

PRA RANCANGAN PABRIK LITIUH KARBONAT KAPASITAS
10.000 TON/TAHUN



SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan Sarjana
Terapan (S-1) Teknologi Rekayasa Kimia Berkelanjutan Jurusan Teknik Kimia
Politeknik Negeri Ujung Pandang

ANGGA ANDIKA FARHAN

431 21 006

DESEMBRIANO SENOLINGGI

431 21 007

PROGRAM STUDI D-4 TEKNOLOGI REKAYASA KIMIA BERKELANJUTAN
JURUSAN TEKNIK KIMIA

POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG

MAKASSAR

2025

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi dengan judul **Pra Rancangan Pabrik Litium Karbonat dari Litium Klorida dan Karbon Dioksida Kapasitas 10.000 Ton/Tahun** oleh Angga Andika Farhan, Nim 431 21 006 telah diterima dan disahkan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, 7 Oktober 2025

Menyetujui,

Pembimbing 1

Dr. Joice Manga, ST., MT.
NIP. 197312152003122001

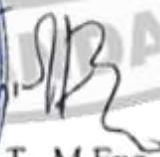
Pembimbing 2

Dr. Ridhawati, ST., MT.
NIP. 197604192005012002

Mengetahui,

Koordinator Program Studi
D4 Teknologi Rekayasa Kimia Berkelanjutan




Ir. Yuliani R. S.T., M.Eng
NIP. 197304092003122002

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	Error! Bookmark not defined.
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PENERIMAAN	Error! Bookmark not defined.
KATA PENGANTAR.....	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL.....	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR GAMBAR	Error! Bookmark not defined.
SURAT PERNYATAAN	Error! Bookmark not defined.
RINGKASAN	vii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Kapasitas Rancangan.....	2
1.3 Penentuan Lokasi Pabrik	8
1.4 Tinjauan Pustaka.....	15
BAB II DESKRIPSI PROSES	Error! Bookmark not defined.
2.1 Spesifikasi Bahan Baku Dan Produk.....	Error! Bookmark not defined.
2.2 Konsep Proses.....	Error! Bookmark not defined.
2.3 Langkah Proses.....	Error! Bookmark not defined.
2.4 Diagram Alir	Error! Bookmark not defined.
BAB III NERACA MASSA	Error! Bookmark not defined.
3.1 <i>Mixer</i> (M-101)	Error! Bookmark not defined.

3.2	Reaktor Karbonasi (R-101).....	Error! Bookmark not defined.
3.3	Kondensor (KD-101).....	Error! Bookmark not defined.
3.4	Knock Out Drum (KOD-101).....	Error! Bookmark not defined.
3.5	Mixing Valve (MV-101).....	Error! Bookmark not defined.
3.6	Rotary Drum Vacuum Filter (RDVF-101)....	Error! Bookmark not defined.
3.7	Rotary Dryer (RD-101).....	Error! Bookmark not defined.
3.8	Ball Mill (BM-101).....	Error! Bookmark not defined.
BAB IV NERACA PANAS		Error! Bookmark not defined.
4.1	Mixer (M-101).....	Error! Bookmark not defined.
4.2	Heater (H-101).....	Error! Bookmark not defined.
4.3	Heater (H-102).....	Error! Bookmark not defined.
4.4	Reaktor (R-101).....	Error! Bookmark not defined.
4.5	Kondensor (KD-101).....	Error! Bookmark not defined.
4.6	Heater (H-103).....	Error! Bookmark not defined.
4.7	Rotary Dryer (RD-101).....	Error! Bookmark not defined.
BAB V SPESIFIKASI ALAT		Error! Bookmark not defined.
5.1	Silo (S-101).....	Error! Bookmark not defined.
5.2	<i>Mixer</i> (M-101)	Error! Bookmark not defined.
5.3	<i>Heater</i> (H-101)	Error! Bookmark not defined.
5.6	Reaktor Karbonasi (R-101).....	Error! Bookmark not defined.
5.7	<i>Heater</i> (H-101)	Error! Bookmark not defined.
5.8	<i>Heater</i> (H-102)	Error! Bookmark not defined.
5.9	<i>Heater</i> (H-103)	Error! Bookmark not defined.

5.10	<i>Rotary Dryer</i> (RD-101)	Error! Bookmark not defined.
5.11	<i>Rotary Drayer Vacuum Filter</i> (RDVF-101) ...	Error! Bookmark not defined.
5.12	<i>Screw Conveyor</i> (SC-01)	Error! Bookmark not defined.
5.13	<i>Screw Conveyor</i> (SC-102)	Error! Bookmark not defined.
5.14	<i>Screw Conveyor</i> (SC-103)	Error! Bookmark not defined.
5.15	<i>Screw Conveyor</i> (SC-104)	Error! Bookmark not defined.
5.16	Pompa (P-101)	Error! Bookmark not defined.
5.17	Pompa (P-102)	Error! Bookmark not defined.
5.18	Kondensor (KD-101)	Error! Bookmark not defined.
5.19	<i>Knock Out Drum</i> (KOD-101)	Error! Bookmark not defined.
5.20	<i>Ball Mill</i> (BM-101)	Error! Bookmark not defined.
5.21	Tangki (T-101)	Error! Bookmark not defined.
5.22	<i>Warehouse</i> (WH-101)	Error! Bookmark not defined.
5.23	<i>Blower</i> (B-101)	Error! Bookmark not defined.
BAB VI UTILITAS		Error! Bookmark not defined.
6.1	Unit Penyediaan <i>Steam</i>	Error! Bookmark not defined.
6.2	Unit Penyediaan Air	Error! Bookmark not defined.
6.3	Unit Penyediaan Listrik	Error! Bookmark not defined.
6.4	Unit Penyediaan Bahan Bakar	Error! Bookmark not defined.
6.5	Unit Pengolahan Limbah	Error! Bookmark not defined.
6.6	Spesifikasi Alat Utilitas	Error! Bookmark not defined.
BAB VII INSTRUMENTASI DAN KESELAMATAN KERJA		Error! Bookmark not defined.

7.1	Instrumentasi.....	Error! Bookmark not defined.
7.2	Keselamatan dan Kesehatan Kerja	Error! Bookmark not defined.
BAB VIII STRUKTUR ORGANISASI		Error! Bookmark not defined.
8.1	Bentuk Perusahaan.....	Error! Bookmark not defined.
8.2	Struktur Organisasi	Error! Bookmark not defined.
8.3	Tugas dan Wewenang	Error! Bookmark not defined.
8.4	Jam Kerja.....	Error! Bookmark not defined.
8.5	Status Karyawan dan Sistem Kerja.....	Error! Bookmark not defined.
BAB IX TATA LETAK PABRIK DAN PEMETAAN.....		Error! Bookmark not defined.
9.1	Deskripsi Tata Letak	Error! Bookmark not defined.
9.2	Tata Letak Alat Proses	Error! Bookmark not defined.
BAB X ANALISA EKONOMI.....		Error! Bookmark not defined.
10.1	<i>Total Capital Investment</i> (TCI)	Error! Bookmark not defined.
10.2	<i>Total Production Cost</i> (TPC).....	Error! Bookmark not defined.
10.3	Analisa Ekonomi	Error! Bookmark not defined.
BAB XI KESIMPULAN		24
DAFTAR PUSTAKA		25
LAMPIRAN A <u>P</u> ERHITUNGAN NERACA MASSA.....A		Error! Bookmark not defined.
LAMPIRAN B <u>P</u> ERHITUNGAN NERACA PANAS.....B		Error! Bookmark not defined.

