

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

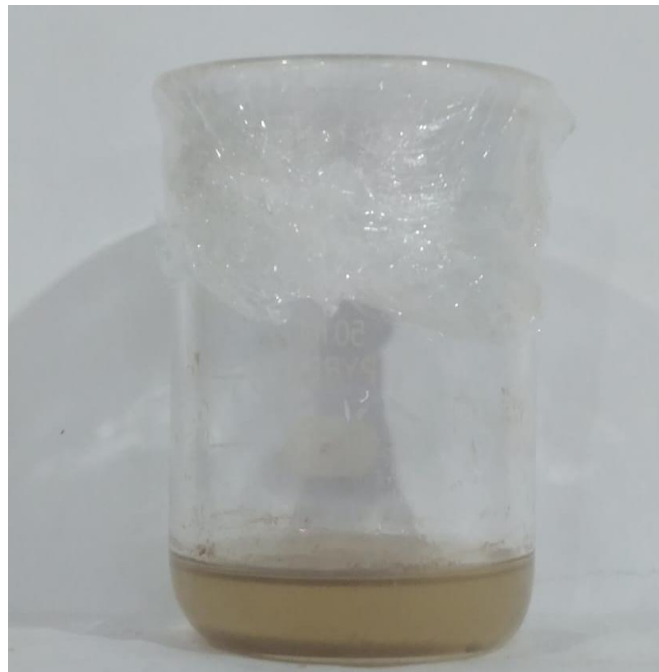
Penelitian mengenai sintesis nanopartikel nikel dari larutan hasil presipitasi Fe, Co, Ni telah dilakukan dengan variabel-variabel yang ditentukan. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kondisi dan waktu yang optimal serta melihat pengaruh perlakuan ultrasonik dalam proses sintesis nanopartikel nikel menggunakan metode sol-gel dengan harapan dapat menghasilkan produk nanopartikel nikel yang memiliki kemurnian tinggi dan ukuran partikel yang paling kecil.

#### **4.1 Preparasi dan Karakterisasi Sampel Nikel Laterit**

Sampel nikel laterit yang digunakan pada penelitian ini berasal dari Kabupaten Konawe, Sulawesi Tenggara. Sampel nikel laterit yang akan dilakukan proses sintesis nanopartikel nikel, dilakukan preparasi terlebih dahulu. Proses preparasi awal sampel sintesis nanopartikel diawali dengan tahap pertama, yaitu proses pelindian. Pelindian dilakukan dengan menggunakan reagen *Monosodium Glutamate* (MSG) 1 M dengan penambahan hidrogen peroksida ( $H_2O_2$ ) 1% dan natrium hidroksida (NaOH) 10 M selama 2 jam, kecepatan pengadukan 250 rpm dengan suhu  $60^\circ C$ . Setelah proses pelindian, sampel dilakukan proses filtrasi menggunakan kertas saring. Selanjutnya, sampel dilakukan presipitasi Fe dengan menggunakan  $H_2SO_4$  dengan tujuan untuk mengendapkan logam Fe.

Dilihat dari Persamaan 2.4, besi (Fe) bereaksi dengan asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) untuk membentuk besi(II) sulfat ( $FeSO_4$ ) dan gas hidrogen ( $H_2$ ). Dalam konteks

reaksi presipitasi, presipitasi besi terjadi saat besi(II) sulfat terbentuk sebagai padatan tidak larut atau sebagai endapan. Kemudian, hasil filtratnya diambil untuk dilakukan presipitasi Ni dengan menggunakan NaOH dengan tujuan untuk mengendapkan logam Ni, namun logam Co juga ikut mengendap. Hal ini dikarenakan logam Co dan Ni memiliki potensial reduksi standar yang hampir sama, masing-masing yaitu  $-0,28\text{ V}$  dan  $-0,25\text{ V}$ , karena keduanya terletak berdekatan dalam deret volta, sehingga ketika larutan yang mengandung nikel (Ni) dan kobalt (Co) direaksikan dengan natrium hidroksida (NaOH), kedua logam tersebut cenderung membentuk hidroksida yang serupa, masing-masing yaitu hidroksida nikel ( $\text{Ni}(\text{OH})_2$ ) dan hidroksida kobalt ( $\text{Co}(\text{OH})_2$ ) dapat dilihat pada Persamaan 2.5 dan 2.6. Gambar 4.1 menunjukkan larutan hasil dari proses presipitasi Ni.



**Gambar 4.1** Sampel Nikel Laterit Setelah Preparasi Awal

Gambar 4.1 merupakan larutan hasil presipitasi Ni yang dijadikan sebagai

prekursor dalam sintesis nanopartikel nikel menggunakan metode sol-gel. Larutan hasil presipitasi Ni tersebut terdiri dari filtrat dan residu nikel. Presipitat Ni(OH)<sub>2</sub> yang terbentuk akan mengendap sebagai padatan berwarna hijau. Tujuan preparasi awal sampel nikel laterit ialah untuk mendapatkan endapan logam nikel untuk produk akhir sintesis dalam ukuran nano. Sampel awal yang akan dilakukan proses sintesis yaitu hasil dari proses presipitasi Ni atau dinamakan larutan hasil presipitasi Fe, Co, Ni.

Hasil analisa terhadap larutan hasil presipitasi Fe, Co, Ni dapat dilihat pada Tabel 2.1 yang berasal dari laporan akhir disertasi (Bahfie, F., 2023). Pada Tabel 2.1 ditunjukkan nilai kadar Fe, Co, dan Ni pada pH 4 dan 14 dari larutan hasil presipitasi Fe, Co, Ni. Pada pH 4, setelah proses presipitasi Fe, terdeteksi adanya kandungan Ni dan Co di dalam larutan hasil presipitasi Fe, masing-masing kadarnya sebesar 14,565 ppm dan 0,3327 ppm. Sementara, logam Fe tidak terdeteksi pada larutan, karena sudah berubah menjadi endapan. Pada pH 14, setelah proses presipitasi Ni, hanya kandungan Co yang terdeteksi di dalam larutan hasil presipitasi Ni meskipun sangat sedikit, yaitu kadarnya hanya 0,0894 ppm. Logam Ni dan Fe sudah tidak terdeteksi di larutan, karena sudah menjadi endapan.

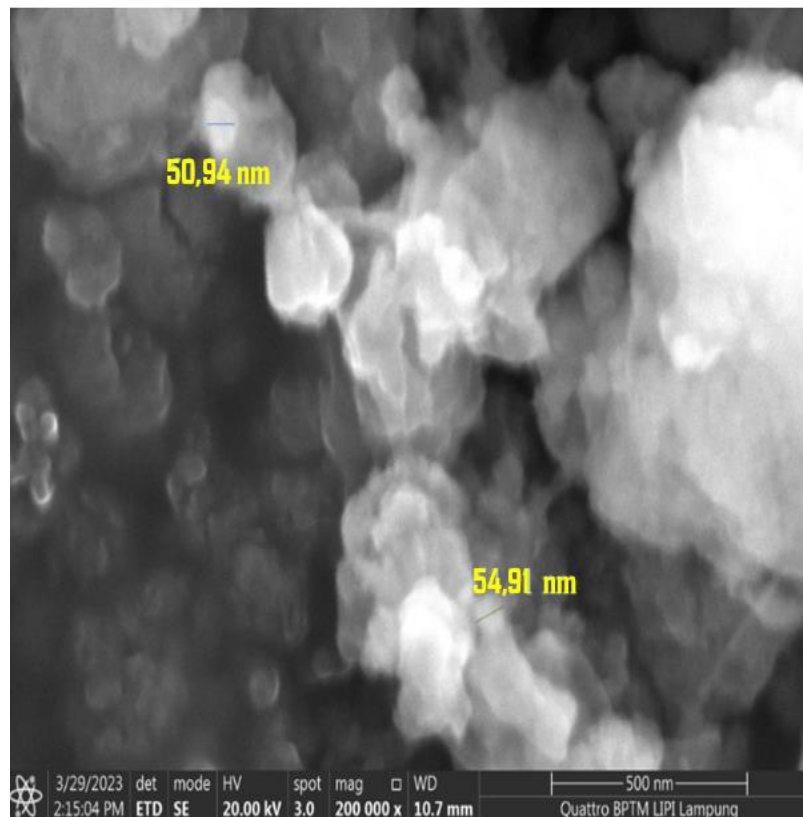
#### **4.2 Pengaruh Variasi Kondisi Sintesis (Asam, Basa, dan Netral) Terhadap Kadar dan Ukuran Partikel Nanopartikel Nikel**

