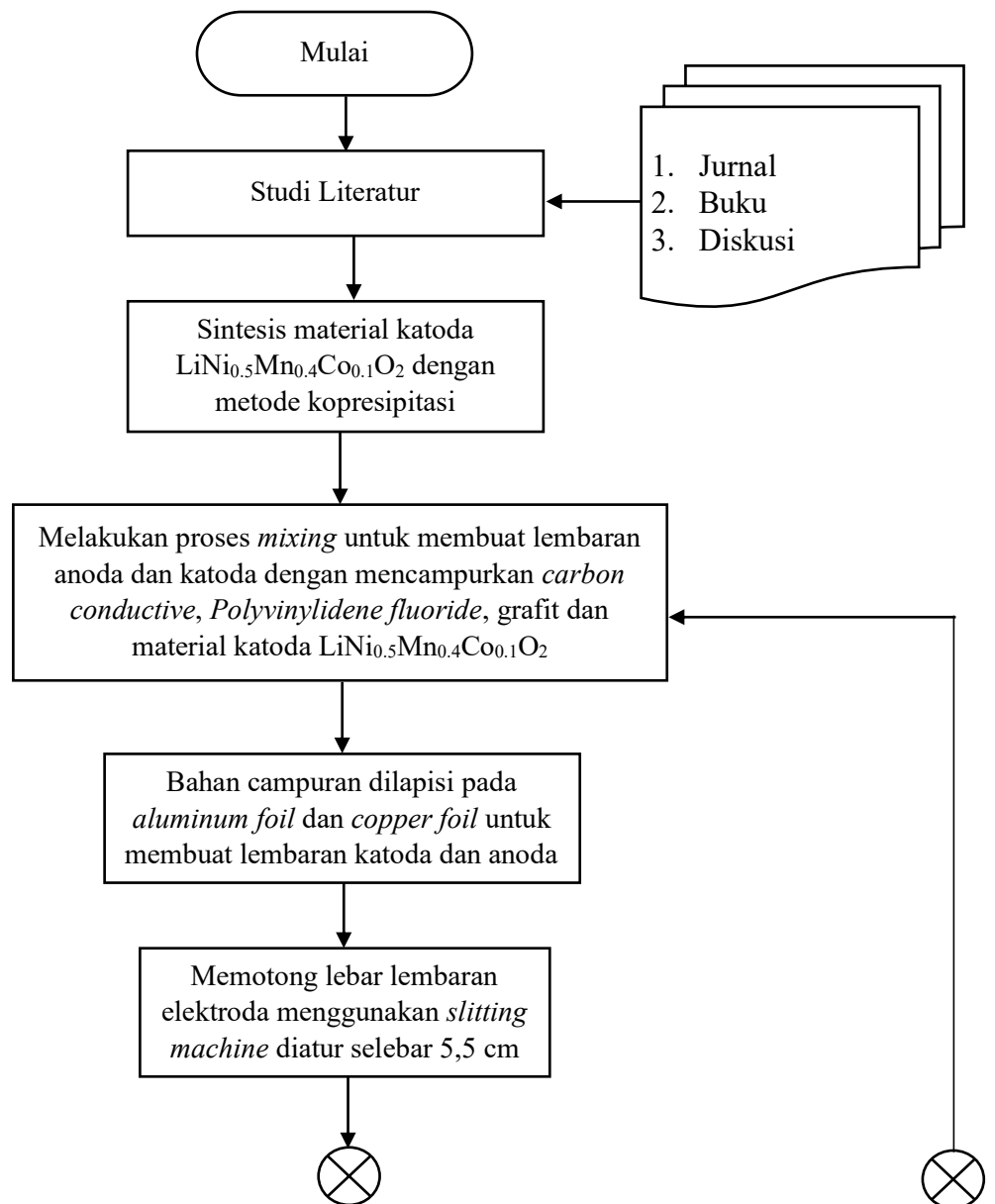


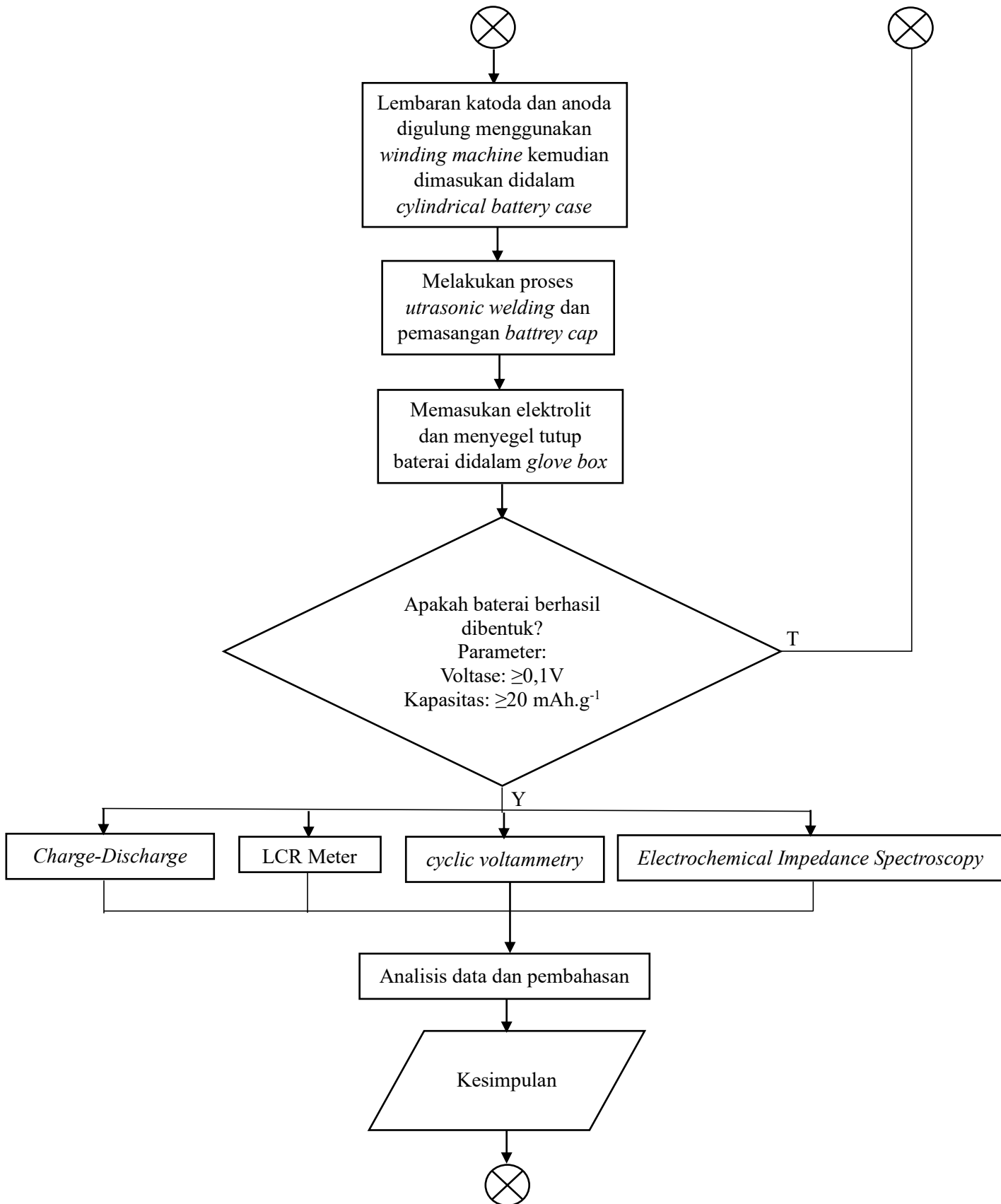
BAB III

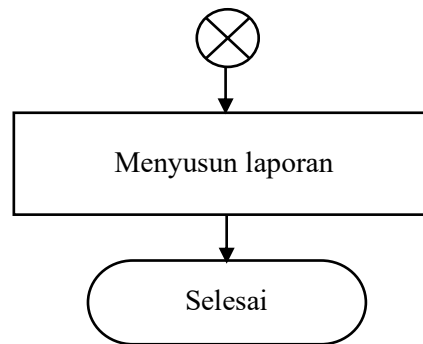
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

