

PENGUJIAN SUBSTITUSI CaCO₃ TAIWAN DENGAN CaCO₃ PRODUK LOKAL UNTUK INDUSTRI BERBAHAN BAKU PVC

Anwar Sukito Ardjo, Rofarsyam

*Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Semarang
Jl. Prof. Sudarto, SH No. 1 Semarang 50275 Telp. (024) 7466420
E-mail: anwarsa45@hotmail.com*

ABSTRACT

The paper reports an experiment to produce polyvinyl chloride (PVC) using local (from Gunung Kidul) and imported (from Taiwan) CaCO₃. The laboratory test shows that PVC produced using Taiwanese CaCO₃ is superior over that using local CaCO₃ in terms of its flexibility. Hence, it is not recommended to use local CaCO₃ producing PVC-based products that requires high flexibility such as water pipe, cable isolator. On the other hand, the local PVC may be used to produce, for instance, blinds and compressor.

Keywords: PVC, local CaCO₃, imported CaCO₃

1. PENDAHULUAN

PVC (*polyvinyl chloride*) merupakan salah satu jenis plastik yang digunakan secara luas. Barang-barang yang menggunakan bahan dasar PVC di antaranya adalah: asosiasi otomotif (*dashboard*), pipa air, pipa listrik, pembungkus kabel listrik, bahan bangunan (plafon, ubin, dinding), tempat botol minuman, botol kemasan pelumas, krey (*blinds*), kulit sintetis, pelapis kertas, gasket (perapat), pelapis tahan karat, kopling dan kipas pada pompa, refrigerator. Dalam pemrosesan menjadi barang/produk, PVC selalu memerlukan bahan penambah seperti: CaCO₃ (kalsium karbonat/kapur), pewarna, stabiliser, soda api (*stearic acid*), wax, penahan ultraviolet.

Perbandingan antara PVC dengan CaCO₃ pada umumnya berkisar antara 3:1 hingga 1:1. Fungsi bahan penambah adalah menekan harga produk, menentukan sifat fisik (seperti skuat tarik, keuletan, mampu-serap air), menahan sinar ultraviolet, memberi warna, sifat mudah diproses. CaCO₃ sebagai unsur penekan harga produk memiliki kelemahan akan menurunkan tegangan tarik produk bila komposisinya terlalu besar (formula dengan PVC: CaCO₃ melebihi 1:1).

CaCO₃ yang mudah ditemui di pasaran dalam negeri dengan harga murah adalah CaCO₃ hasil penambangan rakyat, satu di antaranya adalah produk penambangan kapur di Kabupaten Gunung Kidul, Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Sedang produk import yang memiliki harga murah adalah kapur dari Taiwan. Harga CaCO₃ hasil penambangan Gunung Kidul saat ini berharga Rp 125.000/ton, sedang CaCO₃ dari Taiwan Rp 1.856.000/ton. Sedang harga PVC Rp 7.200.000/ton. Perbedaan harga yang cukup besar ini menyebabkan industri yang mengolah PVC berusaha memanfaatkan CaCO₃ lokal. Oleh karena itu perlu dilakukan pengujian, sejauhmana tingkat perbedaan kualitas—terutama tegangan

tariknya – produk PVC yang menggunakan bahan penambah CaCO_3 dari Gunung Kidul terhadap produk PVC yang menggunakan bahan penambah CaCO_3 Taiwan.

Salah satu parameter yang umumnya ada pada suatu bahan adalah tegangan tarik, yaitu kemampuan suatu penampang material menahan beban tarik. Bahan baku plastik dapat dijumpai dalam bentuk butiran maupun bubuk, terdiri dari 2 jenis yaitu: termoplastik (*thermoplastic*) dan termoset (*thermoset*). Jenis termoplastik memiliki ciri bahwa bahan akan lunak bila dipanaskan dan mengeras setelah didinginkan, jenis termoset memiliki ciri keras bila dipanaskan dan tidak dapat dilunakkan kembali. Untuk termoplastik bahan masih dapat didaur ulang dengan menambahkan bahan baku daur ulang maksimal 10%. Jenis termoplastik di antaranya adalah polypropylene, polystyrene, polycarbonat, nylon, polyester, vinil dan polyurethane. Jenis termoset di antaranya adalah acylic bahan baku ini tidak dapat didaur ulang.

