

Pengaruh Jenis Katalis terhadap Kekuatan Tarik dan Stabilitas Termal Polidimetilsiloksan (PDMS) untuk Lapisan Pelindung Baja AISI 1050

Muhammad Atha Illah dan Hosta Ardhyanta

Jurusan Teknik Material dan Metalurgi, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

e-mail: hostaa@mat-eng.its.ac.id

Abstrak—Polisiloksan adalah polimer yang paling banyak digunakan sebagai lapisan pelindung pada baja karena memiliki sifat yang unggul dibandingkan polimer lain. Polidimetilsiloksan (PDMS) adalah salah satu keluarga polisiloksan yang paling banyak digunakan dalam bentuk karet Room-Temperature Vulcanization (RTV). Pada penelitian ini, PDMS divulkanisir menggunakan katalis Bluesil Catalyst 60R (komersial), NaOH 2 M, H₂SO₄ 2 M, Poli aminoamid, dan Red 683 (komersial) dengan variasi komposisi masing-masing katalis 2 - 10 wt%. Katalis yang bisa membentuk karet silikon hanyalah Bluesil Catalyst 60R dan Red 683. Pada percobaannya, waktu pematangan semakin cepat seiring bertambahnya komposisi katalis yang diberikan. Elastisitas karet silikon sangat tinggi, karena sifat inilah karet silikon tidak pecah ketika diuji fleksural hingga 180°. Hasil pengujian tarik menunjukkan karet dengan Bluesil Catalyst 60R 6wt% memiliki kekuatan tarik paling optimum yaitu 1,625 MPa. Penambahan Bluesil Catalyst 60R 10wt% juga memberikan nilai kestabilan termal karet silikon yang paling baik, berat sisanya adalah 39,172 % pada temperatur 800°C.

Kata Kunci—silikon, katalis, kekuatan tarik, stabilitas termal.

I. PENDAHULUAN

PENGGUNAAN baja sebagai komponen utama konstruksi bangunan, komponen mesin, alat transportasi, dan lain-lain dewasa ini semakin meningkat. Hal ini seiring dengan peningkatan jumlah infrastruktur yang sudah ada. Namun, material ini sangat rentan terpengaruh oleh kondisi lingkungan yang dapat menurunkan sifat mekanik baja tersebut, sehingga umur pakainya jauh berkurang dari yang telah diperhitungkan. Faktor lingkungan yang sering kali mempengaruhi waktu pakai baja seperti korosi, temperatur kerja, beban mekanik, atmosfer, kimia dan lain sebagainya. Berbagai cara telah dilakukan untuk bisa meningkatkan umur pakai suatu baja, salah satunya adalah dengan memberikan lapisan pelindung pada baja tersebut.

Polisiloksan paling sering digunakan sebagai lapisan pelindung dengan berbagai variasi aplikasi khusus. Ketahanannya pada temperatur tinggi untuk oksidasi rantai utama silikon melampaui kebanyakan dienik elastomer lain [1]. Lapisan pelindung polisiloksan berbasis siloksan murni mempunyai ketahanan pada temperatur tinggi, asam, dan pelarut yang baik sekali. Lapisan polisiloksan ini sangat cocok terhadap lingkungan yang bertemperatur tinggi dan terdapat banyak bahan kimia [2]. Salah satu sifat penting yang dimiliki

oleh polimer silikon yang menjadikannya sebagai polimer yang superior dibandingkan dengan polimer lain adalah stabilitas termalnya, hal ini dikarenakan energi disosiasi ikatan silikon dengan oksigen 30% lebih besar daripada ikatan karbon dengan karbon [3].

Silikon oksida (Si-O) lebih stabil daripada ikatan silikon dengan silikon (Si-Si), oleh sebab itu rantai yang banyak terbentuk di alam adalah rantai silikon oksida yang dinamakan siloksan [4]. Polimer silikon utama adalah polidimetilsiloksan dengan rantai utama Si-O dan dua gugus metil pada setiap silikon. Rantai utama Si-O memberikan tingkat ketahanan yang tinggi terhadap ozon, oksigen, panas (hingga 315 °C), sinar UV, kelembapan, dan efek cuaca secara umum [5].

Berdasarkan sifat polidimetilsiloksan tersebut, fokus penulis dalam penelitian ini adalah polidimetilsiloksan (PDMS) yang terdapat dalam karet silikon. Sifat permukaan dinamis dari karet silikon berasal dari karakteristik polisiloksan. Meskipun banyak sekali macam-macam polisiloksan, namun polidimetilsiloksan (PDMS) yang paling sering digunakan dalam aplikasi komersial [6].