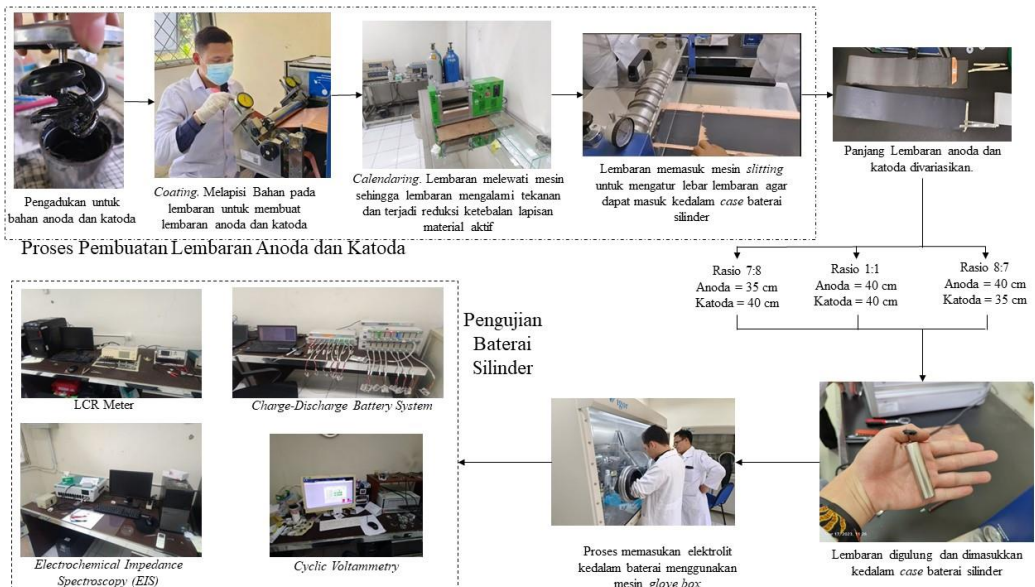
Pada saat melakukan penelitian, perlu mengikuti tahapan penelitian agar penelitian yang dilakukan terarah dan tujuan penelitian tercapai. Berikut adalah diagram alir penelitian:







Gambar 3.1 Diagram alir penelitian



Gambar 3.2 Schematic Diagram Of The Experimental Setup

Penelitian ini diawali dengan melakukan studi literatur. Studi literatur bertujuan untuk mengetahui proses manufaktur baterai, faktor-faktor yang mempengaruhi performa baterai, dan alat yang digunakan untuk pengujian baterai. Studi literatur dilakukan dengan cara membaca jurnal, membaca buku yang mendukung penelitian, dan diskusi bersama pembimbing tugas akhir.

Berikutnya adalah melakukan sintesis material katoda $\text{LiNi}_{0.5}\text{Mn}_{0.4}\text{Co}_{0.1}\text{O}_2$ dengan metode kopresipitasi. Proses sintesis dilakukan melalui beberapa tahapan antara lain pembuatan material prekursor, sintering, dan kalsinasi.

Hasil sintesis didapat berupa serbuk katoda NMC 541. Material katoda tersebut digunakan untuk proses perakitan baterai.

Setelah mendapatkan material aktif katoda NMC 541 dilakukan proses perakitan baterai. Proses perakitan diawali dengan proses *mixing*. Setelah itu, melalui proses *coating* hingga akhirnya baterai dirakit didalam *glove box*. Langkah berikutnya adalah melakukan pengujian elektrokimia baterai meliputi uji *charge-discharge*, *cyclic voltammetry (CV)*, *impedance capacitance resistance (LCR)* meter, dan *electrochemical impedance spectroscopy (EIS)*.

Data pengujian yang didapatkan dianalisa dan dibahas. Pembahasan dan analisa data digunakan untuk menentukan performa baterai silinder dengan katoda NMC 541. Hasil yang didapatkan menjadi pertimbangan dalam penggunaan material katoda NMC 541 pada baterai silinder.

Jika hasil sudah sesuai dengan standar dan dikumpulkan, maka dilakukan penyusunan laporan sebagai bukti dan dokumen bahwa baterai silinder NMC 541 sudah dilakukan perakitan dan pengujian performa. Pada penelitian ini divariasikan panjang elektroda dengan perbandingan anoda:katoda adalah 35:40, 37,5:37,5, dan 40:35. Berikut adalah penamaan sampel dan keterangan dari setiap sampel yang diuji.

