

PENENTUAN SUHU OPTIMAL PEMROSESAN MATERIAL TERMOLAST MENGUNAKAN TWO ROLL MILL DI PT. REHAU INDONESIA

Rafi Nur Aziz ¹⁾, Andi Nuraliyah ²⁾, Lisa Adhani ³⁾

^{1,2,3)}Chemical Engineering /Bhayangkara Jakarta Raya University
lisa.adhani@dsn.ubharajaya.ac.id

ABSTRAK

Polimer merupakan senyawa yang terdiri dari rantai-rantai monomer yang saling berikatan satu sama lain. *Thermoplastic Elastomer* (TPE) merupakan salah satu polimer Gasket diproduksi dengan proses Mixing, Pelletizer, dan Ekstrusi. Dengan karakteristik elastis dan kemudahan pemrosesannya, *Thermoplastic Elastomer* (TPE) perlu dieksplorasi lebih lanjut untuk mengetahui performanya pada berbagai kondisi pemrosesan. Pada penelitian ini, penulis mencari suhu yang optimal untuk pemrosesan pembuatan material *Thermoplastic Elastomer* (TPE) dengan membuat berbagai variasi dan formulasi mana yang harus di produksi berdasarkan kebutuhan konsumen PT. Reha Indonesia. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh variasi suhu dan waktu pemrosesan terhadap sifat mekanik *Thermoplastic Elastomer* (TPE). Eksplorasi ini dilakukan untuk memperoleh pemahaman mengenai hubungan antara parameter pemrosesan dan performa material, sehingga dapat ditentukan kondisi pemrosesan yang optimal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi suhu 160 °C selama 3 menit yang diikuti dengan penurunan suhu menjadi 140 °C selama 2 menit menunjukkan kinerja mekanik terbaik. Pada kondisi ini, material menghasilkan keseimbangan yang optimal. Kondisi ini mampu menghasilkan material dengan sifat mekanik yang seimbang, stabil, dan sesuai untuk aplikasi elastomer seperti gasket dan produk fleksibel lainnya.

Kata Kunci: *Polimer, Tensile Strength, Suhu, Optimum, Thermoplastic Elastomer (TPE)*

ABSTRACT .

Polymers are compounds consisting of chains of monomers that are bonded together. Thermoplastic Elastomer (TPE) is one type of polymer. Gaskets are produced through a process involving mixing, pelletizing, and extrusion. With its elastic characteristics and ease of processing, Thermoplastic Elastomer (TPE) needs to be explored further to determine its performance under various processing conditions. In this study, the author sought the optimal temperature for processing Thermoplastic Elastomer (TPE) material by creating various variations and formulations to be produced based on the needs of PT. Reha Indonesia's consumers.

his study aims to evaluate the effect of temperature variation and processing time on the mechanical properties of Thermoplastic Elastomer (TPE). This exploration was conducted to gain an understanding of the relationship between processing parameters and

material performance, so that optimal processing conditions can be determined. The results of the study show that a combination of 160 °C for 3 minutes followed by a temperature reduction to 140 °C for 2 minutes shows the best mechanical performance. Under these conditions, the material produces an optimal balance. These conditions are capable of producing materials with balanced, stable mechanical properties that are suitable for elastomer applications such as gaskets and other flexible products.

Kata Kunci: *Polymer, Tensile Strength, Optimum Temperature, Thermoplastic Elastomer (TPE)*

1. PENDAHULUAN

Pada era globalisasi sekarang ini, perkembangan dan kemajuan teknologi berbasis material maju sudah semakin banyak ditemukan, salah satu contohnya adalah polimer. Polimer adalah senyawa yang terbentuk dari sejumlah monomer yang saling berikatan sehingga struktur molekulnya memanjang seperti membentuk sebuah rantai. Produk berbahan dasar polimer sudah banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari dan sangat diminati karena memiliki sifat yang elastis, tahan air dan juga harganya yang lebih ekonomis. (Polymer Additives, 2020)

Thermoplastic Elastomer (TPE) memiliki keunggulan fleksibilitas tinggi, ketahanan terhadap suhu, dan kenyamanan dalam sentuhan, menjadikannya pilihan ideal untuk aplikasi otomotif, gasket, alat kesehatan, dan kebutuhan rumah tangga. Penggunaannya di PT Rehau Indonesia ditujukan untuk pengembangan produk-produk alternatif yang ramah lingkungan dan bebas halogen. (PT Rehau Indonesia, 2020)

Tensile Test adalah alat yang digunakan untuk mengukur kekuatan tarik suatu sampel. Tensile Testing Machine atau lebih dikenal sebagai Universal Testing Machine (UTM). Alat ini digunakan untuk menguji sifat mekanik material, terutama kekuatan tarik (tensile strength), regangan (elongation), dan modulus elastisitas. Hasil pengujian ini sangat penting untuk mengetahui kekuatan, elastisitas, dan keuletan material sebelum digunakan dalam aplikasi teknik atau industri.

