



Pengaruh penambahan CaCO_3 terhadap mekanikal properti pada pembuatan pipa HDPE

ADE DWI SAPUTRA¹, MUTIA ANNISA MARSHA¹, ELVI KUSTIYAH^{1*}

¹ Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Bhayangkara Jakarta Raya; Jakarta Selatan, Jakarta, 12140, Indonesia

*Korespondensi: elvi.kustiyah@dsn.ubharajaya.ac.id

Diterima:

Disetujui: 1 April 2024

ABSTRAK

Latar Belakang: Pipa adalah sebuah selongsong bundar yang digunakan untuk mengalirkan fluida-cairan atau gas. Manfaat penelitian ini adalah mengetahui pengaruh filler terhadap sifat mekaniknya untuk pengaplikasiannya pada pipa HDPE. Pada penelitian sebelumnya telah dilakukan dengan komposisi CaCO_3 yang divariasikan 0 ; 10 ; 20 ; 30 ; 40 dan 50. **Metode:** Pada penelitian kali ini saya bereksperimen membuat komposit dengan matriks resin HDPE sedangkan Filler nya adalah CaCO_3 Dengan komposisi CaCO_3 dengan 0, 4, dan 7 (per seratus resin). **Temuan:** Berdasarkan standard dalam pebuatannya, pipa biasanya di dasarkan pada diameter nominalnya, ia biasanya memiliki nilai outside diameter (OD) atau diameter luarnya tetap sedangkan untuk tebalnya menggunakan istilah schedule yang memiliki nilai bervariasi. Sedangkan filler adalah komponen lain yang terdistribusi secara merata didalam matriks yang memegang peranan penting dalam menguatkan kombinasi antara matriks dan filler tersebut. **Kesimpulan:** Dari hasil pengujian (Tensile and Elongation) disimpulkan semakin ditambahkan kadar CaCO_3 pada sampel mempengaruhi nilai tensile semakin menurun.

KATA KUNCI: CaCO_3 ; elongation; filler; pipa HDPE; tensile.

ABSTRACT

Background: A pipe is a cylindrical conduit used for conveying fluids-liquids or gases. The purpose of this research is to determine the influence of fillers on its mechanical properties for application in HDPE pipes. Previous studies have been conducted with varying compositions of CaCO_3 : 0, 10, 20, 30, 40, and 50. **Methods:** In this study, I experimented by creating composites with an HDPE resin matrix while the filler was CaCO_3 with compositions of 0, 4, and 7 (per one hundred resin). **Finding:** Based on standards in its production, pipes are usually based on their nominal diameter, typically having a fixed outside diameter (OD) while their thickness uses the term schedule which has varying values. Meanwhile, the filler is another component evenly distributed within the matrix, playing a crucial role in strengthening the combination between the matrix and the filler. **Conclusion:** From the test results (Tensile and Elongation), it is concluded that increasing the CaCO_3 content in the sample affects the tensile value, decreasing it.

KEYWORDS: CaCO_3 ; elongation; filler; HDPE pipe; tensile.

1. Pendahuluan

Masa kini sistem perpipaan merupakan bagian yang selalu ada dalam industri, misalnya industri gas dan pengilangan minyak, industri air minum, pabrik yang memproduksi bahan kimia serta obat-obatan, dan juga digunakan dalam penyediaan energi listrik bagi manusia melalui pembangkit. Dalam aplikasinya di dunia industri, pipa lazim

Cara Pengutipan:

Saputra, A. D., Marsha, M. A., & Kustiyah, E. (2024). Pengaruh penambahan CaCO_3 terhadap mekanikal properti pada pembuatan pipa HDPE. *DYNAMES: Dynamics in Engineering Systems: Innovations and Applications*, 1(1), 28-41. <https://doi.org/10.61511/dynames.v1i1.736>.

Copyright: © 2024 dari Penulis. Dikirim untuk kemungkinan publikasi akses terbuka berdasarkan syarat dan ketentuan dari the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



digunakan untuk menyalurkan fluida yang memiliki tekanan, temperatur, serta sifat fisik dan kimia yang dapat mengakibatkan efek negatif serius pada kesehatan dan lingkungan jika sampai terlepas ke udara bebas.

Kegagalan dalam sistem perpipaan dapat menyebabkan berbagai masalah, seperti penghentian operasi pabrik untuk perbaikan yang tidak terjadwal, atau bahkan kerusakan lingkungan dan hilangnya nyawa manusia. Oleh sebab itu, pengetahuan mengenai perancangan sistem perpipaan merupakan hal yang sangat penting, dan kesempurnaan desainnya dapat dicapai melalui pemahaman yang menyeluruh tentang perilaku komponen pipa, serta sistem perpipaan dengan berbagai jenis pembebanan.

Pipa adalah sebuah selongsong bundar yang digunakan untuk mengalirkan fluida - cairan atau gas. Terminologi pipa biasanya disamakan dengan istilah tube, namun biasanya istilah untuk pipa memiliki diameter lebih dari 3/4 in. Berdasarkan standard dalam pembuatannya, pipa biasanya di dasarkan pada diameter nominalnya, ia biasanya memiliki nilai outside diameter (OD) atau diameter luarnya tetap sedangkan untuk tebalnya menggunakan istilah schedule yang memiliki nilai bervariasi. Dalam sebuah pipa atau lebih tepatnya sistem pemipaan, kita akan mengenal istilah NPS. NPS yang memiliki kepanjangan dari Nominal Pipe Size adalah istilah yang menunjukkan diameter nominal (bukan ukuran sebenarnya) dari sebuah pipa. Pipa sendiri di bedakan menjadi dua istilah, piping dan pipeline. Piping di gunakan untuk istilah pipa yang mengalirkan dari satu tempat ke tempat lain dalam jarak yang berdekatan, sedangkan pipa yang digunakan berukuran relatif kecil. Sedangkan pipeline istilah tersebut digunakan untuk mengalirkan fluida dari satu fasilitas (plant) ke plant yang lain, dan biasanya ukurannya sangat besar

