

## PENGEMBANGAN FORMULA *COMPOUND RUBBER* DALAM PEMBUATAN SOL SEPATU

**Suliknyo, Haris Wahyudi**

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana Jakarta

E-mail: sulicsinyo@gmail.com

**Abstrak** -- Sol sepatu adalah bagian terbawah dari bagian sepatu yang kontak langsung dengan tanah. Sol ini harus memiliki sifat fisik yang baik seperti tegangan putus, perpanjangan putus, Modulus, kekerasan, dan ketahanan. Sifat fisik barang jadi karet sangat dipengaruhi oleh perancangan awal formula kompon karet sol sepatu. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mempelajari pengaruh pemakaian IR 2200 dan KNB 40H sebanyak 10, 10.25, 10.5 phr terhadap sifat mekanik. Bahan digiling menggunakan dua rol terbuka, sedangkan pencetakan digunakan mesin hydraulic press. Hasil uji menunjukkan bahwa vulkanisat karet dengan hasil terbaik diperoleh dengan pemakaian IR 2200 dan KNB 40H sebanyak 10.5 phr dengan nilai tegangan putus 13.42 MPa, perpanjangan putus 713,86%, kekerasan 67.8 shore A, ketahanan sobek 16.34 MPa, dan abrasi 0.22 cc. Hasil uji tersebut memenuhi persyaratan Nike Test Method.

**Kata kunci:** formula, compound rubber, sol sepatu

### 1. PENDAHULUAN

Sol sepatu adalah salah satu bagian bawahan sepatu yang merupakan unsur penentu kualitas sepatu. Kualitas sol karet sebagai komponen bawahan sepatu atau alas kaki yang sangat ditentukan oleh sifat –sifat fisisnya, antara lain: tegangan putus, perpanjangan putus, kekerasan, pampatan tetap, bobot jenis, dan ketahanan retak lentur (Rahmawati, 2009). Ikatan utama dari karet adalah ikatan tidak jenuh (ikatan rangkap) sehingga menyebabkan tidak tahan terhadap oksigen, ozon, cahaya, dan panas. Karet alam tidak tahan terhadap minyak, asam pengoksidasi dan memiliki ketahanan terbatas terhadap asam mineral serta akan mengembang jika terkena senyawa hidrokarbon aromatik, alifatik dan hidrokarbon halogen. Namun, karet alam tahan terhadap beberapa bahan kimia anorganik selain bahan tersebut. Karet alam dapat dibuat ikatan silang (vulkanisasi) dengan menggunakan metode sulfur, sistem donor sulfur, peroksida, vulkanisasi dan radiasi isosianat, tetapi sulfur adalah yang paling banyak digunakan. Dalam proses pembuatan barang jadi karet, karet alam harus dibuat menjadi kompon terlebih dahulu (compounding). Kompon karet adalah karet alam padat yang ditambah dengan berbagai bahan kimia untuk memberikan sifat barang jadi karet yang diinginkan (Barlow, 1993).

### 2. METODOLOGI PENELITIAN

Metode pengambilan sampel untuk di uji laboratorium dilakukan dengan cara mengikuti kajian Nike *Test Method* yaitu:

- a) Nike G76 *Tensile*, *Elongation* dan *Modulus*
- b) Nike G9 untuk uji abrasi

- c) Nike G45 untuk uji kekerasan
- d) ASTM D-624 untuk uji kekuatan sobek

Tabel 2.1 Standar pengujian Nike

Property	Test Method	Standar		Satuan
		Min	Max	
Tensile	Nike G76	100		kgf/cm <sup>2</sup>
Elongation	Nike G76	550		%
300% Modulus	Nike G76	35		kgf/cm <sup>2</sup>
Tear	ASTM D-624	35		kgf/cm <sup>2</sup>
Hardness Shore A	Nike G45	64	70	
Abrasion	Nike G9		0,35	cc loss

Untuk mendapatkan hasil fisik vulkanisat karet perlu diperhitungkan perbandingan formula pada kompon. Komposisi kompon berupa phr (per hundred rubber).