Sintesis nanopartikel nikel dari larutan hasil presipitasi Fe, Co, Ni dengan metode sol-gel dengan penambahan surfaktan, yaitu *polyethylene glycol* (PEG) dan triton X-100, serta etanol yang dijadikan sebagai pelarut dengan perbandingan PEG : triton : etanol, yaitu 1 : 0,1 : 1, waktu *stirring* selama 24 jam, suhu 80°C,

kecepatan pengadukan 250 rpm, dengan variasi 3 kondisi, yaitu asam, basa, dan netral, serta penambahan perlakuan ultrasonik telah dilakukan. Ketiga sampel tersebut merupakan sintesis optimasi I yang dilihat berdasarkan perbedaan kondisi sintesis, yaitu asam, basa dan netral. Ketiga hasil sintesis nanopartikel dilakukan pengujian SEM-EDS dan PSA. Namun, sampel yang dapat dilakukan pengujian hanya sintesis kondisi basa dari ketiga kondisi tersebut.

Hasil sintesis kondisi asam dan netral tidak dilakukan pengujian SEM-EDS dan PSA dikarenakan pada sampel sintesis kondisi asam saat proses menurunkan pH dari larutan presipitasi Fe, Co, Ni pH 14 ke pH 3, endapan nikel menghilang atau kembali larut dengan pelarut, sedangkan pada sampel sintesis kondisi netral hasilnya sulit kering dikarenakan berbentuk gel. Hal tersebut menunjukkan bahwa pada penelitian ini adanya pengaruh kondisi sintesis dalam proses sintesis nanopartikel nikel dilihat dari perbedaan antara kondisi sampel awal dengan kondisi saat proses sintesis.

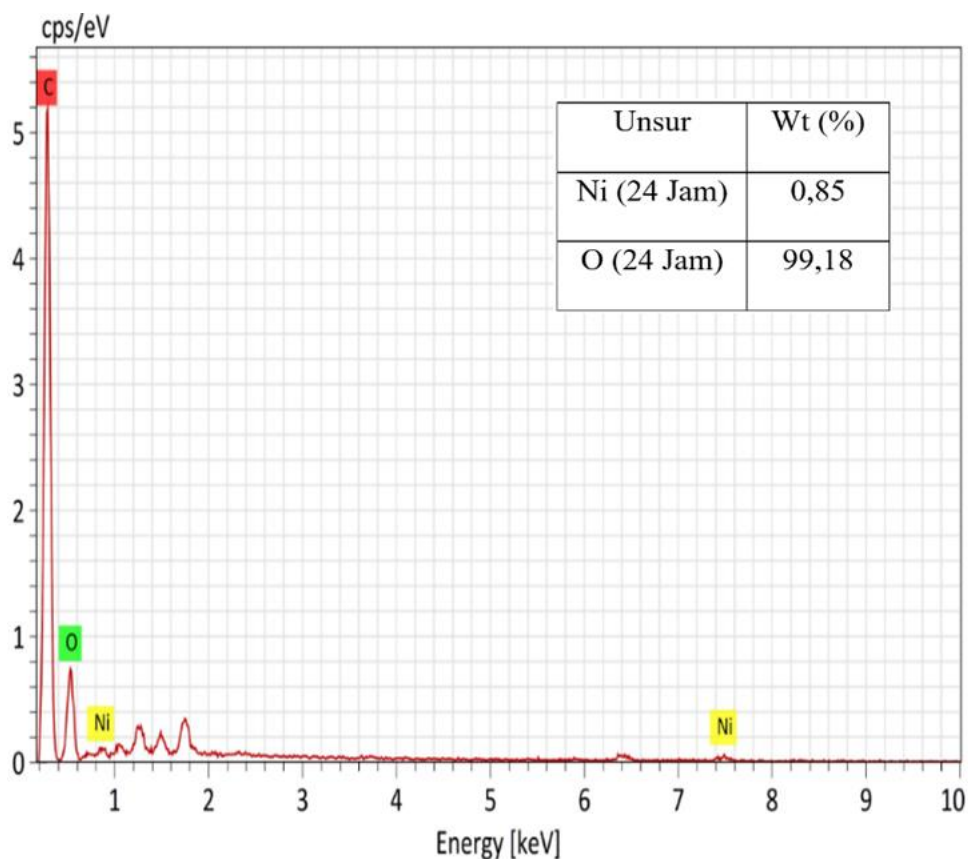
Kondisi asam dan netral tidak cocok apabila dilakukan proses sintesis dikarenakan kondisi sampel awal yang digunakan, yaitu larutan hasil presipitasi Fe, Co, Ni bersifat basa kuat dengan pH 14 sehingga apabila pH tersebut diturunkan ke pH 3 dengan menggunakan asam sitrat yang merupakan asam lemah menjadikan larutan yang diperoleh semakin banyak dan endapan menjadi menghilang. Oleh karena itu, proses sintesis menjadi tidak efektif. Gambar 4.2 menunjukkan data hasil sintesis nanopartikel nikel berdasarkan analisis SEM kondisi basa dengan waktu *stirring* 24 jam.



**Gambar 4.2** Hasil SEM Nanopartikel Nikel Sintesis Basa 24 Jam

Gambar 4.2 merupakan hasil karakterisasi SEM produk nanopartikel nikel sintesis optimasi I kondisi basa selama 24 jam dan penambahan perlakuan ultrasonik. Pada gambar tersebut menunjukkan bentuk dan ukuran partikel dari produk akhir. Bentuk permukaan produk nanopartikel nikel yang dihasilkan memiliki bentuk bulat relatif lebih halus dan lebih terang, karena logam nikel memiliki sifat fotolitik yang merupakan kemampuan nikel untuk berinteraksi dengan cahaya. Terlihat juga pada partikel tersebut sangat sedikit yang mengalami aglomerasi. Partikel yang berbentuk bulat ini tentu memiliki keunggulan, seperti kemampuan dispersi yang baik, luas permukaan yang tinggi, stabilitas mekanik yang baik, dan respons optik yang homogen. Bentuk yang didapatkan pada Gambar 4.2 memiliki bentuk yang sama dengan penelitian yang dilakukan oleh

