

Ringkasan penelitian tidak lebih dari 500 kata yang berisi latar belakang penelitian, tujuan dan tahapan metode penelitian, luaran yang ditargetkan, serta uraian TKT penelitian yang diusulkan.

RINGKASAN

Kondisi saat ini sumber energi tak terbarukan semakin menipis. Oleh sebab itu pemanfaatan sumber energi alternatif menjadi satu hal yang sangat krusial agar menggantikan sumber energi tak terbarukan tersebut guna memenuhi kebutuhan sumber energi dalam kehidupan sehari-hari. Sejauh ini sumber energi alternatif yang bisa dilakukan dengan memanfaatkan solar cell. Solar cell saat ini pada umumnya menggunakan solar cell berbasis silikon. Terdapat pertimbangan yang sangat mendasar terkait solar cell berbasis silikon yang harus diperoleh melalui jalur impor, harga yang semakin mahal, proses pembuatannya sulit, dan kurang ramah lingkungan. Untuk mengatasi hal tersebut maka diperlukan sebuah upaya mencari alternatif solar cell yang mudah dilakukan yaitu solar cell generasi baru yaitu *dye sensitized solar cell* (DSSC) yang menggunakan bahan material semikonduktor yaitu material titanium dioksida (TiO_2). Material ini ternyata melimpah di alam terutama didalam mineral ilmenit lokal Indonesia. Mineral ilmenit bisa ditemukan pada limbah dari hasil pengolahan timah. Untuk saat ini penggunaan bahan alami mineral lokal Indonesia belum dimanfaatkan secara maksimal. Ilmenit tersebut mengandung 30-60% TiO_2 bersama dengan mineral oksida lainnya, kandungan kadar titanium dioksida yang lebih banyak yaitu ilmenit Kalimantan (50,05% TiO_2) daripada ilmenit Bangka (35%). Maka perlu dilakukan penelitian penggunaan mineral lokal Indonesia yaitu ilmenit Kalimantan sebagai prekursor nanokristal TiO_2 . Untuk memperoleh titanium dioksida (TiO_2) dilakukan proses ekstraksi hidrometalurgi dengan jalur sulfat sehingga diperoleh titanium oxosulfat (TiOSO_4). Selanjutnya dilakukan proses mengkonversi titanium oxosulfat (TiOSO_4) menjadi titanium dioksida (TiO_2) melalui proses hidrolisis dan kondensasi diikuti proses modifikasi struktur partikel titanium dioksida (TiO_2) menjadi nanokristal TiO_2 , diharapkan menghasilkan nanokristal dengan memiliki kristalinitas yang tinggi dan energi celah pita yang kecil sehingga mampu diaplikasi pada dye sensitized solar cell (DSSC). Tujuan penelitian melakukan sintesis nanokristal TiO_2 dari hasil pengolahan mineral ilmenit Kalimantan untuk aplikasi *dye sensitized solar cell* (DSSC). Adapun tahapan metode penelitian yaitu: melalui (i) proses ekstraksi ilmenite dimulai dari proses dekomposisi, leaching air diikuti dengan leaching asam sulfat (H_2SO_4) untuk mendapatkan titanium oxosulfat (TiOSO_4) sebagai prekursor nanokristal TiO_2 , (ii) proses hidrolisis dan kondensasi untuk mengkonversi titanium oxosulfat (TiOSO_4) menjadi titanium dioksida (TiO_2), (iii) proses modifikasi struktur dari partikel titanium dioksida (TiO_2) menjadi nanokristal TiO_2 , (iii) material nanokristal TiO_2 tersebut dilakukan pengujian performa I-V untuk mengetahui kinerja performa dye sensitized solar cell (DSSC). Hasil penelitian akan dipublikasikan pada journal nasional terakreditasi. TKT yang diusulkan dalam penelitian ini termasuk kedalam TKT 2 yaitu memformulasikan konsep yaitu konsep pengolahan mineral lokal ilmenit Kalimantan untuk aplikasi *dye sensitized solar cell* (DSSC).

Kata kunci maksimal 5 kata

Ilmenit_Kalimantan; *dye_sensitized_solar_cell*; nanokristal_ TiO_2 .

Latar belakang penelitian tidak lebih dari 500 kata yang berisi latar belakang dan permasalahan yang akan diteliti, tujuan khusus, dan urgensi penelitian. Pada bagian ini perlu dijelaskan uraian tentang spesifikasi khusus terkait dengan skema.

