



## PEMBUATAN NANO PARTIKEL $TiO_2$ MENGGUNAKAN SURFAKTAN CTAB DAN PEG 6000

Yohanna Lestari dan Nurdin Bukit

Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan  
[nurdinbukit5@gmail.com](mailto:nurdinbukit5@gmail.com), [yohanalestari1999@gmail.com](mailto:yohanalestari1999@gmail.com)

Diterima: Agustus 2022. Disetujui: September 2022. Dipublikasikan: Oktober 2022

### ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan nanopartikel  $TiO_2$  serta penambahan surfaktan Cetyl Trimethyl Ammonium Bromide (CTAB) dan Polietilen Glikol (PEG) -6000 . Dalam penelitian ini proses pembuatan  $TiO_2$  ,  $TiO_2$  -CTAB , dan  $TiO_2$  -PEG-6000 serta  $TiO_2$ -CTAB -PEG-6000 menjadi nanopartikel menggunakan metode sol gel, dari bahan  $TiCl_3$ .  $TiO_2$  yang diperoleh dikarakterisasi menggunakan XRD dan SEM Dari hasil analisis XRD diperoleh ukuran diameter kristal masing masing sebesar 30,12 nm ,35,66 nm ,36,12 nm dan 21,57 nm dengan fase rutile dan kandungan senyawa yang dominan dari hasil sintesis adalah  $TiO_2$ . Sedangkan hasil SEM menunjukkan bahwa morfologi nanopartikel  $TiO_2$  distribusi yang homogen.

**Kata Kunci:**  $TiO_2$ , CTAB, PEG-6000, Metode Sol Gel, XRD, SEM

### ABSTRACT

*This study aims to obtain  $tio_2$  nanoparticles and the addition of surfactants cetyl trimethyl ammonium bromide (ctab) and polyethylene glycol (peg)-6000. In this study, the process of making  $tio_2$ ,  $tio_2$ -ctab, and  $tio_2$ -peg-6000 and  $tio_2$ -ctab - peg-6000 into nanoparticles using the sol-gel method from  $ticl_3$  material. The obtained  $tio_2$  was characterized using xrd and sem. From the results of xrd analysis, the diameter of the crystals was 30.12 nm, 35.66 nm, 36.12 nm, and 21.57 nm with a rutile phase, and the dominant compound content of the synthesis was  $tio_2$ . In comparison, the sem results show that the morphology of the  $tio_2$  nanoparticles has a homogeneous distribution.*

**Keywords:**  $TiO_2$ , CTAB, PEG-6000, Sol Gel Methode, XRD, SEM

### PENDAHULUAN

Material nanopartikel merupakan sebuah hasil kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi, material nano adalah nanopartikel titanium dioksida ( $TiO_2$ ), yang dapat menciptakan material fibraksi baru dengan sifat yang berbeda dengan produk sejenis dengan ukuran partikel makro yang sama (Thahir, 2019).

Nanopartikel adalah bahan yang sangat menarik karena luas permukaannya yang besar terhadap rasio volume dan dimensi yang besar. Nanopartikel merupakan partikel berukuran sekitar 10-1000 nm dengan sifat padat. Nanopartikel banyak diminati karena banyak atomnya yang sangat besar, energi-energi dan tegangan permukaan yang besar (Ismayana, 2017). Selain itu kemampuan

fotokatalitik dan reaksi permukaan yang dimiliki nanopartikel TiO<sub>2</sub>, serta memiliki peluang penggunaan yang sangat besar (Thahir, 2019).