Rantai molekul PVC terdiri dari Mer. Momomer PVC, dan polimer PVC. Spesifikasi PVC adalah sebagai berikut :

Berat jenis (*density*) : $1,4 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$.

Kuat tarik (*tensile strength*) : 35-60 MN/m²

Modulus elastisitas (E) : 2500-4100 MN/m².

Regangan pada saat putus : 1-3 %

Sifat : mudah dicetak, tahan untuk makanan yang asam, lemah terhadap petrol dan bahan pembersih.

Kekuatan tarik adalah salah satu sifat dasar dari bahan. Hubungan antara tegangan dan regangan pada tarikan memberikan nilai yang cukup berubah tergantung pada laju tegangan, temperatur, kelembaban, sebab dalam bahan polimer sifat-sifat viskoelektrik mempunyai kekasan seperti dinyatakan diatas. Pada bahan termoplastik, sifat yang demikian dapat berubah dengan penyederhanaan molekul rantai dalam bahan. Umumnya kekuatan tarik dari bahan polimer lebih rendah dari pada baja. Kekuatan tarik dari bahan polimer membentuk kurva tegangan-regangan menurut kekhasannya kecil atau besar, lemah atau kuat, getas atau liat. Bahan yang termasuk kelompok ini adalah polietilin, polipropilin, poliasetan dan lainnya yang terdiri dari molekul rantai.

Sifat bahan tersebut diatas berlaku pada temperatur kamar, sifat tersebut akan berubah banyak apabila temperatur berubah. Resin termoset seperti resin fenol menunjukkan sifat lunak dan lemah, sehingga walaupun temperatur berubah sampai batas tertentu. Untuk resin termoplastik sering berubah dari sifat lunak dan lemah menjadi kuat dan getas apabila temperatur meningkat. Konstanta perbandingan antara tegangan dan regangan yang proporsional merupakan modulus elastisitas atau modulus elastik Young.

Deformasi oleh penarikan sampai patah berbeda banyak tergantung pada jenis dan temperatur. Pada temperatur 20°C perpanjangannya ada pada daerah luar yaitu 0,5-2 %. Kebanyakan dari plastik termoset, kurang dari 5 %. Pada resin termoplastik berkrystal kebanyakan menunjukkan karakteristik mulur yang tinggi atau ulet.

Proses pembuatan produk PVC dibanding plastik jenis lain relatif lebih mahal. Hal ini terjadi karena untuk plastik lain, terutama termoplastik, butiran bahan plastik dapat langsung diolah oleh mesin (misalnya mesin cetak injeksi ,

mesin cetak tiup, mesin ekstrusi). Sedangkan untuk PVC sebelum diolah melalui mesin ekstrusi, terlebih dahulu harus diproses/dimasak bersama-sama bahan penambah. Pemasakan dilakukan dengan mengaduk (*mixing*) sampai dicapai suhu masak sekitar 150°C, lalu didinginkan hingga suhu 25°C. Kemudian diolah dalam mesin ekstrusi untuk dibentuk menjadi butiran. Pada suhu 40°C butiran yang baru saja ke luar dari mesin ekstrusi kemudian dimasukkan dalam mesin ekstrusi berikutnya untuk dibentuk menjadi produk. Dengan dilakukannya kajian kuat tarik produk PVC dengan bahan penambah kalsium karbonat produk penambangan rakyat, maka akan diperoleh harga produk yang lebih rendah, mengurangi import bahan mentah, dan meningkatkan kemanfaatan bahan mentah lokal, namun dengan tetap mempertahankan mutu atau kuat tarik PVC.

Identifikasi masalah yang berkaitan dengan produk PVC adalah :

1. Sebagian produk PVC kecuali botol, selalu memanfaatkan kalsium karbonat (CaCO_3) sebagai bahan penambah yang mencapai 45-50% dari keseluruhan material.
2. Kalsium karbonat merupakan salah satu komponen formula/resep yang sangat mempengaruhi mutu/ kuat tarik produk karena memiliki perbandingan PVC: CaCO_3 antara 1: 0,75 s.d. 1: 1,25.
3. Kalsium karbonat/kapur merupakan bahan galian/penambangan yang sebagian besar masih merupakan penambangan rakyat yang masih menggunakan proses sederhana, yaitu dibakar. Padahal untuk meningkatkan kualitas kalsium karbonat masih memerlukan proses lanjutan sebagai pemurnian, agar unsur ikutan seperti sulfur dapat dipisahkan.
4. Dengan memanfaatkan kalsium karbonat lokal, maka dapat meningkatkan pemanfaatan bahan galian/tambang lokal dan memberikan nilai jual yang semakin tinggi.