Tabel 3.1 Penamaan sampel dan keterangan setiap sampel yang diuji

Nama Sampel	Panjang Anoda (cm)	Panjang Katoda (cm)	Rasio
NMC541 35-40	35	40	35:40
NMC541 37,5-37,5	37,5	37,5	37,5:37,5
NMC541 40-35	40	35	40:35

3.2 Alat dan Bahan yang digunakan

Dalam melakukan penelitian perlu disiapkan alat dan bahan sesuai dengan tujuan penelitian yang hendak dicapai. Berikut adalah alat dan bahan yang digunakan untuk melakukan penelitian:

3.3.1 Alat yang digunakan

1. *Vacuum mixer*



Gambar 3.3 *Vacuum Mixer*

Alat ini digunakan untuk melakukan proses pengadukan (*mixing*). Beberapa material seperti karbon konduktif, Polivinilidena fluoride, material NMC 541, dan *N-Methyl Pyrrolidone* (NMP) dicampur dan diaduk menggunakan alat tersebut.

2. Mesin *coating* dan *drying*



Gambar 3.4 Mesin *coating* dan *drying*

Digunakan untuk proses pelapisan bahan aktif katoda ke lembaran aluminium. Alat ini sekaligus juga mencakup mesin *drying* sehingga proses pelapisan bahan aktif dapat menghasilkan lembaran katoda kering.

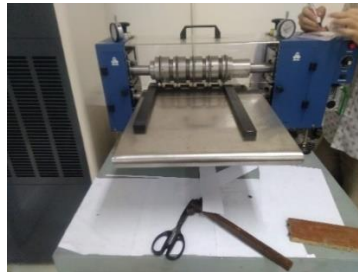
3. Mesin *calendaring*



Gambar 3.5 Mesin *calendaring*

Mesin *calendaring* bertujuan untuk meningkatkan konduktivitas material. Prinsip kerja mesin ini adalah lembaran katoda melawati dua *roll* pada mesin ini untuk dilakukan reduksi ketebalan. Reduksi ketebalan dilakukan pada ukuran yang sudah diatur dan pada temperatur tertentu.

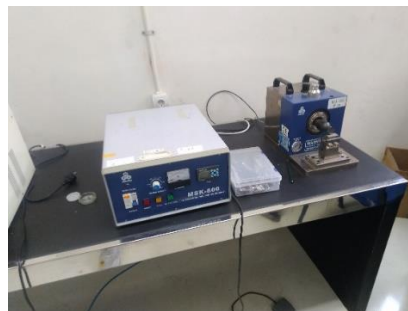
4. Mesin *slitting*



Gambar 3.6 Mesin *Slitting*

Mesin *slitting* digunakan untuk memotong lembaran elektrod dengan lebar tertentu. Proses pemotongan harus diperhatikan dan dibuat selurus mungkin agar hasil pemotongan lurus dan dapat digunakan untuk proses perakitan berikutnya.

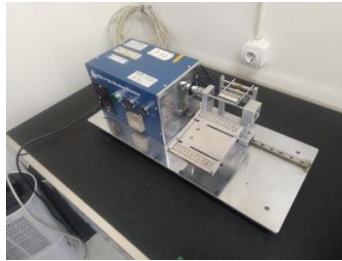
5. *Ultrasonic welder*



Gambar 3.7 *Ultrasonic Welder*

Ultrasonic welder digunakan untuk menyambungkan *aluminium strip* dengan katoda dan *nickel strip* dengan katoda. Dalam proses *welding* harus diperhatikan arus yang digunakan agar tidak terlalu besar.

6. *Winding machine*



Gambar 3.8 *Winding Machine*

Winding machine digunakan untuk menggulung lembaran elektroda agar dapat dibuat baterai silinder. Bahan yang digunakan adalah lembaran katoda, lembaran anoda, dan separator. Lembaran katoda yang sudah digulung selanjutnya dimasukkan ke dalam *case* baterai.

7. *Spot welder*



Gambar 3.9 *Spot Welder*

Alat ini digunakan untuk menghubungkan *nickel strip* bagian bawah gulungan elektroda dengan *case* baterai. Proses ini dilakukan setelah melewati tahap menggulung elektroda menggunakan *winding machine*.