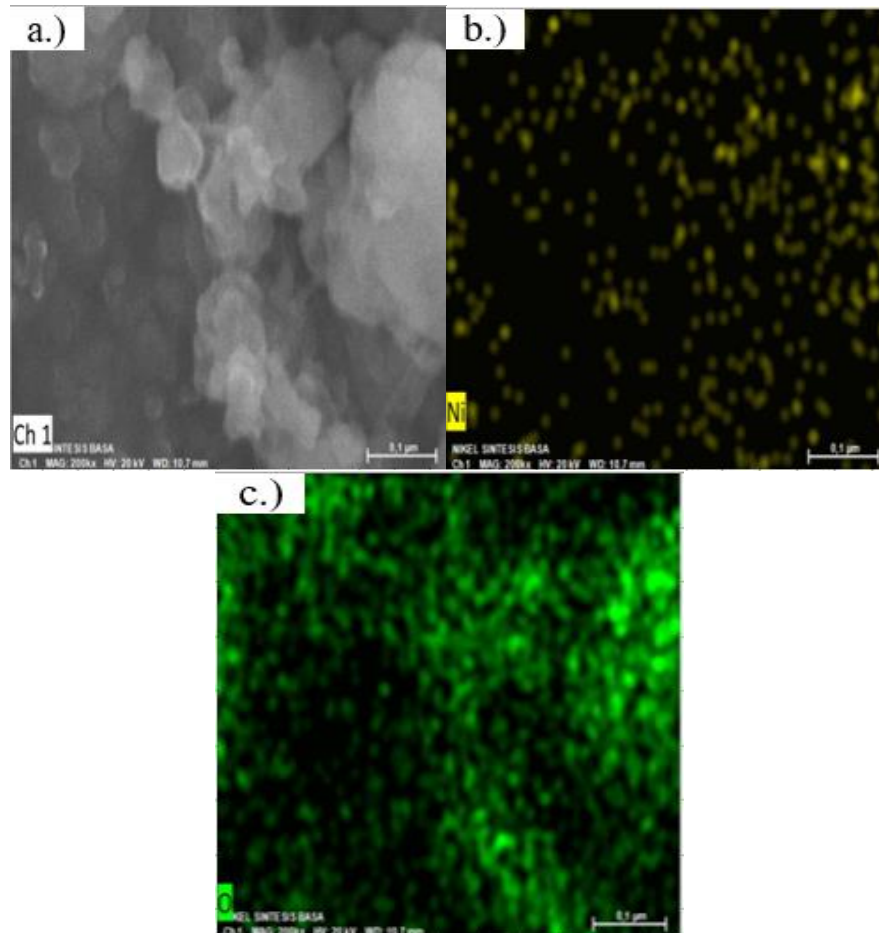
(Zorkipli, 2016), yaitu berbentuk bulat. Adapun bahan baku dan metode yang digunakan adalah nikel oksida nanopartikel dan sintesis metode sol-gel. Kemudian, ukuran partikel yang dihasilkan dari sintesis nanopartikel nikel kondisi basa 24 jam, berkisar 50-60 nm. Ukuran partikel tersebut menandakan sudah benar produk yang dihasilkan berukuran nano. Gambar 4.3 menunjukkan data hasil analisis EDS dari produk nanopartikel nikel kondisi basa selama 24 jam.



**Gambar 4.3** EDS dari Nanopartikel Nikel Sintesis Kondisi Basa 24 Jam

Gambar 4.3 merupakan hasil analisis EDS yang dapat mengetahui kandungan yang ada di dalam sampel. Sesuai Gambar 4.3 diketahui bahwa adanya kandungan nikel pada sampel hasil sintesis nanopartikel menggunakan metode sol-gel dalam kondisi basa dengan waktu *stirring* selama 24 jam dan penambahan

perlakuan ultrasonik. Kandungan nikel dan oksigen yang diperoleh dalam sampel masing-masing sebesar 0,85% dan 99,18%. Gambar 4.4 yang merupakan persebaran logam nikel dengan perbesaran 200.000x untuk mengetahui morfologi permukaan yang terbentuk.



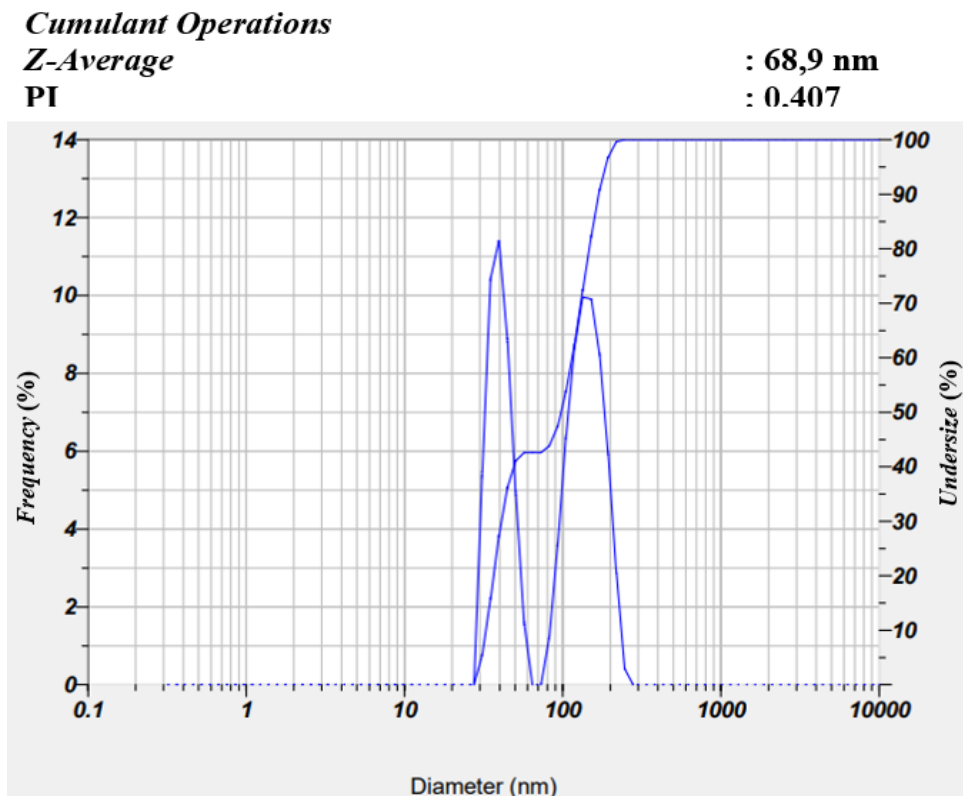
**Gambar 4.4** Hasil Data EDS a) Morfologi Nanopartikel Ni, b) Persebaran Ni, dan c) Persebaran O

Gambar 4.4 merupakan hasil EDS sintesis nanopartikel nikel dalam kondisi basa dengan waktu *stirring* 24 jam dan penambahan perlakuan ultrasonik. Persebaran logam nikel pada sampel produk cukup baik karena menyebar rata, akan tetapi kadar Ni yang terkandung dalam sampel produk sangat sedikit, yaitu hanya sebesar 8,2577%. Hal ini dikarenakan logam nikel belum bereaksi dengan

partikel lain. Waktu *stirring* yang lebih lama diperlukan agar nikel bereaksi dan meningkatkan reaksi kimia, yang dapat menghasilkan konsentrasi nikel yang lebih diinginkan (Mirjailili, 2011). Tabel 4.1 dan Gambar 4.5 merupakan hasil sintesis nanopartikel nikel secara kualitatif ataupun kuantitatif menggunakan *Particle Size Analyzer* (PSA).

