

Pengaruh Bahan Karet Ban Bekas/Karet Alam (*Hevea Brasiliensis*) dan Polypropilena dalam Matriks Termoplastik

Adiansyah^{1*}, Hotromasari Dabukke², Salomo Sijabat², Berkat Panjaitan³, Alfonso Butarbutar⁴, Agusniat Zendrato⁵, Ahmad Rizki Ananda Hasibuan⁶

^{1,4,5,6}Fakultas Sains Teknologi dan Informasi, Universitas Sari Mutiara Indonesia, Jalan Kapten Muslim No.79, Medan 20123, Indonesia

²Fakultas Vokasi, Universitas Sari Mutiara Indonesia, Jalan Kapten Muslim No.79, Medan 20123, Indonesia

³STIKes Binalita Sudama, Jl. Pancing / Jl. Gedung PBSI No. 1 Pasar V Medan Estate 20211, Indonesia

*corresponding author

Artikel Informasi	Abstract
Received : 19 November 2024	<i>Research has been carried out on the influence of used tire rubber/natural rubber (<i>Hevea Brasiliensis</i>) and polypropylene in thermoplastic matrices. Natural rubber has clay properties, and is difficult to mix with other materials without a thermal process. This research was carried out using a heat process to speed up the mixing process. The aim of this research is to determine the effect of used tire rubber/natural rubber (<i>Hevea Brasiliensis</i>) and polypropylene in thermoplastic matrices. This research was carried out using varying concentrations of 25; 30; and 35 parts per hundred rubber (phr), while the initiator used is benzoyl peroxide as the initiator with variations of 0; 1.5; 1.9; 2.3 and 2.7. The research results concluded that the higher the phr, the lower the viscosity of the rubber compound, but the physical properties were not affected.</i>
Revised : 28 November 2024	
Available Online : 30 November 2024	
Keyword Karet Alam; Karet Ban Bekas; Polypropolena; Termoplastik	
Korespondensi Phone : Email : adiansyah_skd@yahoo.co.id	

PENDAHULUAN

Lateks karet alam (NRL) adalah emulsi yang diperoleh dari pohon karet, juga dikenal sebagai *Hevea brasiliensis*. Telah diketahui secara luas bahwa NRL terdiri dari 30-45% hidrokarbon (poli (cis-1,4-isoprena) yang terdispersi sebagai partikel lateks karet dalam air, bersama dengan 3-5% komponen non-karet, termasuk protein (2-3%), lipid (0,1-0,5%), karbohidrat (0,8-1,8%), dan gula (1-2%), dan lain-lain. *Hevea brasiliensis* menampilkan sifat khas yang tidak dimiliki oleh karet sintesis tidak dimiliki oleh karet sintesis. Dibandingkan dengan alternatif sintesis, karet alam masih menunjukkan sifat mekanik yang unggul, seperti ketahanan aus, elastisitas tinggi, dan penumpukan

panas internal yang rendah (Krištofič, 2012; Tanrattanukul et al., 2008).

Plastik merupakan salah satu material yang banyak digunakan dalam berbagai industri karena sifatnya yang ringan, tahan terhadap korosi, dan mudah dibentuk. Namun, tingginya konsumsi plastik berbasis minyak bumi menyebabkan permasalahan lingkungan yang serius, seperti pencemaran dan sulitnya proses degradasi. Oleh karena itu, pengembangan material komposit berbasis termoplastik dengan bahan tambahan yang lebih ramah lingkungan menjadi solusi yang menarik untuk dikaji (Xu et al., 2004)

Salah satu alternatif yang dapat digunakan dalam penguatan material termoplastik adalah dengan

memanfaatkan limbah karet ban bekas dan karet alam. Karet ban bekas merupakan limbah yang sulit terurai dan jumlahnya terus meningkat setiap tahun, sehingga pemanfaatannya sebagai bahan tambahan dalam komposit dapat membantu mengurangi dampak lingkungan. Sementara itu, karet alam memiliki sifat elastisitas yang baik, sehingga diharapkan dapat meningkatkan ketangguhan material komposit (Yan et al., 2024; Yang et al., 2017).

