BMKG mereka menggunakan radiasi UV-Vis sebagai salah satu cara untuk memperkirakan iklim di Indonesia saat itu dan melakukan pemantauan terhadap lapisan Ozon. Untuk kebutuhan penelitian dan mencegah dampak buruk terpapar radiasi UV-Vis ini perlu alat untuk mendeteksi radiasi ultraviolet atau detektor UV-Vis.

Pada saat ini detektor UV-Vis umumnya menggunakan bahan silikon. Detektor UV-Vis berbasis silikon memiliki sensitivitas dalam rentang panjang gelombang 100-300 nm dengan sensitivitas yang rendah karena celah energi Si hanya 1,1 eV. Karena itu dibutuhkan bahan detektor yang memiliki tingkat pendeteksian dan sensitivitas yang lebih baik terhadap spektrum cahaya UV-Vis dibandingkan silikon.

Senyawa lisin merupakan salah satu kandidat yang menarik sebagai detektor UV-Vis. Lysin (lysine) merupakan salah satu bahan organik berjenis asam amino yang memiliki struktur kimia yang memungkinkan dalam menyerap radiasi UV-Vis. Akibat transmisi elektron n^* dari inti ($C=C/C=O$) [4], senyawa lisin dapat menyerap cahaya pada rentang 200-500 nm dengan puncak serapan kuat berada pada rentang 201.5 nm. Proses serapan cahaya pada lysin diikuti dengan proses pembentukan elektron-hole bebas dan munculnya arus foto (photocurrent) sehingga lysin dapat dimanfaatkan sebagai detektor cahaya (photodetector).

Fotodetektor memiliki beberapa parameter utama yang harus diperhatikan dalam menentukan karakteristik dari bahan detektor, yaitu efisiensi kuantum, responsivitas, dan waktu respon [2]. Efisiensi didefinisikan sebagai nilai perbandingan antara daya optik yang menyinari fotodetektor dengan daya listrik yang dihasilkan dari fotodetektor. Persamaan efisiensi dapat dituliskan sebagai berikut.

$$\eta = \frac{P_{in}}{P_{out}} \quad (1)$$

Dengan P_{in} merupakan daya (W) yang masuk dan P_{out} adalah daya (W) yang dihasilkan bahan fotodetektor. Besar nilai P_{in} ini berasal dari intensitas cahaya yang dikali dengan luas permukaan cahaya yang mengenai bahan. Responsivitas berhubungan dengan arus dari fotodetektor dengan intensitas cahaya yang mengenai fotodetektor. Hubungan responsivitas, arus, dan daya dapat dituliskan sebagai berikut.

$$R = \frac{I_p}{P} \quad (2)$$

Dengan R merupakan responsivitas (A/W), I_p merupakan arus listrik (A) dari fotodetektor, dan P merupakan daya (W) yang masuk ke fotodetektor [2]. Waktu respon adalah nilai seberapa cepat fotodetektor dapat merespon berbagai intensitas cahaya yang diberikan.

Selain parameter tersebut, terdapat juga parameter penting lainnya yaitu detektivitas fotodetektor. Konstantatos dan Sargent telah memaparkan bahwa detektivitas merupakan metrik kinerja penting untuk sebuah fotodetektor [19]. Detektifitas (D^*) adalah ukuran sensitivitas fotodetektor yang menggabungkan karakteristik noise dan responsivitas terhadap cahaya [19]. Selain itu, menurut Gong dkk, jika shot noise dari arus gelap memberikan kontribusi yang signifikan, detektivitas dapat dihitung sebagai berikut.

$$D^* = \frac{R}{(2qI_d)^{\frac{1}{2}}} \quad (3)$$

Di mana R adalah responsivitas (A/W), q adalah nilai absolut dari muatan elektron (1.6×10^{-19} C) dan I_d adalah arus gelap (A) [20]. Shot noise pada fotodetektor itu sendiri merupakan jenis noise yang terjadi akibat sifat kuantum dari foton dan elektron. Noise ini memiliki sifat random (acak) dan tidak dapat dihilangkan, namun dapat diminimalkan dengan mengurangi arus gelap (dark current). Shot noise biasanya mendominasi pada arus rendah dan dapat mengganggu kinerja detektor, terutama saat kondisi cahaya dengan intensitas yang rendah.

