

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

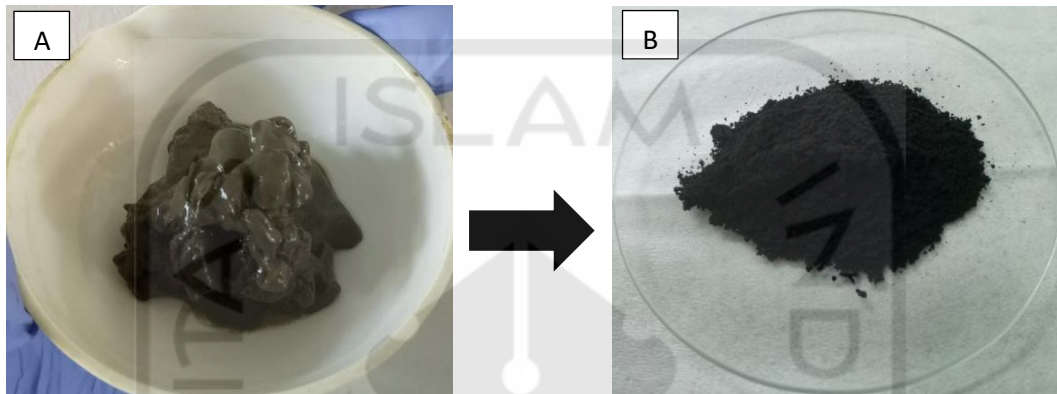
Metode *Green Synthesis* dipilih untuk sintesis SnO₂NPs karena memiliki keunggulan yaitu aman terhadap lingkungan, mudah diaplikasikan dan biaya sintesis murah. Pada penelitian ini digunakan SnCl₂.2H₂O sebagai prekursor dan ekstrak daun bayam merah digunakan sebagai pereduksi. Hasil dari sintesis SnO₂NPs pada penelitian ini diaplikasikan ke fotokatalis untuk mendegradasi zat warna *bromophenol blue*. Proses sintesis SnO₂NPs diawali dengan pencampuran ekstrak daun bayam dan SnCl₂.2H₂O 0,1 M dengan perbandingan sebesar 2 :1 (50 mL : 25 mL) setelah dicampurkan dilakukan proses pemanasan selama 60 menit pada suhu 80 °C. Reaksi yang terjadi saat proses pencampuran ekstrak daun bayam merah dengan SnCl₂.2H₂O adalah reaksi :



Pada proses *green synthesis* SnO₂NPs menggunakan ekstrak daun bayam merah, Sn⁰ terbentuk melalui reaksi reduksi dan oksidasi dari ion Sn²⁺ yang terdapat pada larutan. Gugus fungsi dalam senyawa metabolit sekunder mendonorkan elektron ke ion Sn²⁺ untuk menghasilkan nanopartikel Sn⁰. Sedangkan pembentukan dari nanopartikel Sn menjadi SnO₂NPs dilalui pada tahap kalsinasi, dimana terjadi proses oksidasi dari Sn menjadi SnO₂ sehingga dihasilkan SnO₂NPs. (Hakim dan Lukmanul, 2008)

Senyawa yang berperan dalam proses reduksi terdiri dari beberapa jenis senyawa metabolit sekunder tumbuhan, seperti senyawa terpenoid jenis citronellol dan geraniol, lalu keton, aldehida, amida dan asam karboksilat. Pada tumbuhan bayam merah terdapat kandungan terpenoid dan flavonoid yang memiliki permukaan yang aktif dan stabil yang berperan sebagai pereduksi ion logam (Yalkhin, dkk 2015).

Pada penelitian ini SnO₂NPs yang dihasilkan dari *green synthesis* berbentuk serbuk dengan warna coklat pekat kehitaman setelah proses akhir kalsinasi seperti pada **Gambar 10**.



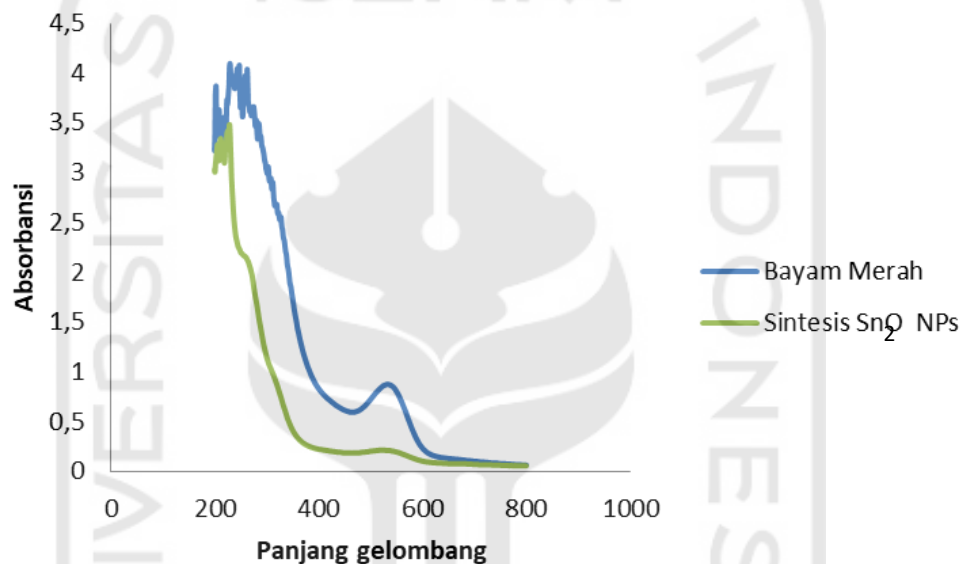
Gambar 10. (A) SnO₂NPs sebelum kalsinasi, (B) sesudah kalsinasi

SnO₂NPs yang dihasilkan berwarna hijau kecoklatan sebelum proses kalsinasi menandakan bahwa adanya nanopartikel Sn pada endapan dan pada proses kalsinasi warna berubah menjadi serbuk hitam pekat dikarenakan adanya proses oksidasi sehingga terjadi pembentukan Sn menjadi SnO₂. SnO₂NPs hasil sintesis berwarna hitam pekat berbeda dengan SnO₂ pada umumnya berwarna putih dikarenakan warna hasil sintesis dipengaruhi oleh pereduksi dari bayam merah.

