

LAPORAN KEGIATAN PENELITIAN

JUDUL PENELITIAN: KAJIAN TEKNOLOGI BATERE
MOBIL LISTRIK LCGC



Kementerian
Perindustrian
REPUBLIK INDONESIA

TA. 2013

BALAI BESAR BAHAN DAN BARANG TEKNIK

KAJIAN KEBIYAKAN IKLIM DAN MUTU INDUSTRI

PERINDUSTRIAN REPUBLIK INDONESIA

KAJIAN TEKNOLOGI LAPORAN KEGIATAN PENELITIAN

Balai Besar Bahan dan Barang Teknik (BBBT)

LITBANG dan DIPA TA. 2013

JUDUL PENELITIAN: KAJIAN TEKNOLOGI BATERE

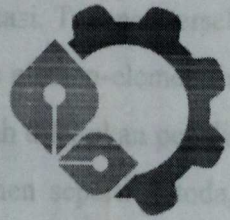
MOBIL LISTRIK LCGC

ABSTRAK

Pada saat ini, di tengah kebutuhan energi yang terus meningkat, stabilitas masyarakat yang tinggi dan keberlanjutan pemukiman, diperlukan usaha untuk memanfaatkan berbagai sumber energi yang tersedia. Salah satu cara untuk menyimpan energi (energy storage) yang efisien adalah dengan menggunakan teknologi baterai. Sebagai contoh, baterai yang mampu memenuhi kebutuhan energi yang rendah, terjangkau, ramah lingkungan maupun dari harga. Jenis baterai yang banyak digunakan adalah baterai lithium-ion. Pengembangan baterai yang murah, efisien, dan ramah lingkungan (low cost and green cars (LCGC)) akan sangat penting dalam pengembangan industri otomotif di Indonesia. Terdapat berbagai tantangan dalam pengembangan baterai yang dapat mendukung kerangka industrialisasi otomotif di Indonesia. Pada kegiatan penelitian ini, akan dilakukan sintesis elemen-elemen baterai yang akan digunakan sebagai dasar dalam menentukan bagaimana proses pada skala industri. Metode yang dipilih dari berbagai sintesis adalah metode sol-gel karena relatif mudah dan murah dikembangkan oleh bahan baku dan sistem baterai yang dipilih adalah lithium natrium yang bisa digunakan sebagai bahan lain seperti lithium kobalt untuk arah pengembangan baterai yang ramah lingkungan. Pembuatan serbuk dengan cara digiling (grinding) tidak menghasilkan partikel yang baik.



TGL. TERIMA: 14-08-2015
NO. INDUK: 33/LD/kepaenperin/08/2015
ASAL: Hadiah dosen
IAIN-SU



Kementerian Perindustrian REPUBLIK INDONESIA

P
621.3.
IND
R
@-1

TA. 2013

BALAI BESAR BAHAN DAN BARANG TEKNIK
BADAN PENGKAJIAN KEBIJAKAN IKLIM DAN MUTU INDUSTRI
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN REPUBLIK INDONESIA

KAJIAN TEKNOLOGI BATERE MOBIL LISTRIK

Balai Besar Bahan dan Barang Teknik (B4T)

LITBANG pada DIPA TA. 2013

ABSTRAK

Pada saat ini, di tengah kebutuhan energi yang meningkat, kebutuhan mobilitas masyarakat yang tinggi dan keterbatasan pasokan energi terutama bahan bakar minyak, diperlukan usaha untuk memanfaatkan berbagai sumber energi alternatif. Namun demikian, tanpa fasilitas penyimpan energi (*energy storage*) yang baik, akan terjadi ketimpangan antara sifat pasokan dan pemanfaatannya. Sebagai contoh adalah bahwa sistem mobil listrik sangat membutuhkan batere yang mampu memenuhi kebutuhan penggunanya dari aspek unjuk kerja, kelayakan keselamatan maupun dari harga. Jenis batere mutakhir yang diminati saat ini adalah batere lithium-ion. Pengembangan batere ini juga mendukung program prioritas pemerintah tentang *low cost and green cars* (LCGC) khususnya mobil listrik di mana Kementerian perindustrian berperan dalam pengembangan industrinya. Berdasarkan kajian yang telah dilakukan, terdapat berbagai tahapan dalam pengembangan batere ini terutama bila dibahas dalam kerangka industrialisasi. Tahapan tersebut mulai dari ekstraksi bahan baku, pemurnian bahan baku, proses sintesis elemen-elemen, integrasi *cell*, dan perakitan batere. Pada kegiatan saat ini (DIPA 2013) telah dilakukan penelitian terapan dengan fokus pada pengembangan proses sintesis elemen-elemen seperti katoda, anoda, dan elektrolit pada riset dasar karena akan menentukan bagaimana proses pada skala industri. Metode yang dipilih dari berbagai rute sintesis adalah metode sol-gel karena relatif mudah dan murah dikembangkan oleh industri. Bahan baku dan sistem batere yang dipilih adalah lithium manganat yang bila dibandingkan dengan bahan lain seperti lithium kobal lebih ramah lingkungan kerana tidak beracun. Pembuatan serbuk dengan cara digiling (*top-down*) tidak menghasilkan partikel yang baik.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Kegiatan Penelitian : Kajian Teknologi Batere Mobil Listrik LCGC
Tahun Kegiatan : Tahun 2013
Program : Penguatan, pendalaman dan penumbuhan
Daftar Isi : klaster industri prioritas.

Anggota Kelompok Penelitian : Budi Susanto (Koordinator)
Addry Murphy Harari (Sekretaris)
Susanto Sigit Rahardi (Peneliti)
Abdul Halim Daulay (Peneliti)
Dedi Rustandi (Pembantu Peneliti)
Emah Hernawati (Pembantu Peneliti)

Latar Belakang 8
Ruang Lingkup 10
Maksud dan Tujuan 10
Output (Keluaran) 10
Outcome (Hasil) 10
Metode Pelaksanaan 10
Jadwal Kegiatan 10

BAB II KEGIATAN KAJIAN 12
Studi Referensi 12
Mengetahui, Bandung, 20 Desember 2013
Kajian Sistem Batere 12
Kajian Material 14
Kajian Teknologi Proses 15
Perevisian dan Pembahasan 18

Bab III Kesimpulan dan Rekomendasi 45
Daftar Pustaka 50

Wieke Pratiwi
NIP.195510131981032001

DAFTAR ISI

PENDAHULUAN

Halaman Depan.....	1
Abstrak.....	2
Lembar Pengesahan.....	3
Daftar Isi.....	4
BAB I PENDAHULUAN.....	5
Latar Belakang.....	5
Batasan Kegiatan.....	7
Maksud dan Tujuan.....	7
Output (Keluaran).....	7
Outcome (Hasil).....	7
Metode Pelaksanaan.....	8
Jadual Kegiatan.....	10
BAB II KEGIATAN KAJIAN.....	12
Studi Referensi.....	12
Kajian Sistem Batere.....	12
Kajian Material.....	14
Kajian Teknologi Proses.....	15
Percobaan dan Pembahasan.....	18
Bab III Kesimpulan dan Rekomendasi.....	95
Daftar Pustaka.....	96

BAB I PENDAHULUAN

Latar Belakang

Seiring dengan usaha penghematan energi BBM, efisiensi energi, transformasi ke energi terbarukan dan tantangan permasalahan lingkungan terutama pemanasan global, pemerintah mencanangkan program mobil murah dan ramah lingkungan LCGC (Low Cost and Green Car) sejak dua tahun yang lalu. Dampak dari program ini adalah meningkatnya investasi produksi LCGC 2,2 milyar Dollar Amerika Serikat dan tambahan investasi untuk komponen sebesar 2,5 milyar Dollar Amerika Serikat pada tahun 2012 di Indonesia. Selain itu, program ini juga berhasil menciptakan 35 industri komponen baru di Indonesia. Program LCGC ditopang oleh total 140 industri komponen lokal di bawahnya (Tier III). Dalam kondisi ini, pabrikan LCGC berkomitmen untuk memenuhi kandungan lokal sampai 80%. Melalui insentif mobil listrik nasional, pemerintah berkomitmen untuk mendorong kemajuan penelitian dan pengembangan mobil listrik sampai produksi massal.

Mobil LCGC menggunakan optimasi yang dinamis antara BBM (Bahan Bakar Minyak seperti solar dan bensin) dan energi listrik yang tersimpan di dalam batere sehingga menghasilkan unjuk kerja yang baik dan jauh lebih hemat dari pada mobil atau kendaraan konvensional yang hanya mengandalkan BBM. Energi yang tersimpan di dalam batere tersebut berasal dari sumber listrik eksternal dan dari torsi internal mesin mobil. Jenis kendaraan ini biasa disebut dengan kendaraan Hybrid. Model teknologi ini adalah jembatan transformasi dari penggunaan energi dari sumber energi tak-terbarukan (fosil) ke arah penggunaan energi dari sumber energi terbarukan (non-fosil seperti biomasa, sinar matahari, angin, gelombang laut dan panas bumi). Di masa yang akan datang, mobil LCGC akan sepenuhnya menggunakan energi listrik yang disimpan di dalam batere dan bersumber dari sumber energi terbarukan (renewable/non-fosil), tanpa menggunakan BBM. Perkembangan teknologi mobil listrik di dunia masih baru dan hampir semua negara berlomba mengembangkannya.

Dari segi efisiensi energi total yang dihitung mulai dari sumber energi sampai pemanfaatannya, mobil listrik mempunyai efisiensi dua kali lebih besar dari mobil konvensional. Bila dihitung efisiensi secara keseluruhan mulai dari energi keluar dari sumur

BAB I PENDAHULUAN

minyak sampai menjadi energi gerak roda, efisiensi mobil konvensional terbaru berkisar antara 12 - 17 %, sedangkan mobil LCGC saat ini sekitar 21 - 29 %.

Walaupun teknologi ini sudah dikenal sejak 1980, namun perkembangannya lambat disebabkan masalah unjuk kerja pada batere. Batere dirancang untuk menyimpan energi untuk dipergunakan hanya pada saat diperlukan. Oleh karena itu, fungsi batere pada produk-produk kendaraan hemat energi dan ramah lingkungan adalah esensial. Batere masih mempunyai kerapatan energi (Watt jam per Kg) yang jauh lebih rendah dari pada BBM. Selain itu, pengisian muatan listrik pada batere memerlukan waktu 5 - 6 jam hanya untuk menempuh jarak 100 Km. Pengisian BBM pada mobil konvensional hanya memerlukan waktu kurang dari 10 menit untuk menempuh jarak 500 Km.

Perkembangan teknologi batere berunjuk kerja tinggi mulai semarak tahun 2005 sejak populernya batere berbasis *lithium-ion* yang mempunyai kerapatan energi jauh lebih besar dibandingkan dengan batere berbasis Nikel-Kadmium, bahkan jauh lebih besar lagi bila dibandingkan dengan batere AKI (lead acid battery) yang biasa digunakan pada semua kendaraan konvensional. Batere berbasis *lithium-ion* ini merupakan kandidat utama penyimpan energi yang paling unggul di masa depan selain *fuel-cell*. Pemanfaatannya saat ini sudah mulai dapat dirasakan pada berbagai produk portable seperti HP, Laptop, komputer tablet, dan berbagai perangkat elektronika jinjing lainnya. Untuk itu, penelitian dan pengembangan batere berunjuk kerja tinggi seperti batere *lithium-ion* ini sangat diperlukan. Untuk itu, "teknologi kunci" (key technology) sebagai inti dari inovasi batere berunjuk kerja tinggi seperti *lithium-ion* harus dapat dikuasai terlebih dahulu agar perkembangan industri LCGC Indonesia tidak terhambat karena selalu ketergantungan dengan batere impor sejenis.

Alasan kegiatan dipandang perlu untuk dilaksanakan adalah:

1. Untuk mendukung program pemerintah dalam mengatasi masalah penghematan energi BBM dan kelestarian lingkungan hidup melalui kajian teknologi batere mobil listrik LCGC (Low Cost and Green Car).
2. Menumbuhkan industri komponen mobil listrik LCGC (Low Cost and Green Car) dalam negeri.
3. Meningkatkan rantai nilai bahan mineral yang ternyata banyak terdapat di Indonesia sebagai bahan baku utama batere mobil listrik.

Batasan Kegiatan

Kegiatan penelitian ini mempunyai ruang lingkup kajian produk batere *lithium-ion*, mekanisme pelepasan dan penyimpanan energi batere, elektrokimia batere, identifikasi material, teknologi-teknologi proses, bahan-bahan utama, sifat dan perilaku bahan utama. *Functional requirement* sebagai koridor yang membatasi kegiatan penelitian ini adalah untuk mendapatkan model batere LCGC dengan kerapatan energi (energy density) yang besar dan kecepatan pengisian muatan listrik yang tinggi.

Maksud dan Tujuan

a. Maksud Kegiatan

Membuat kajian teknologi batere untuk mobil listrik dalam mendukung kebijakan pemerintah mengenai LCGC (Low Cost and Green Car).

b. Tujuan Kegiatan

Dengan hasil kajian ini, B4T dapat memberikan solusi yaitu teknologi batere yang dapat diterapkan pada produk-produk kendaraan umum terutama LCGC (Low Cost and Green Car) di Indonesia.

Output (Keluaran)

Keluaran dari kegiatan ini adalah teknologi batere *lithium-ion* yang digunakan untuk menyimpan energi pada LCGC (Low Cost and Green Car). Inovasi ini adalah sebagai faktor pembeda (distinction) dan ujung tombak daya saing Indonesia. Selain itu, keluaran dari kegiatan ini adalah model desain batere *lithium-ion*, laporan-laporan teknis dan karya tulis ilmiah mengenai identifikasi material, teknologi-teknologi proses, bahan baku, prosedur sintesis, karakterisasi dan pemanfaatannya, prosedur pengujian, bahan-bahan kajian elektrokimia batere *lithium-ion* dan rekomendasi pengembangan industri berkaitan dengan teknologi batere ini.

Outcome (Hasil)

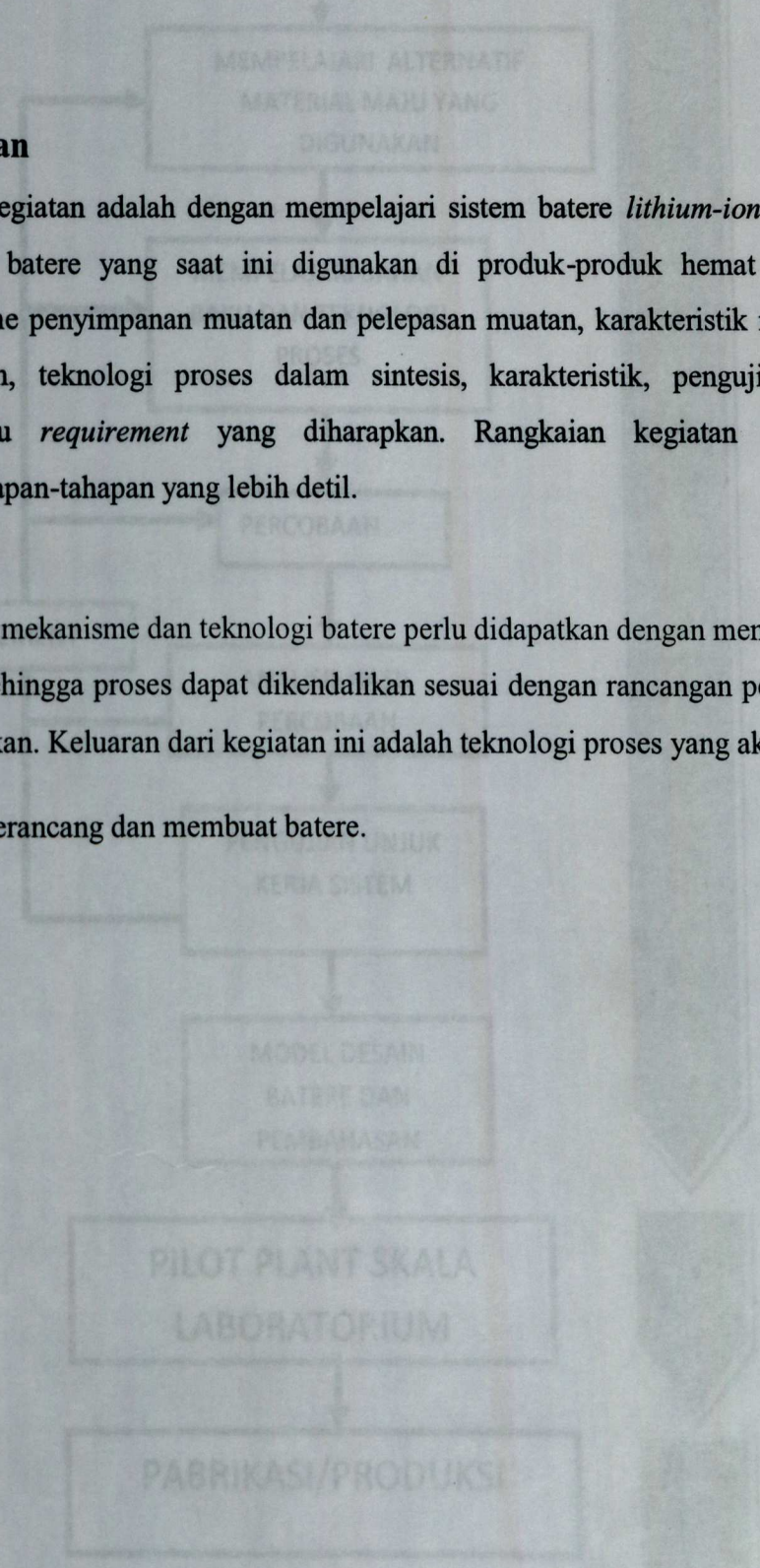
Hasil dari kegiatan ini adalah **teknologi** batere untuk produk-produk hemat energi dan ramah lingkungan seperti LCGC (Low Cost and Green Car). Cakupan teknologi ini termasuk ilmu fundamental elektrokimia batere, teknologi-teknologi proses, dan model desain batere. Hasil-hasil kegiatan melingkupi *hardware* yaitu output (keluaran) model batere, *software* yaitu

hasil kajian, penelitian dan rancangan desain, *brainware* yaitu meningkatnya pengetahuan dan keterampilan sumberdaya manusia peneliti dan perekayasa dan *organoware* yaitu berkembangnya kemampuan lembaga LITBANG B4T dalam memberikan solusi teknologi pada industri elektronika. Berkaitan dengan sifat penelitian dan pengembangan teknologi batere ini yang multidisipliner, hasil lanjutan yang diharapkan adalah adanya kolaborasi riset dan kerjasama pemanfaatan teknologi hasil kegiatan ini pada lembaga-lembaga riset nasional, internasional dan industri-industri batere di Indonesia.

Metode Pelaksanaan

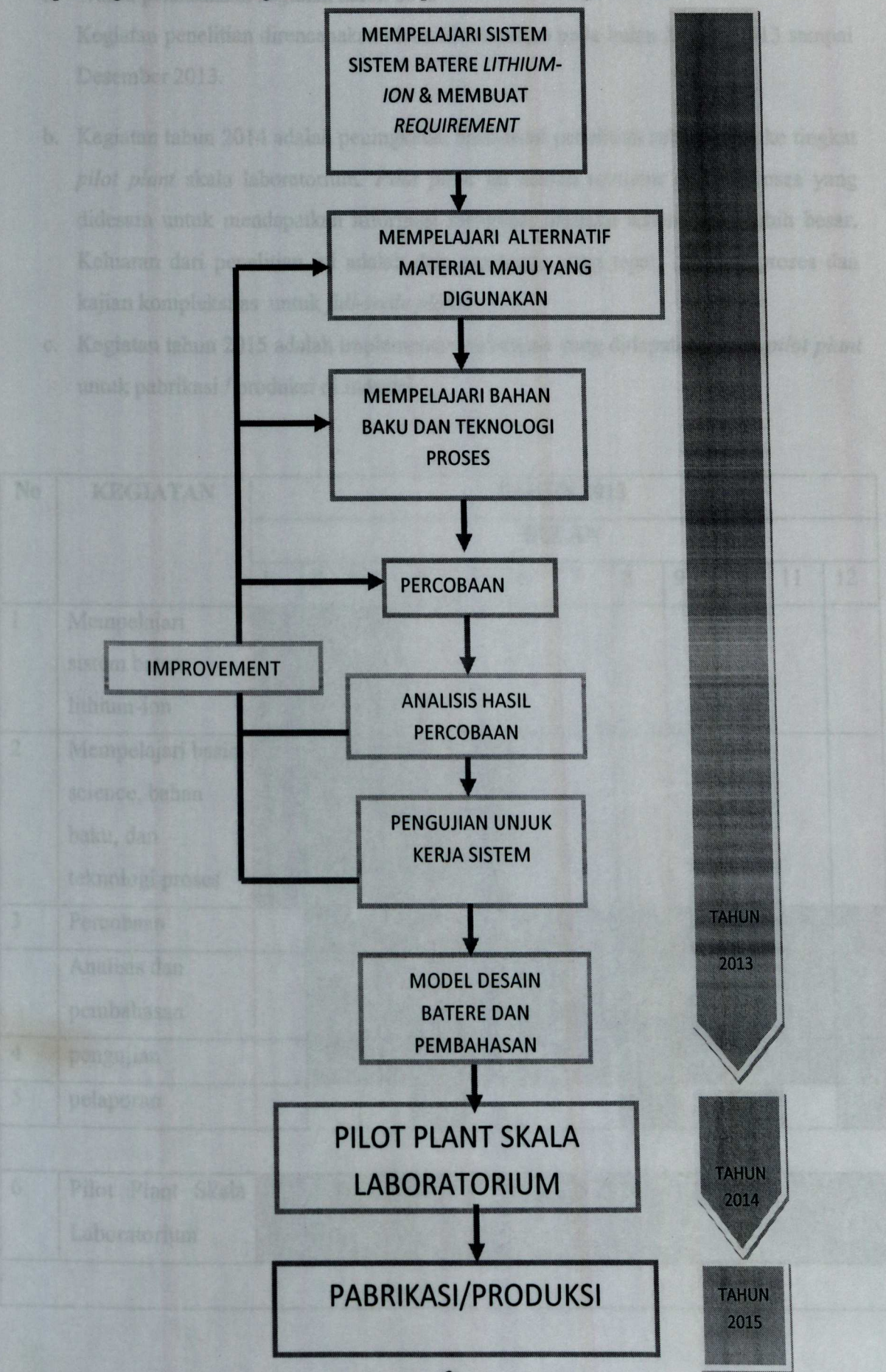
Metode pelaksanaan kegiatan adalah dengan mempelajari sistem batere *lithium-ion*. Untuk itu, dilakukan kajian batere yang saat ini digunakan di produk-produk hemat energi, mempelajari mekanisme penyimpanan muatan dan pelepasan muatan, karakteristik material maju yang digunakan, teknologi proses dalam sintesis, karakteristik, pengujian dan *benchmarking* menuju *requirement* yang diharapkan. Rangkaian kegiatan tersebut diorganisasi dalam tahapan-tahapan yang lebih detail.

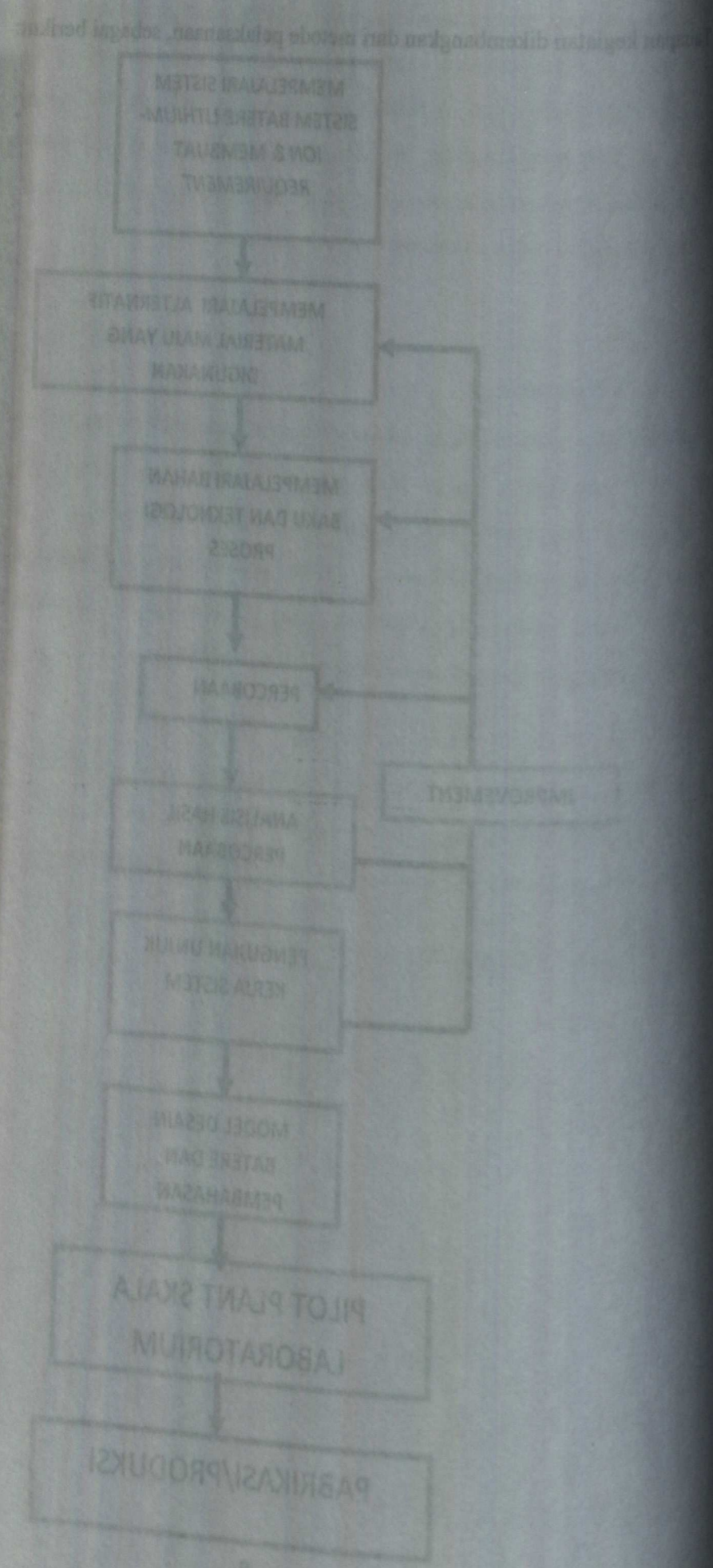
Pemahaman mengenai mekanisme dan teknologi batere perlu didapatkan dengan mempelajari perilaku spesifiknya sehingga proses dapat dikendalikan sesuai dengan rancangan percobaan dan hasil yang diinginkan. Keluaran dari kegiatan ini adalah teknologi proses yang akan dimanfaatkan untuk merancang dan membuat batere.



Jadwal Kegiatan

Tahapan kegiatan dikembangkan dari metode pelaksanaan, sebagai berikut:





Jadwal Kegiatan

- a. Waktu pelaksanaan kegiatan tahun 2013
Kegiatan penelitian direncanakan akan dilaksanakan pada bulan Januari 2013 sampai Desember 2013.
- b. Kegiatan tahun 2014 adalah peningkatan hasil-hasil penelitian sebelumnya ke tingkat *pilot plant* skala laboratorium. *Pilot plant* ini adalah miniatur sistem proses yang didesain untuk mendapatkan informasi mengenai perilaku sistem yang lebih besar. Keluaran dari penelitian ini adalah data parameter yang tepat, simulasi proses dan kajian kompleksitas untuk *full-scale plant*.
- c. Kegiatan tahun 2015 adalah implementasi informasi yang didapatkan pada *pilot plant* untuk pabrikasi / produksi di industri.

No	KEGIATAN	TAHUN 2013											
		BULAN											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Mempelajari sistem batere lithium-ion	█	█	█									
2	Mempelajari basic science, bahan baku, dan teknologi proses	█	█	█	█	█							
3	Percobaan		█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
	Analisis dan pembahasan		█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
4	pengujian		█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
5	pelaporan				█				█		█		█
6	Pilot Plant Skala Laboratorium	TAHUN 2014											

KEGIATAN KAJIAN

Kegiatan kajian teknologi ini terbagi menjadi dua kegiatan yang dipaparkan pada penjelasan berikut. Hasil-hasil pada setiap kegiatan menjadi dasar aktivitas berikutnya sehingga pada setiap tahapan menjadi semakin lebih yang paling penting dan strategis.