**Tabel 4.1** Data Pengujian *Particle Size Analyzer* (PSA) Sintesis Basa

<b>S.P Area</b>				
<i>Peak</i>	<i>Ratio</i>	<i>Mean</i>	<i>S.D</i>	<i>Mode</i>
1	0,43	38,0 nm	6,3 nm	36,9 nm
2	0,57	136,1 nm	33,2 nm	127,2 nm
3	-	-	-	-
Total	1,00	94,3 nm	54,8 nm	36,9 nm



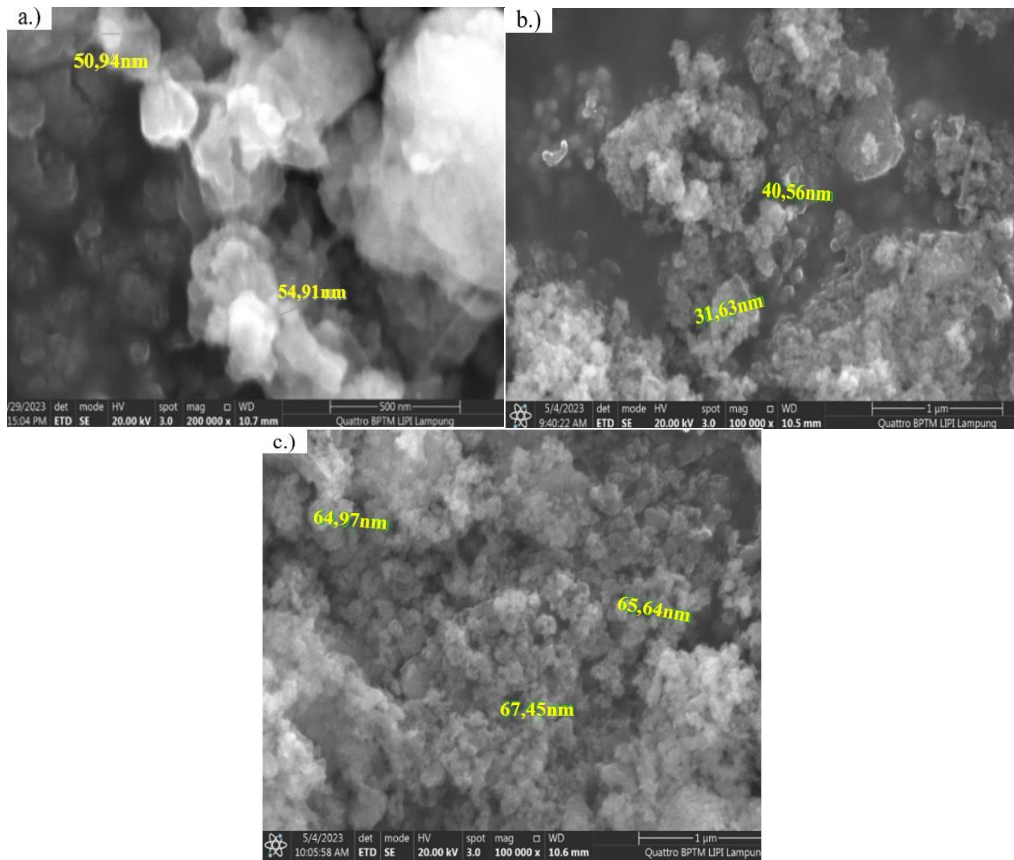
**Gambar 4.5** Grafik PSA dari Nanopartikel Nikel Sintesis Kondisi Basa 24 Jam



Tabel 4.1 dan Gambar 4.5 merupakan hasil analisis PSA yang menunjukkan distribusi ukuran partikel secara keseluruhan di dalam sampel sintesis optimasi I menggunakan metode uji *Scattering Light Intensity*. Tabel 4.1 ditunjukkan rasio penyebaran ukuran partikel nikel pada sampel optimasi I berdasarkan setiap puncak frekuensinya. Gambar 4.5 ditunjukkan grafik analisa PSA yang menjelaskan bahwa sintesis nanopartikel nikel dalam kondisi basa dari larutan presipitasi Fe, Co, Ni dengan metode sol-gel, waktu *stirring* 24 jam dan penambahan ultrasonik memiliki rata-rata ukuran nanopartikel nikel secara keseluruhan sebesar 68,9 nm. Hal ini sesuai dengan teori, bahwa suatu bahan dapat tergolong sebagai nanopartikel apabila memiliki ukuran partikel sebesar 1-100 nm (Adamo, Giorgia, 2017). Oleh karena itu, kondisi sintesis yang optimal untuk proses sintesis nanopartikel optimasi I dari larutan hasil presipitasi Fe, Co, Ni dengan metode so-gel yaitu kondisi basa.

### **4.3 Pengaruh Waktu *Stirring* Sintesis Terhadap Kadar dan Ukuran Partikel Nanopartikel Nikel**

Selain adanya pengaruh variasi kondisi, yaitu asam, basa dan netral, dalam proses sintesis nanopartikel nikel juga terdapat pengaruh waktu *stirring* terhadap hasil sintesis nanopartikel nikel yang dilihat berdasarkan morfologi, kadar dan ukuran partikel. Sintesis optimasi II dilakukan dengan parameter bahan yang digunakan sama dengan parameter bahan pada sintesis optimasi I, namun pada sintesis optimasi II menggunakan kondisi sintesis yang optimal dari hasil analisis optimasi I (kondisi basa) dengan variasi waktu *stirring*, yaitu 24, 48 dan 72 jam. Gambar 4.6 menunjukkan hasil analisis SEM pada produk nanopartikel nikel dengan variasi waktu *stirring* 24, 48, dan 72 jam.



**Gambar 4.6** Hasil SEM Nanopartikel Nikel Sintesis Kondisi Optimal a.) 24 Jam, b.) 48 Jam, dan c.) 72 Jam

Dapat dilihat berdasarkan Gambar 4.6 bahwa waktu *stirring* dalam proses sintesis memiliki pengaruh terhadap ukuran partikel dan kadar nikel yang terkandung di dalam sampel. Dapat dilihat pada Gambar 4.6, produk nanopartikel nikel dari ketiga variasi waktu *stirring* memiliki bentuk partikel yang sama, yaitu berbentuk bulat, lalu untuk ukuran partikel dengan waktu *stirring* selama 48 jam menghasilkan ukuran partikel yang paling kecil, yaitu 35-41 nm, sedangkan dengan waktu *stirring* selama 72 jam menghasilkan ukuran partikel yang paling besar yaitu 64-68 nm. Hal ini dikarenakan pada sintesis 72 jam terjadi aglomerasi dan mengendapnya partikel didasar wadah saat proses berlangsung, sehingga reaksi antar partikel menjadi tidak efektif dan menjadi tidak homogen. Gambar