Proses sintesis diharapkan dapat memiliki sifat SnO₂ pada umumnya sehingga katalis SnO₂ dalam bentuk nanopartikel ini dapat diaplikasikan pada proses fotodegradasi zat warna *bromophenol blue*. Untuk mengetahui SnO₂NPs sudah terbentuk dan layak digunakan pada pengaplikasian fotokatalis maka dilakukan proses karakterisasi menggunakan instrument UV-Vis, XRD, FTIR, SEM-EDX, TEM, dan DR-UV.



Instrumen spektrofotometer UV-Vis digunakan untuk mengetahui tahapan awal untuk mengetahui adanya senyawa metabolit sekunder pada ekstrak daun bayam merah dan pada sintesis berfungsi untuk mengkonfirmasi terbentuknya SnO₂NPs hasil dari *green synthesis*. Pada hasil analisis ini panjang gelombang maksimal bayam merah dan sintesis SnO₂NPs terdapat pada panjang gelombang 214-230 nm. (Ganesh.,dkk,2015). Hasil Spektrofotometer UV-Vis dapat dilihat pada **Gambar 12**.



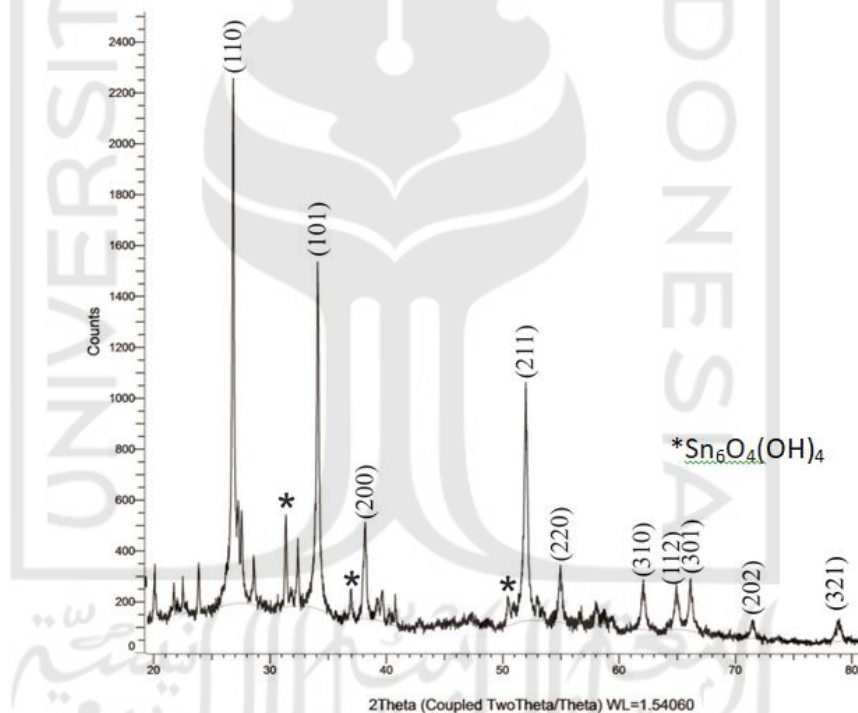
Gambar 12. Hasil spektrofotometer UV-Vis

Data pada **Gambar 12**. Menunjukkan bahwa terdeteksi bayam merah memiliki λ_{maks} 243 nm dengan absorbansi sebesar 4,018 dan sintesis SnO₂NPs memiliki λ_{maks} 229 nm dengan absorbansi sebesar 3,485 nm. Pada panjang gelombang tersebut merupakan adanya gugus aromatik pada senyawa metabolit sekunder flavonoid yang berperan sebagai bioreduktor ion Sn²⁺ menjadi ion Sn⁰. Sedangkan, Sn terdeteksi pada panjang gelombang 263 nm dengan absorbansi sebesar 0,092. Terdeteksinya Sn pada hasil karakterisasi menunjukkan bahwa hasil sintesis berukuran nanopartikel menurut Liu.,dkk (2019) bahwa Sn ukuran nanopartikel terdeteksi pada panjang gelombang sekitar 260 nm.

5.1.2 Analisis dengan XRD

Ekstrak daun bayam merah dicampurkan dengan $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 0,1 M dengan perbandingan 2 :1 lalu dilakukan proses pemanasan dan penyaringan hingga didapatkan endapan dan dilakukan kalsinasi dan hasil kalsinasi dihaluskan sehingga dihasilkan serbuk SnO_2NPs . Serbuk SnO_2NPs dikarakterisasi dengan XRD.

Karakterisasi SnO_2NPs dilakukan untuk mengetahui bentuk Kristal pada penelitian ini, hasil XRD dibandingkan dengan [JCPDS Card No: 41-1445, $a = 4.743 \text{ \AA}$, $c = 3.1859 \text{ \AA}$].