Di sisi lain, polipropilena (PP) merupakan salah satu jenis termoplastik yang memiliki sifat mekanik yang baik, seperti kekuatan tarik yang tinggi dan ketahanan terhadap bahan kimia. Penggunaan polipropilena sebagai matriks dalam komposit dapat meningkatkan performa mekanik material, terutama jika dikombinasikan dengan serbuk karet ban bekas atau karet alam (Imamura et al., 2014; Jetsrisuparb et al., 2017)

Untuk mereaksikan karet ban bekas/karet alam dengan polipropilena dalam matriks termoplastik, diperlukan metode pencampuran yang tepat agar kedua bahan tersebut dapat berikatan dengan baik. Pencampuran Mekanik dengan Ekstruder atau Internal Mixer Metode ini sering digunakan dalam pembuatan komposit berbasis termoplastik. Bahan yang diperlukan: Serbuk karet ban bekas atau karet alam (ukuran partikel kecil, misalnya <math><100\ \mu\text{m}</math> untuk meningkatkan dispersinya dalam matriks). Dalam proses pencampuran Agen kompatibilizer (misalnya Maleic Anhydride Grafted Polypropylene / PP-g-MA) untuk meningkatkan adhesi antara karet dan polipropilena (Khalil et al., 2012; Mahendra et al., 2019; Novita et al., 2020)

Plasticizer atau minyak proses (misalnya minyak parafin atau stearin) untuk meningkatkan fleksibilitas dan kompatibilitas antara karet dan PP. Dalam proses pembuatan biasanya serbuk karet ban bekas/karet alam dikeringkan terlebih dahulu untuk menghilangkan kelembapan.

Polipropilena dilelehkan dalam ekstruder twin-screw atau internal mixer (Banbury Mixer) pada suhu sekitar $170 - 190^{\circ}\text{C}$. Penambahan karet: Serbuk karet ban bekas/karet alam dimasukkan secara bertahap ke dalam matriks PP yang sudah meleleh. Agen kompatibilizer: Ditambahkan agar terjadi interaksi yang lebih baik antara fase karet dan PP (Altenhofen et al., 2011; Romano et al., 2014, 2014; Vlacha et al., 2016)

Pencampuran dan pelelehan: Proses pencampuran berlangsung selama 5–10 menit dengan kecepatan sekitar 50–100 rpm agar terjadi pencampuran yang merata. Pencetakan: Hasil campuran kemudian diproses dengan metode injection molding atau hot press molding untuk membentuk lembaran atau produk akhir. Modifikasi Kimia (Fungsionalisasi Karet atau PP), Agar adhesi antara PP dan karet lebih baik, dapat dilakukan modifikasi kimia, misalnya: Grafting PP dengan maleic anhydride (PP-g-MA) untuk meningkatkan kompatibilitas dengan karet. Penggunaan coupling agent seperti silane atau titanate untuk meningkatkan interaksi antara PP dan karet (Adiansyah, Yunus & Marpongahtun, 2017; Mahendra et al., 2019)

Karet alam memiliki sifat elastisitas tinggi, tetapi kurangnya adhesi terhadap berbagai material membuatnya perlu dimodifikasi atau direaksikan dengan bahan perekat agar lebih kompatibel dalam aplikasi industri. Berikut adalah beberapa metode utama dalam proses reaksi perekat karet alam:

(1) Vulkanisasi (Sulfur Vulcanization) Vulkanisasi adalah proses pembentukan ikatan silang (cross-linking) antara rantai polimer karet dengan menggunakan belerang (sulfur). Proses ini meningkatkan kekuatan mekanik, daya tahan panas, dan ketahanan terhadap pelarut. Adapun bahan yang biasa yang digunakan karet alam (*Hevea brasiliensis*), belerang (S) berfungsi sebagai agen vulkanisasi, Akselerator (MBT, CBS,

TMTD, dll.) berfungsi untuk mempercepat reaksi vulkanisasi dan zat Antioksidan (TMQ, IPPD) berfungsi sebagai mencegah degradasi karet akibat oksidasi serta aktivator (ZnO dan asam stearat) berfungsi untuk meningkatkan efektivitas sulfur dalam membentuk ikatan silang (Hassan et al., 2014)