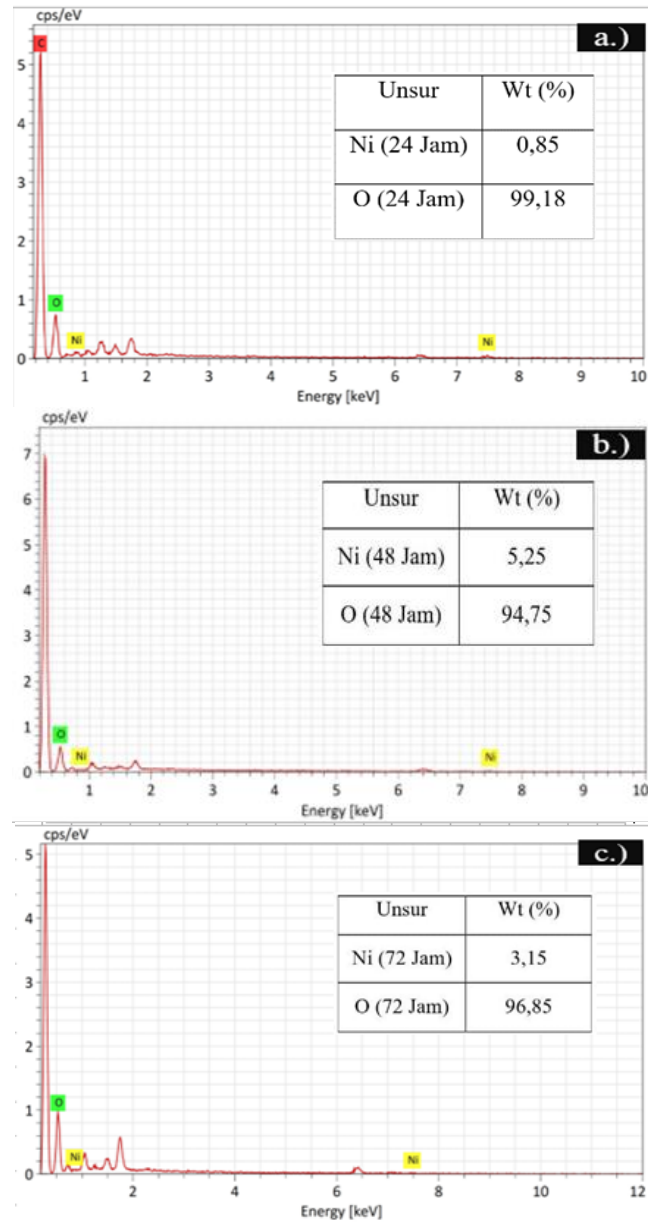
4.7 merupakan bentuk endapan nikel yang mengendap didasar wadah sintesis dengan waktu *stirring* 72 jam.



**Gambar 4.7** Endapan Ni yang Mengendap Pada Dasar Wadah Saat Proses Sintesis 72 Jam Berlangsung

Hal ini sesuai dengan literatur yang dijadikan sebagai referensi utama, membahas mengenai pengaruh waktu *stirring* 24, 36, 48 dan 60 jam dalam proses sintesis serbuk ultra halus  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$  dengan metode sol-gel yang menjelaskan bahwa waktu *stirring* yang berbeda dapat mempengaruhi ukuran dan bentuk partikel serta tingkat agregasi. Pada penelitian tersebut juga menjelaskan bahwa semakin lama waktu *stirring*, ukuran partikel menjadi berkurang, tetapi terjadi aglomerasi pada sampel dengan waktu *stirring* 60 jam, kemudian didapatkan ukuran partikel terbaik diperoleh pada waktu *stirring* 48 jam (Mirjailili, 2011). Hasil SEM menunjukkan waktu *stirring* yang optimal untuk proses sintesis pada penelitian ini ialah 48 jam. Adapun hasil analisis lain yang mendukung hasil SEM ini, yaitu dengan hasil EDS yang menunjukkan persen kadar konsentrat nikel yang terkandung dalam produk nanopartikel nikel. Gambar 4.8 yang menunjukkan perbandingan hasil EDS dari nanopartikel nikel sintesis kondisi basa dengan

waktu *stirring* 24, 48, dan 72 jam.



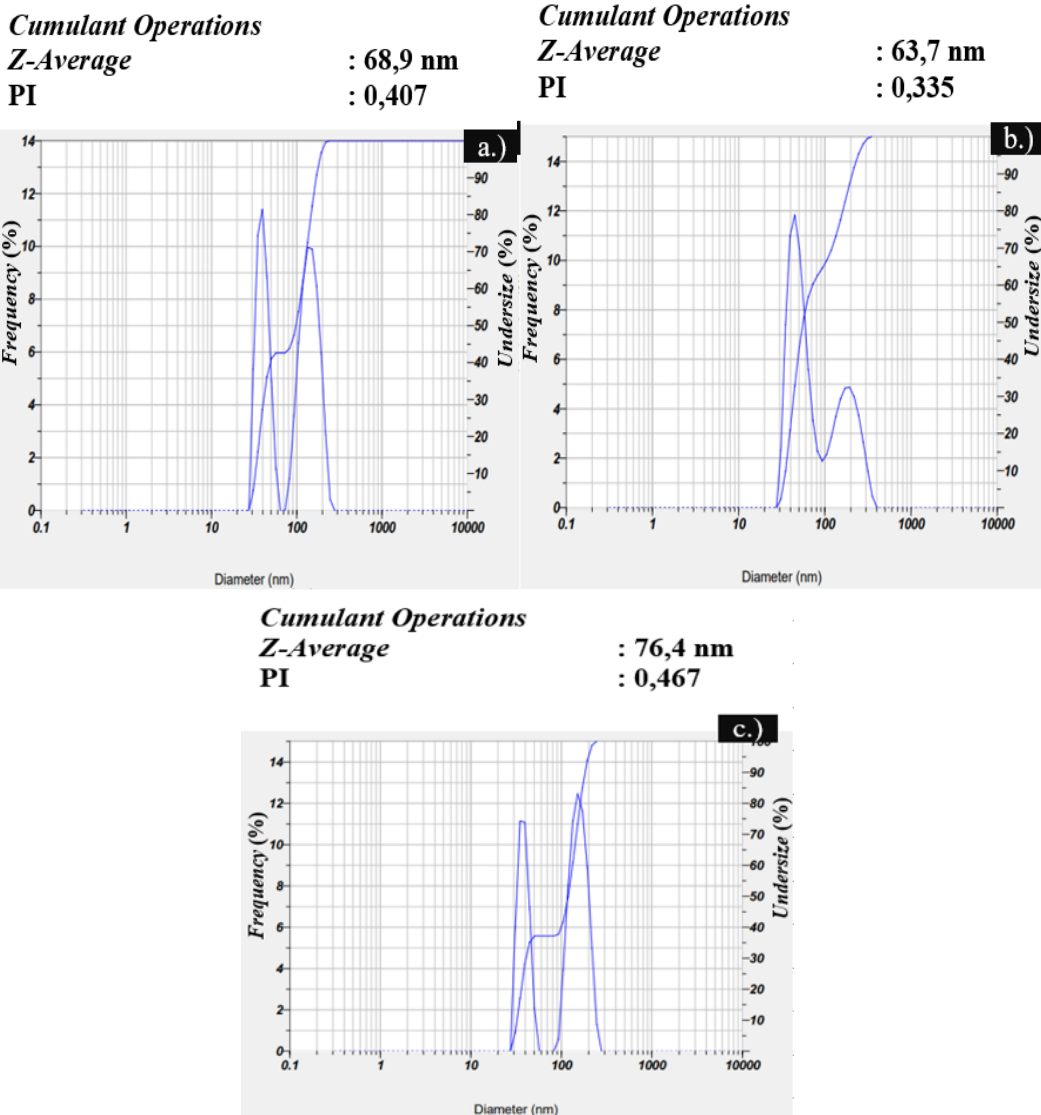
**Gambar 4.8** EDS Nanopartikel Nikel Sintesis Kondisi Basa a.) 24 Jam, b.) 48 Jam, c.) 72 Jam

Gambar 4.8 merupakan analisis EDS dari ketiga produk hasil sintesis nanopartikel nikel berdasarkan variasi waktu *stirring*. Pada Gambar 4.8 ditunjukkan adanya perbedaan persen kadar nikel dari ketiga sampel. Diantara sintesis dengan waktu *stirring* 24, 48 dan 72 jam, sintesis dengan waktu *stirring*

48 jam menghasilkan kandungan nikel paling banyak, yaitu sebesar 5,25%. Sedangkan sintesis dengan waktu *stirring* 24 jam menghasilkan kandungan nikel paling sedikit, yaitu hanya sebesar 0,85%. Sintesis dengan waktu *stirring* 48 jam memiliki waktu yang lebih lama untuk partikel Ni bereaksi dengan partikel lainnya. Dengan waktu *stirring* yang lebih lama membuat tumbukan antar partikel Ni bekerja lebih efektif, sehingga reaksi yang terjadi lebih homogen dan kandungan yang didapatkan pun banyak. Adapun pengujian lain yang mendukung hasil data SEM-EDS, yaitu pengujian PSA. Tabel 4.2 dan Gambar 4.9 menunjukkan hasil analisis PSA dari ketiga sampel variasi waktu *stirring*.