Studi Referensi

Berbagai studi referensi telah dilakukan untuk menentukan ruang lingkup mana saja yang dapat ditetapkan dan kemudian fokus mencari beberapa hal yang menjadi pokok kajian utama di antara berbagai pokok bahasan. Komponen utama pada baterai yang dibahas antara lain adalah bahan aktif katoda, bahan aktif anoda, elektrolit cair, elektrolit padat yaitu LTAP. Sebagai pelengkap, dibahas pula berbagai desain cell dan teknik untuk mengintegrasikan ke dalam sebuah baterai menjadi satu kesatuan cell yang dapat berfungsi dengan baik.

Beberapa referensi mengenai perkembangan baterai lithium di dunia dan bagaimana negara-negara maju mengembangkan teknologi ini dalam road map telah dibahas. Pembahasan mengenai road map mobil listrik nasional yang dibentuk oleh kelompok ad hoc oleh berbagai perguruan tinggi dibawah koordinasi Kementerian Pendidikan Dan Kebudayaan Republik Indonesia juga telah dibahas. Di antara pengembangan mobil listrik, dirumuskan pula road map untuk pengembangan baterai lithium ion. Namun pada kenyataannya, pengembangan baterai ini menemui berbagai kendala teknis dan sumber daya manusia.

Kajian Sistem Baterai

Baterai adalah suatu media penyimpan energi yang berfungsi mengubah energi elektrokimia menjadi energi listrik. Baterai dibagi menjadi dua tipe yaitu primer dan sekunder. Baterai primer adalah baterai yang hanya dapat mengubah energi elektrokimia menjadi energi listrik. Apabila seluruh energi sudah terpakai maka baterai tersebut tidak dapat digunakan lagi. Baterai sekunder adalah baterai yang mampu mengubah energi elektrokimia menjadi energi listrik dan sebaliknya dengan mekanisme charging untuk pengisian energi baterai dan discharging untuk penggunaan energi baterai.

Baterai disusun dari tiga komponen utama yaitu katoda, anoda, dan elektrolit. Konsep dari baterai sudah ditemukan oleh Alessandro Volta dengan konsep tabung HCl. Baterai primer yang

Waktu pelaksanaan kegiatan tahun 2015
Kegiatan penelitian dilaksanakan pada bulan Januari 2015 sampai Desember 2015.
Kegiatan tahun 2014 adalah penelitian hasil-hasil penelitian sebelumnya ke tingkat kelas laboratorium. Pihak lain ini adalah misi misi sistem proses yang dibarengi untuk mendapatkan informasi mengenai peralatan sistem yang lebih baik. Keistimewaan dari penelitian ini adalah data parameter yang tepat, akurat, proses dan kajian kontekstual untuk Ah-sole plant.
Kegiatan tahun 2015 adalah implementasi informasi yang dibutuhkan pada level plant untuk pabrikasi/ produksi di industri.

Table with columns: KEGIATAN, BULAN, and rows for various activities like 'Kajian Referensi', 'Kajian Sistem Baterai', 'Pabrikasi/Produksi', etc.

BAB II KEGIATAN KAJIAN

Kegiatan kajian teknologi ini terbagi menjadi enam kegiatan yang dipaparkan pada penjelasan berikut. Hasil-hasil pada setiap kegiatan menjadi dasar aktivitas berikutnya sehingga pada setiap tahapan menjadi semakin fokus pada perihal yang paling penting dan strategis.

Studi Referensi

Berbagai studi referensi telah dilakukan untuk menentukan ruang lingkup mana saja yang dapat ditetapkan dan kemudian fokus menuju beberapa hal yang menjadi pokok kajian utama di antara berbagai pokok bahasan. Komponen utama pada baterai yang dibahas antara lain adalah bahan aktif katoda, bahan aktif anoda, elektrolit cair, elektrolit padat yaitu LTAP. Sebagai pelengkap, dibahas pula berbagai desain cell dan teknik untuk merangkai dan mengintegrasikan bahan-bahan pada komponen baterai menjadi satu kesatuan cell yang dapat berfungsi dengan baik.

Beberapa referensi mengenai perkembangan baterai lithium di dunia dan bagaimana negara-negara maju mengembangkan teknologi ini dalam road map telah dibahas. Pembahasan mengenai road map mobil listrik nasional yang dibentuk oleh kelompok ad hoc oleh berbagai perguruan tinggi dibawah koordinasi Kementerian Pendidikan Dan Kebudayaan Republik Indonesia juga telah dibahas. Di antara pengembangan mobil listrik, dirumuskan pulan road map untuk pengembangan baterai lithium ion. Namun pada kenyataannya, pengembangan baterai ini menemui berbagai kendala fasilitas dan sumber daya manusia.

Kajian Sistem Baterai

Baterai adalah suatu media penyimpan energi yang berfungsi mengubah energi elektrokimia menjadi energi listrik. Baterai dibagi menjadi dua tipe yaitu primer dan sekunder. Baterai primer adalah baterai yang hanya mampu mengubah energi elektrokimia menjadi energi listrik. Apabila seluruh energi sudah terpakai maka baterai tersebut tidak dapat digunakan lagi. Baterai sekunder adalah baterai yang mampu mengubah energi elektrokimia menjadi energi listrik dan sebaliknya dengan mekanisme *charging* untuk pengisian energi baterai dan *discharging* untuk penggunaan energi baterai.

Baterai disusun dari tiga komponen utama yaitu katoda, anoda, dan elektrolit. Konsep dari baterai sudah ditemukan oleh Alessandro Volta semenjak tahun 1800. Baterai-baterai yang

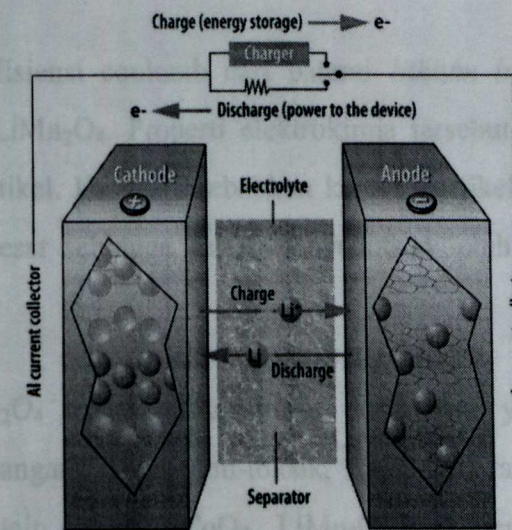
ada saat ini menggunakan konsep yang sama namun menggunakan material katoda, anoda, dan elektrolit yang berbeda untuk mendapatkan kapasitas dan daya listrik yang lebih besar.

Lithium ion adalah tipe baterai sekunder yang memiliki densitas energi dan *voltage* yang superior dibanding baterai lainnya seperti NiCd, NiMH, dan *lead acid*. Selain itu, berbeda dengan jenis baterai yang lain, efek memori pada baterai *lithium ion* sangat kecil untuk dapat diamati. Baterai *lithium ion* memiliki densitas energi yang besar dibandingkan dengan jenis baterai lain karena menggunakan unsur lithium yang memiliki nomor atom rendah dan sangat reaktif.

Besar tegangan dan densitas energi beberapa baterai sekunder

Jenis Baterai	Voltage	Wh/kg
Lead Acid	2	30
NiMH	1.2	60-80
NiCD	1.2	40-60
Lithium-ion	3.6	>100

Baterai *lithium ion* saat ini umum digunakan sebagai sumber listrik perangkat-perangkat elektronik canggih seperti laptop, kamera digital, dan *handphone*.

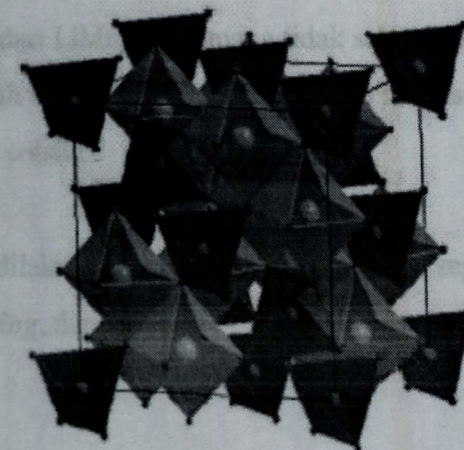


Komposisi dan cara kerja baterai *lithium ion*

Sesuai dengan namanya, baterai ini menggunakan ion lithium yang bergerak dari katoda menuju anoda pada saat *charging* dan dari anoda menuju katoda saat *discharging*. Pergerakan ion lithium ini disertai dengan pergerakan elektron (arus listrik). Ion lithium bergerak melalui elektrolit menuju suatu elektroda sedangkan elektron bergerak melalui konduktor yang tersambung antar kedua elektroda

Kajian Material

Lithium manganat (LiMn_2O_4 spinel) memiliki *unit cell* dengan struktur kubus dengan tipe *face-centered cubic* (FCC) di mana pada kubus tersebut terdapat *octahedral* dan *tetrahedral sites* yang diisi oleh mangan dan lithium. LiMn_2O_4 spinel memiliki bentuk struktur tiga dimensi yang memungkinkan perpindahan lithium menjadi lebih baik.



Struktur kristal LiMn_2O_4 spinel

Kapasitas energi dan efisiensi coulomb dari baterai *lithium ion* bergantung dari ukuran partikel serbuk katoda LiMn_2O_4 . Properti elektrokimia tersebut meningkat seiring dengan mengecilnya ukuran partikel. Hal ini disebabkan karena partikel yang lebih kecil memiliki luas permukaan lebih besar sehingga dapat menyediakan lebih banyak ion lithium untuk berdifusi.

Keunggulan dari LiMn_2O_4 spinel adalah biaya pembuatan yang relatif rendah karena menggunakan logam mangan, aman, non-toksik, dan lebih ramah lingkungan dibanding dengan material katoda lain seperti LiCoO_2 . LiMn_2O_4 juga memiliki stabilitas termal yang baik sehingga potensial untuk digunakan sebagai baterai dengan daya listrik tinggi. Selain itu, cadangan mangan *ore* di Indonesia cukup banyak sehingga LiMn_2O_4 spinel berpotensi untuk diproduksi di dalam negeri dengan biaya yang relatif rendah.

Perbandingan LiCoO₂ dengan LiMn₂O₄

Material	LiCoO ₂	LiMn ₂ O ₄
Struktur	Heksagonal	Kubus(Spinel)
Kapasitas teoritikal(mAh/g)	274	148
Kapasitas praktikal(mAh/g)	120-130	100-120
Konduktivitas(S/cm)	10 ⁻²	10 ⁻⁶
Biaya metal(US\$/kg)	50	2

Kapasitas penyimpanan energi dari LiMn₂O₄ memang tidak sebesar LiCoO₂, tetapi biaya pembuatan LiMn₂O₄ lebih murah karena menggunakan logam transisi mangan yang harganya jauh lebih murah dibandingkan kobalt.

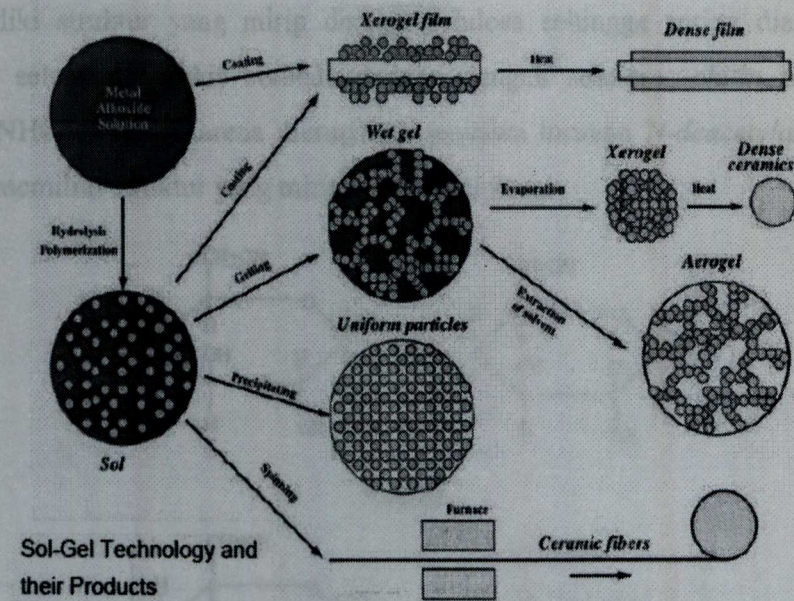
Sintesis LiMn₂O₄ spinel dapat dilakukan dengan berbagai metode seperti *solid-state reaction*, sol-gel, hidrotermal, *freeze-drying*, dan lain-lain

Kajian Teknologi Proses

Sol-gel adalah teknik preparasi *powder* material keramik yang tergolong mutakhir dan berbasiskan pada sistem koloid. Sol-gel merupakan teknik preparasi material dengan konsep *bottom-up* yaitu membangun material dimulai dari skala yang kecil seperti atom atau molekul sampai terbentuk suatu partikel.

Kelebihan dari sol-gel adalah proses preparasi serbuk keramik yang membutuhkan suhu relatif lebih rendah serta mampu mendapatkan ukuran partikel berukuran nano secara homogen. Selain itu, metode sol-gel dapat dilakukan secara mudah dan sederhana karena tidak membutuhkan peralatan-peralatan yang canggih.

Material	Struktur	Kapasitas
188	teoritis (mAh/g)	274
190-191	praktis (mAh/g)	130-135
192	Konduktivitas (S/cm)	10 ⁻³
5	Biaya (USD/kg)	20



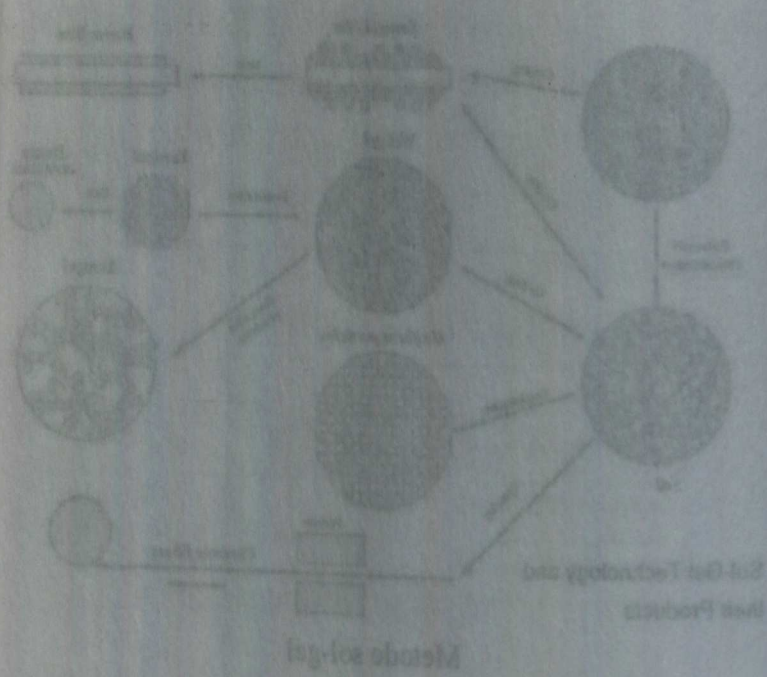
Metode sol-gel

Metode sol-gel dimulai dari persiapan sol, yaitu sistem koloid di mana terdapat unsur dengan fase padat yang terdispersi di dalam medium pendispersi dalam fasa cair. Unsur-unsur di dalam sol akan saling berinteraksi dan saling membentuk jaring ikatan. Jaring-jaring ikatan tersebut akan terus tumbuh sehingga pada kondisi tertentu di mana medium pendispersi dari sol dikurangi akan terbentuk padatan (gel). Gel yang terbentuk selanjutnya diberikan suatu perlakuan secara termal untuk mendapatkan serbuk keramik.

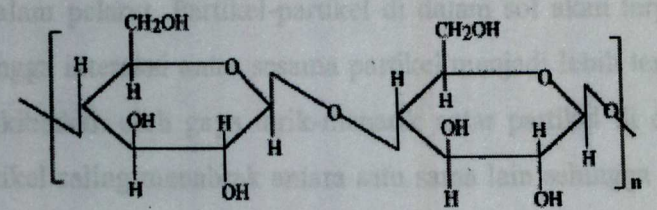
Reaksi yang terjadi pada metode sol-gel meliputi hidrolisis dan kondensasi. Pada hidrolisis, prekursor bereaksi dengan pelarut membentuk suatu logam hidroksida. Senyawa-senyawa logam hidroksida tersebut selanjutnya saling berikatan melalui reaksi kondensasi yang menyebabkan terbentuknya rantai-rantai polimer organik-anorganik yang saling terhubung antara satu dengan yang lain di dalam larutan hingga terbentuk suatu gel.

Dispersing agent adalah suatu zat yang ditambahkan ke dalam koloid untuk mengurangi agregasi pada partikel-partikel penyusun koloid. Pada metode sol-gel, penambahan *dispersing agent* dapat membuat koloid tersuspensi dengan baik sehingga bisa mengurangi penggumpalan pada partikel dan mencegah sedimentasi. Dengan *dispersing agent*, ukuran partikel dari hasil sintesis material dengan konsep *bottom-up* dapat dikendalikan.

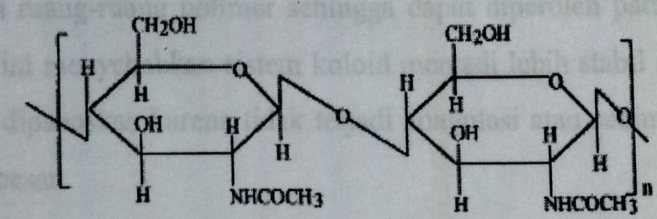
Kitosan merupakan suatu senyawa derivatif dari *chitin*, yaitu polimer alam yang terdapat pada kulit luar dari hewan krustasea dan insekta sehingga keberadaannya sangat melimpah.



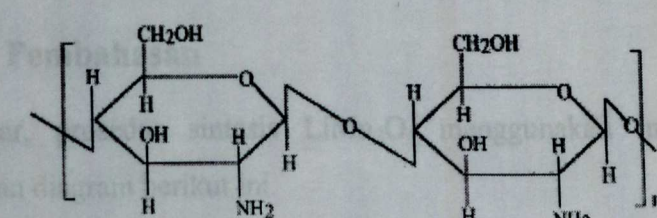
Chitin memiliki struktur yang mirip dengan selulosa sehingga sering dianggap sebagai turunan dari selulosa. Sedikit berbeda dengan dengan selulosa, *chitin* memiliki rantai *acetamide* (-NHCOCH₃). Karena merupakan senyawa turunan *N-deacetylated* dari *chitin*, kitosan juga memiliki struktur yang mirip dengan selulosa.



Cellulose



Chitin



Chitosan

Struktur kimia *cellulose*, *chitin*, dan kitosan

Kitosan diperoleh dari *chitin*, yang pada umumnya berasal dari limbah kulit udang, yang diproses dengan cara memisahkan protein, mineral, dan gugus *acetamide*.

Kitosan memiliki berbagai properti yang menarik seperti *biodegradable*, *bio-compatibility*, dan tidak beracun sehingga banyak digunakan sebagai polimer biomaterial untuk keperluan biomedik.

Selain digunakan untuk keperluan biomedik, kitosan juga dapat digunakan untuk pengental (emulsifier), pengolahan air limbah, stabilisator nanopartikel, dan enkapsulasi nanopartikel. Pada metode sol-gel, larutan kitosan dapat berfungsi sebagai *dispersing agent*. Selain itu,

kitosan juga dapat berfungsi sebagai *chelating agent*, yaitu zat yang mampu mengikat ion-ion logam .

Kitosan berfungsi sebagai *dispersing agent* dengan membentuk suatu susunan matriks-matriks ruang di dalam pelarut. Partikel-partikel di dalam sol akan terperangkap di dalam ruang tersebut sehingga interaksi antar sesama partikel menjadi lebih terbatas. Pertumbuhan ukuran partikel diakibatkan oleh gaya tarik-menarik antar partikel di dalam sistem koloid yang membuat partikel saling menabrak antara satu sama lain sehingga terjadi penumpukan partikel yang membuat ukuran menjadi besar. Dengan adanya kitosan, gerak partikel menjadi terbatas oleh suatu ruang-ruang polimer sehingga dapat diperoleh partikel berukuran kecil dan homogen. Hal ini menyebabkan sistem koloid menjadi lebih stabil saat diberi perlakuan seperti diaduk dan dipanaskan karena tidak terjadi koagulasi atau sedimentasi akibat ukuran partikel yang membesar

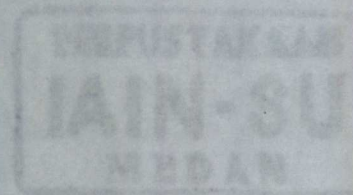
Percobaan dan Pembahasan

Secara garis besar, prosedur sintesis LiMn_2O_4 menggunakan metode sol-gel dapat digambarkan dengan diagram berikut ini.

Diagram alir sintesis LiMn_2O_4 dengan metode sol-gel

Berikut ini adalah langkah-langkah sintesis LiMn_2O_4 dengan metode sol-gel.

1. Membuat larutan kitosan 2% dengan cara melarutkan 2 gram kitosan ke dalam 100 ml pelarut. Komposisi volume dari pelarut adalah 98 ml aquades dan 2 ml larutan CH_3COOH .



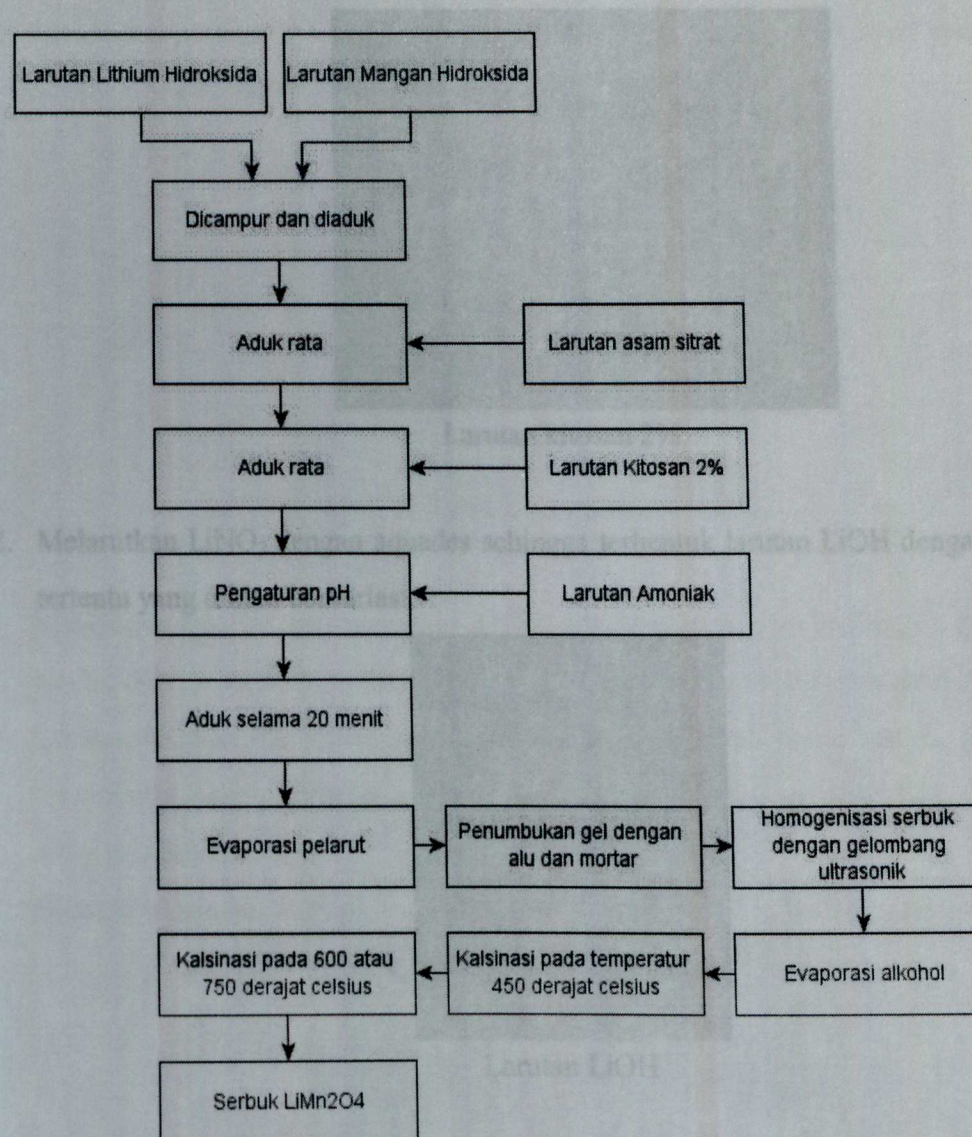


Diagram alir sintesis LiMn_2O_4 dengan metode sol-gel

Berikut ini adalah langkah-langkah sintesis LiMn_2O_4 dengan metode sol-gel.

1. Membuat larutan kitosan 2% dengan cara melarutkan 2 gram kitosan ke dalam 100 ml pelarut. Komposisi volume dari pelarut adalah 98 ml aquades dan 2 ml larutan CH_3COOH .

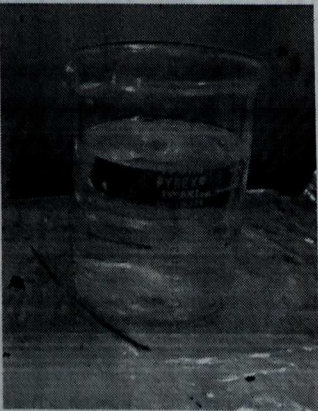


33/4p/kemenperin 108/20



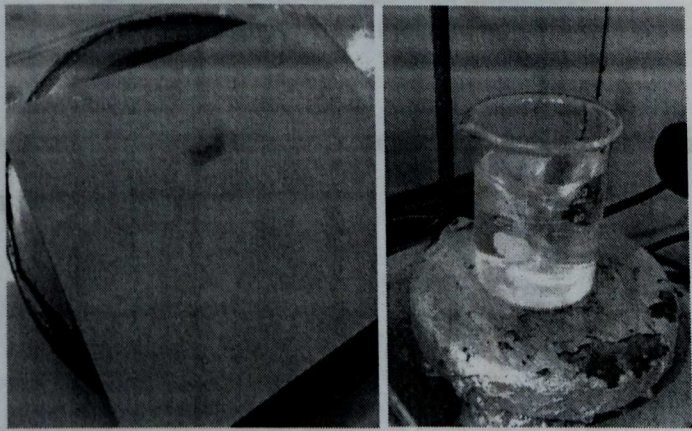
Larutan kitosan 2%

2. Melarutkan LiNO_3 dengan aquades sehingga terbentuk larutan LiOH dengan konsentrasi tertentu yang dibuat bervariasi.



Larutan LiOH

3. Melarutkan $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ dengan aquades sehingga terbentuk larutan $\text{Mn}(\text{OH})_2$. Perbandingan konsentrasi larutan LiOH dengan larutan $\text{Mn}(\text{OH})_2$ adalah 1 : 2.



(a)

(b)

(a) Serbuk $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (b) Larutan $\text{Mn}(\text{OH})_2$

- Melarutkan asam sitrat dengan 20 ml aquades. Jumlah mol asam sitrat yang dilarutkan adalah 1:1 terhadap mol ion logam.



Larutan asam sitrat

- Mencampurkan larutan prekursor LiOH dan $\text{Mn}(\text{OH})_2$ tersebut secara perlahan-lahan sambil diaduk. Setelah itu ditambahkan larutan asam sitrat secara perlahan-lahan.
- Larutan kitosan 2% ditambahkan kedalam larutan setetes demi setetes sambil diaduk. Banyaknya larutan kitosan yang ditambahkan adalah sebesar 0%, 10%, dan 20% dari volume larutan.
- Menambahkan amoniak secara perlahan-lahan hingga pH larutan sama dengan empat.