Dalam hal ini peneliti menggunakan teknik sol-gel, teknik ini relative lebih sederhana dalam upaya menghasilkan nanotitania dan mudah mengontrol pH, suhu, dan laju hidrolisis (Rahayu, 2019). TiO<sub>2</sub> dari proses sol-gel dapat menghasilkan ukuran nanometer. Dalam sintesa TiO<sub>2</sub> bisa diterapkan melalui peningkatan surfaktan. Pada penelitian ini menggunakan Polietilen Glikol (PEG-6000). PEG-6000 memiliki sifat yang stabil, mudah bercampur dengan komponen lain. PEG-6000 menyatakan berat molekul dengan meningkatnya berat molekul dari PEG ini dapat meningkatkan tingkat kelarutannya dalam air. Dimana daya hambat terhadap pembentukan kristal stabil lebih tinggi, kekentalan dan tekanan uap juga lebih baik (Ginting, E.M 2016). Pada penelitian (Bukit, N, et al, 2015) mendapatkan puncak yang lebar dengan bertambahnya variasi perbandingan penambahan volume PEG-6000 yang mengindikasikan ukuran kristalnya semakin kecil. penelitian tentang penggunaan PEG 6000 antara lain, (Bukit, N et al, 2015), (Ginting, E.M et al, 2016) (Ginting, E.M et al, 2021), Tetapi kationik surfaktan CTAB memberi hasil yang lebih baik dibandingkan surfaktan SDS dan surfaktan PEG. Dalam sintesis TiO<sub>2</sub> dengan surfaktan CTAB mempunyai tingkat kristalinitas yang lebih besar dibandingkan SDS dan PEG. Pada pengurangan ukuran nanopartikel surfaktan mempunyai pengaruh yang tinggi (Vijayalakshmi, 2010). Penambahan CTAB sebagai ammoniumkuarterner berfungsi sebagai template yang mengarahkan ke pembentukan pori (Bukit, N, 2014), (Frida, E, et al 2014).

Metode sol gel digunakan dalam penelitian ini sama seperti penelitian yang sudah ada sebelumnya yang telah dilakukan dengan Fahyuan (2013) dengan judul "Pengaruh Konsentrasi CTAB dalam Sintesis Nanopartikel TiO<sub>2</sub> untuk Aplikasi Sel Surya Menggunakan Metode Sol Gel" dari penelitian ini didapatkan TiO<sub>2</sub> serbuk yang disintesis menggunakan teknik sol gel dengan

penggabungan surfaktan CTAB. Dari penelitian ini penambahan CTAB menghadirkan kristal dengan ukuran sangat kecil. Pola difraksi yang memiliki paling besar dan puncak paling tajam dihasilkan dengan penambahan PEG-6000. Diharapkan memberikan hasil partikel nano dengan pola struktur permukaan yang lebih baik (Haryati, 2012).

## METODE PENELITIAN

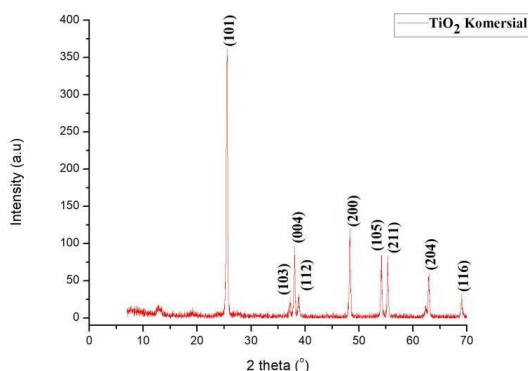
Penelitian ini akan dilakukan beberapa tahapan, yaitu : aquades digunakan untuk membersihkan semua alat supaya tidak terkena oleh zat-zat yang akan mengganggu reaksi, lalu alat tersebut dikeringkan. Berikutnya bahan ditimbang dengan menggunakan timbangan digital. Mengukur bahan-bahan yaitu TiCl<sub>3</sub> sebanyak 20 ml, NH<sub>4</sub>OH 100 ml dan Aquades 100 ml dengan menggunakan gelas ukur. Setelah bahan diukur, Larutan TiCl<sub>3</sub> dicampurkan dengan aquades kedalam gelas beaker dan diaduk selama 2 jam menggunakan magnetic stirrer. Sambil diaduk, larutan NH<sub>4</sub>OH ditambahkan kedalam larutan sedikit demi sedikit hingga larutan berwarna putih selama 4 jam.