Pada umumnya, karet silikon merupakan campuran berkekuatan rendah yang berguna pada tingkat temperatur -80 hingga 450 °F (-62.2 hingga 232.2 °C). Karet silikon juga mempunyai ketahanan terhadap api, cahaya, dan ozon yang sangat baik. Karet silikon biasanya kurang tahan terhadap fluida. Karet silikon sangat cocok untuk aplikasi yang membutuhkan ketahanan terhadap panas karena mempunyai temperatur transisi glass yang rendah yaitu -197 °F (-127.2 °C) sehingga membuatnya memiliki fleksibilitas pada temperatur rendah yang cukup baik. Campuran yang berbasis karet silikon mempunyai kekuatan sobek yang sangat rendah dan pada biasanya tidak cocok untuk aplikasi dinamik [7].

Secara kimia, karet silikon adalah polisiloksan yang secara umum ditunjukkan dengan huruf Q. Huruf MQ menunjukkan karet silikon utama yang hanya memiliki substituen metil dalam rantai polisiloksan. Penggantian sejumlah kecil gugus metil ini dengan gugus lain akan memberikan perubahan yang signifikan terhadap sifat dari karet silikon yang terbentuk. Penambahan gugus vinil dalam VMQ meningkatkan tingkat vulkanisasi dan ketahanan terhadap kompresi [8].

Room temperature vulcanizing (RTV) silikon adalah polidimetilsiloksan cair yang rendah berat molekulnya dengan gugus akhir yang reaktif. Sebagai polimer yang dimatangkan dengan panas, hanya sedikit pengganti gugus metil yang bisa digunakan, seperti gugus fenil untuk meningkatkan fleksibilitas

temperatur rendah dan gugus fluoroalkil untuk men. ingkatkan ketahanan terhadap minyak dan pelarut. Vulkanisasi silikon RTV diperoleh dari reaksi kondensasi atau reaksi adisi. pematangan kondensasi dapat terjadi dalam kondisi bergantung terhadap kelembaban atau sebaliknya. Untuk campuran dalam bergantung pada kelembaban gugus akhir polimer reaktifnya biasanya adalah silanol. Agen sambung-silang bisa sebuah silikon dengan gugus akhir silanol dengan menggunakan basa organik (alkoksi silikat seperti etil silikat) sebagai katalis dalam proses kondensasi, dan menggunakan garam metal katalis atau silikon poli fungsional aminoksi yang seringkali tidak membutuhkan katalis. Campuran ini dikenal dengan istilah dua komponen RTV semenjak Agen pematang dan/atau katalis tetap terpisah dan ditambahkan dalam campuran lebih dulu untuk digunakan [5].

Vulkanisasi mempunyai arti yang sama dengan sambung-silang, pematangan secara khusus sama artinya dengan sambung-silang namun seringkali lebih kepada kombinasi dari polimerisasi adisi dengan sambung-silang [9].

Metode aplikasi untuk pelapisan silikon tergantung dari substrat yang akan dilapisi dan tipe silikon yang digunakan. pencelupan, penyemprotan, dan pengkuasan merupakan metode yang umum digunakan. Hasil ketipisan lapisan pelindung dari penyemprotan dua larutan dapat ditingkatkan dengan menggunakan penyemprot cat aerosol. Untuk mendapatkan hasil lapisan pelindung yang bagus dibutuhkan pengalaman menggunakan penyemprot aerosol. Variabel yang harus diperhatikan adalah : kekentalan, kelarutan, persen berat, umur wadah, dan pemilihan sistem pematangan [10].