**Tabel 4.2** Data Pengujian *Particle Size Analyzer* Sintesis Basa 24, 48, dan 72 Jam

<b>Sintesis</b>	<b>Peak</b>	<b>S.P Area Ratio</b>	<b>Mean</b>	<b>S.D</b>	<b>Mode</b>
24 Jam	1	0,43	38,0 nm	6,3 nm	36,9 nm
	2	0,57	136,1 nm	33,2 nm	127,2 nm
	3	-	-	-	-
	Total	1,00	94,3 nm	54,8 nm	36,9 nm
48 Jam	1	0,64	47,3 nm	12,9 nm	42,0 nm
	2	0,36	177,2 nm	56,0 nm	181,3 nm
	3	-	-	-	-
	Total	1,00	94,3 nm	71,7 nm	42,0 nm
72 Jam	1	0,37	36,1 nm	5,0 nm	33,9 nm
	2	0,63	148,3 nm	32,3 nm	142,9 nm
	3	-	-	-	-
	Total	1,00	106,7 nm	60,0 nm	142,9 nm



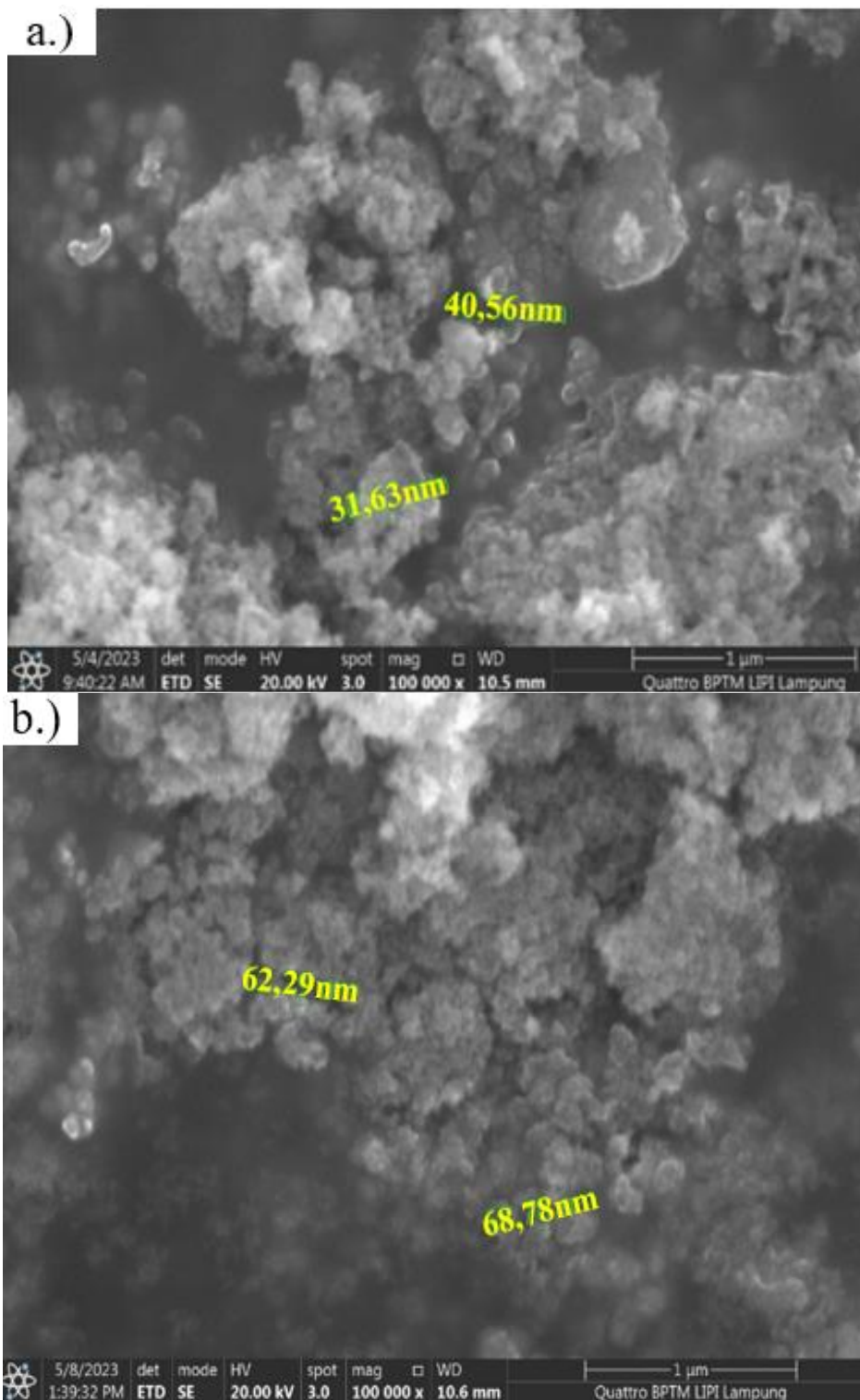
**Gambar 4.9** Grafik PSA dari Nanopartikel Nikel Sintesis Kondisi Basa a.) 24 Jam, b.) 48 Jam, c.) 72 Jam

Tabel 4.2 menunjukkan data ukuran partikel yang tersebar pada setiap puncak frekuensi partikelnya. Gambar 4.9 merupakan grafik analisis PSA yang menunjukkan perbedaan distribusi ukuran partikel secara keseluruhan di dalam ketiga sampel optimasi II berdasarkan variasi waktu *stirring*. Perbedaan hasil analisis PSA terletak pada rata-rata ukuran partikel nikel yang tersebar pada sampel. Pada sampel optimasi II dengan waktu *stirring* 48 jam menghasilkan rata-

rata ukuran partikel yang paling kecil, yaitu 63,7 nm, sedangkan rata-rata ukuran partikel yang terbesar dihasilkan pada sampel dengan waktu *stirring* 72 jam. Hasil PSA sesuai dengan hasil SEM yang menunjukkan ukuran partikel dari nanopartikel nikel. Oleh karena itu, waktu yang optimal untuk waktu *stirring* pada proses sintesis nanopartikel nikel optimasi II dari larutan hasil presipitasi Fe, Co, Ni dengan metode so-gel yaitu 48 jam.

