

**PRA RANCANGAN PABRIK
ALUMINIUM COMPOSITE PANEL
POLYVINYLIDENE FLUORIDE (PVDF) DENGAN
KAPASITAS 99.400 LEMBAR/TAHUN
PERANCANGAN PABRIK**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia
Konsentrasi Teknik Tekstil**



Oleh :

Nama : Anjas Dwi Setiawan

Nama : Mega Adi Tri Kuncoro

NIM : 16521204

NIM : 16521206

**KONSENTRASI TEKNIK TEKSTIL
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

YOGYAKARTA

2022

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

**PRA RANCANGAN PABRIK
ALUMINIUM COMPOSITE PANEL *POLYVINYLIDENE
FLUORIDE (PVDF)* DENGAN KAPASITAS 99.400
LEMBAR/TAHUN**

PERANCANGAN PABRIK



Oleh :

Nama : Anjas Dwi Setiawan

NIM : 16521204

Nama : Mega Adi Tri Kuncoro

NIM : 16521206

Yogyakarta, 22 Maret 2022

Pembimbing

(Ir. Tuasikal Muhammad Amin M.Sn)

**LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI
PRA RANCANGAN PABRIK
ALUMINIUM COMPOSITE PANEL
POLYVINYLIDENE FLUORIDE (PVDF) DENGAN
KAPASITAS 99.400 LEMBAR/TAHUN
PERANCANGAN PABRIK**

Oleh

Nama : Anjas Dwi Setiawan Nama : Mega Adi Tri Kuncoro
No. Mahasiswa : 16521204 No. Mahasiswa : 16521206

Telah Dipertahankan di Depan Sidang Penguji sebagai Salah Satu Syarat
Untuk memperoleh Gelar Sarjana Konsentrasi Teknik Tekstil
Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, 29 Maret 2022

Tim Penguji

Tuasikal M. Amin, Ir., MSn.

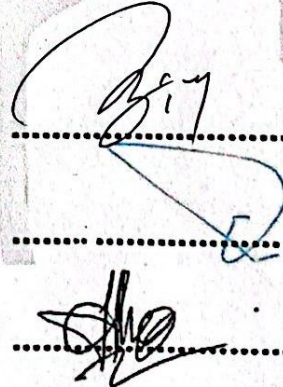
Ketua

Sukirman, Ir., M.M.

Penguji I

Febrianti Nurul Hidayah, S.T., B.Sc., M.Sc

Penguji II



.....
.....
.....

Mengetahui :

**Ketua Program Studi Teknik Kimia
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia**



Dr. Suharno Rusdi

**LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL
PRA RANCANGAN PABRIK**

ISLAM
Saya yang bertanda tangan dibawah ini

Nama : Anjas Dwi Setiawan
NIM : 16521204

Nama : Mega Adi Tri Kuncoro
NIM : 16521206

Yogyakarta, 22 Maret 2022

Menyatakan bahwa seluruh hasil Pra Rancangan Pabrik ini adalah hasil karya sendiri. Apabila dikemudian hari terbukti bahwa ada beberapa bagian karya ini adalah bukan hasil karya sendiri, maka saya siap menanggung resiko dan konsekuensi apapun. Demikian pernyataan ini dibuat semoga dapat dipergunakan sebagai mana mestinya.



Anjas Dwi Setiawan



Mega Adi Tri Kuncoro

الجمهورية الإسلامية الإندونيسية

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT atas berkat rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir (TA) Pra Rancangan Pabrik sesuai dengan yang sudah penulis rencanakan. Shalawat serta salam semoga tetap tercurah pada junjungan kita Nabi Muhammad SAW.

Tugas Akhir (TA) dengan judul **PRA RANCANGAN PABRIK ALUMINIUM COMPOSITE PANEL POLYVINYLIDENE FLUORIDE (PVDF) DENGAN KAPASITAS 99.400 LEMBAR/TAHUN** ini disusun oleh penulis dalam rangka memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar sarjana strata 1 (S1) Program Studi Teknik Kimia Konsentrasi Teknik Tekstil Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.

Berhasilnya penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak yang telah memberikan bimbingan kepada penulis sehingga laporan Tugas Akhir dapat terselesaikan. Ucapan terimakasih penulis sampaikan kepada:

1. Allah SWT, yang selalu memberi rahmat serta hidayah-Nya.
2. Kedua orang tua penulis yang selalu tulus dan ikhlas memberikan semangat serta kasih sayang kepada penulis.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Hari Purnomo, MT. selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
4. Bapak Dr. Suharno Rusdi selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
5. Bapak Ir. Tuasikal Muhammad Amin M.Sn. selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan saran sampai terselesainya laporan Tugas Akhir (TA) Pra Rancangan Pabrik ini.
6. Segenap Dosen Fakultas Teknologi Industri khususnya Teknik Kimia dan Teknik Tekstil

7. Teman-teman jurusan Teknik Kimia dan Teknik Tekstil Angkatan 2016.
8. Dan semua pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan laporan tugas akhir ini masih terdapat kekurangan dan kesalahan. Oleh karena itu, penulis menerima kritik dan saran yang membangun untuk kesempurnaan laporan ini. Akhir kata, penulis berharap agar laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi rekan-rekan pembaca.

Yogyakarta, 29 maret 2022

Penulis

الجمهورية الإسلامية الإندونيسية

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	i
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL	iii
PRA RANCANGAN PABRIK	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	xii
ABSTRAK	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tinjauan Pustaka	8
1.2.1 Pengertian Komposit.....	8
1.2.2 Bagian Komposit	9
1.2.2.1 Penguat (Reinforcement)	9
1.2.2.2 Matriks.....	10
1.2.3 Klasifikasi Material Komposit.....	13
1.2.3.1 Structural Komposit	13
1.2.3.2 Komposit Serat.....	14
1.2.3.3 Komposit partikel.....	15
1.2.4 Metode pembuatan Komposit.....	16
1.2.4.1 Proses cetakan terbuka (open-mold process)	16
1.2.4.2 Proses cetakan tertutup (closed mold process).....	20
1.2.5 Aluminium Composite Panel (ACP)	22
1.2.5.1 Pengertian ACP.....	22
1.2.5.2 Komponen ACP	23
1.2.6 Polietilen	24
1.2.7 Flame retardant	26
BAB II PERANCANGAN PRODUK	29
2.1. Spesifikasi Produk.....	29
2.2. Spesifikasi bahan baku	29
2.2.1. Spesifikasi aluminium sebagai penguat pad aluminium composite panel	31

2.2.2.	Spesifikasi <i>Polyethylen</i> sebagai inti pada aluminium composite panel....	32
2.2.3.	Spesifikasi Aluminium Trihidrat dan magnesium hidroksida	34
2.2.4.	Spesifikasi PVDF.....	35
2.2.5.	Spesifikasi Bahan Baku Pembantu	37
	Adhesive film.....	37
2.3.	Pengendalian Kualitas	38
BAB III PERANCANGAN PROSES.....		39
3.1	Uraian Proses	39
3.1.1	Mesin Aluminium Coating	40
3.1.1.1	Coil Un-Winder.....	41
3.1.1.2	Joiner	41
3.1.1.3	Coater	41
3.1.1.4	Curing Oven.....	41
3.1.1.5	Air Quench.....	41
3.1.1.6	Cooling/Bridle.....	42
3.1.1.7	Shear.....	42
3.1.1.8	Re-Coil.....	42
3.1.1.9	Coated Coil.....	42
3.1.2	Mesin Aluminium Composite Panel.....	42
3.1.2.1	Extruder.....	44
3.1.2.2	T-Die	45
3.1.2.3	Calendering	45
3.1.2.4	Coil Un-Winder.....	46
3.1.2.5	Laminate.....	46
3.1.2.6	Heating Oven	47
3.1.2.7	Cooling oven.....	48
3.1.2.8	Protective film laminating.....	48
3.1.2.9	Side trimming.....	48
3.1.2.10	Cutting	48
3.1.2.11	Stacking	48
3.1.2.12	Specimen testing.....	48
3.2	Spesifikasi mesin.....	51
3.2.1	Mesin Aluminium coating	51
3.2.2	Mesin Aluminium Composite panel	51

3.2.3	Mesin Pengujian	52
3.2.3.1	FTIR	52
3.2.3.2	DSC	53
3.2.3.3	TGA.....	54
3.2.3.4	Cone Calorimetri	54
3.3	Perencanaan produksi.....	55
3.3.1	Kebutuhan bahan baku.....	55
3.3.1.1	Kebutuhan LDPE	56
3.3.1.2	Kebutuhan aluminium trihidrat sebagai flame retardant.....	57
3.3.1.3	Kebutuhan aluminium sebagai lapisan atas dan bawah inti (core)	57
3.3.1.4	Polivinil difluoride sebagai lapisan (coating) aluminium	57
3.3.1.5	Adhesive film epoxy urethane sebagai pengikat.....	57
3.3.2	Kebutuhan Mesin Produksi.....	59
3.3.2.1	Kebutuhan mesin coating aluminium.....	59
3.3.2.2	Kebutuhan mesin aluminium composite panel	60
BAB IV PERANCANGAN PABRIK		61
4.1	Lokasi pabrik.....	61
4.2	Perencanaan Tata Letak Pabrik (<i>Plan Layout</i>).....	63
4.3	Perencanaan Tata Letak Mesin (<i>Machines Plan Lay Out</i>).....	67
4.4	Alur Proses Produksi.....	69
4.5	Perawatan Mesin	70
4.6	Pelayanan Teknik (Utilitas).....	71
4.6.1	Penyediaan Air.....	72
4.6.1.1	Perhitungan Kebutuhan Air.....	73
4.6.2	Sarana Komunikasi	77
4.6.3	Unit penyedia listrik.....	78
4.6.3.1	Kebutuhan listrik untuk mesin Produksi	78
4.6.3.2	Kebutuhan listrik non- produksi.....	79
4.6.3.3	Kebutuhan listrik untuk lampu.....	81
4.6.3.4	Kebutuhan listrik untuk AC dan Kipas Angin	93
4.6.3.5	Perhitungan kebutuhan bahan bakar	96
4.7	Organisasi perusahaan.....	99
4.7.1	Bentuk Organisasi Perusahaan.....	99
4.7.2	Struktur organisasi	100

4.7.3	Tugas dan Wewenang	102
4.7.4	Penggolongan Jabatan, Jumlah Karyawan, dan Gaji	108
4.7.5	Waktu Kerja Karyawan	112
4.7.6	Status dan system upah karyawan	113
4.7.7	Rekrutmen Karyawan	113
4.7.8	Riset dan Pengembangan Perusahaan	114
4.7.9	Kesejahteraan Karyawan	115
4.8	Evaluasi Ekonomi	117
4.8.1	Modal Tetap (fixed Capital Investment)	118
4.8.1.1	Biaya Lahan dan Bangunan Pabrik	118
4.8.1.2	Biaya mesin-mesin Produksi	119
4.8.1.3	Biaya Transportasi	119
4.8.1.4	Biaya Pelayanan Teknik (utilitas)	120
4.8.1.5	Biaya Inventaris Kantor	120
4.8.1.6	Biaya Instalasi dan pemasangan	121
4.8.1.7	Biaya Notaris dan Perizinan	122
4.8.1.8	Biaya Training Karyawan	122
4.8.2	Modal Kerja (working capital Investment)	123
4.8.3	Biaya produksi (Manufacturing Cost)	123
4.8.4	Sumber Pembiayaan	132
4.8.5	Harga Jual	134
4.8.6	Biaya Umum (general Expense)	135
4.8.7	Analisa Keuntungan	136
4.8.8	Analisa Kelayakan	137
4.8.8.1	Return On Investment (ROI)	137
4.8.8.2	Pay Out Time (POT)	137
4.8.8.3	Break Even Point (BEP)	138
4.8.8.4	Shut Down Point (SDP)	140
BAB V	PENUTUP	142
5.1	Kesimpulan	142
5.2	Saran	143
DAFTAR PUSTAKA	144

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Tabel hasil survey kerusakan pada bangunan (Ariyanto, 2020)	3
Tabel 1. 2 Data impor Aluminium Composite Panel di Indonesia tahun 2016-2020 (Badan Pusat Statistika, 2021).....	4
Tabel 1. 3 least square jumlah impor Aluminium Composite Panel di Indonesia	6
Tabel 1. 4 hasil prediksi kebutuhan impor aluminium composite panel menggunakan metode least square pada tahun 2021-2025.	7
Tabel 1. 5 Jenis dan karakteristik Polietilen.....	25
Tabel 1. 6 referensi Flame Retardant untuk campuran matrik polimer LDPE.....	27
Tabel 1. 7 referensi Flame Retardant untuk campuran matrik polimer LDPE.....	28
Tabel 2. 1 Sifat fisik Aluminium composite panel A2.....	29
Tabel 2. 2 Detail Penyerapan Panas pada Inti	30
Tabel 2. 3 Sifat fisik dan mekanik logam aluminium (Indevco, 2021).....	31
Tabel 2. 4 Sifat mekanik Low-density Polyethylene (LDPE). (Prasad, 1999).....	33
Tabel 2. 5 Sifat fisik Aluminium Trihydrate	34
Tabel 2. 6 Sifat fisik polimer PVDF.....	36
Tabel 2. 7 Spesifikasi Adhesive film untuk bonding komposite.....	37
Tabel 3. 1 Temperatur Heater pada Extruder	44
Tabel 3. 2 Persentase kebutuhan bahan baku aluminium composite panel.....	56
Tabel 3. 3 Rekapitulasi berat kebutuhan bahan baku	58
Tabel 4. 1 Ukuran Ruangan dalam plan layout	66
Tabel 4. 2 Lanjutan tabel ukuran Ruangan dalam plan layout	67
Tabel 4. 3 Rekapitulasi penggunaan air perusahaan	76
Tabel 4. 4 Rekapitulasi penggunaan listrik mesin produksi dan non produksi	81
Tabel 4. 5 Jumlah kuat penerangan pada ruang produksi	83
Tabel 4. 6 Rekapitulasi penggunaan listrik untuk lampu ruang produksi	89
Tabel 4. 7 Rekapitulasi daya lampu ruang produksi dan non produksi.....	91
Tabel 4. 8 Lanjutan tabel Rekapitulasi daya lampu ruang produksi dan non produksi	92
Tabel 4. 9 Rekapitulasi kebutuhan AC perusahaan.....	94
Tabel 4. 10 Rekapitulasi kebutuhan kipas angin perusahaan	96
Tabel 4. 11 Daya listrik terpasang	98

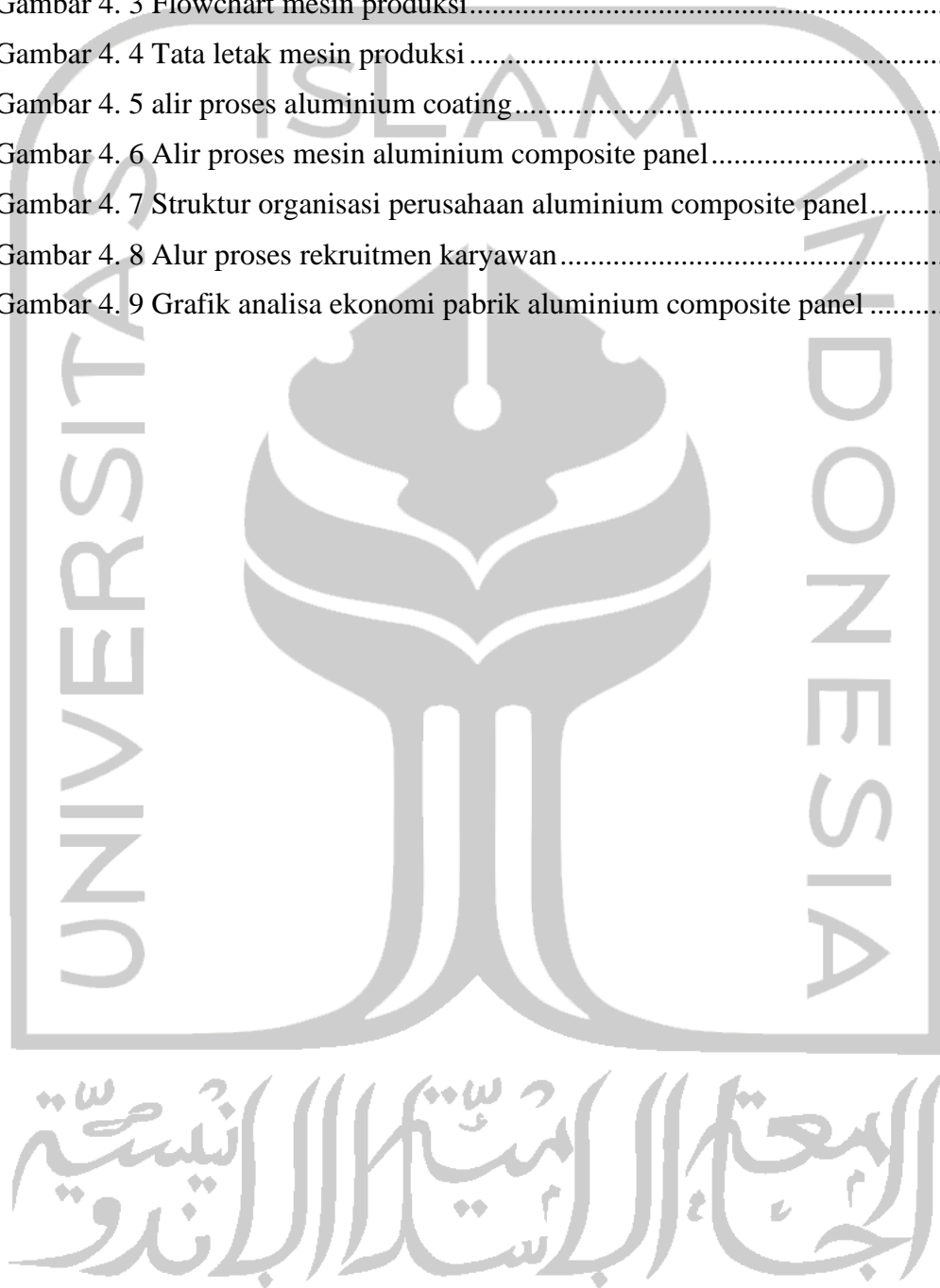
Tabel 4. 12 Penggolongan tenaga kerja berdasarkan jabatan dan jenjang pendidikan	109
Tabel 4. 13 Lanjutan tabel Penggolongan tenaga kerja berdasarkan jabatan dan jenjang pendidikan.....	110
Tabel 4. 14 Lanjutan tabel Penggolongan tenaga kerja berdasarkan jabatan dan jenjang pendidikan.....	111
Tabel 4. 15 Lanjutan tabel Penggolongan tenaga kerja berdasarkan jabatan dan jenjang pendidikan.....	112
Tabel 4. 16 Biaya lahan dan bangunan pabrik	118
Tabel 4. 17 Jumlah biaya mesin produksi	119
Tabel 4. 18 Biaya transportasi	119
Tabel 4. 19 Biaya pelayanan teknik (utilitas).....	120
Tabel 4. 20 jumlah dan biaya inventaris kantor	120
Tabel 4. 21 lanjutan tabel jumlah dan biaya inventaris kantor.....	121
Tabel 4. 22 Jumlah biaya instalasi dan pemasangan	121
Tabel 4. 23 Rekapitulasi modal tetap perusahaan	122
Tabel 4. 24 Biaya bahan baku	123
Tabel 4. 25 Rekapitulasi biaya asuransi perusahaan	127
Tabel 4. 26 Nilai depresiasi perusahaan.....	128
Tabel 4. 27 Biaya perawatan	130
Tabel 4. 28 Rekapitulasi Variable cost.....	131
Tabel 4. 29 Rekapitulasi fixed cost	131
Tabel 4. 30 Sumber Modal Perusahaan.....	132
Tabel 4. 31 Rekapitulasi pembayaran saldo pinjaman bank	133
Tabel 4. 32 Rekapitulasi Biaya Fixed annual.....	138
Tabel 4. 33 Rekapitulasi biaya relugated annual.....	139

الجمعة الإسلامية الأندلسية

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 teknik pembuatan komposit Hand lay up	17
Gambar 1. 2 Proses vacuum bag.....	18
Gambar 1. 3 Proses pressure bag.....	18
Gambar 1. 4 Proses spray up	19
Gambar 1. 5 Proses Filament winding.....	20
Gambar 1. 6 Proses Compression molding.....	20
Gambar 1. 7 Proses injection molding.....	21
Gambar 1. 8 Proses Continuous Pultrusion.....	22
Gambar 1. 9 Komponen aluminium composite panel	23
Gambar 1. 10 struktur kimia polietilen.....	24
Gambar 1. 11 Struktur polimer PVDF.....	35
Gambar 1. 12 Struktur molekul PVDF.....	35
Gambar 2. 1 ilustrasi ACP A2	29
Gambar 2. 2 Aluminium Coil.....	32
Gambar 2. 3 Struktur rantai LDPE	33
Gambar 2. 4 Bijih LDPE	34
Gambar 2. 5 Struktur polimer PVDF.....	35
Gambar 2. 6 Struktur Molekul PVDF.....	35
Gambar 2. 7 Bijih PVDF	36
Gambar 2. 8 Adhesive film bonding metal-plastik.....	37
Gambar 3. 1 Alur proses produksi aluminium coating.....	40
Gambar 3. 2 Ilustrasi mesin aluminium coating.....	40
Gambar 3. 3 Alur proses produksi aluminium composite panel	43
Gambar 3. 4 Ilustrasi mesin aluminium composite panel.....	43
Gambar 3. 5 ilustrasi mesin extruder.....	45
Gambar 3. 6 proses calendering.....	46
Gambar 3. 7 fume incinerator dan heat recovery system	47
Gambar 3. 8 three point bending	50
Gambar 3. 9 Mesin Aluminium Composite panel.....	52
Gambar 3. 10 Mesin FTIR.....	53
Gambar 3. 11 Mesin DSC.....	53

Gambar 3. 12 Mesin TGA	54
Gambar 3. 13 Mesin cone calorimeter	55
Gambar 4. 1 Peta Lokasi Pabrik	63
Gambar 4. 2 Tata letak bangunan pabrik aluminium composite panel	65
Gambar 4. 3 Flowchart mesin produksi	68
Gambar 4. 4 Tata letak mesin produksi	68
Gambar 4. 5 alir proses aluminium coating	69
Gambar 4. 6 Alir proses mesin aluminium composite panel	70
Gambar 4. 7 Struktur organisasi perusahaan aluminium composite panel	101
Gambar 4. 8 Alur proses rekrutmen karyawan	114
Gambar 4. 9 Grafik analisa ekonomi pabrik aluminium composite panel	141



ABSTRAK

Pra Rancangan Pabrik ini berkaitan dengan pembuatan cladding dengan produk aluminium composite panel. Tujuan dari perancangan pabrik aluminium composite panel adalah untuk membuat inovasi dalam lapisan pelindung bangunan. Aluminium Composite panel menambah estetika bangunan dan memberikan beberapa manfaat pada bangunan dengan daya tahan tinggi terhadap cuaca sehingga memperpanjang umur bangunan. Bahan baku Aluminium composite panel adalah 22,75 % LDPE dan 42,25 % Aluminium trihidrat sebagai inti dan 25 % Aluminium sebagai penguat serta 8 % PVDF dan 2 % Adhesive film sebagai aditif. Pabrik ini direncanakan didirikan di Jalan Raya Magelang-Jogja KM 11 dengan luas 11.400 m². Pabrik ini akan beroperasi pada tahun 2025 dengan kapasitas 99.400 lembar/tahun. Harga per lembar aluminium composite panel sebesar Rp 865.000,00. Keuntungan bersih perusahaan dalam satu tahun sebesar Rp 20.617.620.176 dengan lama waktu pengembalian modal investasi 5 tahun 7 bulan dan untuk %BEP sebesar 40,9 % ; %SDP sebesar 19,3 % ; dan %ROI sebesar 17,9 %. Produk Aluminium Composite memiliki pasar yang cukup baik dengan tingginya jumlah impor dan sedikitnya produk aluminium composite panel yang diproduksi sendiri dalam negeri.

Kata kunci : Aluminium composite panel, LDPE, PVDF

الجمعة الإسلامية الأندلسية

ABSTRAK

This Pre-Design of the Factory deals with the manufacture of cladding with aluminum composite panel as a products. The purpose of designing an aluminum composite panel factory is to make innovations in building protective coatings. Aluminum Composite panels add to the aesthetics of the building and provide several benefits to buildings with high weather resistance thereby extending the life of the building. The raw materials for Aluminum composite panels are 22.75% LDPE and 42.25% Aluminum trihydrate as the core and 25% Aluminum as reinforcement and 8% PVDF and 2% Adhesive film as additives. This factory is planned to be established on Jalan Raya Magelang-Jogja KM 11 with an area of 11,400 m². This factory will operate in 2025 with a capacity of 99,400 pieces/year. The price per sheet of aluminum composite panel is Rp. 865,000.00. The company's net profit in one year is Rp. 20,617,620,176 with a payback period of 5 years 7 months and for %BEP is 40.9%; %SDP is 19.3 % ; and %ROI is 17.9%. Aluminum Composite products have a fairly good market with a high number of imports and a small number of domestically produced aluminum composite panels.

Key words : Aluminium composite panel, LDPE, PVDF

الجمهورية الإسلامية اندونيسية

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bangunan adalah suatu struktur buatan manusia yang terdiri atas dinding dan atap yang didirikan secara permanen di suatu tempat. Bangunan juga biasa disebut dengan rumah dan gedung, yaitu segala sarana, prasarana atau infrastruktur dalam kebudayaan atau kehidupan manusia dalam membangun peradabannya. Bangunan memiliki beragam bentuk, ukuran, dan fungsi, serta telah mengalami penyesuaian sepanjang sejarah yang disebabkan oleh beberapa factor, seperti bahan bangunan, kondisi cuaca, harga, kondisi tanah, dan alasan estetika.

Bangunan mempunyai beberapa fungsi bagi kehidupan manusia, terutama sebagai tempat berlindung dari cuaca, keamanan, tempat tinggal, privasi, tempat menyimpan barang, dan tempat bekerja. Suatu bangunan tidak bisa lepas dari kehidupan manusia khususnya sebagai sarana pemberi rasa aman, sehingga bangunan harus dibuat dengan seaman mungkin.

Semakin bertambahnya jumlah penduduk semakin tinggi juga pertumbuhan pembangunan. Salah satu pembangunan yang semakin tinggi adalah bangunan hunian. Semakin banyaknya bangunan hunian maka semakin berkurang juga lahan untuk bangunan..

Menurut wakil Presiden Republik Indonesia saat membuka musyawarah nasional asosiasi pengembang perumahan dan pemukiman seluruh Indonesia VI (Munas Apresi VI) secara virtual pada Selasa (9/2/2021). “Seiring dengan pertumbuhan penduduk yang terus meningkat, kebutuhan terhadap rumah juga terus bertambah. Saat ini diperkirakan kebutuhan rumah berdasarkan kepemilikan sebesar sebesar 11,4 juta unit,” perbandingan antara kebutuhan perumahan dan ketersediaanya atau backlog terus meningkat setiap tahunnya. (Deni, 2021)

Salah satu solusi untuk mengatasi perbandingan antara ketersediaan lahan tanah dengan kebutuhan lahan adalah dengan membuat bangunan bertingkat. Bangunan bertingkat adalah bangunan yang mempunyai lebih dari satu lantai secara vertikal. Bangunan bertingkat pada umumnya dibagi menjadi dua, bangunan bertingkat rendah dan bangunan bertingkat tinggi. Pembagian ini dibedakan berdasarkan persyaratan teknis struktur bangunan. Bangunan dengan ketinggian diatas 40 meter digolongkan ke dalam bangunan tinggi karena perhitungan strukturnya lebih kompleks. Berdasarkan jumlah lantai, bangunan bertingkat rendah (2-4 lantai) dan bangunan berlantai banyak (5-10 lantai) dan bangunan pencakar langit.

Bangunan bertingkat sering kita jumpai di daerah perkotaan dan juga bangunan- bangunan milik pemerintah. Ketersediaan lahan yang semakin sedikit dan harga tanah yang semakin mahal mengakibatkan pembuatan bangunan bertingkat. Contoh bangunan bertingkat adalah rumah susun, apartemen, rumah sakit, sekolah dll.

Membangun bangunan bertingkat adalah solusi yang tepat untuk menangani masalah kekurangan lahan untuk daerah hunian, namun membangun rumah bertingkat juga terdapat beberapa resiko. Pembangunan rumah susun memiliki resiko yaitu semakin tinggi bangunan maka tingkat perawatan bangunan yang lebih susah dan memiliki resiko kerusakan lebih besar.

Bagian dari bangunan yang memiliki resiko kerusakan tinggi adalah bagian dinding. Hal ini disebabkan karena dinding terkena langsung dengan cuaca panas, hujan, dan angin, serta perawatan yang kurang mengakibatkan dinding menjadi bagian bangunan yang beresiko tinggi mengalami kerusakan.

Tabel 1. 1 Tabel hasil survey kerusakan pada bangunan (Ariyanto, 2020)

NO	Uraian	Frekuensi Kejadian
1	Atap Kebocoran pada atap	24
2	Langit- langit Kusam dan lapuk pada langit- langit	30
3	Dinding Retak vertical join kolom tembok	21
4	Retak random pada dinding	15
5	Retak pada frame jendela dan pintu	22
6	Kerusakan setempat pada dinding	16
7	Lantai Lantai retak, pecah	7

Pada survey yang telah dilakukan kerusakan paling banyak terdapat pada dinding bangunan. Dinding merupakan salah satu pilar utama dalam sebuah bangunan. Terjadi kerusakan pada dinding dapat berakibat fatal pada keselamatan penghuni bangunan. Dinding adalah suatu struktur padat yang membatasi dan terkadang melindungi suatu area. Umumnya, dinding membatasi suatu bangunan dan menyokong struktur lainnya, membatasi ruang dalam bangunan menjadi

ruangan- ruangan, atau melindungi atau membatasi suatu ruang di alam terbuka. Dinding bangunan memiliki dua fungsi utama, yaitu menyokong atap dan langit-langit, membagi ruangan, serta melindungi terhadap intrusi dan cuaca.

Seiring berkembangnya perkembangan teknologi. Semakin banyak penelitian tentang produk interior dan eksterior bangunan yang dapat meminimalisir kerusakan pada bangunan. Untuk saat ini eksterior yang paling sering digunakan adalah aluminium composite panel (ACP) sebagai pelapis dinding. Aluminium composite panel adalah bahan bangunan yang terbuat dari perpaduan antara plat aluminium dan bahan komposit. Keunggulan dari pelapis dinding dari aluminium composite panel yaitu : memiliki daya tahan tinggi terhadap kondisi cuaca, memiliki berat ringan, mudah dibentuk dan diaplikasikan, memiliki daya tahan terhadap api, tahan terhadap benturan, dan permukaan rata dan halus.

Penggunaan Aluminium Composite Panel di Indonesia sudah banyak, namun produksi Aluminium Composite panel di Indonesia masih rendah. Produksi rendah mengakibatkan banyak aluminium composite panel yang diimpor dari luar negeri.

Tabel 1. 2 Data impor Aluminium Composite Panel di Indonesia tahun 2016-2020 (Badan Pusat Statistika, 2021)

Tahun	Berat kg
2016	26.880.459
2017	57.091.651
2018	105.796.628
2019	52.433.277
2020	22.608.525

Dari data yang ditunjukkan pada table diatas menunjukkan bahwa impor aluminium composite panel masih tinggi. Dari hasil prediksi jumlah impor aluminium composite panel di Indonesia menggunakan metode trend linier menunjukkan kesetabilan jumlah impor. Hal ini dikarenakan pabrik yang memproduksi sendiri produk aluminium composi panel masih sedikit dan lebih banyak mengekspor bahan mentah ke luar negeri dan mengimpor bahan jadi.

Maka dari itu kami merencanakan untuk membuat suatu perancangan pabrik yang dapat menghasilkan produk aluminium composite panel jenis pvdf sebagai lapisan pelindung luar dinding. Dengan memanfaatkan bahan mentah yang diproduksi di Indonesia.

Salah satu metode dalam melakukan prediksi adalah metode least square atau metode kuadrat kecil. Metode kuadrat kecil atau metode least square merupakan jumlah kuadran penyimpangan (deviasi) nilai data terhadap garis tren minimum atau terkecil (Boedijoewono, 2007). Ciri dari metode ini, yaitu dalam menentukan parameter x. setelah parameter x terbentuk dan dijumlah, jumlahnya harus 0, walaupun dalam data historis berjumlah ganjil maupun data historis berjumlah genap.

Perhitungan menggunakan Metode least square dibagi menjadi dua kelompok untuk data jumlah genap dan data jumlah ganjil. Pada data jumlah genap nilai X adalah ...-5, -3,-1, 1, 3, 5... .Pada data jumlah ganjil nilai X adalah ... -2, -1, 0, 1, 2,... .

Dengan mengasumsikan jumlah impor aluminium composite panel sebagai jumlah permintaan konsumen. Maka Kapasitas pabrik didapat dengan menggunakan table jumlah impor Indonesia yang bersumber dari Badan Pusat Statistika Indonesia dari tahun 2016 sampai dengan tahun 2020. Dengan rumus:

$$Y=A+Bx$$

Dimana

$$A = \frac{\sum y}{n}$$

$$B = \frac{\sum(x.y)}{\sum x^2}$$

A= Rata-rata permintaan masa lalu

B= koefisien yang menunjukkan perubahan setiap tahun

Y= Nilai data hasil ramalan permintaan (kg/tahun)

X= waktu tertentu yang telah diubah dalam kode (tahun ke-)

Maka diperoleh

Tabel 1. 3 *least square* jumlah impor Aluminium Composite Panel di Indonesia

Tahun	y (kg)	X	X ²	x.y
2016	26.880.459	-2	4	-53.760.918
2017	57.091.651	-1	1	-57.091.651
2018	105.796.628	0	0	0
2019	52.433.277	1	1	52.433.277
2020	22.608.525	2	4	45.217.050
Jumlah	264.810.540	0	10	-13.202.242

Dengan

$$A = \frac{264.810.540}{5}$$

$$= 52.962.108$$

$$B = \frac{-13.202.242}{10}$$

$$= -1320224$$

Sehingga diperoleh :

$$Y = 52.962.108 + (-1320224)x$$

Pendirian pabrik akan dilakukan pada tahun 2025, sehingga diperoleh data permintaan konsumen terhadap aluminium composite panel dengan menggunakan metode *trend linier* yang ditunjukkan pada table berikut ini,

Tabel 1. 4 hasil prediksi kebutuhan impor aluminium composite panel menggunakan metode *least square* pada tahun 2021-2025.

Tahun	X	Berat (kg/tahun)
2021	3	49.001.435
2022	4	47.681.211
2023	5	46.360.987
2024	6	45.040.763
2025	7	43.720.539

Nilai $x=7$ merupakan permintaan konsumen aluminium composite panel pada tahun ke 7, yaitu tahun 2025. Pada perancangan pabrik aluminium composite panel ini hanya mengambil 25 % dari total permintaan konsumen pada aluminium composite panel yaitu 43.720.539 kg, sehingga kapasitas produk yang akan dibuat pada tahun 2025 adalah,

$$= 25 \% \times 43.720.539$$

$$= 10.930.134,75 \text{ kg/tahun} \approx 10.930.135 \text{ kg/tahun}$$

Berat satu lembar aluminium composite panel adalah 22 kg, sehingga:

$$= \frac{10.930.134,75 \text{ kg/tahun}}{22 \text{ kg/lembar}}$$

$$= 496.824,28 \text{ lembar /tahun} \approx 496.824 \text{ lembar /tahun}$$

Berdasarkan data diatas pabrik aluminium composite panel pada tahun 2025 dengan kapasitas 99.400 lembar /tahun dapat memenuhi 5 % dari permintaan aluminium composite panel di Indonesia dengan kualitas yang dapat bersaing dengan produk luar.