LAMPIRAN C PERHITUNGAN SPESIFIKASI ALAT ..CError! Bookmark not defined.

LAMPIRAN D PERHITUNGAN UTILITASDError! Bookmark not defined.

LAMPIRAN E PERHITUNGAN ANALISA EKONOMI EError! Bookmark not defined.

PRA RANCANGAN PABRIK LITIUM KARBONAT DARI LITIUM KLORIDA DAN KARBON DIOKSIDA KAPASITAS 10.000 TON/TAHUN

RINGKASAN

Litium karbonat merupakan senyawa anorganik penting yang banyak digunakan dalam industri baterai, kaca, keramik, dan farmasi. Permintaan litium karbonat terus meningkat seiring dengan berkembangnya teknologi kendaraan listrik dan sistem penyimpanan energi. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut, dirancang pabrik litium karbonat dengan kapasitas 10.000 ton per tahun menggunakan bahan baku litium hidroksida (LiOH) dan karbon dioksida (CO₂). Pabrik ini direncanakan berlokasi di kawasan Karawang New Industry City (KNIC), Jawa Barat, karena memiliki akses strategis terhadap bahan baku, pasar, serta infrastruktur pendukung.

Proses produksi litium karbonat dilakukan melalui tiga tahap utama, yaitu persiapan bahan baku, tahap karbonasi, serta tahap pemurnian produk. Produk akhir yang dihasilkan berupa litium karbonat dengan tingkat kemurnian 99,5%. Pabrik ini dilengkapi dengan unit utilitas yang mencakup penyediaan air, listrik, steam, bahan bakar, serta unit pengolahan limbah. Kebutuhan air dan listrik dipenuhi dari infrastruktur kawasan industri, sementara tenaga kerja diperkirakan sebanyak 108 orang dengan sistem kerja bergilir selama 330 hari operasi per tahun.

Analisis ekonomi menunjukkan bahwa investasi pabrik ini layak didirikan. Total capital investment dan biaya produksi telah dihitung, dengan hasil evaluasi menunjukkan nilai pengembalian investasi yang menguntungkan, waktu balik modal yang relatif singkat, serta titik impas yang kompetitif. Oleh karena itu,

pembangunan pabrik litium karbonat berkapasitas 10.000 ton/tahun ini diharapkan mampu mengurangi ketergantungan impor, mendukung perkembangan industri baterai nasional, serta berkontribusi positif terhadap pengembangan energi ramah lingkungan di Indonesia.

Kata kunci: Litium Karbonat, Karbon Dioksida, Karbonasi, Baterai Lithium-ion.



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Litium karbonat merupakan senyawa anorganik penting yang banyak digunakan dalam berbagai industri, terutama sebagai bahan utama pembuatan baterai litium-ion dan litium iron phosphate (LFP). Baterai jenis ini banyak diaplikasikan pada perangkat elektronik portabel, kendaraan listrik, serta sistem penyimpanan energi. Seiring berkembangnya teknologi dan meningkatnya kebutuhan energi alternatif yang ramah lingkungan, permintaan terhadap litium karbonat di pasar global mengalami peningkatan yang signifikan setiap tahunnya.

Salah satu rute sintesis lithium karbonat yang banyak digunakan adalah melalui reaksi antara lithium klorida dengan gas karbon dioksida. Proses ini relatif sederhana dan dapat menghasilkan litium karbonat dengan kemurnian tinggi, asalkan tahapan elektrolisis, karbonasi, pemisahan, pengeringan, dan pemurnian dilakukan secara optimal. Produk dengan kualitas tinggi sangat dibutuhkan, mengingat kemurnian lithium karbonat akan berpengaruh langsung terhadap performa baterai yang dihasilkan. Oleh karena itu, studi mengenai rancangan pabrik dengan proses tersebut menjadi penting sebagai landasan teknis untuk mengantisipasi kebutuhan industri.

Dari sisi pasar, harga litium karbonat mengalami fluktuasi yang cukup tajam. Pada tahun 2024, misalnya, harga komoditas ini tercatat turun lebih dari 60% dibandingkan tahun sebelumnya (Petrominindo, 2024). Fenomena ini menunjukkan bahwa perancangan pabrik harus mempertimbangkan aspek efisiensi biaya produksi agar tetap kompetitif menghadapi dinamika pasar global. Selain itu,

penetapan kapasitas produksi juga menjadi faktor penting. Kapasitas 10.000 ton per tahun dinilai sesuai untuk skala menengah karena mampu memenuhi kebutuhan industri sekaligus tetap memungkinkan fleksibilitas dalam operasional.

Dengan mempertimbangkan kebutuhan yang terus meningkat, potensi teknis proses produksi, serta faktor ekonomi yang memengaruhi pasar lithium karbonat, maka perancangan pabrik dengan kapasitas 10.000 ton per tahun menjadi kajian yang relevan. Kajian ini diharapkan dapat memberikan gambaran teknis dan ekonomis yang komprehensif sebagai acuan dalam pengembangan industri lithium karbonat di masa depan.

1.2 Kapasitas Rancangan

1.2.1 Produksi Litium Berdasarkan Negara

Produksi litium global didominasi oleh Australia, Chili dan China. Hal tersebut dikarenakan Cadangan bahan baku dan juga infrastruktur modern yang memadai untuk mengolah bahan alam menjadi litium. Untuk memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai tingkat produksi litium di berbagai negara, berikut disajikan data produksi litium global tahun 2021. Data ini menunjukkan perbandingan kapasitas produksi antara negara-negara utama penghasil litium di dunia. Berikut adalah data produksi litium pada tahun 2021 pada beberapa negara di dunia.

Tabel 1.1 Produksi Litium Global 2021

No.	Negara	Produksi (ton)
-----	--------	----------------

1	Australia	55.416
2	Chili	26.000
3	China	14.000
4	Argentina	5.967
5	Brazil	1.500
6	Zimbabwe	1.200
7	Portugal	900
8	United States	900
	Negara Lainnya	102
Total		105.984

Sumber: BP Statistical Review of World Energy, 2022

Produksi litium global berhasil melampaui angka 100.000 ton untuk pertama kalinya pada tahun 2021, menunjukkan peningkatan luar biasa hingga empat kali lipat dibandingkan dengan jumlah produksi pada tahun 2010. Fakta yang lebih menarik adalah bahwa sekitar 90% dari produksi global berasal hanya dari tiga negara utama penghasil litium, yang mendominasi pasar dunia. Berdasarkan data peringkat yang telah disebutkan, produksi minimum untuk litium tercatat sebesar 900 ton per tahun, sedangkan produksinya dapat mencapai maksimum hingga 55.416 ton per tahun. Di Indonesia sendiri, pabrik litium karbonat modern telah didirikan dan mulai beroperasi secara penuh pada tahun 2024. Pabrik ini memiliki kapasitas produksi yang cukup besar, yaitu mencapai 10.000 ton per tahun, sebagai bagian dari upaya mendukung industri kendaraan listrik.