LATAR BELAKANG

1.1. Latar belakang

Cadangan sumber energi fosil di Indonesia diperkirakan semakin berkurang dan menipis pada tahun 2025. Saat ini juga permasalahan krisis energi global yang dihadapi masyarakat dunia karena menipisnya cadangan bahan bakar fosil serta gencarnya gerakan menggunakan energi bersih (clean energy), pencarian sumber energi baru dan terbarukan merupakan trend penelitian yang cukup populer saat ini. Dengan memanfaatkan kondisi geografis Indonesia sebagai negara tropis yang berada di garis khatulistiwa, penggunaan sel surya sebagai sumber energi alternatif merupakan solusi penting yang cukup rasional untuk diaplikasikan.

Pada umumnya solar cell menggunakan bahan silikon, adapun kendala yang dihadapi solar cell berbasis bahan silikon yaitu: proses pembuatannya sulit, harga yang mahal dan tidak ramah lingkungan [1]. Selain solar cell konvensional berbasis silikon, generasi ketiga dari solar cell yaitu *dye sensitized solar cell* (DSSC). kelebihan *dye sensitized solar cell* (DSSC) terletak pada biaya pembuatan yang relatif rendah dan merupakan bagian dari grup solar cell lapisan tipis (*thin film solar cell*). Salah satu komponen penting dari *dye sensitized solar cell* (DSSC) adalah lapisan semikonduktor yang ditelakkan diantara dua plat kaca konduktif (*transparent conductive oxide glass*, TCO *glass*). Daerah ini merupakan area antar fasa yang melibatkan semikonduktor dan lapisan zat warna (*dye*) di atasnya. Lapisan semikonduktor yang banyak dipakai saat ini TiO_2 . Material ini memiliki energi celah pita (*band gap energy*, E_g) sebesar 3.20 eV sehingga mampu menyerap energi foton pada spektrum cahaya matahari.

Titanium dioksida (TiO_2) ditemukan didalam mineral ilmenite (FeTiO_3) dengan kandungan 30-65% bersama dengan mineral oksida lainnya [2]. Potensi mineral ilmenit banyak melimpah di pulau Kalimantan. Maka dilakukan upaya untuk mengubah ilmenit menjadi TiO_2 melalui proses ekstraksi hidrometalurgi dengan jalur sulfat diperoleh titanium oxosulfat (TiOSO_4) diikuti proses hidrolisis dan kondensasi diperoleh serbuk TiO_2 . Untuk meningkatkan performa kinerja *dye sensitized solar cell* (DSSC) dilakukan modifikasi stuktur dari serbuk TiO_2 menjadi nanokristal TiO_2 . Oleh sebab itu perlu dilakukan penelitian tentang sintesis nanokristal TiO_2 untuk aplikasi *dye sensitized solar cell* (DSSC).

1.2 Permasalahan yang diteliti

TiO_2 merupakan salah satu material semikonduktor yang masih memiliki kelemahan karena luas permukaannya yang rendah, tingginya laju rekombinasi elektron dan hole serta besarnya nilai energi band gap (3,2 eV). Maka untuk mengatasi kelemahan tersebut dilakukan modifikasi struktur TiO_2 menjadi nanokristal TiO_2 . Nanokristal TiO_2 memiliki luas permukaan yang yang besar, efek penyerapan foton serta transport elektron yang lebih baik, biaya pembuatannya murah. sehingga memiliki potensi besar sebagai material semikonduktor untuk aplikasi aplikasi *dye sensitized solar cell* (DSSC). Nanokristal TiO_2 itu akan didapatkan dari ekstraksi ilmenit Kalimantan.

1.3 Tujuan Khusus

Penelitian ini memiliki tujuan khusus mencari parameter yang optimum dalam mendapatkan nanokristal TiO_2 dari ekstraksi ilmenite kalimantan melalui metode ekstraksi mulai dari dekomposisi dan leaching H_2SO_4 serta modifikasi menjadi nanokristal sehingga mendapatkan

ukuran kristalinitas yang tinggi dan energi celah yang kecil yang berdampak pada performa solar cell.

1.4 Urgensi Penelitian

Mempromosikan ilmenit Kalimantan bisa menjadi material semikonduktor untuk aplikasi *dye sensitized solar cell* (DSSC), sehingga ilmenit bisa dimanfaatkan sebagai sumber daya mineral yang memiliki nilai tambah dan mendapatkan sumber energi alternatif sebagai pengganti sumber energi fosil yang semakin lama menipis.