Produk aluminium composite panel memiliki pasar dan dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan kualitas bangunan. Industri aluminium composite panel diperkirakan akan meningkat dengan banyaknya bangunan tinggi yang mengharuskan adanya pelindung bangunan untuk menjaga agar dinding tidak mudah rusak oleh cuaca sehingga memiliki jangka waktu bangunan yang lama.

1.2 Tinjauan Pustaka

1.2.1 Pengertian Komposit

Komposit merupakan hasil dari pencampuran dua material atau lebih yang berbeda, dalam bentuk dan komposisi material yang tidak larut satu sama lain. Pada umumnya komposit menggunakan bahan yang memiliki sifat berbeda agar komposit yang dihasilkan memiliki campuran dari bahan- bahan tersebut.

Kata komposit berasal dari kata “*to compose*” yang berarti Menyusun atau menggabung. Secara sederhana material komposit adalah material gabungan dari dua atau lebih material yang berlainan. Jadi komposit adalah suatu bahan yang merupakan gabungan atau campuran dari beberapa material pada skala makroskopis untuk membentuk material ketiga yang lebih bermanfaat. (Mikell, 1996)

Sifat maupun karakteristik dari komposit ditentukan oleh :

- a. Material yang menjadi penyusun komposit. Karakteristik komposit ditentukan berdasarkan karakteristik material penyusun, menurut *rule of mixture* sehingga hasilnya akan berbanding proporsional.
- b. Bentuk dan penyusunan structural dari komposit. Bentuk dan cara penyusunan komposit akan mempengaruhi karakteristik komposit.

- c. Interaksi antar penyusun. Bila terjadi interaksi antar penyusun akan meningkatkan sifat dari komposit itu. (Pramono, 1989)

Komposit pada dunia industri merupakan campuran antara polimer (bahan makromolekul dengan ukuran besar yang diturunkan dari minyak bumi ataupun bahan alam lainnya seperti karet dan serat). Dapat dikatakan bahwa komposit adalah gabungan antara bahan matrik atau pengikat yang diperkuat. Bahan material terdiri dari dua bahan penyusun, yaitu bahan utama sebagai pengikat dan bahan pendukung sebagai penguat. Bahan penguat dapat berbentuk serat, partikel, serpihan atau dapat berbentuk yang lain. (Tata Surdia, 1992)

Bentuk (dimensi) dan struktur penyusun komposit akan mempengaruhi karakteristik komposit, begitu pula jika terjadi interaksi antara penyusun akan meningkatkan sifat dari komposit. Material komposit terdiri lebih dari satu tipe material dan dirancang untuk mendapatkan kombinasi karakteristik terbaik dari setiap komponen penyusunya. Dibanding dengan material konvensional, bahan komposit memiliki banyak keunggulan, diantaranya memiliki kekuatan yang dapat diatur, berat yang lebih ringan, kekuatan dan ketahanan yang lebih tinggi, tahan korosi, dan tahan terhadap keausan. (R.E. Smallman, 2000)

Pada umumnya dalam proses pembuatannya melalui pencampuran yang homogen, sehingga kita leluasa merencanakan kekuatan material komposit yang kita inginkan dengan mengatur komposisi dari material pembentuknya. Komposit merupakan gabungan antara bahan matriks atau pengikat dengan penguat. (Mehta, 1986)

1.2.2. Bagian Komposit

1.2.2.1. Penguat (*Reinforcement*)

Penguat (*reinforcement*) adalah salah satu bagian utama dari komposit yang berperan untuk menahan beban yang diterima oleh material komposit sehingga tinggi rendahnya kekuatan komposit sangat bergantung dari penguat yang digunakan. bahan penguat biasanya kaku dan Tangguh. bahan penguat yang umum

digunakan adalah jenis partikel, serat-serat alam, serat karbon, serat gelas dan keramik. (Vlack, 2004)

Jenis-jenis material komposit berdasarkan penguatnya dibagi menjadi 3 yaitu:

- a. Komposit serat merupakan komposit yang terdiri dari serat dan bahan dasar yang di fabrikasi, misalnya serat dan resin sebagai perekat.
- b. Komposit berlapis (*laminated composite*) merupakan jenis komposit yang terdiri dari dua lapis atau lebih yang digabungkan menjadi satu dan setiap lapisnya memiliki karakteristik khusus. contohnya *polywood*, *laminated glass* yang sering digunakan sebagai bahan bangunan dan kelengkapannya.
- c. Komposit partikel (*particulate composite*) merupakan komposit yang menggunakan partikel atau serbuk sebagai penguatnya dan terdistribusi secara merata dalam matriks. Komposit yang terdiri dari partikel dan matriks seperti butiran (batu dan pasir), partikel seharusnya berukuran kecil dan terdistribusikan secara merata agar dapat menghasilkan kekuatan yang lebih seragam. (Vlack, 2004)

1.2.2.2 Matriks

Matriks dalam struktur komposit berasal dari bahan polimer atau logam. Syarat pokok matriks yang digunakan dalam komposit adalah harus bisa meneruskan beban, sehingga serat bisa melekat pada matriks dan kompatibel antara serat dan matriks. Matriks dalam susunan komposit bertugas melindungi dan mengikat serat agar bekerja dengan baik. Matriks juga berfungsi sebagai pelapis serat. Umumnya matriks terbuat dari bahan-bahan lunak dan liat. Pemilihan bahan matriks dan serat memainkan peranan penting dalam menentukan sifat mekanik dan sifat komposit. Gabungan matriks dan serat menghasilkan komposit yang mempunyai kekuatan dan kekakuan yang lebih tinggi. (Gibson, 1994)

Polyester dan vinyl ester resin umumnya yang paling banyak digunakan sebagai bahan matrik dan biasanya digunakan untuk pembuatan produk-produk komersial,

industry dan transportasi. Namun bila produk yang dibutuhkan diharapkan untuk memiliki kekuatan yang lebih tinggi maka bahan epoksi menjadi pilihan sebagai matrik. Meskipun epoksi sensitif terhadap kelembabpan, namun tetap masih lebih baik dibanding *polyester* serta tahan terhadap penyusutan. Dalam aplikasinya epoksi terbatas terhadap temperatur hingga 120°C untuk pemakaian jangka Panjang, bahkan pada kondisi tertentu temperatur tertinggi hanya pada sekitar 80°C sampai 105°C. Untuk pemakaian pada temperatur lebih tinggi sekitar 177°C sampai 230°C dapat menggunakan *bismaleimide* resin (BMI) sebagai matriks. (ASM International Handbook, 2001)

Komposit matriks mempunyai kegunaan yaitu sebagai berikut:

1. Matriks memegang dan mempertahankan serat pada posisinya.
2. Pada pembebanan dapat merubah bentuk dan mendistribusikan tegangan ke unsur utamanya yaitu serat.
3. Memberikan sifat keuletan, kekerasan, dan isolasi terhadap listrik.

Klasifikasi matriks dalam struktur komposit dapat dibedakan menjadi

1. Matriks polimer

Polimer merupakan bahan matriks yang paling sering digunakan

Adapun jenis polimer yaitu

- a. *Thermoset* adalah plastic atau resin yang tidak bisa berubah karena panas (tidak bisa didaur ulang). Misalnya: *epoxy, polyester, phenolic*
- b. Termoplastik adalah plastik atau resin yang dapat dilunakan terus menerus dengan pemanasan atau dikeraskan dengan pendinginan dan bisa berubah karena panas (bisa didaur ulang). Misalnya: *polyamid, nylon, polysurface*

2. Matriks keramik

Pembuatan komposit dengan bahan keramik yaitu keramik dituangkan pada serat yang telah diatur orientasinya dan merupakan matriks yang tahan pada temperature tinggi. Misalnya SiC dan SiN yang sampai tahan temperatur 1650⁰C.

3. Matriks logam

Matriks cair dialirkan sekeliling system fiber yang telah diatur dengan perekatan difusi dan pemanasan.

4. Matriks karbon

Fiber direkatkan dengan karbon sehingga terjadi karbonisasi, pemilihan matriks harus didasarkan pada kemampuan *elongisasi* saat patah yang lebih besar dibandingkan dengan filler. Perlu diperhatikan berat jenis, viskositas, kemampuan membasahi filler.

Pada komposit semakin banyak *void* (kekosongan) maka komposit semakin rapuh dan apabila sedikit void komposit semakin kuat. *Void* yang terjadi pada matriks sangat berbahaya, karena pada bagian tersebut fiber tidak didukung oleh matriks, sedangkan fiber selalu mentransfer tegangan ke matriks. Hal seperti ini menjadi penyebab munculnya crack, sehingga komposit akan gagal lebih awal.

Matriks berfungsi untuk mendistribusikan beban kedalam seluruh bagian penguat komposit dan sebagai pengikat bahan penguat dalam pembuatan sebuah komposit dan juga sebagai pelindung partikel dari kerusakan oleh factor lingkungan. Matriks polyester paling banyak digunakan terutama untuk aplikasi konstruksi ringan, selain itu harganya murah, resin ini mempunyai karakteristik yang khas yaitu dapat diwarnai, transparan, dapat digunakan pada suhu kerja mencapai 79°C atau lebih tergantung partikel resin dan keperluannya . (Schwartz, 1984)

Sifat-sifat material yang dapat diperbarui:

- a. Kekuatan
- b. Ketahanan korosi

- c. Ketahanan gesek atau aus
- d. Berat
- e. Ketahanan Lelah
- f. Meningkatkan konduktivitas panas
- g. Tahan lama

1.2.3 Klasifikasi Material Komposit

Material komposit terdiri dari unsur-unsur penyusun dan komponendapat berupa unsur organik, anorganik ataupun metalik dalam bentuk serat, partikel serbuk, dan lapisan. Secara garis besar komposit dapat diklasifikasikan menjadi tiga macam

1.2.3.1 Structural Komposit

Komposit structural merupakan struktur yang terdiri dari dua material atau lebih dengan sifat yang berbeda dan membentuk satu kesatuan sehingga menghasilkan sifat gabungan yang lebih baik. (Zenkert, 1997)

1. Komposit laminate

Laminate merupakan jenis komposit yang terdiri dari dua lapis atau lebih yang digabungkan menjadi satu dan setiap lapisnya memiliki karakteristik sifat sendiri. Komposit laminaat ini terdiri dari empat jenis yaitu komposit serat kontinyu, komposit serat anyam, komposit serat acak dan komposit serat hybrid. Komposit lamina yang serat penguatnya hanya searah umumnya tidak menguntungkan karena memiliki sifat buruk. Untuk itulah struktur komposit dibuat dalam bentuk *laminate* yang terdiri dari beberapa macam lapisan yang diorientasikan dalam arah yang diinginkan dan digabungkan bersama sebagai sebuah unit struktur.

Komposit terdiri dari bermacam-macam lapisan material dalam satu matriks. Bentuk dari komposit laminat adalah:

- a. Bimetal adalah lapis dari dua buah logam yang mempunyai koefisien skspansi termal berbeda. Bimetal akan melengkung seiring dengan berubahnya suhu sesuai dengan perancangan, sehingga jenis ini cocok untuk alat ukur suhu.
- b. Pelapisan logam yang satu dengan yang lain dilakukan untuk mendapatkan sifat terbaik dari keduanya.
- c. Kaca yang dilapisi konsep ini sama dengan pelapisan logam. Kaca yang dilapisi akan lebih tahan terhadap cuaca.
- d. Komposit lapis serat dalam hal ini lapisan dibentuk dari komposit serat dan disusun dalam berbagai orientasi serat. Komposit jenis ini biasa digunakan untuk panel pesawat dan badan pesawat

2. Komposit *sandwich*

Sandwich merupakan komposit yang tersusun dari tiga lapisan yang terdiri dari flat komposit (*metal sheet*)Sebagian kulit permukaanya (*skin*) serta material inti (*core*) dibagian tengahnya. Bagian *skin* ini biasanya berupa lembaran *metal*, *wood*, atau *fiber composite*. Jenis inti berupa : *honeycombs*, *corrugated*, *balsa wood*, dan *cellular foams*. *Sandwich* dibuat untuk mendapatkan struktur yang ringan tetapi mempunyai kakakuan dan kekuatan yang tinggi. Biasanya pemilihan bahan untuk komposit *sandwich*, syaratnya adalah ringan, tahan panas dan korosi, serta harga juga dipertimbangkan. Komposit *sandwich* merupakan jenis komposit yang sangat cocok untuk striktur. (Zenkert, 1997)

1.2.3.2 Komposit Serat

Komposit serat merupakan jenis komposit yang menggunakan serat sebagai penguat atau komposit yang terdiri dari fiber dan matrik sebagai pengikat. Komposit yang terdiri dari satu lamina atau satu lapisan yang menggunakan penguat berupa serat atau fiber. Serat yang digunakan biasanya berupa serat gelas, serat karbon, serat aramid dan sebagainya. Serat ini bisa disusun secara acak maupun dengan orientasi tertentu bahkan bisa juga dalam bentuk yang lebih kompleks seperti anyaman peningkatan kekuatan menjadi tujuan utama, komponen

penguat harus mempunyai rasio aspek yang besar, yaitu rasio Panjang terhadap diameter harus tinggi agar beban ditransfer melewati titik dimana mungkin terjadi perpaatan. (Vlack, 2004)

Tinggi rendahnya kekuatan komposit sangat tergantung dari serat yang digunakan, karena tegangan yang dikenakan pada komposit mulanya diterima oleh matrik akan diteruskan kepada serat, sehingga serat akan menahan beban sampai beban maksimum. Oleh karena itu serat harus mempunyai tegangan Tarik dan modulus elastisitas yang lebih tinggi daripada matrik penyusun komposit. (Vlack, 2004)

Serat dalam bahan komposit berperan sebagai bahan utama yang menahan beban, sehingga besar kecilnya kekuatan bahan komposit sangat tergantung dari kekuatan serat pembentuknya. Semakin kecil bahan atau diameter serat mendekati kristal, maka semakin kuat bahan tersebut karena minimnya cacat pada material.

1.2.3.3 Komposit partikel

Komposit partikel yaitu komposit dengan penguat berupa partikel atau serbuk yang tersebar pada semua luasan dan segala arah dari komposit dan partikel yang tersuspensi didalam matrik

Komposit mempunyai bahan penguat yang dimensinya kurang lebih sama, seperti bulat serpih, alok, serta bentuk-bentuk lainnya memiliki sumbu hamper sama yang kerap disebut partikel. Komposit yang disusun oleh reinforcement berbentuk partikel, dimana interaksi antara partikel dan matriks terjadi tidak dalam skala atomik atau molecular. Partikel seharusnya berukuran kecil dan terdistribusi merata agar dapat menghasilkan kekuatan lebih seragam pada berbagai arah dan dapat meningkatkan kekuatan dan meningkatkan kekerasan material

Komposit partikel merupakan produk yang dihasilkan dengan menempatkan partikel-partikel dan sekaligus mengikatnya dengan suatu matriks Bersama-sama dengan satu atau lebih unsur-unsur perlakuan seperti panas, tekanan,

kelembaban, katalisator dan lain-lain. Komposit partikel ini berbeda jenis serat acak sehingga bersifat isotropis. Kekuatan komposit serat dipengaruhi oleh tegangan koheren antara fase partikel dan matrik yang menunjukkan sambungan baik. Partikelnya bisa logam atau non logam, seperti halnya matrik. Selain itu adapula polimer yang mengandung partikel yang hanya dimaksudkan untuk memperbesar volume material dan bukan untuk kepentingan sebagai bahan penguat komposit. (Jones, 1999)

1.2.4 Metode pembuatan Komposit

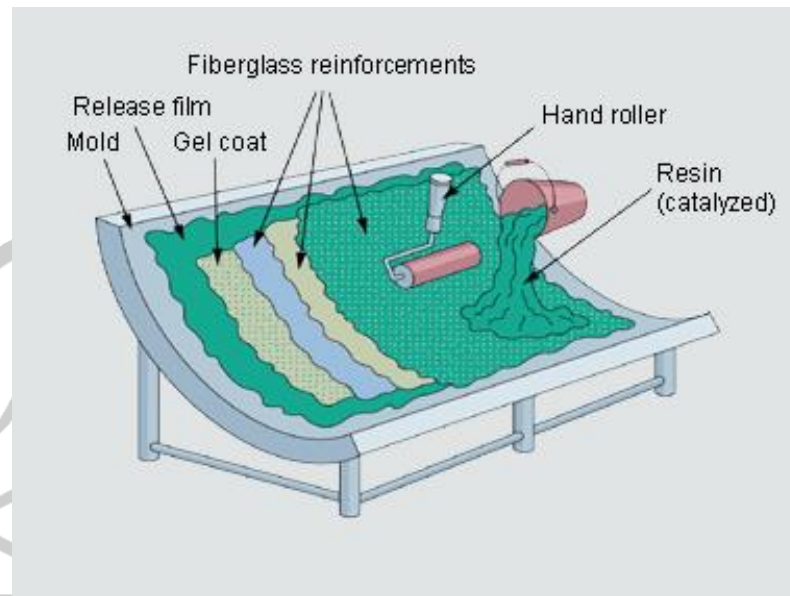
Secara garis besar metode pembuatan material komposit terdiri dari dua cara yaitu:

1.2.4.1 Proses cetakan terbuka (*open-mold process*)

a. *Contact Molding / Hand Lay Up*

Hand lay up adalah metode yang paling sederhana dan merupakan proses fabrikasi komposit. Adapun proses dari pembuatan dengan metode ini adalah dengan cara menuangkan resin dengan tangan ke dalam serat berbentuk anyaman, rajutan, atau kain. Kemudian memberi tekanan sekaligus meratakannya menggunakan rol atau kuas. Proses tersebut dilakukan berulang-ulang hingga ketebalan yang diinginkan tercapai. Pada proses ini resin langsung berkontak dengan udara dan biasanya proses pencetakan dilakukan pada temperature kamar. Pada metode *Hand Lay Up* ini resin yang paling banyak digunakan adalah *polyester* dan *epoxies*. Proses ini dapat dilihat pada gambar berikut:





Gambar 1. 1 teknik pembuatan komposit *Hand lay up*

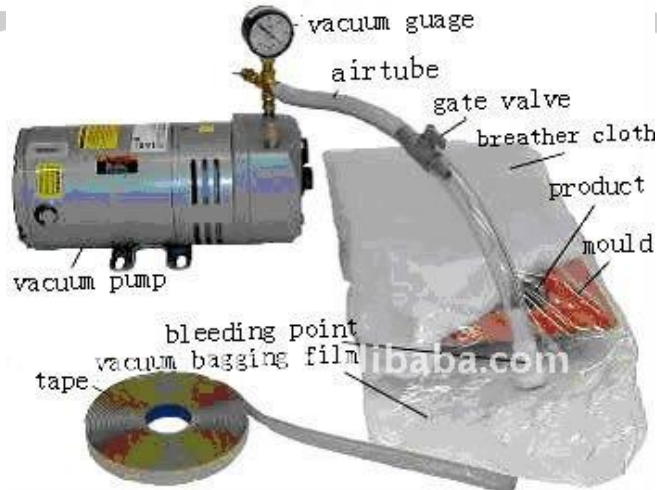
b. *Vacuum Bag*

Proses vacuum bag merupakan penyempurnaan dari hand lay-up, penggunaan dari proses vacuum ini untuk menghilangkan udara terperangkap dan kelebihan resin.

Proses ini menggunakan pompa vacuum untuk menghisap udara yang ada dalam wadah tempat diletaknya komposit yang akan dilakukan proses pencetakan. Dengan divakumkan udara dalam wadah akan dihisap keluar, sehingga udara yang masih terperangkap dalam specimen komposit akan dapat diminimalkan.

الجمعة الاستاذة الباندي

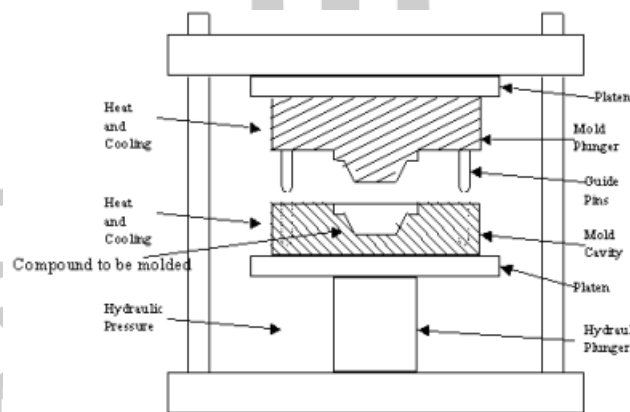
Dibandingkan dengan *hand lay up*, metode vakum memberikan penguatan konsentrasi yang lebih tinggi, adhesi yang lebih baik antara lapisan, dan control yang lebih pada resin. Proses ini dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 1. 2 Proses vacuum bag

c. *Pressure bag*

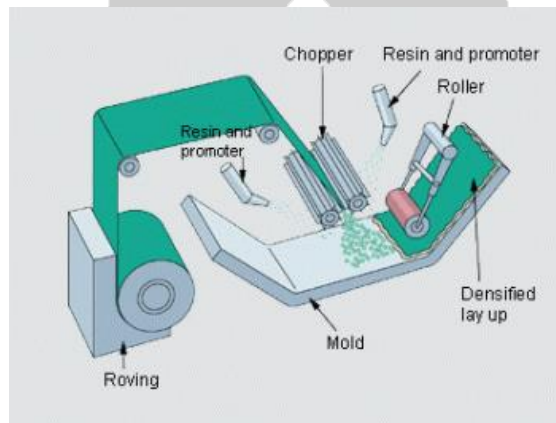
Pressure bag memiliki kesamaan dengan metode vacuum bag, namun cara ini tidak memakai vakum tetapi menggunakan udara atau uap bertekanan yang dimasukan melalui suatu wadah elastis. Wadah elastis ini yang akan berkontak pada komposit yang akan dilakukan proses. Besar tekanan yang diberikan antara 30 sampai 50 psi.



Gambar 1. 3 Proses *pressure bag*

d. *Spray-Up*

Spray-up merupakan metode cetakan terbuka yang dapat menghasilkan bagian-bagian yang lebih kompleks ekonomis dari hand lay-up. Proses *spray-up* dilakukan dengan cara penyemprotan serat (*fiber*) yang telah melewati tempat pemotongan (*chopper*). Sementara resin yang telah dicampurkan dengan katalis juga disemprotkan secara bersamaan pada wadah tempat pencetakan *spray-up*. Proses selanjutnya adalah dengan membiarkan hasil *spray-up* mengeras pada kondisi atmosfer standar.



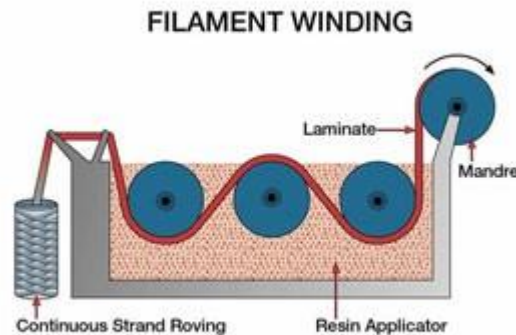
Gambar 1. 4 Proses *spray up*

e. *Filament Winding*

Fiber tipe roving atau *single strand* dilewatkan melalui wadah yang berisi resin, kemudian fiber tersebut akan diputar sekeliling mandrel yang sedang bergerak dua arah, arah radial dan arah tangensial. Proses ini dilakukan berulang, sehingga car aini didapatkan lapisan serat dan fiber sesuai dengan yang diinginkan. Resin termoseting yang biasa digunakan pada proses ini adalah poliester, vinil ester, epoksi, dan fenolat.

Proses ini digunakan untuk komponen belah berlubang, umumnya bulat atau oval, seperti pipa dan tangka. Serat TOWS dilewatkan melalui mandi resin sebelum ke mandrel dalam berbagai orientasi, dikendalikan oleh mekanisme serat dan tingkat rotasi mandrel tersebut. aplikasi dari proses filamen winding ini

digunakan untuk menghasilkan bejana tekan, motor roket, tank, tongkat golf dan pipa.



Gambar 1. 5 Proses *Filament winding*

1.2.4.2 Proses cetakan tertutup (*closed mold process*)

a. Proses cetakan tekan (*Compression Molding*)

Proses cetakan ini menggunakan hidrolik sebagai penekanya. Fiber yang dicampur dengan resin dimasukkan kedalam rongga cetakan, kemudian dilakukan penekanan dan pemanasan. Resin *thermoset* khas yang digunakan dalam proses cetak tekan ini adalah poliester, vinil, ester, epoksi, dan fenolat.

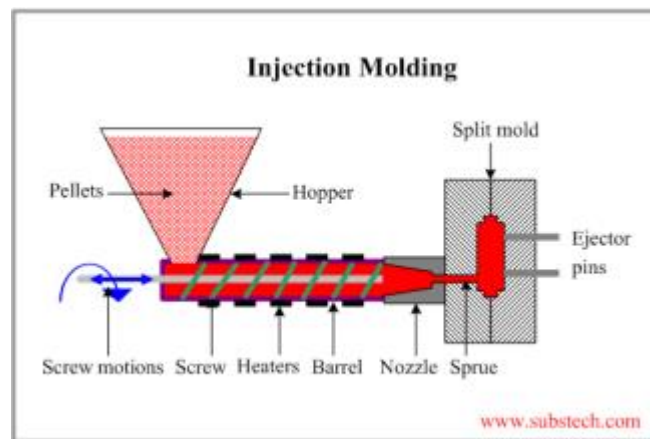
Compression Molding



Gambar 1. 6 Proses *Compression molding*

b. Injection Molding

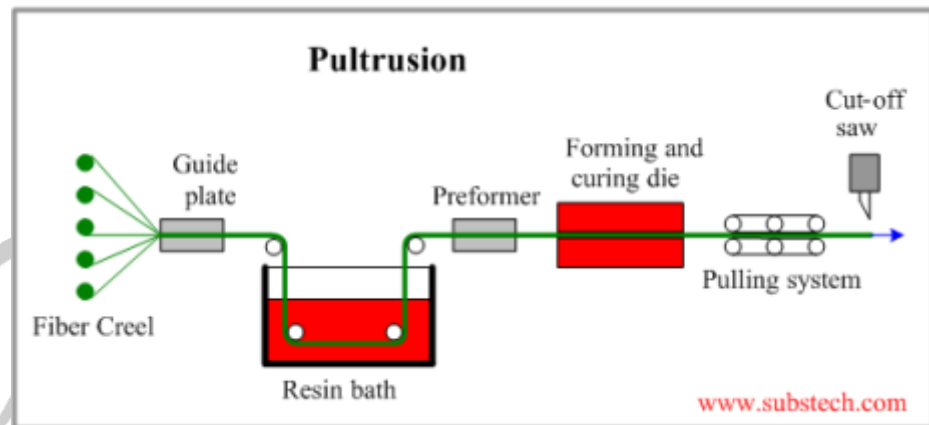
Metode injection molding juga dikenal sebagai reaksi pencetakan cairan atau pelapisan tekanan tinggi. Fiber dan resin dimasukkan kedalam rongga cetakan bagian atas, kondisi temperature dijaga supaya tetap dapat mencairkan resin. Resin cair beserta fiber akan mengalir ke bagian bawah, kemudian injeksi dilakukan oleh mandrel ke arah nozel menuju cetakan.



Gambar 1. 7 Proses injection molding

c. Continuous Pultrusion

Fiber jenis roving dilewatkan melalui wadah berisi resin,, kemudian secara kontinu dilewatkan ke cetakan pra cetak dan diawetkan (*cure*), kemudian dilakukan pengerolan sesuai dengan dimensi yang diinginkan. Pengertian lain dari continuous pultrusion adalah penarikan serat dari suatu jarring atau creel melalui bak resin, kemudian dilewatkan pada cetakan yang telah dipanaskan. Fungsi dari cetakan tersebut ialah mengontrol kandungan resi, melengkapi pengisian serrat, dan mengeraskan bahan menjadi bentuk akhir setelah melewati cetakan.



Gambar 1. 8 Proses *Continuous Pultrusion*

1.2.5 Aluminium Composite Panel (ACP)

1.2.5.1 Pengertian ACP

Aluminium Composite Panel (ACP) adalah salah satu material yang biasanya berupa lembaran yang bahanya terbuat dari lapisan aluminium pada kedua sisi luar dimana didalamnya dilapisi dengan bahan non aluminium berupa bahan polyethylene dimana ketiga lapisan disatukan dalam lembaran yang kuat. Aluminium composite panel dalam lembarannya akan didapatkan dalam lembaran yang kaku, kuat tapi dalam berat yang cukup ringan. Aluminium dapat digunakan sebagai bahan interior dan exterior rumah.

Terdapat 2 jenis aluminium composite panel (ACP)

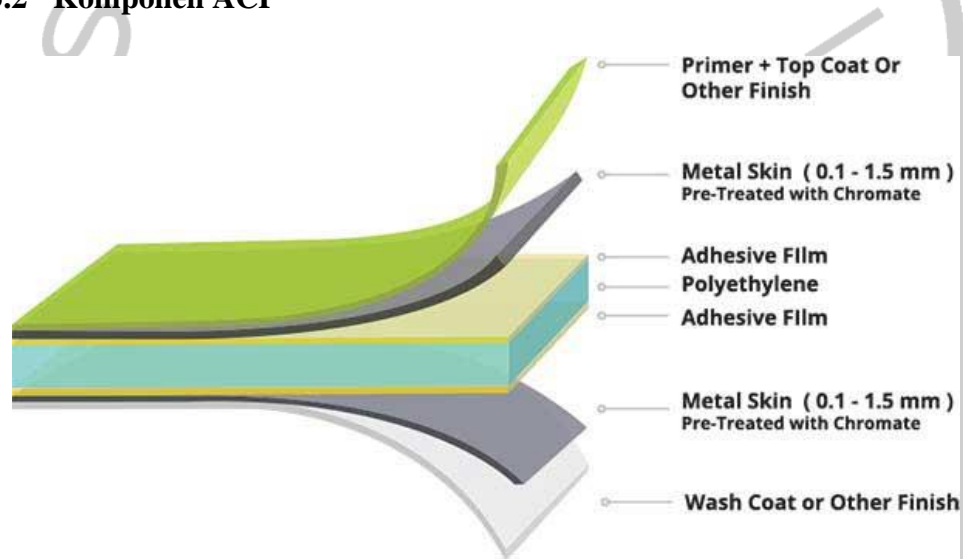
a. Aluminium composite panel PVDF

Aluminium composite panel PVDF adalah ACP yang menggunakan coating atau lapisan pelindung berupa polyvinyl difluoride yang tahan terhadap cuaca. Aluminium composite panel jenis ini biasanya digunakan pada bagian exterior bangunan.

b. Aluminium composite panel PE

Aluminium composite panel PE adalah ACP yang menggunakan coating atau lapisan pelindung berupa Poliester. Lapisan ini tidak tahan terhadap cuaca namun memiliki nilai yang lebih ekonomis sehingga ACP jenis ini lebih banyak digunakan untuk bagian interior bangunan.

1.2.5.2 Komponen ACP



Gambar 1. 9 Komponen aluminium composite panel

Sumber gambar : kontraktoracp.co.id

Aluminium composit panel memiliki 2 komponen utama yaitu polietilen (PE) dan 2 lapisan alumunium. Komponen tersebut disusun dengan urutan lembar aluminium bawah, poli etilen, dan lembar aluminium atas dengan resin adhesive film sebagai perekat tiap sisi polietilen. Aluminium composit panel kemudian diberikan coating dengan PVDF atau poliester pada bagian atas sebagai *finishing* sesuai dengan jenis ACP yang akan dibuat.

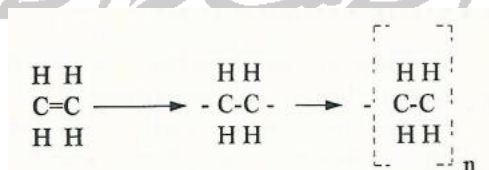
Kelebihan ACP dengan sifatnya dengan bahan cladding lainnya:

1. Tingkat rata-rata yang baik, karena materialnya kaku dan dengan teknologi
2. Dapat digunakan untuk membuat bentuk-bentuk rumit

3. Tingkat kekakuan Aluminium composite panel (ACP) tinggi, dapat digunakan untuk membuat cladding yang luas, misalnya dengan membuat modul-modul desain yang besar, sehingga memudahkan prosedur pemasangan dan mengurangi waktu instalasi
4. Warna yang homogen dan stabil
5. Panel ringan, struktur aluminium composite panel (ACP) dengan tingkat kekakuan tinggi dari bahan ringan yang mengurangi beban pada pondasi dan kerangka bangunan
6. Tahan api, aluminium composite panel (ACP) yang memiliki inti (core) Poli etilen dan flame retardant memiliki kelebihan tahan terhadap api dan tidak mudah terbakar.
7. Insulasi suara, aluminium composite panel (ACP) memiliki karakteristik insulasi suara yang lebih baik dibandingkan dengan bahan lain yang memiliki berat yang sama (baja, aluminium, dan sebagainya).
8. Pengolahan sederhana, aluminium composite panel (ACP) mudah untuk dipotong, ditekuk, dibor sehingga mudah untuk diaplikasikan pada dinding yang tidak rata.
9. Resistensi terhadap lingkungan yang tinggi, memiliki daya tahan tinggi terhadap cuaca panas dan dingin.

1.2.6 Polietilen

Polyethylene adalah bahan inti yang lazim digunakan untuk aluminium composite panel. Polietilena merupakan hasil reaksi polimerasi dari monomer etilena. Jika polimerasi etilena dilakukan pada tekanan tinggi akan menghasilkan



Gambar 1. 10 struktur kimia polietilen

Low Density Polyethylene (LDPE), sedangkan jika dilaksanakan pada tekanan relative rendah akan menghasilkan *High Density Polyethylene (HDPE)*. (Karyadi, 1997)

Polietilen banyak digunakan karena ketahanan mekanik dan kimia yang baik, kepadatan rendah, efisiensi biaya, kemudahan kemampuan proses, non reaktivitas, toksisitas rendah, isolasi listrik yang baik, dan fungsionalitas yang baik. Namun seperti polimer lainnya, perhatian tentang PE adalah sifat mudah terbakarnya dalam aplikasi yang membutuhkan ketahanan api yang baik. Meskipun emisi dari PE memiliki toksisitas rendah, ia memiliki indeks oksigen pembatas (LOI) yang rendah dan menetes selama pembakaran, yang menyebabkan penyebaran api yang cepat. (Ching Yern Chee, 2012)

Tabel 1. 5 Jenis dan karakteristik Polietilen

Nilai PE	Struktur keterangan	Kepadatan (G/cm ⁻³)	kristalinitas	LOI (%)	Panas Daya Konduksi (W/M.K)	Suhu (°C)	MW (g/mol)
LDPE (PE berdensitas rendah)	struktur bercabang mengandung rantai pendek	0,915- 0,932	Derajat yang lebih rendah kristalinitas	17-18	0,32-0,35	105- 115	<50.000
LLDPE (PE densitas rendah linier)	Struktur bercabang mengandung rantai pendek	0,910- 0,930	Sedikit lebih tinggi dari LDPE	17-18	0,35-0,45	120- 130	<50.000
HDPE (PE Kepadatan tinggi)	Struktur linear	0,940- 0,970	Derajat yang lebih tinggi kristalinitas	17-18	0,45-0,5	128- 136	Hingga 200.000

PE adalah salah satu bahan nilai tambah yang potensial dalam hal modifikasi formula yang akurat. Sangat penting untuk mengetahui nilai PE karena kinerja nyalanya berkorelasi dengan struktur kimianya (yaitu, tipe percabangan) dan formulasi

Low density polyethylene (LDPE) merupakan polietilena dengan kisaran densitas antara 0,910-0,925 g/cm³ dengan cabang pendek maupun Panjang. Perbedaan densitas akan mempengaruhi sifat-sifat polietilena antara lain sifat termal (titik leleh), sifat optic (*haze, gloss, clarity*), dan sifat fisika (ketahanan pukul tarik, ketahanan sobek dan kuat Tarik). Nano komposit merupakan material baru yang saat ini dikembangkan. Penggunaan bahan pengisi berukuran nano dalam hal ini *nanoprecipitated calcium carbonate* (NPCC) diharapkan dapat tersebar dan terdispersi secara acak pada matriks polimer. Penyebaran partikel nanokomposit yang menunjukkan sifat superior. (Yuniari & Kasmudjiastuti, 2012)

nanoprecipitated calcium carbonate (NPCC) banyak digunakan dalam industry plastic terutama untuk produk *high grade* seperti *automotive internal sealed* dengan PVC plastisol. *nanoprecipitated calcium carbonate* (NPCC) dapat meningkatkan reologi plastic. Komposit didefinisikan sebagai gabungan serat-serat dan resin. Penggabungannya sangat beragam, serat diatur memanjang (*unidirectional composites*), ada yang dipotong-potong kemudian dicampur secara acak (*random fiber*).