Pipa adalah pipa plastik bertekanan yang banyak digunakan untuk pipa air dan pipa gas. Disebut pipa plastik karena material HDPE berasal dari polymer minyak bumi. Oleh karenanya harga material PE dipengaruhi oleh fluktuasi harga minyak bumi. Pipa juga terdiri dari beberapa komposit polimer dimana komposit tersebut terdiri dari dua bahan yang berbeda yaitu matriks dan filler . Matriks adalah resinnya berfungsi sebagai pengikat dari isian atau penguat tadi, dan jika dikenai beban ia akan terdeformasi dan mendistribusikan beban (tegangan) tadi keseluruh unsur-unsur isian penguat, dan berfungsi sebagai unsur penguat struktur komposit. Sedangkan filler adalah komponen lain yang terdistribusi secara merata didalam matriks yang memegang peranan penting dalam menguatkan kombinasi antara matriks dan filler tersebut. Selain itu dapat mengisi ruang kosong yang ada dalam matriks dan mengurangi penggunaan jumlah resinnya. Ini berimbas pada segi ekonominya, dengan mengurangi pemakaian jumlah resin maka menghemat biaya pengeluaran untuk suplai resin yang harganya cukup mahal. Filler terdiri dari berbagai klasifikasi dan contohnya antara lain pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Klasifikasi filter dan contohnya

Klasifikasi	Contoh
Carbonate	Kapur (CaCO_3), limestone, dolomite
Silicates	Talc, clay, keramik
Oksida	Quartz (SiO_2), Silica, Al_2O_3 , MgO, TiO
Hidroksida	$\text{Al}(\text{OH})_3$, $\text{Mg}(\text{OH})_2$
Natural	Serbuk kayu, Serat selulosa
Lainnya	ZnS, BaSO_4 , CaSO_4

Pada penelitian sebelumnya telah dilakukan dengan komposisi CaCO_3 yang divariasikan 0 ; 10 ; 20 ; 30 ; 40 dan 50. Pada penelitian kali ini saya bereksperimen membuat komposit dengan matriks resin HDPE sedangkan Filler nya adalah CaCO_3 dengan komposisi CaCO_3

dengan 0, 4, dan 7 (per seratus resin). Kemudian ketiga sampel akan dilakukan pengujian sebagai berikut: Tensile test (ISO 527-4/1B/50).

2. Metode

2.1 Alat dan bahan

Alat yang digunakan adalah timbangan, *two roll mill*, *hydraulic press*, sedangkan alat yang digunakan adalah resin HDPE, CaCO₃, dan pewarna.

2.2 Prosedur kerja

Pertama, membuat formula dengan variabel jumlah filler dari CaCO₃. Kedua, menimbang formula. Ketiga, lakukan Rheomix selama 12 menit. Masukkan resin ke dalam Rheomix selama 4 menit. Selanjutnya, masukkan Pewarna selama 2 menit. Kemudian masukkan CaCO₃ selama 4 menit hingga homogen atau tercampur rata. Keempat, ambil sample dari Rheomix kemudian masukkan ke mesin Hydraulic press, fungsinya untuk memipihkan sampel sehingga mudah untuk dibentuk menjadi sample pengujian yang ingin dilakukan. Kelima, sampel dibentuk untuk pengujian sampel Tensile test.

2.3 Prosedur pengujian

Pertama, siapkan sampel yang akan diuji. Kedua, bentuk sample dogbound \pm 15 cm. Ketiga, timbang dan ukur ketebalan sampel. Keempat, input ke dalam software. Kelima, jepit sampel pada mesin tensile. Keenam, hasil tensile dan elongation didapat.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Polimer

Polimer adalah senyawa yang terdiri dari sejumlah monomer yang saling berikatan satu sama lain, sehingga molekulnya berupa struktur rantai. Sedangkan monomer adalah senyawa organik yang memiliki ikatan rangkap dua dan ikatan rangkap ini terbuka sehingga membentuk ikatan dengan monomer lain sampai jumlah yang diinginkan (polimer sintetik). Bahan polimer saat ini banyak digunakan untuk pembuatan produk-produk seperti peralatan rumah tangga, kemasan, mainan, furniture dan lain sebagainya, hal ini disebabkan karena teknologi polimer telah berkembang sedemikian pesat sehingga semakin banyak variasi produk berbahan dasar polimer. Kebanyakan polimer berasal dari fraksi paling bawah destilasi minyak bumi (polimer alami) seperti polipropilen, polietilen, PVC dan sebagainya. Kemudian resin polimer tersebut diolah sehingga dapat menghasilkan suatu produk.

3.2 HDPE

Polietilena berdensitas tinggi (High density polyethylene, HDPE) adalah polietilena termoplastik yang terbuat dari minyak bumi. Membutuhkan 1,75 kg minyak bumi (sebagai energi dan bahan baku) untuk membuat 1 kg HDPE. HDPE dapat didaur ulang, dan memiliki nomor 2 pada simbol daur ulang. Pada tahun 2007, volume produksi HDPE mencapai 30 ton. HDPE memiliki percabangan yang sangat sedikit, hal ini dikarenakan pemilihan jenis katalis dalam produksinya (katalis ZieglerNatta) dan kondisi reaksi. Karena percabangan yang sedikit, HDPE memiliki kekuatan tensil dan gaya antar molekul yang tinggi. HDPE juga lebih keras dan bisa bertahan pada temperatur tinggi (120oC). HDPE sangat tahan terhadap

bahan kimia sehingga memiliki aplikasi yang luas, diantaranya: Kemasan deterjen Kemasan susu Tanki bahan bakar Kayu plastik Meja lipat Kursi lipat Kantong plastik Wadah pengangkut beberapa jenis bahan kimia Sistem perpipaan transfer panas bumi Sistem perpipaan gas alam Pipa air Pembungkus kabel Papan luncur salju Pipa HDPE dipakai untuk: Pipa air, Pipa gas, Pipa zat kimia, Pipa air kotor, Pipa biogas Aplikasi lainnya diluar fungsi pipa. Pipa adalah suatu tabung yang dipakai untuk mengantar air/gas/zat lainnya dari satu tempat ke tempat lainnya. Sebagai media pengantar pipa akan dipengaruhi oleh tekanan didalam pipa maupun tekanan dari luar pipa. Disamping itu tergantung pula dengan jenis cairan/gas yang melewatinya. Keunggulan pipa HDPE adalah tahan terhadap korosi (anti karat). Pipa HDPE tahan terhadap korosi karena pipa HDPE terbuat dari plastik.

