

TUGAS AKHIR
PENGARUH FORMULASI PEREKAT
TERHADAP KUAT REKAT FILM PET DAN VMPET
MENGGUNAKAN MESIN *DRY* LAMINASI
DI PT LUMINA PACKAGING



KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN RI
BADAN PENGEMBANGAN SUMBER DAYA MANUSIA INDUSTRI
POLITEKNIK ATK YOGYAKARTA

2022

HALAMAN PENGESAHAN
PENGARUH FORMULASI PEREKAT TERHADAP KUAT REKAT FILM
PET DAN VMPET MENGGUNAKAN MESIN DRY LAMINASI
DI PT LUMINA PACKAGING

Disusun oleh :
LINA NURIZ ZAKIYAH
NIM. 1903057

Program Studi Teknologi Pengolahan Karet dan Plastik

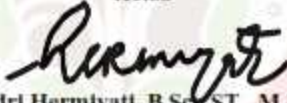
Dosen Pembimbing Tugas Akhir



Muh Wahyu Syabanl, ST., M.Eng
NIP. 19820606 200804 1003

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji Tugas Akhir dan dinyatakan
memenuhi salah satu syarat yang diperlukan untuk mendapatkan
Derajat Ahli Madya Diploma III (D3) Politeknik ATK Yogyakarta
Tanggal 20 Juli 2022

TIM PENGUJI
Ketua



Indri Hermiyati, B.Sc., ST., M.Pd
NIP. 19600317 198703 2002

Anggota



Ir. Iswahyuni, MSCE
NIP. 19580912 198703 2001



Muh Wahyu Syabanl, ST., M.Eng
NIP. 19820606 200804 1003

Yogyakarta, 29 Juli 2022
Direktur Politeknik ATK Yogyakarta



Drs. Sugiyanto, S.Sn., M.Sn
NIP. 19600101 199403 1008

KATA PENGANTAR

Puji Syukur kepada Allah SWT atas segala rahmat dan kuasanya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan Tugas Akhir untuk memenuhi persyaratan kelulusan serta gelar Ahli Madya Diploma III (DIII) program studi Teknologi Pengolahan Karet dan Plastik (TPKP) Politeknik ATK Yogyakarta.

Disampaikan terima kasih atas bantuan banyak pihak terkait dalam terselesaikannya penulisan Tugas Akhir ini kepada :

1. Drs. Sugiyanto, S.Sn., M.Sn. selaku Direktur Politeknik ATK Yogyakarta.
2. Dr. R.L.M. Satrio Ari Wibowo, S.Pt., M.P., IPU, ASEAN Eng selaku Pembantu Direktur I Politeknik ATK Yogyakarta.
3. Wisnu Pambudi, S.Si., M.Sc selaku Kepala Program Studi Teknologi Pengolahan Karet dan Plastik Politeknik ATK Yogyakarta.
4. Muh Wahyu Syabani, ST., M.Eng selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir dan Dosen Pembimbing Akademik.
5. Hendra S. Goenawan selaku Kepala Bagian HRGA dan Estika Maria Marbun selaku Manager PPIC PT Lumina Packaging.
6. Pihak-pihak lain yang turut serta membantu penyusunan Tugas Akhir ini.

Kritik dan saran terkait dengan perbaikan Tugas Akhir sangat dinantikan untuk membangun tugas akhir ini menjadi lebih baik, semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca.

Yogyakarta, 14 Juli 2022

Lina Nuriz Zakiyah

PERSEMBAHAN

Puji syukur atas segala nikmat, karunia Allah SWT dalam segala perlindungan, pertolongan dan kuasanya dalam menyelesaikan Tugas Akhir. Tugas Akhir ini saya persembahkan kepada :

1. Lina Nuriz Zakiyah alias diri saya sendiri yang telah berjuang mengupayakan yang terbaik dengan seluruh tenaga, terima kasih sudah begitu kuat hingga sejauh ini
2. Kedua orang tua saya, Bapak Romadhon Agus Suroso dan Ibu Lilik Rumiati terima kasih banyak atas segala perjuangan, upaya dan doa.
3. Bapak Muh Wahyu Syabani, ST., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan motivasi, arahan dan bimbingan.
4. Bapak Djupri, Ibu Supriyati, Ibu Hj. Kasiyatun serta Alm. Bapak Abdul Hamid Purnomo. Kakek nenek yang doa dan upayanya tak pernah putus
5. Adikku Syania Chairani dan Maulana Atharazka yang menjadi motivasi kakak untuk mengupayakan yang terbaik. Juga Mbak dan Mas.
6. Ibu Estika Maria selaku manager PPIC, Staf PPIC Departement, Staf QC, Staff HRGA, Staf Admin serta seluruh keluarga PT Lumina Packaging, Terima Kasih atas segala bantuan, kesempatan dan pelajarannya.
7. Teman-temanku Tulkiyem, Cici, Elen, Arum dan TPKP Angkatan 2019
8. Seluruh pihak yang terlibat dalam proses perkuliahan hingga terselesaikannya tugas akhir ini. Terima Kasih atas segala dukungan, ilmu dan setiap pelajaran berharga

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	iii
PERSEMBAHAN	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
INTISARI	x
ABSTRACT	xi
BAB I PENDAHULUAN	12
A. Latar Belakang	12
B. Rumusan Masalah	15
C. Tujuan	15
D. Manfaat	16
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
A. Plastik	6
B. Proses Laminasi	10
C. Perekat	11
D. Pengujian Kuat Rekat (<i>Bonding</i>)	19
E. Teori Pencampuran Menggunakan Tangki Berpengaduk	21
BAB III MATERI DAN METODE	21
A. Metode Pelaksanaan Tugas Akhir	21
B. Lokasi dan Waktu Pelaksanaan Magang	23
C. Materi Pelaksanaan Tugas Akhir	23
D. Tahapan Proses	28
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	32
A. Data Produksi Selama Magang	32
B. Pengaruh formulasi perekat terhadap kuat rekat	35
C. Pengaruh volume pemrosesan perekat terhadap kuat rekat	43
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	49
A. Kesimpulan	49
B. Saran	49

DAFTAR PUSTAKA	50
LAMPIRAN	57



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Struktur ikatan silang (a) Termoplastik (b) Termoset (c) Elastomer	7
Gambar 2. Struktur Polietilen Terftalat (PET)	8
Gambar 3. Tahapan laminasi menggunakan mesin <i>dry</i> laminasi.....	10
Gambar 4. Beberapa kemungkinan struktur molekul dalam resin.....	13
Gambar 5. Mesin <i>tensile tester</i>	20
Gambar 6. Mesin <i>Dry</i> Laminasi.....	25
Gambar 7. Zahn Cup.....	26
Gambar 8. Tangki Pengaduk (a) Kondisi di Perusahaan (b) Ilustrasi Pengadukan27	
Gambar 9. Diagram alir proses perekatan film PET dan VMPET serta pemeriksaan	30
Gambar 10. Tahapan Proses Tugas Akhir	31
Gambar 11. Grafik Presentase Total <i>Waste</i> (%) Terhadap Hasil Produksi (%).....	34
Gambar 12. Grafik rata-rata hasil uji kuat rekat (N/15mm).....	37
Gambar 13. Reaksi perpanjangan rantai dan reaksi percabangan sekunder PET dengan di-isosianat (Raffa <i>et al.</i> , 2012).....	39
Gambar 14. Proporsi jumlah <i>waste</i> rata-rata (%).....	39
Gambar 15. (a) kegagalan perekat (b) kegagalan kohesif pada lapisan perekat (c) kegagalan kohesif untuk menempel pada permukaan perekat (Al Kawaz, 2022). 40	
Gambar 16. Ilustrasi proses Corona Treatment (McKell, 2019).....	42
Gambar 17. Grafik hasil uji kuat rekat rata-rata (N/15mm) volume A dan B	45
Gambar 18. Ilustrasi <i>bubble</i> yang terjebak dalam substrat (Wahab <i>et al.</i> , 2009) ...	47