(2) Modifikasi Karet dengan Perekat Resin Fenolik (Resorcinol-Formaldehyde-Latex, RFL) Metode ini digunakan dalam industri ban dan perekat berbasis karet untuk tekstil dan logam. Resorcinol dan formaldehida bereaksi untuk membentuk perekat yang kuat dengan karet alam, sering digunakan untuk merekatkan karet pada kain atau kawat baja dalam industri ban. Adapun bahan yang digunakan resorcinol ($C_6H_4(OH)_2$), formaldehida (HCHO), lateks karet alam, agen penguat (Sodium Hydroxide / NaOH atau Ammonia / NH_3) (Solt et al., 2019)

(3) Modifikasi Karet dengan maleic anhydride (MA) atau Silane Coupling Agents, metode ini digunakan untuk meningkatkan daya rekat karet pada plastik atau komposit. Maleic Anhydride (MA) bereaksi dengan gugus hidroksil pada karet alam, meningkatkan adhesi dengan polimer lain seperti polipropilena. Silane Coupling Agents membentuk jembatan kimia antara karet dan substrat anorganik seperti kaca atau serat karbon. Adapun bahan-bahan yang digunakan Maleic Anhydride ($C_2H_2(CO)_2O$), silane (γ -Methacryloxypropyltrimethoxysilane, γ -MPS), katalis (Peroksida: DCP atau BPO) (Berzin et al., 2013; Mahendra et al., 2019)

(4) Modifikasi Karet dengan Isocyanate (PU-based Adhesive) Isocyanate bereaksi dengan gugus hidroksil atau amina dalam karet alam untuk membentuk ikatan urethane yang fleksibel tetapi kuat. Adapun bahan-bahan yang digunakan polyurethane prepolymer (TDI atau MDI-based Isocyanate), Agen Penguat (Dibutyltin Dilaurate / DBTDL sebagai katalis) (Maurya et al., 2023; Srivastava et al., 2014)

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penambahan karet ban bekas dan karet alam dalam matriks polipropilena terhadap sifat mekanik dan fisik komposit yang dihasilkan. Diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan wawasan mengenai pengembangan material komposit yang lebih ramah lingkungan dan memiliki sifat yang dapat diterapkan dalam berbagai aplikasi industri.

METODE PENELITIAN

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah internal mixer (banbury mixer), hot press machine, granulator, timbangan digital dan oven pengering (drying oven).

Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari: polipropilena (pp), serbuk karet ban bekas, serbuk karet alam (*hevea brasiliensis*), benzoil peroksida.

Prosedur Penelitian

1. Persiapan Bahan

Polipropilena dalam bentuk pelet atau bubuk ditimbang sesuai komposisi yang telah ditentukan. Jika perlu, PP dikeringkan dalam oven pada suhu 80–100°C selama 2 jam untuk menghilangkan kelembapan.

2. Persiapan Serbuk Karet

Karet ban bekas dihancurkan menggunakan grinder atau granulator hingga berukuran $\leq 100 \mu m$. Serbuk karet alam dikeringkan dan diayak untuk mendapatkan ukuran partikel yang seragam.

3. Pencampuran Bahan

Pencampuran Kering (Dry Mixing), PP, serbuk karet, dan aditif (compatibilizer, plasticizer, antioksidan) ditimbang sesuai rasio yang telah ditentukan. Semua bahan dicampur dalam mixer berkecepatan rendah selama 10–15 menit hingga homogen. Pencampuran dengan Proses Pelelehan (Melt Blending) Campuran bahan dimasukkan ke

dalam ekstruder twin-screw atau internal mixer (Banbury Mixer). Proses berlangsung pada suhu 170–190°C dengan kecepatan sekitar 50–100 rpm selama 5–10 menit. Pencampuran dilakukan menggunakan two-roll mill dengan suhu sekitar 180°C. Setelah homogen, material didinginkan dan dipotong menjadi pelet kecil untuk proses pencetakan.