3.3 Aditif

Aditif adalah senyawa kimia yang bila ditambahkan akan meningkatkan performa polimer, memberi perlindungan dan memperpanjang umur polimer. Adapun jenis-jenis aditif pada polimer adalah sebagai berikut :

- a. Antioksidan berfungsi untuk memperlambat proses oksidasi, dengan cara menangkap radikal bebas. Proses oksidasi selama pengolahan dapat menyebabkan masalah seperti : kehilangan kekuatan, kerusakan sifat mekaniknya dan terjadi perubahan warna. Antioksidan yang banyak digunakan adalah Penterythritol tekrakis (3-(3,5-di-t-butyl-4hydroxyphenyl) propionate), tris(2,4-di-tert-butylphenyl) phosphite, dan Octadecyl 3-(3,5-ditert-butyl-4-hydroxyphenyl) propanoate.
- b. UV Stabilizer bertindak untuk melindungi plastik terhadap kerusakan sinar UV atau sinar matahari seperti perubahan warna, retak, kerapuhan, atau kehilangan sifat fisik lainnya yang diinginkan. UV Stabilizer yang banyak digunakan adalah 2,4-dihydroxybenzophenone, 2-(2-Hydroxy-5methylphenyl)benzotriazole dan HALS (Hindered Amine Light Stabilizer).
- c. Heat Stabilizer berfungsi sebagai bahan yang dapat mencegah terjadinya dehidroklorinasi pada saat pemrosesan agar tidak terjadi degradasi. Heat Stabilizer yang banyak digunakan adalah Lead stabilizer, Mixed metal stabilizer dan Tin stabilizer.
- d. Flame Retardant ditambahkan untuk mencegah pengapian atau mudah terbakar dari produk akhir. Flame retardants umumnya berfungsi dengan cara menghambat mekanisme pembakaran. Flame Retardant yang banyak digunakan adalah Polychlorinated naphthalene, 4,4'-(1-methylethylidene) bis (2,6-dibromophenol) dan 2,2',3,4,4',5',6-Heptabromodiphenyl ether.
- e. Processing Aids berfungsi untuk meningkatkan kapasitas produksi, mengatasi berbagai masalah yang mungkin timbul karena temperature terlalu rendah dan meningkatkan glossy dan transparansi pada produk akhir. Processing Aids yang banyak digunakan adalah Erucamide.
- f. Slip Agent berfungsi untuk meningkatkan kemampuan alir bahan pada proses dengan plastik PP dan PE dan dapat dipakai sebagai lubricant saat proses. Slip Agent yang banyak digunakan adalah Oleamide dan Erucamide.
- g. Plasticizer berfungsi untuk membuat sifat fleksibel, tahan banting dan mudah ditangani. Plasticizer adalah komponen utama dalam plastik yang menentukan sifat fisik produk polimer. Plasticizer yang banyak digunakan adalah diethylene glycol, dibenzoate, n-butyltri-n-hexyl citrate dan (4-methylphenyl) diphenyl phosphate.
- h. Blowing Agent digunakan untuk melepaskan gas ke dalam plastik atau resin. Blowing Agent dapat digunakan untuk mengurangi berat produk, meningkatkan kelembutan, menambahkan sifat penyerapan guncangan atau menambahkan ketahanan pada produk akhir. Blowing Agent yang banyak digunakan adalah chlorinated paraffin wax, carbamoyliminourea dan [(4-methylphenyl)sulfonylamino]urea.
- i. Crosslinking berfungsi untuk meningkatkan ikatan silang dan ikatan antara rantai polimer. Crosslinking meningkatkan kekuatan yang diinginkan seperti: elastisitas, impermeabilitas terhadap gas, dan isolasi listrik yang lebih baik. Crosslinking juga

dapat meningkatkan ketahanan karet terhadap bahan kimia, panas dan abrasi. Crosslinking yang banyak digunakan adalah stearic acid, hexamethoxy methyl melamine dan 2Mercaptobenzothiazole. Kebanyakan polimer akan terdegradasi pada temperature 250-300 OC. Salah satu bahan yang paling rentan akan degradasi adalah PVC. PVC yang terdegradasi akan menghasilkan asam klorida (HCl), HCl yang dihasilkan tersebut akan menjadi autocatalyst untuk deradasi PVC selanjutnya. Penambahan senyawa timbal akan menstabilkan PVC dari degradasi. Tetapi penggunaan timbal sudah banyak di kesampingkan karena tidak baik untuk kesehatan.

3.4 Kalsium karbonat

Kalsium karbonat adalah senyawa kimia penting yang terdiri dari satu atom kalsium terikat pada satu atom karbon dan tiga atom oksigen. Rumus molekul adalah CaCO_3 . Nama-nama umum untuk senyawa ini termasuk batu kapur, kalsit, aragonit, kapur, dan marmer, dan sementara semua mengandung substansi yang sama, masing-masing memiliki proses yang berbeda yang mendasari pembentukannya. Kalsium karbonat digunakan dalam semen dan mortir, memproduksi kapur, dalam industri baja, industri kaca, dan sebagai batu hias.

Senyawa ini biasanya terlihat seperti bubuk putih atau batu. Ini akan mendesis dan melepaskan karbon dioksida saat terjadi kontak dengan asam kuat, seperti asam klorida. Setelah karbon dioksida dilepaskan, sisanya adalah kalsium oksida (CaO), biasa disebut kapur. Ketika kalsium karbonat terjadi kontak dengan air jenuh dengan karbon dioksida, membentuk senyawa larut, kalsium bikarbonat. Dibawah tanah, ini sering mengarah pada pembentukan gua. Reaksi adalah sebagai berikut.



Kalsium karbonat menjadi marmer ketika sangat padat dan dipanaskan dalam bawah permukaan bumi. Oleh karena itu sifat nya yang seperti marmer atau keramik dapat dimanfaatkan sebagai filler didalam komposit. Umumnya memiliki sifat yang kuat namun jika kadar tidak tepat atau terlalu banyak maka mempuat komposit tersebut mudah rapuh atau bersifat brittle. Kelebihan nya adalh harganya yang relatif murah sehingga menghemat pengeluaran dalam pembuat polimer komposit.