1.2.2 Ketersediaan Bahan Baku

Tabel 1.2 Ketersediaan Bahan Baku

Bahan Baku	Nama Industri	Lokasi	Kapasitas (ton/tahun)
LiCl	PT Chengtok Litium	Morowali, Sulawesi Tengah	50.000
	Indonesia		
CO ₂	PT Pupuk Kujang	Cikampek, Jawa Barat	50.000
	PT Molindo	Malang, Jawa Timur	16.372
	Petro Oxo Nusantara	Gresik Indonesia	36.000

Tabel 1.2 menunjukkan ketersediaan bahan baku utama untuk pabrik litium karbonat, yaitu litium klorida (LiOH) dan karbon dioksida (CO₂), yang dipasok dari berbagai industri di lokasi strategis. Litium klorida dihasilkan oleh PT Chengtok Litium Indonesia di Morowali, Sulawesi Tengah, dengan kapasitas mencapai 50.000 ton per tahun, memastikan pasokan utama bahan baku ini dapat terpenuhi. Untuk karbon dioksida, pasokan tersedia dari beberapa industri domestik di pulau Jawa. Data ini mencerminkan keberlanjutan suplai bahan baku yang cukup untuk memenuhi kebutuhan pabrik litium karbonat di Indonesia.

1.2.3 Kapasitas Produksi

Penentuan kapasitas pabrik ini menggunakan beberapa rumus sebagai berikut:

$$i = (\sum \%P/n) \quad (1.1)$$

Keterangan:

i = Rata-rata pertumbuhan

P = Data pertumbuhan terakhir

n = Jumlah data pertumbuhan

$$X = X_0(1 + i)^n \quad (1.2)$$

Keterangan:

X = kapasitas pabrik pada tahun didirikan

X₀ = data terakhir

i = rata-rata pertumbuhan

n = selisih tahun pendirian pabrik (2030-2023 = 7 tahun)

$$m_3 = (m_4 + m_1) - (m_5 + m_2) \quad (\text{Peters \& Timerhaus, 1991}) \quad (1.3)$$

Keterangan:

m₁ = Data impor

m₂ = Data produksi

m₃ = Kapasitas

m₄ = Data ekspor

m₅ = Data konsumsi

Penentuan kapasitas produksi pabrik litium karbonat ini didasarkan pada data impor di Indonesia dan ekspor ASEAN. Hal itu dikarenakan tidak adanya data yang mencatat ekspor litium karbonat di Indonesia. Selain itu untuk data konsumsi diasumsikan sama dengan data impor dan data impor diasumsikan dihentikan pada tahun berdirinya pabrik. Penentuan kapasitas menggunakan data tersebut diharapkan jika pabrik ini telah didirikan, kebutuhan litium karbonat dalam negeri dapat tercukupi sehingga tidak memerlukan impor lagi dan juga dapat menjadi komoditi ekspor dilingkup ASEAN hingga pasar global.

Data berikut menunjukkan perkembangan impor dan ekspor litium karbonat di Indonesia dan ASEAN periode 2018–2022. Informasi ini menjadi dasar proyeksi kebutuhan dan kapasitas produksi hingga tahun 2030.

Tabel 1.3 Data Impor Litium Karbonat di Indonesia

No.	Tahun	Impor (Indonesia)	
		Jumlah (kg/tahun)	Pertumbuhan
1	2018	22150	-
2	2019	11376	-0,4864
3	2020	60624	4,3291
4	2021	51860	-0,1445
5	2022	17057	-0,6710
Rata-rata		32613	0,7567

Sumber: UN Data, 2025

Perkiraan ditahun 2030:

$$X = X_0(1 + i)^n$$

$$X = 17057(1 + 0,7467)^7$$

$$X = 880829,1729 \text{ kg/tahun}$$

Tabel 1.4 Data Impor Litium Karbonat di ASEAN

No.	Tahun	Impor (ASEAN)	
		Jumlah (kg/tahun)	Pertumbuhan
1	2018	51255	-
2	2019	298404	4,8219
3	2020	420597	0,4094
4	2021	107726	-0,7438
5	2022	138251	0,2833
Rata-rata		203247	1,1927

Sumber: UN Data, 2025

Perkiraan ditahun 2030:

$$X = X_0(1 + i)^n$$

$$X = 138251(1 + 1,1927)^7$$

$$X = 33694963,93 \text{ kg/tahun}$$

Tabel 1.5 Data Ekspor Litium Karbonat di ASEAN

No.	Tahun	Ekspor (ASEAN)	
		Jumlah (kg/tahun)	%Pertumbuhan
1	2018	790008	-
2	2019	561593	-0,2891
3	2020	355955	-0,3661
4	2021	601178	0,6889
5	2022	623496	0,0371
Rata-rata		586446	0,0176

Sumber: UN Data, 2025

Perkiraan ditahun 2030:

$$X = X_0(1 + i)^n$$

$$X = 623496(1 + 0,0176)^7$$

$$X = 704900,1632 \text{ kg/tahun}$$

Berdasarkan perkiraan pada tahun 2030 dari ketiga data di atas, maka peluang kapasitas produksi dapat ditetapkan sebagai berikut:

a. Ekspor (ASEAN) & Impor (Indonesia)

$$m3 = (m4 + m1) - (m5 + m2)$$

$$m3 = (704900,1632 + 880829,1729) - (0 + 0)$$

$$m3 = 1585729,336 \text{ kg/tahun}$$

$$m3 = 1585,7 \text{ ton/tahun}$$

b. Ekspor (ASEAN) & Impor (ASEAN)

$$m_3 = (m_4 + m_1) - (m_5 + m_2)$$

$$m_3 = (704900,1632 + 33694963,93) - (0 + 0)$$

$$m_3 = 34399864,09 \text{ kg/tahun}$$

$$m_3 = 34399,8 \text{ ton/tahun}$$

Peluang kapasitas produksi pabrik litium karbonat:

$$\text{Rata - rata} = \frac{1585,7 + 34399,8}{2} \text{ ton/tahun}$$

$$\text{Rata - rata} = 17992,7 \text{ ton/tahun}$$

Dikarenakan pabrik serupa telah ada di Indonesia maka peluang kapasitas dikalikan 0,6 dengan harapan pabrik ini nantinya mampu menyuplai untuk kebutuhan 60%.

Sehingga ditetapkanlah kapasitas produksi pabrik litium karbonat sebagai berikut:

$$\text{Kapasitas Produksi} = 17992,7 \times 0,6$$

$$\text{Kapasitas Produksi} = 10795,6 \text{ ton/tahun}$$

$$\text{Dibulatkan menjadi} = 10.000 \text{ ton/tahun}$$

1.3 Penentuan Lokasi Pabrik

Perencanaan lokasi pabrik merupakan salah satu aspek yang sangat penting bagi perusahaan. Pemilihan lokasi yang tepat tidak hanya memberikan kemudahan dalam operasional sehari-hari tetapi juga menjadi fondasi untuk mendukung perkembangan perusahaan dalam jangka panjang. Lokasi pabrik yang strategis dapat memberikan berbagai keuntungan yang signifikan bagi perusahaan. Keuntungan tersebut mencakup peningkatan daya saing di pasar, kemudahan dalam pengadaan bahan baku, efisiensi distribusi produk, serta kemampuan untuk

memberikan pelayanan yang lebih baik kepada konsumen. Dengan lokasi yang optimal, perusahaan dapat meminimalkan biaya logistik dan transportasi, mengurangi risiko keterlambatan pengiriman, serta memastikan keberlanjutan operasional secara efisien.