II. METODE PENELITIAN

A. Bahan

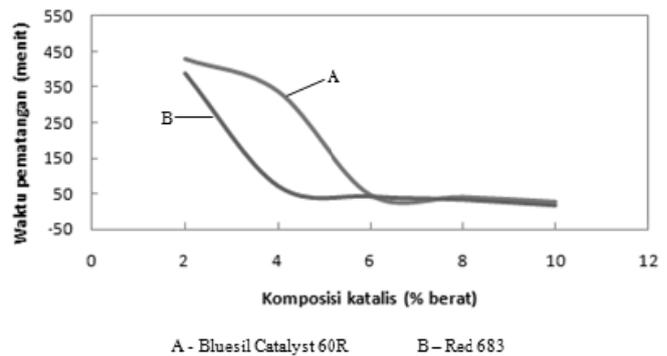
Bahan utama yang digunakan adalah karet silikon *Rhodorsil RTV 585* yang satu paket dengan katalisnya yaitu *Bluesil Catalyst 60R*. Variasi jenis katalis yang ditambahkan adalah *Red 683* (komersial), NaOH 2M, H₂SO₄ 2M, dan poliaminoamid. *Rhodorsil RTV 585* dicampur dengan masing-masing katalis menggunakan komposisi katalis sebesar 2, 4, 6, 8, dan 10 wt%.

B. Preparasi Spesimen

Pengujian tarik menggunakan spesimen karet silikon yang telah dicetak dengan menambahkan masing-masing jenis katalis dengan variasi komposisi 2, 4, 6, 8, 10wt%. Masing-masing komposisi ada 3 sampel yang berbeda ditambah dengan perlakuan menambahkan lilin pada cetakan dan dicuci dengan air.

Pengujian FTIR (karet silikon dan katalis *Bluesil Catalyst 60R* dan *Red 683*) dan TGA menggunakan spesimen karet silikon yang berdasarkan hasil dari uji tarik.

Pengujian fleksural dan pengujian adhesi menggunakan spesimen Baja AISI 1050 yang telah dilapisi dengan karet silikon pada baja menggunakan metode pengkuasan dengan waktu pengadukan campuran selama 10 detik pada temperatur kamar.



Gambar. 1. Pengaruh jenis dan komposisi katalis terhadap waktu pematangan

C. Pengujian Spesimen

Pengujian spesimen dilakukan dengan uji FTIR, tarik, TGA, fleksural, dan adhesi. Pengujian tarik menggunakan spesimen karet silikon yang telah dicetak sesuai standar ASTM D638. Pengujian fleksural menggunakan spesimen yang sesuai standar ASTM D 790-10 dengan dimensi spesimen 3,2 x 12,7 x 125 mm. Sedangkan pengujian adhesi menggunakan standar ASTM D 3359 metode A yaitu *cross-cut tape test*.

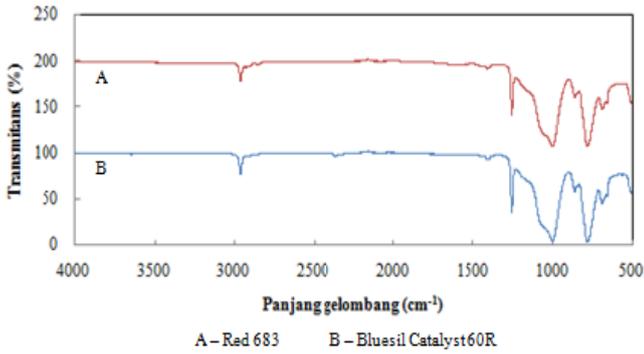
III. HASIL DAN DISKUSI

A. Karakteristik Kimia Karet Silikon

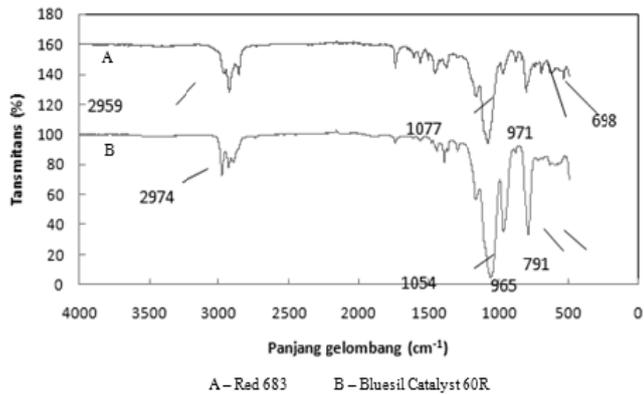
Waktu pematangan menjadi salah satu parameter sifat kimia dari karet silikon yang terbentuk. Dari sekian jenis katalis yang digunakan, ternyata katalis yang mampu memvulkanisir poli (dimetilsiloksan) menjadi karet adalah *Bluesil Catalyst 60R* dan *Red 683*. Gambar 1 memperlihatkan semakin banyaknya komposisi katalis dapat mempercepat waktu pematangan karet silikon. Karet silikon dengan penambahan *Bluesil Catalyst 60R* pada memiliki waktu pematangan paling cepat terjadi pada komposisi 10wt% yaitu 29 menit. Sedangkan penggunaan *Red 683* memberikan waktu pematangan paling cepat pada komposisi 10wt% yaitu selama 19 menit. Katalis NaOH 2M, H₂SO₄ 2M, dan Poli aminoamid tidak membentuk karet silikon sehingga waktu pematangannya sama dengan nol.