Proses pemanasan menggunakan alat Two Roll Mill tidak dapat dijalankan pada suhu yang terlalu rendah karena dapat membuat pencampuran tidak sempurna, dan suhu yang terlalu tinggi karena dapat merusak komponen elastomerik. Jenis Thermoplastic Elastomer (TPE) yang saya digunakan pada penelitian ini adalah SEBS (Styrene-Ethylene-Butylene-Styrene). Jenis Thermoplastic Elastomer (TPE) ini sangat elastis seperti karet, stabil terhadap panas dan UV, dan mudah diproses dengan mesin seperti Two Roll Mill. Pada material TPE berjenis SEBS ini harus menggunakan suhu yang optimal karena dengan suhu yang optimal maka dapat meminimalisir terjadinya overheating. (Madhusa, 2018).

1.1 Latar Belakang

Polimer adalah senyawa yang terbentuk dari sejumlah monomer yang saling berikatan sehingga struktur molekulnya memanjang seperti membentuk sebuah rantai. Polimer memiliki peran besar dalam kehidupan manusia. Produk berbasis polimer yang sering kita gunakan dalam kehidupan sehari-hari antara lain adalah pembungkus makanan, pakaian, sepatu, ban kendaraan bermotor, lem, cat tembok, otomotif, alat-alat rumah tangga serta furnitur. Produk yang berbahan dasar polimer sangat diminati

karena sifatnya yang ringan, elastis, beraneka ragam warna dan harganya yang ekonomis. (Callister & Rethwisch, 2020).

Thermoplastic Elastomer (TPE) adalah polimer yang memiliki sifat elastomer seperti karet namun dapat diproses seperti plastik menggunakan metode termoplastik seperti ekstrusi dan injeksi. *Thermoplastic Elastomer* (TPE) digunakan dalam banyak aspek kehidupan, mulai dari otomotif, kabel, gasket, hingga peralatan rumah tangga dan alat medis. *Thermoplastic Elastomer* (TPE) bersifat fleksibel, elastis, dan nyaman disentuh, serta dapat didaur ulang, menjadikannya pilihan material yang ramah lingkungan.

Two Roll Mill adalah alat yang berfungsi untuk mencampur bahan polimer, mencairkan dan memplastisasi termoplastik atau elastomer dengan proses pemanasan dan tekanan hingga membentuk lembaran tipis dari material polimer, serta menentukan karakteristik proses, seperti suhu optimal pemrosesan. Pada proses pemanasan menggunakan alat *Two Roll Mill* perlu suhu optimum untuk *Thermoplastic Elastomer* (TPE) karena pada suhu optimum dapat melunakan fraksi termoplastik, karena *Thermoplastic Elastomer* (TPE) sendiri terdiri dari dua fase, yaitu elastomer dan termoplastik. Pada fase termoplastik harus dilunakkan pada suhu yang pas dan cocok agar dapat menyatu sehingga dapat dicetak dengan baik.

Jenis *Thermoplastic Elastomer* (TPE) yang saya gunakan adalah *Styrene-Ethylene-Butylene-Styrene* (SEBS). Jenis *Thermoplastic Elastomer* (TPE) ini sangat elastis seperti karet, stabil terhadap panas dan UV, dan mudah diproses dengan mesin seperti *Two Roll Mill*. Pada material *Thermoplastic Elastomer* (TPE) berjenis SEBS ini harus menggunakan suhu yang optimal karena dengan suhu yang optimal maka dapat meminimalisir terjadinya *overheating*. Material jenis SEBS ini bisa rusak jika suhunya terlalu tinggi, apabila terjadi *Overheat*, maka dapat menyebabkan risiko oksidasi, perubahan warna, bau, dan rusaknya struktur polimer sehingga membuat retak pada produk akhir (lembaran yang dicetak). (Marcilla, Garcia, & Garcia-Quesada, 2004).

Styrene-Ethylene-Butylene-Styrene (SEBS) merupakan salah satu jenis *thermoplastic elastomer* (TPE) yang banyak digunakan karena memiliki kombinasi sifat elastis seperti karet dan kemudahan pemrosesan seperti plastik termoplastik. Dalam proses pemrosesan, khususnya pencampuran dan pembentukan, suhu menjadi parameter penting karena sangat memengaruhi viskositas lelehan, homogenitas material, serta sifat mekanik produk akhir. Berbagai panduan industri dan studi terdahulu menyebutkan bahwa SEBS umumnya diproses pada rentang suhu menengah hingga tinggi untuk memastikan material berada pada kondisi leleh yang stabil tanpa mengalami degradasi termal. (Zweifel, H. , 2001).