Tinjauan pustaka tidak lebih dari 1000 kata dengan mengemukakan *state of the art* dalam bidang yang diteliti. Bagan dapat dibuat dalam bentuk JPG/PNG yang kemudian disisipkan dalam isian ini. Sumber pustaka/referensi primer yang relevan dan dengan mengutamakan hasil penelitian pada jurnal ilmiah dan/atau paten yang terkini. Disarankan penggunaan sumber pustaka 10 tahun terakhir.

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 State of the art

State of the art sebagai analisa mencari beberapa penelitian yang pernah dilakukan oleh beberapa peneliti. Beberapa konsep yang hampir sama dengan penelitian sekarang. Berikut ini adalah kumpulan referensi sebelumnya yang terkait dengan penelitian

No	Judul	tahun	Hasil	Penulis
1.	Dye Sensitized Solar cell Nanokristal TiO ₂ Menggunakan Ekstraksi Antosianin Mellastoma malabathrium	2017	Sel surya DSSC berbasis TiO ₂ Ekstraksi Antosianin Mellastoma malabathrium memiliki nilai energy listrik nilai parameter I-V yakni Voc 125 mV kuat arus Isc 1,3 mikroAmpere. Prekursor masih menggunakan material komersial TiO ₂	Satrio Amrullah, Darmawati Darwis, iqbal
2.	Pengaruh ketebalan lapisan tipis TiO ₂ terhadap performasi DSSC	2018	Pada DSSC ini dihasilkan nilai tegangan open circuit (Voc) sebesar 330 mV dan nilai arus short circuit 580 mikro ampere. Prekursor masih material komersial	Nurrusma puspitasi nurul amalia, gatut yudoyono
3.	Dye Sensitized Solar Cell berbasis nanopori TiO ₂ menggunakan antiosianin	2013	Nilai arus tegangan memiliki 937 mV dan arus 468 mikro ampere	Hardeli , suwardanni, riky, fernando

Pada penelitian nanokristal TiO₂ masih menggunakan material komersial maka state of the art dalam penelitian ini adalah memanfaatkan sumber daya mineral yang melimpah yaitu ekstraksi ilmenit Kalimantan sebagai material prekursor TiO₂ yang nantinya akan diaplikasikan dalam *dye sensitized solar cell* (DSSC).

2.2 *Dye sensitized solar cell* (DSSC)

Dye sensitized solar cell ini pertama kali ditemukan oleh Michael Grätzel dan Brian O'Regan pada tahun 1991 di École Polytechnique Fédérale de Lausanne, Swiss. Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) telah menjadi salah satu topik penelitian yang dilakukan intensif oleh peneliti di seluruh dunia. *dye sensitized solar cell* (DSSC) merupakan terobosan pertama dalam teknologi sel surya sejak sel surya silikon. Berbeda dengan sel surya konvensional. *dye sensitized solar cell* (DSSC) adalah sel surya fotoelektrokimia menggunakan elektrolit sebagai medium transport muatan [3] Sel surya nanokristal TiO₂ tersensitisasi dye dikembangkan sebagai konsep alternatif pengganti piranti fotovoltaik konvensional berbasis silikon

Sistem sel surya ini pertama kali dikembangkan oleh Grätzel sehingga disebut juga sel Grätzel. Beberapa keuntungan sistem sel surya ini adalah proses fabrikasinya lebih sederhana tanpa menggunakan peralatan rumit dan mahal sehingga biaya fabrikasinya lebih murah. Efisiensi konversi sistem sel surya tersensitisasi dye telah mencapai 10-11%. Namun, sel surya ini memiliki kelemahan yaitu stabilitasnya rendah karena penggunaan elektrolit cair yang mudah mengalami degradasi atau kebocoran [4]. Sel surya TiO₂ tersensitisasi dye terdiri dari lapisan nanokristal TiO₂ berpori sebagai fotoanoda, dye sebagai fotosensitizer, elektrolit redoks dan elektroda lawan (katoda) yang diberi lapisan katalis [5]. Struktur sel surya ini berbentuk struktur sandwich, dimana dua elektroda yaitu elektroda TiO₂ tersensitisasi dye dan elektroda lawan mengapit elektrolit. Berbeda dengan sel surya silikon, pada sel surya tersensitisasi dye, foton diserap oleh dye yang melekat pada permukaan partikel TiO₂. Dalam hal ini dye bertindak sebagai donor elektron yang dibangkitkan ketika menyerap cahaya, mirip fungsi klorofil pada proses fotosintesis.