Untuk mengetahui perbedaan kuat tarik produk PVC dengan bahan penambah Kalsium Karbonat (CaCO_3) Gunung Kidul terhadap CaCO_3 Taiwan, maka perlu dirumuskan hal-hal sebagai berikut:

1. Menguji dan menganalisis tegangan tarik berdasarkan standard internasional ISO/R57-1966(E) terhadap PVC dengan bahan penambah CaCO_3 Gunung Kidul terhadap CaCO_3 Taiwan untuk formula yang sama
2. Mengkaji perbedaan fisik dan dampak proses yang muncul terhadap PVC dengan bahan penambah CaCO_3 Gunung Kidul terhadap CaCO_3 Taiwan untuk formula yang sama.

2. HIPOTESIS, TUJUAN, DAN KONTRIBUSI PENELITIAN

Hipotesis yang akan dibuktikan oleh penelitian ini adalah: *terdapat perbedaan rata-rata tegangan tarik pada formula PVC dengan Bahan Penambah CaCO_3 dari Gunung Kidul terhadap PVC dengan Bahan Penambah CaCO_3 dari Taiwan.*

Tujuan penelitian adalah :

1. Mengkaji beda tegangan tarik berdasarkan standard internasional ISO/R57-1966(E) terhadap PVC dengan bahan penambah CaCO_3 dari Gunung Kidul terhadap CaCO_3 dari Taiwan untuk formula yang sama

2. Mengkaji perbedaan fisik, juga dampak proses yang muncul terhadap PVC dengan bahan penambah CaCO_3 dari Gunung Kidul terhadap CaCO_3 dari Taiwan untuk formula yang sama
Kontribusi yang diharapkan dari hasil penelitian ini adalah
 1. Memberi rekomendasi kepada industri penggunaan CaCO_3 dari Gunung Kidul untuk bahan penambah pada proses produksi PVC dengan tegangan tarik produk seperti yang diperoleh dalam analisis penelitian ini.
 2. Memberi rekomendasi dan informasi kepada konsumen perbedaan tegangan tarik produk PVC dengan bahan penambah CaCO_3 dari Gunung Kidul dibanding bahan penambah CaCO_3 dari Taiwan.
 3. Memberi informasi bagi dunia penelitian dan pendidikan, informasi kajian tentang produksi PVC dengan bahan penambah penambah CaCO_3 dari Gunung Kidul dan bahan penambah CaCO_3 dari Taiwan.
 4. Memberi informasi kepada Para Pengusaha Tambang & Pemda setempat mengenai potensi CaCO_3 dari daerah Gunung Kidul dapat dijadikan bahan tambahan pada industri PVC, sehingga dapat merangsang pengelolaan dan proses produksi yang lebih baik.

3. METODA PENELITIAN

Untuk mendapatkan analisis tegangan tarik PVC dengan Bahan Penambah CaCO_3 dari Gunung Kidul terhadap PVC dengan Bahan Penambah CaCO_3 dari Taiwan dilakukan dengan metoda:

1. Pengamatan Fisik dan proses produksi

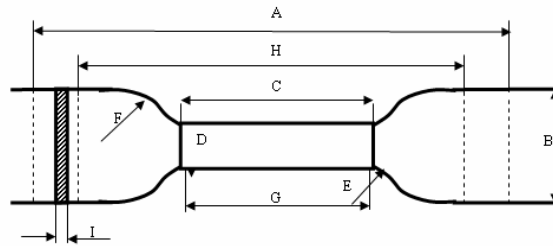
Pengamatan dilakukan untuk menentukan parameter pengamatan fisik dan kimia secara sederhana terhadap CaCO_3 dari Gunung Kidul maupun CaCO_3 dari Taiwan. Pengamatan fisik diusahakan agar menggunakan peralatan sederhana, bukan peralatan laboratorium, agar mudah dilakukan dilapangan oleh produsen maupun konsumen.