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Jenis plastik dan contohnya	7
Tabel 2. Karakteristik perekat berdasarkan bentuk.....	18
Tabel 3. Standar produk hasil laminasi lapisan pertama PET danVMPET	29
Tabel 4. Hasil laminasi PET dan VMPET lapisan pertama bulan Februari 2022 .	33
Tabel 5. Formulasi perekat 1 (% Berat)	35
Tabel 6. Formulasi perekat 2 (% Berat)	36
Tabel 7. Penggunaan perekat (kg) untuk formulasi 2.....	43
Tabel 8. Ketentuan tingkat <i>Solid Content (%)</i> , tingkat viskositas dan <i>speed</i> mesin (rpm) pada laminasi PET dan VMPET	44
Tabel 9. Total <i>waste bubble</i> formulasi 2.....	46



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Sertifikat Magang	57
Lampiran 2. Blanko Konsultasi Tugas Akhir	58
Lampiran 3. Lembar Kerja Harian Magan.....	59



INTISARI

Penentuan formulasi perekat merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kuat rekat laminasi material PET dan VMPET. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui formulasi perekat yang sesuai serta pengaruh formulasi perekat terhadap kuat rekat lapisan PET dan VMPET ditinjau dari hasil uji kuat rekat. Proses laminasi dilakukan dengan mesin dry laminasi sedangkan pengujian kuat rekat dilakukan menggunakan tensile tester yang mengacu pada ASTM F904. Variasi yang digunakan adalah jenis dan proporsi dari pengeras, pengencer, perekat berbasis poliuretan dan isosianat aromatik. Hasil penelitian ini menghasilkan waste berupa bubble dan start awal produksi sebanyak 3% dari hasil produksi keseluruhan. Pengujian kuat rekat rata-rata pada formulasi perekat berbasis poliuretan menunjukkan hasil yang cenderung lebih rendah yakni 1,98 N/15mm dan 2,43 N/15mm pada perekat berbasis isosianat aromatik. Hasil penelitian ini menunjukkan formulasi perekat yang sesuai untuk laminasi PET dan VMPET adalah formulasi perekat berbasis isosianat aromatik dengan hasil uji kuat rekat yang cenderung lebih tinggi.

Kata Kunci : formulasi perekat, kuat rekat, poliuretan, isosianat aromatik

ABSTRACT

Determining the adhesive formulation is one of the factors that affect the adhesive strength of PET and VMPET laminates. This study aims to determine the appropriate adhesive formulation and the effect of the adhesive formulation on the adhesion of PET and VMPET layers in terms of the results of the strong adhesion test. The lamination process is carried out using a dry lamination machine while the adhesive strength test is carried out using a tensile tester which refers to ASTM F904. Variations used are the type and proportion of hardening, diluent, polyurethane-based adhesives and aromatic isocyanates. The results of this study produce waste in the form of bubbles and the initial start of production as much as 3% of the overall production. The average adhesive strength test on polyurethane-based adhesive formulations showed results that tended to be lower, namely 1.98 N/15mm and 2.43 N/15mm on aromatic isocyanate-based adhesives. The results of this study indicate that the adhesive formulation suitable for PET and VMPET lamination is an aromatic isocyanate-based adhesive formulation with higher adhesive strength test results.

Keywords: *adhesive formulation, bonding strength, polyurethane, isocyanate aromatic*

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Industri kemasan plastik dinilai memiliki potensi besar serta mengalami pertumbuhan cukup tinggi sehingga dapat menjadi rantai pasok penting bagi sektor industri strategis. Kemenperin (2017) menyatakan jika sektor industri kemasan plastik dapat menyerap tenaga kerja sebanyak 37.327 orang dengan total produksi sebesar 4,68 juta ton pada 925 perusahaan yang memproduksi berbagai macam produk plastik. Hal tersebut memberikan tantangan bagi perusahaan untuk terus berinovasi, dan menciptakan terobosan untuk menghasilkan produk kemasan plastik yang memiliki kualitas, keamanan hingga daya tahan yang baik.

PT. Lumina Packaging merupakan perusahaan yang bergerak pada bidang kemasan plastik berkualitas yang didukung oleh mesin-mesin dengan teknologi terbaru, sumber daya manusia berpengalaman dan kompeten pada bidang kemasan plastik. Perusahaan ini memproduksi berbagai artikel kemasan seperti kemasan makanan, minuman, cairan kimia hingga kemasan untuk obat berbentuk *roll* maupun *bag* yang bervariasi.

Proses produksi kemasan plastik untuk artikel *roll* maupun *bag* terdiri dari beberapa tahap pemrosesan, salah satunya adalah pelapisan

atau laminasi (Arum, 2017). Proses laminasi merupakan proses pelapisan antara material film plastik satu dengan lainnya, yang dilakukan dengan menggunakan mesin *dry laminasi*. Proses laminasi menggunakan mesin *dry* terjadi karena adanya perekat yang dialirkan pada *roll* film lapisan cetak, kemudian diarahkan menuju ruangan pemanas yang selanjutnya dilapisi dengan film material *metallyzing*.

Material film yang digunakan dalam produksi kemasan untuk *roll* maupun *bag* berbeda-beda untuk setiap lapisannya. Secara umum kemasan untuk makanan perlu dilindungi dari uap air agar makanan tetap kering, cahaya untuk mengurangi atau menghindari makanan menjadi tengik, oksigen untuk mengurangi terjadinya oksidasi dan aroma untuk mempertahankan aroma dan bau produk pangan (Sucipta et al., 2017). Sehingga untuk artikel makanan yang berbentuk granula dan bahan makanan yang berbentuk pasta seringkali digunakan material film Polietilen Tereftalat (PET) yang akan direkatkan dengan material *metallyzing* seperti Vakum Metalized Polietilen Terephthalat (VMPET) pada lapisan pertama. PET film bersifat jernih, kuat, liat, dimensinya stabil, tahan nyala api, tidak beracun, memiliki permeabilitas terhadap gas, aroma, maupun air yang rendah, untuk meningkatkan fungsinya, PET film dilapisi bahan metal yaitu metalized (Aprida et al., 2017). Pelekatan antara material PET dan VMPET tersebut berfungsi sebagai bagian pelapis dari suatu kemasan agar produk makanan di dalamnya tidak langsung terkontaminasi dengan plastik kemasan produk (Arum, 2017).