8. *Grooving machine*



Gambar 3.10 *Grooving Machine*

Grooving machine digunakan untuk menjaga lembaran elektro tidak keluar dari *case* baterai. Alat ini digunakan setelah *nickel strip* tersambung dengan bagian bawah *case* baterai.

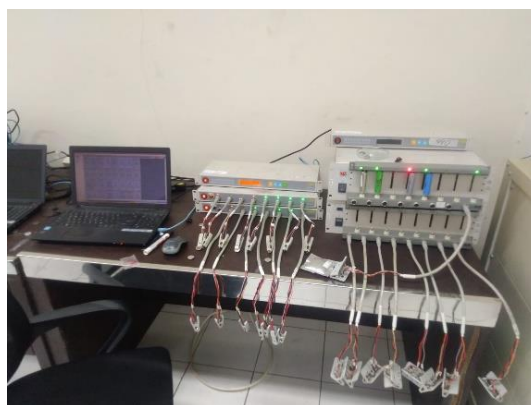
9. *Glove box*



Gambar 3.11 *Glove Box*

Alat ini digunakan untuk memberikan elektrolit pada baterai dan tempat untuk menutup bagian atas *case* baterai (*grimping*). Alat ini merupakan ruangan kedap udara yang dijaga kelembapan dan kadar oksigennya. Tujuan dibuat ruangan kedap udara adalah agar tidak terjadi oksidasi yang dapat membuat baterai menjadi *short circuit* ketika diberi larutan elektrolit.

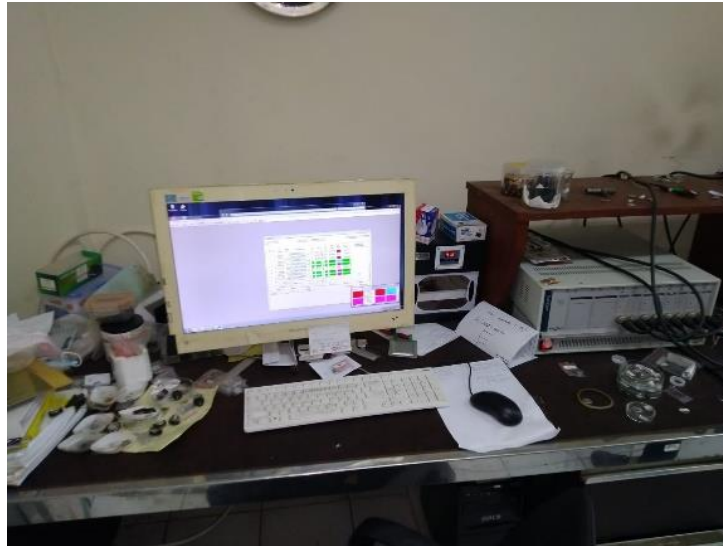
10. Alat uji *charge-discharge*



Gambar 3.12 Alat Uji *Charge-Discharge*

Alat uji *charge-discharge* digunakan untuk mengukur kapasitas maksimum baterai. Pengujian ini juga dapat dilakukan dengan memvariasikan *c-rate*, *cycle*, dan tegangan atas-bawah.

11. Alat uji *cyclic voltammetry*



Gambar 3.13 Alat uji *cyclic votammetry*

Pengujian *cyclic voltammetry* dilakukan untuk mengetahui tegangan maksimum dan tegangan minimum pada baterai. Pengujian dilakukan dengan memvariasikan jumlah *cycle*.

12. LCR meter



Gambar 3.14 LCR meter

LCR meter digunakan untuk mengukur konduktivitas material. Pengujian ini dilakukan dengan rentang frekuensi 42Hz - 1 MHz.

13. *Electrochemical Impedance Spectroscopy (EIS)*



Gambar 3.15 *Electrochemical Impedance Spectroscopy*

EIS digunakan untuk mengukur hambatan pada baterai. Data yang didapatkan berupa nilai R_p , R_s , dan C_{pe} .

3.3.2 Bahan yang digunakan

1. *Polyvinylidene Fluoride*



Gambar 3.16 *Polyvinylidene Fluoride*

PVDF merupakan bahan pengikat. Bahan dicampurkan dengan bahan lainnya pada proses *mixing* untuk menghasilkan material aktif katoda. Bahan ini berfungsi untuk mengikat material NMC 541 dan karbon konduktif.