Beberapa penelitian terdahulu melaporkan bahwa pemrosesan SEBS menggunakan metode pencampuran mekanik, termasuk *two-roll mill*, dilakukan pada kisaran suhu sekitar 170–200 °C. Pada rentang suhu tersebut, SEBS menunjukkan kemampuan alir yang cukup baik sehingga proses pencampuran dapat berlangsung secara homogen. Pemilihan suhu ini umumnya didasarkan pada pertimbangan empiris, seperti kemudahan pembentukan lembaran, stabilitas selama pencampuran, serta pengalaman praktis dalam pengolahan elastomer termoplastik. Namun, nilai suhu tersebut sering kali digunakan sebagai suhu kerja standar tanpa kajian khusus mengenai optimasi terhadap karakteristik material hasil proses. (Fried, 2014)

Dalam konteks penggunaan *two-roll mill*, suhu pemrosesan memegang peranan krusial karena selain panas dari sistem pemanas roll, terjadi pula peningkatan suhu akibat gesekan mekanik antara roll dan material. Beberapa studi menunjukkan bahwa peningkatan suhu yang tidak terkontrol dapat menyebabkan penurunan kualitas material, seperti degradasi termal, perubahan morfologi mikro, atau

penurunan sifat mekanik. Sebaliknya, suhu yang terlalu rendah dapat menyebabkan viskositas material terlalu tinggi, sehingga pencampuran menjadi tidak homogen dan distribusi tegangan selama pemrosesan tidak merata. (Holden et al., 2013).

Penentuan suhu optimal dalam penelitian-penelitian terdahulu umumnya dilakukan dengan mengamati parameter tidak langsung, seperti kemudahan proses (*processability*), torsi pencampuran, atau hasil uji mekanik setelah pemrosesan. Selain itu, beberapa pendekatan menggunakan analisis sifat termomekanik, seperti *dynamic mechanical analysis* (DMA), untuk memahami perilaku transisi material terhadap perubahan suhu. Meskipun demikian, sebagian besar penelitian lebih berfokus pada sifat akhir material atau efek penambahan filler dan aditif, bukan pada kajian sistematis mengenai optimasi suhu pemrosesan itu sendiri. (*Modeling the temperature dependence of dynamic mechanical properties and visco-elastic behavior of thermoplastic polyurethane using artificial neural network*, Polymers (MDPI), 2017).

Berdasarkan kajian riset terdahulu, dapat diidentifikasi bahwa belum terdapat kajian yang secara sistematis menentukan suhu optimal pemrosesan SEBS menggunakan *two-roll mill* dengan pendekatan eksperimental terkontrol. Sebagian besar penelitian masih menggunakan rentang suhu pemrosesan berdasarkan referensi umum atau pengalaman empiris, tanpa analisis mendalam mengenai hubungan antara suhu pemrosesan, kondisi pencampuran, dan kualitas material hasil proses. Selain itu, pengaruh spesifik suhu pemrosesan terhadap homogenitas, stabilitas termal, dan sifat mekanik SEBS yang diproses menggunakan *two-roll mill* masih belum banyak dilaporkan secara kuantitatif. (Bai, S. A., et al. (2012)

Oleh karena itu, diperlukan penelitian yang secara khusus mengevaluasi variasi suhu pemrosesan SEBS pada mesin *two-roll mill* untuk menentukan suhu optimal yang mampu menghasilkan material dengan sifat mekanik dan kualitas proses terbaik, sekaligus meminimalkan risiko degradasi termal. Penelitian semacam ini diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah berupa dasar pemilihan suhu pemrosesan yang lebih terukur dan aplikatif, baik untuk skala laboratorium maupun industri.

Pada penelitian ini saya berfokus pada pengaruh suhu pemrosesan dalam proses pemanasan menggunakan alat *Two Roll Mill* terhadap material *Thermoplastic Elastomer* (TPE) berbasis SEBS, khususnya dalam proses pembuatan lembaran termoplast. ~~Percobaan~~ Studi ini bertujuan untuk menentukan suhu optimum agar menghasilkan lembaran dengan mutu yang baik dan spesifikasi yang sesuai, yang selanjutnya akan dievaluasi melalui pengujian kekuatan yang mencakup pengukuran ketebalan, lebar, kekuatan tarik maksimum, serta kemampuan material hasil ~~percobaan~~ untuk dapat meregang sebelum putus dan seberapa lentur material saat diberi beban ringan menggunakan seperangkat alat *tensile*.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk:

1. Mengetahui pengaruh suhu pemrosesan dalam proses pemanasan menggunakan alat *Two Roll Mill* terhadap material *Thermoplastic Elastomer* (TPE) berbasis SEBS
2. Menentukan suhu optimum agar menghasilkan lembaran dengan mutu yang baik dengan spesifikasi yang sesuai.
3. Mengevaluasi melalui pengujian kekuatan material yang mencakup pengukuran ketebalan, lebar, kekuatan tarik maksimum, serta kemampuan material hasil percobaan untuk dapat meregang sebelum putus dan seberapa lentur material saat diberi beban ringan menggunakan

seperangkat alat *tensile* setelah proses pemanasan menggunakan alat *two roll mill*.

2. METODE

2.1 Alat dan Bahan

Penelitian ini adalah penelitian yang berfokus untuk mengetahui pengaruh suhu pemrosesan dalam proses pemanasan menggunakan alat *Two Roll Mill* terhadap material *Thermoplastic Elastomer* (TPE) berbasis SEBS, khususnya dalam proses pembuatan lembaran termolast. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan suhu optimum agar menghasilkan lembaran dengan mutu yang baik dan spesifikasi yang sesuai menggunakan pengujian sifat mekanik yang mencakup pengukuran ketebalan, lebar, kekuatan tarik maksimum, serta kemampuan material hasil percobaan untuk dapat meregang sebelum putus dan seberapa lentur material saat diberi beban ringan menggunakan seperangkat alat *tensile*.