Berdasarkan penelitian awal kami, arus yang muncul sekitar $1\mu\text{A}$ pada permukaan lapisan tipis lisin dengan diameter sebesar 1mm disinari cahaya dengan panjang 512 nm dan daya 5 mW. Dari data awal tersebut nilai responsivitas dapat dihitung sebesar 2×10^{-4} A/W dan perlu penguatan arus agar respon lisin terhadap cahaya dapat terbaca menggunakan piranti elektronik yang ada saat ini.

1.2 Analisa Masalah

Berdasarkan deskripsi umum masalah diketahui bahwa paparan radiasi UV-Vis yang berlebih memiliki dampak serius bagi kesehatan manusia, mulai dari kulit terbakar hingga risiko penyakit serius seperti katarak dan kanker kulit. Beberapa bidang pekerjaan membutuhkan pendeteksian radiasi UV-Vis untuk menghindari dampak negatif pada kesehatan tersebut. Namun, alat detektor UV-Vis saat ini masih memiliki keterbatasan dalam rentang pengukuran dan sensitivitas yang rendah. Selain itu, ketergantungan terhadap produk detektor impor menyebabkan permasalahan dalam ekonomi domestik. Oleh karena itu perlu dilakukan analisis masalah melalui tiga aspek penting, yaitu aspek teknis, ekonomi, dan kesehatan, guna

memahami permasalahan yang harus diatasi untuk membuat sebuah alat fotodetektor yang baik.

1.2.1 Aspek Teknis

Keterbatasan sensitivitas pada rentang gelombang tertentu (UV A, UV B, atau UV C) adalah masalah utama bagi detektor sinar ultraviolet saat ini. Hal ini akan menghambat deteksi radiasi sinar ultraviolet secara menyeluruh pada rentang gelombang yang lebih luas.

Berdasarkan penelitian yang pernah dilakukan terdapat beberapa tantangan yang terjadi dalam proses perancangan fotodetektor. Hal ini bergantung pada jenis material yang digunakan, deposisi material dan pengolahan sinyalnya. Beberapa jenis material yang biasa digunakan, seperti silikon, ZnO, dan GaN memiliki sensitivitas yang hanya dapat mendeteksi beberapa bagian dalam spektrum gelombang UV-Vis. Tantangan lain yaitu material yang diperoleh belum *reversible* sehingga tidak mampu berfungsi secara normal setelah diberi paparan cahaya. Selain itu dibutuhkan pemantauan dan pengontrolan terhadap material yang akan digunakan sebagai detektor, pemantauan tersebut berupa proses pemanasan/heating agar material tersebut dapat digunakan. Yang menjadi tantangan pada pengontrolan ini adalah proses pemanasan yang dilakukan secara berulang dapat menurunkan kualitas dan menyebabkan kerusakan pada material sehingga arus yang dihasilkan kecil dan tidak efektif untuk digunakan. Pada perancangan fotodetektor UV-Vis ini dibutuhkan material yang *reversible* dan tidak membutuhkan proses pemanasan yang terlalu tinggi sehingga dapat menghasilkan arus yang baik dan efektif untuk digunakan.

Dari segi instrumentasi hal yang menjadi tantangan utama yaitu arus keluaran yang sangat kecil yang dihasilkan oleh lisin sebagai respon terhadap radiasi UV-Vis. Maka, dilakukan penguatan sinyal untuk meningkatkan amplitudo sinyal hingga dapat dibaca oleh mikrokontroler.

1.2.2 Aspek Ekonomi

Ketergantungan pada produk impor dari negara seperti US, China dan beberapa negara maju lainnya adalah salah satu masalah dalam aspek ekonomi yang terkait dengan perkembangan detektor UV-Vis saat ini. Ketergantungan ini dapat menyebabkan masalah ekonomi seperti ketidakstabilan pasokan dan harga, yang dapat mempengaruhi biaya produksi dan harga jual detektor UV-Vis. Selain itu, kemandirian industri lokal dapat diancam oleh konsekuensi ekonomi dari ketergantungan ini. Karena uang yang dikeluarkan untuk impor produk tersebut akan keluar dari negara, meningkatkan defisit perdagangan, pembelian produk impor secara besar-besaran dapat mengurangi keuntungan ekonomi dalam negeri.