Larutan didiamkan selama satu hari dan akan menghasilkan endapan berwarna putih, kemudian disaring dengan kertas saring serta dicuci. Dilakukan pencucian agar menghilangkan larutan NH<sub>4</sub>OH yang masih terkandung didalam larutan dengan menambahkan aquades. Endapan dikeringkan dalam oven dengan temperatur 60°C selama 24 jam dan dikalsinasi pada temperatur 900°C dengan durasi 2 jam. Kemudian dilakukan karakterisasi menggunakan XRD dan SEM. Dilakukan prosedur yang sama untuk ketiga percobaan yaitu penambahan CTAB, PEG-6000 dan penambahan CTAB+PEG-6000. Teknik analisis data dalam penelitian ini adalah dengan menggunakan Scanning Elektron Microscopy (SEM). SEM digunakan untuk menganalisa morfologi bentuk magnetit campuran. X-Ray Diffraction (XRD). XRD digunakan untuk memperoleh ukuran kristal dan sifat kristal.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Hasil Uji XRD

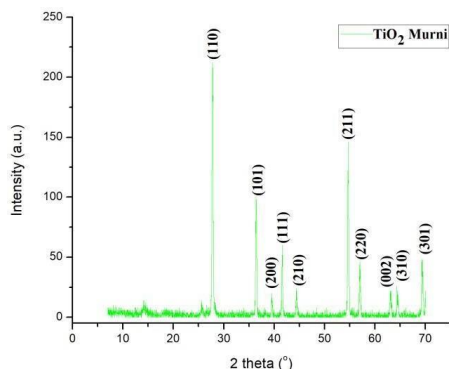
#### 1.1 Sampel TiO<sub>2</sub> Komersil



**Gambar 1.** Pola difraksi TiO<sub>2</sub> komersial

Gambar 1 menunjukkan Puncak maksimum terdapat pada sudut  $2\theta = 25,525^\circ$  dengan jarak  $3,4897 \text{ \AA}$  memiliki fasa anatase (TiO<sub>2</sub>). Hasil pola difraksi sinar-X TiO<sub>2</sub> komersial memiliki sistem tetragonal dengan parameter kisi  $a = 3,777 \text{ \AA}$   $c = 9,501 \text{ \AA}$  dan memiliki massa  $3,915 \text{ g/cm}^3$  dengan dhkl (1 0 1). Ukuran partikel TiO<sub>2</sub> komersial yang diperoleh dari XRD menggunakan metode Debye Scherrer adalah  $32,16 \text{ nm}$ .

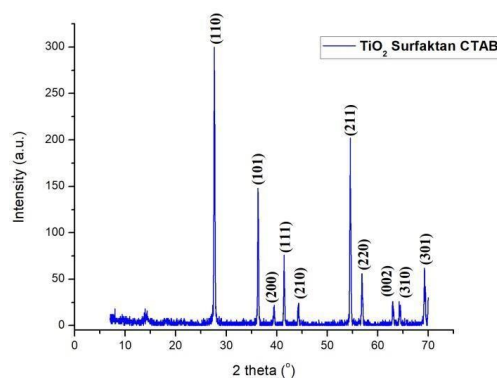
#### 1.2 Sampel TiO<sub>2</sub> Murni



**Gambar 2.** Pola difraksi TiO<sub>2</sub> Murni

Gambar 2 menunjukkan puncak maksimum terdapat pada sudut  $2\theta = 27,78^\circ$  dengan jarak  $3,2104 \text{ \AA}$  memiliki fasa rutile (TiO<sub>2</sub>). Hasil pola difraksi sinar-X TiO<sub>2</sub> komersial memiliki sistem tetragonal dengan parameter kisi  $a = 4,582 \text{ \AA}$   $c = 2,953 \text{ \AA}$  dan memiliki massa  $4,275 \text{ g/cm}^3$  dengan dhkl (1 1 0). Ukuran partikel TiO<sub>2</sub> murni yang diperoleh dari XRD menggunakan metode Debye Scherrer adalah  $30,20 \text{ nm}$ .