1.2.7 Flame retardant

Flame retardant (FR) adalah senyawa kimia yang ditambahkan pada campuran plastic dengan tujuan untuk menghambat pembakaran plastic. Untuk mencegah pembakaran, perlu dirancang polimer yang stabil secara termal yang memiliki kemungkinan lebih kecil untuk terurai menjadi gas yang mudah terbakar dibawah tekanan panas. Polimer yang stabil akan memiliki keterbatasan dari segi karakteristik lain dan seringkali terlalu mahal juga sulit untuk diproses. Maka zat aditif flame retardant ditambahkan untuk menghambat api pada plastik.

Produk yang terbuat dari polimer dapat memicu atau menyebarkan api karena sebagai senyawa organik, produk bisa terurai menjadi zat yang mudah terbakar yang mudah menguap ketika terkena panas.

Penggunaan flame retardant berfungsi untuk:

- a. Memperlambat pembakaran dan degradasi polimer
- b. Mengurangi emisi asap
- c. Mengurangi sifat mudah meleleh

Untuk mengurangi sifat mudah terbakar PE direkomendasikan untuk menggunakan modifikasi fisik atau kimia serta penerapan Flame Retardant. Flame retardant yang biasa diaplikasikan untuk polietilen sebagai pembuatan kabel, komponen kendaraan, bahan bangunan dan konstruksi adalah *alumina trihydrate* (ATH) dan *Magnesium hydroxide*.

Untuk menunjang ketahanan api dari polietilen maka digunakan campuran sebagai flame retardant.

Tabel 1. 6 referensi Flame Retardant untuk campuran matrik polimer LDPE

Matriks polimer	Aditif	Mekanisme	Hasil	Referensi
LDPE	ATH, MH, Ferric oksihidroksida (FH)	Char forming, pembatasan difusi oksigen	- Nilai Loi yang lebih tinggi dari composite yang mengandung ATH dibandingkan komposit yang mengandung MH dan FH - Meningkatkan sifat protektif dengan hasil lapisan hangus dengan pori-pori kecil pada sampel	(Gao, Hu, Han, & Zhang, 2011)

Tabel 1. 7 referensi Flame Retardant untuk campuran matrik polimer LDPE

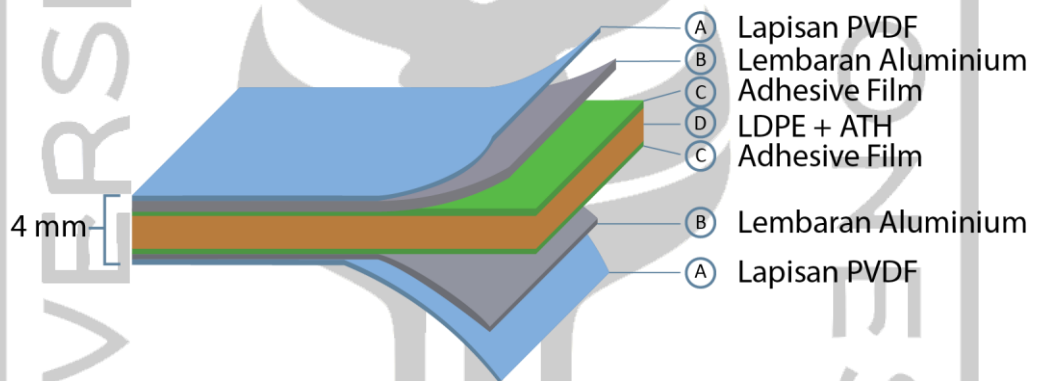
Matriks polimer	Aditif	Mekanisme	Hasil	Referensi
LDPE	Organopalygorskite (OPGS), Molibdenum sulfida (MoS ₂), MH	Pembentukan karakter, pembatasan difusi oksigen	<ul style="list-style-type: none"> - Meningkatkan nilai LOI (26%) - Pengurangan laju PHR (83%) dibandingkan campuran polimer yang rapi - Menunjukkan peringkat UL-94 V-0 	(Valdes, et al., 2020)
LDPE	ATH, EVA	Char forming	<ul style="list-style-type: none"> - Ketahanan terhadap api meningkat - Peningkatan kepadatan ikatan silang menyebabkan peningkatan sifat listrik dan termal - Menunda proses degradasi termal 	(Zhou, et al., 2014)
LDPE/EVA	ATH, Magnesium hidroksida sulfat hidrat (MHSH)	Char Forming	<ul style="list-style-type: none"> - Meningkatkan stabilitas termal - Pengurangan tingkat degradasi termal dalam kisaran suhu 410°C -510°C - Indikatif V=0 dalam uji UL9-4 	(Liu, et al., 2019)

BAB II

PERANCANGAN PRODUK

2.1. Spesifikasi Produk

Rencana produk yang akan dihasilkan pabrik ini adalah berupa aluminium composite panel (ACP) dengan lapisan luar *Polyvinyl Dluoride* (PVDF). Keunggulan utama dari bahan ini adalah dengan menggunakan inti (*core*) berupa *Polyethylen* + *Aluminium Trihidrat* sehingga produk kami memiliki ketahanan lebih terhadap api, tahan terhadap cuaca dingin maupun panas sehingga dinding tidak berhadapan langsung dengan kondisi cuaca.



Gambar 2. 1 ilustrasi ACP A2

Tabel 2. 1 Sifat fisik Aluminium composite panel A2

No	Bahan baku	Densitas (kg/m ³)	Persentase (%)	Lebar (mm)
1	LDPE	920	22,75	2,6
2	ATH Al(OH) ₃	2210	42,25	
3	Aluminium	2700	25	1
4	PVDf	1770	8	0,2
5	Adhesive film	1020	2	0,2
Lebar aluminium composite panel				4

Sifat mekanis Aluminium composite panel A2 sebagai berikut

1. Tidak menghasilkan gas beracun yang dapat menyebabkan kematian. 80 % kematian dalam kecelakaan kebakaran disebabkan oleh asap yang merupakan kombinasi mengerikan dari CO dan CO₂.
2. Tidak menimbulkan asap yang dapat mengaburkan pengelihatian sehingga memudahkan orang untuk menemukan rute keluar dari gedung yang terjadi kebakaran.
3. Tidak melepaskan panas yang berlebihan ke bahan lain yang dapat menyebabkan kebakaran
4. Tidak menyebabkan penyebaran api
5. Terdiri dari 90 % bahan bebas halogen , bahan anorganik yang menghasilkan uap air saat dipanaskan.

Aluminium trihidrat (ATH) menunda transformasi PE dari padat menjadi plastic hingga 240 °C dengan melepaskan molekul air dan menurunkan suhu secara terus menerus.

Tabel 2. 2 Detail Penyerapan Panas pada Inti

Detail Inti	Polietilena	Aluminium Trihidrat (ATH)
Reaksi kimia	$\text{CH}_2 + \text{O}_2 = \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$	$2\text{Al}(\text{OH})_3 = \text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$
Suhu penguraian	90°C hingga 110°C	190°C hingga 240°C
Status	Generasi panas	Penyerapan panas

Aluminium composite panel merupakan komposit laminasi dengan inti yang berupa komposit partikel. Bahan komposit partikel pada umumnya lebih lemah dibanding bahan komposit serat. bahan komposit partikel mempunyai keunggulan, seperti ketahanan terhadap aus, tidak muda retak dan mempunyai daya pengikat dengan matrik yang baik. Inti aluminium composite panel terdiri dari Aluminium Trihidrat sebagai matriks yang berfungsi mengikat partikal LDPE sebagai *filler*.

Aluminium composite panel menggunakan susunan berlapis dengan gabungan inti dengan lembaran aluminium 0,5 mm sebagai penguat untuk menambah kekuatan

pada komposit laminasi Untuk meningkatkan kekuatan pada aluminium composite panel digunakan lembaran aluminium 0,5 mm. Aluminium yang dilapisi dengan polivinylidene fluoride meningkatkan daya tahan aluminium terhadap panas dan dingin sebagai lapisan terluar aluminium composite panel. *Adhesive film* digunakan sebagai bahan perekat komposit laminasi antara material inti dengan aluminium.

2.2. Spesifikasi bahan baku

Menentukan bahan baku untuk produk aluminium composite panel merupakan factor penting agar kwalitaas produk yang dihasilkan sesuai dengan standar sebagai pelapis bangunan dan memiliki ciri atau kelebihan tersendiri. Adapun bahan baku yang akan digunakan adalah sebagai berikut:

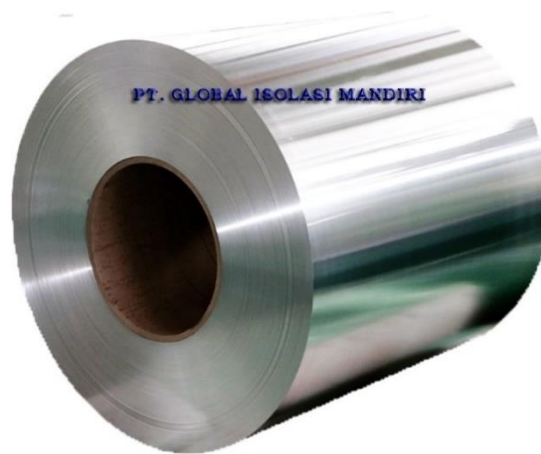
2.2.1. Spesifikasi aluminium sebagai penguat pad aluminium composite panel

Logam Aluminium merupakan logam monolitik, bila ditinjau dari sifat mekanisnya, seperti nilai kekerasan, memiliki nilai kekerasan yang rendah. Sebagai logam monolitik, Aluminium memiliki beberapa kelebihan yaitu memiliki bobot yang ringan, tahan terhadap korosi dan juga mudah dibentuk (10 aluminium).

Tabel 2. 3 Sifat fisik dan mekanik logam aluminium (Indevco, 2021)

<i>Density</i>	2,7 g/cm ³
<i>Modulus elastisitass</i>	71 Gpa
Kekerasan	19 VHN
<i>Yield strength</i>	25 Mpa
Konduktivitas termal	237 W/mK
C.T.E	2,4.10 ⁻⁵ /°C

Salah satu cara untuk meningkatkan sifat mekanik dalam hal kekerasan adalah dengan menambahkan penguat. Metode komposit adalah salah satu cara untuk menambahkan kekuatan pada logam aluminium dengan tetap mempertahankan kelebihan dari logam aluminium composite panel. Aluminium yang digunakan pada aluminium composite panel adalah jenis aluminium yang berbentuk lembaran dengan ketebalan. Aluminium digunakan sebagai pelindung atau penutup bahan inti pada aluminium composite panel. Ketebalan aluminium yang digunakan adalah 0,25 mm hingga 0,55 mm



Gambar 2. 2 Aluminium Coil

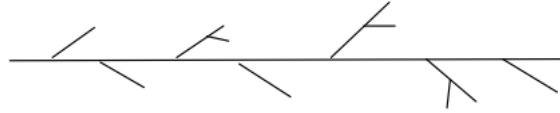
Sumber gambar : isolasimandiri.com

2.2.2. Spesifikasi Polyethylen sebagai inti pada aluminium composite panel

Kebutuhan bahan polimer oleh industri di Indonesia terus meningkat pada tahun-tahun mendatang seiring dengan laju pertumbuhan industry manufaktur, konstruksi gedung dan perumahan. Polymer yang banyak digunakan pada bidang industri adalah *polyethylene*. Jenis *polyethylene* yang sering dijumpai adalah LDPE (*Low Density Polyethylene*) dan HDPE (*High Density Polyethylene*).

Polyethylene yang digunakan pada produk aluminium Composite panel adalah *Low Density Polyethylene* (LDPE). *Low Density Polyethylene* (LDPE) memiliki struktur

rantai bercabang yang tinggi dengan cabang- cabang yang Panjang dan pendek. Dibawah ini adalah gambar struktur Low Density Poliethylene



Gambar 2. 3 Struktur rantai LDPE

Kelebihan dari LDPE adalah

- a. Mempunyai daya proteksi yang baik terhadap uap air
- b. Mempunyai ketahanan kimia yang sangat tinggi
- c. Mempunyai konstanta dielektrik yang kecil, sehingga sifat kelistrikanya lebih baik
- d. Mempunyai kelenturan yang baik jika digabungkan dengan logam
- e. Ketahanan terhadap korosi

Menurut sifat fisiknya LDPE termasuk kedalam termoplastik dimana ldpe termasuk kedalam plastic yang dapat didaur ulang atau dicetak Kembali dengan proses pemanasan. LDPE merupakan salah satu jenis plastic sintetik yang bersifat non-biodegradable atau tidak dapat terdegradasi sehingga menyebabkan masalah lingkungan (Darni, Chici, & Ismiyati, 2008). Walaupun susah terdegradasi plastik khususnya LDPE mudah untuk didaur ulang menjadi produk baru yang dapat digunakan kembali. Sifat mekanik *Low Density Polyethylene* (LDPE) dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 2. 4 Sifat mekanik *Low-density Polyethylene* (LDPE). (Prasad, 1999)

No	Sifat	Nilai
1	Density (g/cm^3)	0,910 – 0,935
2	Melting Temperature ($^{\circ}\text{C}$)	105 – 115
3	Compressive Strength (MPa)	18 – 25
4	Flexural Modulus (MPa)	240 – 330
5	Elongation at Break (%)	100 – 800
6	Tensile Modulus (MPa)	102 – 310



Gambar 2. 4 Biji LDPE

Sumber : PT Garuda Prima Sentosa

2.2.3. Spesifikasi Aluminium Trihidrat

Low Density polyethylene (LDPE) banyak digunakan dalam industri kabel karena sifat mekanik dan fisiknya yang baik serta pengolahannya yang mudah(1).namun, LDPE memiliki sifat mudah terbakar dengan nilai indeks pembatas (LOI) yang sangat rendah yaitu 17,4. Untuk meningkatkan kemampuan tahan api pada LDPE maka dilakukan penambahan bahan polimer dengan sifat yang tahan api.

Senyawa bromin sebagai penghambat api dalam polimer adalah yang paling efektif, tetapi senyawa bromin memiliki efek yang beracun dan berpotensi karsinogenik yang terbentuk selama pembakaran. Salah satu senyawa yang dapat meningkatkan daya tahan api LDPE yang tidak beracun dan dapat menekan asap adalah aluminium trihidrate (ATH).

Tabel 2. 5 Sifat fisik Aluminium Trihydrate

No	Sifat	Nilai
1	Kecerahan (tingkat standar)	90 – 92

2	Kecerahan(pengendapan ganda)	100
3	Densitas g/cm ³	2.42
4	Nilai pH	9-10
5	Kekerasan Mohs	2,5 – 3,5
6	Indeks bias	1.57
7	Suhu Dekomposisi	428°F / 220°C
8	Panas Penguraian, Kal/g	280
9	LOI %	34,6

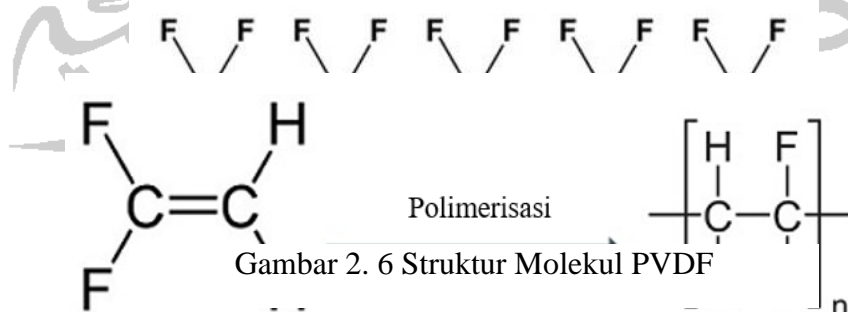
2.2.4. Spesifikasi PVDF

PVDF atau PVF₂ atau *Polyvinylidene fluoride* atau *Polyvynylidene difluoride* adalah semi-kristalin, termoplastik *fluor* polimer dengan kemurnian tinggi. Dengan suhu proses hingga 150°C. PVDF memiliki kelebihan seperti:

- a. Ketahanan kimia yang sangat baik

Pada suhu tinggi, PVDF dapat dilarutkan dalam pelarut organik seperti ester dan amina, yang memungkinkan PVDF diterapkan sebagai pelapis tahan korosi pada peralatan proses kimia dan panel arsitektur

- b. Kekuatan mekanik yang tinggi
- c. Sifat piezoelektrik dan piroelektrik
- d. Kemampuan proses yang baik



Gambar 2. 6 Struktur Molekul PVDF

Gambar 2. 5 Struktur polimer PVDF

sifat fisik polimer PVDF dapat dilihat pada tabel dibawah ini (Omnexus, 2021)

Tabel 2. 6 Sifat fisik polimer PVDF

No	Keterangan	Nilai
1	Suhu Defleksi 0,5 MPa	148
2	Suhu Defleksi 1,8 Mpa	113
3	Titik Leleh	178
4	Titik Lebur °C	154 -184
5	Kekuatan Tarik MPa	36 – 56
6	Perpanjangan	25 – 500
7	LOI %	44

Saat terkena api PVDF tidak mudah terbakar dan tidak menetes. Dapat padam sendiri sesuai dengan besar LOI dari PVDF yaitu 44%.

Gambar menunjukkan bijih PVDF sebagai bahan baku coating aluminium produk aluminium composite panel



Gambar 2. 7 Bijih PVDF

Sumber : Omnexus plastic & elastomer

2.2.5. Spesifikasi Bahan Baku Pembantu

Adhesive film

Adhesive film adalah sebuah lem yang berbentuk film atau lembaran. Adhesive film berfungsi untuk merekatkan komponen metal yaitu aluminium dengan inti (*core*) yang berupa plastik. Adhesive film dapat merekatkan metal ke plastic dengan perlakuan panas atau ketika mencapai titik leleh, adhesive film akan mengikat komponen lain.

Spesifikasi bahan *adhesive* yang digunakan pada Aluminium Composite panel dapat dilihat pada tabel dibawah ini

Tabel 2. 7 Spesifikasi *Adhesive film* untuk bonding komposit

No	Fitur	Keterangan
1	Bahan	EVA
2	Suhu Operasional	140°C – 160°C
3	Titik leleh	90°C
4	Ketebalan	0,08 mm
	Lebar	1380 mm

Gambar menunjukkan *adhesive film* yang digunakan untuk perekat aluminium dengan plastic inti pada pembuatan aluminium composite panel.



Gambar 2. 8 *Adhesive film bonding* metal-plastik

Sumber : Tunsing *adhesive film*

2.3. Pengendalian Kualitas

Menurut (Ahyari, 1992) Pengendalian kualitas adalah suatu aktifitas (manajemen perusahaan) untuk menjaga dan mengarahkan agar kualitas produk atau jasa perusahaan dapat dipertahankan sebagaimana telah direncanakan. Sedangkan Menurut wignjosoebroto (Wignjosoebroto, 2006), pengendalian kualitas adalah suatu sistem verifikasi dan penjagaan/ perawatan dari suatu tingkat/derajat kualitas produk atau proses yang sesuai, inspeksi yang terus-menerus, serta Tindakan korektif bilamana diperlukan.

Berdasarkan makna dari pengendalian kualitas diatas, dalam mencapai suatu produk yang sesuai dengan apa yang telah direncanakan pada saat awal produksi maka diperlukan suatu manajemen perusahaan berupa pengendalian kualitas. Pengendalian kualitas berupa pemeriksaan dan pengecekan bahan baku untuk proses produksi, pengecekan dan pemeriksaan kegiatan produksi, dan melakukan Analisa dan perbaikan saat terjadi penyimpangan dalam proses produksi.

BAB III

PERANCANGAN PROSES

3.1 Uraian Proses

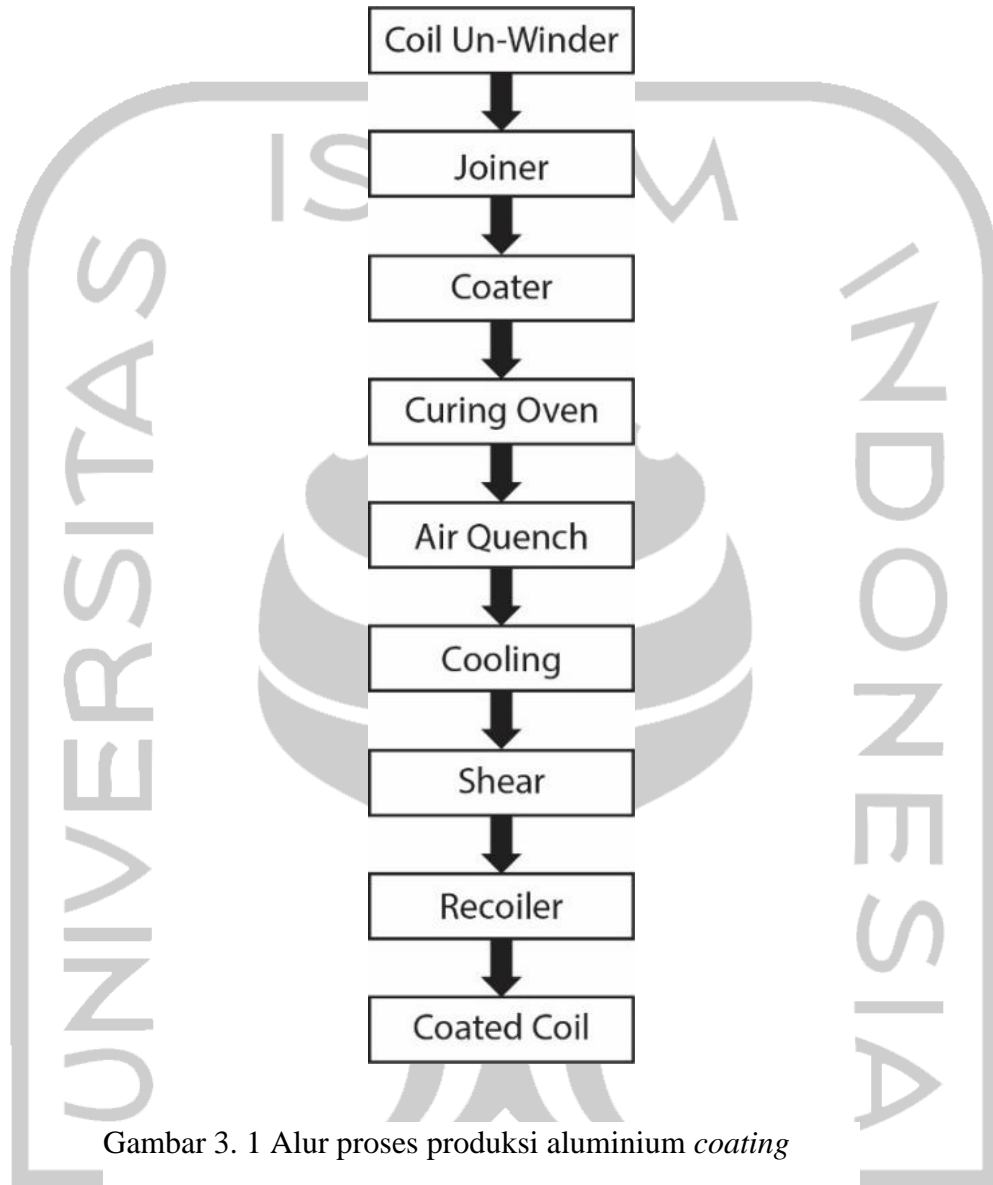
Menurut (Handyaningrat, 1994) proses adalah serangkaian tahap kegiatan mulai dari menentukan sasaran sampai tercapainya tujuan. Sedangkan menurut (Badudu, 1994), proses adalah jalanya suatu peristiwa dari awal sampai akhir atau masih berjalan tentang suatu perbuatan, pekerjaan dan Tindakan.

Berdasarkan definisi diatas, dapat diambil keputusan bahwa proses merupakan suatu tahapan- tahapan dalam suatu pekerjaan baik oleh manusia atau mesin dari awal sampai tercapainya suatu produk.

Pabrik komposit ini dirancang untuk memproduksi aluminium composite panel . dalam proses pembuatannya melewati beberapa tahapan terkontrol guna menjaga kualitas produk akhir. Pada pabrik Aluminium Composit Panel ini terdapat 2 set mesin yang saling berhubungan yaitu proses mesin aluminium coating dan proses mesin aluminium composite panel. Alur proses (*flow process*) pada mesin coating meliputi pelapisan PVDF, *curing oven*. Alur proses pada mesin aluminium composite panel meliputi proses ekstrusi, proses laminasi, perlakuan suhu. Dalam penerapan proses diatas harus dilakukan berurutan dengan proses *coating* aluminium kemudian hasil *coating* digunakan pada proses pembuatan aluminium composite panel.

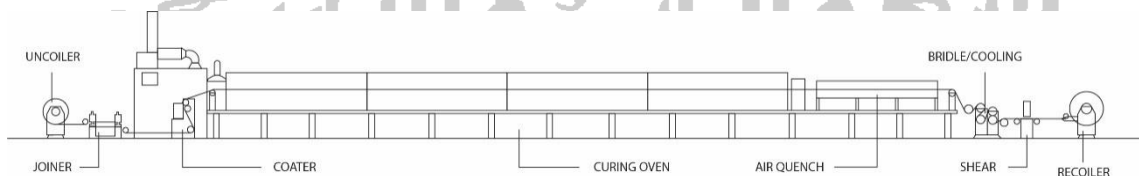
3.1.1 Mesin Aluminium Coating

alur proses produksi aluminium coating ditunjukkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 3. 1 Alur proses produksi aluminium *coating*

Alur proses mesin Aluminium *Coating*



Gambar 3. 2 Ilustrasi mesin aluminium *coating*

sumber gambar (Alumax, 2021)

3.1.1.1 Coil Un-Winder

Coil Un-winder merupakan tahap pertama dari proses coating aluminium. Bahan baku proses coating berupa aluminium yang masih dalam bentuk gulungan. *Coil Un-winder* merupakan proses pelepasan gulungan aluminium dari *coil*. Proses *coil Un-Winder* yaitu peletakan gulungan pada mesin kemudian ujung aluminium akan ditarik menuju proses selanjutnya sedangkan gulungan aluminium akan berputar pada mesin searah dengan keluarnya aluminium.

3.1.1.2 Joiner

Proses selanjutnya adalah *joiner*, mesin ini berfungsi untuk menyambungkan aluminium ke mesin selanjutnya yaitu mesin *coating* secara otomatis.

3.1.1.3 Coater

Pada mesin coater dilakukan proses pelapisan aluminium menggunakan cairan *polivinilidena Fluorida* (PVDF). Lapisan atas dan bawah aluminium dilapisi secara merata dengan system hidrolis silinder dengan mesin paint agitator dan mesin feeding. Ketebalan lapisan *Polivinilidena Fluorida* sebesar kurang lebih 20 μm .

3.1.1.4 Curing Oven

Curing oven merupakan proses termal dari coating aluminium. Proses thermal ini diberikan pada aluminium yang sudah terlapisi oleh *Polivinilidena Fluorida* (PVDF) untuk meningkatkan kekuatan dan daya tahan bahan dengan mempercepat reaksi kimia. Proses kerja *curing oven* adalah memasukan lembaran aluminium pada oven menggunakan conveyor kemudian menaikkan suhu oven hingga 250°C.. Proses ini bertujuan untuk merekatkan resin *Polivinilidena Fluoride* (PVDF) pada Aluminium.

3.1.1.5 Air Quench

Air Quench adalah proses pendinginan logam menggunakan udara. Proses pendinginan ini dilakukan setelah logam aluminium dengan lapisan PVDF dipanaskan dalam *curing oven*. Aluminium PVDF diberikan perlakuan pendinginan secara cepat setelah dipanaskan untuk memperkuat dan mengeraskan logam. Proses pemanasan dan pendinginan ini dapat mengubah struktur dasar logam sehingga logam aluminium menjadi kuat dan tahan lama. Proses air quench menggunakan blower untuk proses pendinginan

menggunakan udara dingin dan dengan tambahan circulation water pump sebagai pendingin menggunakan air dingin.

3.1.1.6 Cooling/Bridle

Cooling /bridle adalah proses pendinginan lambat yang dilakukan dengan menggunakan *bridle roll*. *Bridle roll* juga berfungsi untuk memberikan tekanan pada aluminium yang sudah dilapisi *Polivinilidena Fluoride* (PVDF).

3.1.1.7 Shear

Shear merupakan proses pemotongan logam menggunakan mesin shearing tanpa menggunakan pemanasan atau peleburan.

3.1.1.8 Re-Coil

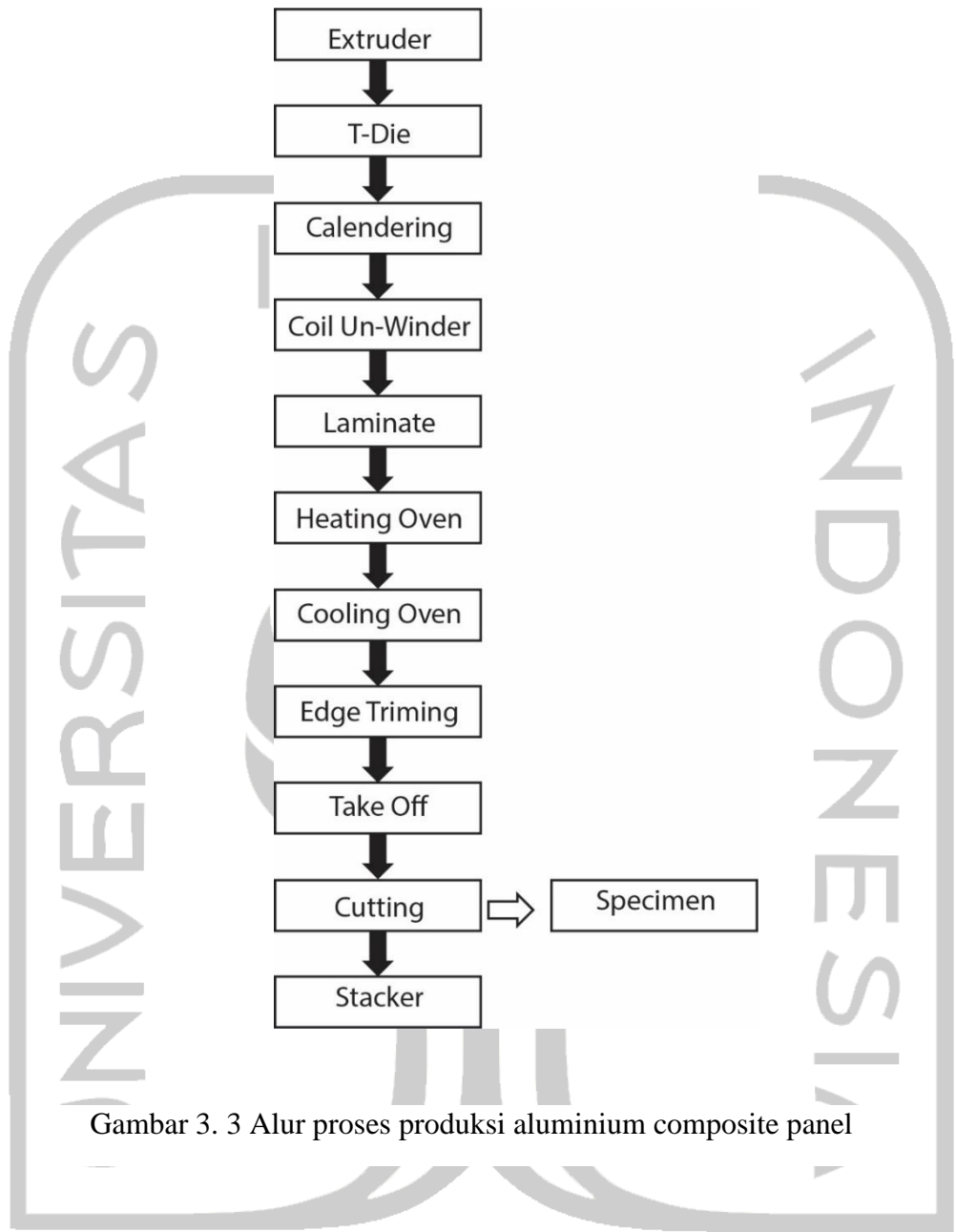
Re-coil merupakan proses penggulangan kembali Aluminium yang telah dilapisi resin *Polivinilidena Fluoride*. *Re-coil* ini dilakukan karena pada proses mesin Aluminium Composite panel dibutuhkan bahan baku aluminium dengan bentuk gulungan agar mempermudah proses produksi dan efektifitas ruang produksi.

3.1.1.9 Coated Coil

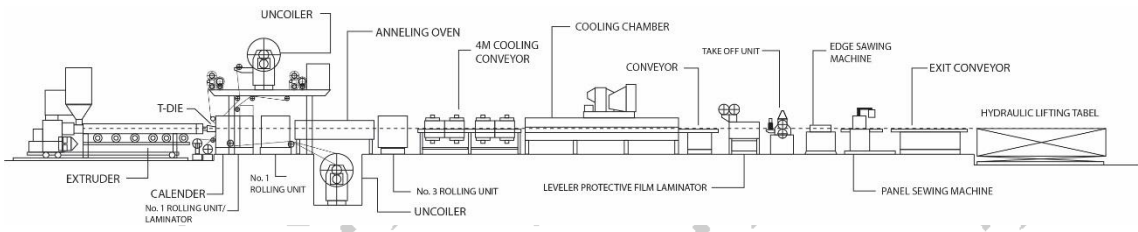
Coated coil yang sudah jadi diambil dari mesin dan dikirim ke ruang produksi aluminium composite panel untuk dilakukan proses selanjutnya

3.1.2 Mesin Aluminium Composite Panel

alur proses produksi aluminium composite panel ditunjukkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 3. 3 Alur proses produksi aluminium composite panel



Gambar 3. 4 Ilustrasi mesin aluminium composite panel

Sumber Gambar (Alumax, 2021)

3.1.2.1 Extruder

Extruder merupakan proses pencairan pencampuran bahan polimer untuk inti Aluminium Composite Panel. Bahan inti yang dimasukan dalam proses extruder adalah *Low Density Polyethylene*(LDPE) dan *Aluminium Tryhydrate* (ATH). Prinsip kerja Extruder adalah bahan polimer dimasukan kedalam tabung mesin Extruder kemudian putaran ulir (*Screw*) Extruder akan mendorong bahan ke mesin *T-Die*. Dalam proses mesin Extruder bahan-bahan polimer mengalami gaya tekan dan gesekan antara ulir (*Screw*). Gesekan pada bagian *screw* menyebabkan kalaor yang memberikan panas pada bahan dan melelehkan bahan.