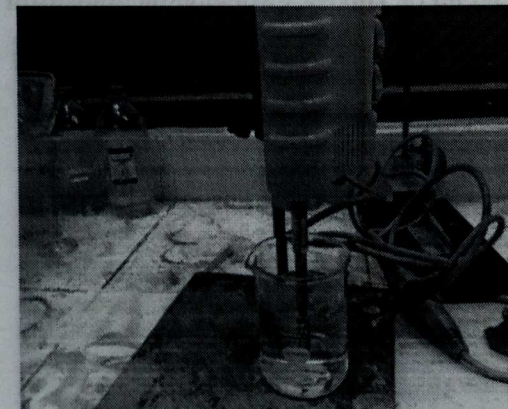
Larutan setelah pH diatur menjadi 4

- Larutan diaduk dengan ultraturax dengan kecepatan putar sebesar antara 8.000 sampai dengan 10.000 rpm selama 10 menit.



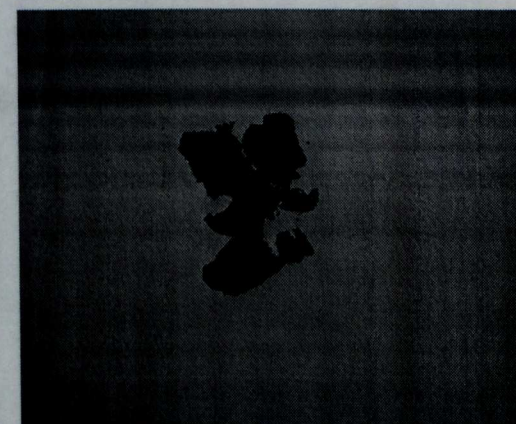
Pengadukan dengan ultraturax

9. Setelah itu larutan dihomogenisasi dengan *ultrasonic homogenizer* masing-masing selama 10 menit.



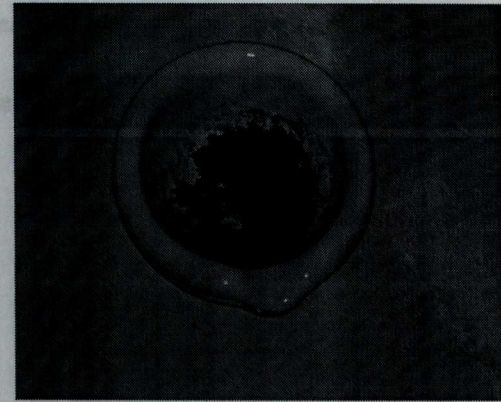
Homogenisasi larutan dengan gelombang ultrasonik

10. Evaporasi pelarut secara termal. Larutan dipanaskan dengan *magnetic stirrer* atau dengan oven pada temperatur antara 100-150 derajat celsius hingga terbentuk suatu padatan kering (gel).



Gel yang terbentuk dari evaporasi pelarut

11. Gel yang terbentuk dimortar sehingga didapatkan serbuk yang halus.



Gel yang sudah dihaluskan

12. Serbuk yang halus dimasukkan ke dalam gelas kimia dan dituangkan alkohol secukupnya hingga seluruh serbuk terendam. Setelah itu larutan alkohol yang berisi serbuk tersebut dihomogenisasi dengan *ultrasonic homogenizer* selama 30 menit.

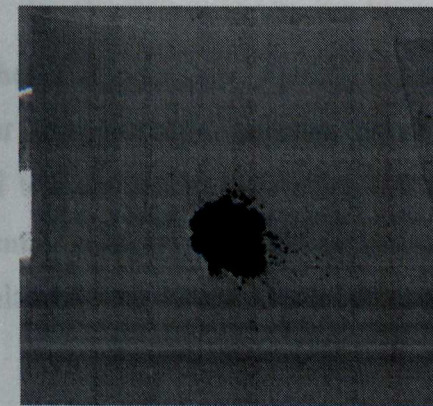


Homogenisasi serbuk dengan gelombang ultrasonik

13. Evaporasi alkohol pada temperatur 80-100 derajat menggunakan oven hingga didapatkan serbuk yang kering.
14. Serbuk yang kering dihaluskan kembali dengan mortar.
15. Kalsinasi serbuk pada temperatur 450 derajat celsius selama 3 jam dan dilanjutkan dengan temperatur yang bervariasi. Variasi temperatur yang dilakukan adalah 600 derajat dan 750 derajat celsius.



16. Serbuk LiMn_2O_4 yang terbentuk dikarakterisasi dengan alat XRD dan SEM.



Serbuk LiMn_2O_4

Parameter sintesis yang diteliti pada tugas akhir ini adalah temperatur kalsinasi, homogenisasi serbuk LiMn_2O_4 dengan gelombang ultrasonik, konsentrasi larutan prekursor, dan jumlah larutan kitosan 2% yang ditambahkan.

Seluruhnya ada sembilan buah sampel yang dibuat berdasarkan parameter-parameter sintesis yang telah ditentukan. Berikut ini adalah tabel yang berisi penamaan sampel dengan variasi parameter sintesis yang dilakukan :

Penamaan sampel

Nama Sampel	Temperatur kalsinasi (°C)	Jumlah larutan kitosan 2% ditambahkan (% volume)	Konsentrasi larutan LiOH	Homogenisasi
1	600	10%	0.5M	Tidak
2a	750	10%	0.5M	Tidak
2b	750	10%	0.5M	Ya
3	600	0%	0.25M	Ya
4	600	10%	0.25M	Ya
5	600	20%	0.25M	Ya
6	600	0%	0.056M	Ya

7	600	10%	0.056M	Ya
8	600	20%	0.056M	Ya

Sampel percobaan yang memiliki parameter sintesis sama dibagi menjadi dua untuk dikalsinasi pada temperatur yang berbeda. Sebelum dikalsinasi pada temperatur yang berbeda, sampel dikalsinasi terlebih dahulu pada suhu 450 derajat celsius dengan waktu penahanan selama 3 jam untuk selanjutnya dinaikkan temperaturnya sesuai dengan yang ingin dicoba. Temperatur kalsinasi yang dicoba adalah 600 derajat celsius(sampel 1) dan 750 derajat celsius(sampel 2a).

Setelah itu dilakukan karakterisasi menggunakan XRD dan SEM pada kedua sampel tersebut untuk dilihat pengaruhnya.

Setelah melewati proses pengurangan pelarut, didapatkan serbuk atau padatan kering (gel) yang siap dikalsinasi. Gel tersebut dibagi dua, salah satunya dihomogenisasi dengan gelombang ultrasonik di media alkohol 95% sebelum dikalsinasi pada temperatur yang sama yakni 750 derajat celsius. Sampel yang tidak dihomogenisasi oleh gelombang ultrasonik diberi nama sampel 2a dan yang dihomogenisasi oleh gelombang ultrasonik diberi nama sampel 2b.

Proses homogenisasi dilakukan dengan cara memberikan gelombang ultrasonik dengan daya 50 watt dan *duty cycle* yang berkisar antara 50-80% menggunakan alat *ultrasonic homogenizer* pada serbuk kering yang direndam pada larutan alkohol 95%. Lama waktu proses homogenisasi adalah 30 menit dengan perincian 2x15 menit waktu proses dan jeda waktu antar proses selama 15 menit. Jeda waktu antar proses diperlukan supaya alat *ultrasonic homogenizer* tidak cepat rusak dan gelas sampel tidak panas.

Setelah itu kedua sampel dikarakterisasi dengan alat SEM untuk dilihat pengaruh homogenisasi terhadap bentuk mikroskopik dari partikel.

Pembuatan sol pada sintesis LiMn_2O_4 ini dilakukan dengan cara mencampurkan larutan prekursor LiOH dan $\text{Mn}(\text{OH})_2$ dengan perbandingan molar sebesar 1:2. Variasi konsentrasi

Ya	0,056M	10%	000
Ya	0,25M	20%	000

larutan prekursor LiOH akan mengubah konsentrasi larutan prekursor Mn(OH)₂ untuk menjaga perbandingan molar.

Untuk penyederhanaan di dalam penulisan tugas akhir ini, konsentrasi larutan prekursor yang dibandingkan dinyatakan dalam besaran konsentrasi larutan LiOH. Konsentrasi larutan prekursor LiOH yang dicoba adalah 0,5M (sampel 1), 0,25M (sampel 4), dan 0,056M (sampel 7).

Konsentrasi larutan prekursor LiOH dan Mn(OH)₂ yang dicoba

Kode sampel	Konsentrasi larutan LiOH	Konsentrasi larutan Mn(OH) ₂
1	0,5M	1M
4	0,25M	0,5M
7	0,056M	0,112M

Ketiga sampel ini kemudian dikarakterisasi dengan XRD dan SEM untuk melihat pengaruhnya terhadap fasa kristal LiMn₂O₄ yang terbentuk dan struktur mikroskopik dari partikel.

Setelah larutan prekursor dicampur dan ditambahkan larutan asam sitrat, larutan kitosan 2% ditambahkan setetes demi setetes sambil diaduk dengan kecepatan tinggi. Jumlah larutan kitosan 2% yang ditambahkan dihitung berdasarkan persentase volume larutan campuran prekursor setelah ditambah larutan asam sitrat. Persentase larutan kitosan 2% yang divariasikan pada penelitian ini adalah sebanyak 0%, 10%, dan 20% dari volume larutan.

Variasi persentase larutan kitosan 2% yang ditambahkan dibuat pada dua konsentrasi larutan prekursor yang berbeda. Pada konsentrasi larutan LiOH sebesar 0,25M, yang dibandingkan adalah sampel 3, sampel 4, dan sampel 5. Pada konsentrasi larutan LiOH sebesar 0,056M, yang dibandingkan adalah sampel 6, sampel 7, dan sampel 8.

Keenam sampel ini kemudian dikarakterisasi menggunakan XRD dan SEM.

Serbuk LiMn_2O_4 yang terbentuk selanjutnya diambil sebagian kecil untuk dilakukan karakterisasi menggunakan XRD dan SEM. Sampel yang dikarakterisasi menggunakan XRD berjumlah delapan sampel sedangkan yang menggunakan SEM berjumlah sembilan sampel. Seluruh sampel hasil percobaan dikarakterisasi dengan XRD dan SEM kecuali pada sampel percobaan pengaruh proses homogenisasi serbuk dengan gelombang ultrasonik yang hanya menggunakan karakterisasi SEM.

Karakterisasi *X-Ray Diffractometry* dilakukan di laboratorium pengujian dan karakterisasi metalurgi program studi teknik pertambangan ITB. Instrumen XRD yang digunakan adalah *Phillips Analytical X-Ray PW1835* dengan anoda Cu. Panjang gelombang sinar-X yang digunakan adalah sebesar 1,5406 Angstrom. Hasil karakterisasi XRD yang berupa data posisi dan intensitas dari *peak* disimpan dalam *file* komputer dengan format .udf.

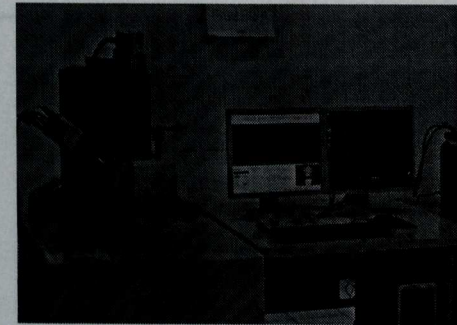


Alat *X-Ray Diffractometry* di laboratorium pengujian dan karakterisasi metalurgi program studi teknik pertambangan ITB

File dengan format .udf tersebut selanjutnya diolah dengan bantuan perangkat lunak X Powder versi 2004.04.70. Dengan bantuan perangkat lunak tersebut, *peak profile* yang diperoleh dari uji XRD dapat dibandingkan dengan *database* dari *Joint Committee on Powder Diffraction Standards*(JCPDS). Selain itu, *peak profile* dapat diolah lebih lanjut dengan X Powder untuk menentukan ukuran kristalit dan persentase fasa kristal yang ada pada sampel.

Karakterisasi *Scanning Elektron Microscopy* dilakukan di Pusat Pengembangan dan Penelitian Geologi Kelautan (PPPGL) Bandung dan di gedung Basic Science A FMIPA ITB. Instrumen SEM yang digunakan di PPPGL adalah JEOL JSM-6360LA *Analytical SEM* sedangkan yang digunakan di FMIPA ITB adalah JEOL-JSM-6510LV *low vacuum SEM*.

Hasil uji SEM berupa gambar dengan suatu keterangan perbesaran tertentu dan garis ukur yang menyatakan acuan panjang tertentu. Gambar tersebut disimpan dalam *file* komputer dengan format .bmp.



Alat *Scanning Electron Microscopy* di FMIPA ITB

Gambar hasil uji SEM digunakan untuk membandingkan struktur mikroskopik partikel dari setiap sampel hasil sintesis. Ukuran dari partikel bisa ditaksir dari gambar dengan cara membandingkannya dengan garis ukur acuan yang terdapat pada gambar hasil SEM

Analisis hasil karakterisasi *X-Ray Diffractometry* dilakukan dengan cara membandingkan *peak profile* dari sampel dengan standar *peak profile* kristal LiMn_2O_4 spinel dari JCPDS (No. 35-0782). Fase kristal yang terbentuk dari sampel belum tentu tunggal. Fase kristal lain yang umumnya terbentuk pada hasil sintesis LiMn_2O_4 adalah Mn_2O_3 . Fase kristal ini biasa dianggap sebagai *impurity*.

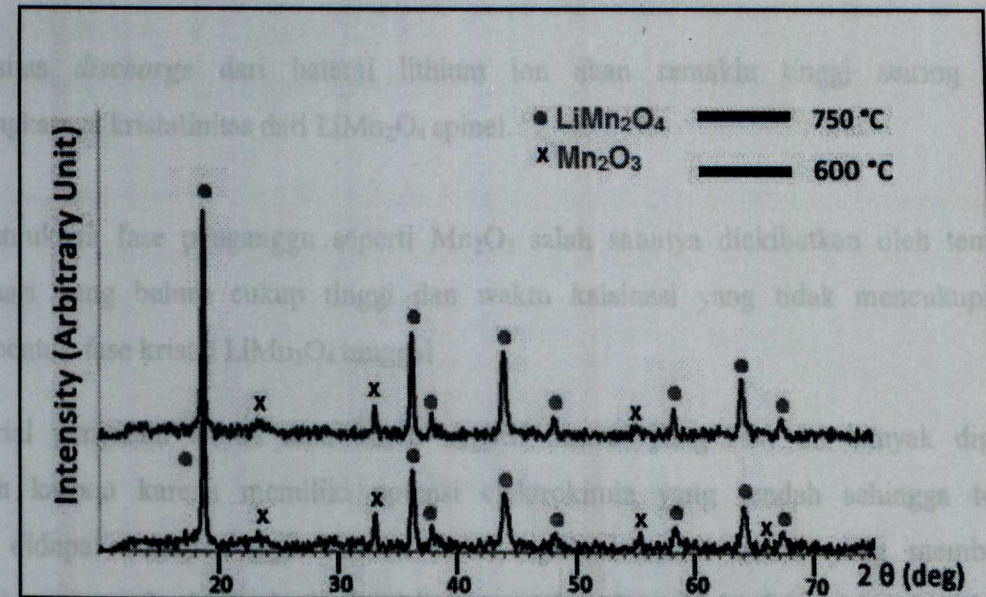
Analisis hasil karakterisasi *Scanning Electron Microscopy* dilakukan dengan mengamati mikrograf dari sampel pada berbagai perbesaran gambar. Mikrograf dari setiap sampel akan dibandingkan untuk melihat pengaruh dari variasi parameter yang dilakukan.

Untuk melihat pengaruh temperatur kalsinasi, dilakukan dua variasi temperatur kalsinasi. Yang pertama dengan temperatur kalsinasi sebesar 600 derajat celsius dan yang kedua dengan temperatur 750 derajat celsius.

Serbuk disintesis dengan parameter konsentrasi larutan prekursor LiOH sebesar 0,5M, konsentrasi larutan prekursor $\text{Mn}(\text{OH})_2$ sebesar 1M, dan penambahan larutan kitosan 2% sebanyak 10% volume larutan. Padatan kering (gel) yang terbentuk dibagi dua lalu

dikalsinasi terlebih dahulu pada suhu 450 derajat celsius dengan waktu penahanan selama 3 jam selanjutnya dinaikkan sesuai dengan temperatur kalsinasi yang divariasikan.

Berikut ini adalah pola difraksi yang terbentuk dari kedua sampel

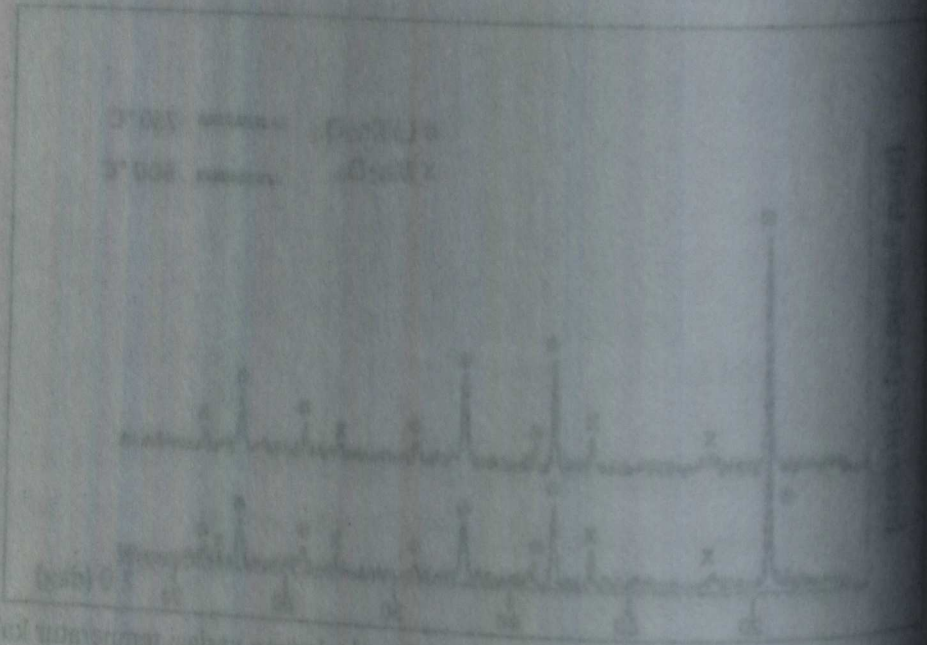


Perbandingan hasil XRD dari dua sampel yang disintesis dengan variasi temperatur kalsinasi 600 derajat dan 750 derajat celsius

Struktur kristal LiMn_2O_4 spinel berhasil didapatkan pada temperatur 600 derajat dan 750 derajat celsius. Hal ini terbukti dari munculnya *peak* yang sesuai dengan standar *peak profile* LiMn_2O_4 dari *database* JCPDS, walaupun masih ada *peak* yang muncul dari fasa kristal lain (Mn_2O_3). Pada temperatur kalsinasi yang lebih tinggi, *peak* Mn_2O_3 yang muncul lebih sedikit.

Hasil analisis kuantitatif dari data XRD

Kode sampel	Temperatur kalsinasi	LiMn_2O_4 (wt%)	Mn_2O_3 (wt%)	Ukuran kristalit (nm)
1	600 derajat celsius	75,6	24,4	41
2a	750 derajat celsius	83,5	16,5	42



Temporatur kalsinasi (°C)	LiMn ₂ O ₄ (wt%)	Mn ₂ O ₃ (wt%)	Ukuran kristal (nm)
600	73,8	26,2	41
750	81,3	18,7	42

Persentase kristal LiMn₂O₄ spinel tertinggi diperoleh dari sampel 2a yaitu sebesar 83,5% dengan ukuran kristalit sebesar 42 nm. Persentase tersebut menunjukkan kristalinitas dari LiMn₂O₄. Semakin tinggi temperatur kalsinasi maka kristalinitas dari LiMn₂O₄ akan meningkat.

Kapasitas *discharge* dari baterai lithium ion akan semakin tinggi seiring dengan meningkatnya kristalinitas dari LiMn₂O₄ spinel.

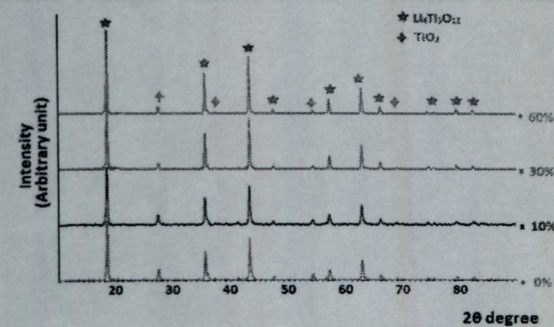
Terbentuknya fase pengganggu seperti Mn₂O₃ salah satunya diakibatkan oleh temperatur kalsinasi yang belum cukup tinggi dan waktu kalsinasi yang tidak mencukupi untuk membentuk fase kristal LiMn₂O₄ tunggal

Material penyusun anoda atau kutub negatif baterai yang saat ini banyak digunakan adalah karbon karena memiliki potensi elektrokimia yang rendah sehingga tegangan yang didapat cukup tinggi. Namun untuk aplikasi mobil listrik yang membutuhkan arus besar, anoda berbasis karbon kurang stabil dan tidak dapat menghasilkan arus yang besar. Li₄Ti₅O₁₂ yang memiliki struktur spinel adalah salah satu anoda alternatif pengganti karbon. Li₄Ti₅O₁₂ memiliki kestabilan yang tinggi karena struktur kristalnya yang cenderung tidak berubah saat mengalami interkalasi dan deinterkalasi, selain itu arus yang dapat dihasilkan dengan anoda berbahan Li₄Ti₅O₁₂ lebih besar dibandingkan karbon. Walaupun demikian, ada masalah-masalah lain seperti potensi elektrokimia Li₄Ti₅O₁₂ lebih tinggi dan juga kapasitasnya yang lebih rendah dibandingkan anoda berbasis karbon. Oleh karena itu, diperlukan penelitian lebih lanjut untuk memodifikasi Li₄Ti₅O₁₂ sehingga memiliki densitas energi lebih tinggi dari sebelumnya.

Metode *Ball Milling* adalah metode sintesis Li₄Ti₅O₁₂ yang sering digunakan namun metode tersebut membutuhkan energi yang besar dan juga waktu yang cukup lama. Metode Sol-gel adalah metode terbaru yang sederhana, hemat energi dan juga tidak memakan waktu lama dapat menjadi alternatif dalam sintesis material Li₄Ti₅O₁₂. Pertumbuhan partikel pada metode sol-gel dapat dikendalikan dengan menggunakan *dispersing agent*. Kitosan merupakan biopolimer yang jumlahnya sangat banyak di Indonesia dan dapat berperan sebagai *dispersing agent* dalam metode sol-gel. Hasil yang diharapkan dari sintesis ini adalah kitosan dapat berperan baik dalam mengendalikan pertumbuhan partikel Li₄Ti₅O₁₂ sehingga didapatkan partikel Li₄Ti₅O₁₂ berukuran nanometer.

Adapun prosedur percobaan untuk sintesis bahan anoda adalah sebagai berikut:

1. Membuat larutan kitosan 2% massa/volume.
2. Melarutkan LiNO_3 larutan LiOH berwarna bening.
3. Melarutkan TiCl_4 larutan $\text{Ti}(\text{OH})_4$.
4. Mencampurkan larutan LiOH dan larutan $\text{Ti}(\text{OH})_4$ tersebut secara perlahan-lahan sambil diaduk.
5. Larutan kitosan 2% ditambahkan kedalam larutan setetes demi setetes sambil diaduk. Banyaknya larutan kitosan yang ditambahkan adalah sebesar 0%, 10%, 30%, dan 60% dari volume larutan.
6. Evaporasi pelarut secara termal pada suhu 90°C - 100°C .
7. Gel yang terbentuk dimortar agar menjadi serbuk yang halus.
8. Kalsinasi serbuk divariasikan pada suhu 750°C .
9. Serbuk $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ yang terbentuk dikarakterisasi dengan alat XRD dan SEM.



Hasil XRD berdasarkan jumlah kitosan dengan suhu kalsinasi 750°C .

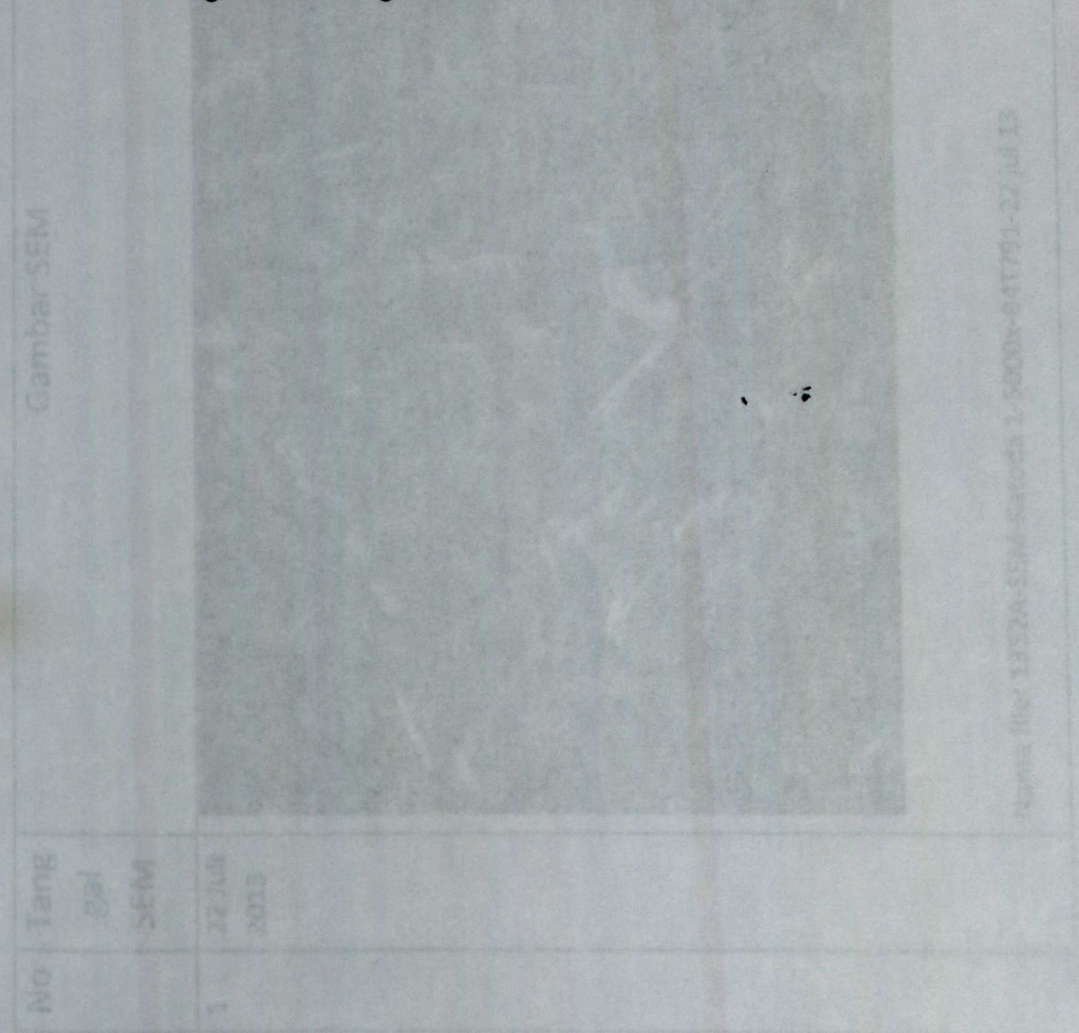
Komposisi serbuk berdasarkan jumlah kitosan dengan suhu kalsinasi 750°C .