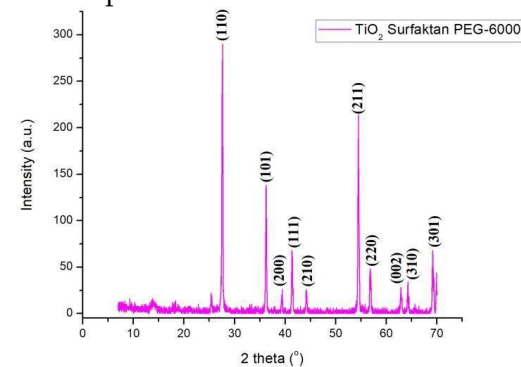
#### 1.3 Sampel TiO<sub>2</sub> CTAB



**Gambar 3.** Pola difraksi TiO<sub>2</sub> –CTAB

Gambar 3 menunjukkan Puncak maksimum terdapat pada sudut  $2\theta = 27,65^\circ$  dengan jarak  $3,2250 \text{ \AA}$  memiliki fasa rutile (TiO<sub>2</sub>). Hasil pola difraksi sinar-X TiO<sub>2</sub> CTAB memiliki sistem tetragonal dengan parameter kisi  $a = 4,594 \text{ \AA}$   $c = 2,9589 \text{ \AA}$  dan memiliki massa  $4,248 \text{ g/cm}^3$  dengan dhkl (110). Ukuran partikel TiO<sub>2</sub> CTAB yang diperoleh dari XRD menggunakan metode Debye Scherrer adalah  $35,66 \text{ nm}$ .

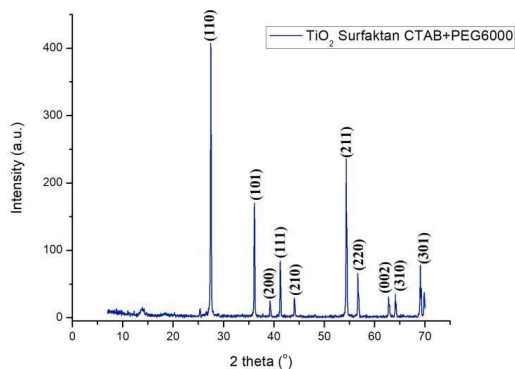
#### 1.4 Sampel TiO<sub>2</sub> PEG-6000



**Gambar 4.** Pola difraksi TiO<sub>2</sub> komersial

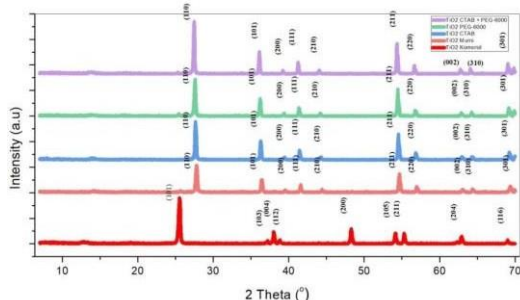
Gambar 4 menunjukkan Puncak maksimum terdapat pada sudut  $2\theta = 25,43^\circ$  dengan jarak  $3,2344 \text{ \AA}$  memiliki fasa rutile (TiO<sub>2</sub>). Hasil pola difraksi sinar-X TiO<sub>2</sub> PEG-6000 memiliki sistem tetragonal dengan parameter kisi  $a = 4,6017 \text{ \AA}$   $c = 2,9647 \text{ \AA}$  dan memiliki massa  $4,226 \text{ g/cm}^3$  dengan dhkl (1 1 0). Ukuran partikel TiO<sub>2</sub> PEG-6000 yang diperoleh dari XRD menggunakan metode Debye Scherrer adalah  $36,12 \text{ nm}$ .

### 1.5 Sampel TiO<sub>2</sub> CTAB dan PEG-6000



**Gambar 5.** Pola difraksi TiO<sub>2</sub> CTAB dan PEG-6000

Gambar 5 menunjukkan Puncak maksimum terdapat pada sudut  $2\theta = 27,46^\circ$  dengan jarak  $3,2475 \text{ \AA}$  memiliki fasa rutile (TiO<sub>2</sub>). Hasil pola difraksi sinar-X TiO<sub>2</sub> CTAB dan PEG-6000 memiliki sistem tetragonal dengan parameter kisi  $a = 4,5933 \text{ \AA}$   $c = 2,958 \text{ \AA}$  dan memiliki massa  $4,25 \text{ g/cm}^3$  dengan dhkl (1 1 0). Ukuran partikel TiO<sub>2</sub> CTAB dan PEG-6000 yang diperoleh dari XRD menggunakan metode Debye Scherrer adalah  $21,57 \text{ nm}$ .