4. Pembentukan Sampel

Metode Hot Press Molding, pelet atau lembaran komposit dimasukkan ke dalam cetakan. Dipanaskan menggunakan hot press pada suhu 180°C selama 5–10 menit dengan tekanan 100 bar. Setelah pemanasan, cetakan didinginkan hingga mencapai suhu kamar. Pelet dimasukkan ke dalam mesin injection molding. Proses dilakukan pada suhu 190–200°C dan tekanan 100 bar. Produk hasil cetakan dikeluarkan dan didinginkan.

Komposisi termoplastik karet ban bekas/karet alam (*hevea brasiliensis*) dan polypropilena

Tabel 1. Komposisi termoplastik Karet Ban Bekas/Karet Alam (*Hevea Brasiliensis*) dan Polypropilena

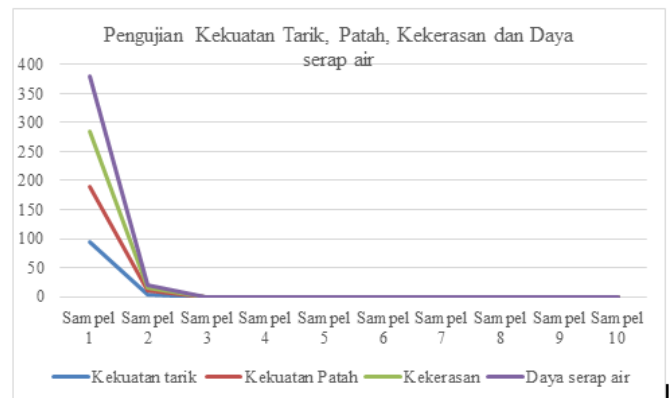
Bahan	Komposisi	
	I 25%	II 30%
Karet alam	25 phr	30 phr
Karet ban bekas	15 g	15 g
Polypropilena	8 g	8 g
Benzoil Peroksida	0,5 g	0,5 g

HASIL DAN PEMBAHASAN

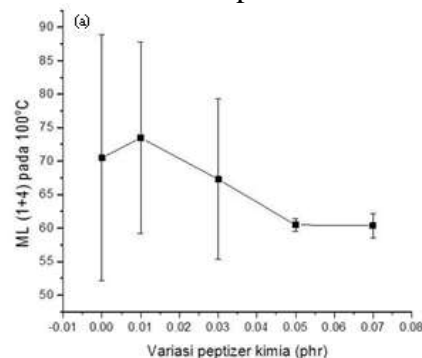
Hasil penelitian dilakukan dengan Pengujian sifat mekanik, kekerasan menggunakan Shore A Mitutoyo ASTM D2240. Pengujian kuat tarik ASTM D412. Hasil yang diperoleh dapat dilihat pada table berikut ini.

Tabel 1. Karet Ban Bekas/Karet Alam (*Hevea Brasiliensis*) dan Polypropilena dalam Matriks Termoplastik

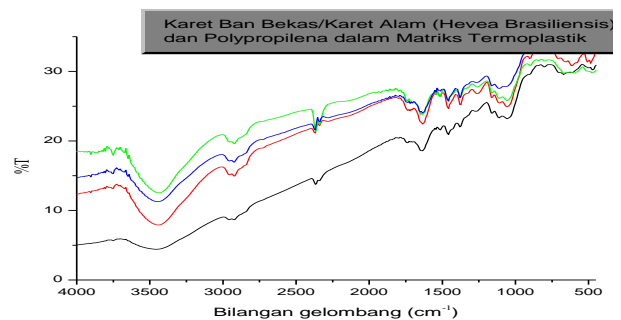
Bahan	Formula (phr)								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Sampel 1	95	95	95	95	95	95	95	95	95
Sampel 2	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Sampel 3	0	0,01	0,03	0,05	0,07	0,03	0,03	0,03	0,03
Sampel 4	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82
Sampel 5	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82
Sampel 6	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41
Sampel 7	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27
Sampel 8	57,89	57,8	57,8	57,8	57,8	57,8	57,8	57,8	57,8
Sampel 9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	0	1,5	2,3	
Sampel 10	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54



Gambar 1. Hasil pengukuran Pengujian Kekuatan Tarik, Patah, Kekerasan dan Daya serap air



Gambar 2. karakteristik viskositas dari komponen karet.