3.5 Uji kuat tarik (*tensile*)

Dalam pengujian tarik tentu terdapat kekuatan tarik. Definisi Kekuatan tarik adalah kemampuan bahan untuk menereima beban tarik tanpa mengalami kerusakan dan dinyatakan sebagai tegangan maksimum sebelum putus. Kekuatan tarik pada baja akan naik seiring dengan naiknya kadar karbon dan paduan. Faktor-faktor yang mempengaruhi kekuatan tarik adalah sebagai berikut.

- Kadar karbon; penambahan kadar karbon akan meningkatkan kekerasan suatu bahan. Hal ini menyebabkan kekuatan bahan juga meningkatkan, namun pertambahan % C hanya sampai ± 1 %.
- Heat treatment; heat treatment* berpengaruh pada bentuk buturan. Bila bentuk butiran kecil maka daya tarik antar atom semakin besar sehingga kekuatan tarik menjadi besar, sedangkan butiran besar maka daya tarik antar atom semakin kecil sehingga kekuatan tarik menjadi kecil.
- Bidang slip; logam dan paduannya berdeformasi dengan geseran plastis / slip dimana atom bergeser terhadap bidang atom didekatnya. Deformasi geser ini akan terjadi apabila ada gaya tekan atau tegangan, karena gaya – gaya tersebut dapat diuraikan menjadi tegangan geser. Slip dapat terjadi dengan lebih mudah dalam arah kristal atau bidang tertentu. Dalam uji tarik biasa, gerakan kepala silang mesin penguji memaksa benda uji berada di penjepit. Sebab penjepit harus tetap sebaris. Karena benda uji tidak

- dapat berubah bentuk secara bebas dengan luncuran merata di tiap –tiap bidang slip sepanjang ukuran benda uji.
- d. Homogenitas; homogenitas suatu bahan atau material akan terpengaruh terhadap gaya ikatan antar atomnya. Untuk material dengan tingkat homogenitas yang tinggi maka gaya ikat antar atom juga tinggi sehingga kekuatan tariknya juga tinggi.
 - e. Kecepatan pendingin; semakin cepat pendinginan yang dilakukan maka kekerasan akan meningkat begitu pula dengan kekuatan tariknya juga kecil.
 - f. Konduktifitas fermal bahan; konduktifitas Fermal yang kecil akan memperlambat laju pendinginan sehingga kekerasan baja kecil begitu juga dengan kekuatan tariknya juga kecil.
 - g. Unsur paduan; adanya unsur paduan yang pada umumnya dapat bersenyawa dengan baja atau bahan seperti, Nikel, Chromium dan Mangan dapat meningkatkan kekuatan tarik karena unsur paduan tersebut memiliki sifat keras.
 - h. Ukuran butir; ukuran butiran yang besar bersifat ductive dibandingkan dengan butir yang halus. Ukuran butir yang halus memiliki sifat yang keras sehingga kekuatan tarik besar.
 - i. Dimensi bahan; pada dimensi bahan yang kecil kecepatan pendinginannya lebih besar jadi kekerasan besar dan kekuatan tarik besar, jadi kekerasan besar dan kekuatan tarik besar begitu juga sebaliknya. Dalam uji kuat tarik ini didapatkan data tegangan dan regangan.



Gambar 1. Mesin uji tarik

3.6 Elongation

Semua jenis kekuatan memberitahu kita berapa tegangan yang dibutuhkan untuk mematahkan sesuatu, tetapi tidak memberitahu kita tentang apa yang terjadi pada sampel kita saat kita mencoba untuk mematahkannya, itulah kenapa kita mempelajari elongation dari polimer.

Elongasi merupakan salah satu jenis deformasi. Deformasi merupakan perubahan ukuran yang terjadi saat material di beri gaya. % Elongasi adalah panjang polimer setelah di beri gaya (L) dibagi dengan panjang sampel sebelum diberi gaya (L_0) kemudian dikalikan 100. Elongation-to-break (ultimate elongation) adalah regangan pada sampel pada saat sampel patah. Daya perpanjangan diperoleh melalui persamaan :

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$$

Keterangan:

- ε : daya elongasi,
 Δl : adalah perubahan panjang
 l_0 : adalah panjang mula-mula

3.7 Differential scanning calorimetry (DSC)

Analisis termal dalam pengertian luas adalah pengukuran sifat kimia fisika bahan sebagai fungsi suhu. Penetapan dengan metode ini dapat memberikan informasi pada kesempurnaan kristal, polimorfisma, titik lebur, sublimasi, transisi kaca, interaksi padat-padat dan kemurnian. Pengukuran dalam analisis termal meliputi suhu transisi, termogravimetri, dan analisis cemar. Analisis termal DSC digunakan untuk mengetahui fase-fase transisi pada polimer. Analisis ini menggunakan dua wadah sampel dan pembanding yang identik dan umumnya terbuat dari alumunium.

Teknik-teknik yang mencakup dalam metode analisis termal adalah Termogravimetri Analysis (TGA) yang didasari pada perubahan berat akibat pemanasan. Dalam DSC (Differential Scanning Calorimetry), sampel dan pembanding juga bergantung pada penambahan suhu secara terus-menerus, namun panas yang ditambahkan baik ke sampel atau ke pembanding dilakukan seperlunya, hal ini untuk mempertahankan agar suhu keduanya selalu sama. Penambahan panas dicatat pada recorder, panas ini digunakan untuk mengganti kekurangan atau kelebihan sebagai akibat dari reaksi eksoterm atau endoterm yang terjadi. Data yang di peroleh dari masing-masing teknik tersebut digunakan untuk memplot secara kontinyu dalam bentuk kurva yang dapat disetarakan dengan suatu spektrum yang dikenal dengan sebagai termogram.

Differential Scanning Calorimeter (DSC) merupakan salah satu alat dari Thermal Analyzer yang dapat digunakan untuk menentukan kapasitas panas dan entalpi dari suatu bahan. Differential Scanning Calorimetry (DSC) adalah teknik analisa yang mengukur perbedaan kalor yang masuk ke dalam sampel dan pembanding sebagai fungsi temperatur. Differential Scanning Calorimeter (DSC) merupakan salah satu alat dari Thermal Analyzer yang dapat digunakan untuk menentukan kapasitas panas dan entalpi dari suatu bahan (Ginting et al., 2005). Differential Scanning Calorimetry (DSC) secara luas digunakan untuk mengkarakterisasi sifat thermophysical polimer. DSC dapat mengukur sifat termoplastik penting termasuk titik leleh, kalor peleburan, persen kristalinitas dan suhu transisi gelas.