1.2.3 Aspek Pengetahuan

Penggunaan detektor UV-Vis sangat penting dalam aspek pengetahuan dan penelitian, terutama bagi ilmuwan, peneliti yang bekerja di bidang penelitian medis, iklim, lingkungan dan industri yang melibatkan radiasi UV-Vis, karena memungkinkan pemantauan *real-time* tingkat paparan UV-Vis dan membantu mencegah risiko negatif dari paparan radiasi UV-Vis. Detektor ini juga dapat membantu dalam penelitian yang sifatnya berhubungan langsung dengan iklim dan lingkungan. Selain itu, penggunaan detektor UV-Vis mencegah insiden atau cedera akibat paparan UV-Vis yang tidak diinginkan serta memberikan perlindungan tambahan dalam kondisi ekstrem.

1.2.4 Aspek Kesehatan

Aspek kesehatan merupakan salah satu aspek yang berdampak besar terhadap permasalahan yang terjadi. Ketidakmampuan detektor UV-Vis yang sudah ada saat ini dalam mendeteksi radiasi UV-Vis secara menyeluruh akan menyebabkan beberapa masalah. Seseorang dapat terpapar secara berlebihan jika detektor tidak dapat mendeteksi radiasi ultraviolet pada panjang gelombang tertentu atau tidak sensitif pada tingkat radiasi yang rendah. Hal ini dapat meningkatkan risiko penyakit kulit seperti kanker kulit, penuaan dini, atau bahkan gangguan penglihatan pada mata. Kegagalan detektor untuk mendeteksi radiasi ultraviolet pada rentang tertentu juga dapat menyebabkan ketidakpastian dalam menghitung dosis paparan. Akibatnya, risiko penggunaan terapi ultraviolet untuk pengobatan seperti kanker atau penyakit kulit lainnya menjadi tidak terkontrol. Selain itu, dapat sulit untuk memahami efek kesehatan paparan ultraviolet tertentu jika detektor tidak dapat mendeteksi radiasi ultraviolet pada panjang gelombang tertentu yang diketahui berbahaya bagi Kesehatan

1.3 Analisa Solusi yang Ada

1.3.1 Pemilihan Material Submikrometer Semikonduktor

Pemilihan submikrometer lisin sebagai material aktif fotodetektor ditentukan berdasarkan aspek kekuatan (*strength*), kelemahan (*weakness*), dan keterbatasannya (*limitation*) dibanding material lain yang biasanya digunakan sebagai detektor UV-Vis, seperti ditampilkan pada Tabel 1.3.1.

Tabel 1. 1Perbandingan Bahan Detektor UV-Vis

Aspek	Silikon	Lisin	ZnO	GaN	CdS	p-
Perbandin gan	sebagai bahan	sebagai bahan	sebagai bahan	sebagai bahan	QDs sebagai bahan	GaN/n-ZnO sebagai bahan

	detektor UV-Vis	detektor UV-Vis	detektor UV-Vis	detektor UV-Vis	detektor UV-Vis	detektor UV-Vis
<i>Strength</i>	Tersedia dimana-mana, biaya produksi relatif rendah, sudah banyak digunakan pada alat detektor di pasaran, memiliki keandalan dalam aplikasi secara komersil.	Kepekaan yang baik terhadap radiasi UV-Vis, rentang spektrum pengukuran yang luas.	Kekuatan optik yang baik, ketersediaan melimpah dengan biaya produksi relatif rendah.	Kekuatan mekanik yang baik dan stabil, ketahanan di suhu tinggi dan lingkungan ekstrem.	Ukuran partikel kuantum dot yang kecil memungkinkan peningkatan efisiensi serapan cahaya, terutama di rentang UV-Vis. Fleksibilitas dalam aplikasi fotodeteksi.	Kekuatan mekanik yang tinggi serta stabilitas di lingkungan ekstrem.
<i>Weakness</i>	Hanya sensitif di rentang tertentu dalam spektrum UV-Vis (UV-Vis-A, UV-Vis-B), rentan terhadap kerusakan akibat radiasi UV-Vis, bandgap yang besar membatasi	Stabilitas kimia yang rendah, rentan terhadap degradasi oleh kelembapan, kurangnya penelitian yang mendalam terkait aplikasinya dalam	Rentan terhadap degradasi oleh kelembapan dan suhu ekstrem.	Biaya produksi relatif tinggi, dan kompleks.	Biaya produksi relatif cukup tinggi. Mengandung logam berat kadmium, yang bersifat toksik dan tidak ramah lingkungan.	Biaya produksi relatif tinggi, dan kompleks.