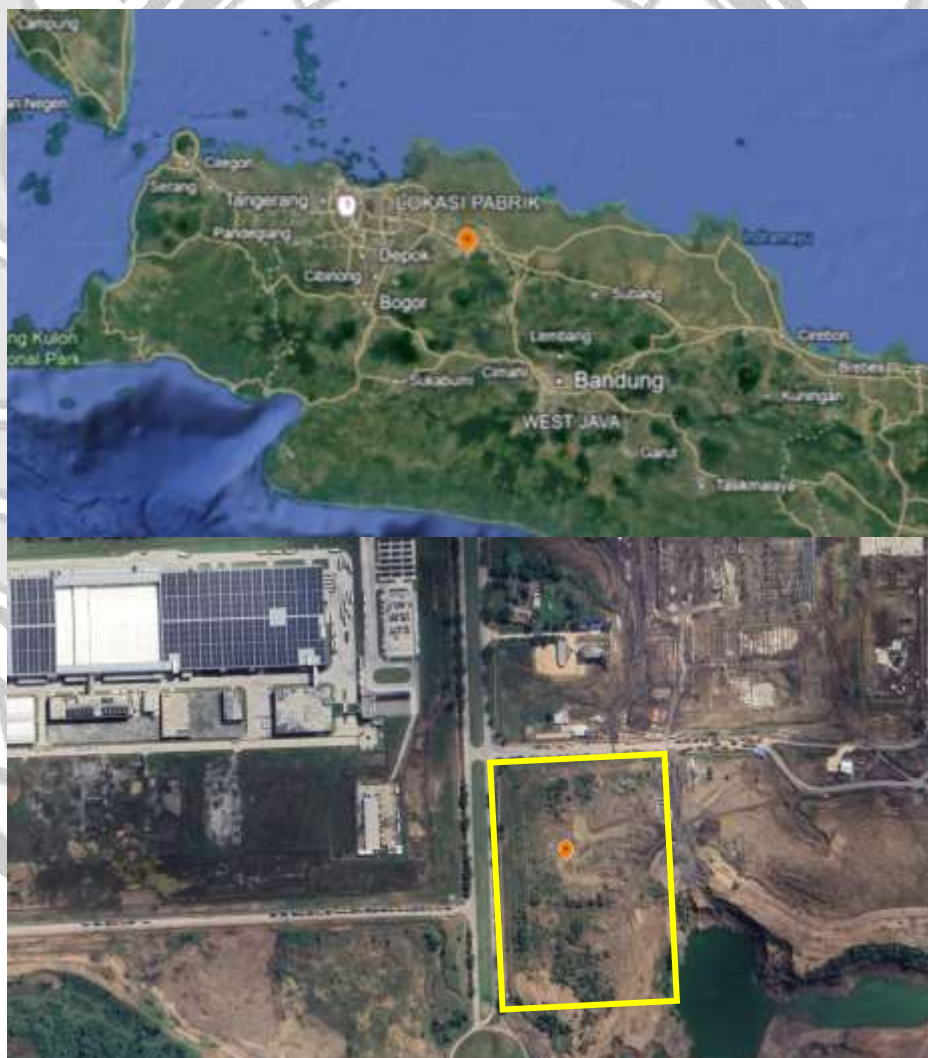
Dalam proses menentukan lokasi pabrik, ada sejumlah faktor yang harus dipertimbangkan dengan cermat. Faktor-faktor tersebut meliputi kemudahan dalam pengoperasian pabrik, termasuk aksesibilitas lokasi serta fleksibilitas untuk rencana pengembangan di masa depan. Selain itu, jarak pabrik dengan sumber bahan baku utama dan bahan pendukung menjadi faktor yang sangat penting, karena jarak yang dekat akan mengurangi biaya pengangkutan dan waktu pengadaan. Lokasi pabrik juga harus mempertimbangkan kedekatannya dengan pasar utama untuk memastikan bahwa produk dapat didistribusikan dengan cepat dan efisien.

Faktor lain yang tidak kalah penting adalah tersedianya infrastruktur transportasi yang memadai, seperti jalan raya, pelabuhan, atau jalur kereta api, yang akan memudahkan pengiriman bahan baku dan distribusi produk akhir. Tenaga kerja juga menjadi pertimbangan penting, baik dari segi ketersediaan jumlah maupun keahlian yang sesuai dengan kebutuhan perusahaan. Selain itu, kondisi sosial dan lingkungan sekitar lokasi pabrik harus diperhatikan, termasuk hubungan dengan masyarakat lokal serta dampak lingkungan dari operasional pabrik.

Berdasarkan berbagai pertimbangan tersebut, pabrik Litium Karbonat direncanakan untuk dibangun di Karawang New Industry City (KNIC). Kawasan ini dipilih karena memiliki berbagai keunggulan, seperti lokasi yang strategis dan dekat dengan beberapa infrastruktur utama seperti tol Jakarta-Cikampek KM 47,

Jalan Tol Layang Jakarta-Cikampek, Kereta LRT Jabodetabek, Jalan Tol Trans Jawa, Pelabuhan Patimban, dan Bandara Soekarno Hatta.

KNIC memiliki infrastruktur lengkap dan menjadi lokasi pilihan bagi industri otomotif, elektronik, dan logistik. Kawasan ini juga menampung pabrik baterai kendaraan listrik pertama di Asia Tenggara, sehingga diharapkan pabrik Litium Karbonat dapat beroperasi efisien dan mendukung pertumbuhan industri di wilayah tersebut. Lokasi pabrik dapat dilihat pada gambar 1.1.



Gambar 1.1 Rencana Lokasi Pabrik Litium Karbonat
(Sumber: *Google Earth*, 2024)

Berikut beberapa faktor primer dan sekunder yang mempengaruhi pemilihan lokasi pabrik tersebut :

1.3.1 Faktor Primer

1. Sumber bahan baku

Pabrik memerlukan pasokan bahan baku secara berkelanjutan untuk mendukung proses produksinya. Bahan baku ini diolah menjadi produk akhir atau barang setengah jadi. Ketergantungan terhadap bahan baku sangat tinggi, karena jika pasokan terhenti, seluruh proses produksi juga akan terganggu, yang pada akhirnya dapat menimbulkan kerugian bagi perusahaan.

Untuk memastikan kelancaran produksi, bahan baku utama untuk pembuatan litium karbonat, seperti litium klorida, akan diimpor dari China. Proses pengiriman dilakukan melalui jalur laut, di mana kapal dapat berlabuh di pelabuhan internasional yang berlokasi dekat dengan kawasan industri Karawang. Selanjutnya, bahan baku dapat dialirkan ke pabrik melalui infrastruktur yang efisien seperti pipa penghubung, guna menekan biaya transportasi.