Material film Vakum Metalized Polietilen Terephthalat (VMPET) merupakan salah satu jenis material *metallyzing* yang memiliki ketahanan yang baik terhadap cahaya, gas, uap air hingga ketahanan terhadap aroma. Sedangkan material Polietilen Tereftalat (PET) menurut Sampurno (2006) merupakan material yang memiliki stabilitas panas paling baik, mudah dilaminasi namun tidak bisa dipakai sebagai *sealing layer*. Sehingga dalam proses laminasi untuk kedua material tersebut perlu diperhatikan terkait dengan pemilihan formulasi perekat yang memiliki pengaruh terhadap kekuatan rekat dari material.

Faktor pemilihan formulasi perekat yang memiliki kadar *solvent*, jenis pengeras, *solid content* serta viskositas yang berbeda berpengaruh terhadap kuat rekat material PET dan VMPET. Hal ini dapat ditunjukkan melalui hasil pengujian kuat rekat (*bonding*). Hasil pengujian kuat rekat yang rendah pada hasil laminasi PET dan VMPET membuat produk cenderung memiliki kualitas yang kurang baik dan berpotensi menghasilkan produk *reject* disebabkan karena proses laminasi pada saat diproses menjadi *bag* ataupun roll.

Kuat rekat kemasan telah dijelaskan dalam beberapa publikasi seperti (Yahya et al, 2019) yang menulis terkait pengaruh temperatur dan tekanan terhadap daya rekat aluminium foil serta publikasi Angwar dan Nurkhikmat (2013) yang menulis terkait pengaruh suhu terhadap daya rekat aluminium foil. Namun pada kedua publikasi tersebut hanya

berfokus dengan pengaruh temperatur dan tekanan, belum dijelaskan faktor-faktor lain yang mempengaruhi daya rekat kemasan.

Sejauh pengetahuan penulis, masih belum terdapat tulisan ilmiah yang menjelaskan terkait pengaruh formulasi perekat terhadap kuat rekat kemasan. Sehingga penulis berinisiatif untuk mengangkat permasalahan terkait dengan pengaruh formulasi terhadap kuat rekat material PET dan VMPET.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang diatas, maka permasalahan yang akan dikaji dalam Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Penentuan formulasi perekat yang sesuai untuk laminasi PET dan VMPET.
2. Pengaruh formulasi perekat terhadap kuat rekat lapisan PET dan VMPET ditinjau dari hasil uji kuat rekat (*bonding*).

C. Tujuan

Berdasarkan rumusan permasalahan diatas, maka tujuan dari Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui dan memahami formulasi perekat yang sesuai untuk laminasi PET dan VMPET.
2. Mengetahui pengaruh formulasi perekat terhadap kuat rekat lapisan PET dan VMPET ditinjau dari hasil uji kuat rekat (*bonding*).

D. Manfaat

Berdasarkan tujuan diatas, maka manfaat penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Menambah wawasan dan pengetahuan terkait dengan formulasi perekat untuk laminasi lapisan PET dan VMPET.
2. Mengetahui hubungan formulasi perekat terhadap kuat rekat material lapisan PET dan VMPET yang ditinjau dari hasil uji kuat rekat (*bonding*).

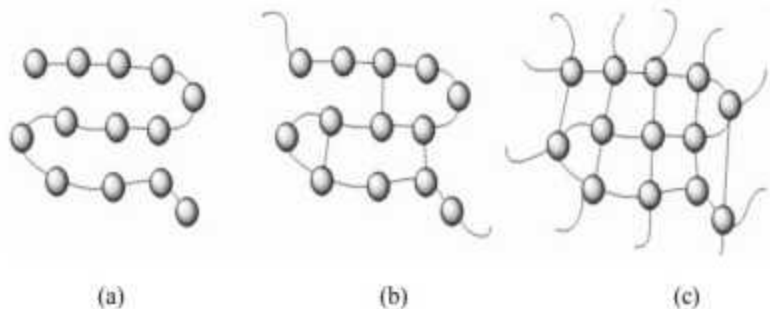


BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Plastik

Plastik merupakan salah satu bahan polimer yang memiliki rantai panjang atom yang mengikat satu sama lain sehingga membentuk banyak unit molekul berulang atau monomer. Plastik mempunyai keunggulan dibandingkan dengan kemasan lain, seperti mudah dibentuk, bahan dasarnya beragam, mudah diproduksi secara massal dan produksinya relatif murah (Waryat, 2013). Berdasarkan struktur makromolekul dan mekanisme ikatan didalamnya, dapat dikategorikan menjadi tiga kelompok yaitu kelompok termoplastik yang akan melunak (*softening*) jika dipanaskan sehingga akan melemahkan tenaga antar molekul yang kemudian mudah untuk dicetak serta dapat dipanaskan kembali untuk dicetak berulang, kelompok termoset yang mempunyai struktur ikatan silang rapat sehingga menjadi tidak meleleh saat dipanaskan melainkan menjadi bertambah keras, dan kelompok elastomer yang memiliki jumlah ikatan silang sedikit serta tersusun secara acak (Rizqi, 2008).



Gambar 1. Struktur ikatan silang (a) Termoplastik (b) Termoset (c) Elastomer (Vashchuck, A. et al., 2018)

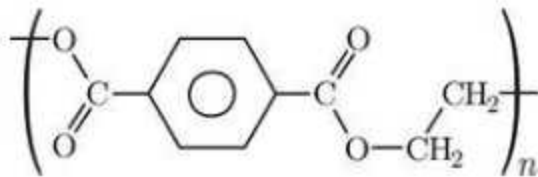
Sesuai uraian diatas, plastik kelompok termoplastik, termosetting dan elastomer memiliki jenis yang bermacam-macam, sebagaimana dapat terlihat pada tabel 1 berikut.

Tabel 1. Jenis plastik dan contohnya

Jenis Plastik	Contoh
Termoplastik	polietilen (PE), polistiren (PS), polietilen tereftalat (PET), akrilonitril-butadien-stiren (ABS), stiren-akrilonitril (SAN), nilon.
Termoset	resin epoksi, resin melamin, bakelit, urea formaldehid, silikon, <i>unsaturated</i> poliester.
Elastomer	karet alam dan karet sintetis.

PET (Polietilen Tereftalat) termasuk dalam kelompok termoplastik dari kelompok poliester, monomer PET dapat diproduksi dengan reaksi esterifikasi asam tereftalat dengan etilen glikol yang menghasilkan air sebagai produk samping, selain itu juga dapat dihasilkan melalui reaksi transesterifikasi etilen glikol dengan dimetil tereftalat dengan metanol sebagai reaksi samping, polimer PET dihasilkan dari reaksi polimerisasi kondensasi yang terjadi setelah esterifikasi yang menghasilkan produk samping berupa etilen glikol

(Febrananda dan Nugraha, 2020). Struktur PET dapat dilihat pada gambar 2 berikut.