Kalorimetri pemindaian atau DSC Diferensial adalah teknik thermoanalytical di mana perbedaan dalam jumlah panas yang dibutuhkan untuk meningkatkan suhu dari sampel dan acuan yang diukur sebagai fungsi temperatur. Baik sampel dan acuan yang sangat dipertahankan pada suhu yang sama pada hampir seluruh percobaan. Secara umum, program suhu untuk analisis DSC dirancang seperti bahwa peningkatan suhu pemegang sampel linear sebagai fungsi waktu. Sampel referensi harus memiliki kapasitas panas yang jelas atas kisaran temperatur akan dipindai.

Prinsip dasar yang mendasari teknik ini adalah, bila sampel mengalami transformasi fisik seperti transisi fase, lebih (atau kurang) panas harus mengalir ke referensi untuk mempertahankan keduanya pada temperatur yang sama. Lebih atau kurang panas yang harus mengalir ke sampel tergantung pada apakah proses ini eksotermik atau endotermik. Misalnya, sebagai sampel padat meleleh, cairan itu akan memerlukan lebih banyak panas mengalir ke sampel untuk meningkatkan suhu pada tingkat yang sama sebagai acuan. Hal ini disebabkan penyerapan panas oleh sampel karena mengalami transisi fase endotermik dari padat menjadi cair. Demikian juga, sampel ini mengalami proses eksotermik (seperti kristalisasi), panas yang lebih sedikit diperlukan untuk menaikkan suhu sampel. Dengan mengamati perbedaan aliran panas antara sampel dan referensi, diferensial scanning kalorimeter mampu mengukur jumlah panas yang diserap atau dilepaskan selama transisi tersebut.

DSC juga dapat digunakan untuk mengamati perubahan fasa lebih halus, seperti transisi kaca. DSC banyak digunakan dalam pengaturan industri sebagai instrumen pengendalian kualitas karena penerapannya dalam mengevaluasi kemurnian sampel dan untuk mempelajari pengobatan polimer. Hasil percobaan DSC adalah pemanasan atau pendinginan kurva. Polimer sering dianggap sebagai material yang tidak mampu memberikan performa yang baik pada temperatur tinggi. Namun, pada kenyataannya, terdapat beberapa polimer yang cocok untuk penggunaan pada temperatur tinggi, bahkan lebih baik daripada traditional materials.

Pada polimer, khususnya plastik, definisi temperatur tinggi adalah suhu diatas 135oC. Pada temperatur tinggi, polimer tidak hanya melunak, tetapi juga dapat mengalami degradasi termal. Sebuah plastik yang mengalami pelunakan pada temperatur tinggi tetapi mulai mengalami degradasi termal pada suhu yang jauh lebih rendah hanya dapat digunakan pada suhu di bawah suhu dia mulai mengalami degradasi. Menentukan temperatur aplikasi membutuhkan pengetahuan mengenai perilaku degradasi termal dari polimer tersebut. Titik pelunakan pada polimer sangatlah ditentukan oleh tipe polimer yang digunakan. Pada polimer amorf, suhu yang penting adalah Tg (glass transition temperature). Sedangkan, pada polimer kristalin dan semi-kristalin, suhu yang penting terletak pada Tm (melting point).

Menurut Nurjannah (2008), prinsip kerja analisis termal DSC didasarkan pada perbedaan suhu antara sampel dan suatu pembanding yang diukur ketika sampel dan pembanding dipanaskan dengan pemanasan yang beragam. Perbedaan suhu antara sampel dan zat pembanding yang lembam (inert) akan teramati apabila terjadi perubahan dalam sampel yang melibatkan panas seperti reaksi kimia, perubahan fase atau perubahan struktur. Jika ΔH (-) maka suhu sampel akan lebih rendah daripada suhu pembanding, sedangkan jika ΔH (+) maka suhu sampel akan lebih besar daripada suhu zat pembanding. Perubahan kalor setara dengan perubahan entalpi pada tekanan konstan.

Data yang diperoleh dari analisis DSC dapat digunakan untuk mempelajari kalor reaksi, kinetika, kapasitas kalor, transisi fase, kestabilan termal, kemurnian, komposisi sampel, titik kritis, dan diagram fase. Termogram hasil analisis DSC dari suatu bahan polimer akan memberikan informasi titik transisi kaca (Tg), yaitu suhu pada saat polimer berubah dari bersifat kaca menjadi seperti karet, titik kristalisasi (Tc), yaitu pada saat polimer berbentuk kristal, titik leleh (Tm), yaitu saat polimer berwujud cairan, dan titik dekomposisi (Td), yaitu saat polimer mulai rusak.

3.8 Melt flow rate (MFR)

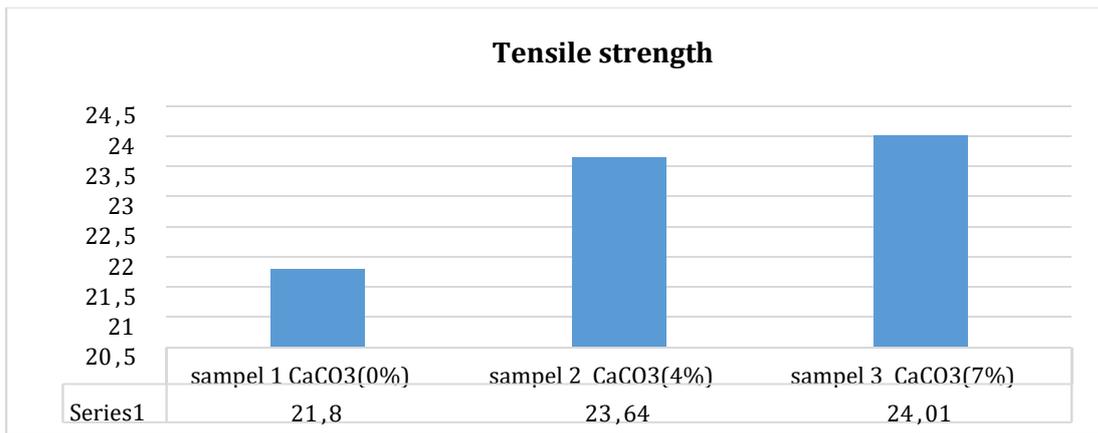
MFR merupakan salah satu pengujian yang sangat praktis sehingga mudah diaplikasikan untuk mengetahui karakteristik dari suatu polimer. Pengukuran ini sangat berguna untuk mempelajari prosesabilitas dari suatu material polimer. Prinsipnya ialah dengan mengukur banyaknya sampel yang meleleh pada waktu apabila menerima pembebanan tertentu yang sesuai standar.