Proses pelelehan pelet menjadi polimer pada mesin extruder melalui beberapa tingkatan heater. Exrtruder terbagi dalam 3 bagian utama, yaitu:

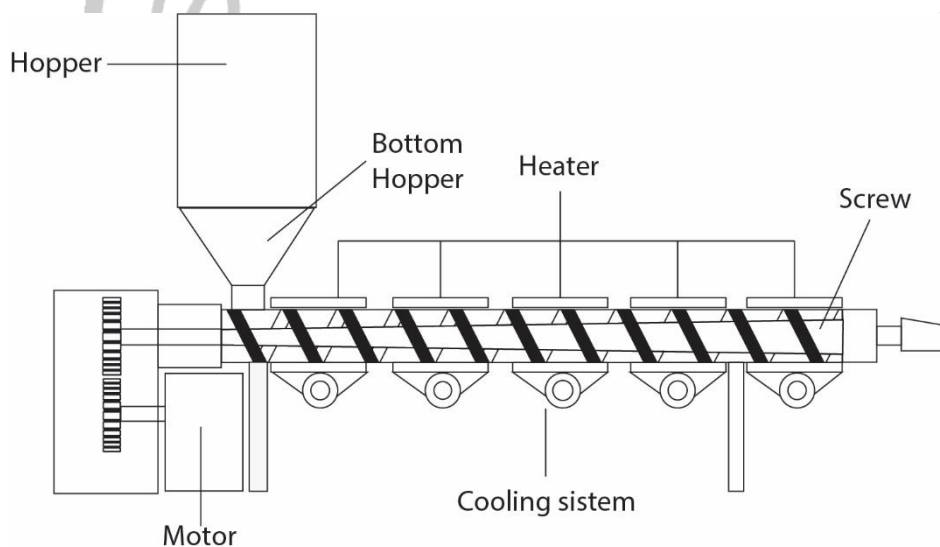
1. Feed zone merupakan bagian yang berfungsi untuk meneruskan pelet dari bottom hopper ke proses pelelehan.
2. Melting zone merupakan daerah pelelehan chips dengan menggunakan temperatur yang berbeda
3. Compressing zone merupakan bagian yang berfungsi untuk mendorong pelet yang sudah meleleh menuju T-Die atau cetakan menggunakan alat screw

Proses pelelehan pelet didalam extruder menggunakan lima unit pemanas (heater) dengan temperature 270 °C - 300 °C. pembagian lima unit temperature heater didalam extruder addalah :

Tabel 3. 1 Temperatur Heater pada Extruder

Extruder	Temperatur
Heating zone 1	287 °C
Heating zone 2	289 °C
Heating zone 3	293 °C
Heating zone 4	295 °C
Heating zone 5	297 °C

Proses pemanasan pada ekstruder dimulai dengan temperature rendah ke temperature lebih tinggi. Pengaturan temperature tersebut berfungsi agar tidak mengakibatkan bloking pada pipa. Proses berjalanya lelehan dari daerah heater 1 ke heater lainnya dilakukan menggunakan screw yang digerakan oleh motor. Gerakan screw yang berputar dan tingginya temperature pada bagian heater, menyebabkan screw mengalami panas. Untuk mengurangi panas tersebut diperlukan pendingin yang berasal dari cooling system menggunakan cooling fan. (Kurniasih & Budianto, 2007)



Gambar 3. 5 ilustrasi mesin ekstruder

3.1.2.2 *T-Die*

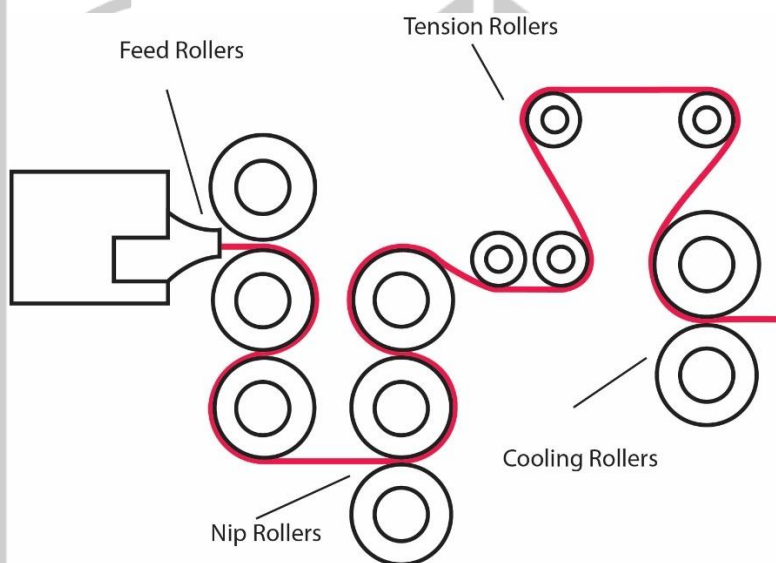
T-die adalah proses pencetakan hasil dari mesin *Extruder* menjadi bentuk lembaran. Cetakan pada bagian *T-die* disesuaikan dengan kebutuhan produk yang akan dibuat yaitu lebar minimal 1,2 meter dan ketebalan 2,6 mm.

3.1.2.3 *Calendering*

Calendering adalah proses penggulangan lembaran inti dari cetakan *T-Die*. Proses *calendering* juga berfungsi untuk membentuk permukaan pada lembaran (*sheet*) polietilen untuk menjaga kualitas produk aluminium composite panel. Proses *calendering* berfungsi juga untuk menjaga ketebalan lembaran inti (*core*). Ketebalan core yang diinginkan adalah 2,6 mm untuk aluminium composite panel ukuran 4 mm.

Terdapat 4 tahap dalam proses calendaring.

1. Lembaran inti memasuki feed rollers dari cetakan The die.
2. Lembaran inti kemudian melewati nip roller untuk menyesuaikan ketebalan lembaran dan memperhalus lembaran.
3. Lembaran inti melewati tension roller untuk mempertahankan ketegangan pada lembaran.
4. Tahap terakhir lembaran melewati cooling roller untuk menurunkan suhu pada lembaran agar bentuk lembaran tidak berubah untuk proses selanjutnya.



Gambar 3. 6 proses calendaring

3.1.2.4 Coil Un-Winder

Coil Un-Winder merupakan pelepasan atau penguluran bahan baku produksi dari gulungan. Bahan baku yang mendapatkan proses *coil un-winder* adalah gulungan Aluminium coating satu pada bagian atas dan satu pada bagian bawah, kemudian adhesive film satu untuk bagian atas dan satu untuk bagian bawah.

3.1.2.5 Laminate

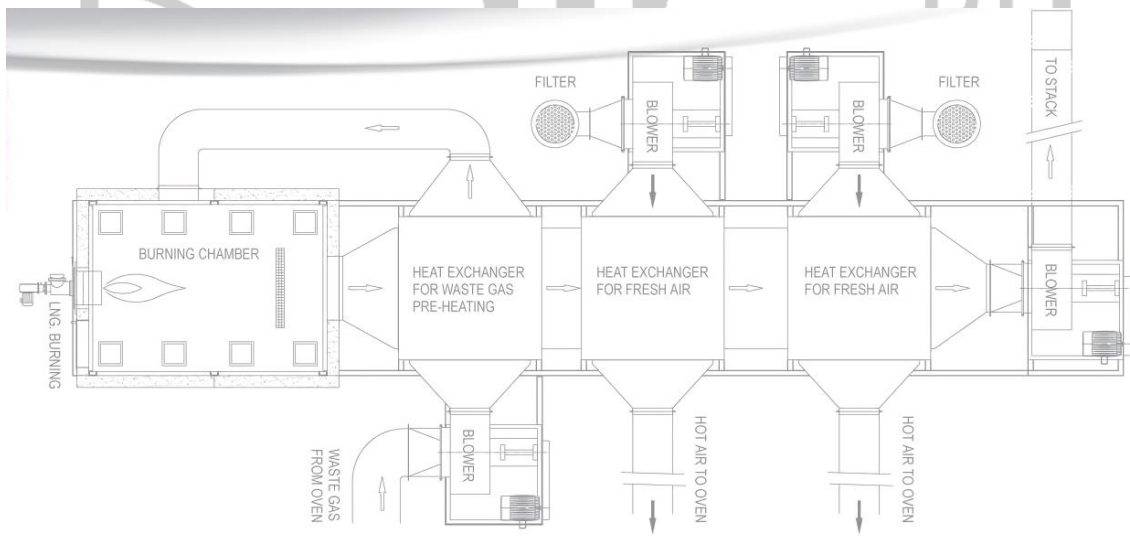
Laminate adalah proses penyatuan komponen aluminium composite panel. Urutan komponen adalah inti Aluminium composit panel yang telah melalui proses *extruder* dan *T-Die*, kemudian lembar *adhesive film* pada bagian atas dan bawah inti. Penggabungan selanjutnya adalah komponen aluminium sheet yang telah diberiakan lapisan PVDF.

Proses *laminat* ini berkelanjutan hingga bahan baku habis atau sesuai dengan perancangan banyaknya kebutuhan produksi.

3.1.2.6 Heating Oven

Proses selanjutnya adalah *Heating oven* dimana lembaran gabungan dari bahan baku dipanaskan menggunakan udara panas dan 2 area pemanasan temperatur yang dikontrol menggunakan *Propotional integral derivative* (PID). Pengontrol PID merupakan alat untuk mengendalikan suhu, tekanan, aliran dan variable lainnya secara otomatis sehingga tidak terjadi kelebihan suhu pemanasan atau kekurangan suhu pemanasan.

Proses pemanasan untuk oven menggunakan system *fume incinerator* dan *heat recovery system*. System ini menggunakan *liquid propane gas* (LPG) sebagai bahan bakar pemanas untuk oven dengan bantuan blower. Proses pembakaran gas dilakukan pada *burning chamber*. Untuk mengurangi *waste gas* digunakan *heat recovery system* dengan bantuan blower untuk menyalurkan *waste gas pre-heating* Kembali menuju *burning chamber*. Proses pemanasan pada heating oven sebesar 160°C -180°C agar adhesive film dapat meleleh dan merekatkan antara inti dengan aluminium.



Gambar 3. 7 fume incinerator dan heat recovery system

3.1.2.7 Cooling oven

Setelah proses pemanasan dilakukan proses pendinginan atau *cooling*. Proses *cooling* dilakukan menggunakan dua tahap, tahap pertama proses pendinginan menggunakan mesin *cooling conveyor* dengan bantuan blower pendingin. Kemudian tahap kedua proses pendinginan menggunakan mesin *cooling chamber* dengan bantuan kipas pendingin.

3.1.2.8 Protective film laminating

Protective film laminating adalah proses pemberian lapisan film pada produk untuk menjaga kualitas produk sampai ke tangan konsumen.

3.1.2.9 Side trimming

Side trimming adalah proses pemotongan bagian samping produk hingga sesuai dengan spesifikasi produk yang diinginkan. Lebar aluminium composite panel yang dijual dipasaran adalah 1,2 meter.

3.1.2.10 Cutting

Cutting adalah proses pemotongan Panjang produk sesuai spesifikasi produk yang diinginkan. Panjang aluminium composite panel terdiri dari dua varian yaitu 2,4 meter dan 4,8 meter. Pada produksi pabrik ini digunakan ukuran Panjang 2,4 meter.

3.1.2.11 Stacking

Proses *stacking* adalah proses penyusun produk aluminium composite panel menjadi tumpukan dengan mesin otomatis sebelum dilakukan penyusunan.

3.1.2.12 Specimen testing

Tahap selanjutnya adalah pengujian terhadap *specimen* aluminium composite panel. Alat yang digunakan dalam pengujian *specimen* meliputi :

- a. FTIR untuk Analisa komposisi (*compositional analysis*)

Fourier Transform Infrared (FTIR) adalah mesin atau alat pengujian *specimen* yang digunakan untuk menguji gugus kimia pada produk komposit yaitu aluminium composite panel.

b. DSC untuk Analisa fase (*phase analysis*)

Diferensial scanning calorimetry (DSC) merupakan teknik analisis termal yang digunakan untuk mengukur perubahan entalpi akibat perubahan property fisik dan kimia pada komposit. Pengujian ini dapat menentukan karakteristik materi. DSC dapat digunakan untuk mempelajari polimer seperti termoplastik, termoset, elastomer, dan perekat. Metode ini menghasilkan informasi tentang kondisi pemrosesan dan aplikasi, cacat kualitas, identifikasi, stabilitas, reaktivitas, keselamatan kimia, dan kemurnian bahan.

c. TGA

Termogravimetri Analyzer (TGA) digunakan untuk mengukur perubahan berat sampel yang diuji pada perubahan suhu. Uji TGA memberikan informasi tentang fenomena kimia termasuk desolvasi dan dehidrasi, dekomposisi, reaksi padat gas seperti oksidasi atau reduksi. Analisa termal Termogravimetri dilakukan dengan menaikkan suhu sampel secara bertahap dalam tungku dengan pengukuran berat menggunakan neraca analitik yang berada diluar tungku.

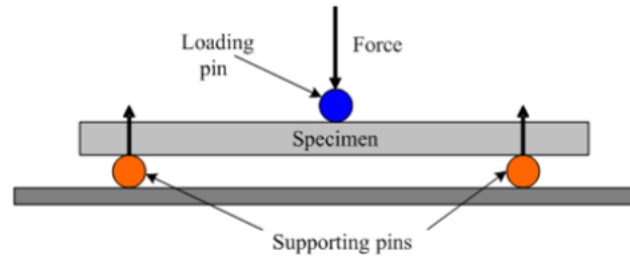
d. *Cone Calorimeter*

Cone calorimeter adalah alat uji api berdasarkan jumlah panas yang dilepaskan selama proses pembakaran, yang berhubungan langsung dengan konsumsi oksigen dalam proses pembakaran. Besarnya panas yang dihasilkan berbanding lurus dengan keparahan kebakaran, seperti laju pertumbuhan api. Metode cone calorimeter adalah dengan pemberian panas secara eksternal pada sampel. Nilai yang dihasilkan berdasarkan pada gas yang masuk pada tabung berbentuk kerucut.

e. *Three point bending*

Salah satu kelebihan aluminium composite panel adalah memiliki tingkat lengkung yang lebih tinggi dari pelindung dinding lainnya. Hal ini dapat mempermudah pengaplikasian pada bidang dinding yang tidak lurus.

Kekuatan bending atau kekuatan lengkung adalah tegangan bending terbesar yang dapat diterima akibat pembebanan luar tanpa mengalami deformasi yang besar atau kegagalan pengujian dilakukan dengan metode three point bending.



Gambar 3. 8 three point bending

Untuk menentukan kekuatan bending digunakan persamaan yang ada pada standar ASTM D790, yaitu:

$$S = \frac{3PL}{2b \cdot d^2}$$

Dimana :

S= Tegangan bending (MPa)

P= Beban/Load (N)

L= Panjang span/ Supp

B= Lebar/Width (mm),

sedangkan untuk mencari modulus elastis bending menggunakan rumus:

$$E_b = \frac{L^3 m}{4bd^3}$$

Dimana,

E_b = Modulus Elastisitas Bending (MPa)

L = Panjang Span/ Support Span (mm)

b = Lebar/width (mm),

d = Tebal / depth (mm)

m = Slope tangent pada kurva defleksi (N/mm)

3.2 Spesifikasi mesin

Mesin merupakan alat untuk melakukan suatu proses produksi. Untuk menghasilkan produk yang sesuai maka digunakan mesin yang sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan

3.2.1 Mesin Aluminium coating

Nama Merek	= Aluminium Coated Line Machine (PVDF)
Nomor Model	= ZLTZ1300
Buatan	= Jiangsu, China
Spesifikasi mesin	
- Coating	= PVDF, Poliester
- Kecepatan Produksi	= 8-12 M/menit (PVDF) 8-20 M/menit (poliester)
- Daya	= 250 kW
- Berat	= 36 ton
- Ketebalan produk	= 0,2-0,5 mm

3.2.2 Mesin Aluminium Composite panel

Nama merek	= CJM
Nomor model	= M-ACP3 1600II
Buatan	= Shanghai , China
Kapasitass	
- Coil O/D	= 1300 mm
- Coil I/D	= 508 mm
- Coil weight	= 5000 g
- Dimensi mesin	= 62 m x 12 m x 5,5 m
- Berat mesin	= 105 ton
- Daya	
a. Motor	= 700 KW (approx)
b. Heaters	= 420 KW (approx)
- Cooling water consumption	= 1 – 2,5 m ³ /jam

- *Compressed air consumption* = 1.2-23 M³/menit



Gambar 3. 9 Mesin Aluminium Composite panel

Sumber gambar: Alibaba.com

3.2.3 Mesin Pengujian

3.2.3.1 FTIR

- | | | |
|-----------------|---|--------------------------|
| Nama Merek | = | Jasco |
| Nomor Model | = | FT/IR-4600 |
| Buatan | = | USA |
| Spesifikasi | | |
| - Sampel | = | 200 mm x 260mm x 185 mm |
| - Drive speed | = | 8 mm/detik |
| - Rapid scan | = | 20 Hz |
| - Dimensi mesin | = | 600 mm x 670 mm x 315 mm |
| - Berat mesin | = | 56 kg |
| - Power | = | 0,4 kW |



Gambar 3. 10 Mesin FTIR

Sumber gambar : jascoinc.com

3.2.3.2 DSC

Nama merek	= Shimadzu
Nomor model	= DSC-60/60A
Buatan	= Amerika Utara
Spesifikasi	
- Prinsip	= <i>Heat flux</i>
- Heat Flow range	= $\pm 40 \mu\text{W}$
- Temperature	= $-150^{\circ}\text{C} - 600^{\circ}\text{C}$
- Dimensi	= 300 mm x 490 mm x 290 mm
- Power	= 800 AV



Gambar 3. 11 Mesin DSC

Sumber gambar : Shimadzu.com

3.2.3.3 TGA

Nama Merek	= Eltra
Spesifikasi	
- Kuat Tungku (Furnance)	= 1000°C
- Dimensi	= 550 mm x 520 mm x 620 mm
- Berat	= 65 kg
- Power	= 230 v



Gambar 3. 12 Mesin TGA

Sumber gambar: Eltra.com

3.2.3.4 Cone Calorimetri

Nama Merek	= qinsun
Nomor model	= ASTM E 1354
Buatan	= China
Spesifikasi	
- Ukuran sampel	= 100 mm x 100 mm
- Power	= 5000 W



Gambar 3. 13 Mesin *cone calorimeter*

Sumber gambar : m.qinsun-lab.com

3.3 Perencanaan produksi

3.3.1 Kebutuhan bahan baku

Rencana produk aluminium composite panel yang akan diproduksi adalah 497.000 lembar/tahun atau setara dengan

jumlah produksi (hari) = 99.400 lembar/tahun

= 8284 lembar/bulan

= 377 lembar/hari (22 hari kerja)

Ukuran aluminium composite panel yang akan diproduksi adalah 1,2 m x 2,4 m x 0.004 m. sehingga dimensi ukuran aluminium composite panel yang akan di produksi adalah 0,011 m³. Berikut secara garis besar analisis kebutuhan masing masing bahan baku per hari (m)

= lembar/ hari x panjang acp

= 377 lembar/hari x 2,4 meter

$$= 904 \text{ meter}$$

Jumlah produksi per hari (kg)

$$= \text{lembar per hari} \times \text{berat per lembar acp}$$

$$= 377 \text{ lembar/hari} \times 22 \text{ kg}$$

$$= 8294 \text{ kg/hari}$$

Dalam produksi aluminium composite panel, untuk menentukan jumlah kebutuhan bahan baku didapat dengan menggunakan table densitas .

Tabel 3. 2 Persentase kebutuhan bahan baku aluminium composite panel

No	Bahan baku	Densitas (kg/m ³)	Persentase (%)
1	LDPE	920	22,75
2	Aluminium Trihidrat Al(OH) ₃	2210	42,25
3	Aluminium	2700	25
4	PVDF	1770	8
5	Adhesive film	1020	2

3.3.1.1 Kebutuhan LDPE

Kebutuhan LDPE dalam pembuatan ACP adalah 35 % dari inti (*core*) sehingga kebutuhan LDPE pada produk adalah 22,75 %. Formula yang digunakan adalah sebagai berikut

$$= \text{dimensi ACP (m}^3\text{)} \times \text{densitas LDPE (kg/m}^3\text{)} \times 22,75 \%$$

$$= 0,011 \text{ m}^3 \times 920 \text{ kg/m}^3 \times 22,75 \%$$

$$= 2,302 \text{ kg}$$

3.3.1.2 Kebutuhan aluminium trihidrat sebagai *flame retardant*

Kebutuhan aluminium trihidrat berfungsi sebagai bahan anti api polimer inti (*core*). Persentase aluminium trihidrat pada inti sebesar 65 % sehingga kebutuhan aluminium hidroksida pada produk ACP sebesar 42,25 %. Formula yang digunakan adalah:

$$\begin{aligned} &= \text{dimensi ACP (m}^3\text{)} \times \text{densitas Al(OH)}_3 \text{ (kg/m}^3\text{)} \times 42,25 \% \\ &= 0,011 \text{ m}^3 \times 2210 \text{ kg/m}^3 \times 42,25 \% \\ &= 10,27 \text{ kg} \end{aligned}$$

3.3.1.3 Kebutuhan aluminium sebagai lapisan atas dan bawah inti (*core*)

Aluminium digunakan pada dua sisi yaitu diatas dan dibawah inti (*core*). Kebutuhan aluminium pada produk ACP sebesar 25 % dengan ketebalan 0,5 mm pada sisi atas dan bawah. formula yang digunakan adalah :

$$\begin{aligned} &= \text{dimensi ACP (m}^3\text{)} \times \text{densitas Aluminium (kg/m}^3\text{)} \times 25 \% \\ &= 0,011 \text{ m}^3 \times 2700 \text{ kg/m}^3 \times 25 \% \\ &= 7,425 \text{ kg} \end{aligned}$$

3.3.1.4 *Polivinil difluoride* sebagai lapisan (*coating*) aluminium

Polyvinyl difluoride merupakan lapisan yang tahan terhadap cuaca. Kebutuhan lapisan PVDF pada produk acp adalah 5 %. Formula yang digunakan adalah:

$$\begin{aligned} &= \text{dimensi ACP (m}^3\text{)} \times \text{densitas PVDF (kg/m}^3\text{)} \times 5 \% \\ &= 0,011 \text{ m}^3 \times 1770 \text{ kg/m}^3 \times 5 \% \\ &= 0,973 \text{ kg} \end{aligned}$$

3.3.1.5 *Adhesive film epoxy urethane* sebagai pengikat

Kebutuhan lapisan adhesive film pada produk acp adalah 5 %. Formula yang digunakan adalah:

$$= \text{dimensi ACP (m}^3\text{)} \times \text{densitas (kg/m}^3\text{)} \times 5 \%$$

$$= 0,011 \text{ m}^3 \times 1020 \text{ kg/m}^3 \times 5 \%$$

$$= 0,561 \text{ kg}$$

Rekapitulasi berat kebutuhan bahan aluminium composite panel ditunjukkan pada table berikut,

Tabel 3. 3 Rekapitulasi berat kebutuhan bahan baku

NO	Keterangan	Berat (kg)
1	LDPE	2,302
2	Aluminium trihydrate	10,27
3	Aluminium sheet	7,425
4	PVDF	0,973
5	Adhesive film	0,561

Untuk mengantisipasi terjadinya produk yang terdapat kecacatan pada proses produksi aluminium composite panel, maka perlu adanya estimasi cacat. Pada produksi aluminium composite panel estimasi cacat adalah 5 %, sehingga

$$= \text{kapasitas (kg/tahun)} \times 5 \%$$

$$= 2.186,000 \text{ kg/tahun} \times 5 \%$$

$$= 109.300 \text{ kg}$$

Kebutuhan total produksi Aluminium composite panel adalah

$$= 2.186.000 \text{ kg/tahun} + 109.300 \text{ kg}$$

$$= 2.295.300 \text{ kg/tahun}$$

Produksi dengan estimasi cacat 5%

$$= 2.295.300 \text{ kg/tahun}$$

$$= 191.275 \text{ kg/bulan}$$

$$= 8.695 \text{ kg/hari (22 hari kerja)}$$

$$= 395 \text{ lembar/hari}$$

3.3.2 Kebutuhan Mesin Produksi

Dalam melakukan proses produksi, untuk mencapai tujuan jumlah produksi maka dibutuhkan jumlah mesin yang dapat menjangkau jumlah produk yang diinginkan. hal yang dapat mempengaruhi kebutuhan mesin adalah produksi pertahun pabrik, jumlah jam kerja, dan kapasitas mesin

3.3.2.1 Kebutuhan mesin coating aluminium

Mesin coating aluminium berfungsi untuk memberikan lapisan pvdf pada lembaran aluminium. Diketahui

$$\text{Kebutuhan pvdf} = \text{berat PVDF per lembar} \times \text{lembar perhari}$$

$$= 0,973 \text{ kg/lembar} \times 395 \text{ lembar/ hari}$$

$$= 366,821$$

$$\text{Kapasitas mesin} = 8 \text{ m/menit}$$

$$\text{Effisiensi} = 95 \%$$

Sehingga

$$\text{Kapasitas mesin} = \frac{8 \text{ meter}}{\text{menit}} \times \frac{60 \text{ menit}}{\text{jam}} \times \frac{0,973 \text{ kg}}{2,88 \text{ meter}}$$

$$= 162,16 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Produksi per jam} = 384,335 \text{ kg/hari} \times \frac{1 \text{ hari}}{7 \text{ jam}} \times 95 \%$$

$$= 52,159 \text{ kg /jam}$$

$$\text{Jumlah mesin yang dibutuhkan} = \frac{\text{produksi per jam}}{\text{kapasitas mesin}}$$

$$= \frac{52,159 \text{ kg/jam}}{162,16 \text{ kg/jam}}$$

$$= 0,321 \approx 1 \text{ mesin}$$

3.3.2.2 Kebutuhan mesin aluminium composite panel

Mesin aluminium composite panel merupakan rangkaian dari mesin extruder, heating, cooling dan cutting. Diketahui,

$$\text{Kapasitas mesin} = 6000 \text{ meter/hari}$$

$$\text{Efisiensi mesin} = 95 \%$$

Sehingga

$$\text{Kapasitas mesin perhari} = \frac{3 \text{ meter}}{\text{menit}} \times \frac{60 \text{ menit}}{1 \text{ jam}} \times \frac{22 \text{ kg}}{2,88 \text{ meter}}$$

$$= 1.375 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Produksi per hari} = 8695 \text{ kg/hari} \times \frac{1 \text{ hari}}{7 \text{ jam}} \times 95 \%$$

$$= 1.180.036 \text{ kg}$$

$$\text{Jumlah mesin yang dibutuhkan} = \frac{\text{produksi per jam}}{\text{kapasitas mesin}}$$

$$= \frac{1.180,036 \text{ kg/jam}}{1.375 \text{ kg/jam}}$$

$$= 0,85 \approx 1 \text{ mesin}$$

BAB IV

PERANCANGAN PABRIK

4.1 Lokasi pabrik

Lokasi pabrik merupakan lokasi dimana semua kegiatan produksi berlangsung. Letak geografis suatu pabrik mempunyai pengaruh yang besar terhadap sistem produksi yang ekonomis. Pemilihan lokasi pabrik yang tepat akan berpengaruh terhadap jumlah biaya transportasi, biaya produksi, dan biaya distribusi. Lokasi pabrik harus mempertimbangkan lokasi bahan baku produk sehingga dapat mengurangi biaya transportasi bahan baku. Pada bidang distribusi lokasi pabrik harus mempertimbangkan dimana produk akan dipasarkan.

Bahan pertimbangan dalam pemilihan lokasi sebagai berikut:

1. Faktor Primer

a. Sumber bahan baku

Bijih plastic Low Density Polyethylene dibeli dari PT. Garuda Prima Sentosa, Sukoharjo, Jawa Tengah. Bahan Baku Aluminium lembar (sheet) dibeli dari PT. Indo Illam Indah, Cakung, Jakarta Timur. Sedangkan untuk Aluminium hidroksida dibeli dari PT. Indonesia Chemical Alumina, Tanjung Barat, Jakarta

b. Daerah Pemasaran

Lokasi Pabrik untuk pemasaran sangat strategis karena berada di tengah pulau jawa. Lokasi ini mempermudah pemasaran ke seluruh pula jawa.

c. Transportasi

Lokasi pabrik berada dipinggir jalan raya magelang yang menghubungkan semarang, magelang, jogja. Jalur ini memudahkan proses distribusi produk

jadi dan bahan baku. Perencanaan jalan tol jogja bawen yang melintasi magelang akan menambah kemudahan distribusi.

2. Faktor sekunder

a. Persediaan air dan sumber tenaga listrik

Utilitas untuk pabrik dipenuhi dengan membuat sumur pada lokasi pabrik. Pengadaan energi listrik berasal dari PLN magelang.

b. Tenaga Kerja

Jumlah Tenaga kerja untuk pabrik dapat terpenuhi dengan menggunakan SDM disekitar lokasi.

c. Kondisi masyarakat dan keamanan disekitar lokasi

Lokasi pabrik bersebelahan dengan pabrik batu dan memiliki jarak dari perumahan sebesar 500 m. limbah pabrik yang dapat diolah Kembali tidak memberikan dampak kepada daerah disekitar pabrik.

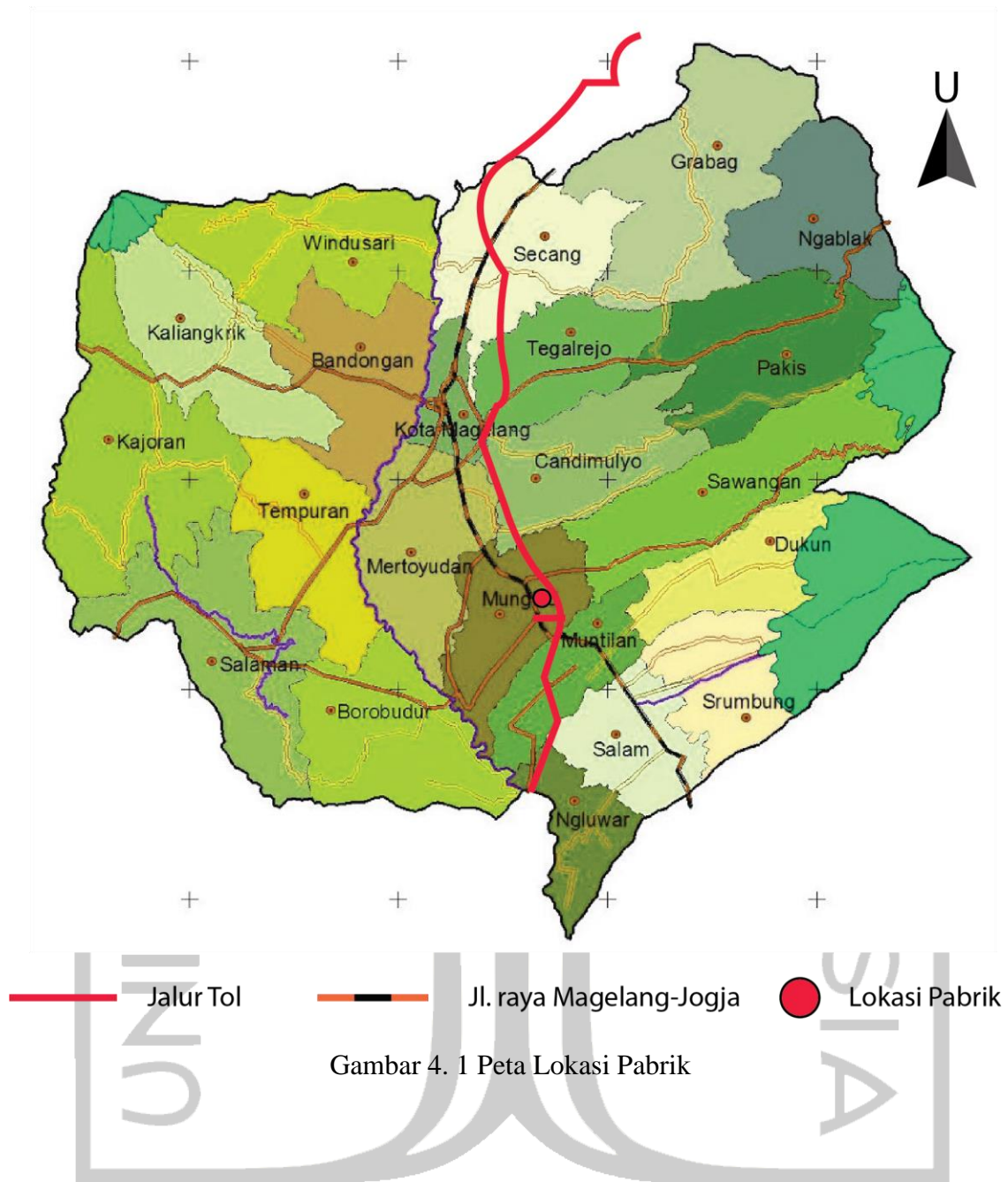
d. Iklim dan kondisi tanah didaerah yang bersangkutan

Kelembaban udara, intensitas panas matahari, curah hujan, dan angin di daerah pabrik yang baik dapat memperlancar jalanya produksi

e. Kebijakan Pemerintah

Pemerintah kabupaten Magelang memiliki kebijakan dengan pemanfaatan daerah sebagai sarana peningkatan taraf hidup manusia. Dengan adanya pembangunan pabrik aluminium composite panel diharapkan dapat meningkatkan taraf hidup di Magelang.