2.2 Variabel Penelitian

Penelitian ini terdiri atas variabel bebas dan variabel terikat. Variabel bebas yaitu suhu pemrosesan pada alat *two-roll mill*. Variabel terikat, yaitu sifat mekanik material yang meliputi nilai kuat tarik (*tensile strength*) dan elongasi (*elongation at break*).

2.3 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian dilakukan melalui 3 proses, yaitu proses penimbangan material sebanyak 100 gram, proses pemanasan menggunakan alat *two roll mill*, dan proses pengujian mekanik menggunakan seperangkat alat *tensile*. Penelitian dilakukan di PT. Rehau Indonesia. Penelitian ini terdiri atas variabel bebas dan variabel terikat. Variabel bebas yaitu suhu pemrosesan pada alat *two-roll mill*. Variabel terikat, yaitu sifat mekanik material yang meliputi nilai kuat tarik (*tensile strength*) dan elongasi (*elongation at break*).

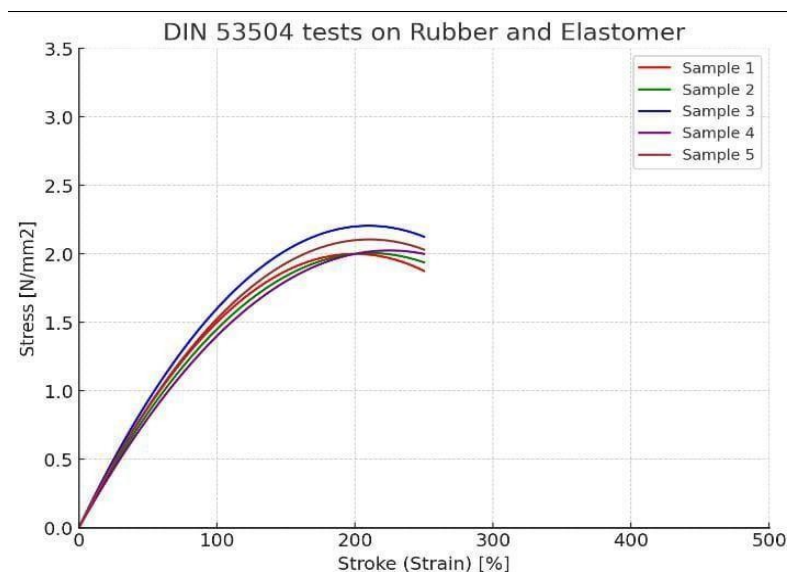
2.4 Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan melalui pengamatan langsung, percobaan eksperimental, dan pencatatan data. Pengamatan langsung dilakukan dengan observasi terhadap perilaku material selama proses pemrosesan pada *two-roll mill*. Percobaan eksperimental dilakukan dengan pengukuran kuat tarik (elastisitas) dan elongasi menggunakan alat uji tarik (*Tensile test*). Kemudian dilakukan pencatatan data hasil pengujian tarik (elastisitas) untuk setiap variasi suhu pemrosesan yang digunakan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Suhu Thermolast 160°C selama 3 menit sampai 135°C selama 2 menit)

Pengujian dilakukan dengan pemrosesan suhu awal 160°C selama 3 menit, kemudian diturunkan menjadi 135°C selama 2 menit. Secara teori, suhu pemrosesan yang cukup tinggi diperlukan untuk menurunkan viskositas lelehan TPE sehingga memungkinkan terjadinya pencampuran yang homogen, namun suhu yang terlalu rendah pada tahap selanjutnya berpotensi meningkatkan viskositas kembali dan memengaruhi struktur mikro material (Fried, 2014). yang menunjukkan parameter seperti ketebalan material, lebar, gaya tarik maksimum (*tensile strength*), elongation (perpanjangan), dan sebagainya. Berikut didapatkan kurva percobaan 1 pada Kurva berikut ini;



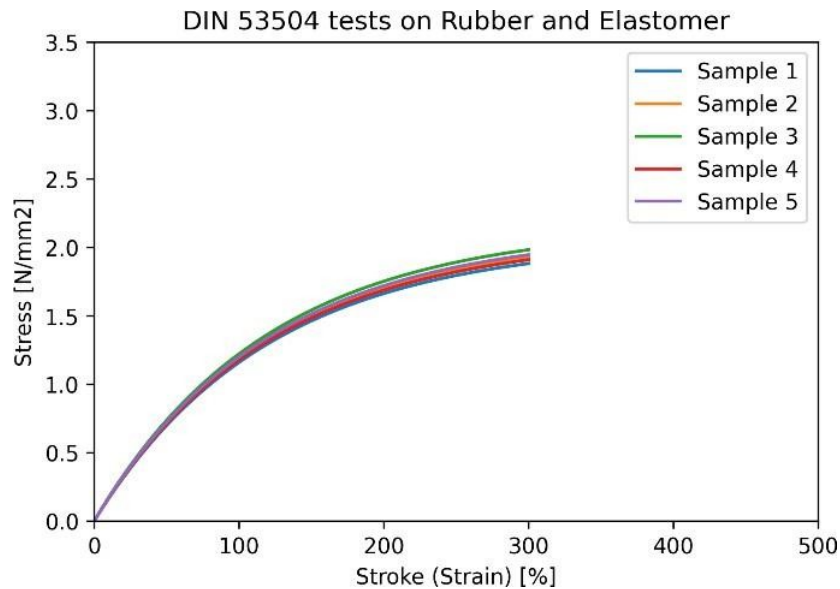
Gambar 1. Kurva hubungan tegangan (stress) terhadap regangan (strain) percobaan 1