MFR telah digunakan sejak awal polymer muncul. Meskipun instrumen yang dipakai untuk melakukan tes masih belum sempurna, namun metode ini dapat menyajikan data untuk membandingkan sampel-sampel secara cepat. MFR dari polimer ini merupakan spesifikasi yang penting untuk melakukan estimasi bagaimana material tersebut akan berperilaku ketika di ekstrusi dan di inject di mesin molding.

Salah satu aplikasi lain dari MFR adalah dipakai untuk analisa kegagalan. Sampel dari produk yang gagal dapat dites dan dibandingkan dengan spesifikasi dari produk tersebut. Analisa MFR dengan mudah akan mengidentifikasi apakah bagian tersebut telah diproduksi dengan jenis polimer yang salah, data analisa juga dapat memberikan pemahaman terhadap propertiproperti lain dari bagian tersebut. Bagian plastik komersial biasanya mengandung bahan filler, aditif, dan pewarna bersamaan dengan campuran polimer. Ketidakseimbangan dalam resep dapat mempengaruhi sifat mekanik dan hasil aliran lelehan.

3.9 Tensile strength

Tensile adalah uji yang dilakukan pada produk-produk polimer dan plastik lainnya untuk mengetahui seberapa besar kekuatan tarik dari produk tersebut, tensile dinyatakan dengan (Mpa). Biasanya dalam Tensile Test didapat juga nilai elongasi suatu produk. Lihat Gambar 2 berikut.

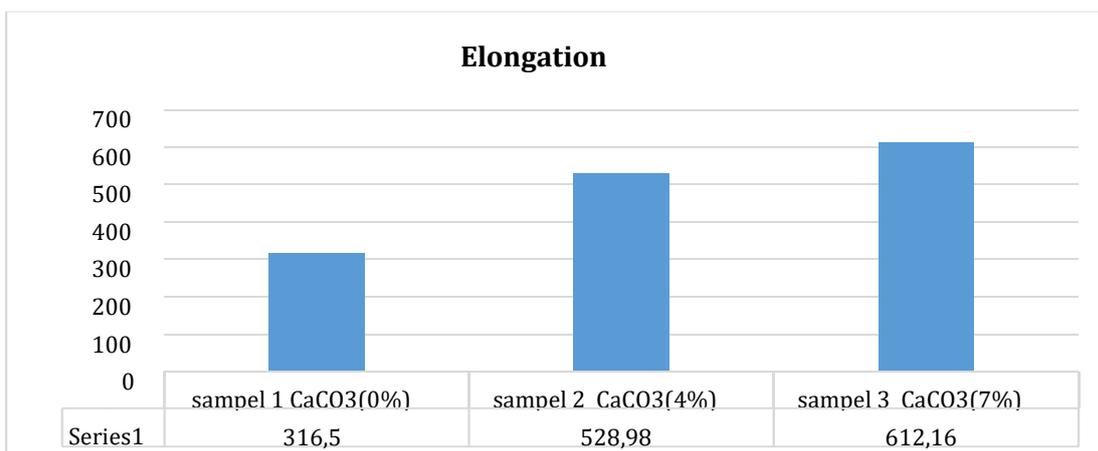
Gambar 2. Grafik uji tarik (*tensile*)

- Terlihat pada Grafik Tensile diatas dimana sampel 1 dengan kandungan CaCO₃ (0%) memiliki nilai tensile(kuat tarik) 21,8 Mpa
- Pada sampel 2 dengan kandungan CaCO₃ (4%) memiliki nilai tensile 23,64 Mpa.
- Pada sampel 3 dengan kandungan CaCO₃ (7%) memiliki nilai tensile 24,01 Mpa.

3.10 Elongation

Elongation adalah sebuah pengujian mekanical pemeluran suatu benda dan bukan sebuah elastisitas. Hampir di setiap pengujian material, elongation itu ada. Dan setiap benda memiliki elongation yang berbeda.

- HDPE standard elongation min 300%.
- MDPE dan LDPE standard elongation min 200%.
- PVC standard elongation min 150%.
- CU/tembaga/copper standard elongtion min 20%.
- Al/alumubium standar elongation min 10%.
- Steel atau baja grad A standard elongation min 4%.

Gambar 3. Grafik *elongation*

- Pada Grafik Elongation diatas dimana sampel 1 dengan kandungan CaCO₃ (0%) memiliki nilai elongation(kuat mulur) sebesar 316,5%.
- Pada sampel 2 dengan kandungan CaCO₃ (4%) elongation sebesar 528,98%.
- Pada sampel 3 dengan kandungan CaCO₃ (7%) memiliki nilai elongation sebesar 612,16%.