Sampel	Jumlah Kitosan	Suhu Kalsinasi	$\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ (% berat)	TiO_2 (% berat)
d	60%	750°C	97,4%	2,6%
c	30%	750°C	97,5%	2,5%
b	10%	750°C	95%	5%
a	0%	750°C	94,8%	5,2%

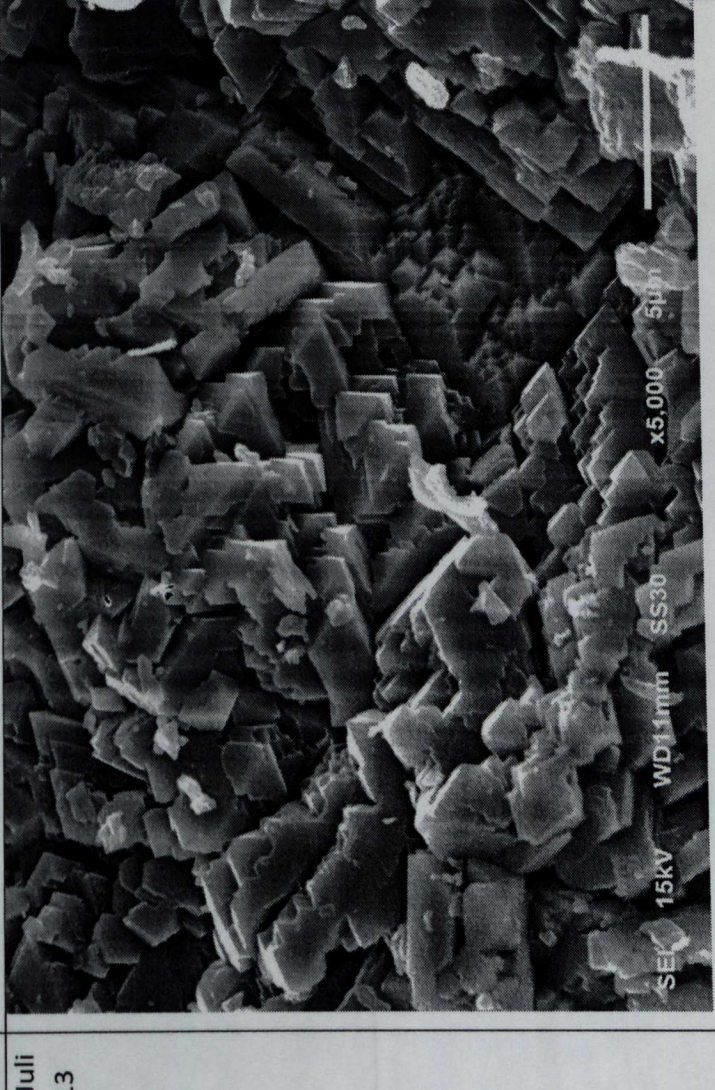
Pada suhukalsinasi 750 °C terlihat perbedaan yang signifikan pada sampel yang disintesis tanpa kitosan dengan yang disintesis menggunakan kitosan sebagai *dispersing agent*. Hasil XRD memperlihatkan peningkatan fasa $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ yang terbentuk. Pada sampel dengan 30% kitosan, partikel terdispersi merata dan berukuran antara 75 nm sampai 300nm dan pada sampel dengan 60% kitosan partikel relatif lebih kecil dibandingkan sampel dengan 30% kitosan namun tidak terdispersi merata. Hal ini disebabkan karena penggunaan kitosan atau *dispersing agent* yang terlalu banyak menyebabkan performa *dispersing agent* tersebut menurun.

Penelitian oleh Daniela Drago tentang pengaruh ukuran partikel terhadap kapasitas menjelaskan bahwa $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ dengan ukuran partikel rata-rata antara 9nm – 1000nm dapat memberikan kapasitas yang mendekati kapasitas secarateoriyaitu 175 mAh/gram. Dari seluruh sampel yang diuji, sampel dengan konsentrasi kitosan 30% volume larutan menunjukkan partikel yang terdispersi paling merata dan berukuran paling kecil bila dibandingkan sampel lainnya yaitu antara 75-300nm sehingga sampel ini paling berpotensi untuk digunakan sebagai material anoda baterai lithium.


Sampel	Konsentrasi Kitosan (%)	Suhu Kalsinasi (°C)	Waktu Kalsinasi (jam)	Ukuran Partikel (nm)
a	0%	750	24	~100
b	10%	750	24	~150
c	30%	750	24	75-300
d	60%	750	24	~50



Hasil karakterisasi morfologi, proses dan pembahasannya dapat ditabulasikan pada tabel berikut:

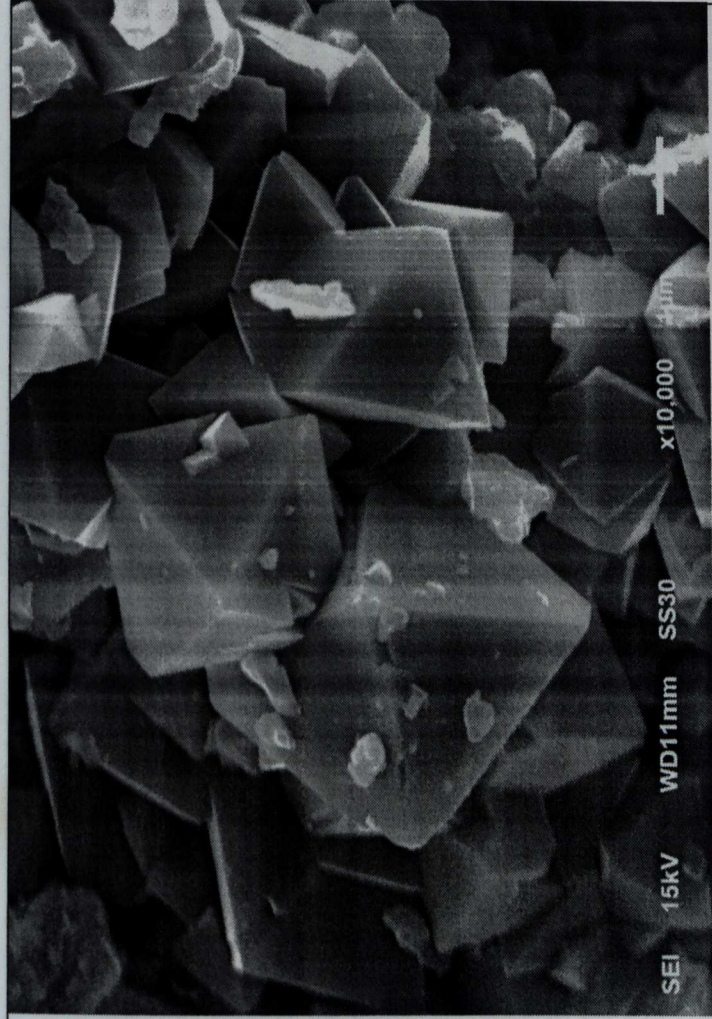
No	Tanggal SEM	Gambar SEM	Keterangan
1	22 Juli 2013		<p>Elemen Batere: katoda</p> <p>Kode: 1352A-SEM-Katoda 1-5000x-B4T791-22 jul 13</p> <p>Komposisi: LiNO_3 0,1 M, $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 0,1 M, Citric Acid 0,1 M, tanpa kanji, chitosan teknis 2% w/v.</p> <p>Proses: Semua bahan (dalam bentuk larutan) secara berturut-turut dicampur dan diaduk menggunakan stirrer hingga merata. Derajat keasaman (pH) diatur mencapai 4 hingga dihasilkan endapan. Endapan yang terbentuk dipisahkan dengan cara mengevaporasi pelarut hingga diperoleh serbuk kering. Selanjutnya dilakukan proses kalsinasi.</p> <p>Suhu dan durasi kalsinasi: 450 °C selama 3 jam,</p>

Nama file: 1352A-SEM-Katoda 1-5000x-B4T791-22 jul 13

<p>50/19 33 JULI 2019</p>		<p>Kode: 1352A-SEM-SEMAKada 1-1000Mx-041791-23 Jul 19</p> <p>Deskripsi gambar: Partikel yang terbentuk cenderung tidak seragam dengan bentuk yang bervariasi. Terdapat beberapa partikel yang telah terpisah dengan bentuk yang menyerupai diamondakan tetapi mayoritas masih tergabung dengan yang lainnya membentuk ukuran yang lebih besar. Rata-rata ukuran partikel masih tergolong besar yaitu dalam skala mikron.</p>
-----------------------------------	---	--

2

22 Juli
2013



Nama file: 1352A-SEM-Katoda 1-10000x-B4T791-22 Jul 13

Elemen Batere: katoda

Kode: 1352A-SEM-Katoda 1-10000x-B4T791-22 Jul 13

Komposisi: LiNO_3 0,1 M, $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 0,1 M, Citric Acid 0,1 M, tanpa kanji, chitosan teknis 2% w/v.

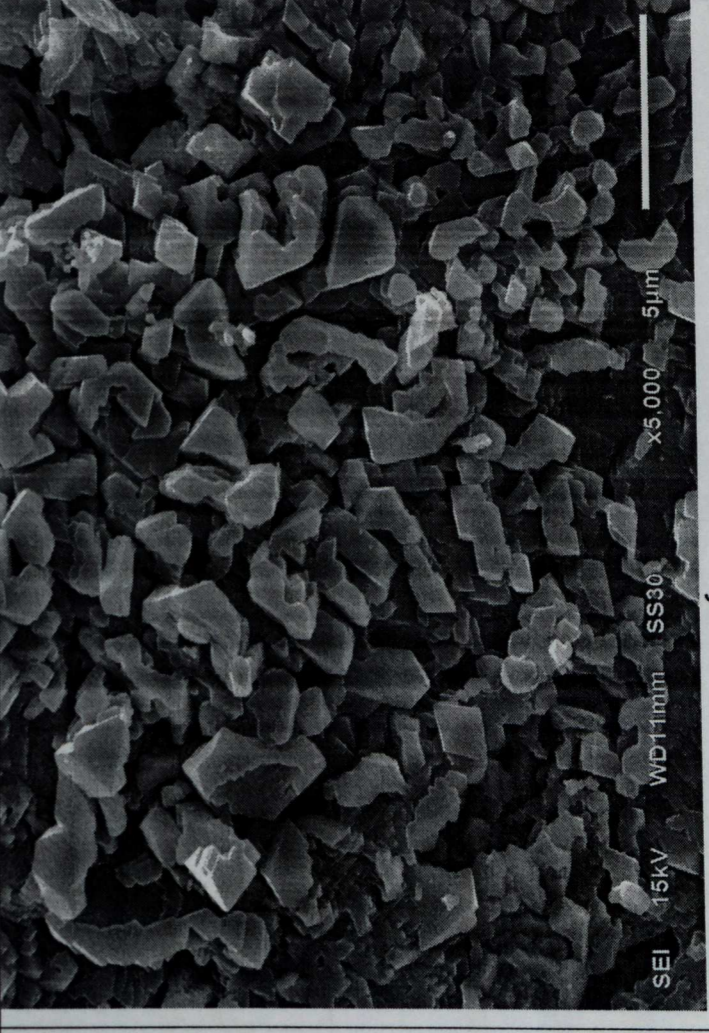
Proses: Semua bahan (dalam bentuk larutan) secara berturut-turut dicampur dan diaduk menggunakan stirrer hingga merata. Derajat keasaman (pH) diatur mencapai 4 hingga dihasilkan endapan. Endapan yang terbentuk dipisahkan dengan cara mengevaporasi pelarut hingga diperoleh serbuk kering. Selanjutnya dilakukan proses kalsinasi.

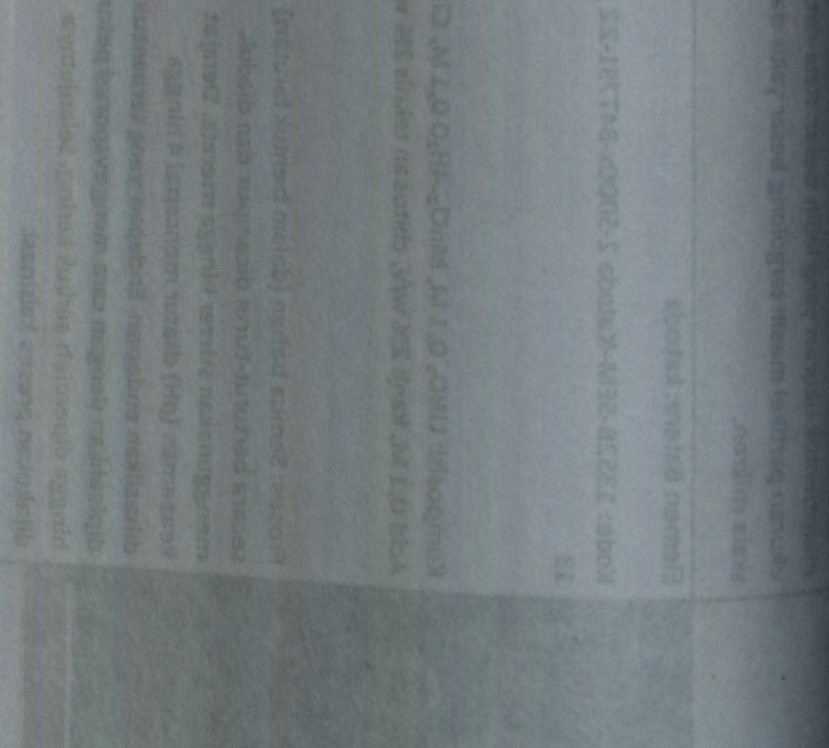
Suhu dan durasi kalsinasi: 450°C selama 3 jam, dilanjutkan dengan 600°C selama 3 jam

Deskripsi gambar:

Partikel yang terbentuk cenderung tidak seragam dengan bentuk yang bervariasi. Terdapat

beberapa partikel yang telah terpisah dengan bentuk yang menyerupai diamond akan tetapi mayoritas masih tergabung dengan yang lainnya membentuk ukuran yang lebih besar. Rata-rata ukuran partikel masih tergolong besar yaitu dalam skala mikron.

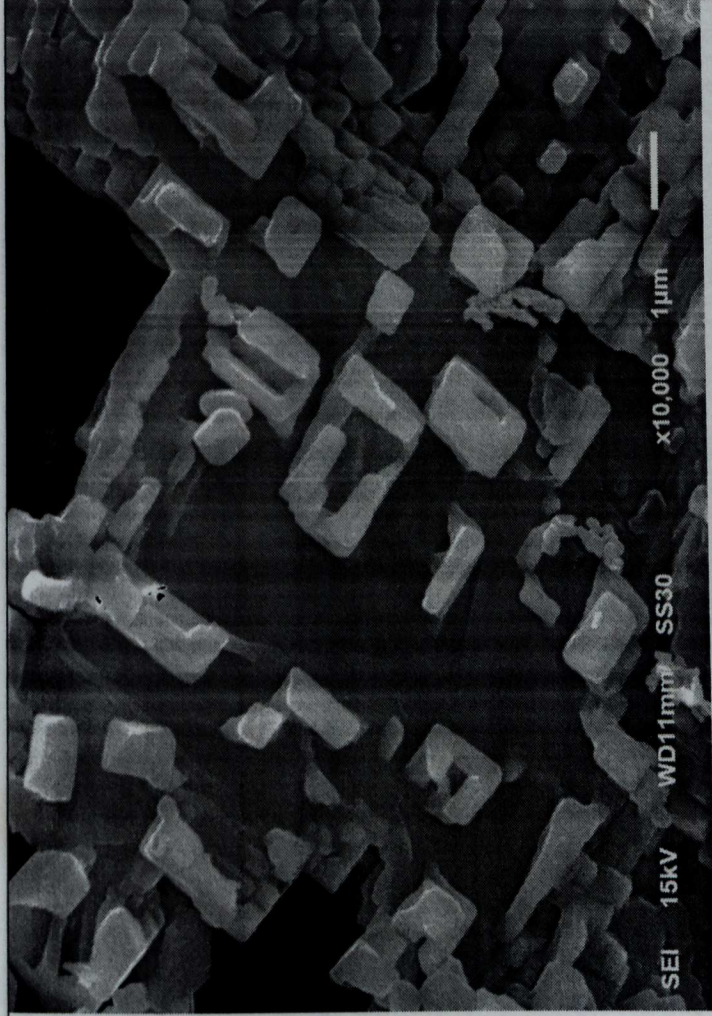
3		<p>beberapa partikel yang telah terpisah dengan bentuk yang menyerupai diamond akan tetapi mayoritas masih tergabung dengan yang lainnya membentuk ukuran yang lebih besar. Rata-rata ukuran partikel masih tergolong besar yaitu dalam skala mikron.</p>
22 Juli 2013	 <p> Nama file: 1352B-SEM-Katoda 2-5000x-B4T791-22 jul 13 </p>	<p> Elemen Batere: katoda Kode: 1352B-SEM-Katoda 2-5000x-B4T791-22 jul 13 Komposisi: LiNO₃ 0,1 M, MnCl₂.4H₂O 0,1 M, Citric Acid 0,1 M, kanji 2% w/v, chitosan teknis 2% w/v. Proses: Semua bahan (dalam bentuk larutan) secara berturut-turut dicampur dan diaduk menggunakan stirrer hingga merata. Derajat keasaman (pH) diatur mencapai 4 hingga dihasilkan endapan. Endapan yang terbentuk dipisahkan dengan cara mengevaporasi pelarut hingga diperoleh serbuk kering. Selanjutnya dilakukan proses kalsinasi. Suhu dan durasi kalsinasi: 450 °C selama 3 jam, </p>

<p>nama file: T325F-SEM-Katode Z-100000-841791-72.tif</p>		<p>nama file: T325F-SEM-Katode Z-100000-841791-72.tif</p> <p>nama file: T325F-SEM-Katode Z-100000-841791-72.tif</p>
---	---	---

<p>27 JUN 2013</p>	<p>dilanjutkan dengan 600 °C selama 3 jam</p> <p>Kode: T325F-SEM-Katode Z-100000-841791-72.tif</p> <p>Deskripsi gambar:</p> <p>Partikel yang terbentuk secara umum sudah mulai terpisah meskipun masih berukuran besar. Pengaruh penambahan kanji terlihat dari bentuk memanjang pada sebagian partikel yang terbentuk. Ukuran partikel mulai dari 250 nm hingga dalam skala mikron.</p> <p>nama file: T325F-SEM-Katode Z-100000-841791-72.tif</p> <p>Deskripsi gambar:</p> <p>Partikel yang terbentuk secara umum sudah mulai terpisah meskipun masih berukuran besar.</p>
--------------------	---

4

22 Juli
2013



Nama file: 1352B-SEM-Katoda 2-10000x-B4T791-22 jul 13

Elemen Batere: katoda

Kode: 1352B-SEM-Katoda 2-10000x-B4T791-22 jul
13


Komposisi: LiNO_3 0,1 M, $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 0,1 M, Citric
Acid 0,1 M, kanji 2% w/v, chitosan teknis 2% w/v.

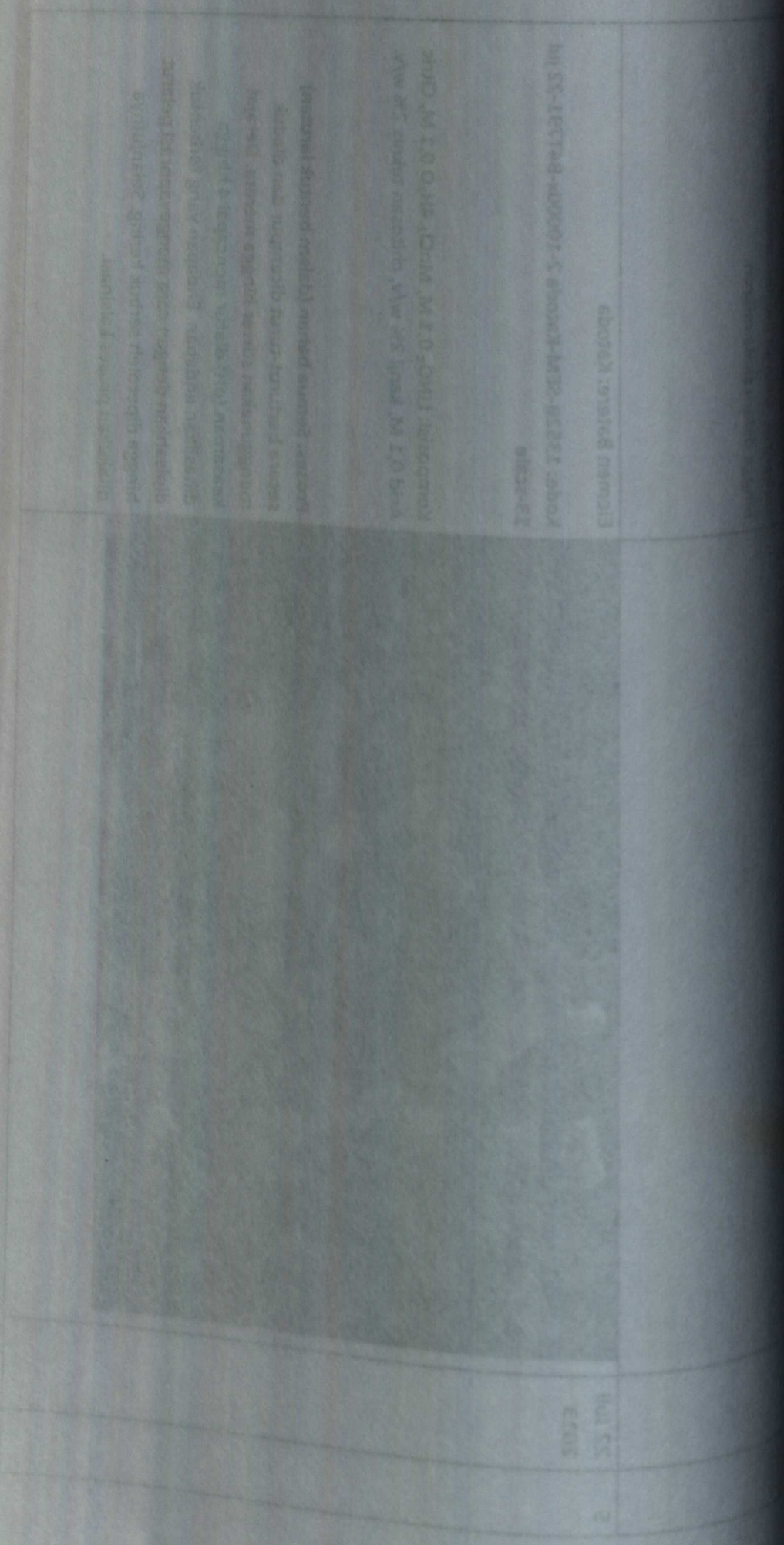
Proses: Semua bahan (dalam bentuk larutan)
secara berturut-turut dicampur dan diaduk
menggunakan stirrer hingga merata. Derajat
keasaman (pH) diatur mencapai 4 hingga
dihasilkan endapan. Endapan yang terbentuk
dipisahkan dengan cara mengevaporasi pelarut
hingga diperoleh serbuk kering. Selanjutnya
dilakukan proses kalsinasi.

Suhu dan durasi kalsinasi: 450°C selama 3 jam,
dilanjutkan dengan 600°C selama 3 jam

Deskripsi gambar:

Partikel yang terbentuk secara umum sudah mulai
terpisah meskipun masih berukuran besar.

5	22 Juli 2013		<p>Pengaruh penambahan kanji terlihat dari bentuk memanjang pada sebagian partikel yang terbentuk. Ukuran partikel mulai dari 250 nm hingga dalam skala mikron.</p>
		<p>Elemen Batere: Katoda</p> <p>Kode: 1352B-SEM-Katoda 2-10000x-B4T791-22 jul 13-scale</p> <p>Komposisi: LiNO_3 0,1 M, $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 0,1 M, Citric Acid 0,1 M, kanji 2% w/v, chitosan teknis 2% w/v.</p> <p>Proses: Semua bahan (dalam bentuk larutan) secara berturut-turut dicampur dan diaduk menggunakan stirrer hingga merata. Derajat keasaman (pH) diatur mencapai 4 hingga dihasilkan endapan. Endapan yang terbentuk dipisahkan dengan cara mengevaporasi pelarut hingga diperoleh serbuk kering. Selanjutnya dilakukan proses kalsinasi.</p>	<p>Deskripsi gambar: Partikel yang terbentuk memiliki ukuran memanjang dan terdistribusi dalam skala mikron.</p>



<p>0</p>	<p>Nama file : 1352B-SEM-Katoda 2-10000x-B4T791-22 jul 13-scale</p>	<p>Suhu dan durasi kalsinasi: 450 °C selama 3 jam, dilanjutkan dengan 600 °C selama 3 jam</p> <p>13</p> <p>Deskripsi gambar:</p> <p>Partikel yang terbentuk secara umum sudah mulai terpisah meskipun masih berukuran besar. Pengaruh penambahan kanji terlihat dari bentuk memanjang pada sebagian partikel yang terbentuk. Ukuran partikel mulai dari 250 nm hingga dalam skala mikron.</p>
<p>1</p>	<p>Nama file: 1352C-SEM-Katoda 1-10000x-B4T791-22 jul 13</p>	<p>Suhu dan durasi kalsinasi: 750 °C selama 3 jam</p> <p>14</p> <p>Deskripsi gambar:</p> <p>Partikel yang dihasilkan cenderung memiliki bentuk yang seragam berupa apitikel dengan ukuran yang bervariasi yaitu sekitar 60 – 800 nm.</p>

6

22 Juli
2013



Nama file: 1352C-SEM-Anoda 1-10000x-B4T791-22 jul 13

Elemen Batere: Anoda

Kode: 1352C-SEM-Anoda 1-10000x-B4T791-22 jul 13


Komposisi: LiNO_3 1 M, TiCl_4 1 M, Citric Acid 1 M, kanji 2% w/v, chitosan teknis 2% w/v.


Proses: Semua bahan (dalam bentuk larutan) secara berturut-turut dicampur dan diaduk menggunakan stirrer hingga merata. Derajat keasaman (pH) diatur mencapai 3 hingga dihasilkan endapan. Endapan yang terbentuk dipisahkan dengan cara mengevaporasi pelarut hingga diperoleh serbuk kering. Selanjutnya dilakukan proses kalsinasi.

Suhu dan durasi kalsinasi: 750°C selama 3 jam

Deskripsi gambar:


Partikel yang dihasilkan cenderung memiliki bentuk yang seragam berupa spherical dengan ukuran yang bervariasi yaitu sekitar 60 – 300 nm.