Jenis polimer karet silikon yang terbentuk diidentifikasi dengan menganalisis ikatan kimia yang terbentuk. Gambar 2 menunjukkan katalis yang digunakan secara signifikan tidak mempengaruhi jenis ikatan yang terbentuk. Ikatan kimia dari karet silikon adalah PDMS yang didominasi dengan gugus siloksan (Si-O) dan metil (CH₃).

Analisis ikatan kimia pada katalis *Bluesil Catalyst 60R* dan *Red 683* menunjukkan adanya perbedaan jenis ikatan. Gambar 3 memperlihatkan perbedaan intensitas dan daerah serapan dari katalis yang digunakan. Berdasarkan referensi spektrum infra merah katalis *Bluesil Catalyst 60R* memiliki gugus eter, aromatik, aldehida, alkena dan alkana dan senyawa yang mendekati adalah tetrahidrofurfuril alkohol. Sedangkan katalis *Red 583* memiliki gugus alkil, alkana, eter siklik, aromatik dan siloksan, senyawa yang mendekati adalah etil polisilikat.



Gambar. 2. Spektrum infra merah karet silikon



Gambar . 3. Spektrum infra merah katalis *Bluesil Catalyst 60R* dan *Red 683*

B. Karakteristik Fisik Karet Silikon

Hasil pengamatan visual menunjukkan adanya peningkatan produksi gelembung udara seiring pertambahan katalis silikon. Peningkatan produksi gelembung disebabkan gelembung udara tidak memiliki cukup waktu untuk keluar sebelum karet silikon terbentuk atau mengeras. Gelembung udara tersebut terbentuk karena proses pengadukan dan penguangan.

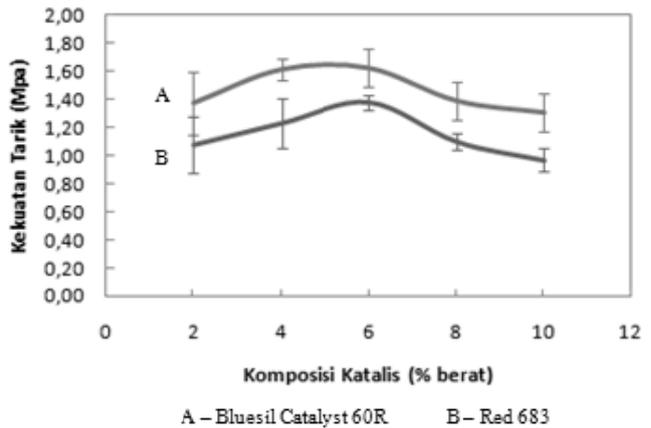
Sama halnya dengan gelembung udara yang terbentuk, fluiditas pada waktu penguangan dan kekakuan karet silikon yang terbentuk semakin meningkat dengan bertambahnya jumlah katalis. Perubahan ini kemungkinan besar disebabkan dengan bertambah besarnya berat molekul PDMS yang terbentuk.

Karet silikon yang terbentuk dengan penambahan lilin pada cetakan dan pencucian karet silikon dengan air tidak mengalami perubahan pada karakteristik fisiknya. Hanya saja, penambahan lilin pada cetakan mempermudah proses pemisahan karet silikon dengan kertas aluminium.