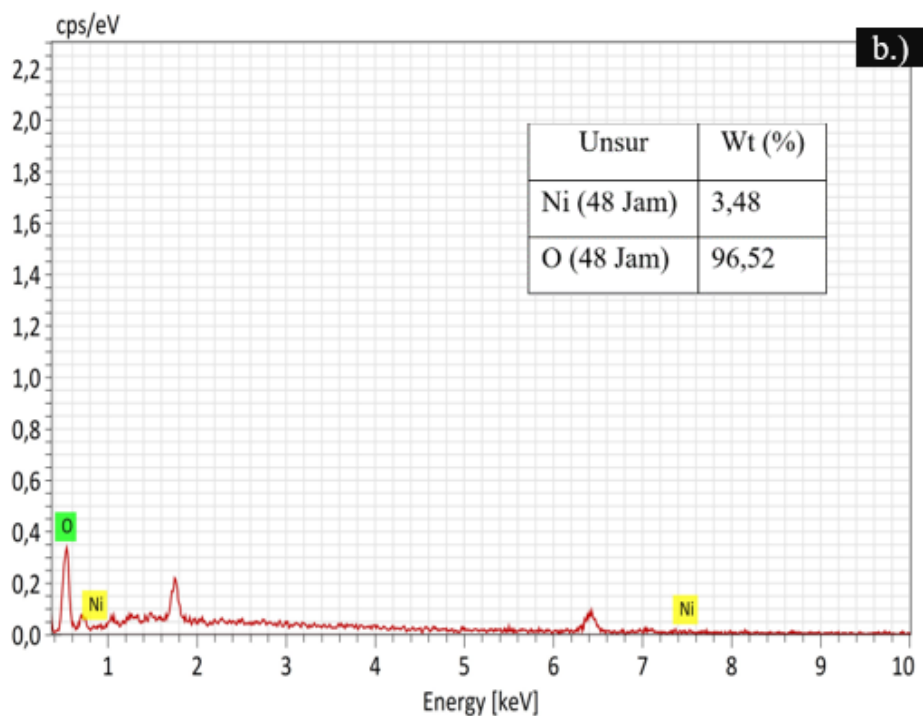
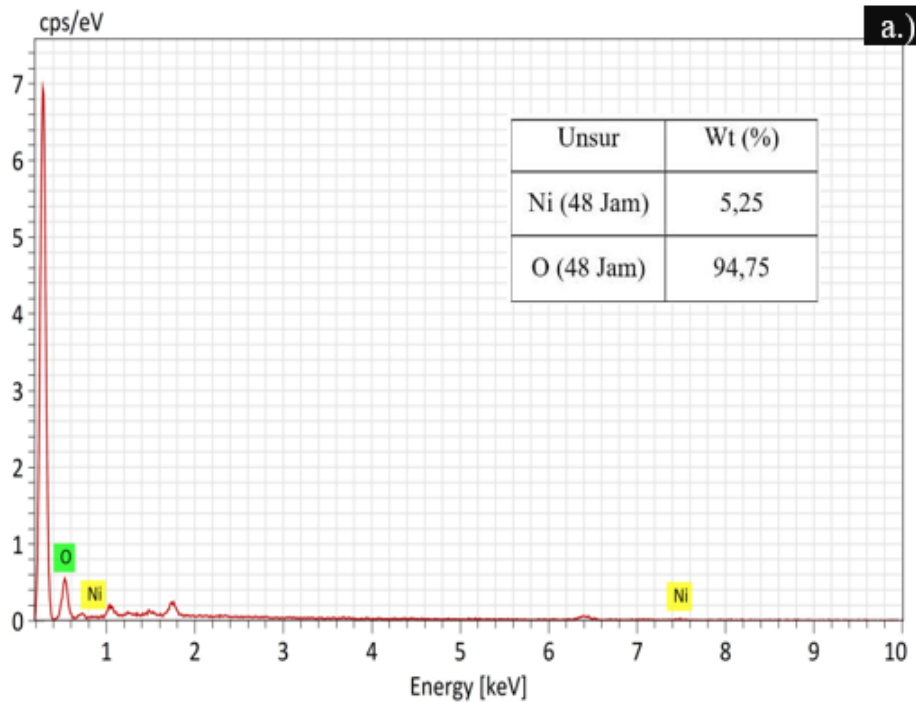
#### **4.4 Pengaruh Perlakuan Ultrasonik Setelah Sintesis Terhadap Kadar dan Ukuran Partikel Nanopartikel Nikel**

Dalam proses sintesis nanopartikel nikel optimasi III, terdapat pengaruh perlakuan ultrasonik terhadap kadar konsentrat nikel dan ukuran partikel nanopartikel nikel. Pengaruh ultrasonik disebabkan oleh getaran ultrasonik yang dapat mempercepat jalannya reaksi dan meningkatkan homogenitas campuran, terutama saat digunakan dalam proses campuran bahan kimia dan distribusi ukuran partikel pada produk akhir. Getaran ultrasonik membuat tumbukan antar partikel hingga ke inti partikel, sehingga menghindari partikel untuk mengalami aglomerasi. Tumbukan antar partikel berlangsung lama, dan bahkan ada partikel yang belum sempat bereaksi (Mahdavi, Reza, 2017). Oleh karena itu, apabila tidak ada perlakuan ultrasonik setelah proses sintesis, maka tidak ada bantuan untuk mempercepat reaksi dan partikel akan lebih cepat terjadi aglomerasi. Seperti pada Gambar 4.10 dan Gambar 4.11 yang menunjukkan hasil SEM-EDS dari sintesis nanopartikel nikel dengan kondisi optimal I, yaitu kondisi basa selama waktu 48 jam yang dilakukan perlakuan ultrasonik dan yang tidak dilakukan perlakuan ultrasonik.



**Gambar 4.10** Hasil SEM yang Menunjukkan Morfologi dan Ukuran Partikel Nanopartikel Ni Sintesis Kondisi Basa 48 Jam a.) Dengan Ultrasonik, b.) Tanpa Ultrasonik





**Gambar 4.11** EDS dari Nanopartikel Nikel Sintesis Kondisi Basa 48 Jam a.) Dengan Ultrasonik, b.) Tanpa Ultrasonik

Dapat dilihat berdasarkan Gambar 4.10 yang merupakan hasil SEM nanopartikel nikel sintesis kondisi optimal, yaitu kondisi basa dengan waktu

*stirring* 48 jam dengan penambahan perlakuan ultrasonik (a) dan tanpa penambahan perlakuan ultrasonik (b). Selain kondisi sintesis dan waktu yang menjadi pengaruh proses sintesis dalam penelitian ini, perlakuan ultrasonik juga memiliki pengaruh terhadap hasil akhir sintesis. Pada Gambar 4.10 ditunjukkan bahwa perlakuan ultrasonik dalam proses sintesis juga menjadi pengaruh terhadap ukuran partikel dan kadar nikel yang terkandung di dalam sampel. Dapat dilihat pada gambar, diantara kedua produk nanopartikel nikel tersebut, sintesis nanopartikel nikel dengan penambahan perlakuan ultrasonik memiliki ukuran partikel yang lebih kecil dibandingkan sintesis nanopartikel nikel tanpa perlakuan ultrasonik dengan masing-masing ukuran partikel antara lain: 31-40 nm dan 62-68 nm.

Hasil sintesis dengan penambahan ultrasonik pada penelitian ini, memiliki *range* ukuran partikel yang hampir mirip dengan hasil literatur utama, yaitu 20-30 nm yang juga menambahkan perlakuan ultrasonik selama 48 jam (Mirjailili, 2011). Hal ini dikarenakan, pada sintesis nanopartikel nikel tanpa perlakuan ultrasonik, proses tumbukan partikel nikel tidak sampai ke inti partikel. Akan tetapi, terjadi hanya tumbukan luar permukaan partikel saja, sehingga laju reaksi tidak meningkat dan cepat terjadinya aglomerasi yang membuat ukuran partikel tersebut meningkat (Mahdavi, Reza, 2017).