Gambar 4. 1 Peta Lokasi Pabrik

4.2 Perencanaan Tata Letak Pabrik (*Plan Layout*)

Layout pabrik adalah tata letak atau tata ruang. Artinya cara penempatan fasilitas-fasilitas yang digunakan didalam pabrik. Fasilitas itu misalnya : mesin, alat produksi, alat pengangkut barang, tempat pembuangan sampah dan lain-lain. Letak dari fasilitas-fasilitas itu harus diatur sedemikian rupa sehingga proses produksi dapat berjalan dengan lancar dan efisien. (subagyo, 2000)

Layout yang baik dapat diartikan sebagai penyusunan yang teratur dan efisien dari semua fasilitas pabrik dan buruh (personel) yang ada dalam pabrik. Fasilitas pabrik tidak hanya mesin-mesin tapi juga *service area* termasuk penerimaan dan pengiriman barang, tempat maintenance, Gudang dan lain-lain. Selain itu juga harus diperhatikan segi keamanan pekerja. (Assauri, 2008)

Perencanaan layout sangat diperlukan bagi pendirian sebuah pabrik agar proses produksi berjalan lancar dan efisien. Berikut tujuan dan manfaat perencanaan layout pada pabrik:

- a. Meningkatkan jumlah produksi
- b. Mengurangi waktu tunggu
- c. mengurangi proses pemindahan bahan
- d. Penghematan penggunaan ruangan
- e. Efisiensi penggunaan fasilitas
- f. Mempersingkat waktu proses
- g. Meningkatkan kepuasan dan keselamatan kerja
- h. Mengurangi kesimpangsiuran

Dalam perencanaan tata letak pabrik terdapat prinsip dasar penyusunan layout sebuah pabrik, yaitu:

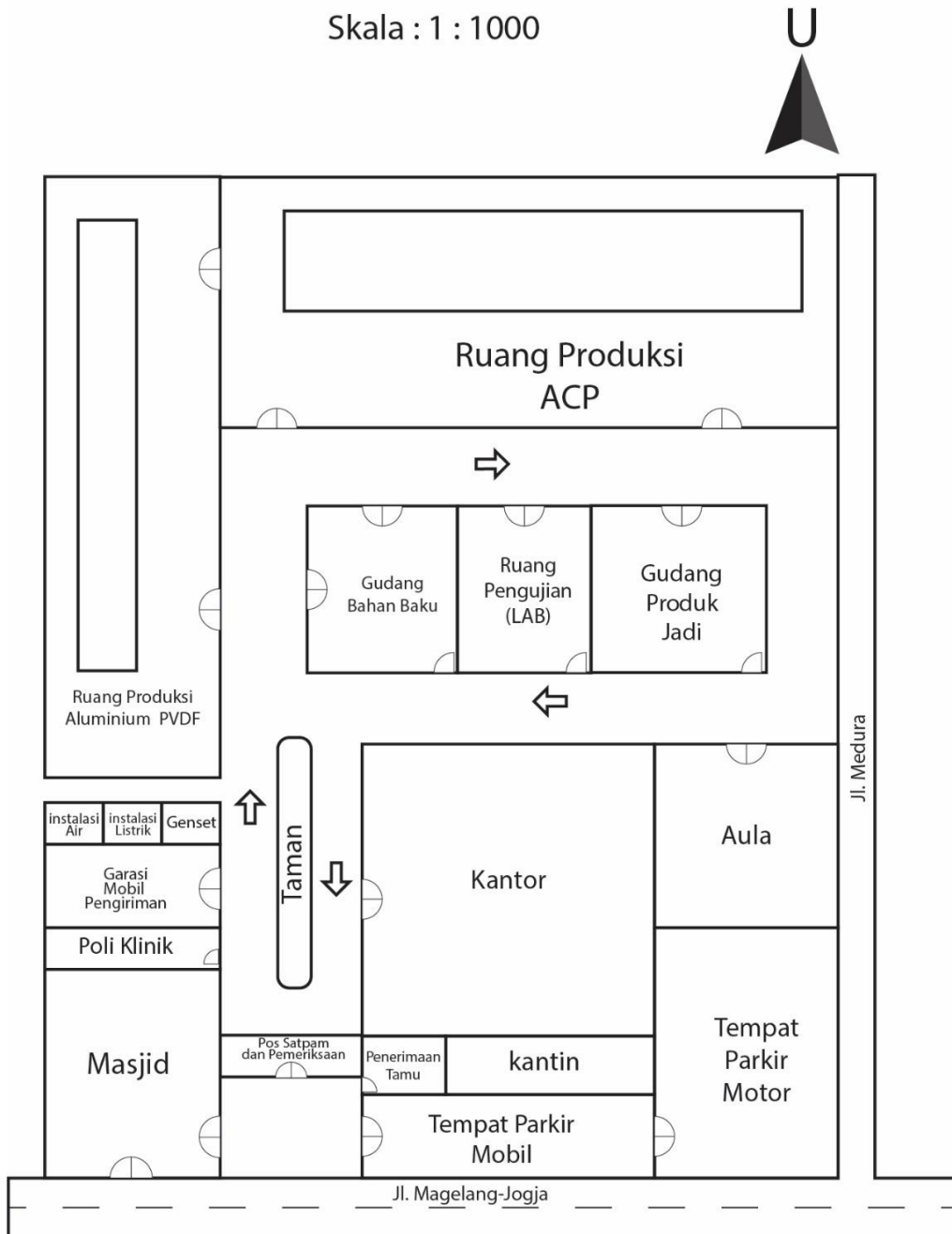
- a. Atas dasar proses

Pengaturan layout atas dasar proses ditentukan mulai dari jenis produk, tipe *manufacturing*, dan karakter peralatan produksi. Mesin dan peralatan yang mempunyai karakter serupa dikelompokkan menjadi satu.

- b. Atas dasar produk

Pengaturan layout atas dasar produk ditentukan mulai dari jenis pekerjaan yang harus dilakukan pada produk yang akan dihasilkan. Peletakan fasilitas pabrik seperti mesin tidak memandang tipe dan penempatannya sesuai dengan urutan dari satu proses ke proses yang lain.

Pada proses perancangan pabrik ini digunakan tipe bangunan berlantai tunggal untuk bangunan proses produksi. Hal ini memudahkan dalam proses pengangkutan bahan-bahan dari tahap satu ke tahap selanjutnya. Penggunaan bangunan berlantai tunggal juga meminimalisir terjadinya kerusakan bangunan karena berat mesin yang relative besar. Tata letak pabrik aluminium composite panel dapat dilihat pada gambar



Gambar 4. 2 Tata letak bangunan pabrik aluminium composite panel

Keterangan ukuran masing-masing ruangan untuk layout gambar diatas ditunjukkan pada table berikut ini

Tabel 4. 1 Ukuran Ruangan dalam *plan layout*

No	Nama Ruangan	Panjang (m)	Lebar (m)	Luas (m ²)
1	Pos Satpam dan pemeriksaan	17	5	85
2	Penerimaan Tamu	10	7	70
3	Kantin	25	7	175
4	Tempat Parkir Mobil	35	10	350
5	Tempat Parkir Motor	22	30	660
6	Masjid	30	21	630
7	Poli Klinik	5	21	105
8	Garasi	10	21	210
9	Taman	4	30	120
10	Kantor	35	35	1225
11	Aula	22	22	484
12	Gudang Bahan Baku	16	20	320
13	Ruang Pengujian (LAB)	16	20	320
14	Gudang Produk Jadi	21	20	420
15	Instalasi Air	7	5	35
16	Instalasi Listrik	7	5	35
17	Genset	7	5	35

Tabel 4. 2 Lanjutan tabel ukuran Ruangan dalam plan layout

No	Nama Ruangan	Panjang (m)	Lebar (m)	Luas (m ²)
18	Ruang Produksi Aluminium PVDF	21	72	1.512
	Ruang Pekerja	16	5	
	Toilet	5	5	
19	Ruang Produksi Aluminium Composite Panel	74	30	2.220
	Ruang Pekerja	16	5	
	Toilet	5	5	
Luas Bangunan				9.011
Luas Jalan				2.389
Luas Tanah		95	120	11.400

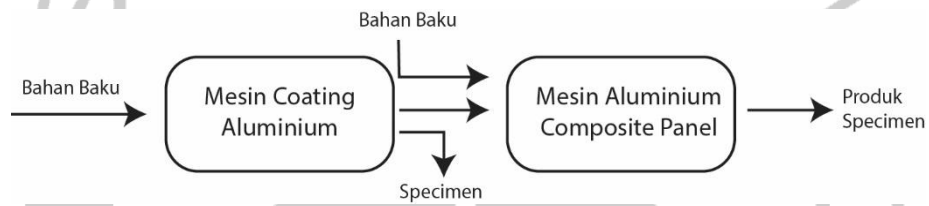
4.3 Perencanaan Tata Letak Mesin (Machines Plan Lay Out)

Tata letak mesin merupakan suatu pengaturan fasilitas fisik pabrik guna menunjang kelancaran proses produksi serta penggunaan ruang dan tenaga seekonomis mungkin.

Tata letak mesin yang baik dapat mempengaruhi:

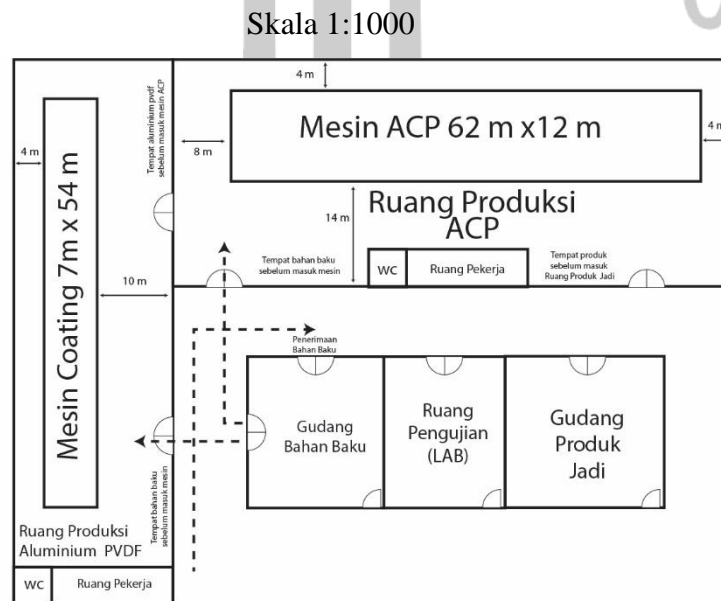
- a. Efisiensi jalanya proses produksi
- b. Perolehan laba produksi
- c. Kelangsungan perusahaan

Pengaturan tata letak mesin pada perancangan pabrik ini menggunakan metode sesuai dengan alur proses produksi dari awal sampai akhir. Lokasi mesin yang dekat dengan Gudang bahan baku dapat meningkatkan efisiensi jalanya proses produksi. Volume mesin yang besar mengakibatkan peletakan mesin pada 2 bangunan berbeda dengan bangunan yang menyambung sehingga tidak mengurangi efisiensi produksi. Gambar menunjukkan flowchart mesin untuk pembuatan Aluminium Composite Panel.



Gambar 4. 3 Flowchart mesin produksi

Mesin-mesin ini diletakan pada 2 gedung berbeda yang terdapat sambungan berbentuk r. tata letak mesin dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 4. 4 Tata letak mesin produksi

Keterangan :

1. Ruang Produksi Aluminium Coating

Ukuran mesin coating = 54 m x 7 m

Ruang pekerja = 5 m x 16 m

Toilet/WC = 5 m x 5 m

Luas ruangan = 72 m x 21 m

2. Ruang Produksi Aluminium Composit Panel

Ukuran mesin ACP = 62 m x 12 m

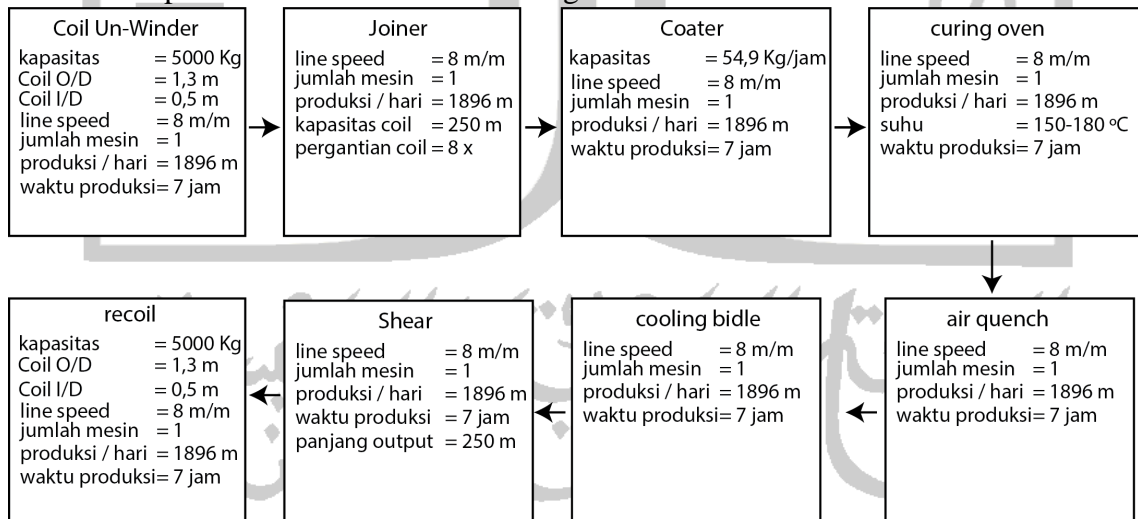
Ruang pekerja = 5 m x 16 m

Toilet/WC = 5 m x 5 m

Luas ruangan = 30 m x 74 m

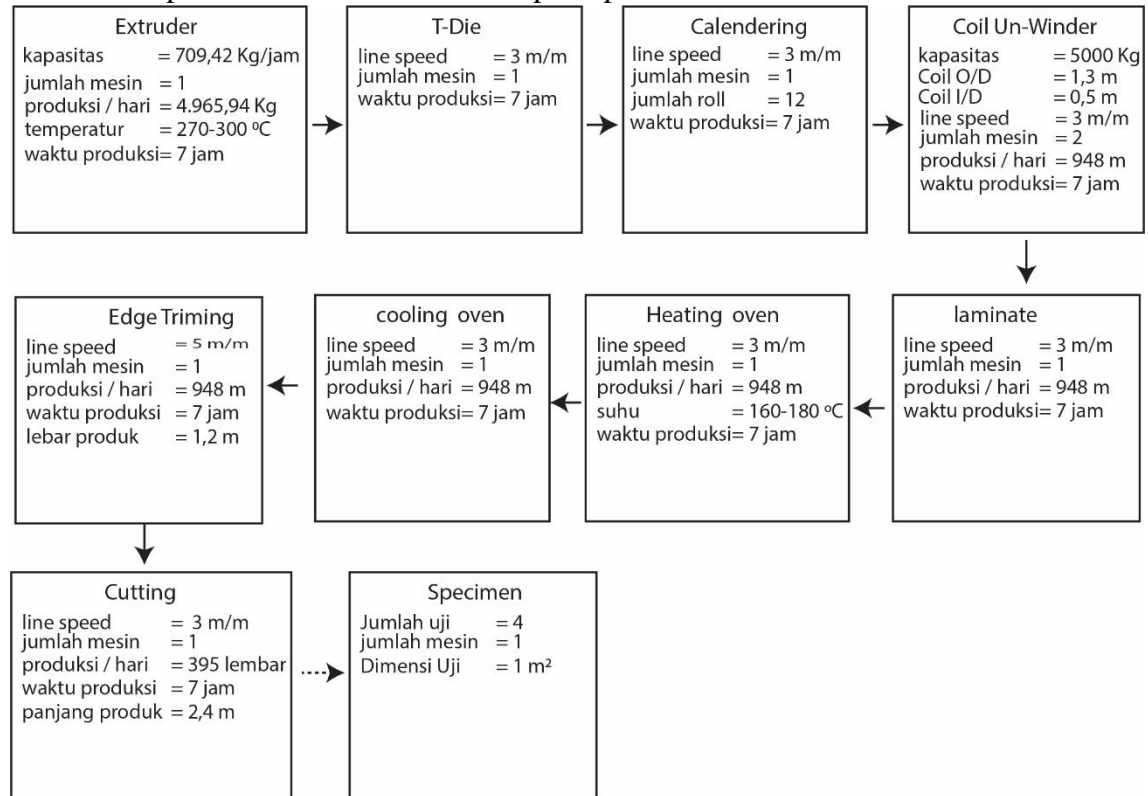
4.4 Alir Proses Produksi

4.4.1 Alir proses mesin aluminium coating



Gambar 4. 5 alir proses aluminium coating

4.4.2 Alir proses mesin aluminium composi panel



Gambar 4. 6 Alir proses mesin aluminium composite panel

4.5 Perawatan Mesin

Dalam suatu proses produksi harus didukung dengan mesin yang sesuai standar agar produk yang dihasilkan sesuai dengan yang diinginkan. mesin yang terdapat kerusakan akan menghambat jalanya proses produksi. Untuk menghindari terjadinya kerusakan pada fasilitas pabrik maka dilakukan perawatan. Perawatan mesin adalah factor penting dalam mendukung suatu produksi.

Terdapat 2 macam perawatan mesin :

1. Perawatan yang direncanakan (*Planned Maintenance*)
2. Perawatan yang tidak direncanakan (*Unplanned Maintenance*)

Untuk perawatan yang direncanakan dibagi menjadi 2:

- a. Perawatan Preventif (*Preventive Maintenance*)

Perawatan yang bertujuan untuk mencegah terjadinya kerusakan dengan cara merencanakan perawatan pada jangka waktu tertentu. Ruang lingkup perawatan preventif adalah: inspeksi, perbaikan kecil, pelumas dan penyetelan, sehingga mesin terhindar dari kerusakan.

b. Perawatan Korektif (*Corrective Maintenance*)

Perawatan yang bertujuan untuk memperbaiki dan meningkatkan kondisi mesin. Dalam perawatan ini dilakukan peningkatan mesin seperti modifikasi agar peralatan menjadi lebih baik.

Dalam proses pencegahan kerusakan mesin dengan metode perawatan preventif maka dilakukan kegiatan pada mesin sebagai berikut:

a. Mesin Aluminium *Coating*

- Pembersihan dan pengecekan sebelum dan sesudah produksi setiap hari
- Pengecekan fungsi mesin sebelum dan sesudah produksi

b. Mesin Aluminium Composite panel

- Pembersihan dan pengecekan sebelum dan sesudah produksi setiap hari
- Pengecekan fungsi mesin sebelum dan sesudah produksi
- Pengecekan fungsi *heater, blower*, dan pendingin satu bulan sekali
- Pelumasan pada bagian screw setiap 6 bulan sekali
- Pengasahan pisau cutting dan *overhaul* 4 tahun sekali

4.6 Pelayanan Teknik (Utilitas)

Utilitas merupakan sarana penunjang agar proses produksi dapat berjalan dengan baik. Utilitas dalam pabrik Aluminium Composite panel ini meliputi listrik dan air. Penyediaan utilitas suatu pabrik dapat diperoleh secara langsung dengan dengan

pembuatan utilitas di daerah pabrik atau dapat diperoleh dengan melakukan pembelian ke perusahaan-perusahaan yang menyediakan. Tugas dan tanggung jawab Utilitas pada keberlangsungan proses produksi adalah:

- a. Mengamankan dan menjaga kesinambungan proses produksi dengan memberikan sumber tenaga yang handal.
- b. Memberikan pelayanan pasokan bahan bakar, listrik, dan air untuk kebutuhan operasional pabrik dan kebutuhan sanitasi.

4.6.1 Penyediaan Air

Utilitas dalam penyediaan air dalam pabrik aluminium composite panel ini merupakan unit yang berfungsi menyediakan air untuk kebutuhan proses produksi maupun kebutuhan sanitasi di dalam pabrik. Air untuk memenuhi kebutuhan pasokan air untuk pabrik dapat diperoleh melalui perusahaan PDAM maupun mengambil dari air permukaan seperti air sumur, air sungai, dan air laut. Pembangunan pabrik Aluminium Composite panel memenuhi persediaan air dengan menggunakan air yang berasal dari sumur. Penggunaan air sumur memiliki kelebihan sebagai berikut:

- a. Memiliki harga yang lebih ekonomis dibandingkan dengan pembelian air pada perusahaan PDAM
- b. Pemenuhan Kebutuhan air yang terjamin
- c. Kualitas air yang lebih terjaga

Air untuk pabrik digunakan untuk proses produksi dan juga sanitasi. Hal yang perlu diperhatikan mengenai persediaan air adalah

1. Air untuk Proses

- a. Kerasakan air agar tidak menimbulkan kerak
- b. Kandungan besi yang dapat menimbulkan korosi pada mesin
- c. Kandungan minyak yang dapat menimbulkan endapan

2. Air untuk sanitasi

Air sanitasi digunakan untuk kebutuhan kantor dan rumah tangga perusahaan seperti air minum, laboratorium, kebutuhan Toilet dan lain sebagainya.

Syarat air dapat digunakan sebagai persediaan sanitasi adalah

a. Syarat fisik

- Memiliki suhu normal
- Memiliki warna jernih
- Tidak berasa
- Tidak berbau

b. Syarat kimia

- Tidak mengandung zat organik maupun anorganik
- Tidak beracun

c. Syaraat bakteriologis:

Tidak mengandung bakteri-bakteri yang berbahaya bagi tubuh manusia seperti *salmonella*, *pseudomonas*, *Eschericia coli*.

4.6.1.1 Perhitungan Kebutuhan Air

Pemakaian air untuk perancangan persediaan air pabrik

a. Keperluan air untuk mesin aluminium composite panel

Keperluan air untuk mesin aluminium composite panel adalah sebesar 1-2,5 m³/jam. Proses produksi dalam satu hari adalah 7 jam dan pada perancangan persediaan air ini digunakan 2 m³/jam. Sehingga kebutuhan air untuk mesin aluminium composite panel sebesar 308 liter

b. Keperluan air untuk sanitasi

- Air bak mandi

Jumlah kebutuhan untuk toilet per orang diperkirakan 15 liter/hari. Jumlah karyawan pada perancangan pabrik sebanyak 90 orang, sehingga kebutuhan air untuk bak mandi sebesar:

$$\text{Kebutuhan air bak mandi} = 90 \text{ orang} \times 15 \text{ lt/hari}$$

$$= 1.350 \text{ lt/hari}$$

- Air untuk taman

Taman didalam pabrik diperkirakan membutuhkan air sebanyak 100 liter/hari.

- Air untuk masjid

Kebutuhan air di masjid pabrik diperkirakan 15 lt/hari dengan jumlah karyawan 90 dengan asumsi 90 % beragama islam, maka kebutuhan air untuk masjid sebesar

$$\text{Kebutuhan air untuk masjid} = 81 \times 15 \text{ lt/hari}$$

$$= 1.215 \text{ lt/hari}$$

$$\text{Total kebutuhan air untuk sanitasi} = (1.350 + 100 + 1.215) \text{ lt/hari}$$

$$= 2.665 \text{ lt/hari}$$

$$= 58,630 \text{ lt/bulan}$$

c. Kebutuhan air untuk konsumsi

Jumlah air untuk dikonsumsi per orang diasumsikan 3 lt/hari (Abraham maslow,1970). Jumlah karyawan 90 orang, sehingga kebutuhan air untuk konsumsi:

$$\text{Kebutuhan air konsumsi} = 90 \text{ orang} \times 3 \text{ lt/hari}$$

$$= 270 \text{ lt/hari}$$

$$= 5.940 \text{ lt/bulan}$$

d. Kebutuhan air untuk hydrant

Kebutuhan air per hydrant adalah 250 liter (Kiswanto,2012). Perencanaan titik hidrat pada pabrik aluminium composite panel sebanyak 7 titik, yaitu 1 titik di kantin, 1 titik di kantor, 1 titik di aula, 1 titik di ruang lab, 3 titik di ruang produksi. Sehingga kebutuhan air untuk hydrant sebesar,

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan air untuk hydrant} &= 250 \text{ lt} \times 7 \text{ titik} \\ &= 1.750 \text{ lt/titik} \end{aligned}$$

e. Air untuk kebutuhan lainnya

- Air untuk kendaraan perusahaan

Kebutuhan air untuk membersihkan truk adalah 400 liter/ truk, sedangkan untuk mobil 200 lt/mobil. Sehingga keperluan air untuk 2 truk dan 2 mobil perusahaan sebesar:

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan air untuk truk} &= 400 \text{ lt/truk} \times 2 \text{ truk} \\ &= 800 \text{ lt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan air untuk mobil} &= 200 \text{ lt/mobil} \times 2 \text{ mobil} \\ &= 400 \text{ lt} \end{aligned}$$

Dengan asumsi 2 x pencucian dalam 1 bulan, maka:

$$\text{Total kebutuhan air untuk kendaraan} = (800\text{lt} + 400 \text{ lt}) \times 2$$

$$= 2.400 \text{ lt}$$

- Air untuk kebersihan ruangan

Total luas bangunan pabrik adalah 9.011 m², kebutuhan untuk 100 m² per hari adalah 2 liter (Tangoro, 1999). Sehingga kebutuhan air yang dibutuhkan untuk kebersihan ruangan sebesar,

$$\text{Kebutuhan air untuk kebersihan ruangan} = \frac{2 \text{ lt} \times 9.011 \text{ m}^2}{100 \text{ m}^2}$$

$$= 180,22 \text{ lt} \approx 181 \text{ lt}$$

$$= 3.982 \text{ lt/bulan}$$

$$\text{Total kebutuhan air untuk kebutuhan lainnya} = 2.400 \text{ lt} + 3982 \text{ lt}$$

$$= 6.382 \text{ lt/bulan}$$

Berdasarkan data kebutuhan air diatas, maka dapat disimpulkan persediaan air yang dibutuhkan untuk pabrik dapat dilihat pada table dibawah ini :

Tabel 4. 3 Rekapitulasi penggunaan air perusahaan

Unti kegunaan air	lt/hari	lt/bulan
Sanitasi	2665	58.630
Konsumsi	270	5940
Hydrant	1750	1750
Kebutuhan lain	1381	6.382
Mesin ACP	14	308
Total	6.080	73.010

Dalam memenuhi persediaan air di semua bagian pabrik dibutuhkan pompa air yang berfungsi untuk mengambil air dari sumber mata air sumur sehingga air dapat didistribusikan ke bagian masing-masing. Spesifikasi pompa air yang digunakan adalah sebagai berikut :

Merk = Shimizu PS 130 BIT

Jenis Pompa = Sumur dangkal otomatis (tabung angin)

Daya motor = 125 watt

Kapasitas = 35 lt/menit

Daya hisap *max.* = 9 meter

Daya pancar *max.* = 40 meter

Total head *max.* = 40 meter

Dengan pompa memiliki kapasitas 35 lt/menit maka,

$$\begin{aligned}\text{Kapasitas pompa} &= 35 \text{ lt/menit} \times 420 \text{ menit/hari} \\ &= 14.700 \text{ lt/hari}\end{aligned}$$

Dengan data diatas dapat diketahui jumlah pompa yang dibutuhkan agar persediaan air dapat terpenuhi

$$\begin{aligned}\text{Jumlah pompa yang dibutuhkan} &= \frac{\text{total penggunaan air perusahaan/hari}}{\text{kapasitas pompa/hari}} \\ &= \frac{6.080 \text{ lt/hari}}{14.700 \text{ lt/hari}} \\ &= 0,41 \approx 1 \text{ pompa}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Waktu kerja pompa adalah} &= \frac{\text{total penggunaan air perusahaan/hari}}{\text{kapasitas pompa} \times \text{jumlah pompa}} \\ &= \frac{6.080 \text{ lt/hari}}{35 \frac{\text{lt}}{\text{menit}} \times 1 \text{ pompa}} \\ &= 173,71 \text{ menit} \\ &= 2,89 \text{ jam} \approx 3 \text{ jam}\end{aligned}$$

4.6.2 Sarana Komunikasi

Sarana komunikasi dalam suatu perusahaan bertujuan untuk memudahkan komunikasi secara internal maupun eksternal. Sarana komunikasi berperan penting dengan efisiensi proses produksi dan juga promosi produk kepada calon pembeli, supplier dan sebagainya. Sebagai sarana komunikasi internal, pabrik menggunakan sarana intercom dan memo. Sebagai sarana komunikasi dengan pihak eksternal, pabrik menggunakan email perusahaan, website khusus perusahaan sebagai sarana promosi, dan media sosial agar dapat menjangkau pasar yang luas.

4.6.3 Unit penyedia listrik

Unit penyedia listrik berfungsi untuk memenuhi kebutuhan listrik seluruh area pabrik, sebagai penunjang kebutuhan listrik pabrik dilakukan pembelian melalui perusahaan PLN dan sebagai cadangan adalah generator set untuk mengantisipasi gangguan yang terjadi pada listrik PLN.

4.6.3.1 Kebutuhan listrik untuk mesin Produksi

a. Mesin Aluminium coating

$$\begin{aligned} \text{Daya mesin} &= 250 \text{ kW} \\ \text{Jumlah mesin} &= 1 \text{ unit} \\ \text{Jam kerja} &= 7 \text{ jam} \\ \text{Kebutuhan listrik} &= \text{daya} \times \text{jumlah mesin} \times \text{jam kerja} \\ &= 250 \text{ kW} \times 1 \text{ unit} \times 7 \\ &= 1.700 \text{ kWh} \end{aligned}$$

b. Mesin aluminium composite panel

$$\begin{aligned} \text{Daya mesin} &= 400 \text{ kW} \\ \text{Daya mesin (heater)} &= 250 \text{ kW} \\ \text{Jumlah mesin} &= 1 \text{ unit} \\ \text{Jam kerja} &= 7 \text{ jam} \\ \text{Kebutuhan listrik} &= \text{daya} \times \text{jumlah mesin} \times \text{jam kerja} \\ &= 400 \text{ kW} \times 1 \text{ unit} \times 7 \text{ jam} \\ &= 2.800 \\ \text{Kebutuhan listrik heater} &= \text{daya} \times \text{jumlah mesin} \times \text{jam kerja} \\ &= 250 \text{ kW} \times 1 \text{ unit} \times 7 \text{ jam} \end{aligned}$$

$$= 1.700 \text{ kWh}$$

$$\begin{aligned} \text{Total kebutuhan untuk mesin ACP} &= 2.800 \text{ kWh} + 1.700 \text{ kWh} \\ &= 4.500 \text{ kWh} \end{aligned}$$

c. Mesin pengujian

$$\begin{aligned} \text{Daya mesin} &= 25 \text{ W} \\ \text{Jumlah mesin} &= 4 \text{ unit} \\ \text{Jam kerja} &= 7 \text{ jam} \\ \text{Kebutuhan listrik} &= \text{daya} \times \text{jumlah mesin} \times \text{jam kerja} \\ &= 25 \text{ W} \times 4 \text{ unit} \times 7 \text{ jam} \\ &= 700 \text{ W} \\ &= 0,7 \text{ kW} \end{aligned}$$

4.6.3.2 Kebutuhan listrik non- produksi

a. komputer

Jumlah kebutuhan komputer sebanyak 22 unit yang akan dibagikan kepada manajer sebanyak 4 buah, bagian administrasi sebanyak 3 buah, bagian diklat sebanyak 1 buah, bagian humas sebanyak 2 buah, bagian keuangan sebanyak 3 buah, bagian akunting sebanyak 3 buah, bagian pemasaran sebanyak 2 buah, bagian laboratorium sebanyak 1 buah, pengendali kualitas sebanyak 1 buah, dan bagian distribusi sebanyak 1 buah. Spesifikasi komputer yang digunakan adalah sebagai berikut,

$$\text{Processor} = \text{APU A8-5545 Quad Core up to 2,7 Ghz}$$

$$\text{RAM} = 2 \text{ GB DDR3 PC 10600}$$

$$\text{Daya} = 450 \text{ watt}$$

$$\text{Jumlah} = 22 \text{ unit}$$

$$\text{Rasio pemakaian} = 90 \%$$

$$\text{Penggunaan} = 7 \text{ jam}$$

Dapat diperoleh kebutuhan listrik untuk komputer per hari adalah

$$= 450 \text{ watt} \times 90\% \times 22 \text{ unnit} \times 7 \text{ jam}$$

$$= 62.370 \text{ Wh}$$

$$= 62,37 \text{ kWh}$$

b. Printer

Jumlah kebutuhan printer yang digunakan adalah sebanyak 6 unit. Spesifikasi printer yang digunakan adalah

Daya = 1,7 watt

Jumlah mesin = 6 unit

Jam kerja = 7 jam

Rasio Pemakaian = 90 %

Dapat diperoleh kebutuhan listrik untuk printer per hari adalah,

$$= 1,7 \text{ watt} \times 90\% \times 5 \text{ unit} \times 7 \text{ jam}$$

$$= 64,26 \text{ Wh} = 0,064 \text{ kWh}$$

c. Fotocopy

Daya = 1,3 kW

Jumlah mesin = 1 unit

Rasio pemakaian = 90%

Jam kerja = 7 jam

Pemakaian listrik untuk *fotocopy* = daya x jumlah mesin x jam kerja

$$= 1,3 \text{ kW} \times 1 \text{ unit} \times 90\% \times 7 \text{ jam}$$

= 8,19 kWh

Berdasarkan perhitungan kebutuhan listrik diatas, maka total kebutuhan listrik untuk mesin produksi dan non-produksi dapat dilihat pada table berikut ini:

Tabel 4. 4 Rekapitulasi penggunaan listrik mesin produksi dan non produksi

No	Mesin	Jumlah Mesin	Daya Terpasang (kW)	Jam Kerja (jam)	Penggunaan Listrik (kWh)
1	Mesin <i>Coating</i>	1	250	7	1.700
2	Mesin ACP	1	650	7	4.500
3	Mesin pengujian	4	0,025	7	0,7
4	Komputer	20	0,45	7	62,37
5	Printer	6	0,0017	7	0,064
6	Fotocopy	1	1,3	7	8,19
	Total		901,78		6.271,324

4.6.3.3 Kebutuhan listrik untuk lampu

Kebutuhan listrik lampu digunakan pada

a. Ruang Produksi

Lampu penerangan untuk ruang produksi terdapat pada ruang mesin, ruang pekerja, dan toilet. Kekuatan penyinaran lampu ruang produksi ditetapkan sesuai dengan standar yang telah ditentukan yaitu sebesar 40 lumens/ft³ atau 430,52 lumens/m² (nurman,ST).