**Gambar 6.** Pola Hasil XRD TiO<sub>2</sub> komersil, TiO<sub>2</sub> murni, TiO<sub>2</sub> CTAB, TiO<sub>2</sub> PEG-6000, TiO<sub>2</sub> CTAB+PEG 6000

Dari Gambar 6. di atas analisis XRD sampel TiO<sub>2</sub> memastikan bahwa adanya puncak maksimum TiO<sub>2</sub> komersil terdapat pada fasa TiO<sub>2</sub> (anatase) dengan dhkl (101) sedangkan TiO<sub>2</sub> murni, TiO<sub>2</sub> CTAB, TiO<sub>2</sub> PEG-6000 dan TiO<sub>2</sub> CTAB+PEG 6000 memiliki fasa TiO<sub>2</sub> (rutile) dengan dhkl (110). Dari hasil diatas jenis fasa pada sampel TiO<sub>2</sub> komersil berbeda dengan sampel lainnya ini mungkin terjadi karena jenis bahan dan metode pembuatannya berbeda. Berdasarkan analisis data diatas juga didapatkan estimasi ukuran partikel masing-masing sampel adalah TiO<sub>2</sub> komersil  $32,16 \text{ nm}$ , TiO<sub>2</sub> murni  $30,20 \text{ nm}$ , TiO<sub>2</sub>

CTAB  $35,66 \text{ nm}$ , TiO<sub>2</sub> PEG-6000  $36,12 \text{ nm}$  dan TiO<sub>2</sub> CTAB dan PEG-6000  $21,57 \text{ nm}$ .

Berdasarkan hasil analisis XRD sesuai dengan penelitian sebelumnya (Nursa, dkk, 2016) bahwa dengan ditambahkan PEG-6000 diperoleh ukuran kristal terkecil ( $18,29 \text{ nm}$ ) daripada penambahan PEG-1000 ( $19,32 \text{ nm}$ ), PEG-2000 ( $19,37 \text{ nm}$ ) dan PEG-4000 ( $21,35 \text{ nm}$ ). Ukuran yang lebih baik digunakan sebagai bahan pengisi adalah ukuran terkecil. Ukuran yang didapat tidak bisa disimpulkan, apakah semakin besar atau sedikit penambahan PEG-6000 akan mendapatkan ukuran yang lebih kecil. Hal ini diakibatkan karena PEG yang ditambahkan wajib memiliki perbandingan yang cocok supaya bertindak sesuai dengan fungsinya. Berdasarkan penelitian yang dilakukan Fahyuan, dkk (2012) penambahan surfaktan CTAB diatas mewujudkan ukuran kristal paling kecil.