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

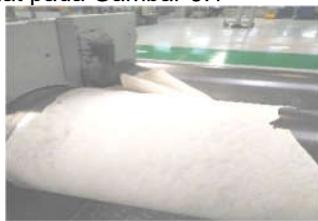
#### 3.1 Pembuatan Sampel

Setelah bahan-bahan yang dibutuhkan diperoleh kemudian dilakukan penimbangan dengan menggunakan timbangan sesuai dengan formulasi masing-masing sampel yaitu sampel I, sampel II dan sampel III. Sampel I menggunakan data original produksi, sampel II menambah *polymer* IR2200 + KNB 40H sebanyak 0,25 phr dan sampel III penambahan sebanyak 0,5 phr dari data formula original. Satuan yang biasa digunakan Phr yaitu per hundred rubber, dimana untuk penimbangan dikonversi kedalam berat bagian komponen penyusun kompon.

Tabel 3.1 Formula sampel I, Sampel II dan Sampel III

Polymer	Sampel I	Sampel II	Sampel III
	PHR	PHR	PHR
BR 1208	80,00	79,5	79,0
IR 2200	10,00	10,25	10,51
KNB 40H	10,00	10,25	10,51

Untuk proses pencampuran bahan-bahan penyusun kompon dicampur menggunakan mesin 2 rol terbuka dengan baik. Setelah bahan tercampur semua dan menjadi lembaran kompon kemudian bahan didinginkan minimal 4 jam. Untuk proses pencampuran karet pada mesin dua rol dapat dilihat pada Gambar 3.1



Gambar 3.1 Proses pencampuran pada mesin 2 rol terbuka

### 3.2 Pengujian Rheometer

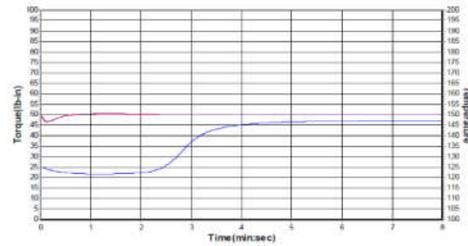
Dari ketiga formula kompon karet yang sudah dicampur menggunakan mesin rol terbuka, karet kemudian di uji hasil kematangannya menggunakan rheometer untuk mengetahui kecepatan vulkanisasi karet. Proses pengujian dengan rheometer ODR2000 dapat dilihat pada Gambar 3.2.



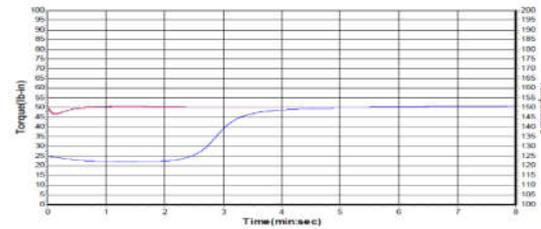
Gambar 3.2 Pengujian kompon menggunakan mesin Rheometer ODR2000

Hasil pengujian sampel I dapat dilihat pada Gambar 3.3, sampel II pada Gambar 3.4 dan sampel III pada Gambar 3.5.

Pada Gambar 3.3 pengujian kematangan kompon sampel I menggunakan mesin rheometer dengan temperatur 150°C didapat *Time considering* atau Tc10 2 menit 22 detik dan Tc90 3 menit 50 detik. Waktu kematangan pada Tc90 atau kematangan 90% sebagai acuan produksi yaitu 3 menit 50 detik.

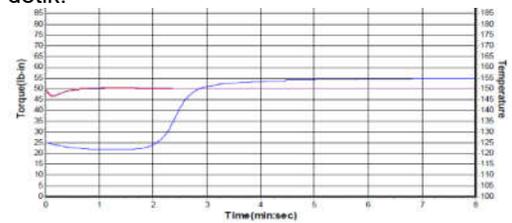


Gambar 3.3 Grafik hasil uji rheometer formula original produksi



Gambar 3.4 Grafik hasil uji rheometer formula sampel II

Pada Gambar 3.4 pengujian kematangan kompon menggunakan mesin rheometer dengan temperatur 150°C didapat *Time considering* atau Tc10 2 menit 26 detik dan Tc90 3 menit 41 detik. Waktu kematangan pada Tc90 atau kematangan 90% sebagai acuan produksi yaitu 3 menit 41 detik.



Gambar 3.5 Grafik hasil uji rheometer sample III

Pada Gambar 3.5 pengujian kematangan kompon menggunakan mesin rheometer dengan temperatur 150°C didapat *Time considering* atau Tc10 2 menit 26 detik dan Tc90 3 menit 41 detik. Waktu kematangan pada Tc90 atau kematangan 90% sebagai acuan produksi yaitu 3 menit 41 detik.