2. Karbon konduktif



Gambar 3.17 Karbon Konduktif (*carbon black*)

Karbon konduktif (*carbon black*) merupakan bahan yang dicampurkan dengan bahan NMC 541 dan PVDF pada proses *mixing*. Karbon konduktif berfungsi untuk meningkatkan konduktivitas bahan.

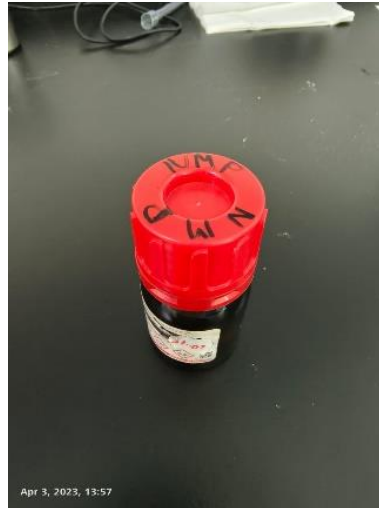
3. Material NMC 541



Gambar 3.18 Material NMC 541

Material NMC 541 didapatkan melalui sintesis dengan metode kopresipitasi. Material NMC 541 merupakan bahan utama dalam perakitan baterai pada penelitian ini.

4. *N-Methyl Pyrrolidone* (NMP)



Gambar 3.19 *N-Methyl Pyrrolidone* (NMP)

N-Methyl Pyrrolidone (NMP) merupakan pelarut yang dicampurkan dengan bahan lainnya pada proses *mixing*.

5. Larutan elektrolit (LiPF_6)



Gambar 3.20 Larutan elektrolit (LiPF_6)

Larutan elektrolit berfungsi menghantarkan ion lithium dan elektron dari katoda menuju anoda dan begitu juga sebaliknya. Pemberian elektrolit dilakukan didalam *glove box*.

3.3 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Badan Riset dan Inovasi Nasional Serpong pada bulan agustus sampai oktober 2023. Pengujian dilakukan dengan beberapa alat yang disediakan seperti *Electrochemical Impedance Spectroscopy* (EIS), *Impedance, Capacitance, and Resistance* (LCR) Meter, *Cyclic Voltammetry* (CV), dan *Charge-Discharge* (CD).

3.4 Prosedur Penelitian

Dalam melakukan penelitian terdapat beberapa prosedur yang perlu diperhatikan agar tujuan penelitian dapat tercapai. Berikut adalah proses penelitian yang dilakukan:

3.4.1 Proses Pembuatan Lembaran Katoda

Bahan katoda yang digunakan adalah NMC541 dengan rumus kimia $\text{LiNi}_{0,5}\text{Mn}_{0,4}\text{Co}_{0,1}\text{O}_2$. Material ini merupakan material sintesis. Material ini dicampurkan dengan bahan lainnya untuk membuat lembaran katoda. Berikut merupakan proses pembuatan lembaran katoda:

1. Menimbang bahan NMC541, bahan pengikat (*Polyvinylidene fluoride*), dan karbon konduktif (*carbon black*). Bahan ditimbang dengan perbandingan massa 90% NMC541, 5% *Polyvinylidene fluoride*, dan 5% *carbon black*. Setelah itu, bahan-bahan dimasukkan kedalam jar untuk dilakukan proses *mixing*
2. Bahan-bahan yang berada didalam jar kemudian ditambahkan dengan pelarut NMP (*N-Methyl Pyrrolidone*). Perbandingan pelarut dengan *solid content* adalah 70% pelarut dan 30% *solid content*.
3. NMP dan *solid content* yang berada didalam jar diaduk menggunakan *vacuum mixer* selama 2 jam.
4. Bahan-bahan yang sudah tercampur tersebut disebut *slurry*. Kemudian *slurry* dituangkan keatas lembaran aluminium untuk dilakukan proses *coating* menggunakan mesin *coating and drying*.
5. Proses *coating* dilakukan pada sisi depan dan sisi belakang lembaran aluminium (*double side*). Proses *coating* dilakukan dengan ketebalan 400 μm untuk kedua sisi atau 200 μm tiap sisi.
6. Proses *coating* (pelapisan) dilakukan bersamaan dengan proses *drying* (pengeringan) karena menggunakan mesin khusus (mesin *coating and drying*).