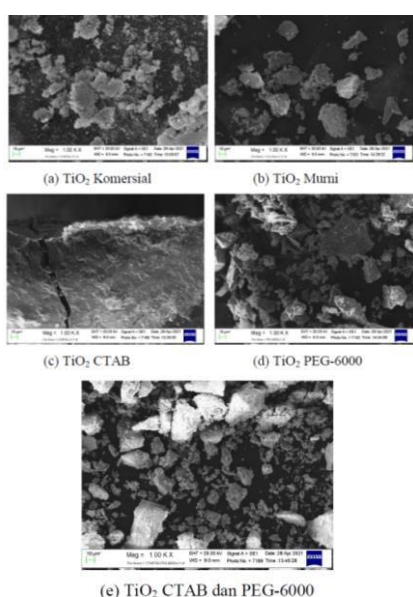
Dilihat dari ukuran tanpa CTAB memiliki ukuran  $36,60 \text{ nm}$ , CTAB  $0,5 \text{ mM}$  ( $32,15 \text{ nm}$ ), CTAB  $1 \text{ mM}$  ( $29,15 \text{ nm}$ ), CTAB  $1,5 \text{ mM}$  ( $30,11 \text{ nm}$ ), dan CTAB  $2 \text{ mM}$  ( $31,65 \text{ nm}$ ). Hal tersebut dikarenakan penambahan berdekatan melalui batas CMC dari CTAB. Jika peningkatan surfaktan dibawah konsentrasi kritis/Critical Micelar Concentration (CMC) yaitu sebesar  $0,5 \text{ mM}$  akan menghasilkan ukuran kristal lebih besar dibandingkan dengan penambahan CTAB  $1, 1,5$  dan  $2 \text{ mM}$  (diatas titik CMC CTAB). Hal tersebut disebabkan oleh penambahan surfaktan di bawah titik CMC- nya, misel dari surfaktan tersebut belum terbentuk, akhirnya peran surfaktan selaku pereduksi ukuran kristal tidak berperan secara maksimum. Dalam penelitian ini, terdapatnya batas optimum penambahan CTAB supaya dihasilkan ukuran kristal yang semakin kecil dan PEG-6000 berfungsi lebih baik pada sampel TiO<sub>2</sub> CTAB dan PEG-6000 yang artinya penambahan CTAB dan PEG-6000 menghasilkan ukuran partikel yang lebih kecil sesuai yang diharapkan dan bekerja lebih optimal.

## 2. Hasil Uji SEM

Dilakukan karakterisasi nanopartikel TiO<sub>2</sub> dengan menggunakan SEM (Scanning Electron Microscopy) jenis Zeiss EVO MA 10

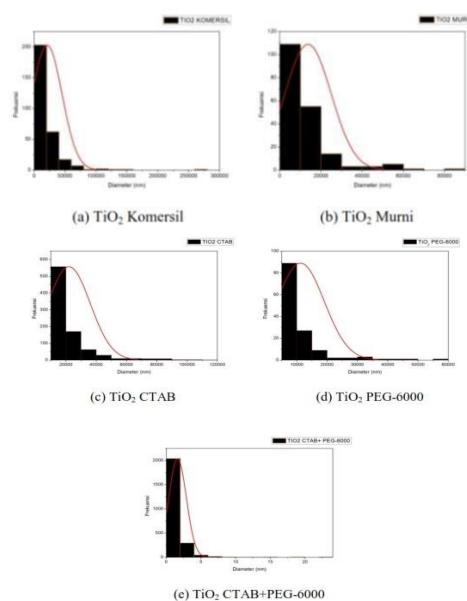
untuk mengetahui struktur morfologi permukaan nanopartikel TiO<sub>2</sub>. Dari hasil karakterisasi menggunakan SEM diperoleh struktur morfologi permukaan nanopartikel TiO<sub>2</sub> seperti Gambar 7.

Hasil karakterisasi SEM TiO<sub>2</sub> komersil dan TiO<sub>2</sub> CTAB+PEG-6000 dilakukan perbesaran 1000X. perbesaran terlihat bahwa permukaan partikel masih bertumpuk-tumpuk akhirnya banyak tampak gumpalan-gumpalan yang belum teratur. Pada TiO<sub>2</sub> murni, TiO<sub>2</sub> CTAB dan TiO<sub>2</sub> CTAB+PEG-6000 tampak bahwa struktur permukaan lebih halus dan merata.



**Gambar 7.** Hasil Uji SEM dengan perbesaran 1000x

Untuk mengurangi terjadinya pengumpulan sebaiknya dilakukan pemanasan kembali sebelum dilakukan pengkarakterisasian. Dampak terjadinya aglomerasi keadaan pengaruh suhu yang bisa meningkatkan energi total permukaan tersebut partikel bakal bergabung. Menurut gambar SEM bentuk partikel masih belum tampak jelas dikarenakan pada pengujian SEM kurang maksimal, akhirnya dibutuhkan perbesaran yang lebih besar supaya bentuk partikel dapat terlihat. Namun tetapi secara umum bentuk partikel adalah spherical (Anwari, 2019).