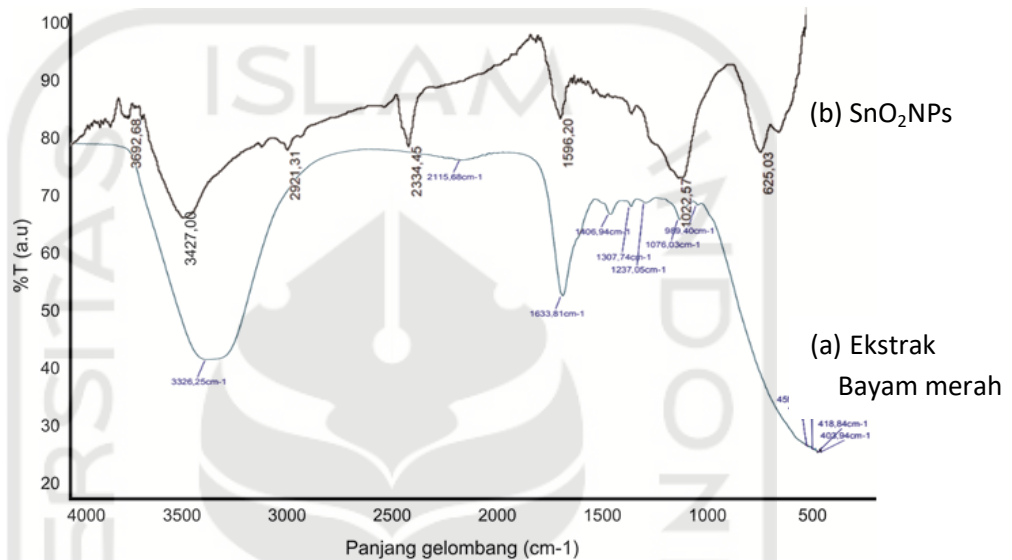


Gambar 13. Sintesis SnO_2NPs

Hasil dari XRD menunjukkan bahwa perbandingan 2θ yang dihasilkan menunjukkan adanya pola difraksi terlihat puncak-puncak dengan pola orientasi kristal SnO_2 adalah (110) (101) (200) yang menunjukkan pola difraksi yang terbentuk adalah dibentuk oleh kristal SnO_2 (Putu dkk, 2013) dan dari puncak-puncak yang dihasilkan dapat disimpulkan bahwa Kristal hasil *green synthesis* berbentuk rutil tetragonal.

5.1.3..Analisis dengan FTIR

Analisis FTIR bertujuan untuk mengetahui gugus fungsi dari serbuk SnO₂NPs hasil *green synthesis*. Spektrum FTIR dari nanopartikel dicatat dari kisaran 4000 cm⁻¹-500 cm⁻¹ dapat dilihat pada **Gambar 14**.



Gambar 14. Spektrum FTIR hasil sintesis nanopartikel SnO₂

Serapan pada 2334 cm⁻¹ menunjukkan adanya absorpsi yang lemah dan terjadi getaran N-H dari amina sekunder. Adanya serapan pada 600-700 cm⁻¹ dari SnO₂NPs seiring dengan hilangnya serapan pada ekstrak bayam merah daerah 400-600 cm⁻¹ yang tereteksi pada ekstrak menunjukkan hilangnya/berkurangnya gugus-gugus organik diakibatkan munculnya interaksi oksida logam. Oleh karena interaksi dengan logam memiliki massa yang berat sehingga butuh energi yang lebih untuk bervibrasi. (Shenthilkumar dan Annamalai, 2017). Dari gugus fungsi yang dihasilkan dapat dikonfirmasi bahwa adanya SnO₂NPs pada hasil *green synthesis*.

Tabel 3. Serapan Spektra IR

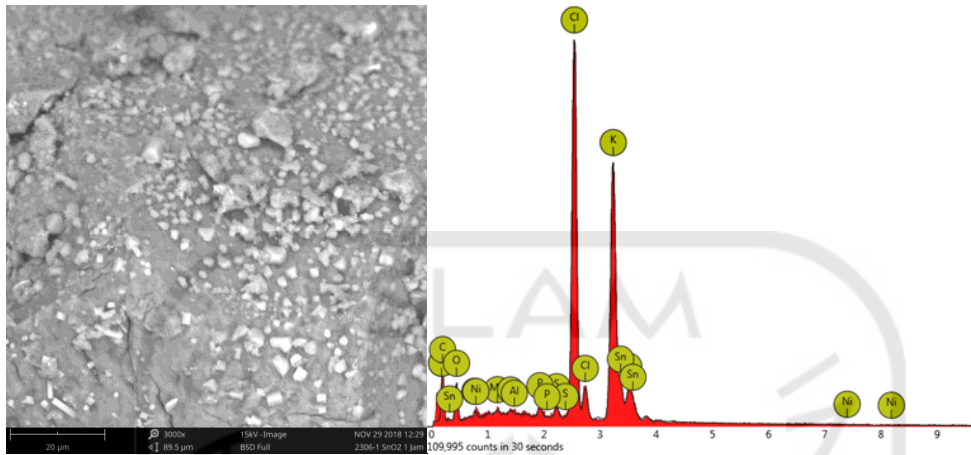
Gugus Fungsi	Ekstrak Daun Bayam Merah	Serbuk SnO ₂ NPs	Keterangan

O-H	3326,25 cm ⁻¹	3427,00 cm ⁻¹	Terjadi proses oksidasi sehingga lebar puncak gugus O-H pada SnO ₂ NPs lebih runcing dan terjadi pergeseran panjang gelombang. (Bhattacharjee dan Ahmaruzzaman,2015)
C=O	1633,81 cm ⁻¹	1596,20 cm ⁻¹	Pada puncak terdapat cincin aromatik dan terjadi peregangan.

Menurut Lopez (2014) gugus O-H dari senyawa flavonoid dalam ekstrak tanaman berfungsi sebagai reduksi ion perak dan beberapa logam tertentu dan pada gugus sejenis –COO berfungsi sebagai stabilisasi nanopartikel agar tidak terjadinya agregasi. Menurut hasil analisis dari instrumen FTIR menunjukkan bahwa terdapat gugus hidroksil dan karbonil yang menunjukkan bahwa didalam sampel uji terdapat senyawa flavonoid, karbohidrat, fenolik dan terpenoid. Senyawa flavonoid memungkinkan digunakan sebagai bioreduktor logam.

5.1.4 Analisis dengan SEM-EDX

Analisis SEM dilakukan untuk mengetahui morfologi suatu material yang diuji . Pada SEM dilakukan pada perbesaran 3000 dengan morfologi seperti disajikan pada **Gambar 15**. Menurut Elanggo dkk (2015) hasil SEM yang ditunjukkan dari *green synthesis* SnO₂NPs memiliki morfologi serpihan sangat halus dengan aglomerat tipis dan hasil *green synthesis* dari ekstrak daun bayam merah yang telah dilakukan memiliki morfologi serpihan tipis dengan bentuk tidak beraturan.