Gambar 2. Struktur Polietilen Terftalat (PET)
(Panjaitan, 2013)

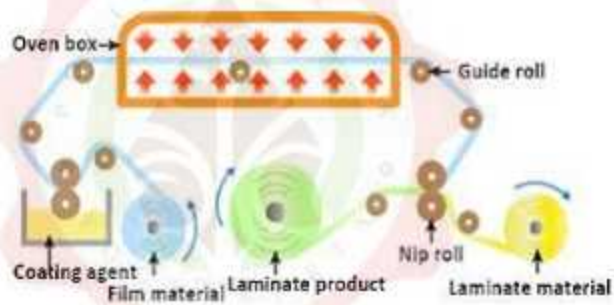
Menurut Julianti dan Nurminah (2006) PET memiliki tiga jenis yakni : tanpa laminasi, mengkerut apabila terkena panas dan dilaminasi untuk kemasan vakum, plastik jenis ini memiliki sifat tembus pandang (transparan), bersih dan jernih, tahan terhadap suhu tinggi (300°C), permeabilitasnya terhadap uap air dan gas rendah, tahan terhadap pelarut organik, tidak tahan terhadap asam kuat, fenol dan benzil alkohol, kuat dan tidak mudah sobek serta tidak mudah dikelim dengan pelarut. Jenis plastik ini banyak digunakan dalam laminasi terutama untuk meningkatkan daya tahan kemasan terhadap kikisan dan sobekan. Untuk aplikasi kemasan, plastik ini seringkali digunakan sebagai lapisan yang akan dicetak (*printing*) karena memiliki karakteristik permukaan film yang lebih polar dibandingkan polyolefin film, tegangan permukaan dari *plain* PET film dapat dinaikkan sampai 45-58 dyne/cm untuk menaikkan adhesi dari tinta (Sampurno, 2006). Plastik jenis ini seringkali diaplikasikan sebagai bahan kemasan pangan karena memiliki kekuatan tarik yang tinggi sehingga memiliki stabilitas bentuk yang cukup baik, memiliki ketahanan

kimia yang sangat baik terhadap air, alkohol dan pelarut juga memiliki permeabilitas gas oksigen yang paling rendah sehingga dapat memberikan perlindungan yang baik terhadap produk pangan dari kerusakan oksidatif (Badan POM RI, 2019).

Vakum Metalized Polietilen Tereftalat (VMPET) merupakan salah satu jenis material metalisasi plastik yang disusun dari polietilen tereftalat (PET). Menurut Aprida (2017), Terdapat beberapa sifat dari metalisasi VMPET, diantaranya meliputi VMPET *high bonding*, *high barrier*, *normal barrier* dan *medium bonding*. Polimer PET dapat diberi penguat *fiber glass*, atau filler mineral, PET film bersifat jernih, kuat, liat, dimensinya stabil, tahan nyala api, tidak beracun, memiliki permeabilitas terhadap gas, aroma, maupun air yang rendah. Proses metalisasi plastik dilakukan dengan cara memanaskan aluminium hingga titik leburnya di ruang hampa sehingga atom dan molekul akan menguap dan menempel pada permukaan plastik membentuk lapisan tipis di seluruh plastik (Finayani, 2018). Dalam aplikasinya, plastik yang sudah di metalisasi memiliki banyak kegunaan, diantaranya sebagai kemasan produk makanan, minuman serta obat-obatan, karena kemasan yang menggunakan plastik yang sudah di metalisasi atau sering disebut aluminium foil mampu menjaga produk dari berbagai perlakuan dan berbagai kondisi (Sudarno, 2015).

B. Proses Laminasi

Proses laminasi merupakan proses menyatukan atau mengkombinasikan dua atau lebih substrat dengan tujuan untuk meningkatkan performa dari kemasan baik terhadap gas, aroma, udara, air atau terhadap sinar ultra violet (Ong, 2013). Proses laminasi menggunakan mesin *dry* merupakan pelapisan yang umum dikenal, dilakukan melalui proses penempelan suatu film dasar dengan film pelapis, dalam pemrosesan *bonding process* akan diaplikasikan pada lembaran film dan dikeringkan sebelum disatukan melalui tekanan dan panas (Sucipta et al., 2017).



Gambar 3. Tahapan laminasi menggunakan mesin *dry* laminasi (Panac, 2022)

Tahapan laminasi menggunakan mesin *dry* secara umum adalah dengan membasahi material film dengan perekat, melakukan pengeringan pada film yang telah dilapisi perekat, melapiskan material film yang akan direkatkan, melakukan penekanan dengan menggunakan roll serta tahapan penggulungan. Pada mesin *dry* laminasi terdapat beberapa komponen penyusun mesin yang saling berkaitan, komponen tersebut diantaranya adalah *winder*, *doctor blade*, bak perekat, komponen pengering, *combining roller* serta *rewinder*.

Metode laminasi menggunakan mesin *dry* merupakan metode laminasi yang paling sering digunakan dikarenakan memiliki lebih banyak keuntungan dibandingkan metode lain, seperti kekuatan zat perekat yang tinggi, kestabilan dimensional pada saat proses tinggi sehingga sesuai untuk proses pencetakan dan lebih ekonomis terhadap mesin dengan lini proses pendek (Ong, 2013).

C. Perekat

Perekat memiliki kecocokan untuk berbagai aplikasi tergantung pada teknologi yang digunakan, merupakan zat yang mampu menyatukan setidaknya dua permukaan dengan cara yang kuat dan permanen, umumnya merupakan bahan yang memiliki kekuatan geser serta tarik yang tinggi. Perekat dapat dikategorikan menjadi perekat sintesis yang terbuat dari bahan buatan manusia seperti polimer dan perekat alami yang terbuat dari bahan alami seperti hewan serta produk samping pertanian.

Petrie (2000), Mengklasifikasikan perekat menurut beberapa metode dan tingkatan tertentu sebagai berikut :

a. Fungsi

Berdasarkan fungsi, perekat didefinisikan menjadi struktural dan nonstruktural. Perekat struktural merupakan perekat yang memiliki tingkat kekuatan serta tingkat permanen yang tinggi, fungsi utamanya adalah untuk menahan struktur secara bersama-sama dan mampu menahan beban yang tinggi tanpa deformasi. Sedangkan perekat nonstruktural memiliki kekuatan gaya geser yang cukup rendah, ketahanan yang buruk terhadap suhu dan

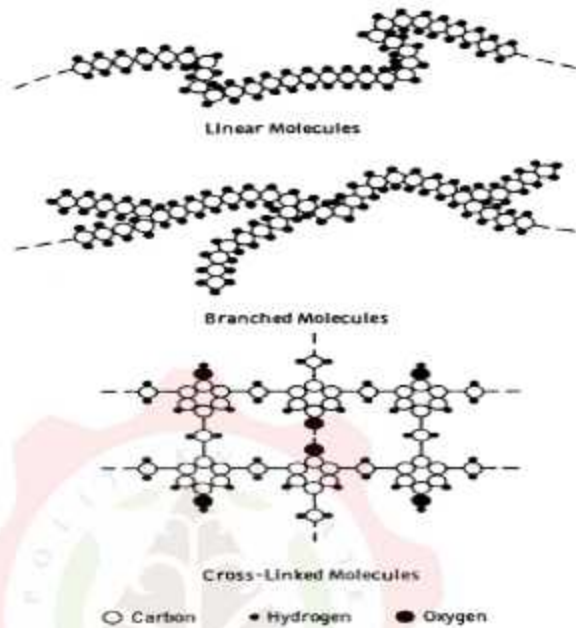
bahan kimia, terkadang digunakan dalam waktu lama dan aplikasi jangka panjang tergantung pada aplikasi.