**Gambar 8.** Histogram Image-J (a) TiO<sub>2</sub> Komersil, (b) TiO<sub>2</sub> Murni, (c) TiO<sub>2</sub> CTAB, (d) TiO<sub>2</sub> PEG-6000, (e) TiO<sub>2</sub> CTAB+PEG 6000

Sebagai analisa lanjutan hasil SEM, dilakukan pengamatan menggunakan Software Image-J. hasil pengamatan ditunjukkan pada Gambar 8. Hasil analisis menggunakan Software Image-J dilihat dari jumlah partikel terbanyak yang dihasilkan menunjukkan bahwa TiO<sub>2</sub> menggunakan surfaktan CTAB+PEG-6000 menghasilkan ukuran partikel paling kecil.

### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan yaitu Titanium Dioksida (TiO<sub>2</sub>) telah berhasil dibuat dengan fasa yang terbentuk pada sampel TiO<sub>2</sub> murni memiliki fasa rutile dengan ukuran kristal 30,20 nm, TiO<sub>2</sub> CTAB memiliki fasa rutile dengan ukuran kristal 35,66 nm, TiO<sub>2</sub> PEG-6000 memiliki fasa rutile dengan ukuran kristal 36,12 nm dan TiO<sub>2</sub> CTAB+PEG 6000 memiliki fasa rutile dengan ukuran kristal 21,57 nm. Dengan hasil SEM diperoleh bahwa struktur permukaan yang halus dan merata terletak pada sampel TiO<sub>2</sub> murni, TiO<sub>2</sub> CTAB dan TiO<sub>2</sub> PEG-6000.

Ucapan terimakasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada kepala Laboratorium Fisika FMIPA Unimed atas fasilitas dan pengujian sampel dalam penelitian ini .

#### DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, M., Virgus, Y., Nirmin, & Khairurrijal. (2008). Review: Sintesis Nanomaterial. *Jurnal Nanosains & Nanoteknologi*, 1(2), 33–57.
- Ahmed, Y. M., Salleh, K., Sahari, M., Ishak, M., & Khidhir, B. A. (2014). Titanium and its Alloy. *International Journal of Science and Research (IJSR)*, 3(10), 1351–1361.
- Alfarisa, S., Rifai, D. A., & Toruan, P. L. (2018). Studi Difraksi Sinar-X Struktur Nano Seng Oksida ( ZnO ) X-ray Diffraction Study on ZnO Nanostructures. *Risalah Fisika*, 2(2), 53–57.
- Anwari, N. S. (2019). Sintesis dan Karakterisasi TiO<sub>2</sub> Pada Penambahan Surfaktan CTAB Menggunakan Metode Solvotermal Dengan Variasi Suhu. Skripsi, Kimia, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, Malang.
- Bukit, N., Frida, E., Simamora, P., Sinaga, T. (2015). Analisis Difraksi Nanopartikel Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> Metode Kopresipitasi Dengan Polietilen Glikol 6000. *Prosiding Seminar Jurnal Fisika*. 4.
- Bukit, N., Ginting, E, M., Harahap, M, H., Hutagalung, C. (2014). Pengolahan Bentonit Alam Menjadi Nanopartikel Bentonit Dengan Surfaktan Cetyl Trimethyl Ammonium Bromide (CTAB). *Prosiding Seminar Jurnal Fisika*. 298-306.
- Bukit,N and Frida,E and Simamora, P and Sinaga, T(2015),Synthesis Of Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> Nanoparticles Of Iron Sand Coprecipitation Method With Polyethylene Glycol 6000, *Chemistry and Materials Research*, 07 (07). 110-115
- Frida.E, Bukit.N , Zebua.F (2014), *Analysis Mechanics and Thermal Composites Thermoplastic High Density, Chemistry and Materials Research* ,6(4) ,126-134.
- Frida.E, Bukit.N ,Bukit.B.F (2014),Natural Zeolite Modification With A Surfactant Cetyl TrimethylAmmonium Bromide (CTAB) As Material To Filler InPolypropylene , *Chemistry and Materials Research* ,6(6) ,34-41
- Fahyuan, H. D., Dahlan, D. (2013). Pengaruh Konsentrasi Ctab Dalam Sintesis Nanopartikel TiO<sub>2</sub> Untuk Aplikasi Sel Surya Menggunakan Metode Sol Gel. *Jurnal Ilmu Fisika Universitas Andalas*, 5(1), 16–23.
- Ginting, E.M., & Padang, M.M.(2016). Analisis Sifat Mekanis Dan Struktur Nanokomposit Abu Sekam Padi Sebagai Filler Termoplastik Hdpe. *Jurnal Einsten*, 4(2),42-46.
- Ginting, E,M., Sinulingga, K., Harahap, M,H., Padang, M.,M., Bukit, N., (2016), Karakterisasi Abu Sekam Padi Disintesis Polietilen Glikol-6000 Sebagai Bahan Pengisi Nanokomposit Termoplastik HDPE: Spektra *Jurnal Fisika*, , 1 (1)
- Ginting, E,M ,Bukit N ,Handayani.D.U (2021) Pembuatan Nanopartikel Abu Tandan Kosong Kelapa Sawit Dengan PEG-6000 *Jurnal Einsten* 9 (2) : 28 – 33
- Ginting, E,M., Sinulingga, K., Harahap, M,H., Siregar.I.S,Bukit, N., (2016), Analysis of Rice Husk Ash Nanoparticles with Polyethylene Glycol Surfactants - 6000 Using Coprecipitation Method, *Chemistry and Materials Research*, 8(7) ,58-63
- Hanaor, D. A. H., & Sorrell, C. C. (2011). Review of the anatase to rutile phase transformation. *Journal of Materials Science*, 46(4), 855–874.