Gambar 3. Data FT-IR Karet Ban Bekas/Karet Alam (*Hevea Brasiliensis*) dan Polypropilena dalam Matriks Termoplastik

Pembahasan

Dari data diatas memperlihatkan pengaruh penambahan variasi konsentarsi pada ban bekas/karet alam dan polipropilena dan dari sifat fisika terhadap kekerasan kompon karet, dari kedua grafik tersebut terlihat bahwa kekerasan kompon karet cenderung tidak berubah. Namun pada grafik penambahan *peptizer* fisika terlihat adanya penurunan kekerasan sebesar 2,5 *phr*, hal tersebut terjadi karena semakin tinggi konsentrasi yang digunakan yang digunakan maka kompon karet akan semakin tinggi akibatnya kekerasan pada kompon karet cenderung lebih rendah [10].

Kekuatan tarik kompon karet diperlihatkan pada Gambar 1. Dari kedua grafik tersebut terlihat bahwa pengaruh penambahan variasi konsentrasi tidak mempengaruhi sifat kuat tarik kompon karet secara signifikan, hal tersebut didasari dari penurunan viskositas sampel yang ada dan mungkin pada penambahan variasai kimia rantai karet memngakibatkan meningkatnya jumlah jumlah ikatan kimia yang terbentuk.

KESIMPULAN DAN SARAN

Penambahan variasi konsentrasi karet ban bekas, dan polipropilena sebesar 0.10 *phr* dan karet alam 3.7 *phr* yang digunakan dalam penelitian ini dapat menurunkan viskositas kompon karet sehingga memudahkan dalam pemrosesan kompon karet, tanpa menurunkan sifat fisik dari kompon karet. Namun perlu adanya penelitian lebih lanjut mengenai dosis optimum penambahan karet alam, karet ban bekas dan polipropilena yang digunakan tanpa menurunkan sifat fisik kompon karet.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terimakasih kepada Universitas Sari Mutiara Indonesia atas pendanaan penlitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Adiansyah, yunus, d., & marpongahtun, dan. (2017). *Influence of palm oil palm consumption with adhesitating based on polypropylene and polypropylene grafting maleat anhidrat pengaruh perendaman serbuk batang kelapa sawit dengan perekat berbasis polipropilena dan polipropilena grafting maleat anhidrat* (vol. 20, issue 3). <https://doi.org/https://doi.org/10.30596/agrium.v20i3.1049>
- [2] Altenhofen, m., gurgel, m., vieira, a., costa, a., maçumoto, g., & beppu, m. M. (2011). Polyvinylchloride (pvc) and natural rubber fi lms plasticized with a natural polymeric plasticizer obtained through polyesteri fi cation of rice fatty acid. *Polymer testing*, 30(5), 478–484. <https://doi.org/10.1016/j.polymertesting.2011.03.008>
- [3] Berzin, f., flat, j. J., & vergnes, b. (2013). Grafting of maleic anhydride on polypropylene by reactive extrusion: effect of maleic anhydride and peroxide concentrations on reaction yield and products characteristics. *Journal of polymer engineering*, 33(8), 673–682. <https://doi.org/10.1515/polyeng-2013-0130>
- [4] Hassan, s. N. A. M., ishak, m. A. M., ismail, k., ali, s. N., & yusop, m. F. (2014). Comparison study of rubber seed shell and kernel (hevea brasiliensis) as raw material for bio-oil production. *Energy procedia*, 52, 610–617. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2014.07.116>
- [5] Imamura, n., sakamoto, h., higuchi, y., & yamamoto, h. (2014). *Effectiveness of compatibilizer on mechanical properties of recycled pet blends with pe , pp , and ps*. June, 548–555.
- [6] Jetsrisuparb, k., pooritorn, k., &