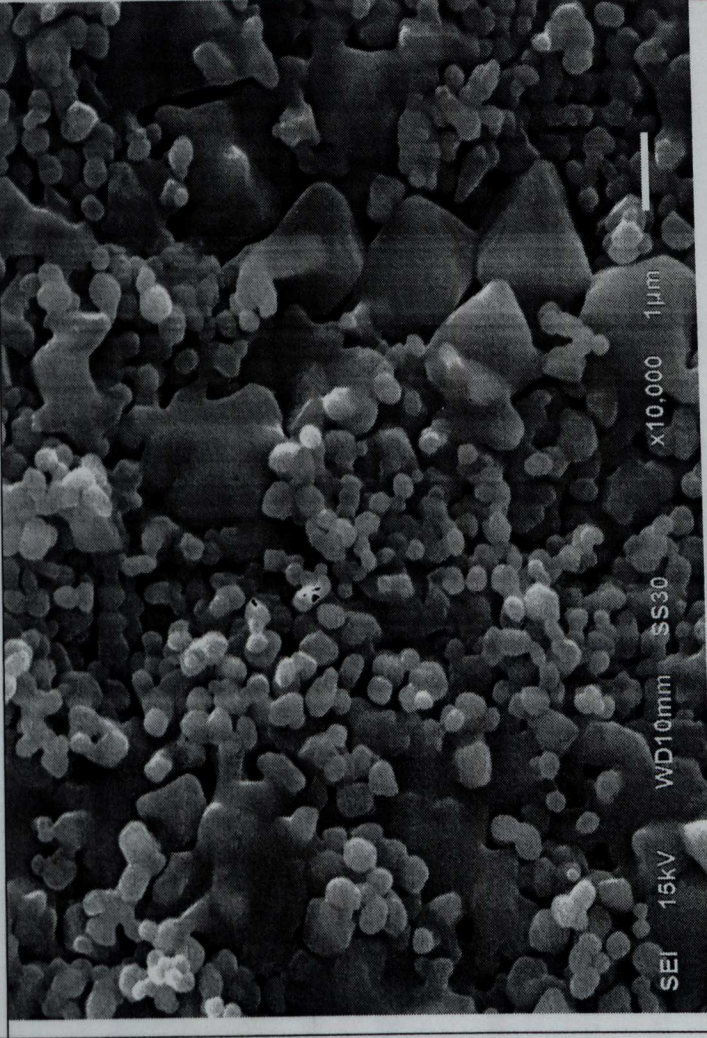
7		<p>Terlihat bahwa partikel telah terdispersi secara merata dengan kecenderungan aglomerasi yang kecil sekali.</p>
<p>22 Juli 2013</p>		<p>Elemen Batere: Anoda</p> <p>Kode: 1352C-SEM-Anoda 1-10000x-B4T791-22 jul 13-scale</p> <p>Komposisi: LiNO_3 1 M, TiCl_4 1 M, Citric Acid 1 M, kanji 2% w/v, chitosan teknis 2% w/v.</p> <p>Proses: Semua bahan (dalam bentuk larutan) secara berturut-turut dicampur dan diaduk menggunakan stirrer hingga merata. Derajat keasaman (pH) diatur mencapai 3 hingga dihasilkan endapan. Endapan yang terbentuk dipisahkan dengan cara mengevaporasi pelarut hingga diperoleh serbuk kering. Selanjutnya dilakukan proses kalsinasi.</p> <p>Suhu dan durasi kalsinasi: 750 °C selama 3 jam</p> <p>Nama file: 1352C-SEM-Anoda 1-10000x-B4T791-22 jul 13-scale</p>

8	22 Juli 2013	 <p>SEI 15kV WD12mm SS30 x20,000 1µm</p>	<p>Deskripsi gambar:</p> <p>Partikel yang dihasilkan cenderung memiliki bentuk yang seragam berupa spherical dengan ukuran yang bervariasi yaitu sekitar 60 – 300 nm. Terlihat bahwa partikel telah terdispersi secara merata dengan kecenderungan aglomerasi yang kecil sekali.</p>
		<p>Elemen Batere: Anoda</p> <p>Kode: 1352C-SEM-Anoda 1-20000x-B4T791-22 jul 13</p> <p>Komposisi: LiNO₃ 1 M, TiCl₄ 1 M, Citric Acid 1 M, kanji 2% w/v, chitosan teknis 2% w/v.</p> <p>Proses: Semua bahan (dalam bentuk larutan) secara berturut-turut dicampur dan diaduk menggunakan stirrer hingga merata. Derajat keasaman (pH) diatur mencapai 3 hingga dihasilkan endapan. Endapan yang terbentuk dipisahkan dengan cara mengevaporasi pelarut hingga diperoleh serbuk kering. Selanjutnya dilakukan proses kalsinasi.</p>	

13
 Kode: 1352C-SEM-Anoda 1-20000x-B4T791-22 Jul
 Uraian partikel: ...
 Partikel yang dihasilkan cenderung memiliki bentuk yang seragam berupa spherical dengan ukuran yang bervariasi yaitu sekitar 60 – 300 nm. Terlihat bahwa partikel telah terdispersi secara merata dengan kecenderungan aglomerasi yang kecil sekali.

<p>9</p>	<p>22 Jul 2019</p>	<p>Nama file: 1352C-SEM-Anoda 1-20000x-B4T791-22 Jul 13</p>	<p>Suhu dan durasi kalsinasi: 750 °C selama 3 jam</p> <p>Kode: 1352C-SEM-Anoda 1-20000x-B4T791-22 Jul</p> <p>Deskripsi gambar:</p> <p>Partikel yang dihasilkan cenderung memiliki bentuk yang seragam berupa spherical dengan ukuran yang bervariasi yaitu sekitar 60 – 300 nm. Terlihat bahwa partikel telah terdispersi secara merata dengan kecenderungan aglomerasi yang kecil sekali.</p>
		<p>Nama file: 1352C-SEM-Anoda 1-20000x-B4T791-22 Jul 13-2019</p>	<p>Suhu dan durasi kalsinasi: 750 °C selama 3 jam</p> <p>Deskripsi gambar:</p> <p>Partikel yang dihasilkan cenderung memiliki bentuk yang seragam berupa spherical dengan ukuran yang bervariasi yaitu sekitar 60 – 300 nm.</p>

9	22 Juli 2013	 <p data-bbox="2044 1175 2077 1964">Nama file: 1352C-SEM-Anoda 1-20000x-B4T791-22 jul 13-scale</p>	<p data-bbox="1252 662 1286 941">Elemen Batere: Anoda</p> <p data-bbox="1312 339 1387 941">Kode: 1352C-SEM-Anoda 1-20000x-B4T791-22 jul 13-scale</p> <p data-bbox="1481 356 1557 941">Komposisi: LiNO_3 1 M, TiCl_4 1 M, Citric Acid 1 M, kanji 2% w/v, chitosan teknis 2% w/v.</p> <p data-bbox="1650 356 1947 941">Proses: Semua bahan (dalam bentuk larutan) secara berturut-turut dicampur dan diaduk menggunakan stirrer hingga merata. Derajat keasaman (pH) diatur mencapai 3 hingga dihasilkan endapan. Endapan yang terbentuk dipisahkan dengan cara mengevaporasi pelarut hingga diperoleh serbuk kering. Selanjutnya dilakukan proses kalsinasi.</p> <p data-bbox="2044 370 2077 941">Suhu dan durasi kalsinasi: 750°C selama 3 jam</p> <p data-bbox="2179 712 2213 941">Deskripsi gambar:</p> <p data-bbox="2236 339 2351 941">Partikel yang dihasilkan cenderung memiliki bentuk yang seragam berupa spherical dengan ukuran yang bervariasi yaitu sekitar 60 – 300 nm.</p>
---	-----------------	--	---

10	22 Juli 2013		<p>Terlihat bahwa partikel telah terdispersi secara merata dengan kecenderungan aglomerasi yang kecil sekali.</p>
		<p>Nama file: 1352D-SEM-Anoda 2-10000x-B4T791-22 Jul 13</p>	<p>Elemen Batere: Anoda</p> <p>Kode: 1352D-SEM-Anoda 2-10000x-B4T791-22 Jul 13</p> <p>Komposisi: LiNO_3 1 M, TiCl_4 1 M, Citric Acid 1 M, kanji 2% w/v, chitosan teknis 2% w/v.</p> <p>Proses: Semua bahan (dalam bentuk larutan) secara berturut-turut dicampur dan diaduk menggunakan stirrer hingga merata. Derajat keasaman (pH) diatur mencapai 3 hingga dihasilkan endapan. Endapan yang terbentuk dipisahkan dengan cara mengevaporasi pelarut hingga diperoleh serbuk kering. Selanjutnya dilakukan proses kalsinasi.</p> <p>Suhu dan durasi kalsinasi: 750°C selama 1,5 jam</p>

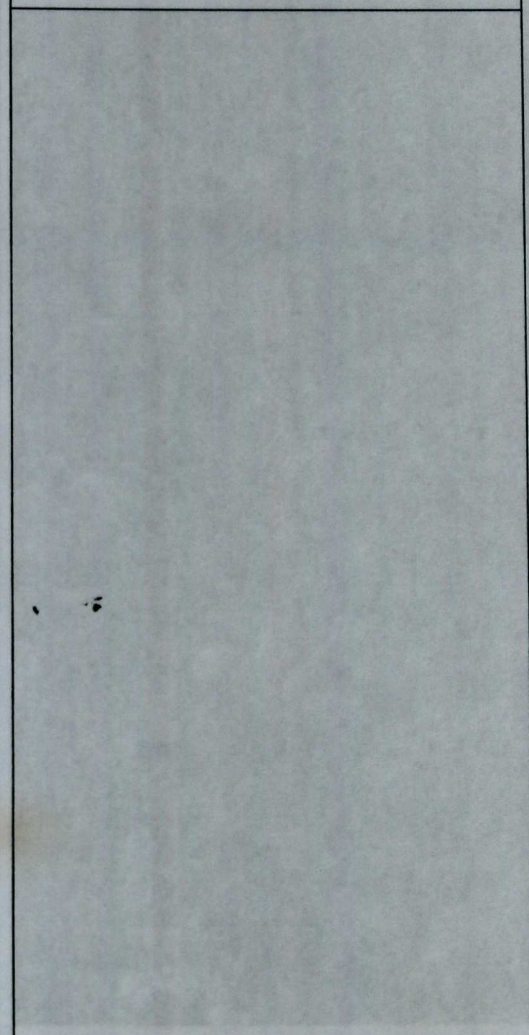
MS 07 1101 13230-25W-V0003 3-300000-464131-55 1013



MS 07 1101 13230-25W-V0003 3-300000-464131-55 1013

Partikel yang dihasilkan sudah mulai terpisahkan dan memiliki bentuk yang seragam berupa spherical dengan ukuran yang bervariasi pada rentang sekitar 100 - 300 nm. Meskipun demikian, masih terlihat bahwa sebagian partikel masih belum terpisahkan dan membentuk bongkahan besardengan ukuran di atas 1 mikron. Partikel yang telah terpisahkan terlihat sudah terdispersi secara merata.

22 JUN 2013



Partikel yang dihasilkan sudah mulai terpisahkan dan memiliki bentuk yang seragam berupa spherical dengan ukuran yang bervariasi pada rentang sekitar 100 - 300 nm. Meskipun demikian, masih terlihat bahwa sebagian partikel masih belum terpisahkan dan membentuk bongkahan besardengan ukuran di atas 1 mikron. Partikel yang telah terpisahkan terlihat sudah terdispersi secara merata.

11

22 Juli
2013



Nama file:1352D-SEM-Anoda 2-10000x-B4T791-22 jul 13-scale

Elemen Batere: Anoda

Kode: 1352D-SEM-Anoda 2-10000x-B4T791-22 jul 13-scale

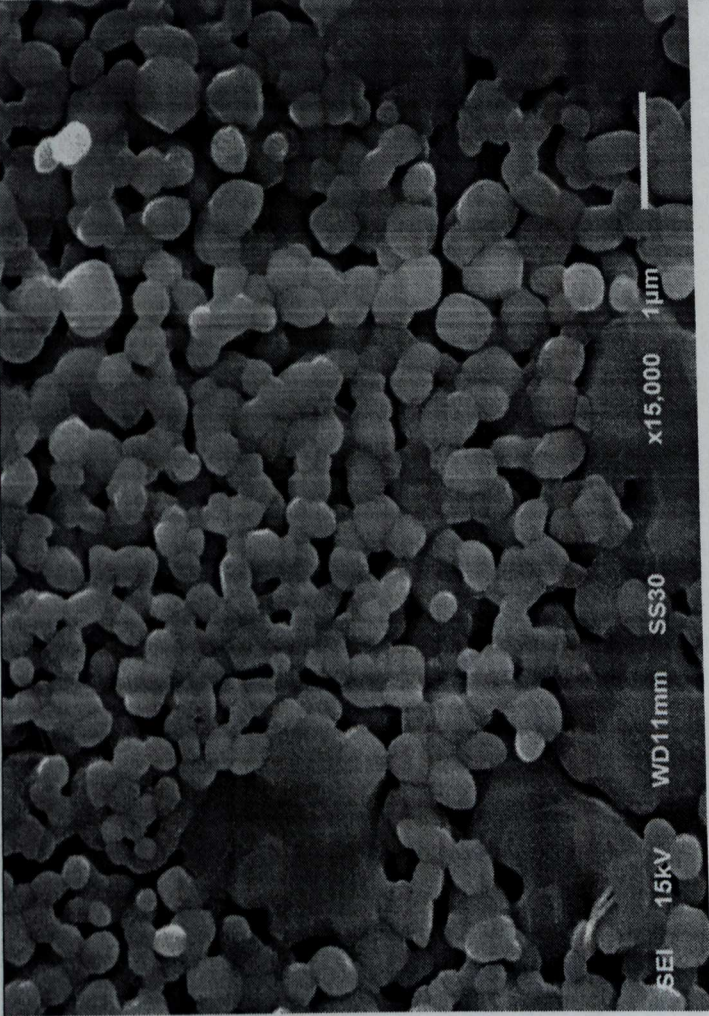
Komposisi: LiNO_3 1 M, TiCl_4 1 M, Citric Acid 1 M, kanji 2% w/v, chitosan teknis 2% w/v.


Proses: Semua bahan (dalam bentuk larutan) secara berturut-turut dicampur dan diaduk menggunakan stirrer hingga merata. Derajat keasaman (pH) diatur mencapai 3 hingga dihasilkan endapan. Endapan yang terbentuk dipisahkan dengan cara mengevaporasi pelarut hingga diperoleh serbuk kering. Selanjutnya dilakukan proses kalsinasi.

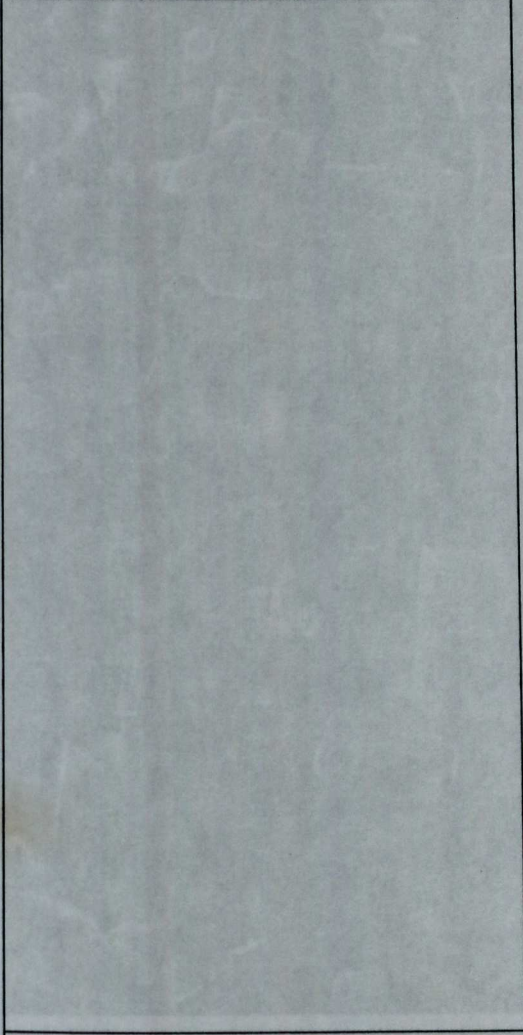
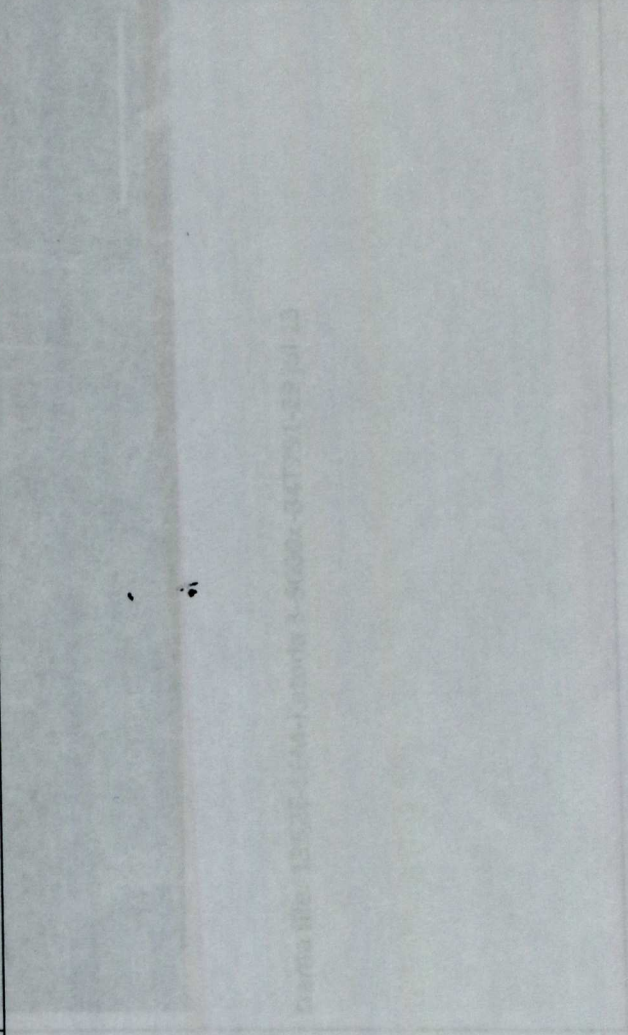
Suhu dan durasi kalsinasi: 750°C selama 1,5 jam

Deskripsi gambar:

Partikel yang dihasilkan sudah mulai terpisah dan memiliki bentuk yang seragam berupa spherical dengan ukuran yang bervariasi pada rentang

12	22 Juli 2013		<p>sekitar 100 – 300 nm. Meskipun demikian, masih terlihat bahwa sebagian partikel masih belum terpisah dan membentuk bongkahan besar dengan ukuran di atas 1 mikron. Partikel yang telah terpisah terlihat sudah terdispersi secara merata.</p>
<p>Elemen Batere: Anoda</p> <p>Kode: 1352D-SEM-Anoda 2-15000x-B4T791-22 jul 13</p> <p>Komposisi: LiNO_3 1 M, TiCl_4 1 M, Citric Acid 1 M, kanji 2% w/v, chitosan teknis 2% w/v.</p> <p>Proses: Semua bahan (dalam bentuk larutan) secara berturut-turut dicampur dan diaduk menggunakan stirrer hingga merata. Derajat keasaman (pH) diatur mencapai 3 hingga dihasilkan endapan. Endapan yang terbentuk dipisahkan dengan cara mengevaporasi pelarut hingga diperoleh serbuk kering. Selanjutnya dilakukan proses kalsinasi.</p> <p>Suhu dan durasi kalsinasi: 750 °C selama 1,5 jam</p>		<p>Nama file: 1352D-SEM-Anoda 2-15000x-B4T791-22 jul 13</p>	

13	3013		<p>13000x-50000x</p>
----	------	---	----------------------

13	19 Juli 2017		<p>Deskripsi gambar: Partikel yang dihasilkan sudah mulai terpisah dan memiliki bentuk yang seragam berupa spherical dengan ukuran yang bervariasi pada rentang sekitar 100 – 300 nm. Meskipun demikian, masih terlihat bahwa sebagian partikel masih belum terpisah dan membentuk bongkahan besar dengan ukuran di atas 1 mikron. Partikel yang telah terpisah terlihat sudah terdispersi secara merata.</p>
			<p>Deskripsi gambar: Partikel yang terbentuk secara umum sudah</p>

13

29 Juli
2013



Nama file: 1352E-SEM-Katoda 3-5000x-B4T791-29 jul 13

Elemen Batere: Katoda

Kode: 1352E-SEM-Katoda 3-5000x-B4T791-29 jul
13


Komposisi: LiNO_3 0,1 M, $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 0,1 M, Citric Acid 0,1 M, kanji 2% w/v, chitosan low molecular weight 2% w/v.


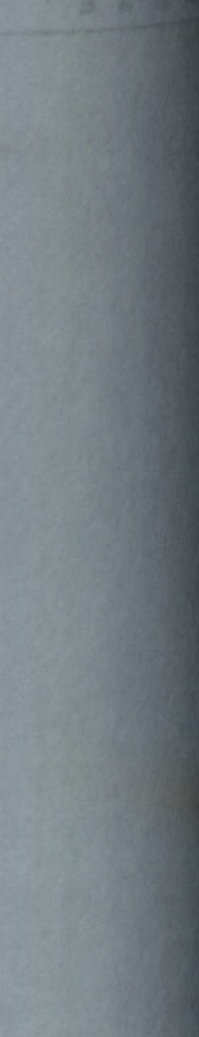
Proses: Semua bahan (dalam bentuk larutan) secara berturut-turut dicampur dan diaduk menggunakan stirrer hingga merata. Derajat keasaman (pH) diatur mencapai 4 hingga dihasilkan endapan. Endapan yang terbentuk dipisahkan dengan cara mengevaporasi pelarut hingga diperoleh serbuk kering. Selanjutnya dilakukan proses kalsinasi.


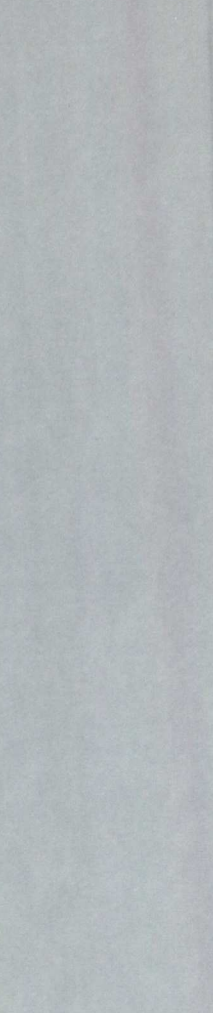
Suhu dan durasi kalsinasi: 450°C selama 3 jam, dilanjutkan dengan 500°C selama 3 jam

Deskripsi gambar:

Partikel yang terbentuk secara umum sudah

14	29 Juli 2013		<p>terpisah meskipun masih berukuran cukup besar yaitu di atas 1 mikron. Pengaruh penambahan kanji terlihat dari beberapa bentuk memanjang (rod) pada permukaan partikel yang berukuran besar tadi. Diameter rod yang teramati adalah sekitar 100 nm dengan distribusi yang tidak merata.</p>
		<p>Elemen Batere: Katoda</p> <p>Kode: 1352E-SEM-Katoda 3-10000x-B4T791-29 Jul 13</p> <p>Komposisi: LiNO_3 0,1 M, $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 0,1 M, Citric Acid 0,1 M, kanji 2% w/v, chitosan low molecular weight 2% w/v.</p> <p>Proses: Semua bahan (dalam bentuk larutan) secara berturut-turut dicampur dan diaduk menggunakan stirrer hingga merata. Derajat keasaman (pH) diatur mencapai 4 hingga dihasilkan endapan. Endapan yang terbentuk dipisahkan dengan cara mengevaporasi pelarut hingga diperoleh serbuk kering. Selanjutnya</p>	<p>terpisah meskipun masih berukuran cukup besar yaitu di atas 1 mikron. Pengaruh penambahan kanji terlihat dari beberapa bentuk memanjang (rod) pada permukaan partikel yang berukuran besar tadi. Diameter rod yang teramati adalah sekitar 100 nm dengan distribusi yang tidak merata.</p>

<p>1352E-SEM-Katoda 3-10000x-B4T791-29 Jul</p> <p>3073 IV 50 kV</p>	
<p>1352E-SEM-Katoda 3-10000x-B4T791-29 Jul</p> <p>3073 IV 50 kV</p>	

<p>1352E-SEM-Katoda 3-10000x-B4T791-29 Jul</p> <p>3073 IV 50 kV</p>	<p>Nama file:1352E-SEM-Katoda 3-10000x-B4T791-29 Jul 13</p> 
<p>1352E-SEM-Katoda 3-10000x-B4T791-29 Jul</p> <p>3073 IV 50 kV</p>	<p>Nama file: 1352E-SEM-Katoda 3-10000x-B4T791-29 Jul 13</p> 


dilakukan proses kalsinasi.


Suhu dan durasi kalsinasi: 450 °C selama 3 jam, dilanjutkan dengan 500 °C selama 3 jam

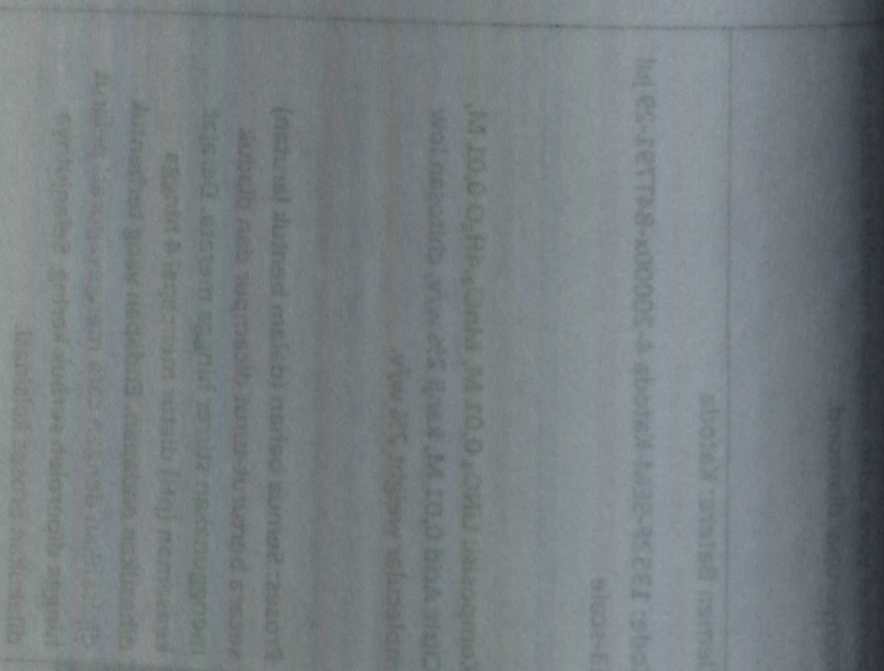
Komposisi: LHO, 6,03 M, NH₄Cl, 41,0 g, 0,01 M, ...

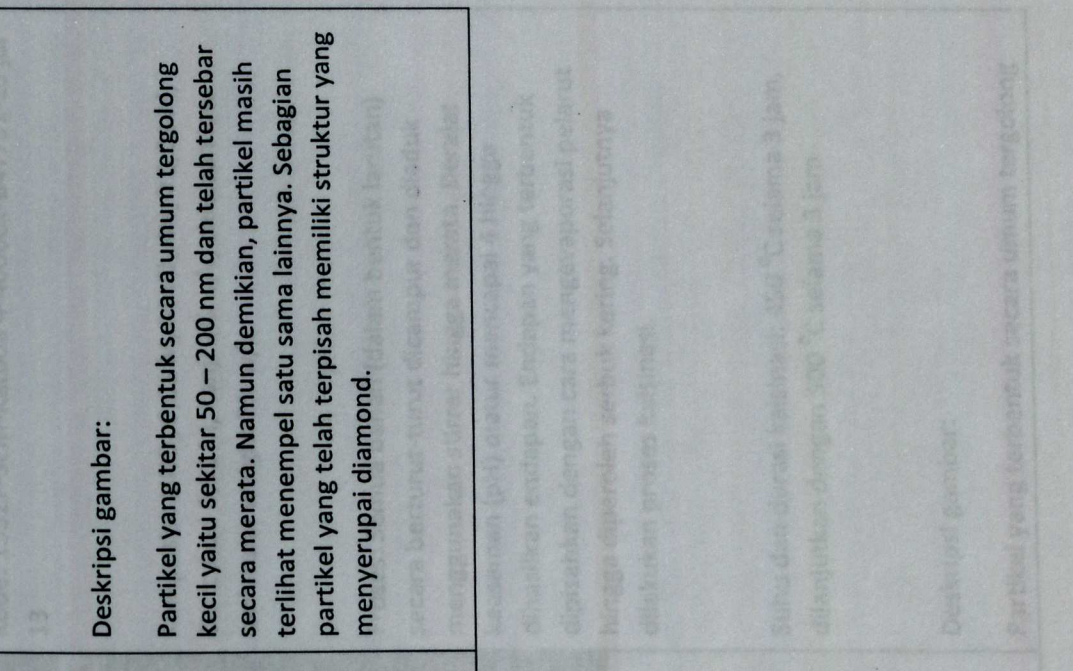
Deskripsi gambar:

Partikel yang terbentuk secara umum sudah terpisah meskipun masih berukuran cukup besar yaitu di atas 1 mikron. Pengaruh penambahan kanji terlihat dari beberapa bentuk memanjang (rod) pada permukaan partikel yang berukuran besar tadi. Diameter rod yang teramati adalah sekitar 100 nm dengan distribusi yang tidak merata.