2. Pembuatan spesimen

- Spesimen (*material uji tarik*) dibuat sesuai rekomendasi ISO/R57-1966(E) untuk kedua jenis produk yang akan dianalisis. Spesimen dibuat dengan langkah-langkah :
 - mengambil produk dalam bentuk lembaran dengan lebar 3 cm dan tebal 2,5 mm, dari mesin ekstrusi pada suhu mesin yang sama dari mesin dengan tipe dan spesifikasi yang akan dicatat dari PT Kreasi Plastik Indotama, Semarang
 - membentuk spesimen sesuai rekomendasi ISO/R57-1966(E) dengan melakukan penipisan agar spesimen memiliki ketebalan yang sama pada semua bagian dan pembentukan profil yang sama untuk semua spesimen dengan jumlah 10 buah untuk tiap kategori
 - Benda uji dibentuk seperti Gambar 1, sesuai standar ISO.

3. Uji Tarik

Melakukan uji tarik menggunakan mesin uji tarik yang memberi hasil yang reliabel sesuai mesin uji tarik yang ada di Laboratorium Uji Tarik Fakultas Teknik Universitas Gajah Mada, hasil uji tarik dapat dilihat pada Tabel 1.



Dimensi	Keterangan	Ukuran (mm)
A	Panjang keseluruhan, minimum	115
B	Lebar bagian belakang	25 ± 1
C	Panjang bagian paralel yang sempit	33 ± 2
D	Lebar bagian paralel yang sempit	$6 + 0,4''$
E	Radius kecil	14 ± 1
F	Radius besar	25 ± 2
G	Jarak antar garis referensi	25 ± 1
H	Jarak antar grip penjepit	80 ± 1
I	Ketebalan	2

Gambar 1. Standard spesimen uji tarik PVC

4. Analisis

Pilihan analisis hasil uji tarik menggunakan teori menguji kesamaan/perbedaan dua rata-rata: uji dua pihak yaitu: menghitung X_1 , X_2 , S_1 , dan S_2 dengan hipotesis $H_0: \mu_1 = \mu_2$ dan alternatif $A: \mu_1 \neq \mu_2$

H_0 : kedua formula PVC menghasilkan produk dengan rata-rata tegangan tarik sama

H_1 : kedua formula PVC menghasilkan produk dengan rata-rata tegangan tarik berbeda

Harga yang dihasilkan dihitung dengan menentukan :

- Deviasi rata-rata $D_r = \sum D:n$
- Deviasi standard $S_d = \sqrt{(\sum (D-D_{rata})^2 / (n-1))}$
- $t = D_r / (S_d / (n-1))$, sehingga, H_0 : diterima apabila : $(-t_{\alpha/2} \leq t_{ttest} \leq t_{\alpha/2})$ dan H_1 : diterima apabila : $t > t_{\alpha/2}$ atau $t < -t_{\alpha/2}$

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil pengujian yang dilakukan di Laboratorium Uji Tarik Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada diperoleh data seperti Tabel 1. Pada Tabel 2, 3, dan 4 disajikan hasil perhitungan statistik.

Tabel 1. Hasil uji tarik spesimen PVC

CaCO ₃	PVC Taiwan				PVC Gunung Kidul			
	Nilai Saat	Puncak		Patah		Puncak		Patah
Spesimen	A*	B	C	D	A	B	C	D
1	25,799	3,466	19,391		21,933	4,354	16,906	29,000
2	27,350	2,951	14,049	13,248	21,950	4,801	10,839	17,123
3	26,869	3,556	1,255	21,135	22,993	5,295	1,800	9,568
4	24,409	5,997	7,252	13,955	21,147	2,574	17,900	14,529
5	23,939	4,428	1,041	10,924	22,926	2,822	18,000	23,688
6	24,688	3,414	7,040	13,906	20,906	4,153	17,904	36,201
7	25,196	4,820	7,666	19,636	20,289	2,786	4,125	10,863
8	24,582	4,635	4,257	15,500	21,795	4,202	19,447	15,384
9	22,141	2,970	7,839	12,378	22,687	5,516	4,849	11,523
10	23,967	7,751	0,994	24,130	24,335	3,508	21,849	12,935