Penentuan kuat penerangan dapat diperoleh dengan:

$$\text{Kuat penerangan} = \text{luas (m}^2\text{)} \times \text{syarat penerangan (lumens/m}^2\text{)}$$

Sedangkan untuk perhitungan jumlah titik lampu yang dibutuhkan diperoleh dengan:

$$\text{Jumlah titik lampu} = \frac{\text{total luas ruangan}}{\text{kuat penerangan}}$$

Sehingga kuat penerangan:

$$\text{Kuat penerangan} = \frac{\text{total luas penerangan}}{\text{jumlah titik lampu}}$$

Maka kekuatan lampu tiap titik :

$$\text{Kekuatan lampu} = \frac{\text{Kuat penerangan lampu}}{\text{daya listrik pabrik}} \times \text{daya lampu}$$

Spesifikasi lampu yang digunakan untuk ruang produksi adalah sebagai berikut :

$$\text{Jenis lampu} = \text{TL 18 Watt}$$

$$\text{Kuat penerangan } (\varnothing) = 1150 \text{ lumens/W}$$

$$\text{Sudut sebaran sinar } (\omega) = 4 \text{ sr}$$

$$\text{Tinggi lampu} = 8 \text{ meter}$$

$$\text{Syarat penerangan} = 430,52 \text{ lumens/m}^2$$

Maka

$$\text{Intensitas cahaya (I)} = \frac{\varnothing}{\omega}$$

$$= \frac{1150 \times 18}{4}$$

$$= 5.175 \text{ cd}$$

$$\text{Kuat penerangan (E)} = \frac{I}{r^2}$$

$$= \frac{5.175}{8^2}$$

$$= 80,859 \text{ lux}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Luas penerangan (A)} &= \frac{\phi}{E} \\
 &= \frac{1150 \times 18}{80,859} \\
 &= 256 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Berdasarkan syarat penerangan sesuai dengan ketentuan perancangan pabrik yaitu 430,53 lms/m², maka diperoleh nilai kuat penerangan pada ruang produksi yang ditunjukkan pada table berikut ini

Tabel 4. 5 Jumlah kuat penerangan pada ruang produksi

Ruang	Luas (m ²)	Jumlah penerangan (lms/m ²)
Ruang produksi 1	1512	650.946,24
Ruang produksi 2	2.220	955.754,4
Ruang pekerja 1	80	34.442,4
Ruang pekerja 2	80	34.442,4
Toilet1	25	10.763,25
Toilet 2	25	10.763,25

Jumlah kebutuhan titik lampu dan kuat penerangan tiap titik lampu di ruang produksi dapat dihitung dengan

- Ruang produksi 1

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah titik lampu} &= \frac{\text{total luas ruangan}}{\text{kuat penerangan}} \\
 &= \frac{1512 \text{ m}^2}{256 \text{ m}^2}
 \end{aligned}$$

$$= 5,9 \approx 6 \text{ titik lampu}$$

$$\text{Penerangan tiap titik lampu} = \frac{\text{jumlah penerangan total}}{\text{jumlah titik lampu}}$$

$$= \frac{650.946,24}{6}$$

$$= 108.491,04 \text{ lumens}$$

$$\text{Kekuatan tiap titik lampu} = \frac{\text{Kuat penerangan lampu}}{\text{daya listrik}} \times \text{daya lampu}$$

$$= \frac{108.491,04}{1150} \times 18$$

$$= 1.698,2 \text{ watt}$$

Waktu lampu menyala diasumsikan selama 7 jam dengan rasio konsumsi 80% maka tenaga listrik yang dibutuhkan per hari untuk ruang produksi adalah:

$$= \text{waktu menyala} \times \text{jumlah titik lampu} \times \text{daya lampu} \times 80\%$$

$$= 7 \text{ jam} \times 6 \text{ titik} \times 18 \text{ watt} \times 80\%$$

$$= 604,8 \text{ Wh}$$

$$= 0,6048 \text{ kWh}$$

- Ruang produksi 2

$$\text{Jumlah titik lampu} = \frac{\text{total luas ruangan}}{\text{kuat penerangan}}$$

$$= \frac{2.220 \text{ m}^2}{256 \text{ m}^2}$$

$$= 8,67 \approx 9 \text{ titik lampu}$$

$$\text{Penerangan tiap titik lampu} = \frac{\text{jumlah penerangan total}}{\text{jumlah titik lampu}}$$

$$= \frac{955.754,4}{9}$$

$$= 106.194,89 \text{ lumens}$$

$$\text{Kekuatan tiap titik lampu} = \frac{\text{Kuat penerangan lampu}}{\text{daya listrik}} \times \text{daya lampu}$$

$$= \frac{106.194,89}{1150} \times 18$$

$$= 1.662,2 \text{ watt}$$

Waktu lampu menyala diasumsikan selama 7 jam dengan rasio konsumsi 80% maka tenaga listrik yang dibutuhkan per hari untuk ruang produksi adalah:

$$= \text{waktu menyala} \times \text{jumlah titik lampu} \times \text{daya lampu} \times 80\%$$

$$= 7 \text{ jam} \times 9 \text{ titik} \times 18 \text{ watt} \times 80\%$$

$$= 907 \text{ Wh}$$

$$= 0,907 \text{ kWh}$$

- Ruang pekerja

Jumlah kebutuhan titik lampu dan kuat penerangan tiap titik lampu dapat dihitung dengan formula:

$$\text{Jumlah titik lampu} = \frac{\text{total luas ruangan}}{\text{kuat penerangan}}$$

$$= \frac{80 \text{ m}^2}{256 \text{ m}^2}$$

$$= 0,3 \approx 1 \text{ titik lampu}$$

$$\text{Penerangan tiap titik lampu} = \frac{\text{jumlah penerangan total}}{\text{jumlah titik lampu}}$$

$$= \frac{34.442,4}{1}$$

$$= 34.442,4 \text{ lumens}$$

$$\text{Kekuatan tiap titik lampu} = \frac{\text{Kuat penerangan lampu}}{\text{daya listrik}} \times \text{daya lampu}$$

$$= \frac{34.442,4}{1150} \times 18$$

$$= 539,1 \text{ watt}$$

Waktu lampu menyala diasumsikan selama 7 jam dengan rasio konsumsi 80% maka tenaga listrik yang dibutuhkan per hari untuk ruang pekerja adalah:

$$= \text{waktu menyala} \times \text{jumlah titik lampu} \times \text{daya lampu} \times 80\%$$

$$= 7 \text{ jam} \times 1 \text{ titik} \times 18 \text{ watt} \times 80\%$$

$$= 100,8 \text{ Wh}$$

$$= 0,1008 \text{ kWh}$$

- Ruang pekerja2

Jumlah kebutuhan titik lampu dan kuat penerangan tiap titik lampu dapat dihitung dengan formula:

$$\text{Jumlah titik lampu} = \frac{\text{total luas ruangan}}{\text{kuat penerangan}}$$

$$= \frac{80 \text{ m}^2}{256 \text{ m}^2}$$

$$= 0,3 \approx 1 \text{ titik lampu}$$

$$\text{Penerangan tiap titik lampu} = \frac{\text{jumlah penerangan total}}{\text{jumlah titik lampu}}$$

$$= \frac{34.442,4}{1}$$

$$= 34.442,4 \text{ lumens}$$

$$\text{Kekuatan tiap titik lampu} = \frac{\text{Kuat penerangan lampu}}{\text{daya listrik}} \times \text{daya lampu}$$

$$= \frac{34.442,4}{1150} \times 18$$

$$=539,1 \text{ watt}$$

Waktu lampu menyala diasumsikan selama 7 jam dengan rasio konsumsi 80% maka tenaga listrik yang dibutuhkan per hari untuk ruang pekerja adalah:

$$\begin{aligned}
 &= \text{waktu menyala} \times \text{jumlah titik lampu} \times \text{daya lampu} \times 80\% \\
 &= 7 \text{ jam} \times 1 \text{ titik} \times 18 \text{ watt} \times 80\% \\
 &= 100,8 \text{ Wh} \\
 &= 0,1008 \text{ kWh}
 \end{aligned}$$

- Toilet

Jumlah kebutuhan titik lampu dan kuat penerangan tiap titik lampu dapat dihitung dengan formula:

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah titik lampu} &= \frac{\text{total luas ruangan}}{\text{kuat penerangan}} \\
 &= \frac{25 \text{ m}^2}{256 \text{ m}^2} \\
 &= 0,09 \approx 1 \text{ titik lampu}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Penerangan tiap titik lampu} &= \frac{\text{jumlah penerangan total}}{\text{jumlah titik lampu}} \\
 &= \frac{10.763,25}{1} \\
 &= 10.763,25 \text{ lumens}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kekuatan tiap titik lampu} &= \frac{\text{Kuat penerangan lampu}}{\text{daya listrik}} \times \text{daya lampu} \\
 &= \frac{10.763,25}{1150} \times 18 \\
 &= 168,46 \text{ watt}
 \end{aligned}$$

Waktu lampu menyala diasumsikan selama 7 jam dengan rasio konsumsi 80% maka tenaga listrik yang dibutuhkan per hari untuk ruang pekerja adalah:

$$= \text{waktu menyala} \times \text{jumlah titik lampu} \times \text{daya lampu} \times 80\%$$

$$= 7 \text{ jam} \times 1 \text{ titik} \times 18 \text{ watt} \times 80\%$$

$$= 100,8 \text{ Wh}$$

$$= 0,1008 \text{ kWh}$$

- Toilet 2

Jumlah kebutuhan titik lampu dan kuat penerangan tiap titik lampu dapat dihitung dengan formula:

$$\text{Jumlah titik lampu} = \frac{\text{total luas ruangan}}{\text{kuat penerangan}}$$

$$= \frac{25 \text{ m}^2}{256 \text{ m}^2}$$

$$= 0,09 \approx 1 \text{ titik lampu}$$

$$\text{Penerangan tiap titik lampu} = \frac{\text{jumlah penerangan total}}{\text{jumlah titik lampu}}$$

$$= \frac{10.763,25}{1}$$

$$= 10.763,25 \text{ lumens}$$

$$\text{Kekuatan tiap titik lampu} = \frac{\text{Kuat penerangan lampu}}{\text{daya listrik}} \times \text{daya lampu}$$

$$= \frac{10.763,25}{1150} \times 18$$

$$= 168,46 \text{ watt}$$

Waktu lampu menyala diasumsikan selama 7 jam dengan rasio konsumsi 80% maka tenaga listrik yang dibutuhkan per hari untuk ruang pekerja adalah:

$$= \text{waktu menyala} \times \text{jumlah titik lampu} \times \text{daya lampu} \times 80\%$$

$$= 7 \text{ jam} \times 1 \text{ titik} \times 18 \text{ watt} \times 80\%$$

$$= 0,1008 \text{ kWh}$$

Tabel 4. 6 Rekapitulasi penggunaan listrik untuk lampu ruang produksi

Ruang	Luas (m ²)	Jumlah titik lampu	Penerangan tiap titik lampu (lumens)	Jumlah penerangan (lms/m ²)	Kekuatan tiap titik lampu (watt)	Daya terpasang (watt)	Penggunaan daya (watt)
Ruang produksi 1	1512	6	650946,24	108491,04	1698,1206	900	604,8
Ruang produksi 2	2.220	9	955754,4	106194,9333	1662,1816	1300	907,2
Ruang pekerja 1	80	1	34441,6	34441,6	539,0859	250	100,8
Ruang pekerja 2	80	1	34441,6	34441,6	539,0859	250	100,8
Toilet1	25	1	10763	10763	168,4643	250	100,8
Toilet 2	25	1	10763	10763	168,4643	250	100,8
Total						3.200	1915,2

Total pemakaian listrik per bulan untuk penerangan kegiatan di ruang produksi sebesar :

$$= 1,9152 \text{ kWh} \times 22 \text{ hari/bulan}$$

$$= 42,134 \text{ kWh}$$

b. Ruang non-produksi

Listrik penerangan ruang produksi digunakan pada ruang kantor, aula, pos satpam, masjid, kantin, ruang pengujian, instalasi listrik, instalasi air, ruang genset, ruang produk jadi, ruang bahan baku, poliklinik, besarnya tenaga listrik yang dibutuhkan sesuadengan ketetapan standar

Jenis lampu = TL 18 Watt

Kuat penerangan (ϕ) = 1150 lumens/W

Sudut sebaran sinar (ω) = 4 sr

Tinggi lampu = 4 meter

Syarat penerangan = 430,52 lumens/m²

Maka

Intensitas cahaya (I)

$$\begin{aligned} &= \frac{\phi}{\omega} \\ &= \frac{1150 \times 18}{4} \\ &= 5.175 \text{ cd} \end{aligned}$$

Kuat penerangan (E)

$$\begin{aligned} &= \frac{I}{r^2} \\ &= \frac{5.175}{4^2} \\ &= 323,4375 \text{ lux} \end{aligned}$$

Luas penerangan (A)

$$\begin{aligned} &= \frac{\phi}{E} \\ &= \frac{1150 \times 18}{323,4375} \\ &= 64 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Dengan formula dan rasio konsumsi sama dengan ruang produksi maka perhitungan jumlah titik lampu, lumens dan daya yang diperlukan setiap lampu pada ruang non produksi direkap pada table berikut ini

Tabel 4. 7 Rekapitulasi daya lampu ruang produksi dan non produksi

Ruang	Luas (m ²)	Jumlah titik lampu	Penerangan tiap titik lampu (lumens)	Jumlah penerangan (lms/m ²)	Kekuatan tiap titik lampu (watt)	Daya terpasang (watt)	Penggunaan daya (watt)
Pos Satpam	85	2	36594,2	18297,1	286,3894	250	201,6
Penerimaan tamu	70	2	30136,4	15068,2	235,8501	250	201,6
Kantin	175	3	75341	25113,67	393,0835	450	302,4
Masjid	630	10	271227,6	27122,76	424,5302	1300	1008
Poli klinik	105	2	45204,6	22602,3	353,7751	250	201,6
Garasi	210	4	90409,2	22602,3	353,7751	450	403,2
Kantor	1225	20	527387	26369,35	412,7377	2200	2016
Toilet pria	20	1	8610,4	8610,4	134,7715	250	100,8
Toilet Wanita	20	1	8610,4	8610,4	134,7715	250	100,8
Aula	484	8	208371,68	26046,46	407,6837	900	806,4

Tabel 4. 8 Lanjutan tabel Rekapitulasi daya lampu ruang produksi dan non produksi

Ruang	Luas (m ²)	Jumlah titik lampu	Penerangan tiap titik lampu (lumens)	Jumlah penerangan (lms/m ²)	Kekuatan tiap titik lampu (watt)	Daya terpasang (watt)	Penggunaan daya (watt)
Toilet pria	20	1	8610,4	8610,4	134,7715	250	100,8
Toilet Wanita	20	1	8610,4	8610,4	134,7715	250	100,8
Gudang bahan baku	320	5	137766,4	27553,28	431,2687	900	504
Ruang pengujian	320	5	137766,4	27553,28	431,2687	900	504
Toilet pria	20	1	8610,4	8610,4	134,7715	250	100,8
Toilet Wanita	20	1	8610,4	8610,4	134,7715	250	100,8
Gudang produk jadi	420	7	180818,4	25831,2	404,3144	900	705,6
Instalasi air	35	1	15068,2	15068,2	235,8501	250	100,8
Instalasi listrik	35	1	15068,2	15068,2	235,8501	250	100,8
Genset	35	1	15068,2	15068,2	235,8501	250	100,8
Total						11.000	7761,6

Total pemakaian listrik perbulan untuk penerangan kegiatan non produksi sebesar

$$= 7,7616 \text{ kWh} \times 22 \text{ hari}$$

$$= 170,7552 \text{ kWh}$$

4.6.3.4 Kebutuhan listrik untuk AC dan Kipas Angin

Sebagai sarana pendingin ruangan pada pabrik Aluminium Composite Panel, maka dibutuhkan penggunaan pendingin ruangan yaitu AC dan kipas angin. Sarana pendingin diperuntukan untuk kenyamanan kerja karyawan dalam melakukan proses produksi.

a. Rencana penggunaan AC

Spesifikasi mesin AC yang digunakan

Merek = AC SPLIT Panasonic PU18

Jenis = 2 PK

Daya = 1,44 kWh

Unntuk memnentukan jumlah AC pada suatu ruangan digunakan rumus,

$$\text{Kebutuhan BTU} = \frac{(L \times W \times H \times I \times E)}{h}$$

Keterangan :

L = Panjang ruang (feet)

W = lebar ruang (feet)

H = tinggi ruang (feet)

I = nilai 10 untuk ruang berinsulasi (dilantai bawah)

nilai 18 untuk ruang tak berinsulasi (dilantai atas)

E = nilai 16 jika dinding terpanjang menghadap utara

nilai 17 jika dinding terpanjang menghadap timur

nilai 18 jika dinding terpanjang meenghadap selatan

nilai 20 jika dinding terpanjang menghadap barat

h = 60

Kapasitas AC berdasarkan PK :

AC 1/2 PK = ± 5000 BTU/h

AC 3/4 PK = ± 7000 BTU/h

AC 1 PK = ± 9.000 BTU/h

AC 1 1/2 PK = ± 1.2000 BTU/h

AC 2 PK = ± 18.000 BTU/h

Jumlah AC = $\frac{\text{kebutuhan BTU/h}}{\text{Kapasitas AC beerdasarkan PK}}$

Rencana kebutuhan AC perusahaan dapat dilihat pada rekapitulasi data pada table berikut ini

Tabel 4. 9 Rekapitulasi kebutuhan AC perusahaan

Ruang	Volume (ft ³)	I	E	h	Keb. BTU/h	Jenis AC (PK)	Jumlah AC	Daaya terpasang
Kantor	173.041,2	10	20	60	576804	2	32	46,08
Aula	68.369,4	10	16	60	182318,4	2	10	14,4
Ruang pengujian	45.202,8	10	17	60	128074,6	2	7	10,08
Total							49	70,56

Daya terpasang untuk AC dalam satu hari dengan rasio penggunaan 80 % adalah,

$$= \text{Daya AC} \times \text{jumlah AC} \times \text{jam kerja} \times 80 \%$$

$$= 1,44 \text{ kW} \times 49 \text{ unit} \times 7 \text{ jam} \times 80\%$$

$$= 395,136 \text{ kWh/hari}$$

$$= 8.692,992 \text{ kWh/ bulan}$$

b. Rencana penggunaan kipas angin

Penggunaan kipas angin sebagai sarana sirkulasi udara dalam bangunan pabrik untuk menjaga kenyamanan kerja bagi karyawan sehingga dapat bekerja secara maksimal.

Spesifikasi kipas angin yang digunakan

Merek = Maspion

Daya = 0,25 kW

Penggunaan *max.* = 25 m²

Kebutuhan jumlah kipas dihitung menggunakan rumus:

$$\text{Jumlah kipas angin} = \frac{\text{luas ruangan}}{\text{kapasitas maksimal kipas angin}}$$

Kebutuhan kipas angin perusahaan dapat dilihat pada table berikut ini

Tabel 4. 10 Rekapitulasi kebutuhan kipas angin perusahaan

Ruang	Luas (m ²)	Jumlah kipas angin	Daya terpasang	Jam kerja	Penggunaan daya (kWh)
Pos satpam	25	1	0,25	7	1,4
Masjid	500	20	0,25	2	8
Kantin	175	7	0,25	2	2,8
Penerimaan tamu	70	3	0,25	7	4,2
poliklinik	105	5	0,25	7	7
Ruang pekerja 1	80	4	0,25	7	5,6
Ruang pekeraja 2	80	4	0,25	7	5,6
Total		43	1,75	Total	34,6

Sehingga penggunaan daya kipas angin adalah,

$$= 34,6 \text{ kWh/hari}$$

$$= 761,2 \text{ kWh/bulan}$$

4.6.3.5 Perhitungan kebutuhan bahan bakar

Kebutuhan bahan bakar bagi perusahaan sebagai sarana penunjang transportasi dan juga generator set

a. Mobil perusahaan

Kebutuhan bahan bakar untuk mobil perusahaan diasumsikan 15 liter/hari untuk satu mobil. Kebutuhan bahan bakar yang harus disediakan untuk 2 mobil perusahaan adalah,

$$\begin{aligned}\text{Jumlah bahan bakar} &= \text{jumlah mobil} \times \text{kebutuhan bahan bakar} \\ &= 2 \text{ unit} \times 15 \text{ liter/hari} \\ &= 30 \text{ liter/hari}\end{aligned}$$

b. Truk perusahaan

Kebutuhan bahan bakar untuk truk perusahaan diasumsikan 15 liter/hari untuk satu truk. Kebutuhan bahan bakar yang harus disediakan untuk 2 truk perusahaan adalah,

$$\begin{aligned}\text{Jumlah bahan bakar} &= \text{jumlah mobil} \times \text{kebutuhan bahan bakar} \\ &= 2 \text{ unit} \times 15 \text{ liter/hari} \\ &= 30 \text{ liter/hari}\end{aligned}$$

c. Mesin angkut (Forklift)

Kebutuhan bahan bakar forklift diasumsikan 15 liter/hari untuk 1 truk. Kebutuhan bahan bakar disediakan truk perusahaan adalah.

$$\begin{aligned}\text{Jumlah bahan bakar} &= \text{jumlah mobil} \times \text{kebutuhan bahan bakar} \\ &= 2 \text{ unit} \times 15 \text{ liter/hari}\end{aligned}$$

$$= 30 \text{ liter/hari}$$

d. Generator set

Generator set digunakan ketika terjadi pemadaman listrik. Generator set digunakan untuk mengganti suplai listrik untuk mesin produksi, AC, Kipas Angin, dan pompa air. Rekapitulasi daya listrik terpasang pada pabrik aluminium composite panel dapat dilihat pada table berikut:

Tabel 4. 11 Daya listrik terpasang

No	Keterangan	Daya terpasang (kW)
1	Mesin produksi dan non-produksi	901,78
2	Lampu	14,2
3	AC	70,56
4	Kipas angin	34,6
Total		1.021,14

Berdasarkan table daya listrik terpasang pada pabrik aluminium composite panel, maka dibutuhkan generator dengan spesifikasi sebagai berikut

Merek = Perkins

Tipe = open type

Kapasitas = 1.500 kVA (1.200 kW)

Pemakaian generator pada saat listrik mati diasumsikan sebanyak 1 bulan sekali selama 4 jam, sehingga kebutuhan solar sebagai bahan bakar untuk generator adalah,

= kapasitas generator x jam kerja/bulan

= 1.200 kW x 4 jam

= 4.800 kWh x 12

= 57.600 kWh/tahun

4.7 Organisasi perusahaan

4.7.1 Bentuk Organisasi Perusahaan

Tujuan didirikan suatu perusahaan adalah untuk memperoleh keuntungan yang maksimal. Dalam proses pelaksanaannya dibutuhkan sebuah struktur organisasi yang tepat. Struktur organisasi merupakan sebuah garis hirarki atau bertingkat yang mendeskripsikan komponen yang Menyusun sebuah perusahaan terkait pembagian tugas dan dan tanggung jawab agar tidak terjadinya tumpang tindih dalam suatu wewenang dan tanggung jawab perorangan.

Manfaat dari struktur organisasi perusahaan antara lain :

1. Membantu mencapai target perusahaan.
2. Membantu dalam membuat job description karyawan.
3. Membantu dalam pembagian tugas dan tanggung jawab menjadi lebih mudah dan jelas.
4. Membantu untuk mengurangi konflik internal yang terjadi didalam perusahaa.
5. Membantu meningkatkan moral dan motivasi kerja karyawan dalam jenjang karir yang jelas.
6. Membantu dalam perhitungan system regenerasi karyawan perusahaan.

Pabrik aluminium composite panel menggunakan bentuk perusahaan perseroan terbatas (PT). perseroan terbatas (PT) merupakan salah satu badan usaha yang dilindungi oleh hukum dengan modal yang terdiri dari saham. Sesuai dengan undang-undang nomor 40 tahun 2007 tentang Perseroan Terbatas (PT), bahwa perusahaan berjenis Perseroan Terbatas(PT) adalah suatu badan usaha yang berbentuk badan hukum yang didirikan berdasarkan perjanjian dan melakukan kegiatan usaha dengan modal dasar yang seluruhnya terbagi dalam saham atau disebut juga dengan persekutuan modal.

Bentuk perusahaan = Perseroan Terbatas (PT)

Lapangan Usaha = Industri Komposit

Lokasi Perusahaan = Jalan Raya Magelang-Jogja KM 11, Mungkid, kab. Magelang. Jawa Tengah

Kapasitas = 99.400 lembar/tahun

Keunggulan dari Perseroan Terbatas (PT) sebagai bentuk perusahaan adalah sebagai berikut:

1. Bentuk badan hukum membuat PT terjamin eksistensinya, meski terjadi pergantian kepemilikan.
2. Mudah mendapatkan sumber dana, sehingga turut memudahkan untuk melebarkan sayap perusahaan.
3. Perpindahan saham dari pemilik sebelumnya ke pemilik baru bisa dilakukan dengan mudah.
4. Tanggung jawab pemegang saham terbatas, sehingga kelancaran produksi dipegang oleh pimpinan perusahaan.
5. Pemilik dan pengurus perusahaan terpisah.
6. Efisiensi dari segi manajemen.
7. Lapangan usaha lebih luas.
8. Mudah mendapat kredit dari bank dengan jaminan perusahaan yang ada.
9. Mudah bergerak di pasar modal.

4.7.2 Struktur organisasi

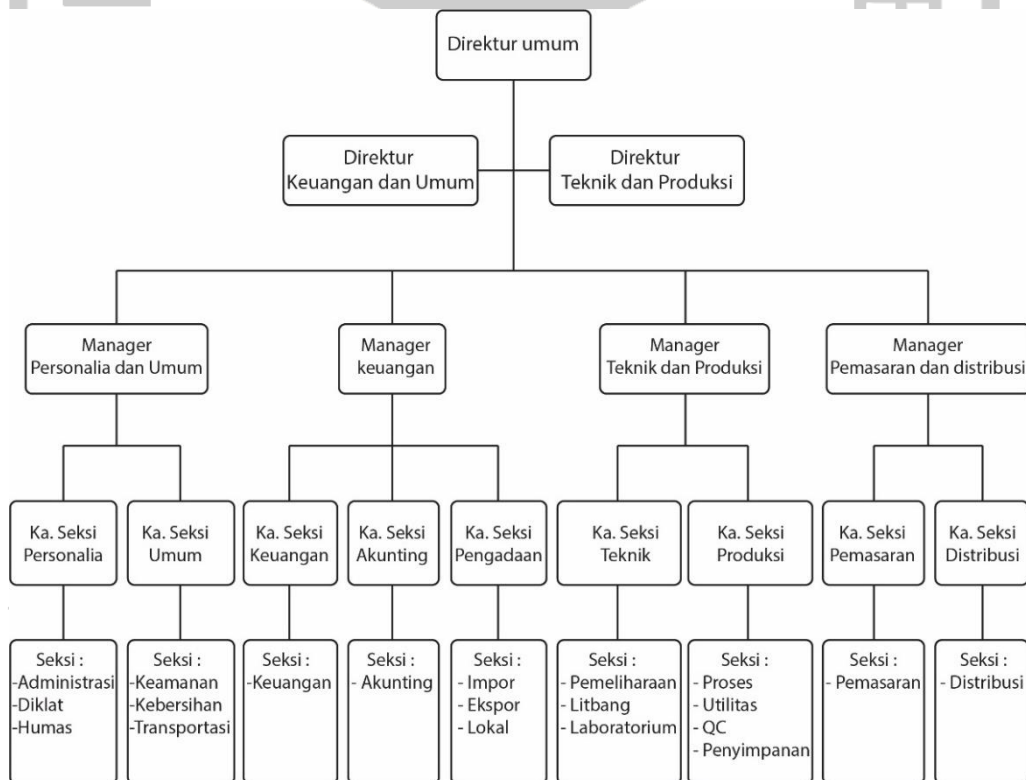
Tujuan didirikan suatu perusahaan adalah untuk memperoleh keuntungan yang maksimal. Dalam proses pelaksanaannya dibutuhkan sebuah struktur organisasi yang tepat. Struktur organisasi merupakan sebuah garis hirarki atau bertingkat yang mendeskripsikan komponen yang Menyusun sebuah perusahaan terkait pembagian tugas dan dan tanggung jawab agar tidak terjadinya tumpang tindih dalam suatu wewenang dan tanggung jawab perorangan.

Manfaat dari struktur organisasi perusahaan antara lain :

1. Membantu mencapai target perusahaan.
2. Membantu dalam membuat job description karyawan.
3. Membantu dalam pembagian tugas dan tanggung jawab menjadi lebih mudah dan jelas.
4. Membantu untuk mengurangi konflik internal yang terjadi didalam perusahaan.
5. Membantu meningkatkan moral dan motivasi kerja karyawan dalam jenjang karir yang jelas.
6. Membantu dalam perhitungan system regenerasi karyawan perusahaan.

Pemilik perusahaan yaitu pemegang saham dalam melaksanakan tugas pada perusahaan diwakilkan oleh dewan komisaris. Dalam menjalankan perusahaan dipimpin oleh direktur utama yang membawahi bagian umum, keuangan, pemasaran, serta Teknik dan produksi, setiap kepala bagian membawahi beberapa kepala seksi yang mengawasi para karyawan sesuai dengan bagian masing-masing.

Bagan struktur organisasi perusahaan aluminium composite panel dapat dilihat pada gambar dibawah ini,



Gambar 4. 7 Struktur organisasi perusahaan aluminium composite panel

4.7.3 Tugas dan Wewenang

Tugas dari struktur organisasi perusahaan

1. Pemegang saham

Pemegang saham terdiri dari beberapa orang yang mengumpulkan modal untuk berdirinya dan berjalanya kegiatan dalam perusahaan. Dalam perusahaan dengan bentuk Perseroan Terbatas (PT) kekuasaan tertinggi adalah Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS). Pemegang saham pada Rapat Umum Pemegang saham (RUPS) memiliki wewenang untuk:

- a. Mengangkat dan memberhentikan Dewan Direksi.
- b. Mengesahkan hasil-hasil serta neraca perhitungan untung dan rugi tahunan dari perusahaan.

2. Dewan Direksi

A. Direktur Utama

Direktur utama adalah pimpinan tertinggi dalam perusahaan dan bertanggung jawab sepenuhnya terhadap untung ruginya perusahaan. Direktur utama bertanggung jawab kepada dewan komisaris atas segala Tindakan dan kebijaksanaan yang diambil sebagai pimpinan perusahaan. Direktur utama membawahi direktur Teknik dan produksi dan direktur keuangan dan direktur umum.

Tugas Direktur Utama antara lain :

- Melaksanakan kebijakan perusahaan dan mempertanggung jawabkan pekerjaannya pada pemegang saham pada akhir masa jabatannya.
- Menjaga stabilitas organisasi perusahaan dan membuat kontinuitas hubungan yang baik antara pemilik saham, pimpinan, konsumen dan karyawan.

- Mengangkat dan memberhentikan kepala bagian dengan persetujuan rapat umum pemegang saham (RUPS).
- Mengkoordinir Kerjasama dengan direktur Teknik dan produksi serta direktur keuangan dan umum

B. Direktur

Direktur memiliki tugas untuk mengkoordinir, mengatur dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan dalam lingkungan bagianya sesuai dengan garis- yang diberikan oleh pimpinan perusahaan. Direktur terdiri dari direktur Teknik dan produksi serta direktur keuangan dan umum yang bertanggung jawab kepada direktur utama.

Tugas direktur Teknik dan produksi antara lain

- Bertanggung jawab kepada direktur utama dalam bidang produksi dan Teknik
- Mengkoordinir, mengatur dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan manager yang menjadi bawahanya.

Tugas Direktur Keuangan dan Umum antara lain :

- Bertanggung jawab kepada Direktur Utama dalam bidang keuangan, Pemasaran dan pelayanan umum
- Mengkoordinir, mengatur dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan manager yang menjadi bawahanya.

C. Manager

Manager memiliki tugas untuk mengkoordinir, mengatur dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan yang dilakukan oleh kepala-kepala bagian dalam membawahi seksi yang dipimpinnya, sesuai dengan garis komando yang diberikan oleh direktur perusahaan. Manager terdiri dari manager Teknik dan

produksi, manager pemasaran dan distribusi, manager personalia dan umum serta manager keuangan.

D. Kepala Seksi

Kepala seksi memiliki tugas mengkoordinir, mengatur dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan dalam lingkungan bagianya sesuai dengan garis yang diberikan oleh pimpinan perusahaan. Kepala seksi bertanggung jawab kepada manager sesuai dengan bagianya masing-masing, kepala seksi terdiri dari :

1. Kepala seksi produksi

Bertanggung jawab kepada manager Teknik produksi dalam bidang mutu dan kelancaran produksi. Kepala seksi produksi membawahi:

a. Seksi proses

Tugas seksi proses meliputi

- Menjalankan Tindakan seperlunya pada peralatan produksi yang mengalami kerusakan, sebelum diperbaiki oleh seksi yang berwenang.
- Mengawasi jalanya proses produksi

b. Seksi utilitas

Seksi utilitas memiliki tugas melaksanakan dan mengatur sarana utilitas untuk memenuhi kebutuhan proses,air,steam, refrigerant, udara, instrument dan tenaga listrik untuk proses produksi.

c. Seksi quality control

Tugas seksi quality control meliputi:

- Menangani hal-hal yang dapat mengancam keselamatan kerja dan mengurangi potensi bahaya yang ada.
- Mengawasi dan menganalisa produk serta buangan pabrik.

- Mengawasi dan menganalisa mutu bahan baku pembantu.

d. Seksi penyimpanan

Seksi penyimpanan memiliki tugas untuk menjaga area Gudang bahan baku dan produk jadi.

2. Kepala seksi Teknik

Tugas Kepala Seksi Teknik meliputi:

- Bertanggung jawab kepada manager Teknik produksi.
- Mengkoordinir kepala-kepala seksi yang menjadi bawahanya

Kepala Seksi Teknik membawahi:

a. Seksi Pemeliharaan

Seksi pemeliharaan memiliki tugas:

- Melaksanakan pemeliharaan fasilitas dan peralatan pabrik.
- Memperbaiki peralatan pabrik.

b. Seksi Penelitian dan Pengembangan

Seksi penelitian dan pengembangan memiliki tugas:

- Mempertinggi mutu suatu produk dan mengadakan pemilihan pemasaran produk ke suatu tempat.
- Memperbaiki proses dari pabrik atau perencanaan alat untuk pengembangan produksi.
- Mempertinggi efisiensi kerja.

3. Kepala Seksi Pemasaran

Tugas Kepala Seksi Pemasaran meliputi:

- Bertanggung jawab kepada manager Pemasaran.

- Mengkoordinir kepala-kepala seksi yang menjadi bawahanya

Kepala Seksi Pemasaran membawahi:

a. Seksi Pemasaran

Seksi pemasaran memiliki tugas merencanakan strategi penjualan hasil produksi

4. Kepala seksi Distribusi

Kepala Seksi Distribusi bertanggung jawab kepada Manager Pemasaran dan Produksi dalam bidang distribusi hasil produksi.

Kepala Seksi Distribusi membawahi

a. Seksi Distribusi

Tugas seksi distribusi meliputi

- Mengatur keluar masuknya bahan dan alat dari gudang bahan baku
- Mengatur distribusi hasil produk dari gudang produk jadi

5. Kepala Seksi Keuangan

Kepala seksi keuangan bertanggung jawab kepada Manager Keuangan dalam bidang administrasi dan keuangan.

Kepala Seksi Keuangan membawahi

a. Seksi Keuangan

Seksi Keuangan memiliki tugas membuat rancangan anggaran keuangan, mengadakan evaluasi dari arus keuangan (untung rugi perusahaan), mengamankan uang perusahaan, menangani upah karyawan, membuat prediksi keuangan masa depan perusahaan.

6. Kepala Seksi Akunting

Kepala Seksi Akunting bertanggung jawab kepada Manager Keuangan dalam bidang akunting perusahaan.

Kepala Seksi Akunting membawahi :

a. Seksi Akunting

Tugas Seksi Akunting meliputi:

- Membuat pembukuan laporan neraca keuangan perusahaan.
- Melakukan pencatatan hutang piutang perusahaan.
- Penanganan pajak perusahaan.
- Melakukan perhitungan arus kas, laba, rugi perusahaan.

7. Kepala Seksi Pengadaan

Kepala Seksi Pengadaan bertanggung jawab kepada Manager Keuangan.

Kepala Seksi Pengadaan bertugas mengatur lalu lintas domestic perusahaan baik dalam dan luar negeri dan pengadaan bahan baku dari perusahaan local. Kepala Seksi pengadaan membawahi seksi Ekspor, Seksi Impor, dan Seksi Lokal

8. Kepala Seksi Personalia

Kepala Seksi Personalia bertanggung jawab kepada Manager Personalia dan Umum dalam bidang kepegawaian, Pusdiklat, dan Humas. Kepala Seksi umum membawahi

a. Seksi Kepegawaian

Tugas Seksi Kepegawaian meliputi:

- Membina tenaga kerja dan menciptakan suasana kerja yang sebaik mungkin antara pekerja dengan pekerjaannya serta lingkungannya agar tidak terjadi pemborosan waktu dan biaya.

b. Seksi Humas

Seksi Humas memiliki tugas mengatur hubungan perusahaan dengan masyarakat terutama didaerah sekitar pabrik.

c. Seksi Pusdiklat

Tugas Seksi Pusdiklat meliputi:

- Melaksanakan Pendidikan dan pelatihan dalam rangka peningkatan kompetensi/profesionalisme karyawan dan calon karyawan di lingkungan perusahaan berdasarkan kebijakan pengembangan SDM
- Perumusan, pengevaluasian identifikasi indicator kinerja utama
- Pelaksanaan hubungan kerja sama dibidang Pendidikan dan pelatihan

9. Kepala Seksi Umum

Kepala Seksi Umum bertanggung jawab kepada manager Personalia dan Umum. Kepala seksi Umum membawahi seksi rumah tangga, seksi Keamanan, Seksi Kebersihan, Seksi Kesehatan dan Seksi Transportasi perusahaan.

4.7.4 Penggolongan Jabatan, Jumlah Karyawan, dan Gaji

Perusahaan dalam menentukana gaji karyawan berdasarkan atas besaran nilai UMK untuk wilayah Kabupaten Magelang. Gubernur Jawa Tengah Ganjar Pranowo telah menetapkan UMK tahun 2022 pada 30 November 2021. UMK tahun 2022 di Jawa Tengah ditetapkan dalam Keputusan Gubernur Jawa Tengah No. 561/39 tentang Upah Minimum pada Kabupaten/kota di Jateng tahun 2022. Besaran Gaji UMK untuk Kabupaten Magelang sebesar Rp 2.075.000. UMK 2022 naik sebesar Rp 32.200 dari UMK tahun 2020 sebesar 2.042.200 atau mengalami kenaikan 0,01 %.