3.11 Melting flow rate (MRF)

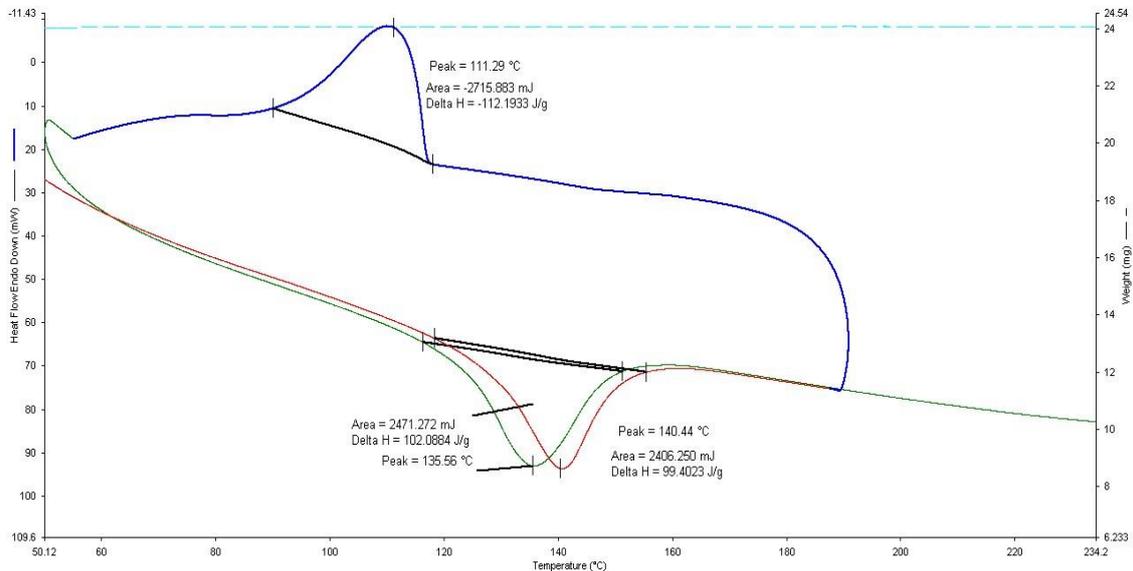
Tabel 2. Nilai MRF setiap material

Material	MFR (g/10 min)
HDPE Asrene SP 4808	0.26
MB Intrablack HG 9688	9.15
Scrap (HDPE + MB 5%)	0.24

3.12 Differential scanning calorimetry (DSC)

Tabel 3. Hasil DSC HDPE asrene SP 4808

Material	T (C) m	T (C) c	Peak Area T c
HDPE Asrene SP 4808	135.56	111.29	<u>2715.883</u>



Gambar 4. Hasil DSC HDPE asrene SP 4808

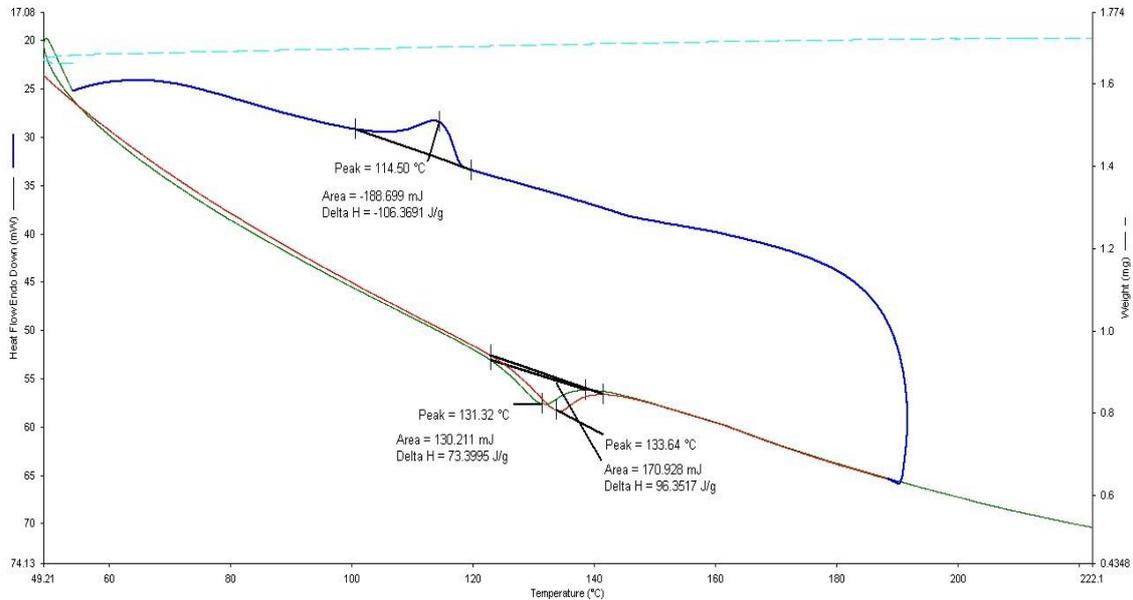
Pada pengujian DSC dengan menggunakan HDPE Asrene SP 4808 didapatkan nilai T_c Kristal Transisi 111.29 oC dan nilai melting point T_m 135.56 oC. Kedua nilai tersebut dapat terlihat langsung pada termogram DSC untuk material HDPE Asrene SP 4808. Area dibawah kurva merupakan proses pelelehan material. Proses pelelehan ini merupakan proses endotermik karena energi yang dikeluarkan oleh tungku yang terdapat dalam mesin DSC diserap oleh material. Ketika sebuah material mulai meleleh, ikatan antar molekulnya menyerap energi dan mulai melonggar yang kemudian ikatan antar molekul tersebut lepas. Karena pencairan melibatkan penyerapan energi, maka pada kurva DSC sebagai penurunan aliran panas yang besar dan sementara. Setelah material benar-benar meleleh, aliran panas kembali ke nilai awal aslinya. Bentuk dari kurva ini tergantung seberapa besar dan seberapa lama material membutuhkan energi untuk melepaskan ikatan antar molekulnya.

ΔH pada termogram DSC material HDPE Asrene SP 4808 merupakan perubahan entalpi yang sudah dihitung oleh software dari mesin DSC. Entalpi merupakan energi yang dilepas atau diserap pada saat berlangsungnya suatu reaksi, entalpi tidak dapat dihitung, tetapi perubahan entalpi ΔH dapat dihitung dengan menetapkan titik referensi. Nilai ΔH yang positif merupakan reaksi endoterm, jika nilai ΔH negatif, maka terjadi reaksi eksoterm. Pada termogram DSC untuk material HDPE Asrene SP 4808, area dibawah kurva menunjukkan

nilai 2715.833 mJ dengan ΔH sebesar 112.1933 J/g. Nilai area dan ΔH berbanding lurus, semakin besar area maka nilai ΔH semakin besar pula.

