

Sifat elektronis dari komposit karbon hitam-karet alam = Electronic properties of carbon black-natural rubber composite

Muliawati G. Siswanto, author

Deskripsi Lengkap: <https://lib.ui.ac.id/detail?id=83574&lokasi=lokal>

Abstrak

Penelitian ini pada khususnya menelaah sifat-sifat permukaan dari karet alam pada perbatasan karbon hitam/karet alam di dalam komposit. Polarisasi pada daerah batas yang disebabkan adanya penambahan tegangan di daerah tersebut di atas yang penting artinya secara industri telah dianalisa. Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk memperjelas mekanisme konduksi listrik dari komposit-karbon hitam - karet alam.

Penambahan karbon hitam kedalam karet alam, akan menghasilkan komposit karbon hitam-karet alam yang mempunyai konduktivitas listrik (σ) yang lebih tinggi, dibandingkan dengan konduktivitas karet alam itu sendiri. Karet alam adalah isolator ($\sigma < 10^{-13} \text{ n-1 m-1}$), sedangkan konduktivitas dari karbon hitam adalah dalam daerah semikonduktor ($\sigma = 10^3 \text{ n-1 m-1}$). Konduktivitas makroskopik dari komposit ternyata dapat dibuat sesuai kebutuhan, dari isolator sampai pada daerah konduktivitas dari semikonduktor, tergantung secara primer pada macam dan konsentrasi karbon hitam yang ditambahkan. Selain daripada itu, harga konstanta dielektrik (K) dari komposit ini sangat tinggi, jauh lebih tinggi dibandingkan harga K dari karet alam maupun karbon hitamnya (sifat sinergistik).

Konduktivitas arus searah diukur dalam kurun temperatur 77 K sampai 373 K. Sifat-sifat ac, khususnya konduktivitas dan kapasitas telah diukur dalam kurun frekwensi 10 Hz sampai 10 M Hz dalam kurun temperatur 284 K sampai 373 K. Pada penelitian ini dipakai kontak yang bersifat ohmik pada setiap sampel, yang merupakan komposit yang mengandung berbagai macam karbon hitam, yaitu HAF, Vulcan P, Vulcan XC 72 atau Black Pearls 2000.

Penelitian material dengan mikroskop elektron (SEM) dan metoda difraksi sinar X von Laue untuk kristalisasi karena tarikan, menunjukkan bahwa secara submakroskopik (mikroskopik orde pertama), komposit tersebut tidak homogen, terdiri dari partikel/agregat karbon hitam yang terdispersi dalam matrix vulkanisat karet alam. Selain daripada itu, ditunjukkan bahwa pada daerah batas antara kedua bahan tersebut timbul tambahan tegangan (enhanced stress).

Dua buah model telah dilakukan untuk mencoba menginterpretasikan sifat-sifat konduktivitas dc sebagai fungsi dari temperatur dan konsentrasi karbon hitam dan juga sifat-sifat dispersi dari besaran-besaran ac, disebabkan karena keadaan secara makroskopik maupun submakroskopik (mikroskopik orde pertama).

Model yang pertama berdasarkan kepada sifat inhomogenitas secara submakroskopik dari komposit. Komposit tersebut dipandang sebagai suatu media inhomogen Maxwell-Wagner dua fasa, yaitu karbon hitam sebagai penguat konduktif dan matrix vulkanisat karet alamnya, dimana terjadi tambahan tegangan

pada daerah batas dari kedua bahan tersebut, Pembahasan diberikan berdasarkan polarisasi pada daerah batas dan terjadinya lapisan dipol dalam karet di daerah batas, sebagai akibat adanya tegangan tersebut di atas. Model ini ditunjang dengan data harga kapasitans dan perhitungan harga koefisien dielektrik K dari komposit yang sangat tinggi (sinergetik). Dalam model ini, secara analitis, komposit dapat digambarkan sebagai suatu kumpulan seri dari susunan-susunan paralel dari elemen-elemen mikro RC.