Gambar 1. menunjukkan bahwa kombinasi suhu 160 °C dan penurunan ke 135 °C masih mampu menghasilkan material Thermolast dengan sifat mekanik yang stabil dan karakter elastomerik yang baik. Namun, nilai elongasi yang relatif rendah dibandingkan elastomer pada umumnya mengindikasikan bahwa kondisi suhu ini belum sepenuhnya optimal untuk aplikasi yang memerlukan regangan sangat tinggi. Kondisi ini lebih sesuai untuk aplikasi yang membutuhkan keseimbangan antara fleksibilitas dan stabilitas bentuk, tetapi kurang ideal untuk aplikasi dengan tuntutan deformasi ekstrem. (Fried, 2014).

Pada kurva uji tarik, nilai elongasi ditunjukkan pada sumbu horizontal (sumbu X) yang merepresentasikan regangan atau elongasi dalam persen (%). Semakin jauh kurva memanjang ke arah kanan, semakin besar kemampuan material untuk mengalami deformasi, yang menandakan bahwa material tersebut memiliki sifat elastis yang lebih tinggi. Titik paling ujung dari kurva menunjukkan elongation at break, yaitu regangan maksimum yang dapat dicapai material sebelum mengalami putus. Oleh karena itu, kurva yang pendek dan cepat berakhir menandakan material bersifat lebih kaku dan mudah patah, sedangkan kurva yang panjang dan melandai menunjukkan bahwa material lebih lentur dan elastis, mampu menahan regangan besar sebelum mengalami kegagalan. (Rafi, 2025)

2. Suhu Thermolast 160°C selama 3 menit sampai 135°C selama 2 menit

Pada pemrosesan dengan suhu awal yaitu 160°C selama 3 menit, kemudian diturunkan menjadi 135°C selama 2 menit. Pemrosesan ini dapat untuk mengevaluasi konsistensi hasil pemrosesan serta melihat pengaruh stabilitas proses two-roll mill terhadap sifat mekanik material yang dihasilkan.



Gambar 2. Kurva hubungan tegangan (stress) terhadap regangan (strain) percobaan 2

Gambar 2 menunjukkan hasil bahwa tegangan–regangan pada suhu.... menunjukkan bentuk kurva yang lebih panjang dan menjulang ke arah regangan yang lebih besar dibandingkan percobaan pertama. Hal ini mengonfirmasi bahwa material mampu mengalami deformasi regangan yang jauh lebih besar sebelum mengalami putus. Kurva yang memanjang dengan gradien tegangan yang relatif rendah merupakan karakteristik khas elastomer termoplastik dengan dominasi perilaku elastis, di mana energi deformasi diserap melalui peregangan rantai polimer, bukan melalui peningkatan tegangan yang tajam (Callister & Rethwisch, 2020).

Jika dibandingkan Gambar 1 dan gambar 2 dengan percobaan pertama, percobaan kedua maka Gambar 2 menunjukkan material yang dihasilkan memiliki dengan elastisitas yang lebih tinggi tetapi kekuatan tarik yang lebih rendah, yang ditunjukkan dengan Perbedaan ini diduga dipengaruhi oleh distribusi panas yang lebih merata, ketebalan material yang lebih stabil, serta pencampuran yang lebih homogen selama proses two-roll mill. Meskipun demikian, kombinasi suhu dan waktu pemrosesan pada percobaan kedua cenderung terlalu tinggi dan terlalu lama untuk mempertahankan kekuatan tarik optimal. Pendinginan pada suhu 135 °C selama 2 menit belum cukup efektif untuk membentuk kembali domain keras secara optimal pada struktur TPE.