Gambar 15. Hasil SEM sintesis nanopartikel SnO₂

Bentuk morfologi SEM salah satunya dipengaruhi oleh kandungan yang terdapat dalam sampel uji. Sehingga dapat dilihat kandungan unsur pada SnO₂NPs pada **Tabel 5.**

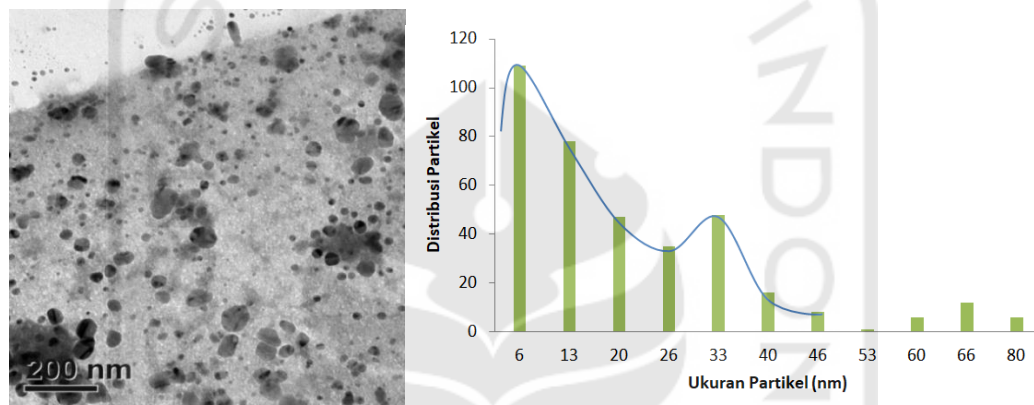
Tabel 5. Kandungan unsur yang terdapat pada Sintesis nanopartikel SnO₂

EDX nanopartikel SnO ₂	
Unsur	Kandungan (%)
Cl	25,84
K	25,73
C	20,05
Sn	14,99
O	11,73
Sn	0,65
P	0,6
Mg	0,22
Al	0,18

Kandungan unsur logam Sn sebesar 14,99 % dan 0,65% didua titik sebarannya dan unsur O sebesar 11,73%. Apabila dijumlah keseluruhan maka total kandungan unsur-unsur pada hasil sintesis sebesar 100% dan untuk kandungan SnO₂ pada hasil sintesis sebesar 27,37%

5.1.5 Analisis dengan TEM

Analisis TEM dilakukan karena hasil SEM yang telah dilakukan tidak dapat menjelaskan secara jelas bentuk dari nanopartikel yang disintesis. Pada TEM terlihat jelas bentuk SnO₂NPs berbentuk bulat (Singh dkk.,2018) dengan analisis TEM dikonfirmasi ukuran dari partikel SnO₂ yaitu dengan rata-rata ukuran partikel dibawah 100 nm.

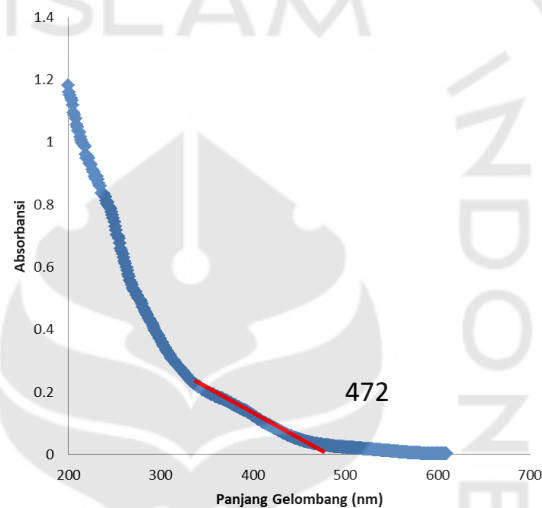


Gambar 16. Hasil TEM nanopartikel SnO₂

Pada **Gambar 16.** terdapat perbedaan yang signifikan pada ukuran nanopartikel sebesar 6 nm distribusi partikel paling tinggi dan pada ukuran nanopartikel sebesar 13 nm, 20 nm dan 26 nm distribusi partikel yang dihasilkan menurun secara signifikan. Pada ukuran nanopartikel 33 nm distribusi pori mengalami peningkatan dan diukuran 40 nm dan 46 mengalami penurunan yang signifikan. Hal ini disebabkan karena adanya pengaruh dari konsentrasi ekstrak yang digunakan semakin tinggi konsentrasi ekstrak yang digunakan maka gugus fungsi yang akan mereduksi logam Sn semakin banyak mengakibatkan jarak antar partikel semakin kecil sehingga terjadi interaksi antara partikel yang menyebabkan ukuran partikel menjadi lebih besar (agregasi) yang dipengaruhi gerak *brown*. (Gunalan., dkk, 2011). Dari hasil *green synthesis* nanopartikel SnO₂ dilakukan pengukuran ukuran partikel di 366 titik dan dihasilkan distribusi partikel terbanyak berada pada ukuran 6 nm dengan rata-rata ukuran partikel 40 nm.

5.1.6 Analisis dengan DR UV

Karakterisasi nanopartikel SnO₂ dilakukan menggunakan instrument DR UV yang berfungsi untuk mengetahui nilai energi band gap suatu material. Pada pengukuran intensitas UV-VIS yang direfleksikan oleh suatu material uji. DR UV yang dihasilkan pada penelitian ini dapat dilihat pada **Gambar 17**.



Gambar 17. Spektra DR UV SnO₂NPs

SnO₂NPs berfungsi sebagai fotokatalis, pengukuran energi *band gap* merupakan parameter yang penting, karena kinerja semi konduktor dipengaruhi oleh energi *band gap*. Semakin besar energi *band gap*, semakin lambat terjadi rekombinasi, sehingga proses eksitasi bertahan lebih lama dari proses rekombinasi. Dengan demikian semakin banyak senyawa organik yang dapat didegradasi. Pada hasil DRUV ini diperoleh panjang gelombang tepi pada 472 nm sehingga dengan rumus perhitungan energi celah pita (*band gap energy*) :