Dari hasil pengukuran rheometer pada sampel I, sampel II dan sampel III didapat data seperti pada Tabel 3.2

Tabel 3.2 Hasil tes rheometer

Pengujian Rheometer ODR 2000		
Model	Tc 10	Tc 90
Sampel I	2'22"	3'50"
Sampel II	2'26"	3'41"
Sampel III	2'04"	3'05"

Pada Tabel 3.2 sampel I didapat tingkat kematangan 90% selama 3 menit 50 detik lebih lama dibandingkan pada sampel II dan sampel III. Sampel II hasil penambahan IR200 dan KNB 40H sebanyak 0,25 phr (*per hundred rubber*) dengan jumlah phr bahan pengisi lainnya sama dengan jumlah phr formula original didapatkan hasil kematangan lebih cepat 9 detik dari sampel I. Pada sampel III dengan menambahkan IR200 dan KNB 40H sebanyak 0,5 phr dari jumlah phr bahan pengisi lainnya sama dengan jumlah phr formula original didapatkan hasil kematangan lebih cepat 45 detik dari sampel I.

### 3.3 Pemberian Bentuk (Molding)

Proses vulkanisasi kompon ini dilakukan menggunakan alat hot press dengan membentuknya seperti lembaran flat. Kompon dibentuk lembaran dan dipotong seperti ukuran cetakan (mold). Mesin hot press diset pada suhu 150°C. Untuk proses vulkanisasi kompon karet dapat dilihat pada Gambar 3.6



Gambar 3.6 Pemasukan kompon ke dalam cetakan

Sampel kompon yang berada di dalam cetakan kemudian di press dengan tekanan 100 kgf/cm<sup>2</sup> selama 7 menit. Sampel yang telah terbentuk merupakan kompon yang telah mengalami vulkanisasi (karet vulkanisat). Untuk proses vulkanisasi kompon dapat dilihat pada Gambar 3.7



Gambar 3.7 Pemasukan cetakan ke mesin hot press

Proses pemasakan kompon menggunakan mesin hot press dengan temperatur 150°C selama 7 menit. Dilakukan 7 menit karena dalam

pembuatan sol sepatu terdapat 2 warna karet sehingga dilakukan pembetulan warna pertama kemudian cetakan dibuka untuk membersihkan batas warna, setelah bersih warna kedua dimasukkan ke dalam cetakan kemudian cetakan masuk ke mesin hot press.

### 3.4 Pengujian Sifat Mekanik (Pengujian Tensile Strength, Strain dan Modulus elastic)

#### a) Sampel I (Formula original produksi)

Tabel 3.3 Hasil uji *tensile*, *strain* dan *modulus elastic* sampel 1

No	Max Load Tensile (kgf/cm <sup>2</sup> )	Max Load Strain (%)	300% Modulus Load (kgf/cm <sup>2</sup> )	Max Load Tensile (MPa)	300% Modulus Load (MPa)	Thickness (mm)
1	55,50	567,70	28,65	5,44	2,81	2,04
2	71,62	648,67	29,01	7,02	2,84	2,05
3	45,68	525,47	26,73	4,48	2,62	2,08
Mean	57,60	580,61	28,13	5,64	2,76	2,06

Berdasarkan Tabel 3.3 dengan pengujian tiga kali tarikan didapat nilai uji tarik yang kedua sangat tinggi nilainya karena pada saat proses *buffing*/dibuka pori-pori menggunakan gerinda batu kurang rata. Pada formula original produksi ini didapat tegangan rata-rata 57,60 kgf/cm<sup>2</sup>, regangan rata-rata 580.61% dan modulus rata-rata 28.13 kgf/cm<sup>2</sup>.

#### b) Sampel 2 (penambahan polymer IR2200 dan KNB 40H 0,25 phr)

Tabel 3.4 Hasil uji *tensile*, *strain* dan *modulus elastic* sampel II

No	Max Load Tensile (kgf/cm <sup>2</sup> )	Max Load Strain (%)	300% Modulus Load (kgf/cm <sup>2</sup> )	Max Load Tensile (MPa)	300% Modulus Load (MPa)	Thickness (mm)
1	137,71	767,74	40,99	13,50	4,02	2,04
2	131,95	722,80	41,80	12,93	4,10	2,05
3	129,79	739,99	39,57	12,72	3,88	2,08
Mean	133,15	743,51	40,79	13,05	4,00	2,06

Berdasarkan Tabel 3.4 menggunakan komposisi formula sampel II didapat tegangan rata-rata 133.15 kgf/cm<sup>2</sup>, regangan rata-rata 743.51% dan modulus rata-rata 40.79 kgf/cm<sup>2</sup> lebih baik nilainya dibandingkan pada sampel I.