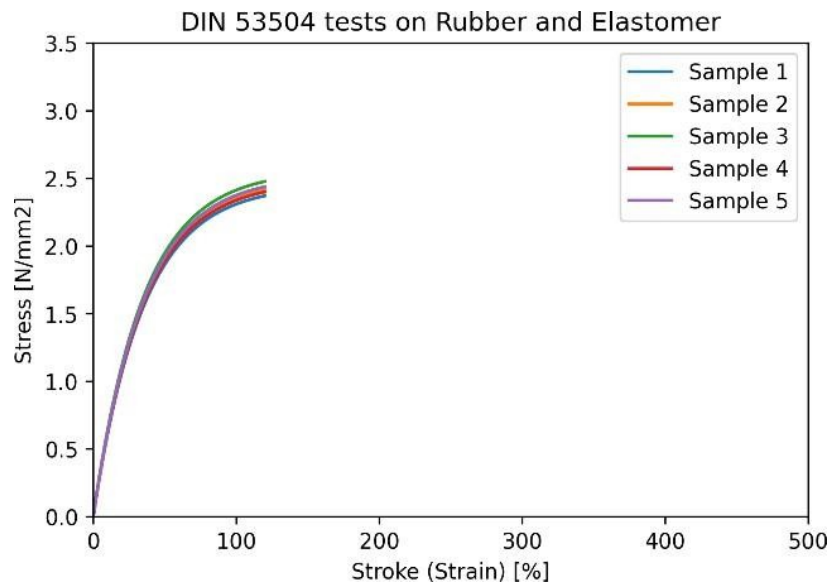
Dengan demikian dari Gambar 2 menunjukkan bahwa kondisi pemrosesan lebih sesuai untuk aplikasi yang membutuhkan elastisitas tinggi dan kemampuan regangan besar, namun kurang optimal untuk aplikasi yang memerlukan kekuatan tarik tinggi. Untuk memperoleh keseimbangan yang lebih baik antara kekuatan tarik dan elastisitas, disarankan dilakukan pengurangan waktu pemanasan (misalnya 1–2 menit) serta penerapan pendinginan yang lebih cepat atau pada suhu yang lebih rendah (di bawah 100 °C) agar fase keras dalam struktur TPE dapat terbentuk secara lebih optimal (Holden et al., 2013; Fried, 2014).

3. Suhu 160°C selama 3 menit sampai 140°C selama 2 menit

Variasi suhu ini diterapkan untuk mengevaluasi pengaruh penurunan suhu akhir yang lebih tinggi dibandingkan percobaan variasi suhu sebelumnya terhadap

keseimbangan antara elastisitas dan kekuatan tarik material. Secara teoritis, suhu akhir yang lebih tinggi dapat meningkatkan pembentukan fase keras (hard domains) pada TPE berbasis SEBS, sehingga berpotensi meningkatkan kekuatan tarik namun menurunkan kemampuan regangan (Holden et al., 2013).

Menurut Fried (2014), suhu pemrosesan dan waktu pemanasan yang relatif tinggi dapat menyebabkan restriksi segmental pada rantai polimer, sehingga material menunjukkan peningkatan kekuatan tarik tetapi penurunan elongasi secara signifikan. Fenomena ini terlihat jelas pada hasil percobaan ketiga, di mana peningkatan tensile strength tidak diikuti oleh kemampuan regangan yang memadai.



Gambar 3. Kurva hubungan tegangan (stress) terhadap regangan (strain) percobaan 3

Kurva tegangan–regangan hasil uji tarik pada Gambar 3 menunjukkan pola yang lebih pendek dan lebih curam dibandingkan percobaan kedua. Tegangan meningkat relatif cepat seiring bertambahnya regangan, kemudian material mengalami putus pada regangan yang lebih rendah. Bentuk kurva ini mencerminkan karakter material yang lebih kaku, dengan kemampuan deformasi plastis yang terbatas. Kurva semacam ini umumnya diasosiasikan dengan material TPE yang memiliki dominasi fase keras, sehingga cenderung menunjukkan perilaku semi-ductile menuju rapuh (less ductile behavior) (Callister & Rethwisch, 2020).

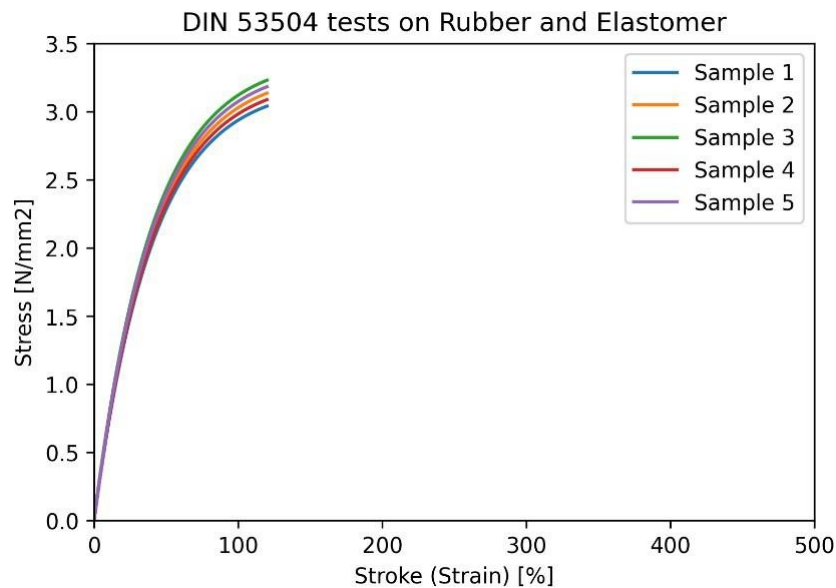
Keseragaman kurva yang dihasilkan pada variasi suhu berbeda menunjukkan bahwa proses berlangsung cukup konsisten, meskipun sifat elastisitas material menurun. Konsistensi ini penting dari sudut pandang proses manufaktur, karena menunjukkan bahwa perubahan sifat mekanik terutama disebabkan oleh pengaruh suhu pemrosesan, bukan oleh variasi proses atau ketidakhomogenan material.