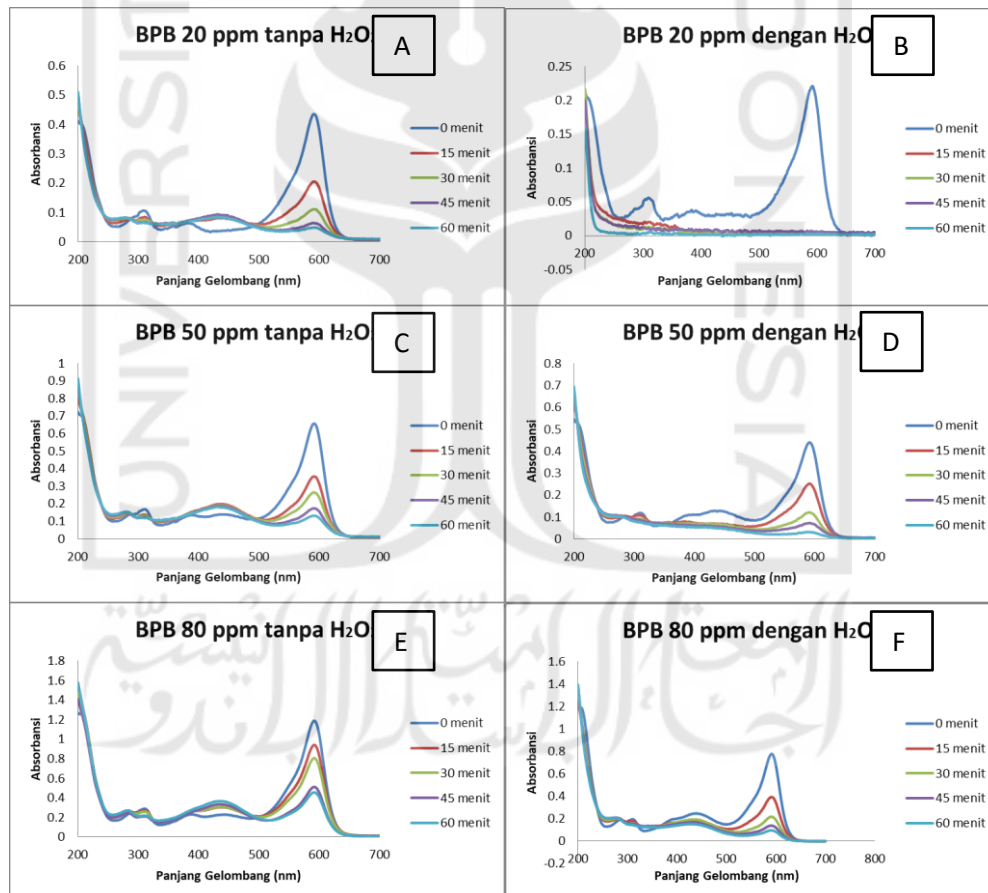
$$\alpha h\nu = K(h\nu - E_g)^n$$

Dimana , E_g = energi gap (energi celah), $h\nu$ = foton energy, α = koefisien absorbansi. Sehingga diperoleh energi celah pita sebesar 2,63 eV. Nilai energy celah pita ini lebih

kecil dari nilai teoritik energy *band gap* SnO₂ 3.6 eV. Lebih rendahnya energy celah pita menunjukkan lebih mudahnya eksitasi elektron dari pita valensi ke pita konduksi apabila terpapar energi foton.

5.2 Aplikasi hasil sintesis untuk degradasi zat warna *Bromophenol Blue*

Panjang gelombang maksimum *bromophenol blue* diketahui sebesar 592 nm. Panjang gelombang maksimum *bromophenol blue* berfungsi untuk menganalisis pengaruh waktu dan konsentrasi terhadap degradasi oleh sinar UV. Fotodegradasi *bromophenol blue* dibandingkan dengan variasi konsentrasi 20 ppm, 50 ppm dan 80 ppm dan variasi tanpa penambahan H₂O₂ dan penambahan H₂O₂.



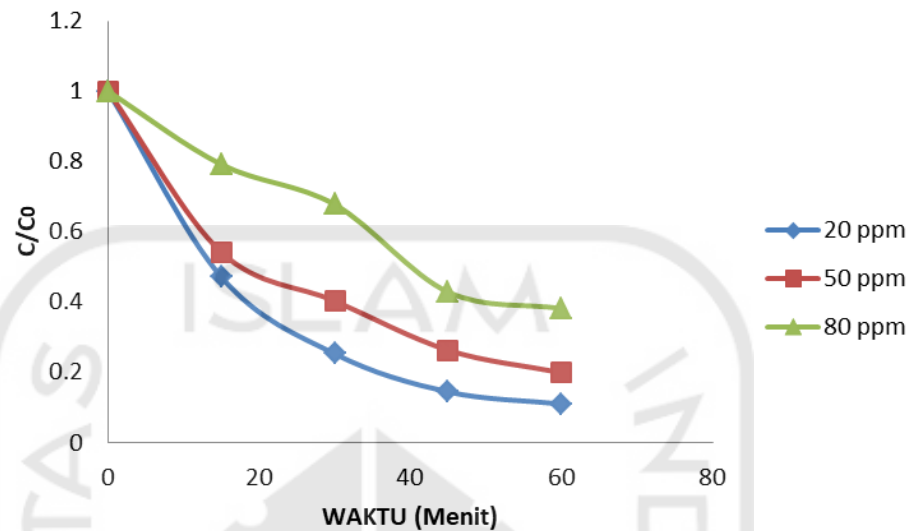
Gambar 18 . Hasil degradasi *Bromophenol Blue* (BPB) variasi konsentrasi penambahan H₂O₂ dan tanpa penambahan H₂O₂

Fotodegradasi *Bromophenol blue* dari data hasil spektrofotometer UV-Vis untuk konsentrasi *Bromophenol blue* 20 ppm tanpa penambahan H_2O_2 *Bromophenol blue* belum terdegradasi sempurna dalam waktu 60 menit dengan nilai absorbansi 0,048 sedangkan pada variasi penambahan H_2O_2 waktu 60 menit *Bromophenol blue* terdegradasi sempurna dengan nilai absorbansi 0,002. *Bromophenol blue* 50 ppm tanpa penambahan H_2O_2 dalam waktu 60 menit memiliki nilai absorbansi 0,131 sedangkan pada penambahan H_2O_2 memiliki nilai absorbansi 0,031. *Bromophenol blue* 80 ppm tanpa penambahan H_2O_2 dalam waktu 60 menit memiliki nilai absorbansi 0,453 sedangkan pada penambahan H_2O_2 memiliki nilai absorbansi 0,094.