b. Komposisi kimia

Berdasarkan komposisi kimia, perekat terbagi menjadi beberapa klasifikasi yang meliputi termosetting, termoplastik, elastomer dan perekat hibrida. Umumnya, komposisi kimia dibagi lagi menjadi jenis atau keluarga kimia utama dalam setiap kelompok, seperti epoxy, urethane, neoprene, dan cyanoacrylate.

a) Perekat termoset

Perekat termoset merupakan bahan yang tidak dapat dipanaskan dan dilunakkan berulang kali setelah terjadinya proses *curing*. Setelah terjadinya proses *curing* dan *crosslinking*, ikatan yang terbentuk dapat melunak ketika terkena panas namun tidak dapat dicairkan serta dikembalikan dalam keadaan sebelum terjadinya proses *curing*. Perekat ini umumnya akan terdegradasi dan melemah pada pemanasan dengan suhu yang cukup tinggi karena adanya oksidasi. Sistem perekat termoset di *curing* dengan bahan kimia yang tidak dapat dirubah reaksinya pada suhu kamar atau suhu tinggi yang tergantung pada jenis perekat, reaksi tersebut merupakan ikatan silang (*crosslinking*). Ikatan silang pada reaksi *curing* terjadi dengan menghubungkan dua polimer linier yang menghasilkan struktur kimia tiga dimensi yang kaku, dapat dilihat pada gambar 4 berikut.



Gambar 4. Beberapa kemungkinan struktur molekul dalam resin polimer yang digunakan sebagai perekat (Petrie, 2000)

Perekat termoset terkadang disediakan dalam bentuk pelarut untuk memudahkan aplikasi dengan kuas atau semprot. Namun, umumnya juga tersedia sebagai cairan, pasta, dan bentuk padat tanpa pelarut. Beberapa bagian perekat umumnya memiliki umur simpan yang lebih lama, biasanya proses *curing* terjadi pada suhu kamar atau lebih cepat pada suhu tinggi. Setelah komponen perekat dicampur, masa kerja atau masa pakai dari perekat cenderung terbatas.

b) Perekat termoplastik

Termoplastik awalnya berbentuk polimer padat yang hanya meleleh atau melunak saat dipanaskan, memiliki struktur linear dan bercabang seperti pada gambar 4. Perekat jenis ini dapat dilebur dengan aplikasi panas yang diaplikasikan pada sebuah substrat. *Thermal aging* yang disebabkan oleh paparan berulang terhadap suhu tinggi yang diperlukan untuk peleburan, menyebabkan degradasi material melalui oksidasi, hal tersebut membatasi jumlah dari siklus pemanasan ulang. Setelah diterapkan ke substrat, bagian-bagiannya akan bergabung dan perekat mengeras dengan pendinginan. Perekat ini umumnya digunakan dalam kemasan. Perekat termoplastik juga dapat dilarutkan dalam pelarut untuk menghasilkan larutan yang dapat mengalir dan kemudian dikeraskan kembali melalui proses penguapan pelarut.

Perekat termoplastik memiliki rentang suhu operasi yang lebih terbatas daripada jenis termoset. Meskipun termoplastik jenis tertentu dapat memberikan kekuatan geser tarik yang sangat baik pada suhu yang relatif sedang. Bahan-bahan tersebut tidak terikat silang dan akan cenderung mengalami deformasi dibawah beban pada suhu yang lebih rendah. Hal tersebut dapat terjadi pada suhu kamar atau bahkan pada suhu yang lebih rendah, tergantung pada perekat. Perekat termoplastik juga tidak memiliki ketahanan umum terhadap pelarut atau bahan kimia seperti halnya perekat termoset.

c) Perekat elastomer

Perekat elastomer memiliki karakteristik reologi yang unik, perekat jenis ini didasarkan pada polimer elastomer sintetis atau alami yang memiliki ketangguhan dan perpanjangan yang besar. Terbuat dari resin polimer yang memiliki tingkat ekstensi dan kompresi tinggi. Perekat elastomer memiliki sifat penyerap energi yang besar dan menawarkan kekuatan tinggi dalam desain sambungan yang memiliki pembebanan yang tidak seragam. Perekat elastomer dapat berupa termoset ataupun termoplastik, jenis termoset dapat digunakan dalam aplikasi untuk struktur tertentu.

Perekat elastomer dapat diformulasikan untuk berbagai macam aplikasi, karena elastomer adalah bahan yang sangat viskoelastik, yang dicirikan dengan adanya tingkat elongasi tinggi, modulus yang rendah, dan ketangguhan yang tinggi. Hal tersebut menghasilkan perekat dengan kekuatan *peel* dan tingkat fleksibilitas yang tinggi untuk mengikat substrat dengan koefisien ekspansi yang berbeda. Perekat jenis ini juga biasa digunakan dalam perekat untuk mulasi untuk sealant, peredam getaran, dan penutup suara.

d) Perekat hibrida

Perekat jenis ini dibuat dengan menggabungkan resin termoset, termoplastik dan elastomer menjadi satu formulasi perekat. Perekat jenis ini dikembangkan untuk mengoptimalkan sifat pada setiap komponen. Perekat hibrida dapat dibagi menjadi 2 sistem sebagai berikut :

1) Perekat hibrida reaktif

Terdapat dua komponen cair yang direaksikan menjadi satu

2) Perekat hibrida fase terdispersi

Terdapat media *flexibilizing* yang dimasukkan sebagai partikel diskrit dalam matriks resin

Dalam sistem hibrida reaktif, resin fleksibel direaksikan dengan resin dasar untuk memberikan fleksibilitas dan ketangguhan tanpa pengurangan signifikan dari sifat lainnya.