15	29 Juli 2013	 <p data-bbox="2074 1225 2108 1939">Nama file: 1352F-SEM-Katoda 4-20000x-B4T791-29 jul 13</p>	<p data-bbox="1292 637 1326 923">Elemen Batere: Katoda</p> <p data-bbox="1355 321 1423 923">Kode: 1352F-SEM-Katoda 4-20000x-B4T791-29 jul 13</p> <p data-bbox="1521 368 1634 923">Komposisi: LiNO_3 0,01 M, $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 0,01 M, Citric Acid 0,01 M, kanji 2% w/v, chitosan low molecular weight 2% w/v.</p> <p data-bbox="1723 352 2029 923">Proses: Semua bahan (dalam bentuk larutan) secara berturut-turut dicampur dan diaduk menggunakan stirrer hingga merata. Derajat keasaman (pH) diatur mencapai 4 hingga dihasilkan endapan. Endapan yang terbentuk dipisahkan dengan cara mengevaporasi pelarut hingga diperoleh serbuk kering. Selanjutnya dilakukan proses kalsinasi.</p> <p data-bbox="2118 359 2187 923">Suhu dan durasi kalsinasi: 450°C selama 3 jam, dilanjutkan dengan 500°C selama 3 jam</p> <p data-bbox="2284 702 2318 923">Deskripsi gambar:</p> <p data-bbox="2350 352 2384 923">Partikel yang terbentuk secara umum tergolong</p>
----	--------------	---	--

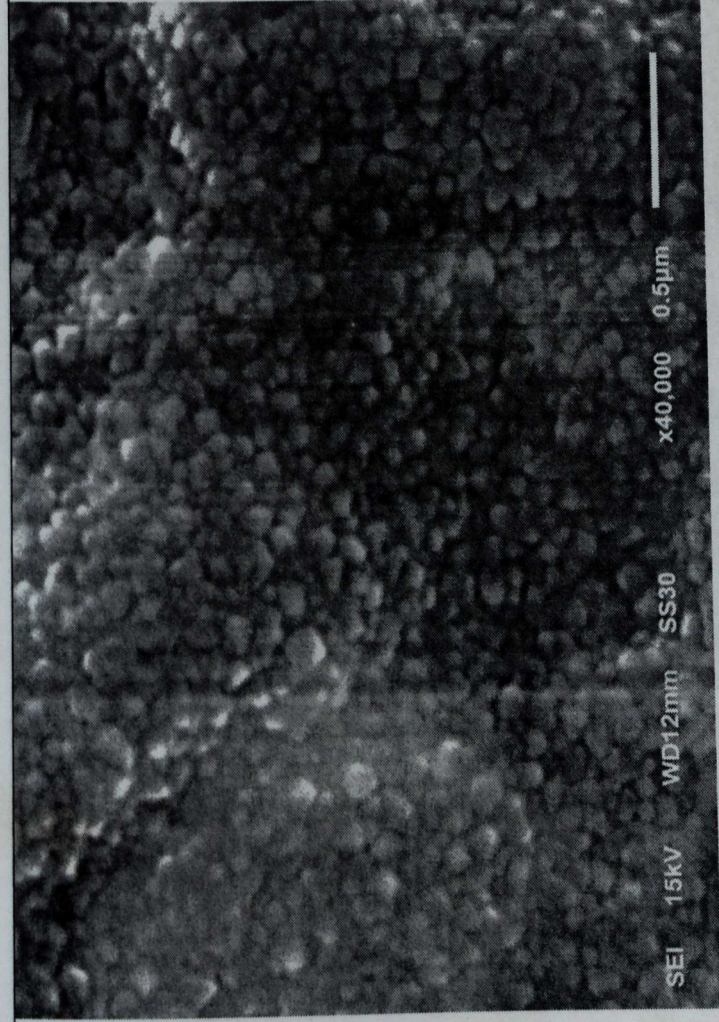
16	29 Juli 2013		<p>kecil yaitu sekitar 50 – 200 nm dan telah tersebar secara merata. Namun demikian, partikel masih terlihat menempel satu sama lainnya. Sebagian partikel yang telah terpisah memiliki struktur yang menyerupai diamond.</p>
<p>Elemen Batere: Katoda</p> <p>Kode: 1352F-SEM-Katoda 4-20000x-B4T791-29 jul 13-scale</p> <p>Komposisi: LiNO_3 0,01 M, $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 0,01 M, Citric Acid 0,01 M, kanji 2% w/v, chitosan low molecular weight 2% w/v.</p> <p>Proses: Semua bahan (dalam bentuk larutan) secara berturut-turut dicampur dan diaduk menggunakan stirrer hingga merata. Derajat keasaman (pH) diatur mencapai 4 hingga dihasilkan endapan. Endapan yang terbentuk dipisahkan dengan cara mengevaporasi pelarut hingga diperoleh serbuk kering. Selanjutnya dilakukan proses kalsinasi.</p>		<p>Nama file: 1352F-SEM-Katoda 4-20000x-B4T791-29 jul 13-scale</p>	

<p>17 2013 2013</p>		<p>17-18-19 Kondisi: 120°C-200°C + 30000x-60000x 3 jam</p> <p>Deskripsi gambar: Partikel yang terbentuk secara umum terdistribusi secara merata. Namun demikian, partikel masih terlihat menempel satu sama lainnya. Sebagian partikel yang telah terpisah memiliki struktur yang menyerupai diamond.</p>
-----------------------------	--	---

<p>17 2013 2013</p>		<p>Suhu dan durasi kalsinasi: 450 °C selama 3 jam, dilanjutkan dengan 500 °C selama 3 jam</p> <p>Deskripsi gambar: Partikel yang terbentuk secara umum terdistribusi kecil yaitu sekitar 50 – 200 nm dan telah tersebar secara merata. Namun demikian, partikel masih terlihat menempel satu sama lainnya. Sebagian partikel yang telah terpisah memiliki struktur yang menyerupai diamond.</p>
-----------------------------	---	---

17

29 Juli
2013



Nama file: 1352F-SEM-Katoda 4-40000x-B4T791-29 jul 13

Elemen Batere: Katoda

Kode: 1352F-SEM-Katoda 4-40000x-B4T791-29 jul 13

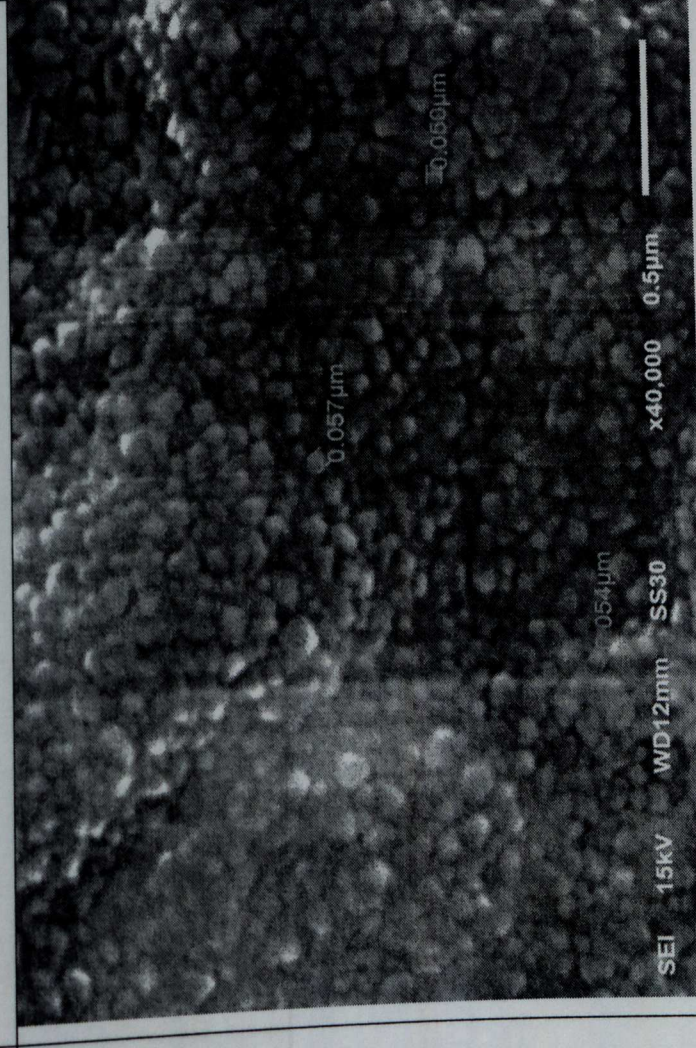
Komposisi: LiNO_3 0,01 M, $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 0,01 M, Citric Acid 0,01 M, kanji 2% w/v, chitosan low molecular weight 2% w/v.

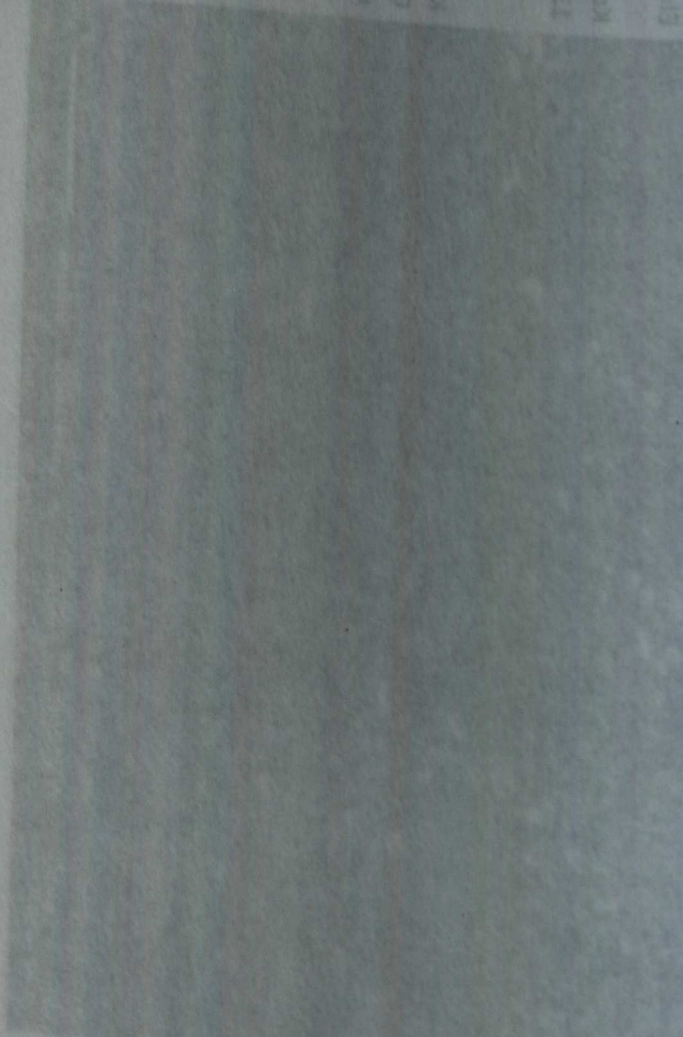
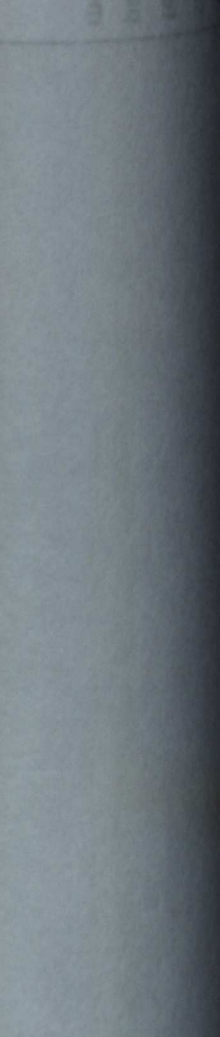
Proses: Semua bahan (dalam bentuk larutan) secara berturut-turut dicampur dan diaduk menggunakan stirrer hingga merata. Derajat keasaman (pH) diatur mencapai 4 hingga dihasilkan endapan. Endapan yang terbentuk dipisahkan dengan cara mengevaporasi pelarut hingga diperoleh serbuk kering. Selanjutnya dilakukan proses kalsinasi.

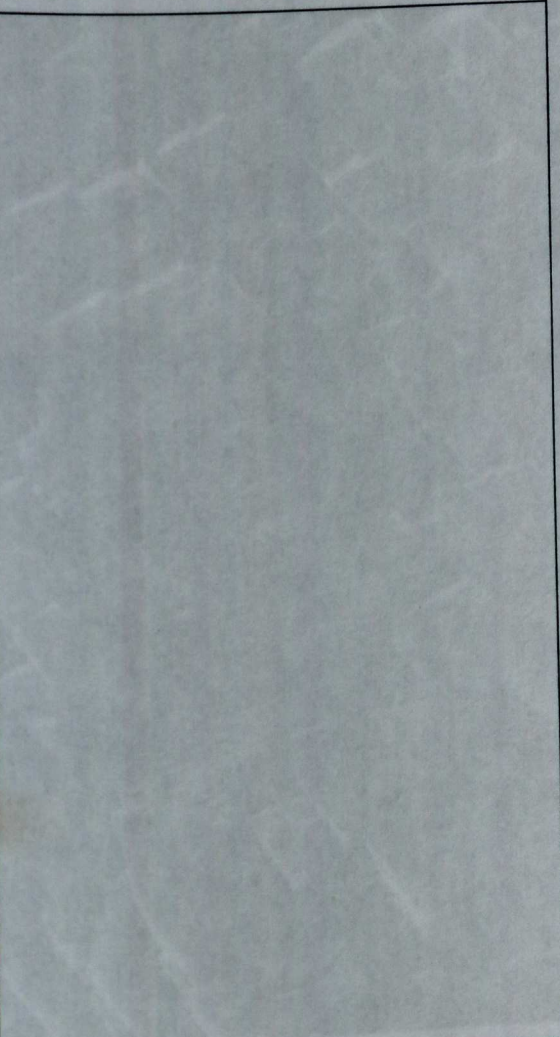
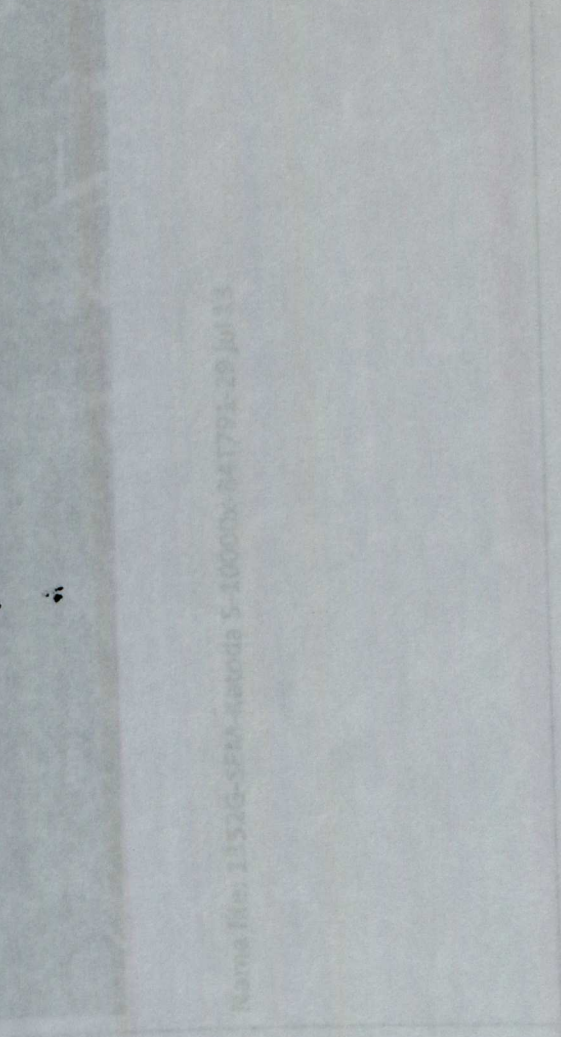
Suhu dan durasi kalsinasi: 450°C selama 3 jam, dilanjutkan dengan 500°C selama 3 jam

Deskripsi gambar:

Partikel yang terbentuk secara umum terdolong

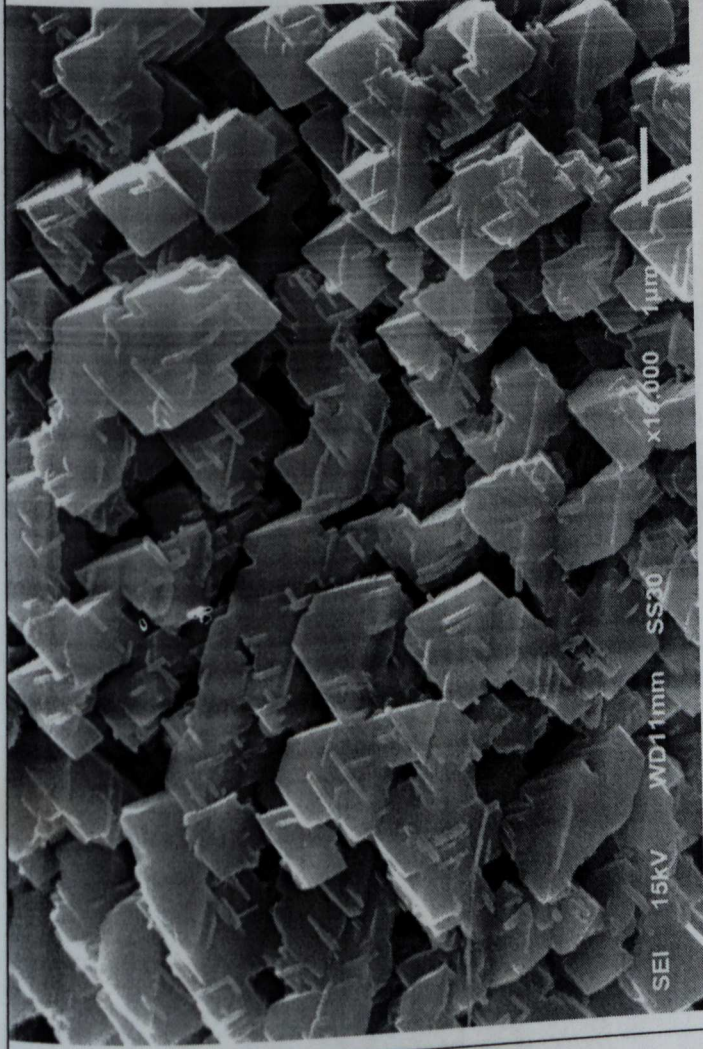
18		<p>kecil yaitu sekitar 50 – 200 nm dan telah tersebar secara merata. Namun demikian, partikel masih terlihat menempel satu sama lainnya. Sebagian partikel yang telah terpisah memiliki struktur yang menyerupai diamond.</p>
29 Juli 2013		<p>Elemen Batere: katoda</p> <p>Kode: 1352F-SEM-Katoda 4-40000x-B4T791-29 jul 13-scale</p> <p>Komposisi: LiNO_3 0,01 M, $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 0,01 M, Citric Acid 0,01 M, kanji 2% w/v, chitosan low molecular weight 2% w/v.</p> <p>Proses: Semua bahan (dalam bentuk larutan) secara berturut-turut dicampur dan diaduk menggunakan stirrer hingga merata. Derajat keasaman (pH) diatur mencapai 4 hingga dihasilkan endapan. Endapan yang terbentuk dipisahkan dengan cara mengevaporasi pelarut hingga diperoleh serbuk kering. Selanjutnya dilakukan proses kalsinasi.</p>
Nama file: 1352F-SEM-Katoda 4-40000x-B4T791-29 jul 13-scale		

<p>2013 178 13 104</p>		<p>13-104 Kode: 13231-ZEM-Kaloda 4-10000x-24.131-38 Im</p> <p>13-104</p>
<p>2013 178 13 104</p>		<p>13-104 Kode: 13231-ZEM-Kaloda 5-10000x-24.131-38 Im</p>

<p>19 28 Jul 2013</p>		<p>Suhu dan durasi kalsinasi: 450 °C selama 3 jam, dilanjutkan dengan 500 °C selama 3 jam</p> <p>Deskripsi gambar: Partikel yang terbentuk secara umum terdolong kecil yaitu sekitar 50 – 200 nm dan telah tersebar secara merata. Namun demikian, partikel masih terlihat menempel satu sama lainnya. Sebagian partikel yang telah terpisah memiliki struktur yang menyerupai diamond.</p>
<p>2013 178 13 104</p>		<p>Suhu dan durasi kalsinasi: 450 °C selama 3 jam, dilanjutkan dengan 600 °C selama 3 jam</p> <p>Deskripsi gambar: Partikel yang terbentuk secara umum sudah</p>

19

29 Juli
2013



Nama file: 1352G-SEM-Katoda 5-10000x-B4T791-29 jul 13

Elemen Batere: Katoda

Kode: 1352G-SEM-Katoda 5-10000x-B4T791-29 jul 13

Komposisi: LiNO_3 0,1 M, $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 0,1 M, Citric Acid 0,1 M, kanji 2% w/v, chitosan low molecular weight 2% w/v.

Proses: Semua bahan (dalam bentuk larutan) secara berturut-turut dicampur dan diaduk menggunakan stirrer hingga merata. Derajat keasaman (pH) diatur mencapai 4 hingga dihasilkan endapan. Endapan yang terbentuk dipisahkan dengan cara mengevaporasi pelarut hingga diperoleh serbuk kering. Selanjutnya dilakukan proses kalsinasi.

Suhu dan durasi kalsinasi: 450°C selama 3 jam, dilanjutkan dengan 600°C selama 3 jam

Deskripsi gambar:

Partikel yang terbentuk secara umum sudah

2. Struktur kristal berwujud padat, dengan struktur kristal
 berwujud kubus.

3. Struktur kristal berwujud padat, dengan struktur kristal
 berwujud kubus.

4. Struktur kristal berwujud padat, dengan struktur kristal
 berwujud kubus.

5. Struktur kristal berwujud padat, dengan struktur kristal
 berwujud kubus.

6. Struktur kristal berwujud padat, dengan struktur kristal
 berwujud kubus.

7. Struktur kristal berwujud padat, dengan struktur kristal
 berwujud kubus.

8. Struktur kristal berwujud padat, dengan struktur kristal
 berwujud kubus.

9. Struktur kristal berwujud padat, dengan struktur kristal
 berwujud kubus.

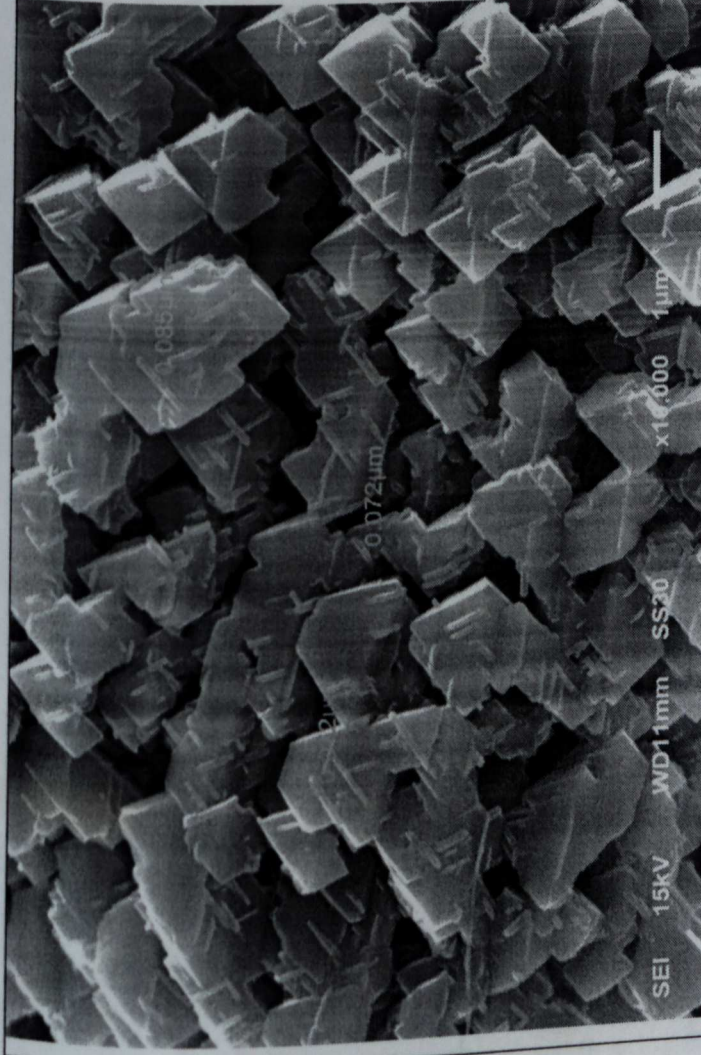
10. Struktur kristal berwujud padat, dengan struktur kristal
 berwujud kubus.

10 25.100
 2.15

terpisah meskipun masih berukuran cukup besar
 yaitu di atas 1 mikron. Sebagian partikel yang
 berukuran lebih kecil memiliki struktur
 menyerupai diamond. Pengaruh penambahan
 kanji terlihat dari beberapa bentuk memanjang
 (rod) pada permukaan partikel yang berukuran
 besar tadi. Diameter rod yang teramati adalah
 sekitar 100 nm dengan distribusi yang cukup
 merata.

20

29 Juli
2013



Nama file:1352G-SEM-Katoda 5-10000x-B4T791-29 jul 13-scale

Elemen Batere: katoda

Kode: 1352G-SEM-Katoda 5-10000x-B4T791-29 jul 13-scale


Komposisi: LiNO_3 0,1 M, $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 0,1 M, Citric Acid 0,1 M, kanji 2% w/v, chitosan low molecular weight 2% w/v.

Proses: Semua bahan (dalam bentuk larutan) secara berturut-turut dicampur dan diaduk menggunakan stirrer hingga merata. Derajat keasaman (pH) diatur mencapai 4 hingga dihasilkan endapan. Endapan yang terbentuk dipisahkan dengan cara mengevaporasi pelarut hingga diperoleh serbuk kering. Selanjutnya dilakukan proses kalsinasi.

Suhu dan durasi kalsinasi: 450°C selama 3 jam, dilanjutkan dengan 600°C selama 3 jam

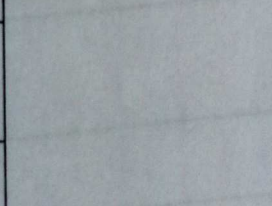

Deskripsi gambar:

Partikel yang terbentuk secara umum sudah

		<p>Partikel yang terdistribusi secara merata antara permukaan beraturan.</p>
		<p>Partikel yang berdistribusi merata di antara permukaan beraturan.</p>

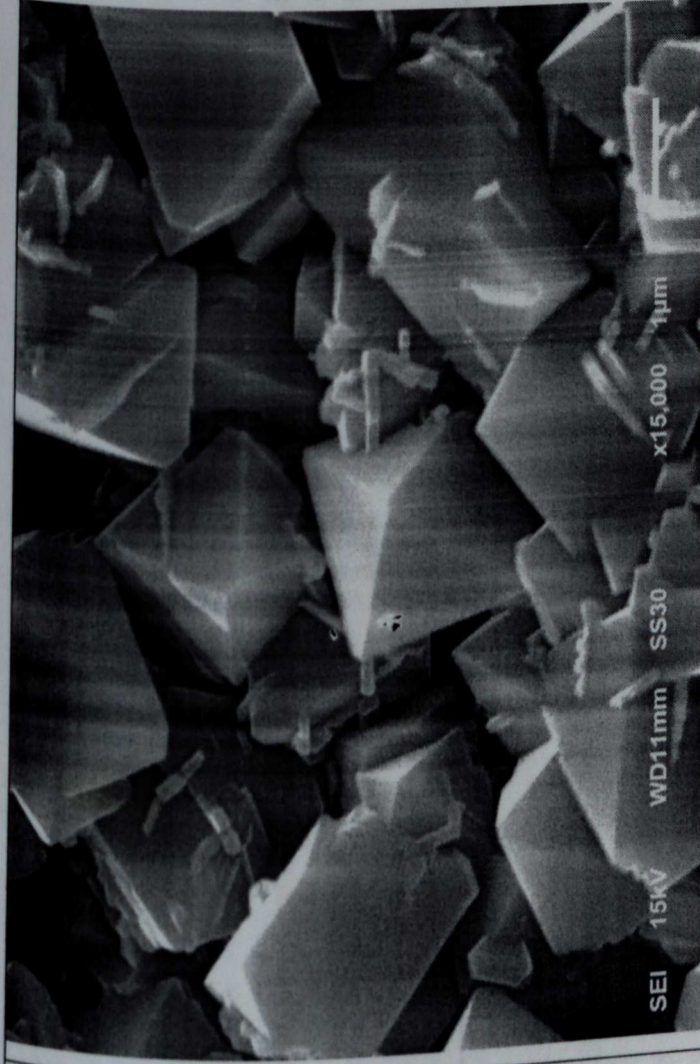
--	--

terpisah meskipun masih berukuran cukup besar yaitu di atas 1 mikron. Sebagian partikel yang berukuran lebih kecil memiliki struktur menyerupai diamond. Pengaruh penambahan kanji terlihat dari beberapa bentuk memanjang (rod) pada permukaan partikel yang berukuran besar tadi. Diameter rod yang teramati adalah sekitar 100 nm dengan distribusi yang cukup merata.