- Haryati, T., Andarini, N., & Febrianti, M. (2012). Sintesis Lapis Tipis Fotokatalis ZnO-TiO<sub>2</sub> Menggunakan Metode Sol Gel dengan PEG (Polyethylene Glycol) Sebagai Pelarut. *Ilmu Dasar*, 13(1), 1–5.
- Leuner, C., & Dressman, J. (2000). Improving drug solubility for oral delivery using solid dispersions. *European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics*, 50(1), 47–60.
- Nasution, N., & Fitri, A. (2018). Sintesis Nanopartikel TiO<sub>2</sub> Fasa Rutile dengan Metode Kopresipitasi. *Jurnal Ilmu Fisika Dan Teknologi*, 2(2), 18–25.
- Ningsih, S. K. W. (2016). *Sintesis Anorganik*. Padang: UNP Press.
- Nursa, I., Puryanti, D., & Budiman, A. (2016). Pengaruh Potietilen Glikol (PEG) Terhadap Ukuran Partikel Magnetit (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) yang Disintesis dengan Menggunakan Metode Kopresipitasi. *Jurnal Fisika Unand*, 5(3), 209-213.
- Sikora, R. (2005). Ab initio study of phonons in the rutile structure of TiO<sub>2</sub>. *Journal of Physics and Chemistry of Solids*, 66(6), 1069–1073.
- Uyun, Mabrurotul. (2015). Sintesis Nanopartikel TiO<sub>2</sub> Rutile Dengan Prekursor TiCl<sub>3</sub> (Proses Hidrolisis Dan Mineralisasi) Dan Prekursor TiCl<sub>4</sub>. Tugas Akhir, Teknik Fisika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Vijayalakshmi, R., & Rajendran, K. V. (2010). Influence of Surfactants on the Synthesis of TiO<sub>2</sub> Nanoparticles Title. *The Azo Journal of Materials Online*, 6, 63–68.
- Wahyuni, R., Halim, A., & Febronica, S. (2014). Studi Sistem Dispersi Padat Karbaazepi Menggunakan Campuran Polimer Peg 6000 dan HPMC dengan Metoda Pelarutan. "Perkembangan Terkini Sains Farmasi dan Klinik IV" 2014, 233-240.
- Wardiyati, S., Fisli, A., & Yusuf, S. (2014). Sintesis Nanokatalis TiO<sub>2</sub> Anatase dalam Larutan Elektrolit dengan Metode Sol Gel. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 15(3), 153–157.