Sistem perekat hibrida memiliki kekuatan pengelupasan, benturan, dan geser yang tinggi tanpa mengorbankan suhu tinggi atau sifat ketahanan kimia. Sistem ini juga memiliki kecenderungan untuk mengikat dengan baik ke lapisan berminyak. Minyak pada substrat ketika teradsorpsi ke dalam formulasi diyakini akan bertindak sebagai flexibilizer lain dalam sistem perekat.

c. Metode reaksi

Perbedaan lain yang dapat dibuat antara perekat adalah cara bereaksi atau mengeras, terdapat beberapa metode seperti dengan reaksi kimia (termasuk reaksi dengan pengeras atau reaksi dengan sumber energi luar seperti panas, radiasi, permukaan katalis, dll), dengan kehilangan pelarut, dengan kehilangan air, dengan mendinginkan dari lelehan. Sedangkan apabila dikelompokkan berdasarkan metode reaksi, perekat dapat

diklasifikasikan lebih lanjut berdasarkan jenis atau cara penggunaannya sebagai berikut:

- a. Perekat yang mengeras dengan reaksi kimia, meliputi, sistem dua bagian, bagian tunggal yang di *curing* melalui katalis maupun pengeras, *moisture curing adhesive*, radiasi perekat (cahaya, sinar UV, berkas elektron, dll) yang di *curing*, perekat yang dikatalisis oleh substrat, perekat dalam bentuk padat (pita, film, bubuk, dll)
- b. Perekat yang mengeras karena pelarut atau kehilangan air, meliputi perekat kontak, perekat sensitif tekanan, perekat resin, perekat yang dapat diaktifkan kembali.
- c. Perekat yang mengeras dengan pendinginan dari lelehan, meliputi perekat *hot melt*, perekat *hot melt* yang menerapkan tekanan sensitif dan perekat termoset.
- d. Bentuk fisik

Metode yang banyak digunakan untuk membedakan antara perekat adalah bentuk fisiknya, bentuk yang paling umum adalah bagian tanpa pelarut berupa cairan atau pasta, bagian tanpa pelarut berupa cair ataupun pasta, satu bagian larutan (cair), padat (bubuk, pita, film, dll). berbagai bentuk perekat memiliki karakteristik dan keuntungan yang disajikan pada tabel 2 berikut.

Tabel 2. Karakteristik perekat berdasarkan bentuk

Tipe	Karakteristik	Keuntungan
Cairan	Bentuk paling umum, praktis untuk setiap formulasi yang tersedia. Terutama pelarut-terdispersi	Mudah untuk diterapkan, namun viskositas sering di bawah kendali.
Pasta	Berbagai macam konsistensi. Formulasi terbatas, pada dasarnya merupakan 100% padatan epoksi yang dimodifikasi	Cocok untuk pengaturan produksi tinggi karena waktu tunggu yang lebih sedikit. Kekuatan geser dan mulur yang tinggi
Bubuk	Membutuhkan pencampuran atau pemanasan untuk mengaktifkan <i>curing</i>	Umur simpan lebih lama, dapat di campur aduk sesuai dengan jumlah yang dibutuhkan
Film, Pita	Terbatas pada permukaan datar, memiliki berbagai kemudahan pada saat <i>curing</i>	Aplikasi cepat dan mudah. Tidak terdapat limbah, memiliki ketebalan yang seragam
Lainnya	Batang, pita penyangga, tembaga yang telah dilapisi untuk dicetak, dll.	Kemudahan aplikasi dan <i>curing</i> untuk penggunaan tertentu

e. Biaya

Biaya biasanya tidak digunakan sebagai metode untuk mengklasifikasikan perekat; namun, ini merupakan faktor penting dalam pemilihan perekat tertentu. Dengan demikian, biaya menjadi sarana klasifikasi dan seleksi, karena biaya dari perekat dapat bervariasi secara signifikan. Harga perekat tergantung pada biaya pengembangan dan kebutuhan volume. Perekat yang telah dikembangkan secara khusus agar tahan terhadap lingkungan yang merugikan biasanya lebih mahal daripada perekat untuk keperluan umum. Dalam memperkirakan biaya penggunaan perekat, pertimbangan yang perlu diperhatikan meliputi segala sesuatu yang diperlukan secara lengkap.

f. Penggunaan akhir

Perekat juga dapat diklasifikasikan menurut penggunaannya. Dengan demikian, perekat logam, perekat kayu, dan perekat vinil mengacu pada substrat yang akan mereka ikat. Demikian pula, perekat tahan asam, perekat tahan panas, dan perekat tahan cuaca menunjukkan lingkungan yang paling cocok untuk masing-masing jenis perekat tersebut. Perekat juga sering diklasifikasikan berdasarkan metode penggunaannya. Tergantung pada viskositas, perekat cair dapat dipertimbangkan untuk dapat disemprot, dapat disikat, atau dapat disekop.

D. Pengujian Kuat Rekat (*Bonding*)

Pengujian kuat rekat (*bonding test*) dilakukan untuk mengetahui kekuatan ikatan antara lapisan dari multi layer film (Departemen Perindustrian, 2007), standar yang digunakan untuk melakukan pengujian kuat rekat mengacu pada ASTM F904.

Dalam ASTM F904, kuat rekat (*bond strength*) merupakan jumlah gaya atau energi yang diperlukan untuk lapisan terpisah dari bahan atau bahan ditambahkan untuk menekuk lapisan.



Gambar 5. Mesin *tensile tester*
(Mathew dan Francis, 2019)

Metode pengujian kuat rekat (*bond strength*) mencakup prosedur untuk membandingkan kekuatan ikatan atau daya rekat lapis dari laminasi serupa yang terbuat dari bahan fleksibel seperti selulosa, kertas, film plastik, dan foil. Termasuk pula laminasi yang dibuat dengan berbagai proses seperti perekat laminasi, pelapis ekstrusi, laminasi ekstrusi dan *co-extrusion*. Spesimen uji berupa hasil laminasi PET dan VMPET dipotong dengan lebar 1,0 inci (25 mm) dan panjang 10 inci (250 mm) dengan tepi yang seragam. Umumnya pengujian kekuatan rekat (*bonding strength*) dilakukan dengan menggunakan instrumen *tensile tester* seperti pada gambar 5 diatas.

E. Teori Pencampuran Menggunakan Tangki Berpengaduk

Proses pencampuran merupakan proses fisik yang bertujuan untuk mengurangi non-keseragaman dalam cairan dengan menghilangkan gradien konsentrasi, temperatur, dan properti lainnya (P.Marsis dan Saputro, 2022). Pencampuran menggunakan tangki berpengaduk banyak digunakan pada berbagai industri dengan tujuan yang bervariasi, meliputi pencampuran bahan yang berbeda atau menghasilkan suspensi padatan hingga meningkatkan perpindahan panas dan massa (Cortada-Garcia, et al. 2017). Pada proses pencampuran diperlukan gaya mekanik untuk menggerakkan bahan-bahan yang dicampurkan sehingga akan didapat hasil yang homogen, gaya mekanik diperoleh dari aliran bahan maupun alat pencampur (Ghozali, et al. 2013). Proses pencampuran umumnya dilakukan menggunakan suatu alat, salah satunya adalah reaktor.

Menurut Purwanti dan Sumarni (2021) berdasarkan bentuk, reaktor dapat dibedakan menjadi reaktor pipa dan reaktor tangki. Dalam reaktor tangki yang ideal umumnya dilengkapi pengaduk yang dapat membuat komposisi bahan seragam serta tetap menjaga suhu, reaktor tersebut dikenal dengan reaktor tangki berpengaduk yang dapat digunakan untuk proses *batch* maupun alir (kontinyu).