		<p>Partikel yang terdistribusi secara merata antara permukaan beraturan.</p>

21

29 Juli
2013



Nama file: 1352G-SEM-Katoda 5-15000x-B4T791-29 jul 13

Elemen Batere: katoda

Kode: 1352G-SEM-Katoda 5-15000x-B4T791-29 jul 13

Komposisi: LiNO_3 0,1 M, $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 0,1 M, Citric Acid 0,1 M, kanji 2% w/v, chitosan low molecular weight 2% w/v.

Proses: Semua bahan (dalam bentuk larutan) secara berturut-turut dicampur dan diaduk menggunakan stirrer hingga merata. Derajat keasaman (pH) diatur mencapai 4 hingga dihasilkan endapan. Endapan yang terbentuk dipisahkan dengan cara mengevaporasi pelarut hingga diperoleh serbuk kering. Selanjutnya dilakukan proses kalsinasi.

Suhu dan durasi kalsinasi: 450°C selama 3 jam, dilanjutkan dengan 600°C selama 3 jam

Deskripsi gambar:

Partikel yang terbentuk secara umum sudah

berupa tabung dengan diameter sekitar
0,5 mikrometer.

Tabung ini memiliki diameter sekitar 0,5 mikrometer
dan panjangnya sekitar 100 mikrometer.

Tabung ini memiliki diameter sekitar 0,5 mikrometer
dan panjangnya sekitar 100 mikrometer. Tabung ini
merupakan bagian dari struktur nanotube yang
terdiri dari atom karbon yang tersusun dalam
struktur silinder yang memiliki diameter sekitar
0,5 mikrometer dan panjangnya sekitar 100 mikrometer.

Tabung ini memiliki diameter sekitar 0,5 mikrometer

dan panjangnya sekitar 100 mikrometer. Tabung ini
merupakan bagian dari struktur nanotube yang terdiri dari atom karbon yang tersusun dalam struktur silinder yang memiliki diameter sekitar 0,5 mikrometer dan panjangnya sekitar 100 mikrometer.

77

Tabung ini memiliki diameter sekitar 0,5 mikrometer dan panjangnya sekitar 100 mikrometer.

Tabung ini memiliki diameter sekitar 0,5 mikrometer dan panjangnya sekitar 100 mikrometer.



65

terpisah meskipun masih berukuran cukup besar yaitu di atas 1 mikron. Sebagian partikel yang berukuran lebih kecil memiliki struktur menyerupai diamond. Pengaruh penambahan kanji terlihat dari beberapa bentuk memanjang (rod) pada permukaan partikel yang berukuran besar tadi. Diameter rod yang teramati adalah sekitar 100 nm dengan distribusi yang cukup merata.

Tabung ini memiliki diameter sekitar 0,5 mikrometer dan panjangnya sekitar 100 mikrometer. Tabung ini merupakan bagian dari struktur nanotube yang terdiri dari atom karbon yang tersusun dalam struktur silinder yang memiliki diameter sekitar 0,5 mikrometer dan panjangnya sekitar 100 mikrometer.

22 29 Juli
2013



Nama file: 1352G-SEM-Katoda 5-15000x-B4T791-29 jul 13-scale

Elemen Batere: katoda

Kode: 1352G-SEM-Katoda 5-15000x-B4T791-29 jul
13-scale

Komposisi: LiNO_3 0,1 M, $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 0,1 M, Citric
Acid 0,1 M, kanji 2% w/v, chitosan low molecular
weight 2% w/v.

Proses: Semua bahan (dalam bentuk larutan)
secara berturut-turut dicampur dan diaduk
menggunakan stirrer hingga merata. Derajat
keasaman (pH) diatur mencapai 4 hingga
dihasilkan endapan. Endapan yang terbentuk
dipisahkan dengan cara mengevaporasi pelarut
hingga diperoleh serbuk kering. Selanjutnya
dilakukan proses kalsinasi.

Suhu dan durasi kalsinasi: 450°C selama 3 jam,
dilanjutkan dengan 600°C selama 3 jam

Deskripsi gambar:

Partikel yang terbentuk secara umum sudah

23

29 Juli
2013



Nama file: 1352H-SEM-Katoda 6-15000x-B4T791-29 jul 13

Elemen Batere: katoda

Kode: 1352H-SEM-Katoda 6-15000x-B4T791-29 jul
13

Komposisi: LiNO_3 0,01 M, $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 0,01 M,
Citric Acid 0,01 M, kanji 2% w/v, chitosan low
molecular weight 2% w/v.

Proses: Semua bahan (dalam bentuk larutan)
secara berturut-turut dicampur dan diaduk
menggunakan stirrer hingga merata. Derajat
keasaman (pH) diatur mencapai 4 hingga
dihasilkan endapan. Endapan yang terbentuk
dipisahkan dengan cara mengevaporasi pelarut
hingga diperoleh serbuk kering. Selanjutnya
dilakukan proses kalsinasi.

Suhu dan durasi kalsinasi: 450°C selama 3 jam,
dilanjutkan dengan 600°C selama 3 jam

Deskripsi gambar:

Partikel yang terbentuk berada pada kisaran 50 –

23

29 Juli
2013



Nama file: 1352H-SEM-Katoda 6-15000x-B4T791-29 jul 13

Elemen Batere: katoda

Kode: 1352H-SEM-Katoda 6-15000x-B4T791-29 jul
13

Komposisi: LiNO_3 0,01 M, $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 0,01 M,
Citric Acid 0,01 M, kanji 2% w/v, chitosan low
molecular weight 2% w/v.

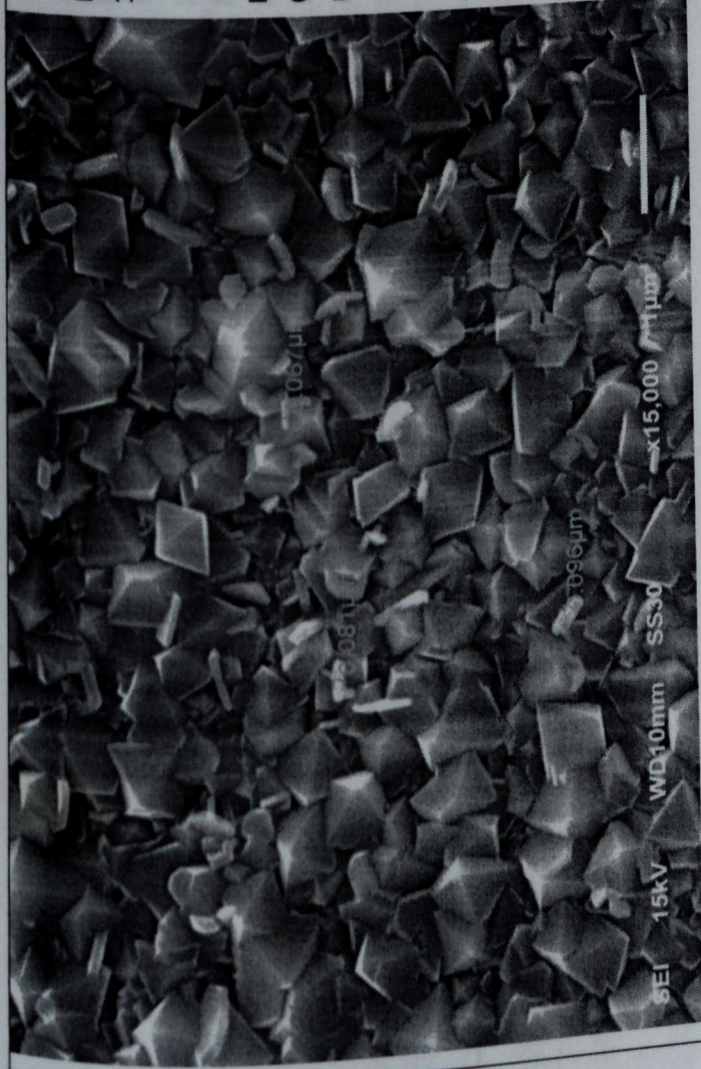
Proses: Semua bahan (dalam bentuk larutan)
secara berturut-turut dicampur dan diaduk
menggunakan stirrer hingga merata. Derajat
keasaman (pH) diatur mencapai 4 hingga
dihasilkan endapan. Endapan yang terbentuk
dipisahkan dengan cara mengevaporasi pelarut
hingga diperoleh serbuk kering. Selanjutnya
dilakukan proses kalsinasi.

Suhu dan durasi kalsinasi: 450°C selama 3 jam,
dilanjutkan dengan 600°C selama 3 jam

Deskripsi gambar:

Partikel yang terbentuk berada pada kisaran 50 –

24 29 Juli
2013



Nama file: 1352H-SEM-Katoda 6-15000x-B4T791-29 jul 13-scale

Elemen Batere: katoda

Kode: 1352H-SEM-Katoda 6-15000x-B4T791-29 jul
13-scale

Komposisi: LiNO_3 0,01 M, $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 0,01 M,
Citric Acid 0,01 M, kanji 2% w/v, chitosan low
molecular weight 2% w/v.

Proses: Semua bahan (dalam bentuk larutan)
secara berturut-turut dicampur dan diaduk
menggunakan stirrer hingga merata. Derajat
keasaman (pH) diatur mencapai 4 hingga
dihasilkan endapan. Endapan yang terbentuk
dipisahkan dengan cara mengevaporasi pelarut
hingga diperoleh serbuk kering. Selanjutnya
dilakukan proses kalsinasi.

Suhu dan durasi kalsinasi: 450°C selama 3 jam,
dilanjutkan dengan 600°C selama 3 jam

Deskripsi gambar:

Partikel yang terbentuk berada pada kisaran 50 –

MAJALAH

															<p>500 nm dengan struktur bervariasi tetapi secara umum berbentuk menyerupai diamond. Pengaruh penambahan kanji terlihat dari beberapa bentuk memanjang (rod) dalam jumlah sedikit di sekitar permukaan partikel yang berukuran besar. Diameter rod yang teramati adalah sekitar 100 nm dengan distribusi yang cukup merata. Pada daerah tertentu terlihat struktur rod yang mengarah ke bentuk serat dengan ukuran diameter rata-rata sekitar 50 nm. Hal ini kemungkinan terjadi karena distribusi larutan kanji yang tidak merata.</p>
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

PERPUSTAKAAN
IAIN-SU
 MEDAN

33/4/Kemenperin/08/2015

26

29 Juli
2013



Nama file: 1352H-SEM-Katoda 6-20000x-B4T791-29 jul 13-2-scale

Elemen Batere: katoda

Kode: 1352H-SEM-Katoda 6-20000x-B4T791-29 jul 13-2-scale

Komposisi: LiNO_3 0,01 M, $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 0,01 M, Citric Acid 0,01 M, kanji 2% w/v, chitosan low molecular weight 2% w/v.

Proses: Semua bahan (dalam bentuk larutan) secara berturut-turut dicampur dan diaduk menggunakan stirrer hingga merata. Derajat keasaman (pH) diatur mencapai 4 hingga dihasilkan endapan. Endapan yang terbentuk dipisahkan dengan cara mengevaporasi pelarut hingga diperoleh serbuk kering. Selanjutnya dilakukan proses kalsinasi.

Suhu dan durasi kalsinasi: 450 °C selama 3 jam, dilanjutkan dengan 600 °C selama 3 jam

Deskripsi gambar:

Partikel yang terbentuk berada pada kisaran 50 –

MEDAN
 IAIN-2U
 KEBUSTAKAAN

23/10/Kemampuan/08/1512

27

29 Juli
2013



Nama file: 1352I-SEM-Anoda 3-15000x-B4T791-29 jul 13

Elemen Batere: anoda

Kode: 1352I-SEM-Anoda 3-15000x-B4T791-29 Jul
13

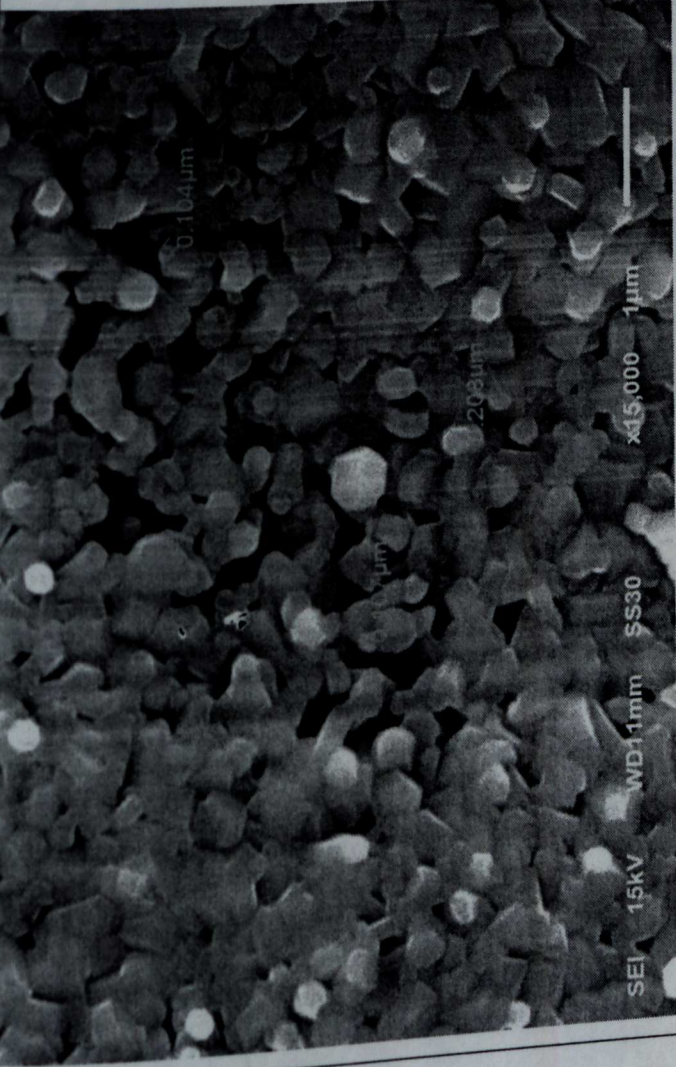
Komposisi: LiNO_3 0,1 M, TiCl_4 0,1 M, Citric Acid 0,1 M, kanji 2% w/v, chitosan teknis 2% w/v.

Proses: Semua bahan (dalam bentuk larutan) secara berturut-turut dicampur dan diaduk menggunakan stirrer hingga merata. Derajat keasaman (pH) diatur mencapai 3 hingga dihasilkan endapan. Endapan yang terbentuk dipisahkan dengan cara mengevaporasi pelarut hingga diperoleh serbuk kering. Selanjutnya dilakukan proses kalsinasi.

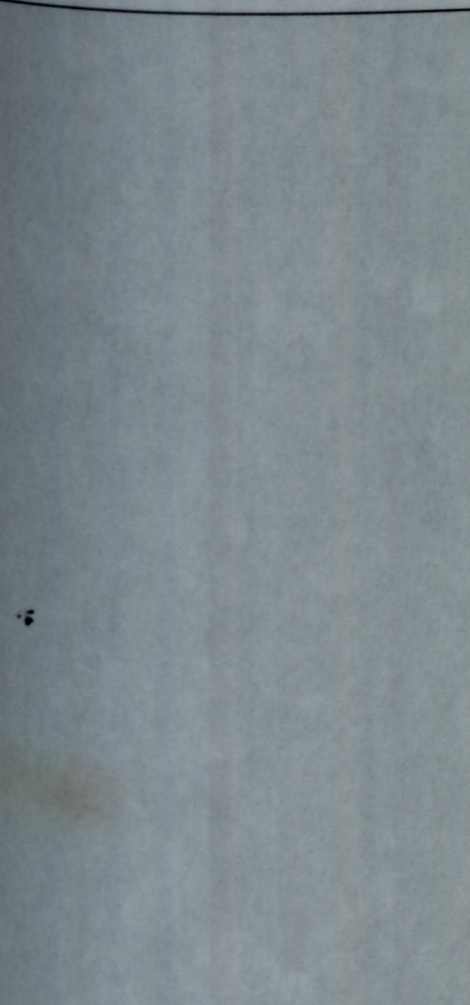

Suhu dan durasi kalsinasi: 750 °C selama 1 jam

Deskripsi gambar:

Partikel yang dihasilkan sudah mulai terpisah dan memiliki bentuk yang cenderung menyerupai spherical dengan ukuran yang bervariasi pada

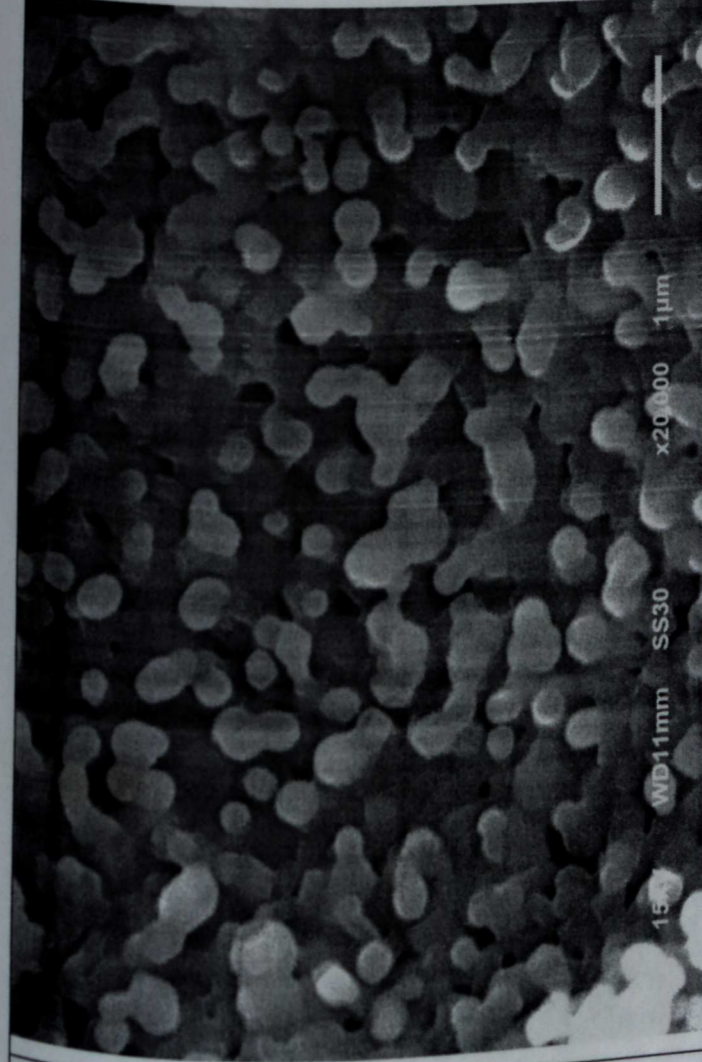
28	29 Juli 2013		<p>rentang sekitar 100 – 500 nm. Meskipun demikian, terlihat pula bahwa sebagian partikel masih menempel satu sama lain. Partikel yang telah terpisah terlihat sudah terdispersi secara merata.</p>
<p>Elemen Batere: anoda</p> <p>Kode: 13521-SEM-Anoda 3-15000x-B4T791-29 jul 13-scale</p> <p>Komposisi: LiNO_3 0,1 M, TiCl_4 0,1 M, Citric Acid 0,1 M, kanji 2% w/v, chitosan teknis 2% w/v.</p> <p>Proses: Semua bahan (dalam bentuk larutan) secara berturut-turut dicampur dan diaduk menggunakan stirrer hingga merata. Derajat keasaman (pH) diatur mencapai 3 hingga dihasilkan endapan. Endapan yang terbentuk dipisahkan dengan cara mengevaporasi pelarut hingga diperoleh serbuk kering. Selanjutnya dilakukan proses kalsinasi.</p>		<p>Suhu dan durasi kalsinasi: 750 °C selama 1 jam</p>	

<p>NO. 17 50 170</p>		<p>Micrograph showing a dense field of small, dark, spherical particles. The particles are uniform in size and shape, suggesting a high degree of control in their synthesis. The background is light gray, and the particles are scattered throughout the field of view.</p>
<p>NO. 18 50 170</p>		<p>Micrograph showing a field of small, dark, spherical particles. The particles are uniform in size and shape, suggesting a high degree of control in their synthesis. The background is light gray, and the particles are scattered throughout the field of view.</p>

<p>NO. 19 50 170</p>		<p>Deskripsi gambar: Partikel yang dihasilkan sudah mulai terpisah dan memiliki bentuk yang cenderung menyerupai spherical dengan ukuran yang bervariasi pada rentang sekitar 100 – 500 nm. Meskipun demikian, terlihat pula bahwa sebagian partikel masih menempel satu sama lain. Partikel yang telah terpisah terlihat sudah terdispersi secara merata.</p>
<p>NO. 20 50 170</p>		<p>Partikel yang dihasilkan sudah mulai terpisah dan memiliki bentuk yang cenderung menyerupai spherical dengan ukuran yang bervariasi pada rentang sekitar 100 – 500 nm. Meskipun demikian, terlihat pula bahwa sebagian partikel masih menempel satu sama lain. Partikel yang telah terpisah terlihat sudah terdispersi secara merata.</p>

29

29 Juli
2013



Nama file: 1352I-SEM-Anoda 3-20000x-B4T791-29 jul 13

Elemen Batere: anoda

Kode: 1352I-SEM-Anoda 3-20000x-B4T791-29 jul 13

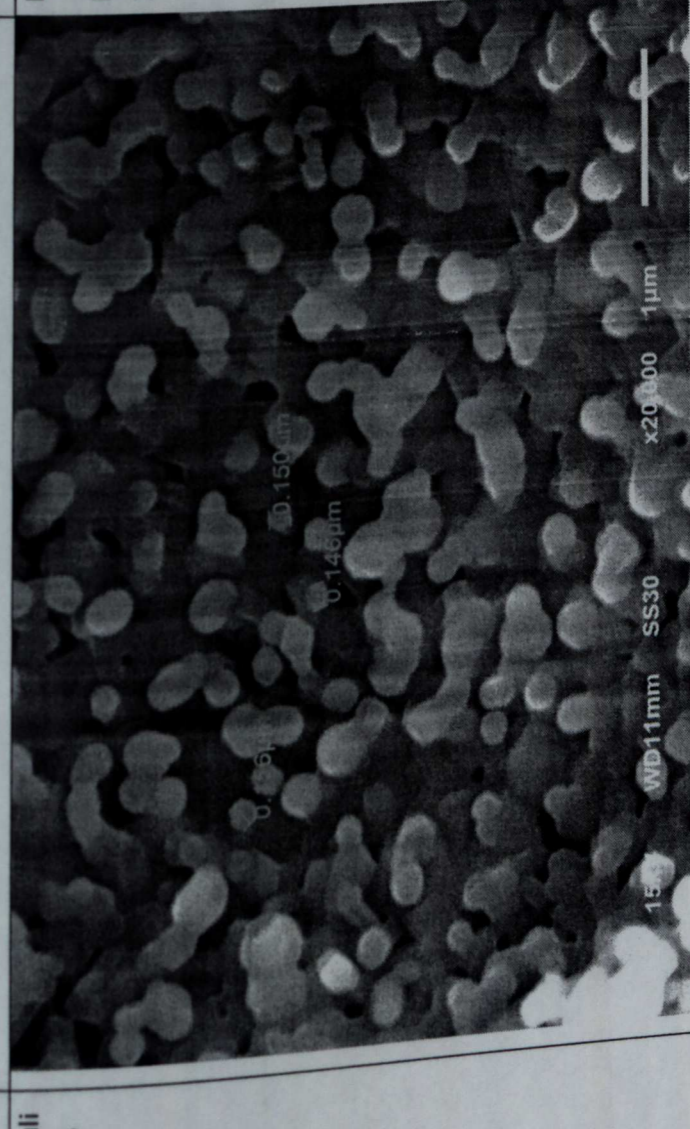
Komposisi: LiNO_3 0,1 M, TiCl_4 0,1 M, Citric Acid 0,1 M, kanji 2% w/v, chitosan teknis 2% w/v.

Proses: Semua bahan (dalam bentuk larutan) secara berturut-turut dicampur dan diaduk menggunakan stirrer hingga merata. Derajat keasaman (pH) diatur mencapai 3 hingga dihasilkan endapan. Endapan yang terbentuk dipisahkan dengan cara mengevaporasi pelarut hingga diperoleh serbuk kering. Selanjutnya dilakukan proses kalsinasi.

Suhu dan durasi kalsinasi: 750 °C selama 1 jam

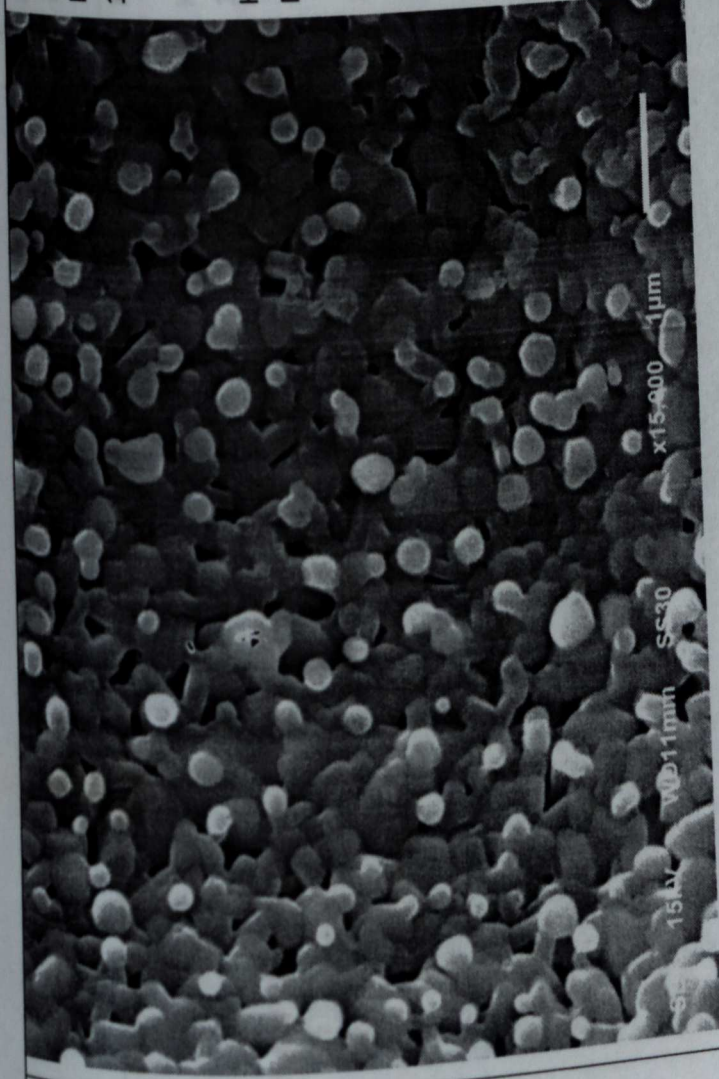
Deskripsi gambar:

Partikel yang dihasilkan sudah mulai terpisah dan memiliki bentuk yang cenderung menyerupai spherical dengan ukuran yang bervariasi pada

30		<p>rentang sekitar 100 – 500 nm. Meskipun demikian, terlihat pula bahwa sebagian partikel masih menempel satu sama lain. Partikel yang telah terpisah terlihat sudah terdispersi secara merata.</p>
29 Juli 2013		<p>Elemen Batere: anoda</p> <p>Kode: 13521-SEM-Anoda 3-20000x-B4T791-29 jul 13-scale</p> <p>Komposisi: LiNO_3 0,1 M, TiCl_4 0,1 M, Citric Acid 0,1 M, kanji 2% w/v, chitosan teknis 2% w/v.</p> <p>Proses: Semua bahan (dalam bentuk larutan) secara berturut-turut dicampur dan diaduk menggunakan stirrer hingga merata. Derajat keasaman (pH) diatur mencapai 3 hingga dihasilkan endapan. Endapan yang terbentuk dipisahkan dengan cara mengevaporasi pelarut hingga diperoleh serbuk kering. Selanjutnya dilakukan proses kalsinasi.</p> <p>Suhu dan durasi kalsinasi: 750 °C selama 1 jam</p>
	<p>Nama file: 13521-SEM-Anoda 3-20000x-B4T791-29 jul 13-scale</p>	

31

29 Juli
2013



Nama file: 1352J-SEM-Anoda 4-15000x-B4T791-29 jul 13

Elemen Batere: anoda

Kode: 1352J-SEM-Anoda 4-15000x-B4T791-29 jul

13

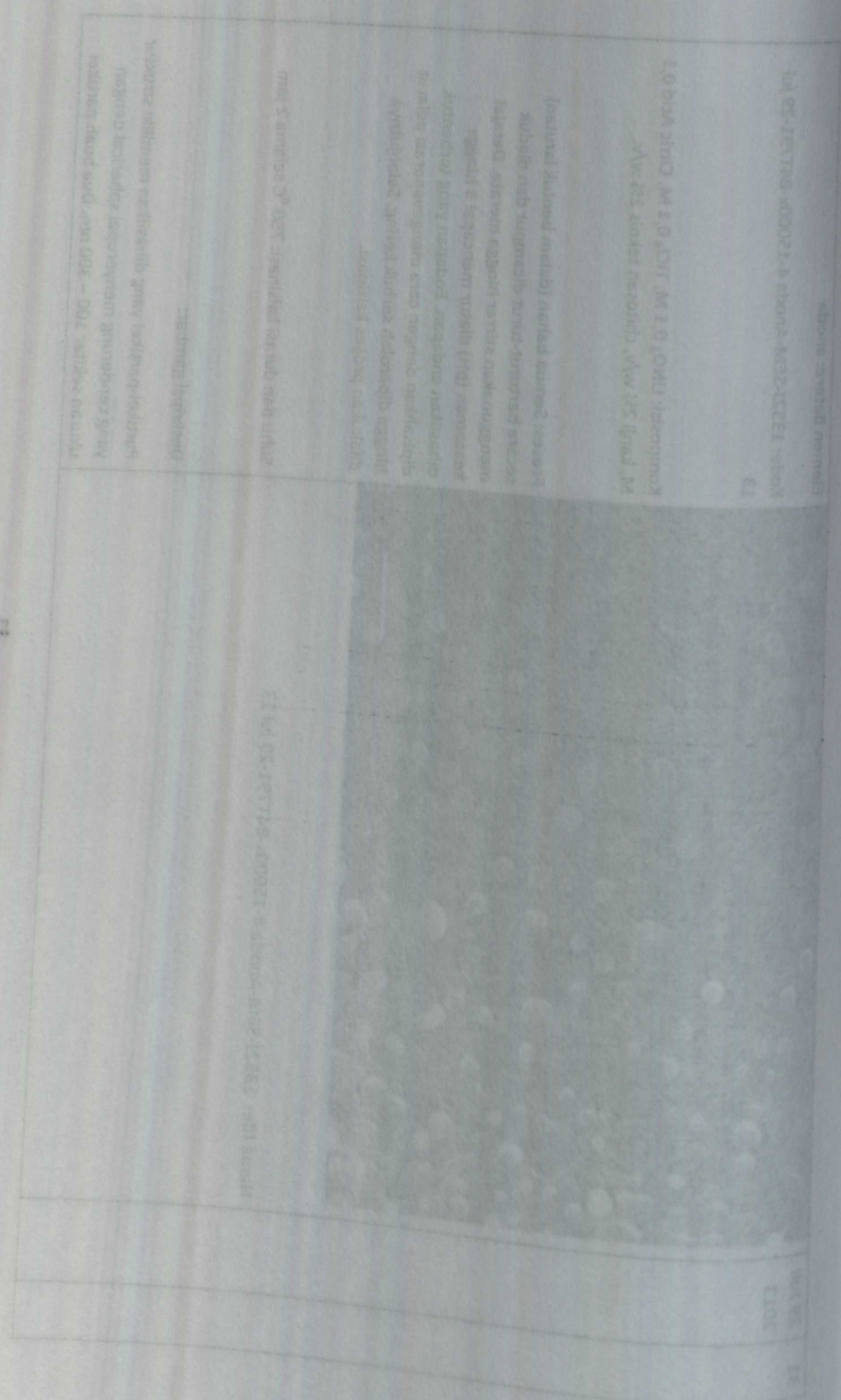
Komposisi: LiNO_3 0,1 M, TiCl_4 0,1 M, Citric Acid 0,1 M, kanji 2% w/v, chitosan teknis 2% w/v.