Pada tabel menunjukkan penggolongan tenaga kerja sesuai dengan jabatan dan jenjang Pendidikan serta gaji yang diperoleh

Tabel 4. 12 Penggolongan tenaga kerja berdasarkan jabatan dan jenjang pendidikan

NO	Jabatan	Pendidikan Minimum	Jumlah	Gaji/bulan (Rp)	Total Gaji/bulan (Rp)
1	Direktur utama	S2-S3 Tekstil/ Industri/ Profesional	1	20.000.000	20.000.000
2	Direktur Keuangan dan Umum	S2-S3 Manajemen	1	10.000.000	10.000.000
3	Direktur Teknik dan Produksi	S2-S3 Tekstil/Sipil	1	10.000.000	10.000.000
4	Manager Personalia dan Umum	S1 Komunikasi/ Manajemen	1	6.250.000	6.250.000
5	Manager Keuangan	S1 Ekonomi/Akuntansi	1	6.250.000	6.250.000
6	Manager Teknik dan Produksi	S1 Teknik Tekstil/ Mesin	1	6.250.000	6.250.000
7	Manager Pemasaran dan Distribusi	S1 Ekonomi/Manajemen	1	6.250.000	6.250.000
8	Kepala Seksi Personalia	D3-S1 Ilmu Komunikasi	1	4.250.000	4.250.000
9	Kepala Seksi Umum	S1 Manajemen	1	4.250.000	4.250.000

Tabel 4. 13 Lanjutan tabel Penggolongan tenaga kerja berdasarkan jabatan dan jenjang pendidikan

NO	Jabatan	Pendidikan Minimum	Jumlah	Gaji/bulan (Rp)	Total Gaji/bulan (Rp)
10	Kepala Seksi Keuangan	D3-S1 Ekonomi	1	4.250.000	4.250.000
11	Kepala Seksi Akunting	D3-S1 Akuntansi	1	4.250.000	4.250.000
12	Kepala Seksi Pengadaan	D3-S1 Teknik Mesin/ Industri	1	4.250.000	4.250.000
13	Kepala Seksi Teknik	S1 Teknik Mesin	1	4.250.000	4.250.000
14	Kepala Seksi Produksi	S1 Teknik Tekstil/Industri	1	4.250.000	4.250.000
15	Kepala Pemasaran	S1 Manajemen	1	4.250.000	4.250.000
14 16	Kepala Bagian Distribusi	S1 Manajemen	1	4.250.000	4.250.000
17	Karyawan Seksi Administrasi	D3-S1 Ekonomi/Manajemen	3	3.250.000	9.750.000
18	Karyawan Seksi Diklat	S1 Psikologi	3	3.250.000	9.750.000
19	Karyawan Seksi Humas	S1 Hukum/ Ilmu Komunikasi	3	3.250.000	9.750.000

Tabel 4. 14 Lanjutan tabel Penggolongan tenaga kerja berdasarkan jabatan dan jenjang pendidikan

NO	Jabatan	Pendidikan Minimum	Jumlah	Gaji/bulan (Rp)	Total Gaji/bulan (Rp)
20	Karyawan Seksi Keamanan	SMA/SMK	4	2.500.000	10.000.000
21	Karyawan Seksi Kebersihan	SMA/SMK	7	2.500.000	17.500.000
22	Karyawan Seksi Transportasi	SMA/SMK	3	2.500.000	7.500.000
23	Karyawan Seksi Keuangan	D3-S1 Ekonomi//Akuntansi	3	3.250.000	9.750.000
24	Karyawan Seksi Akunting	D3-S1 Akuntansi	3	3.250.000	9.750.000
25	Karyawan Seksi Impor	S1 Ekonomi	2	3.250.000	6.500.000
26	Karyawan Seksi Ekspor	S1 Ekonomi	2	3.250.000	6.500.000
27	Karyawan Seksi Lokal	S1 Ekonomi	3	3.250.000	9.750.000
28	Karyawan Seksi Litbang	S1 Teknik Tekstil/Industri	2	3.250.000	6.500.000
29	Karyawan Seksi Laboratorium	S1 Teknik Tekstil/Kimia	1	3.250.000	3.250.000

Tabel 4. 15 Lanjutan tabel Penggolongan tenaga kerja berdasarkan jabatan dan jenjang pendidikan

NO	Jabatan	Pendidikan Minimum	Jumlah	Gaji/bulan (Rp)	Total Gaji/bulan (Rp)
30	Karyawan Seksi Proses	S1 Teknik Tekstil/ Mesin	8	3.250.000	26.000.000
31	Karyawan Seksi Quality Control	S1 Teknik Tekstil	3	3.250.000	9.750.000
32	Karyawan Seksi Penyimpanan	SMA/ SMK	3	2.500.000	7.500.000
33	Karyawan Seksi Pemasaran	D3-S1 Manajemen	3	3.250.000	9.750.000
34	Karyawan Seksi Distribusi	D3-S1 Manajemen	3	3.250.000	9.750.000
Total			75		262.250.000

4.7.5 Waktu Kerja Karyawan

Waktu kerja karyawan sudah diatur dalam pasal 77 ayat (1) dan (2) UU no. 13/2003 jo. UU NO. 21/2020 dan pasal 21 ayat (2) peraturan pemerintah No. 35/2021 yaitu mewajibkan setiap pengusaha untuk melaksanakan ketentuan jam kerja. Ketentuan jam kerja ini telah diatur dalam 2 sistem yaitu

- a. 7 jam kerja dalam 1 hari atau 40 jam kerja dalam 1 minggu untuk 6 hari kerja dalam 1 minggu
- b. 8 jam kerja dalam 1 hari atau 40 jam kerja dalam 1 minggu untuk 5 hari kerja dalam 1 minggu

Perusahaan aluminium komposit panel mengatur jam kerja selama 8 jam kerja dalam 1 minggu untuk 5 hari kerja dengan libur pada hari sabtu dan minggu.rincian jam kerja karyawan yaitu:

Hari = senin - Jumat

Jam kerja = 08.00 - 16.00

Waktu Istirahat = 12.00 - 13.00

Istirahat hari Jumat = 11.30 – 13.00

4.7.6 Status dan system upah karyawan

Status karyawan dibagi menjadi 2 golongan

1. Karyawan tetap

Karyawan tetap merupakan karyawan yang mendapatkan gaji pada setiap bulanya. Karyawan tetap harus melalui proses magang/kontrak dalam waktu tertentu sebelum diangkat menjadi karyawan tetap sesuai dengan kinerja selama menjadi karyawan kontrak.

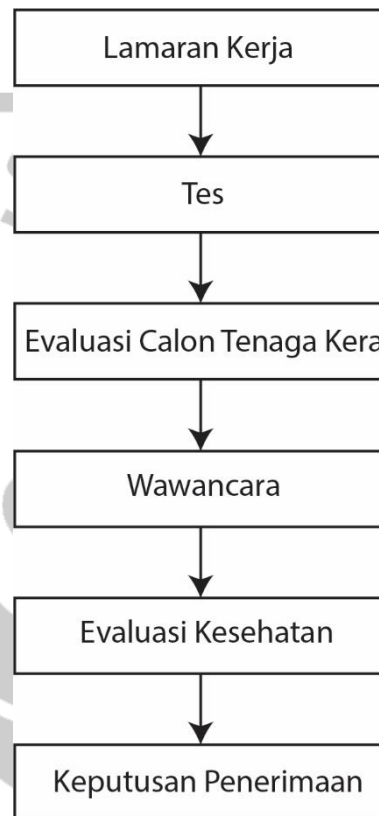
2. Karyawan kontrak

Karyaawan kontrak merupakan karyawan yang berada pada masa percobaan setelah melalui proses rekrutmen. Perusahaan menetapkan masa kontrak selama 1 tahun sebelum pengangkatan karyawan kontrak menjadi karyawan tetap dengan mempertimbangkan kinerja karyawan selama waktu percobaan tersebut.

4.7.7 Rekrutmen Karyawan

Untuk menjaga kelancaran proses produksi, perusahaan mempekerjakan karyawan yang memiliki keahlian dalam bidangnya. Hal ini juga menjaga agar mutu hasil produksi dapat semaksimal mungkin. Oleh karena itu prusahaan mengadakan rekrutmen kepada karyawan dengan mempertimbangkan keahlian dan jenjang Pendidikan calon

karyawan. Proses rekrutmen karyawan pabrik aluminium composite panel dapat dilihat pada gambar dibawah ini



Gambar 4. 8 Alur proses rekrutmen karyawan

Setelah proses rekrutmen karyawan selesai, karyawan yang lolos ditempatkan sesuai dengan keahliannya dan dilakukan masa percobaan selama 1 tahun sebelum menjadi karyawan tetap.

4.7.8 Riset dan Pengembangan Perusahaan

Seksi riset dan pengembangan pada perusahaan memiliki tugas untuk melakukan riset guna perkembangan produk sehingga produk yang dihasilkan dapat bersaing di pasar. Berikut proses pada bagian riset dan pengembangan

- a. Riset pasar

Berhasilnya suatu perusahaan salah satunya dengan terjualnya produk yang dihasilkan. Sebelum melakukan produksi, riset pasar sangat dibutuhkan agar perusahaan mengetahui tingkat kebutuhan dari calon pelanggan. Proses yang dilakukan dalam riset pasar adalah dengan menentukan jumlah permintaan pada produk dalam suatu pasar. Riset pasar berfungsi untuk mengurangi resiko terjadinya penumpukan produk jadi yang belum terjual dikarenakan tingkat permintaan yang rendah.

b. *Value Analysis dan Value Engineering*

Value analysis dan *value engineering* merupakan metode untuk meningkatkan nilai suatu barang dengan mengatur prosedur untuk merencanakan system, proses, mesin, peralatan, alat, layanan atau metode kerja. Nilai analisis/rekayasa nilai didefinisikan sebagai penerapan system yang berbasis fungsi dengan menerapkan aplikasi engineering yang dapat mengidentifikasi fungsi produk, proses, proyek, desain fasilitas, system atau layanan yang dapat memberikan nilai moneter. Konsisten dengan kinerja yang ditentukan dan kehandalan umur produk pada biaya rendah sehingga akan meningkatkan kepuasan pelanggan dan menambah nilai.

c. Pengembangan Produk

Pengembangan produk sangat penting dalam sebuah perusahaan. Dengan adanya riset pasar maka dapat dilihat tingkat permintaan suatu produk. Tingkat permintaan terhadap suatu produk mengharuskan adanya pengembangan dalam suatu produk agar bisnis dalam perusahaan dapat terus berkembang.

4.7.9 Kesejahteraan Karyawan

Perusahaan menyediakan beberapa fasilitas dalam menunjang kesejahteraan karyawan. Fasilitas tersebut berfungsi untuk meningkatkan produktifitas dalam bekerja. Fasilitas dari perusahaan meliputi:

a. Makan dan minum

Perusahaan menyediakan jatah satu kali makan bagi pekerja dan minuman yang disediakan disetiap ruangan karyawan.

b. Pakaian Kerja

Karyawan mendapatkan seragam perusahaan dan karyawan yang berhubungan langsung dengan proses produksi mendapatkan 2 setel pakaian APD untuk menghindari resiko kecelakaan saat kerja.

c. Jamsostek

Berdasarkan UU No.3 tahun 1992 (Jutlak PP No.14 Tahun 1993, Keppres No.5 tahun 1993) karyawan berhak mendapatkan fasilitas Jamsostek berupa

- Asuransi Kecelakaan kerja
- Asuransi Kematian akibat kecelakaan kerja
- Tabungan hari tua

d. Tunjangan hari raya

Berdasarkan Permenaker No.6 tahun 2016 cara perhitungan THR bagi karyawan tergantung dengan masa kerjanya. Pemberian Tunjangan Hari Raya maksimal diberikan 7 hari sebelum hari raya. Berikut rincian dari Tunjangan hari raya

- Karyawan dengan masa kerja 12 bulan atau satu tahun, maka berhak mendapat THR sebesar 1 bulan upah
- Karyawan yang mempunyai masa kerja minimal satu bulan tapi kurang dari 12 bulan, maka mendapatkan THR secara proporsional yaitu sesuai dengan masa kerjanya.

e. Hak Cuti

Setiap karyawan memiliki hak untuk mengambil hak cuti sebagai berikut:

- Cuti Tahunan

Cuti tahunan diberikan kepada karyawan dalam satu tahun sebanyak 12 hari kerja.

- Cuti Hamil

Bagi karyawan sedang hamil diberikan hak untuk cuti selama 3 bulan dengan ketentuan 1 bulan sebelum proses melahirkan dan 2 bulan setelah proses melahirkan.

- Cuti Masal

Cuti masal diberikan dalam rangka hari raya idul fitri dengan jumlah 4 hari cuti.

- Cuti Sakit

Bagi karyawan yang sedang sakit diberikan hak untuk cuti dengan syarat memberikan kabar kepada seksi yang bersangkutan dan menunjukkan surat keterangan dari dokter pada saat sudah Kembali bekerja.

4.8 **Evaluasi Ekonomi**

Sebuah perusahaan harus memperoleh keuntungan dari produk yang diperjualkan agar keberlangsungan perusahaan tetap terjaga. Dalam prosesnya dibutuhkan evaluasi ekonomi. Evaluasi ekonomi bertujuan untuk menganalisis kelayakan suatu pabrik secara ekonomi dalam memperoleh keuntungan. Evaluasi ekonomi pabrik aluminium composite panel terdiri dari:

1. Modal (*capital Investment*)
 - a. Modal Tetap (*fixed Capital Investment*)
 - b. Modal Kerja (*Working Capital Investment*)
2. Biaya Produksi (*Manufacturing Cost*)
 - a. Biaya Produksi Langsung (*Direct Manufacturing Cost*)

- b. Biaya Produksi tak langsung (*indirect manufacturing cost*)
 - c. Biaya tetap (*fixed manufacturing cost*)
3. Pengeluaran Umum (*general cost*)
 4. Analisa Keuntungan
 5. Analisa Kelayakan Ekonomi
 - a. *Percent return on investment* (ROI)
 - b. *Pay out time* (POT)
 - c. *Break Event Point* (BEP)
 - d. *Shut down point* (SDP)

4.8.1 Modal Tetap (fixed Capital Investment)

Modal tetap adalah biaya yang diperlukan dalam mendirikan fasilitas pabrik secara fisik. Terdapat dua macam modal tetap yaitu biaya langsung (*direct cost*) dan biaya tidak langsung (*indirect cost*)

4.8.1.1 Biaya Lahan dan Bangunan Pabrik

Biaya lahan dan bangunan pabrik meliputi biaya tanah, bangunan, serta jalan dan taman di pabrik. Biaya lahan dan bangunan dicari menggunakan biaya yang biasa digunakan pada daerah tempat bangunan akan didirikan. Berikut rincian biaya lahan dan bangunan pabrik

Tabel 4. 16 Biaya lahan dan bangunan pabrik

No	Jenis Pengeluaran	Luas (m ²)	Harga/m ²	Biaya
1	Tanah	11.400	Rp 1.100.000	Rp 12.540.000.000
2	Bangunan	9.011	Rp 2.500.000	Rp 22.527.500.000
3	Jalan + taman	2.389	Rp 800.000	Rp 1.911.200.000
Total				Rp 36.978.700.000

4.8.1.2 Biaya mesin-mesin Produksi

Jumlah biaya mesin- mesin produksi dapat dilihat pada tabel dibawah ini

Tabel 4. 17 Jumlah biaya mesin produksi

NO	Jenis Pengeluaran	Kuantitas	Harga/satuan	Biaya
1	Mesin Coating Aluminium	1	Rp 3.600.000.000	Rp 4.500.000.000
2	Mesin Aluminium Composite panel	1	Rp 6.450.000.000	Rp 6.450.000.000
Total				Rp 10.950.000.000

4.8.1.3 Biaya Transportasi

Jumlah biaya fasilitas transportasi dapat dilihat pada tabel dibawah ini

Tabel 4. 18 Biaya transportasi

NO	Jenis Pengeluaran	Kuantitas	Harga/satuan	Biaya
1	Mobil Dinas	2	Rp 150.000.000	Rp 300.000.000
2	Mobil Cargo Box	2	Rp 389.000.000	Rp 778.000.000
3	Truk forklift	2	Rp 380.000.000	Rp 760.000.000
Total		6	Total	Rp 1.838.000.000

4.8.1.4 Biaya Pelayanan Teknik (utilitas)

Jumlah biaya peralatan Teknik (utilitas) dapat dilihat pada tabel dibawah ini

Tabel 4. 19 Biaya pelayanan teknik (utilitas)

NO	Jenis Pengeluaran	Kuantitas	Harga/satuan	Biaya
1	Pompa Air	1	525.000	Rp 525.000
2	Generator	1	1.830.000.000	Rp 2.250.000.000
3	Lampu TL	96	24.000	Rp 2.304.000
4	Hydrant	7	3.900.000	Rp 27.300.000
5	AC	49	6.149.000	Rp 301.301.000
6	Kipas Angin	43	512.000	Rp 22.016.000
7	Galon Untuk air Konsumsi	244	16.000	Rp 3.904.000
Total				Rp 2.187.350.000

4.8.1.5 Biaya Inventaris Kantor

Jumlah biaya inventaris kantor dapat dilihat pada tabel dibawah ini

Tabel 4. 20 jumlah dan biaya inventaris kantor

NO	Jenis Pengeluaran	Kuantitas	Harga/satuan	Biaya
1	Komputer	20	Rp 3.250.000	Rp 65.000.000
2	Printer	6	Rp 2.750.000	Rp 16.500.000
3	Fotocopy	1	Rp 2.400.000	Rp 2.400.000

Tabel 4. 21 lanjutan tabel jumlah dan biaya inventaris kantor

NO	Jenis Pengeluaran	Kuantitas	Harga/satuan	Biaya
4	Perlengkapan Satpam	4	Rp 500.000	Rp 2.000.000
5	Perlengkapan Dapur	1	Rp 2.000.000	Rp 2.000.000
6	Peralatan Poliklinik	1	Rp 5.000.000	Rp 5.000.000
7	Perlengkapan Cleaning service	7	Rp 1.000.000	Rp 7.000.000
Total				Rp 99.900.000

4.8.1.6 Biaya Instalasi dan pemasangan

Jumlah biaya pemasangan instalasi pabrik dapat dilihat pada tabel dibawah ini

Tabel jumlah biaya instalasi dan pemasangan

Tabel 4. 22 Jumlah biaya instalasi dan pemasangan

NO	Jenis Pengeluaran	Biaya
1	Instalasi air	Rp 1.500.000
2	Instalasi listrik	Rp 6.750.000
3	Instalasi Telepon	Rp 780.000
4	Pemasangan Internet	Rp 1.680.000
Total		Rp 10.710.000

4.8.1.7 Biaya Notaris dan Perizinan

Biaya perizinan notaris dalam mendirikan perusahaan sebesar Rp 5000.000,00

4.8.1.8 Biaya Training Karyawan

Training karyawan dilakukan agar meningkatkan kinerja karyawan. Training karyawan dilaksanakan 2 kali dalam 1 tahun dengan biaya Rp 10.000.000. sehingga biaya yang dibutuhkan dalam satu tahun adalah:

$$= \text{Rp } 10.000.000 \times 2 \text{ kali training/tahun}$$

$$= \text{Rp } 20.000.000/\text{tahun}$$

Berdasarkan data diatas maka total modal tetap perusahaan dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 4. 23 Rekapitulasi modal tetap perusahaan

No	Jenis Biaya	Biaya
1	Lahan dan Bangunan Pabrik	Rp36.978.700.000
2	Mesin Produksi	Rp10.950.000.000
3	Transportasi	Rp 1.838.000.000
4	Peralatan Utilitas	Rp 2.187.350.000
5	Inventaris	Rp 99.900.000
6	Instalasi dan pemasangan	Rp 10.710.000
7	Biaya Notaris dan perizinan	Rp 5.000.000
8	Biaya Training Karyawan	Rp 20.000.000
Total		Rp52.089.660.000

4.8.2 Modal Kerja (*working capital Investment*)

Modal kerja merupakan modal untuk memenuhi kebutuhan operasional sehari-hari, dan merupakan modal perusahaan yang habis dalam satu kali berputar selama proses produksi dan proses peputarannya dalam jangka waktu satu tahun. Perusahaan menetapkan pengelompokan biaya operasional menjadi 2 jenis, yaitu biaya tetap (*fixed cost*) dan biaya langsung (*variable cost*)

4.8.3 Biaya produksi (*Manufacturing Cost*)

Biaya produksi merupakan jumlah dari biaya produksi langsung (*direct manufacturing cost*), biaya produksi tak langsung (*indirect manufacturing cost*), dan biaya tetap (*fixed manufacturing cost*).

Biaya produksi langsung (*direct manufacturing cost*) pada perusahaan meliputi:

1. Bahan Baku

Biaya bahan baku pada pabrik dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 4. 24 Biaya bahan baku

NO	Jenis Pengeluaran	Kuantitas (kg/tahun)	Harga/kg	Biaya tiap tahun
1	LDPE	228820	Rp 15.000	Rp 3.432.300.000
2	Aluminium hidroksida Al(OH) ₃	1020840	Rp 8.000	Rp 8.166.720.000
3	Aluminium	738050	Rp 30.000	Rp 22.141.500.000
4	PVDf	96720	Rp120.000	Rp 11.606.400.000
5	<i>Adhesive film</i>	55770	Rp 15.000	Rp 836.550.000
6	<i>Protectif film</i>	286.272 m	Rp 1.500/m ²	Rp 429.408.000
Total				Rp 46.612.878.000

2. Gaji Karyawan

Gaji karyawan diberikan pada karyawan setiap awal bulan. Jumlah gaji dapat dilihat pada tabel dengan total biaya gaji karyawan sebesar Rp 282.250.000 / bulan. Sehingga dalam satu tahun atau 12 bulan, gaji untuk karyawan perusahaan sebesar Rp 3.387.000.000.

3. Utilitas

- Biaya Listrik

Berdasarkan peraturan Menteri energi dan sumber daya mineral RI nomor. 28 Tahun 2016 tentang golongan tarif tenaga listrik yang disediakan oleh PT. Perusahaan Listrik Negara (persero), tarif listrik pabrik termasuk dalam golongan 1-3/TM (>200 kVA) dengan pemakaian sebesar 1.062,477 kW atau 1328,096 kVA. berdasarkan peraturan tarif tenaga listrik untuk keperluan industry pada golongan tarif 1-3 TM (>200kVA) tarif listrik perusahaan sebesar Rp 1.114,74 per kWh dengan perhitungan sebagai berikut

$$\text{Blok WBP (waktu Beban Puncak)} = K \times \text{Rp } 1.114,74$$

$$\text{Blok LWBP (Luar Waktu Beban Puncak)} = \text{Rp } 1.114,74$$

$$\text{kVArh} = \text{Rp } 1.200$$

dimana nilai K adalah $1,4 \leq K \leq 2$.

Sehingga biaya pemakaian listrik yang harus dibayar.

$$= \text{KW terpakai} \times (\text{Blok WBP} + \text{Blok LWBP} + \text{kVArh})$$

$$= 1.062,477 \text{ kW} \times ((K \times \text{Rp } 1.114,74) + \text{Rp } 1.114 + \text{Rp } 1.200)$$

$$= 1.062,477 \text{ kW} \times (\text{Rp } 3.987)$$

$$= \text{Rp } 4.235.935 \text{ per jam}$$

Sehingga biaya listrik dalam satu tahun kerja sebesar Rp 7.828.008.202

- Biaya Air

Perhitungan air bersih untuk pabrik dihitung berdasarkan jumlah pemakaian dalam m³. Dengan ketentuan 0-10 m³ seharga Rp 2.000, 11-20 m³ sebesar Rp2.530, 21-30 m³ sebesar Rp 5.650, 31-40 m³ sebesar Rp 8.425, dan lebih dari 40 m³ sebesar Rp 9.750. serta biaya perawatan sebesar Rp 3.000. pabrik aluminium composite panel memiliki kebutuhan air sebesar 6,08 m³/hari sehingga biaya air yang dibayar

$$= 6,08 \text{ m}^3/\text{hari} \times (\text{Rp}3000 + \text{Rp} 2.000)$$

$$= \text{Rp} 30.400 \text{ per hari}$$

$$= \text{Rp} 8.025.600 \text{ per tahun}$$

- Biaya solar untuk Generator

Solar berfungsi sebagai bahan bakar generator saat digunakan sebagai pengganti kebutuhan listrik. Kapasitas generator yang digunakan adalah 1500 kVA (1200 watt). Jika diasumsikan dalam satu bulan terdapat mati listrik selama 4 jam. Maka kebutuhan solar dalam satu tahun dapat dihitung menggunakan formula:

$$= 0,21 \times \text{daya generator} \times \text{satuan waktu}$$

$$= 0,21 \times 1200 \times 4$$

$$= 1.008 \text{ liter per bulan}$$

$$= 12.096 \text{ liter per tahun}$$

$$\text{Harga solar/ liter tahun 2021} = \text{Rp} 9.500$$

$$= 12.096 \text{ liter} \times \text{Rp} 9.500$$

$$= \text{Rp} 114.912.000 \text{ per tahun}$$

- Bahan bakar pertalite

pertalite digunakan sebagai bahan bakar kendaraan perusahaan dengan kebutuhan bensin untuk mobil dan 2 truk masing- masing adalah 30lt/hari apabila harga pertalite seharga Rp 7.650 dan untuk truk dan *forklift* (solar) seharga Rp 9.500 maka diperoleh

mobil = 30 lt/hari x 22 haari x 7.650

= Rp 5.049.000

= Rp 60.588.000

Truk = 30 lt/hari x 22 hari x 9.500

= Rp 6.270.000

= Rp 75.240.000

Forklift = 30 lt/hari x22 hari

= Rp 6.270.000

= Rp 75.240.000

Total biaya bahan bakar alat = Rp 60.588.000 + (75.240.000 x 2)

= Rp 211.068.000

- Bahan bakar LPG



Biaya tetap (*fixed cost*) meliputi

1. Asuransi

Asuransi bagi fasilitas perusahaan bertujuan untuk menghindari dan mengurangi resiko terjadinya kejadian yang menyebabkan kerugian bagi perusahaan. Besar asuransi per tahun sebesar 1% dari total biaya lahan bangunan, mesin produksi, instalasi, biaya izin usaha, utilitas, dan inventaris.

Total biaya asuransi perusahaan telah dirangkum pada tabel dibawah ini:

Tabel 4. 25 Rekapitulasi biaya asuransi perusahaan

No	Fasilitas perusahaan	Biaya
1	Lahan Bangunan	Rp 36.978.700.000
2	Mesin Produksi	Rp 10.950.000.000
3	Utilitas	Rp 2.187.350.000
4	Transportasi	Rp 1.838.000.000
5	Gaji Karyawan	Rp 387.000.000
	Total	Rp 55.341.050.000
	Biaya Asuransi	Rp 553.410.500

2. Depresiasi

Depresiasi merupakan penurunan nilai suatu aset karena waktu dan penggunaan yang ditimbulkan akibat kerusakan fisik, fungsi, dan kecelakaan.

Rumus nilai depresiasi adalah

$$D = \frac{P-S}{N}$$

Keterangan :

D = Besar depresiasi tiap tahun

P = Nilai awal Aset

S = Nilai Aset Akhir (20% asset awal)

N= Umur Aset

Nilai aset perusahaan telah dirangkum dalam tabel dibawah ini :

Tabel 4. 26 Nilai depresiasi perusahaan

No	Jenis Item	P (Rp)	S = 20% (Rp)	N (tahun)	Depresiasi
1	Mesin Produksi	Rp10.050.000.000	Rp2.010.000.000	15	Rp536.000.000
2	Bangunan dan jalan	Rp 36.978.700.000	Rp7.395.740.000	25	Rp1.183.318.400
3	Alat Utilitas	Rp 2.187.350.000	Rp437.470.000	10	Rp174.988.000
4	Transportasi	Rp 1.838.000.000	Rp367.600.000	10	Rp 147.040.000
5	Instalasi	Rp 10.710.000	Rp2.142.000	8	Rp1.071.000
6	Inventaris	Rp 99.900.000	Rp19.980.000	10	Rp7.992.000
Total					Rp 2.050.409.400

3. Pajak dan retribusi

Peraturan daerah kabupaten magelang No.5 tahun 2012 pasal 13 tentang izin mendirikan bangunan dikenakan pajak 1,75 % dari jumlah anggaran. Sehingga biaya pajak sebagai berikut

$$= 1,75 \% \times \text{biaya lahan dan bangunan}$$

$$= 1,75 \% \times \text{Rp } 36.978.700.000$$

$$= \text{Rp } 647.127.250$$

4. Biaya kesejahteraan Karyawan

- Biaya Seragam Karyawan

Fasilitas baju kerja bagi karyawan sebanyak 2 setel dalam satu tahun dengan biaya sebesar Rp 80.000/pcs

$$= 75 \text{ orang} \times (\text{Rp } 80.000 \times 2)$$

$$= \text{Rp } 12.000.000$$

- Premi Asuransi

Jumlah uang premi asuransi kepada perusahaan asuransi sebesar Rp 280.000 / bulan. Jumlah biaya yang dikeluarkan adalah:

$$= \text{Premi Asuransi/bulan} \times \text{jumlah karyawan} \times 1 \text{ tahun}$$

$$= \text{Rp } 280.000 \times 75 \times 12$$

$$= \text{Rp } 252.000.000$$

- Tunjangan Hari Raya

Berdasarkan PER.04/MEN.1994 pasal 3 ayat 2 bahwa tunjangan hari raya diberikan kepada seluruh karyawan sebesar 1 x gaji per bulan. Jumlah THR yang dikeluarkan sebesar

$$= 1 \times \text{total gaji karyawan 1 bulan}$$

$$= 1 \times \text{Rp } 282.250.000$$

$$= \text{Rp } 282.250.000$$

Total Biaya Kesejahteraan Karyawan:

$$= \text{biaya seragam} + \text{Premi asuransi} + \text{THR}$$

$$= \text{Rp } 11.200.000 + \text{Rp } 252.000.000 + \text{Rp } 282.250.000$$

$$= \text{Rp } 545.450.000$$

5. Biaya Telepon dan Internet

Biaya telepon dan internet setiap bulan sebesar Rp 600.000. biaya yang dikeluarkan dalam waktu 1 tahun sebesar:

$$= \text{Rp } 600.000 \times 12 \text{ bulan}$$

$$= \text{Rp } 7.200.000$$

6. Biaya Perawatan

Biaya perawatan pada perusahaan sebesar 1 % dari jumlah pengadaan. Sehingga biaya perawatan dapat dilihat pada tabel berikut ini

Tabel 4. 27 Biaya perawatan

No	Keterangan	Biaya
1	Mesin Produksi	Rp 10.950.000.000
2	Bangunan dan Jalan	Rp 36.978.700.000
3	Alat Utilitas	Rp 2.187.350.000
4	Transportasi	Rp 1.838.000.000
5	Instalasi	Rp 10.710.000
	Total	Rp51.964.760.000
	Biaya Perawatan	Rp519.647.600

Rekapitulasi total biaya langsung (variable cost) dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 4. 28 Rekapitulasi *Variable cost*

No	Keterangan	Biaya
1	Biaya Bahan Baku	Rp 46.612.878.000
2	Utilitas	Rp 8.162.013.802
3	Gaji Karyawan	Rp 3.387.000.000
	Total	Rp 58.161.891.802

Rekapitulasi total biaya tetap (*fixed cost*) dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 4. 29 Rekapitulasi *fixed cost*

No	Keterangan	Biaya
1	Asuransi	Rp 553.410.500
2	Depresiasi	Rp 2.050.409.400
3	Pajak dan Retribusi	Rp 647.127.250
4	Biaya Kesejahteraan Karyawan	Rp 545.450.000
5	Biaya telepon dan internet	Rp 7.200.000
6	Biaya Perawatan	Rp 519.647.600
	Total	Rp 4.323.244.750

Dari data diatas didapat total modal kerja dalam setahun

$$\begin{aligned} \text{Modal Kerja} &= \text{Total Variable cost} + \text{total fixed cost} \\ &= \text{Rp } 58.161.891.802 + \text{Rp } 4.323.244.750 \\ &= \text{Rp } 62.485.136.552 \end{aligned}$$

Sehingga total modal perusahaan adalah

$$\begin{aligned} \text{Modal Perusahaan} &= \text{Modal Tetap} + \text{Modal Kerja} \\ &= \text{Rp}52.089.660.000 + \text{Rp } 62.485.136.552 \\ &= \text{Rp } 114.574.796.552 \end{aligned}$$

4.8.4 Sumber Pembiayaan

Sumber pembiayaan perusahaan terdiri dari 40 % modal sendiri dan 60 % modal pinjaman dari bank.suku bunga bank Indonesia untuk modal kerja sebesar 8,94 % per tahun. Data Sumber pembiayaan dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 4. 30 Sumber Modal Perusahaan

No	Modal Perusahaan		Sumber Dana	
1	Modal Tetap	Rp52.089.660.000	Modal Sendiri	Rp 45.829.918.621
2	Modal Kerja	Rp 62.485.136.552	Pinjaman Bank	Rp 68.744.877.931
	Total	Rp 114.574.796.552	Total	Rp 114.499.556.552

Jumlah Pinjaman (p) adalah = Rp 68.744.877.931

Dalam membayar pinjaman kepada bank perusahaan menggunakan konsep ekuivalen denegan dengan pembayaran setiap akhir tahun dengan jumlah yang sama. Untuk menentukan nilai akhir tahun yang sama dapat dilakukan dengan formula berikut ini

$$A = P \left[\frac{i(1+i)^m}{(1+i)^m - 1} \right]$$

Diketahui :

Jumlah Pinjaman (P) = Rp 68.744.877.931

Suku Bunga (i) = 8,94 %

Lama Angsuran = 10 tahun

Maka nilai tahunan (A) adalah

$$A = P \left[\frac{i(1+i)^m}{(1+i)^m - 1} \right]$$

$$= \text{Rp } 68.744.877.931 \left[\frac{8,94\%(1+8,94\%)^{10}}{(1+8,94)^{10} - 1} \right]$$

$$= \text{Rp } 10.683.560.076$$

Tabel 4. 31 Rekapitulasi pembayaran saldo pinjaman bank

Tahun ke	Bunga		Besaran Angsuran	Saldo pinjaman
	Pokok	Bunga		
0				Rp 68.744.877.931
1	Rp4.537.767.989	Rp6.145.792.087	Rp10.683.560.076	Rp64.207.109.942
2	Rp4.943.444.447	Rp5.740.115.629	Rp10.683.560.076	Rp59.263.665.495
3	Rp5.385.388.381	Rp5.298.171.695	Rp10.683.560.076	Rp53.878.277.115
4	Rp5.866.842.102	Rp4.816.717.974	Rp10.683.560.076	Rp48.011.435.013
5	Rp6.391.337.786	Rp4.292.222.290	Rp10.683.560.076	Rp41.620.097.227
6	Rp6.962.723.384	Rp3.720.836.692	Rp10.683.560.076	Rp34.657.373.843
7	Rp7.585.190.854	Rp3.098.369.222	Rp10.683.560.076	Rp27.072.182.989
8	Rp8.263.306.917	Rp2.420.253.159	Rp10.683.560.076	Rp18.808.876.072
9	Rp9.002.046.555	Rp1.681.513.521	Rp10.683.560.076	Rp9.806.829.517
10	Rp9.806.829.517	Rp876.730.559	Rp10.683.560.076	Rp 0

4.8.5 Harga Jual

Keuntungan = 25 %

Kapasitas Produksi = 99.400

$$\begin{aligned}\text{Variable cost} &= \frac{\text{Variable cost}}{\text{Kapasitas Produksi per tahun}} \\ &= \frac{\text{Rp } 58.161.891.802}{99.400}\end{aligned}$$

$$= \text{Rp } 585.130$$

$$\begin{aligned}\text{Fixed cost} &= \frac{\text{Fixed Cost per tahun}}{\text{Kapasitas Produksi per tahun}} \\ &= \frac{\text{Rp } 4.323.244.750}{99.400}\end{aligned}$$

$$= \text{Rp } 43.493$$

Harga Pokok/lembar = Variable cost + Fixed Cost

$$= \text{Rp } 585.130 + \text{Rp } 43.493$$

$$= \text{Rp } 628.623$$

Keuntungan /lembar = 25% x harga pokok per lembar

$$= 25\% \times \text{Rp } 628.623$$

$$= \text{Rp } 157.156$$

Harga pokok/lembar = harga produk per lembar + keuntungan

$$= \text{Rp } 628.623 + \text{Rp } 157.156$$

$$= \text{Rp } 785.779$$

Pajak Penjualan = 10 % x Harga pokok/lembar

$$= 10\% \times \text{Rp } 785.779$$

$$= \text{Rp } 78.578$$

$$\begin{aligned}
\text{Harga jual} &= \text{Harga Pokok per Lembar} + \text{Pajak Penjualan} \\
&= \text{Rp } 785.779 + \text{Rp } 78.578 \\
&= \text{Rp } 864.357 \\
&= \text{Rp } 865.000
\end{aligned}$$

4.8.6 Biaya Umum (*general Expense*)

Biaya umum meliputi biaya administrasi, *sales expenses*, penelitian dan *finance*.