	sensitivitas terhadap UV-Vis.	detektor UV-Vis				
<i>Limitation</i>	<p>Keterbatasan dalam rentang pengukuran, sehingga kurang ideal digunakan dalam rentang yang lebih luas pada spektrum UV-Vis, khususnya UV-Vis-C.</p> <p>Material silikon memiliki keterbatasan dalam rentang pengukuran 100-300 nm, responsivitas 0.273 A/W di sekitar ± 130 nm, serta puncak serapan kuat di 275 nm dengan celah pita energi 4.51</p>	<p>Keterbatasan dalam aplikasi tingkat industri untuk saat ini, kurangnya pemahaman dan penelitian mendalam dalam aplikasinya sebagai bahan detektor UV-Vis.</p> <p>Material lisin memiliki keterbatasan dalam rentang pengukuran 200-500 nm, responsivitas 0.0002 A/W di sekitar 512 nm, serta puncak serapan kuat di ± 201.5 nm dengan celah pita energi</p>	<p>Keterbatasan dalam pengendalian kualitas film tipis dalam pembuatan bahan ZnO, Perlunya pengembangan lebih lanjut untuk stabilitas jangka panjang.</p> <p>Material ZnO memiliki keterbatasan dalam rentang pengukuran 300-750 nm, responsivitas 4,3 A/W di sekitar 380 nm, serta puncak serapan kuat di 344 nm</p>	<p>Keterbatasan dalam mengatur sifat material secara konsisten untuk pendeteksian UV-Vis yang optimal, biaya produksi yang tinggi untuk aplikasi massal.</p> <p>Material GaN memiliki keterbatasan dalam rentang pengukuran 200-360 nm, responsivitas 0.21 A/W di sekitar ± 360 nm,</p>	<p>Keterbatasan penggunaan oleh masalah lingkungan dan regulasi terkait kandungan cadmium. Material CdS QDs memiliki keterbatasan dalam rentang pengukuran 250-500 nm, responsivitas 0.3 μA/W, serta puncak serapan kuat di ± 295 nm dengan celah pita energi 2.71 eV.</p> <p>[21, 23]</p>	<p>Keterbatasan biaya produksi dan kompleksitas manufaktur. Material p-GaN/n-ZnO memiliki keterbatasan dalam rentang pengukuran 325-475 nm, responsivitas 0.68 mA/W di sekitar ± 358 nm, serta puncak serapan kuat di ± 378 nm dengan celah pita energi 3.37 eV.</p> <p>[22, 24]</p>

eV. [5,7]	6.15 eV dan puncak serapan lemah di 284 nm dengan celah pita energi 4.37 eV. [4]	dengan celah pita energi 3.37 eV. [8,9]	serta puncak serapan kuat di ± 200 nm. [17,18]		
--------------	---	--	---	--	--

1.3.2 Rangkaian Pengondisi Sinyal

Tahap kedua dari perancangan fotodetektor UV-Vis adalah perancangan rangkaian pengondisi sinyal karena arus yang muncul pada lisin saat disinari cahaya berorder 1 nA hingga μA . Rangkaian pengondisi sinyal yang kami usulkan terdiri dari beberapa sub-blok rangkaian yaitu rangkaian konverter IV, *Low Pass Filter*, *differential amplifier*, dan *amplifier* pengolahan pada mikrokontroler dan GUI untuk menampilkan hasil akhir. Keakuratan dari rangkaian pengondisi sinyal ini dapat dilihat dari jenis komponen elektronik yang digunakan sehingga dapat diperoleh hasil yang baik dan sesuai dengan yang diinginkan. Sinyal masukan tersebut akan dimodifikasi sehingga dapat diolah dengan lebih efisien dan akurat. Proses modifikasi tersebut dapat berupa proses pengubahan arus menjadi tegangan, peningkatan akurasi deteksi dengan mengurangi gangguan dan menstabilkan sinyal tegangan, serta pengolahan tegangan agar sesuai dengan masukan yang dibutuhkan pada mikrokontroler. Pada perancangan rangkaian pengondisi sinyal ini terdapat beberapa kekurangan yang dipengaruhi oleh material yang digunakan, sehingga dapat mempengaruhi responsivitas fotodetektor terhadap gelombang UV-Vis tertentu. Oleh sebab itu melalui beberapa solusi yang sudah diusulkan, selanjutnya dibutuhkan pemilihan metode yang tepat agar dapat diperoleh hasil output yang baik dan dapat memberikan respon output yang baik pada pengolahan di rangkaian pengondisi sinyal. Tabel 1.3.2.1, Tabel 1.3.2.2, dan Tabel 1.3.2.3 menampilkan berbagai kemungkinan solusi peralatan yang dapat digunakan sebagai komponen pengkondisian sinyal.