#### c) Sampel 3 (penambahan polymer IR2200 dan KNB 40H 0,5 phr)

Tabel 3.5 Hasil pengujian sampel III

No	Max Load Tensile (kgf/cm <sup>2</sup> )	Max Load Strain (%)	300% Modulus Load (kgf/cm <sup>2</sup> )	Max Load Tensile (MPa)	300% Modulus Load (MPa)	Thickness (mm)
1	140,01	770,04	40,00	13,72	3,92	2,04
2	134,39	673,37	45,00	13,17	4,41	2,05
3	136,28	698,16	45,00	13,36	4,41	2,08
Mean	136,89	713,86	43,33	13,42	4,25	2,06

Berdasarkan Tabel 3.5 menggunakan komposisi formula sampel III didapat tegangan rata-rata 136.89 kgf/cm<sup>2</sup>, regangan rata-rata 713.86% dan

modulus rata-rata 43.33 kgf/cm<sup>2</sup> lebih baik nilai tegangan dan modulusnya dibanding sampel I dan sampel II.

**3.5 Pengujian Sobek (ASTM D624)**

Ketahanan sobek adalah parameter untuk mengetahui ketahanan vulkanisat terhadap robekan atau sobekan. Ketahanan sobek merupakan salah satu faktor penting dalam parameter uji sol sepatu. Katahanan sobek yang tinggi menghasilkan vulkanisat sol sepatu yang semakin baik sehingga waktu pakai produk semakin lama. Hasil analisa penambahan polymer IR2200 dan KNB 40H terhadap ketahanan sobek dapat dilihat pada Tabel 3.6 sampel I, Tabel 3.7 sampel II dan Tabel 3.8 sampel III.

a) Pengujian sobek sampel I

Tabel 3.6 Hasil pengujian sobek sampel I spesimen 1-3

	Tear Strength (kgf/cm)	Maximum Load (kgf)	First Peak (kgf)	Extension (mm)	Thickness (mm)
1	31.54	6.717	6.717	89.167	2.130
2	32.60	7.042	7.042	115.833	2.160
3	30.63	6.646	6.646	96.667	2.170
Mean	31.59	6.802	6.802	100.556	2.153

Hasil uji sampel I didapat kekuatan sobek rata-rata 31.59 kgf/cm<sup>2</sup> dengan maksimum beban 6.8 kgf kurang dari standar ASTM D624 yaitu minimal 35 kgf/cm<sup>2</sup>.

b) Pengujian sobek sampel II

Tabel 3.7 Hasil pengujian sobek sampel II spesimen 1-3

	Tear Strength (kgf/cm)	Maximum Load (kgf)	First Peak (kgf)	Extension (mm)	Thickness (mm)
1	66.02	15.449	15.449	305.833	2.340
2	61.60	13.860	13.860	268.333	2.250
3	64.26	14.329	14.329	287.500	2.230
Mean	63.96	14.546	14.546	287.222	2.273

Hasil uji sampel II didapat kekuatan sobek rata-rata 63.39 kgf/cm<sup>2</sup> lebih baik karena melebihi standar ASTM D624 yaitu minimal 35 kgf/cm<sup>2</sup>.

c) Pengujian sobek sampel III

Tabel 3.8 Hasil pengujian sobek sampel III spesimen 1-3

	Tear Strength (kgf/cm)	Maximum Load (kgf)	First Peak (kgf)	Extension (mm)	Thickness (mm)
1	177.15	36.315	36.315	62.500	2.050
2	164.22	33.665	33.665	55.833	2.050
3	159.03	32.601	32.601	60.000	2.050
Mean	166.80	34.194	34.194	59.444	2.050

Hasil uji sampel III didapat kekuatan sobek rata-rata 166.8 kgf/cm<sup>2</sup> dengan maksimum beban 34.19 kgf lebih baik dari standar ASTM D624 yaitu minimal 35 kgf/cm<sup>2</sup>.