Besarnya biaya umum (*general expenses*) sebagai berikut:

1. Administrasi
 - = 3% x harga jual
 - = 3% x Rp 852.500
 - = Rp 25.575
2. Biaya Penjualan
 - = 3% x harga jual
 - = 3% x Rp 852.500
 - = Rp 25.575
3. *Research & development*
 - = 4% x harga jual
 - = 4% x Rp 852.500
 - = Rp 34.100
4. *Finance*
 - = (15% x Modal Kerja) + (12% x *Fixed cost*)
 - = (15% x Rp 62.485.136.552) + (12% x Rp 4.323.244.750)
 - = Rp 9.372.770.483 + Rp 518.789.370
 - = Rp 9.891.559.853

Sehingga,

Total biaya general expense = Rp 9.891.645.103

4.8.7 Analisa Keuntungan

Keuntungan yang diperoleh dalam satu tahun :

Produksi dalam satu tahun = 99.400 lembar

Harga Jual/lembar = Rp 865.000

Hasil penjualan per tahun = produksi per tahun X harga jual

= 99.400 x Rp 860.000

= Rp 85.981.000.000

Keuntungan sebelum pajak = hasil penjualan – modal kerja

= Rp 85.981.000.000 - Rp 62.485.136.552

= Rp 23.495.863.448

Keuntungan setelah dikurangi pajak 10%

= keuntungan sebelum pajak – (10% x keuntungan sebelum pajak)

= Rp 23.998.863.448 – Rp 2.349.586.345

= Rp 21.146.277.103

Pengeluaran zakat sebesar 2,5 % = 2,5% x Rp 21.146.277.103

=Rp 528.656.928

Keuntungan bersih = Rp 20.698.977.103 - Rp 528.656.928

= Rp 20.617.620.176

4.8.8 Analisa Kelayakan

Analisa kelayakan merupakan evaluasi ekonomi untuk pengambilan keputusan apakah perusahaan layak dijalankan atau tidak dijalankan. Analisa kelayakan meliputi *Return on Investment (ROI)*, *Play Out Time (POT)*, *Break Event Point (BEP)*, dan *Shut Down Point (SDP)*

4.8.8.1 Return On Investment (ROI)

Return On Investment merupakan perkiraan keuntungan yang dapat diperoleh per tahun berdasarkan pada kecepatan pengembalian modal tetap yang diinvestasikan (Peters, Timmerhaus, & West, 2002)

$$\begin{aligned}\%ROI &= \frac{\text{keuntungan bersih per tahun}}{\text{modal tetap} + \text{modal kerja}} \times 100\% \\ &= \frac{\text{Rp } 20.617.620.176}{\text{Rp } 52.089.660.000 + \text{Rp } 62.485.136.552} \times 100\% \\ &= 17,99 \%\end{aligned}$$

4.8.8.2 Pay Out Time (POT)

Pay out time merupakan waktu minimum teoritis yang dibutuhkan untuk pengembalian modal tetap yang diinvestasikan atas dasar keuntungan setiap tahun setelah ditambah dengan penyusutan dan dihitung dengan menggunakan metode linear (Peters, Timmerhaus, & West, 2002)

$$\begin{aligned}\text{POT} &= \frac{\text{Modal Tetap} + \text{Modal Kerja}}{\text{Keuntungan Bersih}} \\ &= \frac{\text{Rp } 52.089.660.000 + \text{Rp } 62.485.136.552}{\text{Rp } 20.617.620.176} \\ &= 5,56 \\ &= 5,6 \text{ tahun}\end{aligned}$$

4.8.8.3 Break Even Point (BEP)

Break even point adalah titik yang menunjukkan jumlah biaya produksi sama dengan jumlah pendapatan. Jika pabrik dioperasikan dengan kapasitas dibawah titik BEP, maka pabrik akan mengalami kerugian. Sebaliknya, jika pabrik dioperasikan dengan kapasitas diatas titik BEP maka pabrik akan memperoleh keuntungan.

$$\% \text{BEP} = \frac{Fa + 0,3Ra}{Sa - Va - 0,7Ra} \times 100$$

Keterangan :

Fa = *Fixed Annual*

Ra = *Relugated Annual*

Va = *Variable Annual*

Sa = *Sales Annual*

Diketahui,

Tabel 4. 32 Rekapitulasi Biaya *Fixed annual*

Keterangan	Jumlah
Depresiasi	Rp 2.318.409.400
Pajak Retribusi	Rp 647.127.250
Asuransi	Rp 553.410.500
Total	Rp 3.518.947.150

Tabel 4. 33 Rekapitulasi biaya *relugated annual*

Keterangan	Jumlah
<i>General Expense</i>	Rp 9.891.645.103
Biaya Perawatan	Rp 519.647.600
Total	Rp 10.411.292.703

Variable annual = modal kerja
 = Rp 62.485.136.552

Sales Annual = kapasitas Produk x harga jual
 = 99.400 lembar x Rp 865.000
 = Rp 85.981.000.000

Sehingga besar %BEP dapat dihitung sebagai berikut

$$\begin{aligned} \%BEP &= \frac{Fa+0,3Ra}{Sa-Va-0,7Ra} \times 100 \\ &= \frac{Rp\ 3.518.947.150 + 0,3(Rp\ 10.411.292.703)}{Rp\ 85.981.000.000 - Rp\ 62.485.136.552 - 0,7(Rp\ 10.411.292.703)} \times 100 \\ &= 40,98\ \% \end{aligned}$$

Banyaknya produk saat mencapai BEP adalah

$$\begin{aligned} &= \% BEP \times Kapasitas produksi \\ &= 40,98\ \% \times 99.400\ lembar \\ &= 40.736\ lembar \end{aligned}$$

Harga jual pada saat bep adalah

$$= \text{jumlah produksi saat BEP} \times \text{harga Jual}$$

$$= 40.736 \times \text{Rp } 865.000$$

$$= \text{Rp } 35.236.677.111$$

4.8.8.4 Shut Down Point (SDP)

Shut down point adalah suatu keadaan dimana menutup pabrik lebih menguntungkan daripada mengoperasikannya. Shut down point dapat dihitung menggunakan formula sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \%SDP &= \frac{0,3 Ra}{Sa - Va - 0,7 Ra} \times 100\% \\ &= \frac{0,3 (\text{Rp } 10.411.292.703)}{\text{Rp } 85.981.000.000 - \text{Rp } 62.485.136.552 - 0,7(\text{Rp } 10.411.292.703)} 100\% \\ &= 19,3\% \end{aligned}$$

Kapasitas produksi pada saat SDP adalah:

$$= \%SDP \times \text{Kapasitas Produksi}$$

$$= 19,3\% \times 99.400 \text{ lembar}$$

$$= 19.184$$

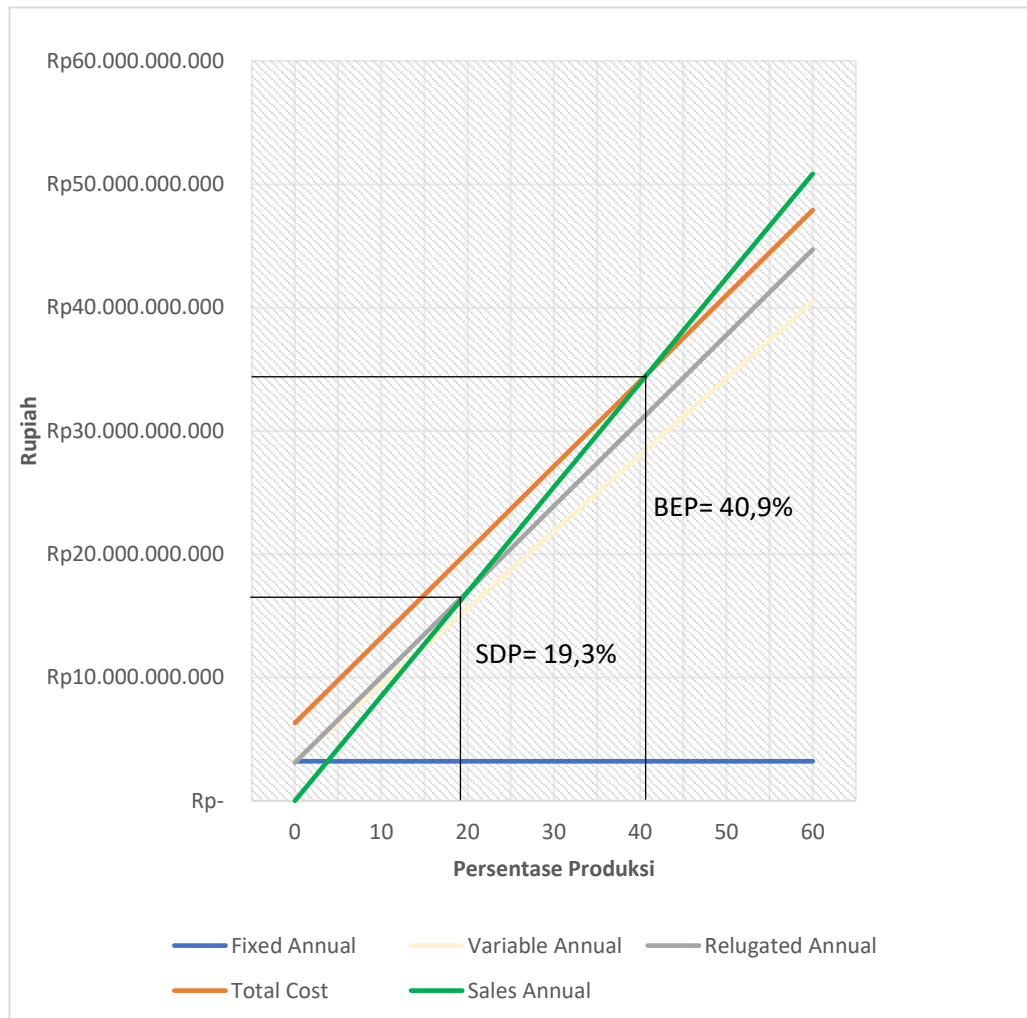
Penjualan pada saat SDP adalah:

$$= \text{Jumlah Produksi pada saat SDP} \times \text{harga jual}$$

$$= 19.184 \text{ lembar} \times \text{Rp } 865.000$$

$$= \text{Rp } 16.498.412.000$$

Analisa kelayakan Pabrik aluminium composite panel dapat dilihat pada grafik dibawah ini:



Gambar 4. 9 Grafik analisa ekonomi pabrik aluminium composite panel

الجمهورية الإسلامية الباندونانية

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan Analisa dalam Perancangan pabrik komposit untuk produksi Aluminium Composite Panel dengan Kapasitas 99.400 lembar/tahun terdapat beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Rencana pembangunan pabrik berada di jalan magelang- jogja dimana terdapat wacana pembangunan jalan tol yang dapat mempermudah jalur distribusi bahan baku dan produk jadi menjadikan lokasi tersebut cocok untuk didirikan pabrik
2. Bahan baku yang digunakan dalam pembuatan Aluminium Composite Panel yang terdiri dari inti yang berupa LDPE dicampur dengan Aluminium Trihidrat ($Al(OH)_3$) sebagai *flame retardant* dengan lapisan PVDF yang tahan terhadap api sehingga aman untuk digunakan sebagai pelapis dinding bangunan.
3. Produk Aluminium Composite Panel dijual dengan harga Rp 865.000 / lembar dengan harga jual Aluminium Composite Panel dipasaran dengan lapisan pvdf memiliki kisaran harga Rp 800.000 -Rp 1.500.000 / lembar sehingga produk dapat bersaing dengan produk lainnya.

Hasil Analisa ekonomi pabrik Aluminium Composite Panel :

1. Modal investasi yang dibutuhkan untuk mendirikan pabrik sebesar Rp 20.872.780.000,00 dan modal kerja dalam 1 tahun sebesar Rp 62.485.136.552,00 , sehingga modal yang harus disiapkan dalam mendirikan pabrik sebesar Rp 114.574.796.552,00.

2. Keuntungan bersih perusahaan dalam satu tahun sebesar Rp 20.617.620.176,00 dengan lama waktu pengembalian modal investasi (*pay Out Time*) selama 5 tahun 7 bulan.
3. Nilai transaksi penjualan dalam satu tahun sebesar Rp 85.981.000.000,00 dengan harga jual per lembar Aluminium Composite Panel sebesar Rp 860.000,00. Dengan Analisa sebagai berikut
 - Persentase BEP sebesar 40,9 % dengan harga jual saat mencapai BEP Rp 35.236.677.111
 - Persentase SDP sebesar 19,3% dan penjualan pada saat SDP sebesar Rp 16.498.412.000,00.
 - Persentase ROI sebesar 17,9 %
4. Dari hasil Analisa kelayakan, maka pabrik Aluminium Composite Panel ini dapat dinyatakan layak untuk didirikan karena sudah memenuhi standar kelayakan yang ditetapkan yaitu
 - *Break Event Point* (BEP) dengan syarat 40-60%
 - *Shut Down Point* (SDP) dengan syarat > 10%
 - *Return Of Investement* (ROI) dengan syarat minimal 5%

5.2 Saran

Berikut saran yang diajukan oleh penulis sebagai bahan pertimbangan para pembaca baik dari mahasiswa maupun kalangan umum yang tertarik dengan perancangan pabrik komposit ini agar dapat dijadikan bahan referensi:

1. Masih sedikitnya produk komposit yang diproduksi sendiri di Indonesia dapat dijadikan peluang untuk mengurangi tingkat impor dan memajukan perekonomian bangsa.
2. Semakin banyaknya penelitian tentang polimer dengan berbagai sifat yang dihasilkan dapat mempermudah pengembangan produk komposit sehingga dapat menambah nilai jual produk.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahyari, A. (1992). *Manajemen Produksi : Perencanaan Sistem Produksi*. Yogyakarta: BPFE.
- Alumax. (2021, 11). *Alumax Composite Panel Production Line*. Retrieved 11 1, 2021, from Alumaxcp.com: http://www.alumaxcp.com/pro_aluminum_composite_panel_production_line.htm
- Apsari, A., & Putri, S. A. (2018). *Pra Rancangan Pabrik Wood Plastic Composite Papan Deck Dengan Kapasitas 25.260 Lembar/Tahun*. Yogyakarta: Jurusan Teknik Kimia. Universitas Islam Indonesia.
- Aries, R. S., & Newton, R. D. (1995). *Chemical Engineering Cost Estimation*. New York: McGraw-Hill Book Company.
- Ariyanto, A. S. (2020). *Analisis Jenis Kerusakan Pada Bangunan Gedung Bertingkat (Studi Kasus pada Gedung Apartemen dan Hotel Candiland Semarang)*. Semarang: Jurusan Teknik Sipil. Politeknik Negeri Semarang.
- ASM International Handbook. (2001). *Composite* (Vol. 21).
- Assauri, S. (2008). *Manajemen Produksi dan Operasi (edisi revisi)*. Jakarta: LPFE.
- Badan Pusat Statistika, (. (2021, Oktober 3). *Expor-Import*. Retrieved 10 3, 2021, from Badan Pusat Statistika: <https://www.bps.go.id/exim/>
- Badudu, J. (1994). *Kamus Umum Bahasa Indonesia*. Jakarta: Pustaka Sinar Harapan.
- Ching Yern Chee, N. S. (2012). Characterization of Mechanical Properties: Low-Density Polyethylene Nanocomposite Using Nanoalumina Particle as Filler. *Journal of Nanomaterial*, vol. 2012, 6.
- Darni, Y., Chici, A., & Ismiyati, S. D. (2008). Sintesa Bioplastik dari Pati Pisang dan Gelatin dengan Plasticizer Gliserol. *Dalam Seminar Nasional Sains dan Teknologi II*.
- Deni, R. (2021, Februari 10). *Tribunnews*. Retrieved maret 20, 2021, from Tribunnews.com: <https://www.tribunnews.com/nasional/2021/02/10/buka-munas-ke-vi-apersi-wapres-paparkan-program-1-juta-rumah-dan-tantangannya-di-masa-pandemi>
- Gao, H., Hu, S., Han, H., & Zhang, J. (2011). Effect of Different Metallic Hydroxides on Flame-Retardant Properties of Low Density Polyethylene/ Melamine polyphosphate/ Starch Composites. *Applied Polymer Science*, 122, 3263-3269.
- Gibson, R. F. (1994). *Principles of Composite Material Mechanics*. CRC Press.

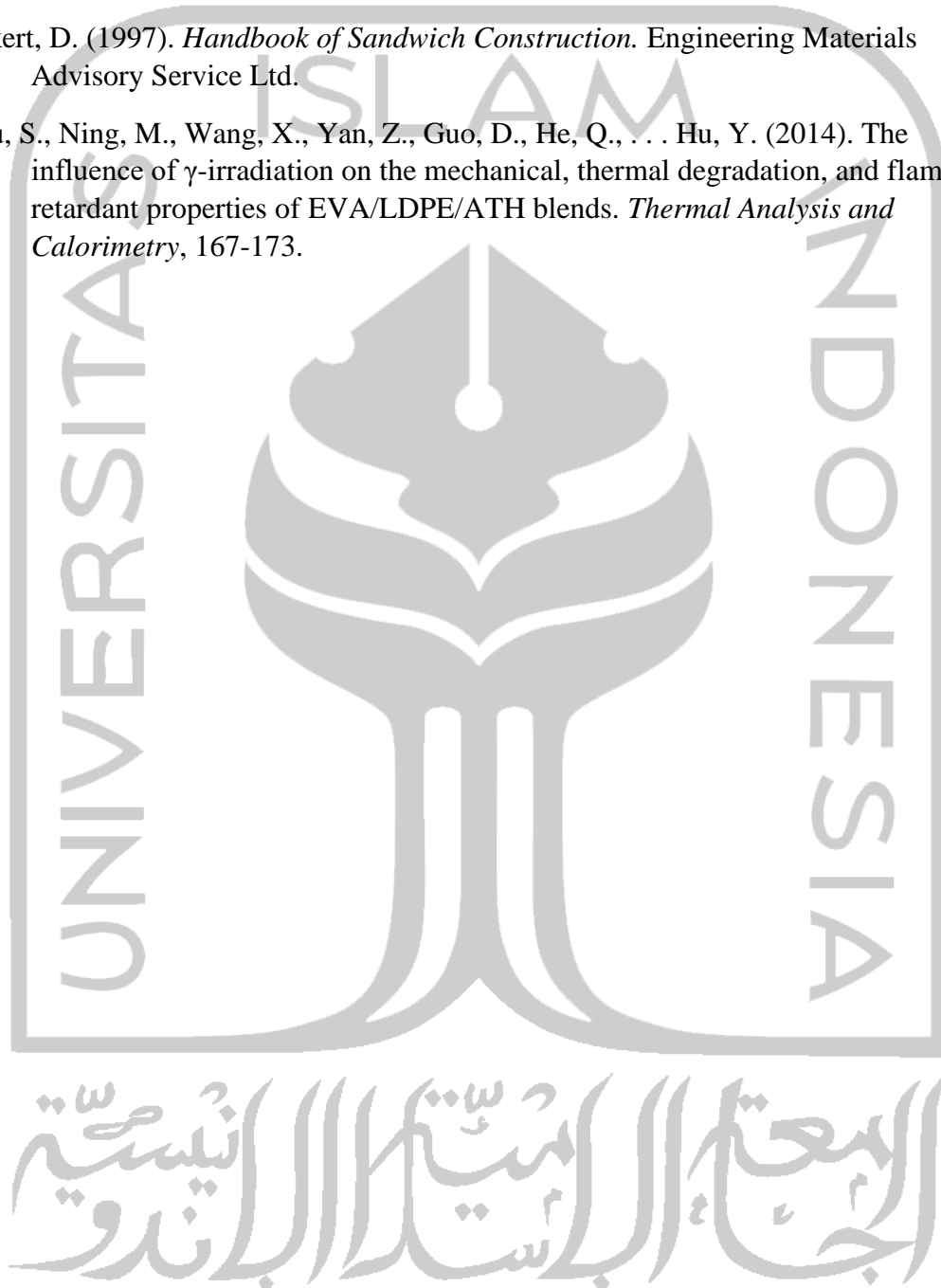
- Handayani, S. (1994). *Pengantar Studi Ilmu Administrasi dan Manajemen*. Jakarta.
- Indevco. (2021, January 1). *Indevco*. Retrieved from Indevcogroup: <https://www.indevcogroup.com/products/building-and-construction/construction-films/pe-adhesive-film-for-aluminium-composite-panel>
- Jones, R. M. (1999). *Mechanics of Composite Materials*. New York: Taylor & Francis Group.
- Karyadi, D. (1997). *Tinjauan Tentang Polietilena (PE)*. Jakarta: Balai Besar Industri Kimia.
- Liu, Z., Wu, C., Liu, X., Chen, X., Xiang, Y., & Shao, H. (2019). Flammability and mechanical properties of EVA/LDPE blended with MSH whiskers and ATH. *Materials Research Express*, 6, 9.
- Mehta, P. (1986). *Concrete. Structure, Properties and Materials*. United States.
- Mikell, P. G. (1996). *Fundamentals Modern Manufacturing*. New Jersey: Prentice-Hall.
- Omnexus. (2021, 11 4). *Omnexus*. Retrieved 11 4, 2021, from The Material Selection Platform: <https://omnexus.specialchem.com/selection-guide/polyvinylidene-fluoride-pvdf-plastic>
- Peters, M. S., Timmerhaus, K. D., & West, R. E. (2002). *Plant design and economical engineers (5th ed.)*. McGraw-Hill Professional.
- Pramono, A. (1989). *Komposit Sebagai Trend Teknologi Masa Depan*. Banten: Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
- Prasad, A. (1999). *Polymer Data Handbook: Polyethylene, Low-Density*. Cincinnati: Oxford University Press.
- R.E. Smallman, R. B. (2000). *Metalurgi Fisik Modern dan Rekayasa Material*. Jakarta: Erlangga.
- Schwartz, M. (1984). *Composite Materials Handbook*. New York.
- Subagyo, P. (2000). *Manajemen Operasi*. Yogyakarta: BPF.
- Tangoro, D. (1999). *Utilitas bangunan*.
- Tata Surdia, S. S. (1992). *Pengetahuan Bahan Teknik*. Jakarta: P.T. Pradyna Paramitha.
- Valdes, S. S., Vargas, E. R., Gonzalez, J. A., Calderón, J. A., Valle, L. F., Parra, J. D., . . . Guerrero, R. S. (2020). Organopalygorskite and Molybdenum Sulfide Combinations to Produce Mechanical and Processing Enhanced Flame-Retardant PE/EVA Blend Composites with Low Magnesium Hydroxide Loading. *Vinyl and Additive Technology*, 26(4), 43.
- Vlack, L. H. (2004). *Elemen-Elemen Ilmu dan Rekayasa Material*. Jakarta: Erlangga.

Wignjosoebroto, S. (2006). *Pengantar Teknik & Manajemen Industri*. Surabaya: Guna Widya.

Yuniari, A., & Kasmudjiastuti, E. (2012). Spektroskopi FTIR dan Sifat Mekanik Nanokomposit Grafting HDPE dan Nanoprecipitated Calcium Carbonate (NPCC). 28.

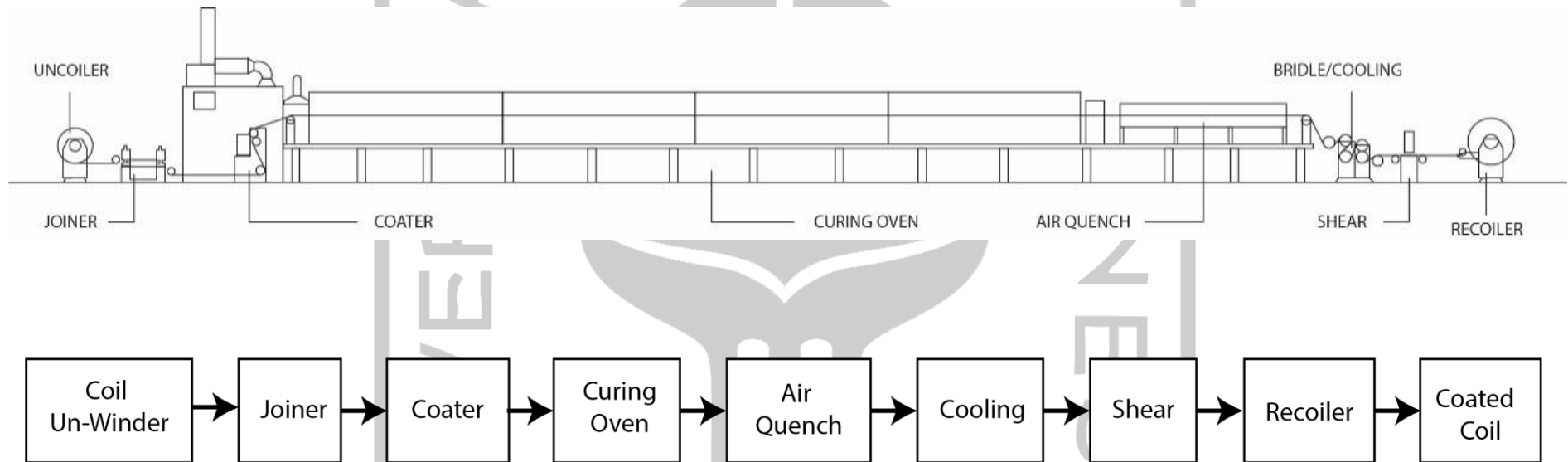
Zenkert, D. (1997). *Handbook of Sandwich Construction*. Engineering Materials Advisory Service Ltd.

Zhou, S., Ning, M., Wang, X., Yan, Z., Guo, D., He, Q., . . . Hu, Y. (2014). The influence of γ -irradiation on the mechanical, thermal degradation, and flame retardant properties of EVA/LDPE/ATH blends. *Thermal Analysis and Calorimetry*, 167-173.



Lampiran

Gambar Alur proses Produksi Aluminium Coating



Gambar Alur Proses Produksi Aluminium composite panel

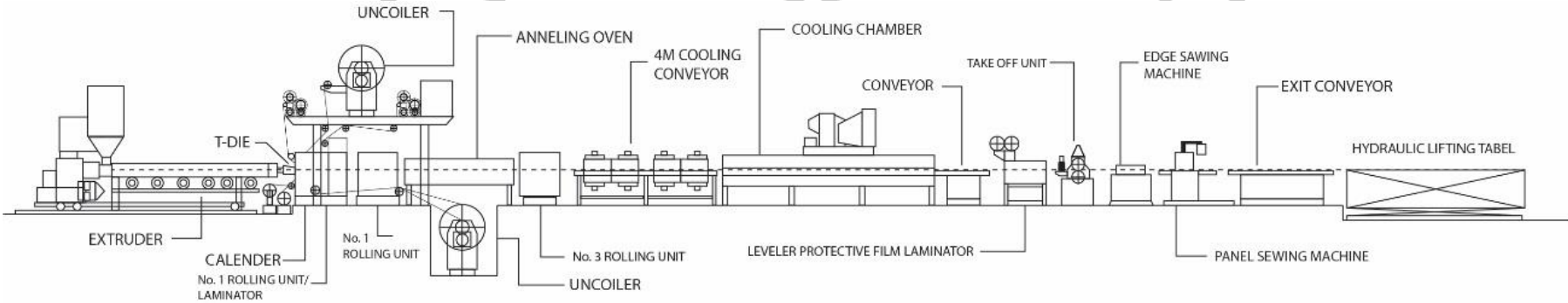


Diagram alir Aluminium coating

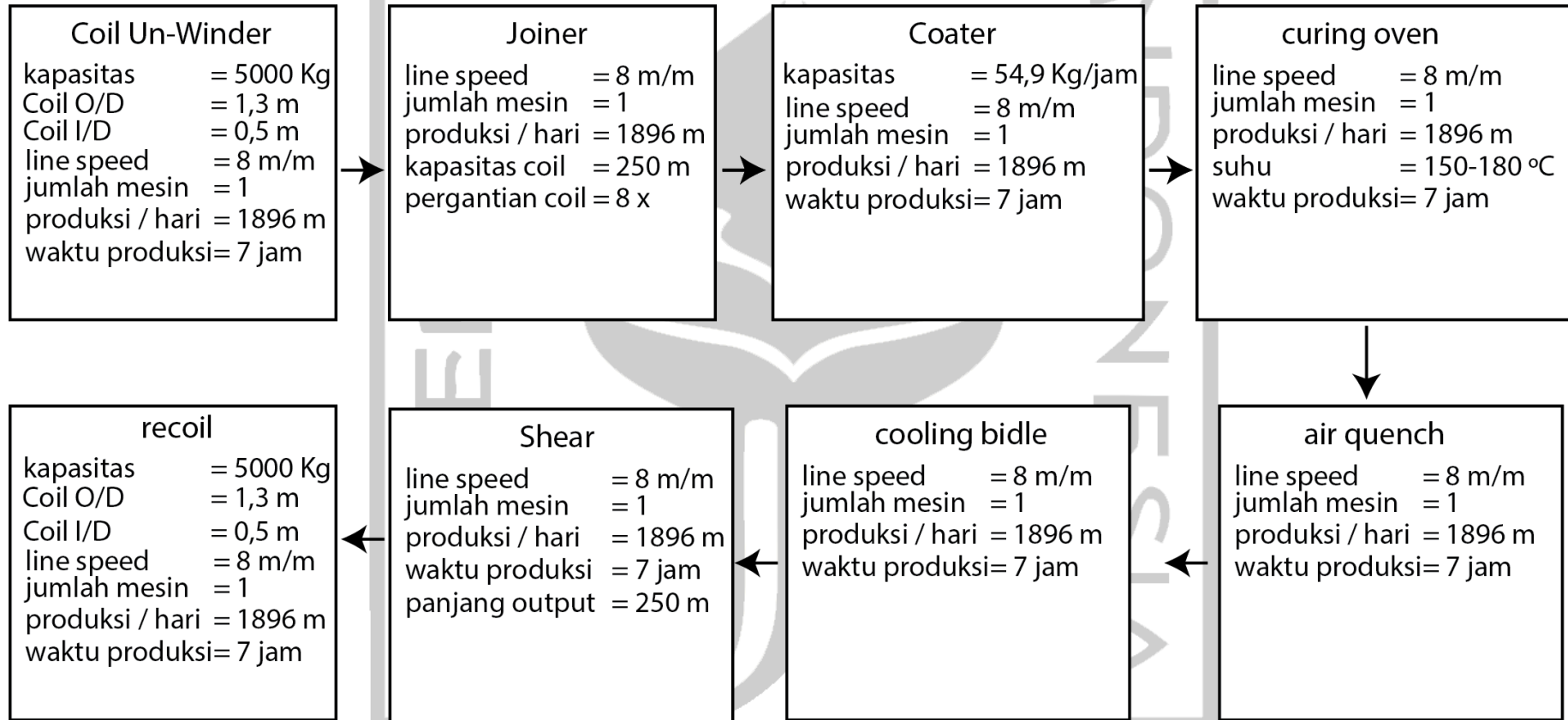
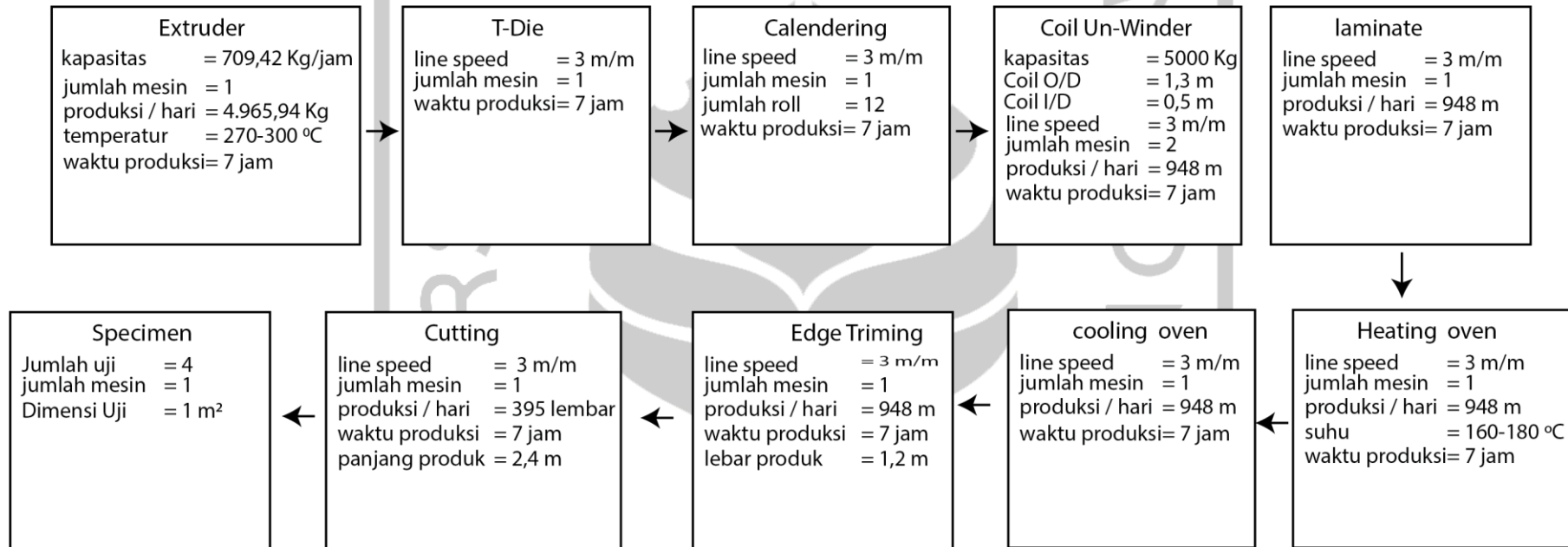


Diagram alir Aluminium composite panel



Peta Lokasi Pabrik