TiO₂ merupakan bahan semikonduktor yang bersifat inert, stabil terhadap fotokorosi dan korosi oleh bahan kimia. Lapisan TiO₂ memiliki energi celah pita (>3eV) dan memiliki transmisi optik yang baik. Penggunaan TiO₂ diantaranya untuk manufaktur elemen optik. Selain itu TiO₂ berpotensi pada aplikasi divais elektronik seperti DSSC dan sensor gas [6]. Untuk aplikasinya pada DSSC, TiO₂ yang digunakan umumnya berfasa anatase karena mempunyai kemampuan fotoaktif yang tinggi. TiO₂ dengan struktur nanopori yaitu ukuran pori dalam skala nano akan menaikkan kinerja sistem karena struktur nanopori mempunyai karakteristik luas permukaan yang tinggi sehingga akan menaikkan jumlah dye yang teradsorb yang implikasinya akan menaikkan jumlah cahaya yang terabsorb.

2.3 Ilmenit

Ilmenit merupakan batu hitam atau pasir yang memiliki rumus kimia FeTiO₃. Umumnya, ketika dalam pasir ilmenit mengandung impurities berupa besi oksida yang bervalensi tiga dan terdapat pula silika [7]. Ilmenit merupakan mineral titanium dioksida dan besi oksida memiliki sifat magnetik yang lemah dan berwarna hitam dan warna abu-abu. Sekitar tahun 90an, peneliti bernama Gregor dapat memisahkan beberapa pasir hitam dari pasir magnetik yang dikenal sebagai ilmenite FeTiO₃. Ilmenit (FeTiO₃) merupakan mineral yang cukup menarik dan penting secara ekonomi. Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki cadangan ilmenit. Beberapa mineral ilmenit memiliki kandungan titanium dan besi di berbagai beberapa negara dan kandungan Titanium dioksida TiO₂ di dalam ilmenit berkisar 35- 65%. Secara komposisi mineral ilmenit terdiri atas 36,80 % berupa Fe; 31,57% berupa Ti dan 31,63% berupa O atau 52,66 % berupa TiO₂ dan 47,33% berupa Fe₂O₃. berdasarkan teori, ilmenit mengandung 31,6 % berupa titanium (setara dengan 52,67 % TiO₂, 36,8% Fe dan oksigen yang sama. Sifat-sifat ilmenit diantara lain memiliki

sifat kemagnetan yang lemah, berwarna gelap, rapuh titik lelehnya sekitar 1050°C dan strukturnya berupa kristal heksagonal.

2.4 Pembentukan nanokristal TiO₂ dengan teknik hidrotermal

Nanopartikel semikonduktor merupakan material yang digunakan sebagai fotoanoda yang efisien. Semikonduktor berstruktur nano ini memiliki celah pita yang lebar. Penggunaan material berukuran nano akan meningkatkan luas permukaan dan memberikan porositas yang relatif tinggi pada material sehingga sangat memungkinkan penyerapan dye secara maksimal dan mengakibatkan meningkatkan penyerapan cahaya sehingga diperoleh efisiensi konversi energi yang cukup tinggi.

Pembentukan material nanokristal dapat dilakukan dengan teknik hidrotermal. Hidrotermal merupakan suatu proses yang terjadi dalam suatu pelarut pada suhu di atas titik didih pelarut dan pada tekanan diatas 1 atm. Sintesis menggunakan hidrotermal dilakukan dibawah suhu 300°C. Teknik ini memanfaatkan peningkatan suhu dan tekanan dari karakteristik air sehingga dapat mengubah karakteristik suatu produk. Teknik hidrotermal mempunyai banyak kelebihan seperti hemat energi, efisiensi biaya, mudah fabrikasinya serta produk dengan kristalinitas yang tinggi dan tetap mempertahankan ukurannya pada skala di bawah 10 nm tanpa terjadi agregasi [8]