1. Reaktor *Batch*

Pada reaktor *batch*, campuran bahan dalam reaktor dijaga untuk tetap dalam keadaan yang seragam baik susunan maupun komposisi bahan. Dalam melakukan proses pencampuran menggunakan reaktor

batch, zat pereaksi dicampurkan secara bersamaan dan reaksi akan dihentikan setelah waktu tertentu. Reaktor jenis ini umumnya digunakan untuk reaksi-reaksi fase cair yang memerlukan reaksi cukup lama maupun proses dengan kapasitas produksi kecil.

Penggunaan reaktor *batch* memiliki kelebihan diantaranya cocok untuk kapasitas kecil dan reaksi berlangsung pada fase cair, lebih murah, lebih mudah dalam memulai serta menghentikan proses sehingga pengendalian selama proses menjadi lebih mudah. Dengan kekurangan yang meliputi perlunya tenaga kerja dan waktu yang terbuang lebih banyak.

2. Reaktor Alir Tangki Berpengaduk

Pada reaktor alir tangki berpengaduk (RATB) atau *continuous stirred tank flow reactor* (CSTR), dalam proses pencampuran, kondisi ideal komposisi bahan dan suhu di dalam tangki dianggap seragam (*mixed flow*). Selama proses pencampuran pereaksi dimasukkan ke dalam reaktor secara kontinyu dengan kecepatan yang sama pada kecepatan aliran bahan keluar reaktor sehingga volume cairan di dalam tangki selalu tetap. Reaktor alir tangki berpengaduk banyak dipakai dalam industri kimia, baik digunakan satu reaktor maupun beberapa reaktor yang disusun seri.

BAB III MATERI DAN METODE

A. Metode Pelaksanaan Tugas Akhir

Metode yang digunakan dalam penyusunan tugas akhir ini menggunakan metode survei lapangan atau magang serta studi literatur. Dalam pelaksanaannya, diawali dengan Praktek Kerja Langsung atau magang pada perusahaan. Penulisan tugas akhir ini berfokus pada penentuan formulasi perekat yang sesuai untuk material PET dan VMPET yang direkatkan menggunakan mesin *dry* laminasi. Metode pengambilan data meliputi :

1. Metode Observasi

Dalam metode ini, dilakukan pengamatan secara langsung terkait dengan proses laminasi film PET dan VMPET serta proses pengujian hasil laminasi agar mendapatkan data yang sesuai dengan kondisi langsung di lapangan. Observasi dilakukan pada departemen *dry* laminasi, departemen *quality control* (QC) dan departemen *production planning inventory control* (PPIC) yang bertugas dalam pembuatan formulasi perekat untuk proses laminasi.

2. Metode Wawancara

Dalam metode ini, dilakukan penggalan dan pengumpulan data dengan mengajukan pertanyaan kepada narasumber terkait. Narasumber yang terlibat meliputi Manager PPIC, Kepala Bagian Laminasi, Koordinator Regu laminasi, Admin PPIC, Admin Produksi *Dry* Laminasi, *Quality Control* (QC) Inspektur Bagian Laminasi dan *Quality Control* (QC) Bagian *Raw Material*.

3. Dokumentasi

Dokumentasi yang dilakukan meliputi pengambilan data yang terdapat dalam arsip, catatan, gambar maupun foto. Arsip yang didokumentasikan memuat surat perintah kerja, tanggal produksi, formulasi yang digunakan, kondisi pemrosesan, hasil produksi serta hasil pengujian. Catatan berguna untuk mendeskripsikan rekap hasil pengamatan terkait produksi, hasil pengamatan serta wawancara. Dilakukan pula pengambilan gambar yang terkait dengan proses laminasi.

4. Studi Pustaka

Dalam metode ini dilakukan teknik pengumpulan data menggunakan studi terhadap buku, publikasi, penelitian terdahulu, catatan serta laporan yang terkait dengan pengaruh formulasi perekat terhadap kuat rekat material film PET dan VMPET yang direkatkan menggunakan mesin *dry* laminasi. Metode ini merupakan metode tambahan yang dilakukan sebagai data tambahan dan penguat terhadap hasil penelitian yang telah dilakukan.

B. Lokasi dan Waktu Pelaksanaan Magang

Nama Perusahaan	: PT Lumina Packaging
Alamat Perusahaan	: Jalan Raya Trosobo, KM. 23.6, Tanjung, Trosobo, Kec. Krian, Kab. Sidoarjo, Jawa Timur
Waktu Pelaksanaan	: 14 Februari 2022 s.d 08 April 2022
Penempatan	: Departemen QA/QC dan Departemen PPIC

C. Materi Pelaksanaan Tugas Akhir

Materi pelaksanaan Tugas Akhir ini meliputi bahan baku, alat yang digunakan dalam proses perekatan film PET dan VMPET serta alat yang digunakan dalam proses pengujian kuat rekat (*bonding*).

1. Bahan

Bahan yang digunakan dalam proses perekatan film PET dan VMPET adalah sebagai berikut :

a. Film Polietilen Tereftalat (PET)

- 1) Produk : Lokal
- 2) Karakteristik : Berbentuk lembaran, Ukuran 12 μm , tidak berwarna (transparan)
- 3) Fungsi : Sebagai bahan pelapis untuk lapisan pertama (*Surface layer*)

- b. Film Vakum Metalized Polietilen Tereftalat (VMPET)
- 1) Produk : Lokal
 - 2) Karakteristik : Berbentuk lembaran, Ukuran 12 μm , Jenis VMPET normal *barrier*, terdapat 2 sisi (*sisi metalized* dan *sisi corona*)
 - 3) Fungsi : Sebagai bahan pelapis untuk lapisan kedua (*Barrier layer*)
- c. Etil Asetat
- 1) Produk : Lokal
 - 2) Karakteristik : Berbentuk cair, tidak berwarna (transparan)
 - 3) Fungsi : Sebagai bahan pengencer perekat
- d. Pengeras Berbasis Poliuretan
- 1) Produk : Impor
 - 2) Karakteristik : Berbentuk cair, tidak berwarna (transparan), cenderung lebih kental
 - 3) Fungsi : Sebagai bahan pengeras perekat
- e. Perekat
- 1) Produk : Impor
 - 2) Karakteristik : Berbentuk cair, tidak berwarna (transparan), cenderung lebih kental

3) Fungsi : Sebagai bahan perekat

2. Alat

Alat yang digunakan adalah sebagai berikut :

a. Mesin *Dry* laminasi

Mesin *dry* laminasi merupakan mesin yang digunakan untuk merekatkan material film satu dengan material film lainnya menggunakan metode *dry*. Mesin ini bekerja dengan cara melapisi film pertama dengan cairan perekat yang dialirkan ke seluruh bagian film, kemudian dilakukan pengeringan pada suhu $45^{\circ}\text{C} - 75^{\circ}\text{C}$, yang selanjutnya dilakukan pelapisan film kedua dan di berikan tekanan agar kedua film yang telah direkatkan dapat merekat dengan optimal.