Keterangan: *A: tegangan tarik maksimum (N/mm²), B: regangan saat A (daerah proporsional) (%), C: tegangan tarik saat putus (N/mm²), D: regangan saat putus (%)

Table 2. Data tegangan dan regangan hasil uji tarik

No	PVC dengan CaCO ₃ dari Taiwan		PVC dengan CaCO ₃ dari Gunung Kidul	
	Tegangan (N/mm ²)	Regangan (%)	Tegangan (N/mm ²)	Regangan (%)
1	25,799	3,466	21,933	4,354
2	27,350	2,951	21,950	4,801
3	26,869	3,556	22,993	5,295
4	24,409	5,997	21,147	2,574
5	23,939	4,428	22,926	2,822
6	24,688	3,414	20,906	4,153
7	25,196	4,820	20,289	2,786
8	24,582	4,635	21,795	4,202
9	22,141	2,970	22,687	5,516
10	23,967	7,751	24,335	3,508

Tabel 3. Perhitungan standard deviasi dan nilai t untuk tegangan tarik

No Spesimen	CaCO ₃ dari Taiwan	CaCO ₃ dari Gunung Kidul	Deviasi	Selisih Deviasi-Deviasi Rata	Selisih Deviasi Kuadrat
1	25,799	21,933	3,866	1,0688	1,142333
2	27,350	21,950	5,400	2,6028	6,774567
3	26,869	22,993	3,876	1,0788	1,163809
4	24,409	21,147	3,262	0,4648	0,216039
5	23,939	22,926	1,013	-1,7842	3,183369
6	24,688	20,906	3,782	0,9848	0,969831
7	25,196	20,289	4,880	2,0828	4,338055
8	24,582	21,795	2,787	-0,0102	0,000104
9	22,141	22,687	-0,546	-3,3432	11,17698
10	23,967	24,335	-0,348	-3,1452	9,892283

Keterangan:

Deviasi standard = 2,077856, t-test = 4,257042, t-tabel (5%) = 1,833, t-tabel (2,5%) = 2,262

Tabel 4. Perhitungan standard deviasi dan nilai t untuk regangan

No Spesimen	CaCO ₃ dari Taiwan	CaCO ₃ dari Gunung Kidul	Deviasi	Selisih Deviasi-Deviasi Rata	Selisih Deviasi Kuadrat
1	3,466	4,354	-0,887	-1,371	1,879641
2	2,951	4,801	-1,850	-2,334	5,447556
3	3,556	5,295	-1,739	-2,223	4,941729
4	5,997	2,574	3,423	2,939	8,637721
5	4,428	2,822	1,606	1,122	1,258884
6	3,414	4,153	-0,739	-1,223	1,495729
7	4,820	2,786	2,034	1,550	2,402500
8	4,635	4,202	0,453	-0,031	0,000961
9	2,970	5,516	-2,591	-3,075	9,455625
10	7,751	3,508	4,243	3,759	14,13008

Keterangan:

Deviasi rata-rata= 0,484; deviasi standard = 1,253; t-test = 1,221502; t-tabel (5%) = 1,833; t-tabel (2,5%) = 2,262

Dengan tingkat kepercayaan 95% untuk dua daerah penolakan ($\alpha /2=0,025$) maka hipotesis yang dapat terjadi adalah :

H₀: diterima apabila : $(-2,28 \leq t_{test} \leq 2,28)$

H₁: diterima apabila : $t_{test} > 2,28$ atau $t_{test} < -2,28$

Dari Tabel 3 maka dapat dilihat bahwa untuk hipotesis 'terdapat perbedaan rata-rata tegangan tarik pada formula PVC dengan bahan penambah CaCO₃ dari Gunung Kidul terhadap PVC dengan bahan penambah CaCO₃ dari Taiwan' bila $t_{test}=4,257042$ dan $t_{tabel} (25\%) = 2,262$ ($t_{test} > t_{tabel}$) maka hipotesis ditolak. Dengan kata lain 'tidak terdapat perbedaan rata-rata tegangan tarik pada formula PVC dengan bahan penambah CaCO₃ dari Gunung Kidul terhadap PVC dengan bahan penambah CaCO₃ dari Taiwan'.