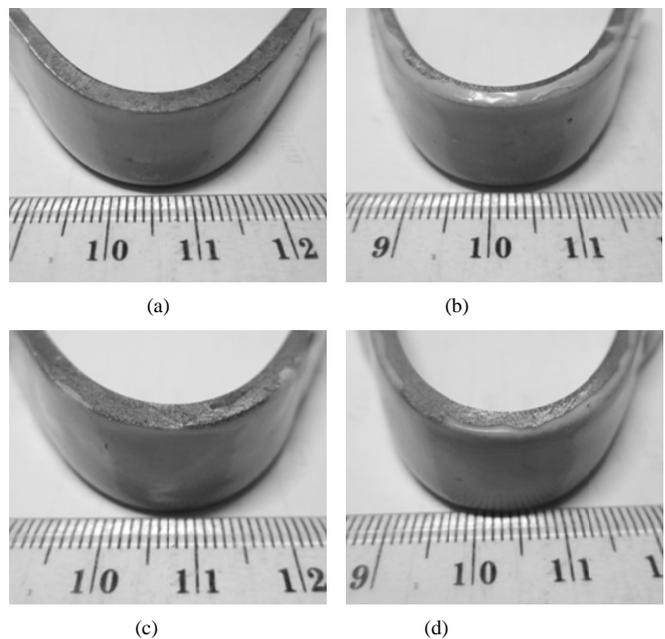
Pengujian adhesi menggunakan metode *cross-cut tape test* ternyata tidak dapat diterapkan pada lapisan karet silikon. Karet silikon bersifat inert sehingga selotip yang digunakan tidak akan menempel pada lapisan karet silikon dengan baik. Metode lain yang paling mungkin untuk diterapkan adalah *pull-of test* atau *four point cantilever beam*.

C. Karakteristik Mekanik Karet Silikon

Karakteristik mekanik karet silikon diperoleh dengan melakukan pengujian tarik. Pengujian ini menggunakan mesin uji tarik universal instron pada karet silikon dengan penambahan



Gambar. 4 Pengaruh jenis dan komposisi katalis terhadap kekuatan tarik karet silikon

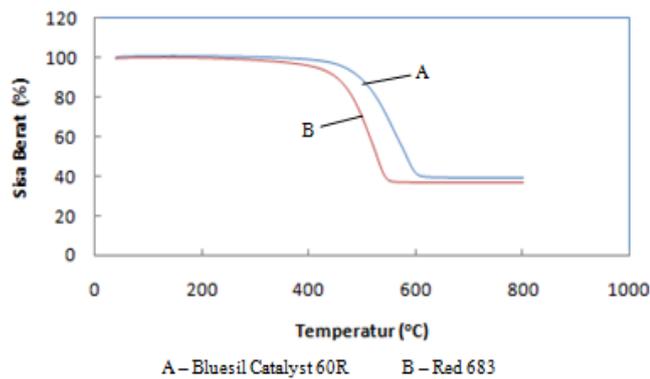


Gambar. 5. Spesimen uji fleksural yang sudah ditekuk 180° (a) *Bluesil 10wt%*, (b) *Red 683 10wt%*, (c) *Bluesil 6wt%*, (d) *Red 683 6wt%*

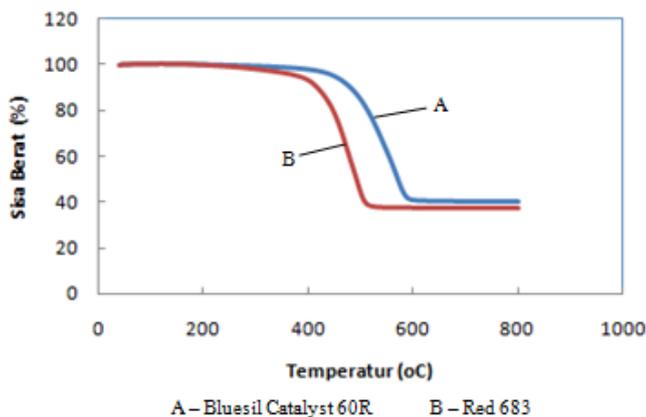
Bluesil Catalyst 60R dan *Red 683*. Gambar 4 menunjukkan kekuatan tarik paling optimal pada komposisi 6wt% untuk masing-masing katalis. Sedangkan kekuatan paling kecil terbentuk pada komposisi 10wt%. Kekuatan tarik karet silikon dengan penambahan *Bluesil Catalyst 60R* pada komposisi 6 dan 10wt% secara berurutan adalah 1,625 MPa dan 1,304 MPa. Sedangkan katalis *Red 683* memberikan kekuatan tarik pada komposisi 6 dan 10wt% secara berurutan adalah 1,378 MPa dan 0,970 MPa. Kekuatan tarik dari karet silikon kemungkinan besar dipengaruhi oleh kekuatan dari ikatan Si-O yang terdapat dalam poli (dimetilsiloksan).

D. Karakteristik Fleksural Karet Silikon

Karakteristik fleksural didapatkan dengan pengujian fleksural atau tekuk pada lapisan karet silikon di atas substrat baja. Pengujian ini menggunakan mesin uji tekuk dengan metode *three point bending*, seperti tampak pada Gambar 5.