1.3.2.1 Penguatan Amplifier

Tabel 1. 2 Perbandingan Pemilihan IC Penguatan Amplifier

Aspek Perbandingan	IC OP07CP	AD823	INA118
<i>Strength</i>	<p>Input bias <i>current</i> ± 1.8 nA. Input <i>voltage noise</i> pada frekuensi 10 Hz yaitu $10,5$ nV//$\sqrt{\text{Hz}}$. Impedansi input yang tinggi $10^{12}\Omega$ yang dapat menghindari pembebanan berlebihan pada sinyal. Impedansi output rendah berkisar antara $10^{-1}\Omega$ hingga $10^{-3}\Omega$ memberikan daya yang cukup ke rangkaian berikutnya tanpa mengurangi kualitas sinyal yang dihasilkan. Tegangan offset masukan sebesar $75\mu\text{V}$ (maksimum), dan Tingkat <i>noise</i> rendah, dengan nilai maksimum $0,6\mu\text{V}$ [14].</p>	<p>Input bias <i>current</i> 25 pA maksimum. <i>Slew rate</i> 22 V/μs. Operasi <i>single supply</i> dengan tegangan <i>supply</i> tunggal $3,0$ V - 36 V atau tegangan <i>dual supply</i> ± 1.5 V hingga ± 18 V. Memiliki -3 dB <i>bandwidth</i> dari 16 MHz dan Gain $+1$. Output <i>current</i> sebesar 15 mA dengan 0.5 V [15].</p>	<p>Input bias <i>current</i> 5 nA maksimum. <i>Slew rate</i> $0,9$ V/μs <i>Voltage offset</i> rendah sebesar $50\mu\text{V}$. $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ <i>Drift</i> rendah $0,5$. tegangan input hingga ± 40 V [16].</p>

<i>Weakness</i>	Kurangnya kemampuan micropower pada IC ini, yang mungkin tidak efisien untuk aplikasi yang membutuhkan konsumsi daya yang sangat rendah. Keakuratan offset masih memerlukan penyesuaian dengan sirkuit eksternal [14].	Kebutuhan konsumsi arusnya adalah sekitar 2.6 mA per amplifier [15].	Memiliki keterbatasan. Penting untuk menangani IC ini dengan hati-hati, mengikuti langkah-langkah perlindungan ESD yang benar, karena kegagalan untuk melakukannya dapat menyebabkan kerusakan [16].
<i>Limitation</i>	<i>Slew rate</i> yaitu 0.3V/ μ s. <i>Slew rate</i> mengindikasikan seberapa cepat IC dapat merespons perubahan input [14].	Ketidakmampuan IC untuk memberikan fase inversi dengan input ke tegangan supply [15].	Tidak optimal untuk aplikasi yang memerlukan penguatan yang sangat tinggi [16].

1.3.2.2 Konverter IV

Tabel 1.32 Perbandingan Pemilihan IC Konverter IV

Aspek Perbandingan	IC OPA124U	INA128	AD8421
<i>Strength</i>	Memiliki tingkat <i>noise</i> rendah sebesar 6nV/ \sqrt Hz pada frekuensi 10 kHz. Arus bias sebesar 1pA maksimum, dengan input daya rendah. Gain loop terbuka yang tinggi sebesar 120 dB,	<i>Offset voltage</i> 50 μ V maksimum, memiliki tingkat presisi yang tinggi. <i>Low drift</i> 0,5 μ V/ $^{\circ}$ C maksimum. Memiliki input daya rendah, bias arus sebesar 5 nA maksimum. <i>Noise</i> rendah sebesar 8	IC AD8421 memiliki daya rendah 2,3 mA maksimum. Tingkat <i>noise</i> yang rendah 3,2 nV/ \sqrt Hz pada <i>noise</i> tegangan input dan 200 fA/ \sqrt Hz <i>noise</i> arus input 1 kHz. IC ideal untuk aplikasi pengukuran sinyal rendah dengan sensitivitas tinggi [13].