Namun bila dilihat fenomena pada regangannya (tabel 4) yang terjadi adalah $t_{test} = 1,221052$ dengan $t_{tabel} (2,5\%) = 2,262$, maka $-2,28 = t_{test} = 2,28$ dengan kata lain bila dimunculkan hipotesa: 'terdapat perbedaan rata-rata regangan akibat uji tarik pada formula PVC dengan bahan penambah CaCO₃ dari Gunung Kidul terhadap PVC dengan bahan penambah CaCO₃ dari Taiwan', maka hipotesis ini diterima. Uji hipotesis dirangkum pada Tabel 5.

Tabel 5. Rangkuman uji hipotesis

Formula PVC : CaCO ₃	Hipotesis tegangan tarik	Hipotesis regangan
1 : 1	Terdapat Perbedaan	Terdapat Perbedaan
Status Hipotesis	Ditolak	Diterima

Dari hasil yang telah didapatkan dapat direkomendasikan bahwa pada formula PVC:CaCO₃ = 1:1 untuk pemakaian CaCO₃ dari Gunung Kidul, tidak disarankan digunakan untuk produk berupa: pipa air, botol kemasan,

pembungkus kabel listrik, kulit sintetis, perapat, dan berbagai aplikasi yang memerlukan kelenturan tinggi.

Akibat-akibat yang dapat terjadi untuk pemakaian CaCO_3 dari Gunung Kidul diantaranya adalah :

- pipa air/botol kemasan/mudah pecah bila terkena tekanan atau jatuh,
- produk mudah retak akibat penggunaan pada udara terbuka,
- produk tidak mampu menahan tekanan dari dalam yang fluktuatif,
- produk tidak mampu menahan tekanan kejut dari luar
- tidak mampu menahan penetrasi tekanan gasa/zat cair pada perapat/gasket.

Pemanfaatan bahan penambah CaCO_3 dari Gunung Kidul untuk produk-produk di atas akan memunculkan kualitas produk kelas dua/rendah karena kemungkinan tidak memenuhi standard produk. Pemanfaatan bahan penambah CaCO_3 dari Gunung Kidul disarankan untuk produk-produk seperti : pipa listrik, plafond, dinding, ubin, krey (*blinds*), pelapis kertas, pelapis tahan karat, kopling pompa air dan kompresor.

5. SIMPULAN

Simpulan yang dapat ditarik dari penelitian ini adalah:

1. Tidak terdapat perbedaan rata-rata tegangan tarik yang signifikan antara PVC yang diproduksi dengan tambahan CaCO_3 lokal dan CaCO_3 impor.
2. Rata-rata regangan PVC dengan bahan CaCO_3 lokal berbeda secara signifikan dengan PVC dengan bahan CaCO_3 impor. Karenanya, pemanfaatan bahan penambah CaCO_3 lokal pada formula PVC tidak disarankan untuk produk-produk yang memerlukan kelenturan atau fleksibilitas tinggi.
3. Perlu diteliti lebih lanjut kandungan unsur kimia CaCO_3 dari Gunung Kidul apakah memenuhi standard/kriteria internasional sebagai produk yang diperdagangkan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih kepada penyandang dana P5D Bandung, PT Kreasi Plastik Indotama Semarang dan Laboratorium Jurusan Teknik Mesin UGM Yogyakarta yang telah membantu dalam pembuatan sampel dan pengujian.

PUSTAKA

- [1] American Society for Testing Materials (1980) *Annual Book of ASTM Standard*, Philadelphia
- [2] Surdia, T. (1998). *Pengetahuan Bahan Teknik*, Pradnya Paramita, Jakarta.
- [3] Marcia, L. (1982) *Thermoplastic Materials Engineering*, Applied Science Publishers, New York.
- [4] van Vlack (1989) *Ilmu dan Teknologi Bahan*, Edisi 5, Erlangga, Jakarta.
- [5] Kelen, T. (1990) *Polymer Degradation*, Van Nostrand Reinhold, New York.
- [6] Pollack, H.W. (1981) *Materials Science and Metallurgy*, Reston Publishing, New York.