7. Lembaran katoda yang sudah dikeringkan selanjutnya dilakukan pemotongan pada mesin *slitting*. Pemotongan dilakukan untuk mengatur lebar lembaran katoda. Lebar lembaran katoda yang digunakan adalah 5,5 cm.
8. Lembaran katoda dilakukan proses *calendaring* sehingga ketebalan menjadi 220 μ m.

3.4.2 Proses Pembuatan Lembaran Anoda

Bahan anoda yang digunakan adalah grafit. Material ini merupakan material yang memiliki konduktivitas yang baik dan sangat cocok dipasangkan dengan katoda NMC. Material ini dicampurkan dengan bahan lainnya untuk membuat lembaran anoda. Berikut merupakan proses pembuatan lembaran anoda:

1. Menimbang bahan grafit, bahan pengikat (*Polyvinylidene fluoride*), dan karbon konduktif (*carbon black*). Bahan ditimbang dengan perbandingan massa 70% NMC541, 20% *Polyvinylidene fluoride*, dan 10% *carbon black*. Setelah itu, bahan-bahan dimasukkan kedalam jar untuk dilakukan proses *mixing*
2. Bahan-bahan yang berada didalam jar kemudian ditambahkan dengan pelarut NMP (*N-Methyl Pyrrolidone*). Perbandingan pelarut dengan *solid content* adalah 70% pelarut dan 30% *solid content*.
3. NMP dan *solid content* yang berada didalam jar diaduk menggunakan *vacuum mixer* selama 2 jam.
4. Bahan-bahan yang sudah tercampur tersebut disebut *slurry*. Kemudian *slurry* dituangkan keatas lembaran tembaga untuk dilakukan proses *coating* menggunakan mesin *coating and drying*.
5. Proses *coating* dilakukan pada sisi depan dan sisi belakang lembaran aluminium (*double side*). Proses *coating* dilakukan dengan ketebalan 400 μ m untuk kedua sisi atau 200 μ m tiap sisi.
6. Proses *coating* (pelapisan) dilakukan bersamaan dengan proses *drying* (pengeringan) karena menggunakan mesin khusus (mesin *coating and drying*).
7. Lembaran anoda yang sudah dikeringkan selanjutnya dilakukan pemotongan pada mesin *slitting*. Pemotongan dilakukan untuk mengatur lebar lembaran anoda. Lebar lembaran anoda yang digunakan adalah 5,5 cm.

3.4.3 Proses Perakitan Baterai Silinder

Setelah lembaran anoda dan katoda sudah dibuat, proses berikutnya adalah melakukan perakitan baterai silinder. Berikut adalah prosedur perakitan baterai silinder:

1. Memotong panjang lembaran katoda dan anoda. Panjang lembaran katoda dan anoda dipotong dengan variasi rasio panjang lembaran anoda:katoda adalah 35:40, 37,5:37,5, dan 40:35.
2. Memotong separator dengan panjang dua kali panjang elektroda terpanjang ditambah 5cm. Separator yang digunakan memiliki lebar

- 6cm (harus lebih lebar dibandingkan lebar lembaran anoda atau katoda agar tidak terjadi *short circuit*).
3. Separator yang telah dipotong dilipat menjadi dua bagian sama panjang.
 4. Memasang aluminium *strip* pada lembaran katoda dan *nickel strip* pada lembaran anoda menggunakan *ultrasonic welder*.
 5. Melakukan proses *winding* (membuat gulungan anoda-katoda-separator) dengan susunan separator-katoda-separator-anoda.
 6. Gulungan (*jelly roll*) dimasukkan kedalam *case* baterai dengan terlebih dahulu memasang *bottom seal*.
 7. Melakukan *spot welding* sehingga *nickel strip* terhubung dengan *case* baterai.
 8. Memasang *seal* atas kemudian melakukan *grooving* pada baterai.
 9. Memasang *cap* atas menggunakan *ultrasonic welder*.
 10. Baterai dimasukan kedalam *glove box* untuk diberi elektrolit dan dilakukan proses *Grimmping*.
 11. Melakukan pengujian baterai meliputi *charge-discharge*, LCR meter, *Cyclic Voltammetry* (CV), dan *Electrochemical Impedance Spectroscopy* (EIS).
 12. Menyusun laporan sebagai bukti performa baterai silinder NMC541 dengan variasi rasio elektroda.