	penguatan tinggi pada sinyal inputnya [11].	nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$, dengan 0.2 μVpp [12].	
<i>Weakness</i>	Sensitivitas terhadap kerusakan statis dapat menyebabkan perubahan-an yang tidak terlihat pada karakteristik input amplifier [11].	<i>Low quiescent current</i> 700 μA , terlalu tinggi untuk aplikasi yang membutuhkan konsumsi daya yang sangat rendah [12].	Input voltage noise yang mencapai 40 V dari supply [13]. Harga lebih tinggi yaitu Rp 900.000,00.
<i>Limitation</i>	Jika input <i>voltage</i> melebihi 6V lebih negatif dari -VCC, IC ini memerlukan resistor pembatas arus input. Ini dapat menambah kompleksitas desain dan memerlukan komponen tambahan [11].	Tersedia dalam rentang suhu yang luas (-40°C hingga +85°C), masih ada batasan pada suhu operasionalnya [12].	Tidak bisa dengan arus input yang sangat tinggi.

1.3.2.3 Mikrokontroler

Tabel 1.4 3 Perbandingan Mikrokontroler

Aspek Perbandingan	Arduino Uno	Arduino Due	Arduino nano
<i>Strength</i>	Memiliki kecepatan 16 MHz. Memiliki kaki pin SCL dan SDA khusus untuk LCD 16x2.	Memiliki kecepatan proses yang tinggi dan kemampuan data yang lebih baik dan memiliki ADC dengan resolusi tinggi.	Memiliki kecepatan 16 MHz. Tidak memiliki kaki pin SCL dan SDA khusus untuk LCD 16x2.
<i>Weakness</i>	Memiliki sumber daya yang terbatas dibandingkan dengan arduino lainnya dan tidak memiliki aplikasi	Harga relatif lebih mahal dibandingkan dengan arduino lainnya.	Memiliki keterbatasan jumlah pin dan fitur jika dibandingkan dengan arduino yang lebih besar.

	yang tingkat akurasi tinggi.		
<i>Limitation</i>	Arduino uno memiliki jumlah pin I/O 14 pin digital dan 6 pin analog. Arduino hanya dapat beroperasi dengan tegangan 0 - 5 volt	Dapat beroperasi dengan tegangan 0 – 3,3V.	Dapat beroperasi dengan tegangan 0 –5 volt.

1.4 Kesimpulan

Berdasarkan analisa yang kami lakukan, lisin merupakan kandidat yang baik untuk dijadikan material aktif pendeteksi cahaya dengan rentang panjang gelombang 200 – 500 nm. Dibandingkan dengan material lain, lisin memiliki keunggulan yaitu memiliki kepekaan dan rentang pengukuran yang luas terhadap radiasi UV-Vis. Namun demikian lisin memiliki kelemahan yaitu stabilitas yang rendah, kemudian rentan terhadap degradasi oleh kelembapan, yang dapat diatasi dengan cara melakukan pemanasan sampel sebelum digunakan dan menyediakan zat atau bahan yang dapat menyerap kelembapan disekitar produk seperti *silica gel*, yang akan diletakkan di sekitar sampel saat alat tidak dalam keadaan digunakan (disimpan).

Material lisin perlu diintegrasikan dengan rangkaian pengkondisian sinyal sehingga respon lisin saat disinari cahaya dapat terbaca dengan mudah melalui aplikasi GUI. Dibandingkan menggunakan modul penguat yang sudah ada secara komersial, rangkaian pengkondisian sinyal memiliki keunggulan memperkuat sinyal masukan yang lemah dan dapat diatur penguatannya. Rangkaian pengkondisian sinyal yang akan dibuat memiliki kelemahan yaitu noise atau gangguan sinyal yang dapat mempengaruhi sensitivitas pembacaan, terutama ketika memperkuat sinyal arus yang sangat kecil yang dapat diatasi dengan pemilihan IC yang meminimalisir noise yang dihasilkan dan daya yang rendah. Dari proses integrasi lisin dan rangkaian pengkondisian sinyal diharapkan fotodetektor UV-Vis yang kami usulkan dapat menjawab permasalahan deteksi UV-Vis seperti keluaran arus yang kecil, sensitivitas yang rendah.