5.2.1..Fotodegradasi *Bromophenol Blue* dari *Green Synthesis* nanopartikel SnO_2 tanpa penambahan H_2O_2

Pada pengujian pertama fotodegradasi *Bromophenol Blue* menggunakan nanopartikel SnO_2 dilakukan tanpa penambahan H_2O_2 . Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui besar konsentrasi maksimum yang mampu didegradasi oleh fotokatalis SnO_2 NPs variasi konsentrasi 20 ppm, 50 ppm dan 80 ppm.

Fotodegradasi *bromophenol blue* ditambahkan dengan fotokatalis SnO_2 NPs 0,2 gram dan dilakukan pada reaktor fotokatalisis dengan bantuan sinar UV. Lamanya penyinaran sangat mempengaruhi hasil fotodegradasi *bromophenol blue* sehingga dilakukan variasi waktu 0, 15, 30, 45 dan 60 menit. Hasil penyinaran lampu UV diambil 2 mL lalu dimasukkan kedalam labu ukur 10 mL lalu ditera sampai tanda batas dengan akuades dan diukur absorbansinya pada panjang λ_{maks} *bromophenol blue* sebesar 592 nm. Analisis hasil fotodegradasi *Bromophenol Blue* pada variasi 20 ppm, 50 ppm dan 80 ppm terhadap waktu tanpa penambahan H_2O_2 dapat dilihat pada **Gambar 19**.

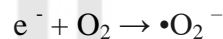
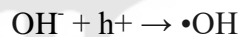
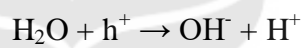
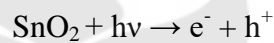


Gambar 19. Fotodegradasi Bromophenol Blue variasi konsentrasi 20 ppm, 50 ppm dan 80 ppm tanpa penambahan H₂O₂

Pada **Gambar 19** pada sumbu X merupakan waktu variasi penyinaran UV dan pada sumbu Y merupakan C/C_0 dimana C adalah konsentrasi mula-mula dan C_0 adalah konsentrasi akhir. Secara teori semakin tinggi konsentrasi zat warna yang digunakan maka fotodegradasi zat warna tersebut semakin berkurang hal tersebut dikarenakan dengan tingginya konsentrasi zat warna yang digunakan maka akan terdapat banyak molekul-molekul zat warna pada larutan sehingga radikal yang dihasilkan tidak mampu menyeimbangi jumlah reaktan yang ada. Penelitian ini menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi *bromophenol blue* yang digunakan maka fotodegradasi semakin rendah dan lamanya waktu penyinaran UV atau proses fotokatalisis, konsentrasi *bromophenol blue* kadarnya akan berkurang secara signifikan karena pengaruh waktu memiliki peran penting sehingga radikal bebas yang dihasilkan lebih banyak.

SnO₂NPs dapat mendegradasi *bromophenol blue* dikarenakan semikonduktor tipe n ini mengalami eksitasi elektron dari pita valensi ke pita konduksi, sehingga di pita valensi akan terjadi hole atau lubang elektron yang nantinya akan berinteraksi dengan molekul air membentuk •OH sehingga dapat mendegradasi *bromophenol*

blue. Prinsip pada fotodegradasi bromophenol blue tanpa penambahan H₂O₂ yaitu ketika katalis semikoonduktor ditembak dengan energi sinar UV yang besar, maka elektron (e⁻) akan berpindah dari pita valensi dan akan tereksitasi ke pita konduksi dan akan meninggalkan hole (h⁺). Hole akan bereaksi dengan H₂O dan O₂⁻ pada permukaan katalis akan membentuk OH radikal (•OH) yang memiliki sifat oksidator kuat. Elektron akan bereaksi dengan O₂ dan membentuk radikal superoksida (•O₂⁻) yang bersifat sebagai reduktor. *Bromophenol blue* dengan senyawa yang kompleks akan diserang oleh oksidator dan reduktor secara kontinyu dan menghasilkan senyawa CO₂ dan H₂O serta beberapa asam dengan konsentrasi yang rendah yang aman untuk dibuang ke lingkungan (Batista dkk, 2010). Reaksi yang terjadi pada proses tersebut :



Kinetika reaksi pada fotodegradasi *bromophenol blue* dengan fotokatalis SnO₂NPs tanpa penambahan H₂O₂ ditentukan orde reaksinya dengan melihat koefisien determinasi (R²). Penentuan orde reaksi masing-masing variasi dilakukan dengan melihat hasil R² pada setiap orde, nilai R² tertinggi dan mendekati 1 merupakan orde dari masing-masing variasi. Penentuan orde reaksi ini berfungsi untuk mengetahui aktivitas molekul pada saat mengalami tumbukan antar molekul. Orde masing-masing konsentrasi dapat dilihat pada **Tabel 6**.

Tabel 6. Data orde reaksi fotodegradasi tanpa penambahan H₂O₂

Konsentrasi	20 ppm	50 ppm	80 ppm
BPB	R ²	R ²	R ²
Orde 1	0,987	0,990	0,983
Orde 2	0,988	0,990	0,971
Orde 3	0,944	0,952	0,953
Slope (menit ⁻¹)	0,139	0,026	0,017

Berdasarkan data pada **Tabel 6** orde reaksi pada konsentrasi 20 ppm memiliki orde 2 dikarenakan besar radikal bebas dari hasil proses fotokatalisis SnO₂NPs lebih besar dari molekul-molekul yang terdapat pada larutan zat warna *bromophenol blue* sehingga proses fotodegradasi zat warna prosesnya cepat dengan laju reaksi 0,139 menit⁻¹. Orde reaksi pada konsentrasi 50 ppm memiliki orde 1 dikarenakan besar radikal bebas dari hasil fotokatalisis SnO₂NPs dengan molekul-molekul yang terdapat pada larutan zat warna *bromophenol blue* merupakan persamaan linier atau berbanding lurus sehingga radikal bebas dengan molekul memiliki jumlah yang sama sehingga laju reaksi pada konsentrasi 50 ppm lebih lambat dari konsentrasi 20 ppm. Hal ini dibuktikan dengan hasil laju reaksi 50 ppm sebesar 0,026 menit⁻¹. Orde reaksi pada konsentrasi 80 ppm memiliki orde 1 dan memiliki laju reaksi 0,017 menit⁻¹ yang artinya laju reaksi pada 80 ppm lebih kecil dari konsentrasi 20 ppm dan 50 ppm. Faktor mempengaruhi perbedaan laju reaksi pada penelitian ini adalah konsentrasi dari *bromophenol blue* yang digunakan semakin tinggi konsentrasi yang digunakan maka laju reaksi yang terjadi semakin rendah.