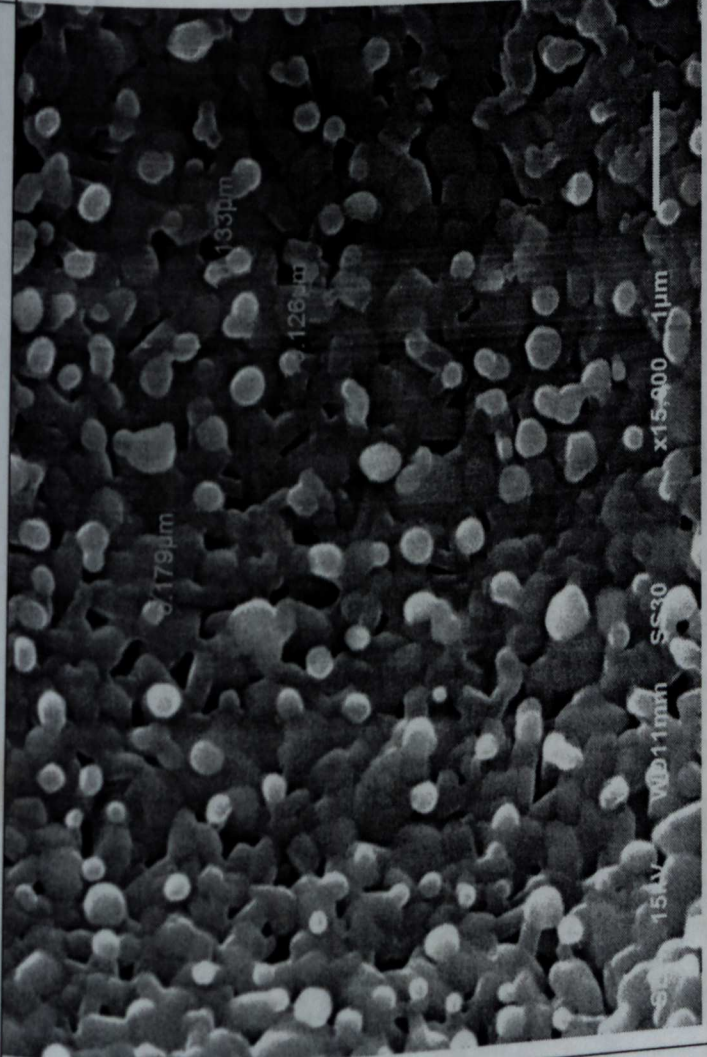
Proses: Semua bahan (dalam bentuk larutan) secara berturut-turut dicampur dan diaduk menggunakan stirrer hingga merata. Derajat keasaman (pH) diatur mencapai 3 hingga dihasilkan endapan. Endapan yang terbentuk dipisahkan dengan cara mengevaporasi pelarut hingga diperoleh serbuk kering. Selanjutnya dilakukan proses kalsinasi.

Suhu dan durasi kalsinasi: 750°C selama 2 jam

Deskripsi gambar:

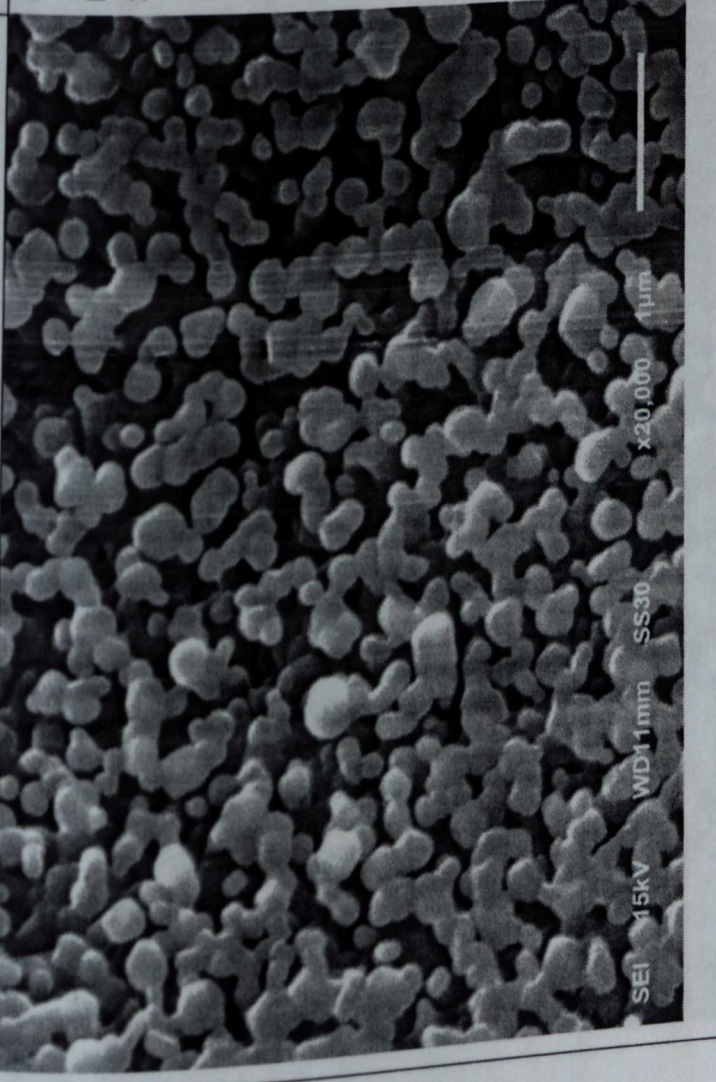
Partikel-partikel yang dihasilkan memiliki struktur yang cenderung menyerupai spherical dengan ukuran sekitar 100 – 300 nm. Dua buah partikel



32	29 Juli 2013	atau lebih membentuk cluster dan terdistribusi secara merata.
		<p>Elemen Batere: anoda</p> <p>Kode: 1352J-SEM-Anoda 4-15000x-B4T791-29 jul 13-scale</p> <p>Komposisi: LiNO_3 0,1 M, TiCl_4 0,1 M, Citric Acid 0,1 M, kanji 2% w/v, chitosan teknis 2% w/v.</p> <p>Proses: Semua bahan (dalam bentuk larutan) secara berturut-turut dicampur dan diaduk menggunakan stirrer hingga merata. Derajat keasaman (pH) diatur mencapai 3 hingga dihasilkan endapan. Endapan yang terbentuk dipisahkan dengan cara mengevaporasi pelarut hingga diperoleh serbuk kering. Selanjutnya dilakukan proses kalsinasi.</p> <p>Suhu dan durasi kalsinasi: 750 °C selama 2 jam</p> <p>Deskripsi gambar:</p> <p>Partikel-partikel yang dihasilkan memiliki struktur</p>

<p>13 29 Juli 2013</p>	<p>yang cenderung menyerupai spherical dengan ukuran sekitar 100 – 300 nm. Dua buah partikel atau lebih membentuk cluster dan terdistribusi secara merata.</p>
------------------------	--

<p>33 29 Juli 2013</p>	<p>yang cenderung menyerupai spherical dengan ukuran sekitar 100 – 300 nm. Dua buah partikel atau lebih membentuk cluster dan terdistribusi secara merata.</p>
<p>33 29 Juli 2013</p>	<p>Elemen Batere: anoda Kode: 1352J-SEM-Anoda 4-20000x-B4T791-29 jul 13 Komposisi: LiNO₃ 0,1 M, TiCl₄ 0,1 M, Citric Acid 0,1 M, kanji 2% w/v, chitosan teknis 2% w/v. Proses: Semua bahan (dalam bentuk larutan) secara berturut-turut dicampur dan diaduk menggunakan stirrer hingga merata. Derajat keasaman (pH) diatur mencapai 3 hingga dihasilkan endapan. Endapan yang terbentuk dipisahkan dengan cara mengevaporasi pelarut hingga diperoleh serbuk kering. Selanjutnya dilakukan proses kalsinasi.</p>
<p>33 29 Juli 2013</p>	<p>Suhu dan durasi kalsinasi: 750 °C selama 2 jam</p>



Nama file: 1352J-SEM-Anoda 4-20000x-B4T791-29 jul 13

40
3
Septe
mber
2013



Nama file: 1535B-SEM-Li Titan-5000x-Abdul791-3 sep 13

Elemen Batere:

Kode: 1535B-SEM-Li Titan-5000x-Abdul791-3 sep 13

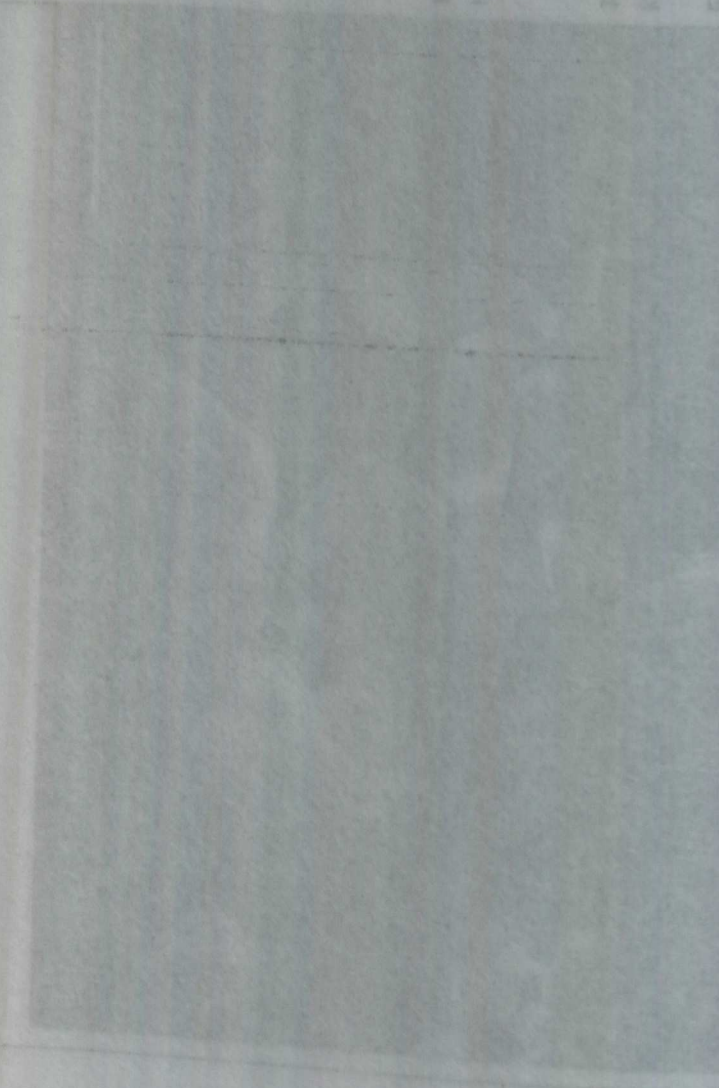
Komposisi: LiNO_3 0,1 M, TiCl_4 0,1 M, Citric Acid 0,1 M, kanji 2% w/v, chitosan teknis 2% w/v.


Proses: Semua bahan (dalam bentuk larutan) secara berturut-turut dicampur dan diaduk menggunakan stirrer hingga merata. Derajat keasaman (pH) diatur mencapai 3 hingga dihasilkan endapan. Endapan yang terbentuk dipisahkan dengan cara mengevaporasi pelarut hingga diperoleh serbuk kering. Selanjutnya dilakukan proses kalsinasi.

Suhu dan durasi kalsinasi: 750°C selama 3 jam

Deskripsi gambar:

Partikel yang terbentuk secara umum masih berukuran cukup besar yaitu di atas 500 nm. Partikel memiliki struktur yang bervariasi dengan

<p>2013 september 2013</p>		<p>Deskripsi Gambar:</p> <p>Partikel yang terbentuk secara umum masih berukuran cukup besar yaitu di atas 500 nm. Partikel memiliki struktur yang bervariasi dengan kecenderungan teraglomerasi.</p>
------------------------------------	---	--

<p>42 3 Septe mber 2013</p>		<p>Partikel yang terbentuk secara umum masih berukuran cukup besar yaitu di atas 500 nm. Partikel memiliki struktur yang bervariasi dengan kecenderungan teraglomerasi.</p> <p>Elemen Batere: Kode: 1535C-SEM-Putih-20000x-Abdul791-3 sep 13</p> <p>Komposisi:</p> <p>Proses:</p> <p>Suhu kalsinasi:</p> <p>Durasi kalsinasi:</p> <p>Deskripsi gambar:</p>
---	--	--

Nama file: 1535C-SEM-Putih-20000x-Abdul791-3 sep 13

43	3	Septembar 2013	1535C-SEM-Putih-40000x-Abdul791-3 sep 13	1535C-SEM-Putih-40000x-Abdul791-3 sep 13	1535C-SEM-Putih-40000x-Abdul791-3 sep 13
----	---	----------------	--	--	--

44	3	Septembar 2013	1535C-SEM-Putih-40000x-Abdul791-3 sep 13	1535C-SEM-Putih-40000x-Abdul791-3 sep 13	1535C-SEM-Putih-40000x-Abdul791-3 sep 13
----	---	----------------	--	--	--



Nama file:1535C-SEM-Putih-40000x-Abdul791-3 sep 13-scale

Elemen Batere:
Kode: 1535C-SEM-Putih-40000x-Abdul791-3 sep 13-scale
Komposisi:
Proses:
Suhu kalsinasi:
Durasi kalsinasi:
Deskripsi gambar:

45	3	Septem ber 2013	<p>Elemen Batere:</p> <p>Kode: 1535D-SEM-Copper-10000x-Abdul791-3 sep 13</p> <p>Komposisi:</p> <p>Proses:</p> <p>Suhu kalsinasi:</p> <p>Durasi kalsinasi:</p> <p>Deskripsi gambar:</p>
----	---	-----------------------	--

45	3	Septem ber 2013	<p>Elemen Batere:</p> <p>Kode: 1535D-SEM-Copper-10000x-Abdul791-3 sep 13</p> <p>Komposisi:</p> <p>Proses:</p> <p>Suhu kalsinasi:</p> <p>Durasi kalsinasi:</p> <p>Deskripsi gambar:</p>
----	---	-----------------------	--



Nama file:1535D-SEM-Copper-10000x-Abdul791-3 sep 13

<p>5019 5076 20118 3</p>	<p>15335D-SEM-Copper-10000x-Abdul791-3 sep 13-2</p>	<p>15335D-SEM-Copper-10000x-Abdul791-3 sep 13-2</p>
--------------------------------------	---	---

46 3
Septe
mber
2013



Elemen Batere:

Kode: 15335D-SEM-Copper-10000x-Abdul791-3 sep 13-2

Komposisi:

Proses:

Suhu kalsinasi:

Durasi kalsinasi:

Deskripsi gambar:

Nama file:15335D-SEM-Copper-10000x-Abdul791-3 sep 13-2

BAB III

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Pengembangan teknologi penyimpanan energi (energy storage) harus dapat menyentuh pada teknologi inti (core technology) yaitu material maju. Target yang harus dicapai adalah bentuk keluaran teknologi berupa produk. Adapun hasil (outcome) peningkatan kemampuan organisasi B4T dalam kegiatan penelitian dan pengembangan dengan sumber daya manusia yang kompeten dicapai dengan berbagai kegiatan penelitian ini.

Bahan aktif katoda, anoda dan elektrolit telah dibahas dan didapati bahwa untuk bahan-bahan yang telah dikaji memiliki sifat morfologi dan kristalisasi yang baik. Hal ini diwujudkan dengan teknologi proses sol-gel yang membangun struktur dari interaksi molekul-molekul membentuk material yang dikehendaki dengan sifat-sifat morfologi dan kristalisasi yang dapat dikendalikan secara molekuler (bottom-up). Hal ini menjadi terobosan teknologi bagi riset ini.

Sebagai tindak lanjut, perlu kiranya untuk mengintegrasikan semua bahan aktif dengan suatu desain cell dengan mutu industrial. Hal ini memerlukan bahan-bahan, peralatan dan fasilitas khusus. Selain itu, bahan-bahan aktif yang telah disintesis perlu dikembangkan prosesnya sehingga dapat menghasilkan rangkaian produksi yang dapat ditingkatkan skala produksinya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Yoshio Nishi, "Synopsis of the Lithium-Ion Battery Markets," in *Lithium-Ion Batteries Science and Technology*, Masaki Yoshio, Ralph J. Brodd, and Akia Kozawa, Eds. New York, USA: Springer, 2009, ch. 1, p. 2.
- [2] Battery University. (2013, May) Global Battery Markets. [Online]. http://batteryuniversity.com/learn/article/global_battery_markets
- [3] www.renewableenergyworld.com. (2013, May) Energy Storage Series: Making the Case for Batteries. [Online]. <http://www.renewableenergyworld.com/rea/news/article/2013/03/energy-storage-series-making-the-case-for-batteries>
- [4] Boston-power. (2013, May) Lithium-ion Batteries for Utility Energy Storage: Renewable Storage; Community Energy Storage; Peak Shifting Storage. [Online]. <http://www.boston-power.com/applications/utility-energy-storage>
- [5] Jeffrey W. Fergus, "Recent developments in cathode materials for lithium ion batteries," *Journal of Power Source*, vol. 195, pp. 939-954, 2010.
- [6] Chung-Hsin Lu and Susanta Kumar Saha, "Morphology and electrochemical properties of LiMn₂O₄ powders derived from the sol-gel route," *Materials Science and Engineering B79*, pp. 247-250, 2001.
- [7] William D. Callister Jr. and David G. Rethwisch, *Materials Science and Engineering: An Introduction.*: Wiley.
- [8] Paul Scherrer Institut. (2013, May) Memory effect now also found in lithium-ion batteries. [Online]. <http://www.psi.ch/media/memory-effect-now-also-found-in-lithium-ion-batteries>
- [9] Jaycar Electronics. (2013, May) Jaycar Electronics Reference Data Sheet. [Online]. http://www.jaycar.com.au/images_uploaded/recharge.pdf
- [10] Argonne National Laboratories. (2013, May) Dreamliner Battery Woes Have ISS

DAFTAR PUSTAKA

[1] Yoshida, N. "Synthesis of the Lithium-Ion Battery Cathode," in *Lithium-Ion Batteries: Science and Technology*, Masaki Yoshida, Ralph J. Br. et al. and Akira Komawa, Eds. New York: USA: Springer, 2009, ch.1, p. 2.

[2] Battery University (2013, May) Global Battery Markets [Online]. <http://www.batteryuniversity.com/resources/global-battery-markets>

[3] www.newspaperworld.com (2013, May) Energy Storage Series: Making the Case for Batteries [Online]. <http://www.newspaperworld.com/resources/energy-storage-series-making-the-case-for-batteries>

[4] Boston Power Corp. (2013, May) Lithium-Ion Batteries for Utility Energy Storage: Resizable Storage, Commercially Proven, Rock-Solid Storage. [Online]. <http://www.boston-power.com/resources/utility-energy-storage>

[5] Jeffrey W. Barun. "Recent developments in cathode materials for lithium ion batteries," *Journal of Power Sources*, vol. 152, pp. 950-954, 2004.

[6] Chung-Hsin Lu and Shang-Wei Lin, "Morphology and electrochemical properties of LiMn₂O₄ powder derived from the sol-gel route," *Materials Science and Engineering B*, pp. 247-250, 2001.

[7] William D. Calhoun, Jr. and David G. Rednack. *Natural Science and Engineering*. The International: Wiley.

[8] Paul Scheurer Institut. (2013, May) Memory effect: not also found in lithium-ion batteries. [Online]. <http://www.scheurer-institut.ch/wordpress/wp-content/uploads/2013/05/memory-effect-not-also-found-in-lithium-ion-batteries>

[9] Jeyar Electronics. (2013, May) Japan Electronics Release: Pan-Shan [Online]. <http://www.jeyar.com/wordpress/wp-content/uploads/2013/05/japan-electronics-release-pan-shan>

[10] Argonne National Laboratory. (2013, May) Document: Batteries: Woes Have Implications. [Online]. <http://www.spacesafetymagazine.com/2013/01/18/dreamliner-battery-woes-implications-iss/>

[11] How Stuff Works. (2013, May) How Lithium-Ion Batteries Works. [Online]. <http://electronics.howstuffworks.com/everyday-tech/lithium-ion-battery.htm>

[12] Xiangming He et al., "Synthesis of Spinel LiMn₂O₄ for Li-Ion Batteries via Sol-gel Process," *International Journal of Electrochemical Science*, vol. 1, pp. 12-16, 2006.

[13] Bo Xu, Qian Danna, Ziyang Wang, and Ying Shirley Meng, "Recent Progress in cathode materials research for advanced lithium ion batteries," *Materials Science and Engineering R73*, pp. 51-65, 2012.

[14] Claus Daniel, Ed., *Handbook of Battery Materials*, 2nd ed. Germany: Wiley-VCH, 2011, ch. 12, pp. 355-356.

[15] Chung-Hsin Lu and Shang-Wei Lin, "Influence of the particle size on the electrochemical properties of lithium manganese oxide," *Journal of Power Sources*, vol. 97-98, p. 458, 2001.

[16] Guo-Wei Ling, Xiping Zhu, and Yan-Bing He, "Structural and Thermal Stabilities of Spinel LiMn₂O₄ Materials Under Commercial Power Batteries Cycling and Abusive Conditions," *International Journal of Electrochemical Science*, vol. 7, pp. 2455-2467, 2012.

[17] Kementerian ESDM. (2013, May) Informasi mineral dan batubara - Mangan. [Online]. <http://www.tekmira.esdm.go.id/data/Mangan/ulasan.asp?xdir=Mangan&commId=22&comm=Mangan>

[18] NEW WISDOM INVESTMENT LIMITED. (2013, May) Spinel LiMn₂O₄. [Online]. <http://www.limn2o4.com/>

[19] Le Scienze Web News (LSWN). (2013, May) Sol-gel technology: "THE NANOSONS'S BIG MUM". [Online]. <http://www.lswn.it/en/node/10186>

[20] Pradip Kumar Dutta, Joydeep Dutta, and V S Tripathi, "Chitin and chitosan: Chemistry, properties, and applications," *Journal of Scientific & Industrial Research*, vol. 63, pp.

20-31, 2004.

[21] Majeti N. V. and Ravi Kumar, "A review of chitin and chitosan applications," *Reactive & Functional Polymers*, vol. 46, pp. 1-27, 2000.

[22] M. Dash, F. Chiellini, R.M. Ottenbrite, and E. Chiellini, "Chitosan-A versatile semi-synthetic polymer in biomedical applications," *Progress in Polymer Science*, vol. 36, pp. 981-1014, 2011.

[23] Inmaculada Aranaz, Ruth Harris, and Angeles Heras, "Chitosan Amphiphilic Derivatives. Chemistry and Applications," *Current Organic Chemistry*, vol. 14, pp. 308-330, 2010.

[24] Grainne M. Cunniffe, Fergal J. O'Brien, Sonia Partap, Tanya J. Levingstone, and Kenneth T. Stanton, "The synthesis and characterization of nanophase hydroxyapatite using a novel dispersant-aided precipitation method," Royal College of Surgeons in Ireland, Anatomy Articles 2010.

[25] ChemWiki. (2013, May) Powder X-ray Diffraction - ChemWiki. [Online]. chemwiki.ucdavis.edu

[26] (2013, May) Electron diffraction. [Online]. www.microscopy.ethz.ch

[27] BME 355 Lab. (May, 2013) Full width half maximum. [Online]. <http://noodle.med.yale.edu/staib/bme355/gammacamera/procedure.htm>

[28] (2013, May) SEM instrument. [Online]. www4.nau.edu

[29] FMIPA ITB. (2013, May) Laboratorium Scanning Electron Microscope FMIPA ITB. [Online]. <http://sem.fmipa.itb.ac.id/images/sem1.JPG>

[30] Serk-Won Jang et al., "Synthesis and characterization of spinel LiMn₂O₄ for lithium secondary battery," *Journal of Power Sources*, vol. 88, pp. 274-277, 2000.

[31] Xiong Wang et al., "Citric acid-assisted sol-gel synthesis of nanocrystalline LiMn₂O₄ spinel as cathode material," *Journal of Crystal Growth*, vol. 256, pp. 123-127, 2003.

[32] Department of Chemistry, Christopher Ingold Laboratories, University College London.
(2013, May) XRD - Size and Strain Determination. [Online].
<http://pd.chem.ucl.ac.uk/pdnn/peaks/sizedet.htm>