Secara keseluruhan, hasil percobaan ketiga menunjukkan bahwa kombinasi suhu 160 °C selama 3 menit dan 140 °C selama 2 menit menghasilkan material Thermolast dengan kekuatan tarik yang relatif lebih tinggi dibandingkan percobaan kedua, namun dengan elastisitas yang jauh lebih rendah. Kondisi pemrosesan ini kurang sesuai untuk aplikasi yang memerlukan fleksibilitas dan elongasi tinggi, tetapi lebih cocok untuk aplikasi yang membutuhkan stabilitas bentuk dan ketahanan terhadap beban tarik sedang dengan deformasi terbatas. Dengan demikian, percobaan ini hasil penelitian ini menegaskan adanya *trade-off* antara kekuatan tarik

dan elastisitas pada TPE, yang sangat dipengaruhi oleh suhu akhir pemrosesan pada two-roll mill (Holden et al., 2013).

4. Suhu 160°C selama 3 menit sampai 140°C selama 2 menit

Pada variabel suhu 160°C dengan 140°C dengan total waktu pemrosesan 5 menit menggunakan *two-roll mill*. Kondisi suhu ini digunakan untuk mengevaluasi konsistensi hasil pemrosesan pada kondisi suhu yang sama, sekaligus mengamati kemungkinan tercapainya keseimbangan yang lebih baik antara kekuatan tarik dan elastisitas material akibat stabilisasi proses pencampuran dan distribusi panas



Gambar 4. Kurva hubungan tegangan (stress) terhadap regangan (strain) percobaan 4

Kurva tegangan–regangan hasil uji tarik pada Gambar 4 menunjukkan bentuk kurva yang konsisten antar spesimen dengan karakteristik khas elastomer termoplastik yaitu kenaikan tegangan yang relatif landai pada awal regangan, diikuti oleh daerah regangan panjang sebelum putus tanpa adanya patah mendadak. Pada tahap awal pembebanan, kurva menunjukkan perilaku elastis, di mana material mampu kembali ke bentuk semula setelah beban dilepas. Selanjutnya, kurva memasuki daerah deformasi nonlinier (elastis–plastis) yang ditandai dengan kemiringan kurva yang semakin melandai, mencerminkan kemampuan rantai polimer untuk meregang dan tersusun ulang. Titik putus terjadi pada elongasi yang cukup tinggi, yang menandakan sifat lentur, ulet (ductile), dan tidak rapuh, ciri utama elastomer termoplastik berbasis SEBS.

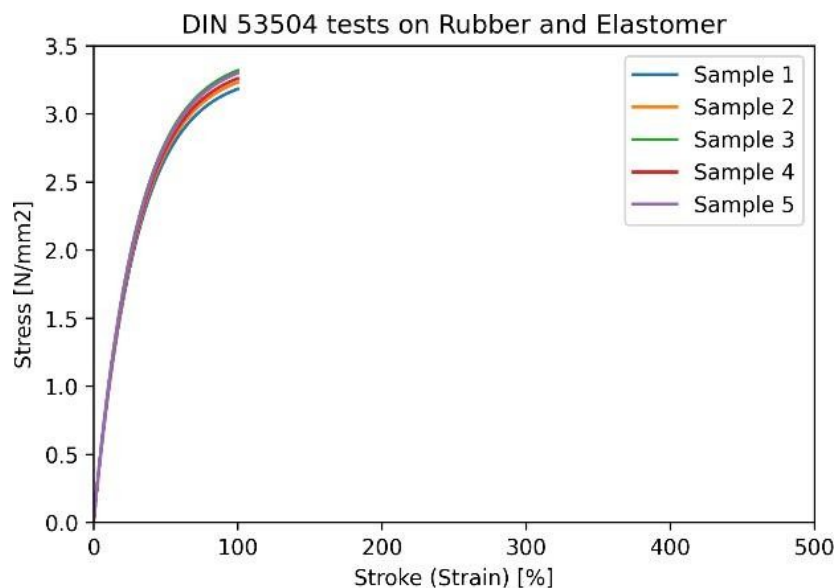
Konsistensi bentuk kurva antar spesimen juga menunjukkan bahwa proses pemrosesan menghasilkan material yang homogen dan stabil secara mekanik. Tegangan meningkat relatif cepat pada tahap awal regangan, kemudian melandai hingga mencapai titik putus. Tegangan maksimum berada pada kisaran 3,14–3,89 N/mm², sementara regangan maksimum berada pada kisaran 61–72%. Bentuk kurva ini menunjukkan perilaku deformasi yang stabil tanpa adanya patah mendadak, yang mengindikasikan bahwa material mengalami ductile failure dan mampu menyerap energi deformasi secara efektif (Callister & Rethwisch, 2020).