2. Lokasi pasar

Pendirian pabrik didorong oleh permintaan akan produk yang dihasilkan atau proyeksi peningkatan permintaan di masa depan. Oleh karena itu, lokasi pabrik dirancang dekat dengan pasar utama untuk mempercepat distribusi produk ke konsumen, sekaligus mengurangi biaya logistik.

Litium karbonat adalah bahan baku utama untuk produksi baterai kendaraan listrik, yang permintaannya terus meningkat seiring dengan tren elektrifikasi.

Sebagian besar produsen kendaraan listrik dan baterai di Indonesia berlokasi di Pulau Jawa, seperti di kawasan industri Bekasi, Purwakarta, dan Jakarta. Lokasi Karawang sangat strategis karena terhubung langsung dengan pasar tersebut melalui jalur darat yang efisien, seperti tol Trans-Jawa.

Selain itu, kedekatan dengan pelabuhan internasional Tanjung Priok memungkinkan distribusi produk ke pasar luar negeri, seperti China dan Korea Selatan, yang merupakan konsumen utama litium karbonat. Jalur laut memberikan fleksibilitas tambahan untuk mendukung ekspor dan menjangkau pasar global.

3. Utilitas

Ketersediaan air dan listrik adalah aspek kritis dalam mendukung operasional pabrik. Air digunakan dalam berbagai tahap proses produksi, termasuk pencucian dan pemurnian, sementara listrik diperlukan untuk mengoperasikan mesin-mesin pabrik.

Lokasi di Karawang New Industry City memiliki akses ke sumber daya air yang mencukupi dari sistem pengelolaan air kawasan industri. Untuk kebutuhan listrik, pasokan energi dapat diperoleh dari jaringan listrik Jawa-Bali, yang didukung oleh pembangkit listrik besar di wilayah sekitar. Hal ini menjamin keberlanjutan operasi pabrik tanpa risiko gangguan utilitas.

4. Tenaga kerja

Ketersediaan tenaga kerja yang terampil dan terlatih sangat memengaruhi keberhasilan operasional pabrik. Karawang memiliki akses ke tenaga kerja lokal dari wilayah sekitarnya, seperti Jawa Barat, Jakarta, dan Jawa Tengah. Selain itu,

pabrik dapat merekrut tenaga kerja dengan keahlian khusus dari pusat-pusat pendidikan dan pelatihan yang ada di sekitar wilayah tersebut.

Rekrutmen tenaga kerja lokal juga dapat meningkatkan hubungan baik dengan masyarakat sekitar, yang pada akhirnya menciptakan lingkungan kerja yang kondusif dan mendukung keberlanjutan operasional pabrik.

5. Transportasi

Sistem transportasi yang memadai adalah faktor penting dalam kelancaran pengangkutan bahan baku dan distribusi produk. Karawang memiliki infrastruktur transportasi yang unggul, termasuk akses langsung ke jaringan tol Trans-Jawa, jalur kereta api, dan pelabuhan internasional.

Konektivitas ini memungkinkan bahan baku diangkut dengan cepat dari pelabuhan ke pabrik, serta distribusi produk jadi ke pasar domestik maupun internasional. Dengan tersedianya fasilitas transportasi darat dan laut yang baik, proses logistik diharapkan berjalan lancar, efisien, dan hemat biaya.

1.3.2 Faktor Sekunder

1. Kemungkinan perluasan pabrik

Perencanaan lokasi pabrik harus memperhatikan potensi ekspansi di masa depan. Hal ini penting mengingat permintaan litium karbonat yang terus meningkat seiring dengan perkembangan industri kendaraan listrik.

Karawang New Industry City menyediakan lahan yang cukup luas dan fleksibel untuk mendukung ekspansi pabrik di masa mendatang. Selain itu, kawasan ini telah memenuhi berbagai aspek kelayakan, seperti iklim, kondisi

sosial, dan lingkungan, yang mendukung kelangsungan operasional jangka panjang.

2. Kebijakan pemerintah

Regulasi pemerintah daerah setempat menjadi faktor penting dalam pemilihan lokasi pabrik. Karawang telah ditetapkan sebagai salah satu kawasan industri prioritas oleh pemerintah, dengan kebijakan yang mendukung investasi di sektor teknologi hijau dan manufaktur berkelanjutan.

Berbagai insentif, seperti keringanan pajak dan kemudahan perizinan, diberikan untuk mendukung pendirian pabrik di kawasan ini. Hal ini menciptakan lingkungan bisnis yang kondusif bagi investor dan mendorong percepatan pembangunan industri.

3. Perumahan dan fasilitas pendukung

Fasilitas perumahan untuk karyawan menjadi kebutuhan penting yang tidak boleh diabaikan. Karawang New Industry City dirancang sebagai kawasan terpadu yang menyediakan perumahan, fasilitas pendidikan, layanan kesehatan, dan pusat perbelanjaan.

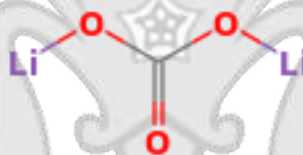
Dengan adanya fasilitas ini, kebutuhan dasar karyawan dapat terpenuhi dengan baik, yang berdampak pada peningkatan produktivitas kerja dan kesejahteraan karyawan. Selain itu, perusahaan tidak perlu mengalokasikan anggaran tambahan untuk membangun fasilitas ini secara mandiri, sehingga dapat mengurangi beban biaya operasional.

1.4 Tinjauan Pustaka

Litium karbonat (Li_2CO_3) adalah senyawa kimia yang berbentuk kristal putih, larut dalam air, dan merupakan salah satu garam litium yang paling penting secara komersial. Litium karbonat adalah bahan baku utama dalam berbagai industri, termasuk teknologi baterai, kaca, keramik, dan farmasi.



Gambar 1.2 Litium Karbonat (Li_2CO_3)



Gambar 1.3 Struktur Molekul Li_2CO_3

Litium karbonat (Li_2CO_3) memiliki berbagai kegunaan penting di berbagai industri dan bidang medis. Dalam industri, litium karbonat merupakan bahan utama dalam produksi baterai lithium-ion, di mana ia digunakan sebagai prekursor untuk material katoda seperti lithium cobalt oxide dan lithium iron phosphate, yang esensial untuk teknologi penyimpanan energi. Selain itu, litium karbonat juga digunakan dalam industri kaca dan keramik untuk meningkatkan kualitas produk,

mengurangi titik leleh, serta meningkatkan kekuatan dan ketahanan terhadap suhu tinggi. Dalam bidang medis, litium karbonat berfungsi sebagai obat untuk mengobati gangguan bipolar dengan menstabilkan suasana hati pasien, mengurangi frekuensi dan keparahan episode mania dan depresi. Dengan demikian, litium karbonat memainkan peran krusial dalam teknologi modern serta kesehatan mental.

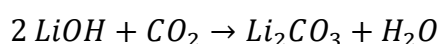
1.4.1 Pertimbangan pemilihan proses

Proses pembuatan litium karbonat dapat dilakukan dengan berbagai metode yang melibatkan tahapan-tahapan tertentu. Beberapa di antaranya mencakup berbagai pendekatan yang telah dikembangkan untuk menghasilkan senyawa ini secara efisien dan berkualitas tinggi. Berikut adalah beberapa proses yang digunakan dalam pembuatan litium karbonat:

1) Karbonasi menggunakan CO₂

Proses pembuatan litium karbonat (Li₂CO₃) dengan metode karbonasi menggunakan litium hidroksida (LiOH) adalah salah satu pendekatan penting dalam industri litium. Proses ini terdiri dari beberapa tahapan utama, dimulai dari persiapan larutan LiOH hingga tahap karbonasi dengan karbon dioksida (CO₂) untuk menghasilkan Li₂CO₃.