Tabel 4. Hasil DSC scrap (mix HDPE + MB 5%)

Material	$T (C) m$	$T (C) c$	Peak area T c
Scrap (HDPE+MB 5%)	131.32	114.50	118.699



Gambar 5. Hasil DSC scrap (mix HDPE + MB 5%)

Pada pengujian DSC dengan menggunakan Scrap (mix HDPE + MB 5%) didapatkan nilai (T_c) Kristal Transisi 114.50 oC dan nilai melting point (T_m) 131.32 oC. Kedua nilai tersebut dapat terlihat langsung pada termogram DSC untuk material Scrap (mix HDPE + MB 5%). Pada termogram DSC untuk material Scrap (mix HDPE + MB 5%), area dibawah kurva menunjukkan nilai 118.699 mJ dengan ΔH sebesar 106.3691 J/g. Nilai area dan ΔH berbanding lurus, semakin besar area maka nilai ΔH semakin besar pula (lihat Tabel 5).

Tabel 5. Hasil DSC MB intrablack HG 9688

Material	$T (C) m$	$T (C) c$	Peak area T c
MB intrablack HG 9688	127.97	108.31	356.279

Pada pengujian DSC dengan menggunakan MB intrablack HG 9688 didapatkan nilai (T_c) Kristal Transisi 108.31 oC dan nilai melting point (T_m) 127.97 oC. Kedua nilai tersebut dapat terlihat langsung pada termogram DSC untuk material MB intrablack HG 9688. Pada termogram DSC untuk material MB intrablack HG 9688, area dibawah kurva menunjukkan nilai 356.279 mJ dengan ΔH sebesar 25.1396 J/g. Nilai area dan ΔH berbanding lurus, semakin besar area maka nilai ΔH semakin besar pula.

4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah saya lakukan bahwa saya mendapatkan beberapa hasil sebagai berikut. Pertama, kesimpulan pada pengujian di atas (Tensile and Elongation) semakin di tambahkan kadar $CaCO_3$ pada sampel mempengaruhi nilai tensile semakin menurun. Kedua, nilai elongation yang bertambah hal ini berbanding terbalik seharusnya

semakin ditambahkan CaCO₃ suatu bahan akan mudah putus namun pada percobaan kali ini tidak hal tersebut di sebabkan dikarenakan oleh sifat CaCO₃. Maka perlu ditambahkan variabel pada percobaan berikutnya. Ketiga, semakin banyak kandungan CaCO₃ pada sebuah matriks akan semakin kuat matrix tersebut namun rentang mudah hancur atau putus.

Kontribusi Penulis

Penulis berkontribusi dalam penulisan artikel ini.

Pendanaan

Penelitian ini tidak menggunakan pendanaan eksternal.

Pernyataan Dewan Peninjau Etis

Tidak berlaku.

Pernyataan *Informed Consent*

Tidak berlaku.

Pernyataan Ketersediaan Data

Tidak berlaku.

Konflik Kepentingan

Penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan.

Akses Terbuka

©2024. Artikel ini dilisensikan di bawah Lisensi Internasional Creative Commons Attribution 4.0, yang mengizinkan penggunaan, berbagi, adaptasi, distribusi, dan reproduksi dalam media atau format apa pun. selama Anda memberikan kredit yang sesuai kepada penulis asli dan sumbernya, berikan tautan ke lisensi Creative Commons, dan tunjukkan jika ada perubahan. Gambar atau materi pihak ketiga lainnya dalam artikel ini termasuk dalam lisensi Creative Commons artikel tersebut, kecuali dinyatakan lain dalam batas kredit materi tersebut. Jika materi tidak termasuk dalam lisensi Creative Commons artikel dan tujuan penggunaan Anda tidak diizinkan oleh peraturan perundang-undangan atau melebihi penggunaan yang diizinkan, Anda harus mendapatkan izin langsung dari pemegang hak cipta. Untuk melihat salinan lisensi ini, kunjungi: <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Daftar Pustaka

- Ardjo, A.S. & Rofarsyam. (2005). Pengujian Substitusi CaCO₃ Taiwan Dengan CaCO₃ Produk Lokal Untuk Industri Berbahan Baku PVC. *Teknoin*, 10(2), 163-170. <https://jurnal.uui.ac.id/jurnal-teknoin/article/view/689/611>.
- Hadi, S., Takwin, R.N.A., & Dani, A. (2016). Uji Kekuatan Tekan dan Kekuatan Lentur Pipa Air PVC. *Logic: Jurnal Rancang Bangun dan Teknologi*, 16(1), 7–13. <https://ojs.pnb.ac.id/index.php/LOGIC/article/view/124/100>.
- Karim, A. A. & Yusuf, Z.A. (2012). Analisa Pengaruh Penambahan Inhibitor Kalsium Karbonat dan Tapioka Terhadap Tingkat Laju Korosi Pada Pelat Baja Tangki Ballast Air Laut. *Jurnal*

- Riset Teknologi Kelautan*, 10, 205–212. <https://garuda.kemdikbud.go.id/documents/detail/146582>.
- Kasmudjiastuti, E. & Yuniari, A. (2016). Pengaruh filler PCC (precipitated calcium carbonate) terhadap sifat mekanik, elektrik, termal dan morfologi dari komposit HDPE/PCC. *Majalah Kulit, Karet, dan Plastik*, 28(1), 35-43. <https://doi.org/10.20543/mkpv28i1.203>.
- Widyaningsih, S., Kartika, D., & Tri Nurhayati, Y. (2017). Pengaruh Penambahan Sorbitol dan Kalsium Karbonat terhadap Karakteristik dan Sifat Biodegradasi Film dari Pati Kulit Pisang. *Molekul*, 7(1), 69-81. <https://doi.org/10.20884/1.jm.2012.7.1.108>.

Biografi Penulis

ADE DWI SAPUTRA, Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Bhayangkara Jakarta Raya.

- Email: -
- ORCID: -
- Web of Science ResearcherID: -
- Scopus Author ID: -
- Homepage: -

MUTIA ANNISA MARSHA, Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Bhayangkara Jakarta Raya.

- Email: -
- ORCID: -
- Web of Science ResearcherID: -
- Scopus Author ID: -
- Homepage: -

ELVI KUSTIYAH, Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Bhayangkara Jakarta Raya.

- Email: elvi.kustiyah@dsn.ubharajaya.ac.id
- ORCID: -
- Web of Science ResearcherID: -
- Scopus Author ID: 57203850706
- Homepage: -