Gambar 6. Mesin *Dry* Laminasi

b. *Mesin Tensile Tester*

Mesin Tensile Tester berfungsi sebagai salah satu alat uji yang digunakan dalam proses pengujian kuat rekat (*bonding*) pada hasil film PET dan VMPET yang telah direkatkan.

c. Timbangan

Timbangan digunakan untuk menimbang material perekat, pengencer dan pengeras.

d. Zahn Cup

Zahn Cup digunakan sebagai alat bantu untuk menentukan viskositas, *solid content* dari formulasi perekat, pengencer dan pengeras pada tahap pencampuran.



Gambar 7. Zahn Cup

e. *Stopwatch*

Stopwatch digunakan untuk menentukan lama waktu dalam proses pencampuran formulasi perekat, pengencer dan pengeras.

f. Tangki

Tangki berfungsi sebagai tempat pencampuran formulasi perekat, pengencer dan pengeras sebelum dipindahkan pada bak penampung perekat yang terdapat pada mesin *dry laminasi*.



Gambar 8. Tangki Pengaduk (a) Kondisi di Perusahaan (b) Ilustrasi Pengadukan

D. Tahapan Proses

1. Proses perekatan film PET dan VMPET serta pemeriksaan

Proses perekatan film PET dan VMPET mencakup beberapa tahapan proses untuk mendapatkan produk yang sesuai dengan standar ketentuan serta target produksi yang telah ditetapkan. Tahapan tersebut meliputi persiapan material hingga pengujian produk yang dijadikan sebagai salah satu kriteria penentu hasil produk dapat dilanjutkan pemrosesannya ataupun tidak, hal tersebut dapat dilihat pada diagram alir dalam gambar 10.

Tahapan perekatan film PET dan VMPET merupakan tahapan yang terjadi secara kontinu, melewati empat tahapan utama yakni pelapisan film PET dengan perekat, pengeringan, perekatan dengan film VMPET dan tahap penekanan. Tahapan pertama yakni pelapisan film PET dengan perekat. Pada tahap ini film PET akan dialiri dengan perekat, seluruh bagian film harus teraliri perekat dengan merata dan ketebalan yang sama.

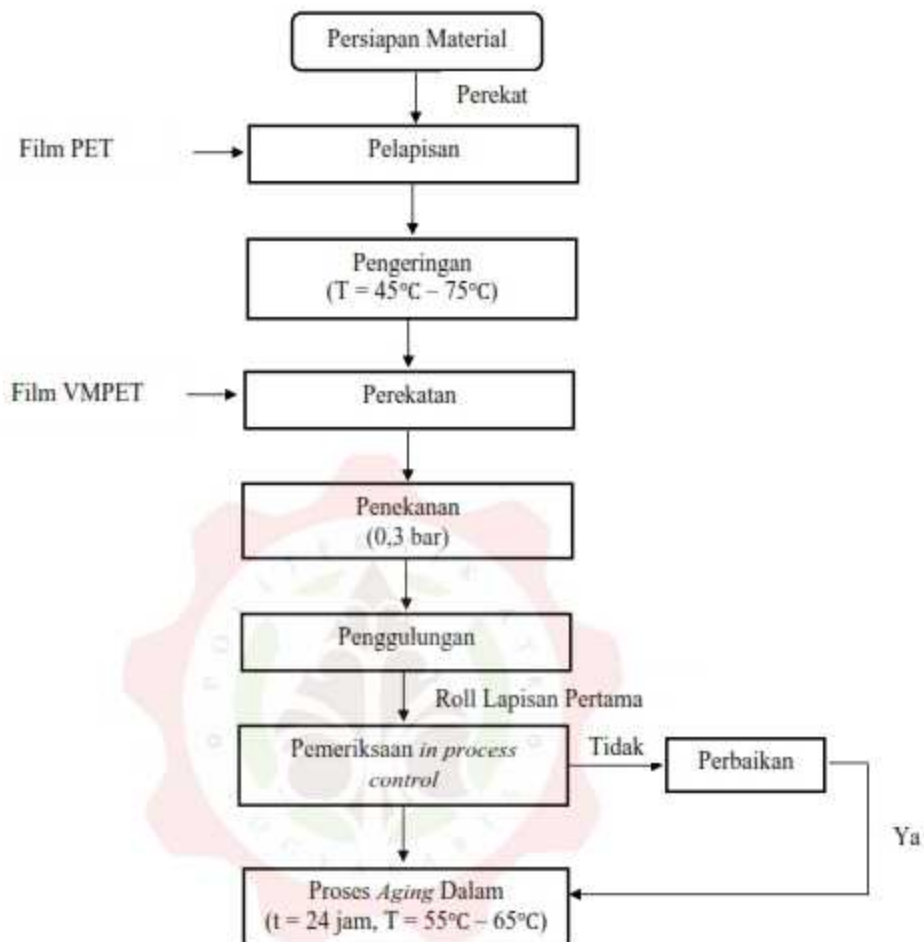
Film PET yang telah dilapisi perekat tersebut akan menuju ruang pengeringan, dalam ruang tersebut terdapat pengering bagian atas dan bawah dengan pengaturan suhu $45^{\circ}\text{C} - 75^{\circ}\text{C}$. suhu yang digunakan disesuaikan dengan ketebalan perekat yang di lapiskan pada film. Hasil film yang telah dikeringkan kemudian direkatkan dengan film VMPET yang selanjutnya diberikan tekanan agar dapat merekat dengan baik kemudian digulung menjadi roll.

Dalam pemrosesan lembaran tersebut diperiksa oleh inspektor *Quality Control* (QC) laminasi secara berkala, standar produk hasil laminasi PET dan VMPET terdapat pada tabel 3, hasil yang lolos QC akan dilanjutkan pada proses aging dalam selama 24 jam pada ruangan tertutup bersuhu 55°C – 65°C. Proses *aging* dalam bertujuan untuk mengoptimalkan hasil pengeringan perekat pada hasil laminasi, sebelum dilakukan tahapan selanjutnya. Kisaran suhu yang digunakan pada proses *aging* dalam ditinjau dari jenis serta proporsi perekat yang digunakan. Sedangkan hasil laminasi yang tidak lolos *quality control* akan dipindahkan ke gudang tolakan.

Tabel 3. Standar produk hasil laminasi lapisan pertama PET dan VMPET

No	Jenis Standar	Keterangan
1	Warna	Warna produk sesuai batas maksimum serta minimum toleransi pada Surat Perintah Kerja
2	Bentuk	Bentuk produk sesuai ketentuan pada Surat Perintah Kerja, tidak terdapat cacat
3	Dimensi	Dimensi produk sesuai ketentuan pada Surat Perintah Kerja, Toleransi (± 2 mm)
4	Ketebalan	Ketebalan produk sesuai ketentuan pada Surat Perintah Kerja
5	Bau	Produk tidak berbau
6	Kuat Rekat (<i>Bonding Strength</i>)	Mengacu pada ASTM F904, Target hasil $\geq 1,5$ N/15 mm

Sumber : PT Lumina Packaging, 2022



Gambar 9. Diagram alir proses perekatan film PET dan VMPET serta pemeriksaan

2. Proses penyelesaian masalah

Langkah-langkah yang digunakan dalam penyelesaian masalah terdapat pada gambar 10, dengan penjelasan sebagai berikut :



Gambar 10. Tahapan Proses Tugas Akhir