Gambar. 6. TGA karet silikon dengan komposisi katalis 6wt%



Gambar. 7. TGA karet silikon dengan komposisi katalis 10wt%

E. Karakteristik Stabilitas Termal Karet Silikon

Karakteristik stabilitas termal karet silikon diperoleh dari pengujian TGA (*Thermo Gravimetry Analyzer*). Acuan dalam pengujian TGA adalah berkurangnya berat sampel seiring bertambahnya temperatur.

Gambar 6 menunjukkan bahwa stabilitas termal dari karet silikon dengan katalis *Bluesil Catalyst 60R* lebih baik daripada karet silikon dengan *Red 683* pada komposisi katalis 6wt%. Pengurangan berat 5% ditunjukkan oleh *Bluesil Catalyst 60R* pada temperatur 466 °C, sedangkan *Red 683* pada temperatur 419,5 °C. Berat sisa karet silikon dengan katalis *Bluesil Catalyst 60R* dan *Red 683* pada temperatur 800°C secara berurutan adalah 39,172% dan 36,903%.

Gambar 7 memperlihatkan stabilitas termal dari karet silikon dengan *Bluesil Catalyst 60R* lebih baik daripada dengan *Red 683* pada komposisi 10wt%. Kehilangan berat 5% karet silikon dengan *Bluesil Catalyst 60R* terjadi pada temperatur 450,33 °C, sedangkan *Red 683* pada temperatur 4383,2 °C. Berat sisa karet silikon dengan katalis *Bluesil Catalyst 60R* dan *Red 683* pada temperatur 800°C secara berurutan adalah 40,113% dan 37,073%.

IV. KESIMPULAN

Penambahan komposisi katalis mempercepat waktu pematangan karet silikon. Penambahan katalis NaOH 2M, H₂SO₄ 2M dan Poli aminoamid tidak dapat membentuk karet

silikon. Kekuatan tarik karet silikon paling optimal terjadi pada komposisi katalis 6wt% dan paling kecil pada 10wt%. Penambahan Komposisi katalis meningkatkan stabilitas termal dari karet silikon. Secara umum *Bluesil Catalyst 60R* memberikan kekuatan tarik dan stabilitas termal paling baik.

UCAPAN TERIMA KASIH

“Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penyelesaian jurnal ini. Selain itu, penulis juga mengucapkan terima kasih pada kedua orang tua penulis”.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. S. Tomer, F. Delor-Jestin, L. Frezet, and J. Lacoste, “Oxidation, Chain Scission and Cross-Linking Studies of Polysiloxanes upon Ageings,” *Open Journal of Organic Polymer Materials*, Vol. 2 (2012) 13-22.
- [2] A. Seema, M. N. Muralidharan, E. K. Sunny, K. R. Dayas, and V. H. Sangeetha, “Synthesis and Characterization of Polydimethyl Siloxane/Fumed Silica Nanocomposites for high Temperature Adhesive Applications,” *International Conference on Advances in Polymer Technology*, (2010, Feb.) 275-278.
- [3] A. D. Hall dan M. Patel, “Thermal Stability of Foamed Polysiloxane Rubbers : Headspace Analysis Using Solid Phase Microextraction and Analysis of Solvent Extractable Material Using Conventional GC-MS,” *Polymer Degradation and Stability*, Vol. 91 (2006) 2532-2539.
- [4] J. J. Licari and A. H. Laura, *Handbook of Polymer Coatings for Electronic*. New Jersey: Noyes Publications (1990).
- [5] P. A. Ciullo, *Industrial Minerals and Their Uses “A handbook and formulary*. New Jersey: Noyes Publications (1996).
- [6] M. J. Owens, *Advance in Silicone Science 4 “Silicone Surface Science”*. Dordrecht: Springer (2012).
- [7] J. S. Dick, *Rubber Technology “Compounding and Testing for Performance”*. Munich: Carl Hanser Verlag (2001).
- [8] K. Nagdi, *Rubber as an Engineering Material : Guidline for Users*. Munich: Hanser Publ. (1993).
- [9] G. Odian, *Principles of Polymerization Fourth Edition*. New Jersey: Jhon Wiley & Sons, Inc. (2004).
- [10] J. V. Koleske, *Paint and Coating Testing Manual*. Philadelphia: American Society for Testing and Materials (1995).