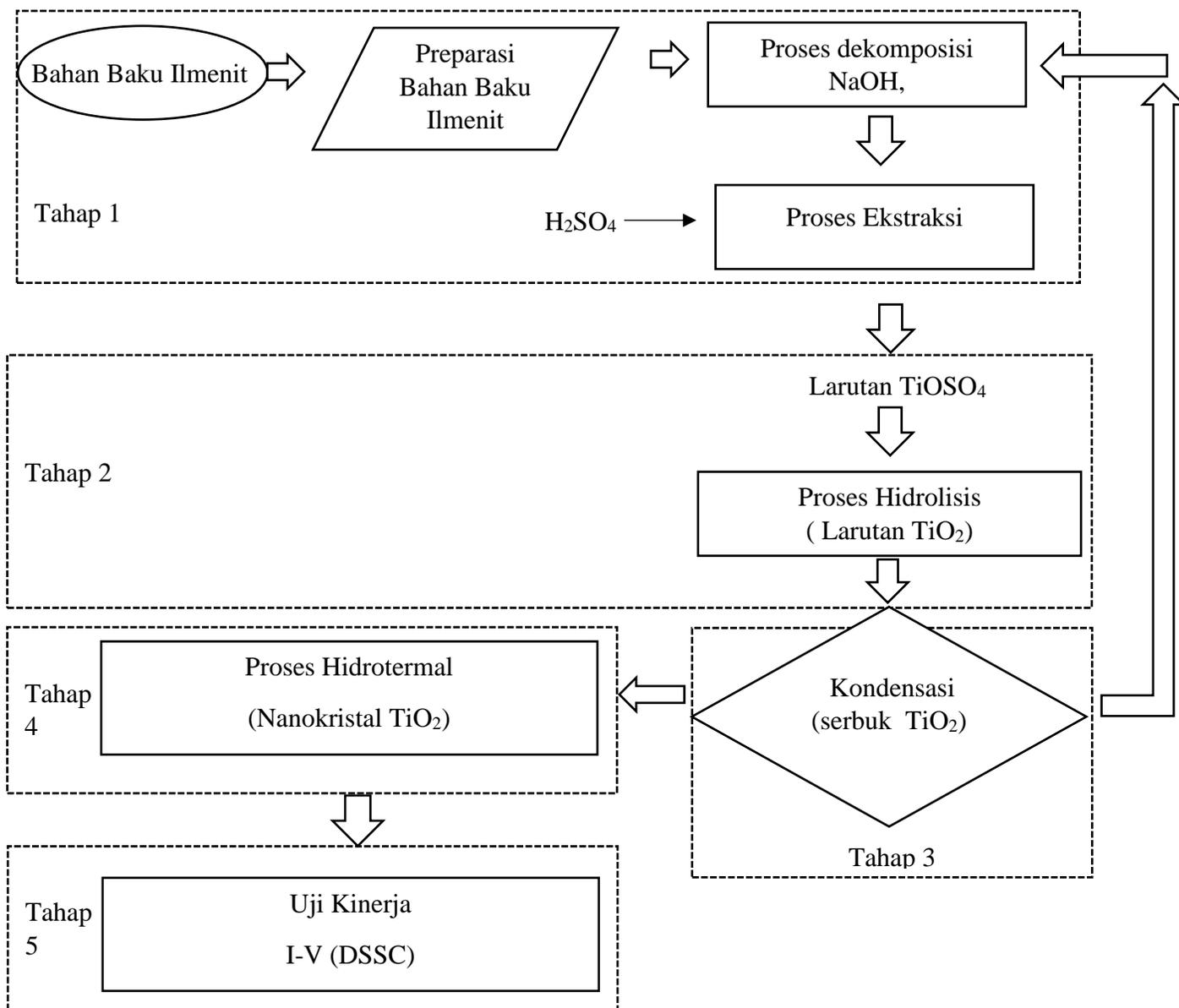
Prekursor yang sering digunakan dalam mensintesis senyawa anorganik adalah larutan garam, untuk sintesis menggunakan basa dapat terjadi pengendapan logam hidroksida. Perlakuan lainnya dalam proses hidrotermal adalah pengendalian pH larutan, reduksi dan oksidasi. Pada perlakuan hidrotermal, ukuran butir, morfologi partikel, fasa kristalin dan sifat permukaan bisa di kontrol dengan pengaturan variabel proses seperti pH, temperatur reaksi dan tekanan, dan waktu aging.