Dalam proses ini, larutan LiOH dicampur dengan gas karbon dioksida (CO₂). Reaksi kimia yang terjadi adalah antara LiOH dan CO₂ yang membentuk litium karbonat (Li₂CO₃) dan air (H₂O). Reaksi ini dapat dinyatakan secara kimia sebagai berikut:



Proses karbonasi biasanya dilakukan pada suhu dan tekanan tertentu untuk meningkatkan efisiensi reaksi dan memastikan bahwa seluruh LiOH bereaksi dengan CO₂. Pemisahan dan pengendapan Li₂CO₃ yang terbentuk dilakukan dengan cara menurunkan suhu larutan, sehingga Li₂CO₃ mengendap sebagai kristal. Endapan ini kemudian disaring dan dikeringkan untuk menghasilkan produk akhir litium karbonat dengan kemurnian tinggi.

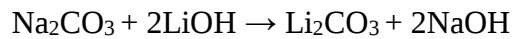
Proses ini memiliki beberapa keunggulan, seperti kemudahan operasional dan minimnya produk samping berbahaya. Gas karbon dioksida yang digunakan dalam reaksi dapat berasal dari sumber industri, sehingga memungkinkan pengurangan emisi karbon. Namun, proses ini juga memerlukan kontrol suhu dan tekanan yang ketat agar reaksi berjalan optimal.

Dalam konteks aplikasi, litium karbonat yang dihasilkan melalui metode ini sangat penting untuk berbagai industri, termasuk pembuatan baterai litium-ion, keramik, dan kaca. Dengan meningkatnya permintaan litium karbonat untuk kendaraan listrik dan perangkat elektronik, proses karbonasi LiOH dengan CO₂ menjadi salah satu teknologi kunci untuk memenuhi kebutuhan global akan bahan baku litium berkualitas tinggi.

2) Presipitasi menggunakan natrium karbonat

US paten nomor US3007771 menguraikan sebuah proses untuk menghasilkan litium karbonat granular langsung dari litium hidroksida monohidrat. Proses ini melibatkan karbonasi larutan litium hidroksida dengan menggunakan karbonat logam alkali, seperti natrium karbonat (Na₂CO₃) atau kalium karbonat

(K₂CO₃), yang berfungsi sebagai pembawa karbon dioksida (CO₂). Dalam reaksi dengan natrium karbonat, reaksi kimia yang terjadi adalah:



Litium karbonat yang dihasilkan dapat dipisahkan dengan mudah pada tahap ini. Larutan kaustik yang tersisa dapat dikarbonasi dengan gas buang (CO₂) dan kemudian dikonsentrasikan untuk menghasilkan larutan natrium karbonat yang dapat digunakan kembali dalam siklus proses. Namun, pendekatan yang lebih disukai adalah melakukan karbonasi gas dan konsentrasi larutan sebelum pemisahan padatan. Prosedur ini meningkatkan hasil produksi per siklus dan mengurangi risiko yang terkait dengan penanganan larutan kaustik. Selain itu, litium karbonat tambahan dapat diperoleh karena dua alasan: penghilangan air dan fakta bahwa Li₂CO₃ memiliki kelarutan lebih rendah dalam larutan karbonat dibandingkan dengan larutan hidroksida logam alkali.

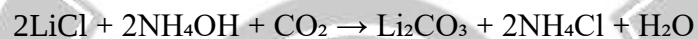
Kemurnian bahan baku litium hidroksida monohidrat komersial sangat tinggi sehingga tidak memerlukan pengelolaan aliran limbah. Pengotor yang ada pada bahan baku terbawa bersama produk tanpa menyebabkan kontaminasi yang signifikan. Produk akhir biasanya mengandung kurang dari 0,05% natrium oksida (Na₂O), yang sesuai dengan batas atas yang dapat diterima.

Proses ini juga membandingkan dua metode pencampuran larutan: menambahkan larutan natrium karbonat ke dalam larutan litium hidroksida atau sebaliknya. Metode pertama lebih disukai karena menghasilkan partikel granular yang lebih padat, lebih sedikit debu selama penanganan, dan kristal yang lebih solid

dan berbentuk blok. Sebaliknya, metode kedua menghasilkan kristal yang lebih halus dan rapuh, sehingga kurang stabil untuk aplikasi industri.

3) Karbonasi amonia

Proses produksi litium karbonat ini menggunakan bahan baku berupa larutan litium klorida (LiCl) yang berasal dari brine (air asin kaya litium). Prosesnya mencakup beberapa tahapan utama, yaitu *pretreatment*, karbonasi, *recovery*, separasi, dan purifikasi. Pada tahap karbonasi, reaksi utama yang berlangsung adalah:



Di sini, karbon dioksida (CO₂) yang diperlukan dihasilkan dari proses kalsinasi batu kapur (limestone), yaitu pemanasan kalsium karbonat (CaCO₃) pada temperatur antara 800°C hingga 1.500°C. Proses kalsinasi menghasilkan gas CO₂, yang kemudian digunakan sebagai salah satu reagen utama dalam reaksi karbonasi. Reaksi karbonasi dilakukan dengan mencampurkan CO₂ dengan larutan litium klorida (LiCl) dan larutan amonia (NH₄OH), yang sebelumnya dihasilkan melalui proses absorpsi gas amonia ke dalam air. Proses absorpsi amonia ini berlangsung selama sekitar 0,42 jam.

Selanjutnya, reaksi karbonasi dilakukan di dalam reaktor pada suhu 60°C selama 2,5 jam. Dalam reaksi ini, litium karbonat (Li₂CO₃) terbentuk sebagai produk padatan, sedangkan amonium klorida (NH₄Cl) dan air (H₂O) menjadi produk sampingan yang larut dalam larutan. Setelah reaksi selesai, litium karbonat yang dihasilkan dipisahkan melalui proses filtrasi atau sentrifugasi, diikuti oleh tahap purifikasi untuk memastikan kemurnian produk akhir.

Proses ini dirancang untuk memanfaatkan sumber daya secara efisien, termasuk pemanfaatan kembali larutan amonia dan pengolahan limbah untuk mengurangi dampak lingkungan. Dengan kontrol suhu, waktu, dan reagen yang presisi, metode ini memungkinkan produksi litium karbonat dengan kualitas tinggi dari brine yang mengandung litium. Terdapat beberapa metode pembuatan litium karbonat dengan karakteristik berbeda. Tabel 1.6 berikut membandingkan proses karbonasi dengan CO_2 , presipitasi dengan Na_2CO_3 , dan karbonasi amonia berdasarkan kemurnian, kondisi operasi, efisiensi, dan konsentrasi hasil.