**3.6 Pengujian Hardness (kekerasan)**

Kekerasan merupakan ukuran kekakuan dari kompon karet. Semakin lentur produk karet maka semakin rendah kekerasan produk tersebut. Untuk mengukur kekerasan karet yang sudah di vulkanisasi digunakan alat Durometer Shore A. Pada pengukuran kekerasan karet dilakukan 5 kali pengukuran pada tempat yang berbeda. Untuk hasil pengukuran kekerasan dapat dilihat pada Tabel 3.9.

Tabel 3.9 Hasil pengujian kekerasan sampel I, II dan III.

Model	Kekerasan Shore A Nike G45					Avg
	Min 64 & Max 70					
Sampel I	64	65	65	66	67	65,4
Sampel II	68	69	67	67	67	67,6
Sampel III	67	68	68	68	68	67,8

Dari Tabel 3.9 didapat hasil sampel II dan III dengan penambahan polymer IR2200 dan KNB 40H sebanyak 0,25 dan 0,5 phr menambah nilai kekerasan pada karet.

**3.7 Pengujian Berat Jenis atau Specific Gravity**

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui nilai ketahanan kikis pada karet vukanisat karena nilai pembagi hasil abrasinya adalah berat jenis. Berikut adalah hasil nilai berat jenis sampel I sampai dengan sampel III.

Tabel 3.10 Hasil pengujian berat jenis

Model	Specify Gravity Nike G43			
	1,14-1,18 (g/cc)			Avg
Sampel I	1,17	1,17	1,17	1,17
Sampel II	1,11	1,11	1,11	1,11
Sampel III	1,11	1,11	1,11	1,11

**3.8 Pengujian Abrasi**

Ketahanan kikis merupakan kemampuan produk jadi karet untuk menahan abrasi akibat adanya gaya gerak. Berikut adalah hasil dari pengujian ketahanan kikis karet vulkanisat.

Tabel 3.11 Hasil ketahanan abrasi

Model	Ketahanan Abrasi Nike G9			
	Max 0.35 (cc loss)			Avg
Sampel I	0,31	0,32	0,33	0,32
Sampel II	0,26	0,25	0,25	0,25
Sampel III	0,22	0,21	0,23	0,22

## 4. KESIMPULAN DAN SARAN

### 4.1 Kesimpulan

Dari hasil analisa pengembangan formula compound rubber dalam pembuatan sol sepatu di peroleh kesimpulan, yaitu:

- Penambahan polymer IR2200 dan KNB 40H sebanyak 0,5 phr memperbaiki nilai tensile strength 136.89 kgf/cm<sup>2</sup>, elongation at break 713,86 % dan modulus elastic 43.33 kgf/cm<sup>2</sup> pada sampel III.
- Pengaruh pengembangan formula terhadap kekuatan sobek menjadi lebih baik yaitu 166.8 kgf/cm<sup>2</sup> pada sampel III. Pengaruh pengembangan formula sampel III terhadap kekerasan menjadi lebih baik yaitu 67,8 shore A sehingga semakin tinggi nilai kekerasan maka nilai abrasi semakin kecil yaitu 0.22 cc.

### 4.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan pada formula yang sudah ada (sampel I) memiliki sifat mekanik yang lebih rendah. Untuk meningkatkan

sifat mekanik maka disarankan untuk menggunakan formula yang sudah ditambahkan polymer IR2200 dan KNB 40H sebesar 0,5 phr.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Barlow, F.W. (1993). *Rubber Compounding*. New York : Marcel Dekker Inc.
- [2]. Callister Jr., William D. 1997. *Materials Science and Engineering an Introduction 4th Edition*. Canada : John Willey & Sons, Inc.
- [3]. Heinisch, K. F. (1994). "Vulcanisation" *Dictionary of Rubber, Applied Science Publisher Ltd*.
- [4]. Rahmawati. (2009). Pengaruh Komposisi Arang Cangkang Kelapa Sawit dan Hitam Arang (*Carbon Black*) Terhadap Kualitas Kompon Karet Sol Sepatu. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- [5]. Rodgers, Brendan. (2004). *Rubber Compounding, Chemistry and Applications*. New York Marcel Dekker, Inc.
- [6]. Sommer, John G. (2009). *Engineered Rubber Product, Introduction to Design, Manufacture and Testing*. German: Hanser Publications.