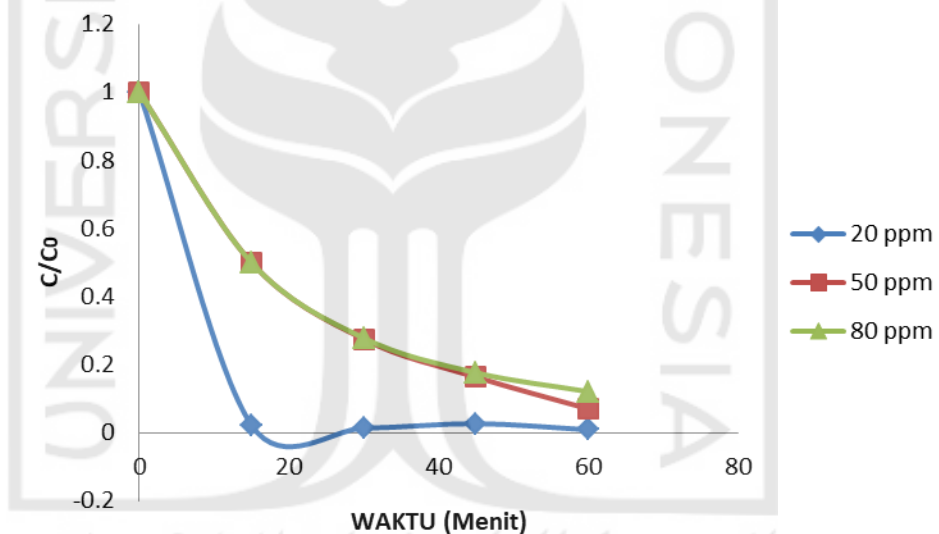
5.2.2..Fotodegradasi *Bromophenol Blue* dari *Green Synthesis* nanopartikel SnO₂ dengan penambahan H₂O₂

Pada pengujian kedua fotodegradasi *Bromophenol Blue* menggunakan nanopartikel SnO₂ dilakukan dengan penambahan H₂O₂. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah dengan adanya penambahan oksidator H₂O₂ yang dapat

menghasilkan perbedaan hasil yang signifikan. Pada penelitian ini perlakuannya sama dengan penelitian awal hanya saja adanya penambahan H_2O_2 yang membedakan. H_2O_2 merupakan reagen yang bersifat oksidatif kuat yang dapat menghasilkan radikal hidroksil ($\cdot OH$) karena bersifat oksidator kuat menurut teori dengan adanya penambahan H_2O_2 pada proses fotodegradasi zat warna maka kapasitas fotodegradasi yang terjadi akan lebih besar. Reaksi H_2O_2 yang terjadi pada proses penambahan H_2O_2 : (Baristha dkk, 2010)



Hasil fotodegradasi pada penambahan H_2O_2 dapat dilihat pada **Gambar 20**.



Gambar 20. Fotodegradasi Bromophenol Blue dengan variasi konsentrasi 20 ppm, 50 ppm dan 80 ppm dengan penambahan H_2O_2

Dengan adanya penambahan H_2O_2 maka dihasilkan data seperti pada **Gambar 20** dimana semakin tinggi konsentrasi yang digunakan maka fotodegradasi semakin rendah namun fotodegradasi dengan penambahan H_2O_2 jauh lebih baik dibandingkan tanpa penambahan H_2O_2 pembuktian tersebut dapat dilihat pada **Gambar 20**. Pada penelitian fotodegradasi dengan adanya penambahan H_2O_2 dihasilkan ordenya

masing-masing dengan melihat **Tabel 7**. Penentuan orde reaksi masing-masing variasi dilakukan dengan melihat hasil R^2 pada setiap orde, nilai R^2 tertinggi dan mendekati 1 merupakan orde dari masing-masing variasi. Penentuan orde reaksi ini berfungsi untuk mengetahui aktivitas dari molekul pada saat mengalami tumbukan antar molekul.

Tabel 7. Data Orde Reaksi fotodegradasi dengan penambahan H_2O_2

Konsentrasi	20 ppm	50 ppm	80 ppm
BPB	R^2	R^2	R^2
Orde 1	0,915	0,997	0,993
Orde 2	0,919	0,912	0,986
Orde 3	0,873	0,807	0,927
Slope (menit ⁻¹)	11,077	0,044	0,035

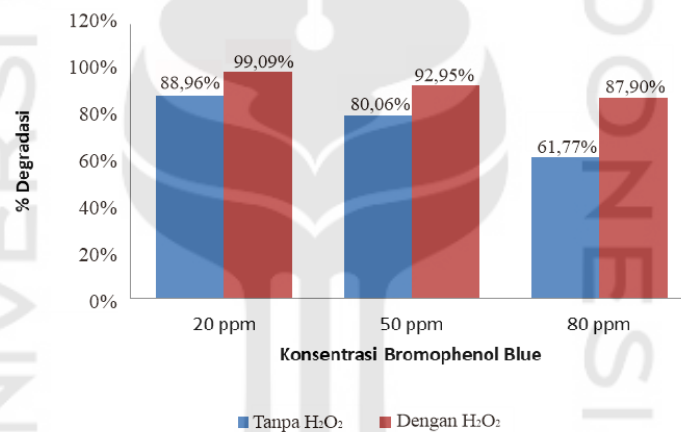
Berdasarkan data pada **Tabel 7** orde reaksi pada konsentrasi 20 ppm memiliki orde 2 dikarenakan besar radikal bebas dari hasil proses fotokatalisis SnO_2 NPs lebih besar dari molekul-molekul yang terdapat pada larutan zat warna *bromophenol blue* sehingga proses fotodegradasi zat warna prosesnya cepat dengan laju reaksi 11.077 menit⁻¹. Orde reaksi pada konsentrasi 50 ppm memiliki orde 1 dikarenakan besar radikal bebas dari hasil fotokatalisis SnO_2 NPs dengan molekul-molekul yang terdapat pada larutan zat warna *bromophenol blue* merupakan persamaan linier atau berbanding lurus sehingga radikal bebas dengan molekul memiliki jumlah yang sama sehingga laju reaksi pada konsentrasi 50 ppm lebih lambat dari konsentrasi 20 ppm. Hal ini dibuktikan dengan hasil laju reaksi 50 ppm sebesar 0,044 menit⁻¹. Orde reaksi pada konsentrasi 80 ppm memiliki orde 1 dan memiliki laju reaksi 0,035 menit⁻¹ yang artinya laju reaksi pada 80 ppm lebih kecil dari konsentrasi 20 ppm dan 50 ppm. Pada penambahan oksidator H_2O_2 laju reaksi yang dihasilkan lebih besar dibandingkan dengan tanpa adanya penambahan H_2O_2 dikarenakan adanya penghasil radikal tambahan dari senyawa pengoksidator.