Tabel 1.6 Perbandingan Proses Pembuatan Litium Karbonat

Kriteria	Karbonasi dengan CO_2 (Unggul)	Presipitasi dengan Na_2CO_3	Karbonasi Amonia
Kemurnian	Sangat tinggi (99,5% - 99,9%)	Sedang (98% - 99%)	Cenderung lebih rendah (97% - 99%)
Kondisi Operasi	Suhu 90-95°C, Tekanan atmosfer	Suhu 25-70°C, Tekanan atmosfer	Suhu 60-80°C, Tekanan atmosfer
Efisiensi Bahan Baku	Sangat tinggi, CO_2 dapat diperoleh dari limbah industri dan dapat didaur ulang	Sedang, membutuhkan jumlah natrium karbonat yang besar	Kurang efisien, amonia perlu didaur ulang untuk mengurangi limbah
Konsentrasi Li_2CO_3	Tinggi, larutan dapat dikontrol untuk mengoptimalkan hasil	Sedang, presipitasi terjadi cepat tetapi sulit dikendalikan	Rendah, pembentukan kompleks ammonia dapat mengurangi efisiensi

Setiap metode pembuatan litium karbonat memiliki kelebihan dan kekurangan yang perlu dipertimbangkan sebelum menentukan proses yang paling efisien. Tabel 1.7 berikut menyajikan perbandingan kelebihan dan kekurangan dari tiga metode utama, yaitu karbonasi menggunakan CO₂, presipitasi dengan natrium karbonat, dan karbonasi amonia.

Tabel 1.7 Kelebihan dan Kekurangan Proses

Proses	Kelebihan	Kekurangan
Karbonasi menggunakan CO ₂	-Ramah lingkungan karena memanfaatkan CO₂ yang biasanya limbah gas. -Dapat dilakukan pada berbagai kondisi suhu dan tekanan. -Produknya umumnya lebih murni jika kontrol proses baik.	-Reaksi lambat pada kondisi tertentu sehingga memerlukan waktu lebih lama. -Memerlukan kontrol pH yang presisi untuk mencegah pembentukan senyawa tak diinginkan. -Biaya pemurnian CO₂ dapat meningkatkan biaya operasional.
Presipitasi menggunakan natrium karbonat	-Proses cepat karena reaksi antara ion-ion berlangsung spontan. -Metode sederhana dan mudah dioperasikan. -Cocok untuk larutan yang memiliki konsentrasi tinggi dari ion tertentu.	-Membutuhkan natrium karbonat dalam jumlah besar, yang bisa menjadi mahal pada skala besar. -Potensi terbentuknya produk samping seperti natrium bikarbonat jika kontrol reaksi kurang tepat.

Karbonasi amonia

- Dapat memanfaatkan amonia dalam proses industri seperti pembuatan soda ash (Solvay process).
- Efisiensi tinggi untuk menghasilkan produk seperti ammonium karbonat atau bikarbonat.
- Proses ini sering digunakan di industri dengan hasil samping yang dapat dimanfaatkan kembali.

-Produknya bisa mengandung impuritas jika larutan reaksi tidak dimurnikan terlebih dahulu.

- Penggunaan amonia dapat menimbulkan risiko kesehatan dan lingkungan jika tidak ditangani dengan baik.
- Membutuhkan kontrol ketat terhadap suhu dan tekanan untuk mencegah degradasi amonia.
- Memerlukan investasi awal yang tinggi untuk peralatan dan pengolahan limbah.

1.4.2 Pemilihan Proses

Proses produksi litium karbonat yang diuraikan dalam paten US9034295 dipilih berdasarkan sejumlah pertimbangan teknis dan efisiensi operasional yang menjadikannya unggul dibanding metode lain. Berikut adalah alasan utama pemilihan proses ini:

1. Kemurnian tinggi produk akhir

Proses ini mampu menghasilkan litium karbonat dengan tingkat kemurnian yang sangat tinggi, mencapai 99%. Kemurnian tersebut memenuhi standar kualitas

yang dibutuhkan untuk aplikasi industri seperti baterai litium-ion, di mana impuritas sekecil apa pun dapat memengaruhi kinerja produk.

2. Kondisi operasi yang tidak ekstrem

Reaksi pembuatan litium karbonat berlangsung pada suhu yang relatif moderat, yaitu antara 90–95°C, dan tekanan atmosfer. Kondisi operasi ini memudahkan pengendalian proses, mengurangi risiko kerusakan peralatan, dan menekan biaya energi dibandingkan metode yang memerlukan suhu atau tekanan lebih tinggi.

3. Efisiensi melalui pemanfaatan kembali bahan baku

Proses ini dirancang untuk memanfaatkan kembali beberapa bahan baku utama, seperti litium klorida, air, dan karbon dioksida. Dengan adanya aliran *recycle* ini, efisiensi penggunaan bahan meningkat secara signifikan, sekaligus mengurangi limbah dan menjadikan proses lebih ramah lingkungan.

Proses ini tidak hanya dirancang untuk menghasilkan produk berkualitas tinggi, tetapi juga untuk memaksimalkan efisiensi, menekan biaya produksi, dan memastikan keberlanjutan dengan memanfaatkan kembali bahan baku serta mengurangi limbah. Hal ini menjadikannya pilihan yang ideal untuk memenuhi kebutuhan industri modern.

BAB XI KESIMPULAN

Dari hasil analisa dan perhitungan Prarancangan Pabrik Pra Rancangan Pabrik Litium Karbonat Kapasitas 10.000 Ton/Tahun. diperoleh beberapa kesimpulan, yaitu :

1. Kapasitas produksi Pra Rancangan Pabrik Litium Karbonat Kapasitas 10.000 Ton/Tahun sebanyak 1.262,63 kg/jam berdasarkan waktu operasi 7.920 jam/tahun.
2. Berdasarkan faktor bahan baku, transportasi, pemasaran, dan bahan penunjang, Pabrik direncanakan didirikan di Karawang New Industry City (KNIC), Jawa barat dengan bentuk perusahaan adalah Perseroan Terbatas (PT) dengan jumlah karyawan pabrik sebanyak 108 karyawan.
3. Luas tanah yang dibutuhkan untuk pembangunan pabrik 65.000 m².
4. Hasil dari analisa ekonomi pabrik Litium Karbonat cukup menguntungkan dengan pertimbangan sebagai berikut:

<i>Total Capital Invesment (TCI)</i>	= US\$ 71.300.296,17
<i>Total Production Cost (TPC)</i>	= US\$ 97.586.303,54
Total penjualan	= US\$ 121.331.239,92
<i>Pay Out Time (POT)</i>	= 2,09 Tahun
<i>Break Event Point (BEP)</i>	= 42,02%