- maungsean, a. (2017). *Effects of surface hydrophobicity on functionalization of oleic acid on bombyx mori silkworm cocoons*. 718, 120–125.
<https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/kem.718.120>
- [7] Khalil, h. P. S. A., bhat, a. H., & yusra, a. F. I. (2012). Green composites from sustainable cellulose nanofibrils: a review. *Carbohydrate polymers*, 87(2), 963–979.
<https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2011.08.078>
- [8] Krištofič, m. (2012). *Compatibilisation of pp/pa blends*.
- [9] Mahendra, i. P., wirjosentono, b., tamrin, ismail, h., mendez, j. A., & causin, v. (2019). The influence of maleic anhydride-grafted polymers as compatibilizer on the properties of polypropylene and cyclic natural rubber blends. *Journal of polymer research*, 26(9).
<https://doi.org/10.1007/s10965-019-1878-2>
- [10] Maurya, a. K., de souza, f. M., & gupta, r. K. (2023). Polyurethane and its composites: synthesis to application [chapter]. *Acs symposium series*, 1452(november 2023), 1–20.
<https://doi.org/10.1021/bk-2023-1452.ch001>
- [11] Novita, l., adiansyah, priyulida, f., sijabat, s., yusnadar, purba, i. E., & nasution, d. Y. (2020). Grafting polypropylene with maleic anhydrous (mah) as particle board adhesive (particle board). *Rasayan journal of chemistry*, 13(02), 1215–1219.
<https://doi.org/10.31788/rjc.2020.1325483>
- [12] Romano, n., tavera-quiros, m. J., bertola, n., mobili, p., pinotti, a., & gómez-zavaglia, a. (2014). Edible methylcellulose-based films containing fructo-oligosaccharides as vehicles for lactic acid bacteria. *Frin*, 64, 560–566.
<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.07.018>
- [13] Solt, p., konnerth, j., gindl-altmutter, w., kantner, w., mitter, r., & herwijnen, h. W. G. Van. (2019). Technological performance of formaldehyde-free adhesive alternatives for particleboard industry. *International journal of adhesion and adhesives*.
<https://doi.org/10.1016/j.ijadhadh.2019.04.007>
- [14] Srivastava, r. K., singh, a., srivastava, g. P., lehri, a., niranjan, a., tewari, s. K., kumar, k., & kumar, s. (2014). Chemical constituents and biological activities of promising aromatic plant nagarmotha (*Cyperus scariosus* r.br.): a review. *Proceedings of the indian national science academy*, 80(3), 525–536.
<https://doi.org/10.16943/ptinsa/2014/v80i3/55127>
- [15] Tanrattanakul, v., sungthong, n., & raksa, p. (2008). *Rubber toughening of nylon 6 with epoxidized natural rubber*. 27, 794–800.
<https://doi.org/10.1016/j.polymertesting.2008.05.013>
- [16] Vlach, m., giannakas, a., katapodis, p., stamatis, h., ladavos, a., & barkoula, n. (2016). Food hydrocolloids on the efficiency of oleic acid as plasticizer of chitosan / clay nanocomposites and its role on thermo-mechanical, barrier and antimicrobial properties: a comparison with glycerol. *Food hydrocolloids*, 57, 10–19.
<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2016.01.003>
- [17] Xu, x., qiao, j., yin, j., gao, y., zhang, x., ding, y., liu, y., xin, z., cao, j., huang, f., & song, z. (2004). Preparation of fully cross-linked CNBR/PP-g-GMA and CNBR/PP/PP-g-GMA thermoplastic elastomers and their morphology, structure and properties. *Journal of polymer science, part b: polymer physics*, 42(6), 1042–1052.
<https://doi.org/10.1002/polb.10694>

- [18] Yan, c., yan, j., zhang, z., yu, d., wang, s., jiang, x., ai, c., & leng, z. (2024). Screw extrusion process used in the polymer modified asphalt field: a review. In *journal of cleaner production* (vol. 448). <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.141592>
- [19] Yang, n., zhang, z. C., ma, n., liu, h. L., zhan, x. Q., li, b., gao, w., tsai, f. C., jiang, t., chang, c. J., chiang, t. C., & shi, d. (2017). Effect of surface modified kaolin on properties of polypropylene grafted maleic anhydride. *Results in physics*, 7(february), 969–974. <https://doi.org/10.1016/j.rinp.2017.02.030>