Konsistensi antar kurva spesimen menunjukkan bahwa kondisi pemrosesan termal yang digunakan pada percobaan keempat menghasilkan struktur material yang homogen dan tidak mengalami degradasi termal. Hal ini mengindikasikan bahwa kombinasi suhu 160 °C pada tahap awal dan 140 °C pada tahap akhir berada pada rentang suhu pemrosesan yang sesuai untuk TPE berbasis SEBS. Pada kondisi ini, material cukup lunak untuk tercampur dan terorientasi dengan baik pada suhu tinggi, kemudian distabilkan pada suhu yang lebih rendah untuk “mengunci” struktur mikro tanpa menghilangkan elastisitasnya (Fried, 2014; Holden et al., 2013).

Gambar 4. menunjukkan performa mekanik terbaik dibandingkan percobaan sebelumnya, karena mampu menghasilkan kekuatan tarik tertinggi sekaligus mempertahankan elastisitas pada tingkat moderat. Kombinasi sifat ini menunjukkan keseimbangan optimal antara kekuatan dan fleksibilitas, yang sangat dibutuhkan untuk aplikasi elastomer fungsional seperti gasket, seal, dan komponen fleksibel lainnya yang memerlukan deformasi stabil namun tidak berlebihan. (Rafi,2025) Dengan demikian, berdasarkan hasil uji tarik dan analisis kurva tegangan–regangan, kombinasi suhu pemrosesan 160 °C selama 3 menit diikuti 140 °C selama 2 menit dapat dinyatakan sebagai mendekati suhu optimal pemrosesan untuk material Thermolast TPE berbasis SEBS pada proses *two-roll mill*.

5. Suhu 160°C selama 3 menit sampai 145°C selama 2 menit

Pada percobaan kelima dan terakhir ini, saya menggunakan variabel suhu 160°C dengan 145°C selama 5 menit dengan total waktu pemrosesan 5 menit. Didapatkan kurva percobaan 5 pada Kurva berikut ini;



Gambar 5 Kurva hubungan tegangan (stress) terhadap regangan (strain) percobaan 5

Kurva stress–strain hasil uji tarik pada Kurva gambar 5 memperlihatkan karakteristik elastomer yang khas, dengan kenaikan tegangan yang tajam pada awal regangan kemudian melandai hingga titik putus. Tegangan maksimum setiap spesimen berada pada rentang 3,23 hingga 3,44 N/mm², sedangkan regangan maksimum berkisar antara 33,8% hingga 41,8%. Keseragaman bentuk kurva antar spesimen menunjukkan bahwa proses pemanasan pada suhu 160 °C–145 °C menghasilkan material yang relatif homogen dan stabil secara mekanik.

Penurunan elongasi yang terjadi pada suhu tahap kedua 145 °C mengindikasikan bahwa material mulai mengalami peningkatan kekakuan, kemungkinan akibat meningkatnya interaksi fase keras SEBS atau terbatasnya mobilitas rantai polimer elastomerik. Kondisi ini penting diperhatikan dalam penentuan suhu pemrosesan optimal, karena meskipun kekuatan tarik tinggi dapat dicapai, fleksibilitas material menjadi terbatas.

4. KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi suhu 160 °C selama 3 menit yang diikuti dengan penurunan suhu menjadi 140 °C selama 2 menit menunjukkan kinerja mekanik terbaik. Pada kondisi ini, material menghasilkan keseimbangan optimal antara kekuatan tarik dan elastisitas, ditandai dengan nilai tensile strength yang tinggi serta elongasi yang masih berada pada tingkat yang memadai. Kurva stress-strain juga menunjukkan perilaku elastomer yang stabil dan konsisten antar spesimen, menandakan homogenitas dan kestabilan proses pemrosesan. Dengan demikian, dapat disimpulkan dikatakan bahwa suhu pemrosesan optimal untuk material Thermolast TPE berbasis SEBS menggunakan two roll mill dalam penelitian ini adalah 160 °C selama 3 menit dan 140 °C selama 2 menit. Kondisi ini mampu menghasilkan material dengan sifat mekanik yang seimbang, stabil, dan sesuai untuk aplikasi elastomer seperti gasket dan produk fleksibel lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Polymer Additives*. (2020). Specialchem.Com. <https://www.specialchem.com/polymer-additives>
- Conneely, E. (2005). *High Phthalates*. American Chemistry Council. <https://www.americanchemistry.com/chemistry-in-america/chemistries/high-phthalates>
- Google. (2020). *Lokasi PT. Rehau Indonesia*. Google.Com. <https://www.google.com/maps/place/Rehau+Indonesia.+PT>
- Madhusa. (2018). *Difference Between Suspension and Emulsion Polymerization*. Pediaa,Com. <https://pediaa.com/difference-between-suspension-and-emulsion-polymerization/>
- Marcilla, Garcia, & Garcia-Quesada. (2004). Study of the migration of PVC plasticizers. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 71(2457–463).
- PT Rehau Indonesia. (2020). *Basic of Coloristic, Document*. Rehau.Com. <https://www.rehau.com/id-en>
- PT Rehau Indonesia. (2020). *PT Rehau Indonesia*. Rehau.Com. <https://www.rehau.com/id-en>
- Ram. (1997). Fundamental of Polymers Engineering. *Technion Israel Institute of Technology*, 1(1).
- Zweifel, H. (2001). *Plastics Additives Handbook 5th Edition* (5th Editio). Hanser Publisher.