DAFTAR PUSTAKA

- Alibaba Group. (n.d.). (Shanghai Oujin Lithium Industrial Co., Ltd.) Retrieved Agustus 16, 2025, from alibaba.com: https://www.alibaba.com/product-detail/Best-Seller-LiCl-Powder-Manufacturer-Price_1600162663766.html?spm=a2706.7843667.0.0.12757468Vp6INT
- Anonim. (n.d.). Retrieved Agustus 18, 2025, from Matches: <http://www.matche.com/>
- Badan Standarisasi Nasional. (2021). Sistem manajemen keselamatan dan kesehatan kerja – Persyaratan dan panduan penggunaan. Jakarta: BSN.
- Badger, W.L. and Banchero, J.T. , 1955 , "Introduction to Chemical Engineering" , Inted , McGraw-Hill Book Company Inc. , N.Y
- British Petroleum. (2022, Juni 30). Statistical Review of World Energy 2022. Retrieved from bp.com: <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2022-full-report.pdf>
- Brown, Granger George, 1959, "Unit Operations" John Wiley & Sons Inc. , N.Y.
- Brownell, L., E. Young, 1959, "Process Equipment Design", John Wiley & Sons Inc. , N.Y.
- Considine, & Douglas M. 1985. Instruments and Controls Handbook. 3rd Edition. USA: Mc.Graw-Hill, Inc.
- Coulson, J.M., and Richardson, J.F., "Chemical Engineering, Vol 1", Pergamon Internasional Library, New York, 1983.
- Darlington, R., & Blevins, M. (2018). Process Control: Modeling, Design, and Simulation. Wiley-Interscience.
- Ekawati Haryono, H. (2019). Kimia Dasar. Yogyakarta: Deepublish.
- Felder, R. M. and Rousseau, R. W., 2005. Elementary Principles of Chemical Process, third Edition. John Wiley and Sons, Inc: New York.
- Geankoplis Christie John, 1993, Transport Processes and Separation Process Principle, 4th edition, New Jersey, Pearson Education International.
- Harold Mazza, W. C. (1961). MANUFACTURE OF LITHIUM CARBONATE (3,007,771) . United States Patent Office.
- Harrison, S. (2015). PREPARATION OF LITHIUM CARBONATE FROM LITHIUM CHLORIDE CONTAINING BRINES (US 9,034,295 B2). California: United States Patent.
- Heizer, J., Render, B., & Munson, C. (2020). Operations management (13th ed.). New Jersey: Pearson Education.

- International Labour Organization. (2020). Working time and work organization. Geneva: International Labour Office.
- Jaya, T. (2024, Desember 23). Lahan Tanah Kawasan Karawang New Industrial City. Retrieved Januari 2, 2025, from rumah123.com: <https://www.rumah123.com/properti/karawang/las2778193/>
- Kawata et al. (2016). METHOD FOR PRODUCING LITHIUM CARBONATE (US 9.255,011 B2). Tokyo: United States Patent.
- Kern, D.Q., 1965 , "Process Heat Transfer" , Inted , McGraw Hill Book Company Inc. , N.Y.
- Kirk, R.E and Othmer, D.F., "Ensynclopedia of Chemical Technologi", John Wiley
- KNIGHTFRANK. (2025). Karawang New Industry City. Retrieved Januari 2, 2025, from kfmap.asia: <https://kfmap.asia/industrial/karawang-new-industry-city-12235>
- Kletz, T. A. (1991). Plant Design for Safety: A User-Friendly Approach. London: Taylor & Francis.
- Lipták, B. G. (2003). Instrument Engineers' Handbook: Process Control and Optimization (4th ed.). CRC Press.
- Marlin, T. E. (2000). Process Control: Designing Processes and Control Systems for Dynamic Performance (2nd ed.). McGraw-Hill.
- Mc Cabe and Smith, 1993. "Unit Operation of Chemecal Engineering", ed 5, Mc Graw Hill Kogakusha, Tokyo.
- Mulyadi, D. (2018). Manajemen sumber daya manusia untuk perusahaan. Jakarta: RajaGrafindo Persada.
- Suma'mur, P. K. (2009). Higiene perusahaan dan kesehatan kerja. Jakarta: Sagung Seto
- Occupational Safety and Health Administration (OSHA). (2022). Process Safety Management of Highly Hazardous Chemicals – OSHA 3132. U.S. Department of Labor.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 35 Tahun 2021 tentang Perjanjian Kerja Waktu Tertentu, Alih Daya, Waktu Kerja dan Waktu Istirahat.
- Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia Nomor PER.06/MEN/IV/2005 tentang Pedoman Pelaksanaan PKWT dan Outsourcing.
- Perry, R. H., & Green, D. W., "Perry's Chemical Engineer's Handbook, 6th ed.", Mc Graw Hill Book Co., Inc. New York, 1986.
- Perry, R. H., and Green, D. W. (1997). Perry's Chemical Engineer's Handbook. Singapore: Mc Graw Hill Book Co.
- Perry, R. H., & Green, D. W., "Perry's Chemical Engineer's Handbook, 8th ed.", Mc Graw Hill Book Co., Inc. New York, 2007.

- Peters, M.S., Timmerhaus, K.D., and West, R.E. 2003. Plant Design and Economics for Chemical Engineers, 5th ed. Mc-Graw Hill, New York.
- Peters, M.S, Timmerhaus,K.D., 1991, “Plant Design and Economi for Chemical Engineering”, 4th ed., McGraw-Hill Book Company Inc. , N.Y.
- Petromindo. (2025, April 1). Chengxin strives for full capacity at Indonesian lithium chemical plant. Retrieved from Petromindo.com: <https://www.petromindo.com/news/article/chengxin-strives-for-full-capacity-at-indonesian-lithium-chemical-plant?utm>
- Poworks Lithium Compounds. (n.d.). Lithium Karbonat (Baterai Grade). Retrieved Januari 6, 2025, from poworks.com: <https://poworks.com/id/lithium-karbonat-baterai-grade>
- Prajapati, R. (2025, Mei 9). Chemical Plant Utilities. Retrieved from Chemical Tweak: <https://chemicaltweak.com/chemical-plant-utilities/>
- Smith, J, M, and Van Ness, H, H. (1997). Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics. Singapore: McGraw Hill International Book Company.
- Sudibyo, A. (2019). Manajemen Risiko K3 di Industri Kimia. Bandung: Penerbit Rekayasa Sains.
- Suma'mur, P. K. (2009). Higiene perusahaan dan kesehatan kerja. Jakarta: Sagung Seto
- Tianjin Ruister International Co, ltd. (n.d.). (TIANJIN JOY CO.,LTD) Retrieved Agustus 16, 2025, from m.id.ruisterexport.com: <http://m.id.ruisterexport.com/other/lithium-chloride/lithium-chloride-99.html>
- Treyball, R.E., 1968. Mass Transfer Operations, 2nd Ed. Mc. Graw Hill, International Student Edition: Singapore.
- Ulrich,1984. “A Guide to Chemical engineering Process Design and Economic”, USA, John Wiley and Sons.
- UN Data. (n.d.). Commodity Trade Statistics Database. Retrieved November 25, 2024, from data.un.org: https://data.un.org/Data.aspx?q=lithium+carbonate&d=ComTrade&f=_11Code%3a29%3bcmdCode%3a283691
- Veolia Water Technologies. (2023, Juni 9). The Importance of Water Quality For Boiler Efficiency. Retrieved from Veolia: <https://blog.veoliawatertechnologies.co.uk/the-importance-water-quality-for-boiler-efficiency>
- Widodo, A. (2020). Keselamatan dan Kesehatan Kerja di Industri Proses. Yogyakarta: Deepublish.
- Yaws, C. L. (1999). Chemical Properties Handbook Physical, Thermodynamics, Enviromental, Transport, Safety, and Health Related Properties for Organic and Inorganic Chemical. New York: Mc Graw Hill Book Companies.