5.2.3..Persen perbandingan degradasi *Bromophenol Blue* tanpa dan dengan penambahan H_2O_2

Presentase keberhasilan fotodegradasi *bromophenol blue* tanpa penambahan H_2O_2 dan dengan penambahan H_2O_2 dapat diukur menggunakan rumus :

$$\% \text{ degradasi} = \frac{C_{\text{awal}} - C_{\text{akhir}}}{C_{\text{awal}}} \times 100\%$$

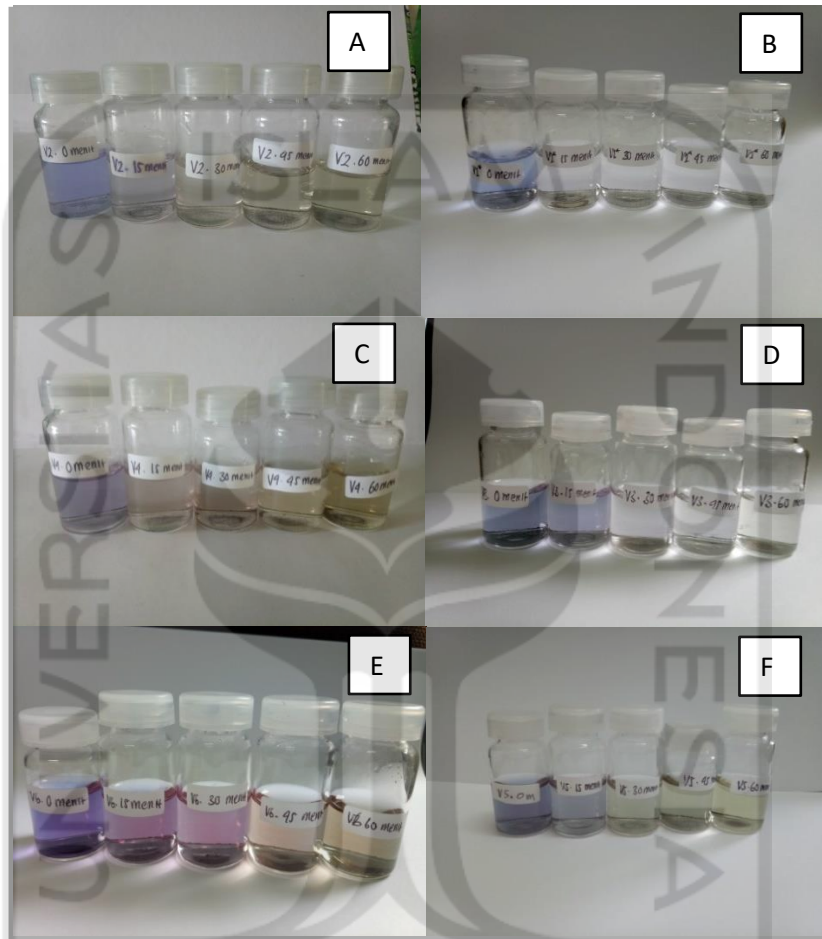
Sehingga dari rumus tersebut dihasilkan % degradasi *bromophenol blue* dengan variasi konsentrasi 20 ppm, 50 ppm dan 80 ppm pada grafik (lihat **Gambar 21**)



Gambar 21. Perbandingan % degradasi *bromophenol blue* tanpa menggunakan H_2O_2 dan menggunakan H_2O_2

Pada Grafik (lihat **Gambar 21**) dibuktikan bahwa % degradasi terbaik yaitu saat dilakukan penambahan H_2O_2 dengan variasi konsentrasi 20 ppm, 50 ppm dan 80 ppm memiliki % degradasi masing-masing sebesar 99,09%, 92,95% dan 87,90% sedangkan % degradasi tanpa penambahan H_2O_2 dengan variasi konsentrasi 20 ppm, 50 ppm dan 80 ppm memiliki % degradasi masing-masing sebesar 88,96% , 80,06% dan 61,77% . Pada penelitian ini hasil % degradasi dengan penambahan H_2O_2 lebih baik daripada yang tidak ditambahkan dengan H_2O_2 . Selain itu fotodegradasi

bromophenol blue dapat dilihat secara fisik dengan dilihat perubahan warnanya pada **Gambar 22**.



Gambar 22. Perubahan warna *bromophenol blue* pada terhadap waktu tanpa H_2O_2 dan dengan penambahan H_2O_2 . (A) 20 ppm (B) 20 ppm dengan H_2O_2 (C) 50 ppm (D) 50 ppm dengan H_2O_2 (E) 80 ppm dan (F) 80 ppm dengan H_2O_2

Pada **Gambar 22** Konsentrasi 20 ppm fotodegradasi dengan penambahan H_2O_2 secara fisik sangat jelas pada perubahan warna dari keunguan menjadi bening sedangkan pada fotodegradasi tanpa penambahan H_2O_2 masih belum sempurna fotodegradasinya sehingga warna tidak bening. Untuk konsentrasi 50 dan 80 ppm pada penambahan H_2O_2 warna larutan hasil fotodegradasi menunjukkan lebih bening dari fotodegradasi tanpa penambahan H_2O_2 .