Metode atau cara untuk mencapai tujuan yang telah ditetapkan ditulis tidak melebihi 600 kata. Bagian ini dilengkapi dengan diagram alir penelitian yang menggambarkan apa yang sudah dilaksanakan dan yang akan dikerjakan selama waktu yang diusulkan. Format diagram alir dapat berupa file JPG/PNG. Bagan penelitian harus dibuat secara utuh dengan penahapan yang jelas, mulai dari awal bagaimana proses dan luarannya, dan indikator capaian yang ditargetkan. Di bagian ini harus juga mengisi tugas masing-masing anggota pengusul sesuai tahapan penelitian yang diusulkan.

METODE

3.1 Diagram Alir Penelitian

Secara lengkap, penelitian ini dilakukan oleh beberapa tahapan yaitu tahapan awalan mendapatkan TiO₂ mulai dari preparasi ilmenit, proses dekomposisi dan proses ekstraksi. Tahapan kedua, hasil ekstraksi diperoleh titanium oxosulfat (TiOSO₄), selanjutnya dilakukan proses mengkonversi titanium oxosulfat menjadi larutan TiO₂ melalui proses hidrolisis. Tahapan ketiga, proses kondensasi untuk mendapatkan serbuk TiO₂. Tahapan keempat dilakukan proses hidrotermal untuk memodifikasi partikel TiO₂ menjadi nanokristal TiO₂. Tahapan terakhir pengujian I-V untuk melihat performa *dye sensitized solar cell* (DSSC). Berikut ini diagram alir tahapan penelitian secara lengkap yang ditunjukkan pada gambar 3.1



Gambar 2. **Error! No text of specified style in document.**1 Diagram alir penelitian

3.2 Prosedur Penelitian

3.2.1 Persiapan awal (preparasi bahan baku ilmenite)

Sebelum melakukan sintesis, terlebih dahulu ilmenit dilakukan penghalusan dan diayak dengan ayakan -100 mesh, ilmenit yang telah mengalami proses penghalusan.

3.2.2 Proses dekomposisi

Pada tahap ini, 20 gram ilmenit berukuran -100 mesh didekomposisi dengan 30 ml larutan basa NaOH 10 M dalam reaktor autoklaf yang bagian dalamnya dilapisi teflon dan dimasukkan ke oven dengan temperatur 150°C selama 3 jam. Proses selanjutnya adalah ilmenit hasil proses dekomposisi dilakukan penyaringan sehingga didapatkan padatan (sludge) yang kaya titanium dan

filtrat yang kaya pengotor. Padatan hasil proses dekomposisi dicuci menggunakan air hangat sampai pH=7 dan dikeringkan pada temperature 1100 C selama 1 jam.

3.2.3 Proses ekstraksi (leaching air dan leaching asam sulfat)

Padatan (sludge) diproses ke tahap leaching air, residu hasil dekomposisi dilarutkan kedalam air dengan perbandingan massa ilmenit: air yaitu 1:4 dengan kondisi aquadest bertemperatur 400 C dan diaduk selama 3 jam. residu hasil leaching air 10 gram ilmenit kedalam reaktor yang berisi 50 ml asam sulfat (H_2SO_4) dengan konsentrasi 3M dan dilakukan proses pengadukan dengan kecepatan 300 rpm pada temperatur 900C selama 1,5 jam. Proses dilanjutkan dengan penyaringan untuk memisahkan filtrat dan padatan (sludge) residu proses pelindian. Filtrat hasil proses pelindian merupakan larutan $TiOSO_4$.

3.2.3 Proses hidrolisis

Proses hidrolisis untuk mendapatkan TiO_2 dengan 100 ml larutan $TiOSO_4$ (hasil leaching asam sulfat) dilarutkan ke dalam air dengan perbandingan rasio volume (v/v) $H_2O/TiOSO_4$ sebesar 6:1. diaduk dengan kecepatan 300 rpm menggunakan stirrer selama 2 jam pada suhu 900^0 C. hasilnya berupa larutan TiO_2 .

3.2.4 Proses kondensasi

Proses kondensasi selama 3 jam pada temperatur ruang dengan variable proses (dengan atau tanpa pengadukkan) sehingga mendapatkan presipitat putih. Presipitat putih tersebut dicuci menggunakan H_2SO_4 10% untuk mengurangi kadar Fe dan mendinginkan selama 1 jam sehingga tampak endapan dibawah beaker glass. Endapan selanjutnya dipisahkan menggunakan kertas saring. Tahapan selanjutnya adalah mencuci endapan menggunakan aquades sampai didapat pH=7. Setelah mendapatkan pH=7 lalu endapan dikeringkan pada temperature 110^0C selama 3 jam sehingga dihasilkan serbuk partikel TiO_2 .