Kemudian, Gambar 4.11 merupakan analisis EDS dari kedua produk hasil sintesis nanopartikel nikel dari larutan hasil presipitasi Fe, Co, Ni menggunakan metode sol-gel dengan penambahan perlakuan ultrasonik dan tanpa perlakuan ultrasonik. Pada Gambar 4.11 ditunjukkan adanya perbedaan kadar nikel dari

kedua sampel. Diantara sintesis dengan penambahan perlakuan ultrasonik dan yang tanpa perlakuan ultrasonik, sintesis dengan penambahan perlakuan ultrasonik menghasilkan kandungan nikel paling banyak, dibandingkan dengan yang tanpa perlakuan ultrasonik. Persen kandungan nikel sintesis dengan ultrasonik dan tanpa ultrasonik, masing-masing sampel ialah sebesar 5,25% dan 3,48%. Hal ini disebabkan oleh pengaruh laju reaksi, dengan penambahan perlakuan ultrasonik, dapat membantu partikel nikel untuk bereaksi lebih cepat dan lebih homogen, sehingga laju reaksi meningkat dan dapat menghasilkan kandungan nikel yang lebih banyak (Li, Zoushuang, et al., 2022). Adapun pengujian lain yang mendukung hasil data SEM-EDS pada Gambar 4.10 dan Gambar 4.11, yaitu pengujian PSA. Tabel 4.3 dan Gambar 4.12 menunjukkan hasil analisis PSA dari kedua sampel, yaitu dengan perlakuan ultrasonik dan tanpa perlakuan ultrasonik.

**Tabel 4.3** Data Pengujian *Particle Size Analyzer* (PSA) Sintesis Basa 48 Jam Dengan Ultrasonik dan Tanpa Ultrasonik

Sintesis	Peak	S.P Area Ratio	Mean	S.D	Mode
Dengan Ultrasonik	1	0,64	47,3 nm	12,9 nm	42,0 nm
	2	0,36	177,2 nm	56,0 nm	181,3 nm
	3	-	-	-	-
	Total	1,00	94,3 nm	71,7 nm	42,0 nm
Tanpa Ultrasonik	1	0,45	36,3 nm	5,3 nm	33,8 nm
	2	0,55	141,5 nm	30,0 nm	142,1 nm
	3	-	-	-	-
	Total	1,00	94,3 nm	57,0 nm	33,8 nm

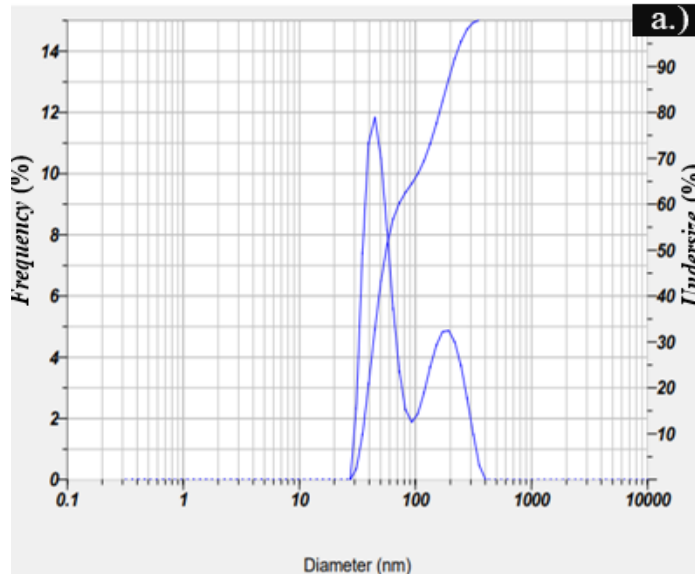
**Cumulant Operations**

**Z-Average**

**: 63,7 nm**

**PI**

**: 0,335**



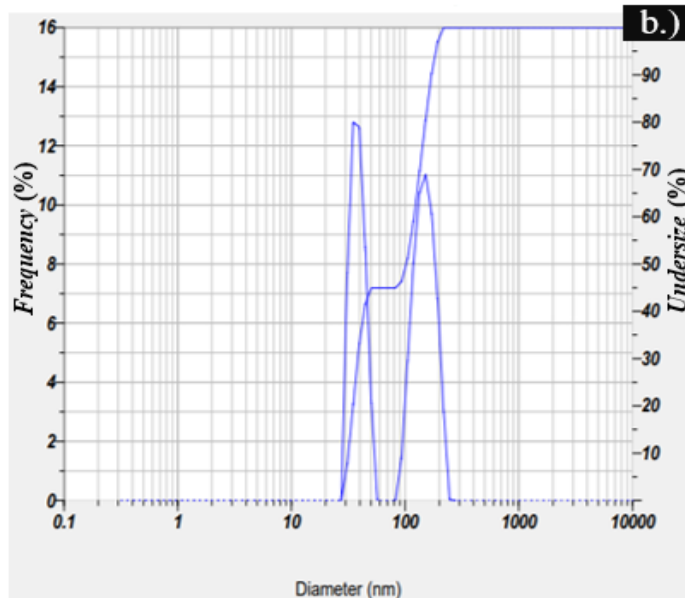
**Cumulant Operations**

**Z-Average**

**: 67,2 nm**

**PI**

**: 0,427**



**Gambar 4.12** Grafik PSA dari Nanopartikel Nikel Sintesis Kondisi Basa 48 Jam  
a.) Dengan Ultrasonik, b.) Tanpa Ultrasonik

Tabel 4.3 merupakan data ukuran partikel yang tersebar pada setiap puncak frekuensi partikelnya. Gambar 4.12 merupakan grafik hasil dari analisis

PSA yang menunjukkan perbedaan distribusi ukuran partikel secara keseluruhan di dalam kedua sampel dengan penambahan perlakuan ultrasonik dan tanpa penambahan perlakuan ultrasonik. Perbedaan analisis PSA terletak pada rata-rata ukuran partikel nikel yang tersebar pada sampel. Pada sampel kondisi optimal (basa) dan waktu *stirring* optimal (48 jam) dengan penambahan perlakuan ultrasonik menghasilkan rata-rata ukuran partikel yang paling kecil, yaitu 63,7 nm, sedangkan rata-rata ukuran partikel pada sampel tanpa perlakuan ultrasonik yaitu 67,2 nm. Oleh karena itu, penambahan perlakuan ultrasonik pada proses sintesis nanopartikel nikel dari larutan hasil presipitasi Fe, Co, Ni dengan metode sol-gel lebih optimal dilakukan dibandingkan dengan yang tidak dilakukan perlakuan ultrasonik. Adapun penelitian lain yang mendukung bahwa dengan penambahan ultrasonik lebih bagus hasilnya dibandingkan dengan yang tanpa penambahan ultrasonik, yaitu pada penelitian Reza Mahdavi, 2017 yang menjelaskan bahwa nanopartikel logam yang telah disintesis dengan metode sol-gel pada suhu rendah dan tanpa bahan pelapis dan penstabil, ditemukan bahwa radiasi ultrasonik dapat meningkatkan struktur, morfologi, dan kinerja fotokatalitik nanopartikel (Mahdavi, Reza, 2017).