Model yang lain adalah membahas sifat-sifat listrik, dimana kompositnya dianggap homogen, yang berarti bahwa efek dari kedua bahan dalam komposit hanya dideteksi dalam besaran-besaran listrik makroskopik. Karakteristik arus tegangan (I-V) yang dapat diterangkan dengan sifat arus terlimitasi muatan ruang (space charge limited current) dengan adanya perangkat (trap), menunjukkan bahwa elektron adalah pembawa muatan utama untuk transport-elektrik dalam komposit tersebut dalam kurun temperatur yang diteliti. Studi dengan resonansi spin elektron (ESR) menunjang adanya tingkat-tingkat energi perangkat yang terlokalisir dalam celah energi dari struktur pitta, disebabkan karena lapisan dipol yang bertindak sebagai perangkat untuk transport elektron. Distribusi dari tingkat energi perangkat elektron ini tergantung pada macam karbon hitam yang dipakai. Spektra ESR dari komposit adalah sangat nyata, dengan bentuk kurva yang tergantung macam karbon hitam. Harga g dari komposit adalah dekat dengan harga g elektron dan tidak tergantung macam karbon hitam maupun temperatur, Tambahan pula, mobilitas yang diukur dengan efek Hall van der Pauw dalam kurun temperatur 294 K sampai 373 K adalah rendah dan bertambah dengan temperatur. Pengukuran konduktivitas sebagai fungsi frekwensi menunjukkan hubungan: $\sigma(\omega) \propto \omega^n$, dimana $0,5 < n < 1$, tergantung pada temperatur. Hasil-hasil ini sesuai untuk suatu model transport elektron secara lompatan, dengan tingkat-tingkat energi perangkat memegang peranan yang penting.

.....

This work is concerned with surface properties of the natural rubber at carbon black/natural rubber interface in the composite. The interfacial polarization that is due to enhanced stress in this domain, which has several industrial importances, has been analyzed. The main goal of this study is to clarify the electrical conduction mechanism for carbon black natural rubber composite.

The introduction of carbon black into natural rubber will produce a carbon black reinforced natural rubber composite with enhanced electrical conductivity (σ) in comparison to the conductivity of natural rubber alone. Natural rubber is inherently an insulator ($\sigma < 10^{-15} \text{ a-lm}^{-1}$), while the conductivity of carbon beck is in the range of a semiconductor ($\sigma = 10^3 \text{ n-1 m}^{-1}$), The macroscopic conductivity of the composite can be tailored according to the need, from insulator to semiconductor ranges, depending primarily on type and loading concentration of the carbon black. Moreover, the relative dielectric constant (K) of the composite is much higher than the K value of both natural rubber and carbon black alone, which means a possible synergistic effect. Electrical properties namely the ac and dc conductivities and capacitance of carbon black reinforced natural rubber have been investigated. The dc conductivity of the composite has been measured over temperature range 77 K to 373 K. The ac properties have been measured over the frequency range 10 Hz to 10 MHz in the temperature range 284 K to 373 K. Ohmic contact was used for all samples, filled with a series of carbon black types, namely the HAF, Vulcan P, Vulcan XC 72 and Black Pearls 2000.

Materials studies by Scanning Electron Microscope and von Laue X-ray Diffractometry of Strain Induced Crystallization have been performed to investigate the sub macroscopic morphology of the composite. It is

shown that the composite is not homogeneous, consisting of carbon black particles/aggregates dispersed in the natural rubber vulcanizate matrix. It is also indicated the existence of enhanced stress in the interfacial region between these two constituent substances.

Two models have been put forward to interpret the dc conductivity behavioral function of temperature and loading concentration, and the dispersion of ac properties, brought about by the macroscopic and sub macroscopic (first order microscopic) behaviors.

The first model is based on the sub-macroscopically inhomogeneous nature of the composite. It is regarded as a two phase Maxwell-Wagner inhomogeneous media, the carbon black as conducting filler and the rubber as the matrix, wherein the interaction of the constituent substances and the interfacial region are examined. A discussion is given concerning the interfacial polarization and the formation of dipole layer in the natural rubber, due to the enhanced stress, at the interface. Support for this model is given by the capacitance data and the calculated remarkably high value of dielectric constant. In this model, analytically, the system could be represented as a series of parallel RC microelements.

Another model is to interpret the electrical behavior, wherein the composite is presumed macroscopically homogeneous and the effects of the constituent substances are detected only as averaged apparent electrical observable. I-V characteristics that can best be described as space charge limited current behavior with the existence of electron trap energies indicate the electron is the main charge carrier for electrical transport over the temperature range studied. Electron Spin Resonance Study indicates the existence of localized trapping energy states, due to dipole layer that may act as traps for electronic transport. Different electron trap energy distribution has been identified, depending on the type of carbon black filler. Electron Spin Resonance spectra of the composites are very pronounced, with line shape also depending on the type of carbon black used. Observed g-values are close to that of the free electron, and do not vary with carbon black type or temperature. Furthermore, the mobility is low and temperature activated, as measured by the van der Pauw modified Hall effect measurement in the temperature range 294 K to 373 K. Observed dependence of the macroscopic conductivity, could be described by: $\sigma_{ac}(\omega) \propto \omega^{-n}$, where: $0.5 < n < 1$, depending upon temperature. These results are consistent with a model of electron hopping transport, with traps playing a prominent role.