3.2.5 Proses hidrotermal

Proses hidrotermal dilakukan untuk memodifikasi nanokristal TiO_2 dengan 1 gram serbuk TiO_2 (filtrat yang sudah dilakukan proses hidrolisis dan ultrasonik) dilarutkan kedalam 30 ml larutan NaOH 10 M, dimasukkan kedalam reaktor autoclave dimasukkan kedalam oven pada variasi temperatur 80,100,120 dan 150^0C selama 12 jam. hasil hidrotermal, sampel dicuci dengan aquadest dan dinetralisasi dengan larutan HCl 0,1 M hingga pH=7. Selanjutnya dikeringkan pada temperatur 110^0C selama 12 jam didapatkan nanokristal TiO_2 .

3.2.6 Pengujian I-V DSSC

Nanokristal TiO_2 dicoating di dalam kaca ITO sebagai katoda dan kemudian diberikan dye atau pewarna dan karbon dicoating di kaca ITO berikutnya sebagai anoda kemudian disatukan seperti sandwich kemudian di uji tegangan dan arusnya dengan menggunakan rangkaian listrik sederhana yang disinari dengan cahaya matahari.

3.2.7 Publikasi

Terpublikasiya informasi terkait dengan sumber daya mineral kita bisa optimalkan untuk aplikasi DSSC. .

Jadwal penelitian disusun dengan mengisi langsung tabel berikut dengan memperbolehkan penambahan baris sesuai banyaknya kegiatan.

JADWAL

No	Nama Kegiatan	Bulan											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1.	Persiapan peralatan	√											
2.	Persiapan bahan baku		√										
3.	Dekomposisi TiO ₂ dan proses ekstraksi (leaching air dan asam sulfat)			√	√								
4.	Proses hidrolisis dan kondensasi					√							
5.	Proses hidrotermal (partikel TiO ₂ menjadi nanokristal TiO ₂)						√	√					
6.	Karakterisasi nanokristal TiO ₂								√				
7.	Pengujian I-V DSSC									√			
8.	Analisa data										√		
9.	Publikasi jurnal nasional											√	
10.	Pembuatan laporan akhir												√

Daftar pustaka disusun dan ditulis berdasarkan sistem nomor sesuai dengan urutan pengutipan. Hanya pustaka yang disitasi pada usulan penelitian yang dicantumkan dalam Daftar Pustaka.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Septiana, W ., Fajarrisandi, D., &Aditia M., 2007, pembuatan protitipe solar cell mudah dengan bahan organic inorganic (Dye sensitized solar cell), laporan penelitian bidang energy institute teknologi bandung.
- [2] Samal, S., Mohapatra, B. K., and Mukherjee, P. S., 2010, The Effect of Heat Treatment on Titania Slag, Journal of Mineras and Materials Characterization and Engineering, vol. 9, pp. 795-809.
- [3] Smestad, G.P., dan Grätzel, M., 1998, “Demonstrating electron Transfer and Nanotechnology : A Natural DyeSensitized Nanocrystalline energy Converter”, J.Chem. Educ., 75, 752-756
- [4] Huang dkk, “Preparation of a Novel Polymer Gel Electrolyte Gel based on Nmethylquinoline Iodide and Its Application in Quasi-Solid-State Dye-Sensitized Solar Cell”, J. Sol-Gel Sci, 2007.
- [5] Kay, A., Grätzel, M., 1996, “Low cost photovoltaic modules based on dye sensitized nanocrystalline titanium dioxide and carbon powder”, Solar Energy Materials & Solar Cells, 44, 99-117.
- [6] Grätzel, Michael, “Dye-Sensitised Solar Cells, journal of Photochemistry and Photobiology”, Vol.4, 145-153, 2003.
- [7] Nugroho, F., Hamda, A. F., & Bahri, S. Kristalisasi TiO(OH)₂ dari Titanyl Sulfat Pada Pembuatan Titanium Dioksida (TiO₂) dari Ilmenit
- [8] Yuwono et al., 2011, Nanocrystallinity enhancement of TiO₂ nanotubes by post hidrotermat treatment, advance material research, vol 277 page 90-99. Daftar.