

PROSES PELAPISAN *STAINLESS STEEL* MENGGUNAKAN ALUMINIUM OKSIDA

*Luthfi Bayhaqi Muhammad¹, Sulisty², Yusuf Umardani²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

²Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudharto, SH., Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460059

*E-mail: luthfibayhaqi0310@gmail.com

Abstrak

Baja, terutama stainless steel tipe 304, sering digunakan dalam industri karena ketahanan korosi dan kekuatan mekaniknya yang baik, meskipun tetap rentan terhadap korosi akibat faktor seperti waktu, konsentrasi oksigen, pH, dan temperatur. Ketahanan ini dapat ditingkatkan dengan perlakuan seperti pelapisan keramik, yang kini banyak digunakan di industri. Salah satu bahan keramik yang sering digunakan adalah Aluminium Oksida (Alumina) karena ketahanan panas dan sifat isolatornya. Penelitian ini fokus pada pelapisan SS304 dengan Alumina. Setelah dilakukan pengamplasan dengan grit 60, hasil uji kekasaran menunjukkan permukaan yang lebih kasar (1,229 μm dibanding 0,296 μm). Pelapisan dengan metode spray coating menggunakan komposit PANi/Al₂O₃ berhasil menempel dengan baik, dan uji kelekatan menunjukkan bahwa permukaan yang diampelas memiliki adhesi lebih baik tanpa pengelupasan, sementara permukaan tanpa pengamplasan mengalami pengelupasan sebesar 2,163%.

Kata kunci: aluminium oksida; pelapisan; penyemprotan; *stainless steel*

Abstract

Steel, particularly stainless steel type 304, is widely used in industry due to its good corrosion resistance and mechanical strength, though it remains vulnerable to corrosion from factors such as time, oxygen concentration, pH, and temperature. This resistance can be improved through treatments like ceramic coating, which is now commonly applied in industry. One of the frequently used ceramic materials is Aluminum Oxide (Alumina) due to its heat resistance and insulating properties. This research focuses on coating SS304 with Alumina. After sanding with grit 60, roughness tests showed that the sanded surface was rougher (1.229 μm compared to 0.296 μm). Coating with a PANi/Al₂O₃ composite using the spray method adhered well, and adhesion tests revealed that the sanded surface had better adhesion with no peeling, while the unsanded surface experienced 2.163% peeling.

Keywords: aluminium oxide; coating; spray; *stainless steel*

1. Pendahuluan

Stainless steel tipe 304, baja tahan karat austenitik yang mengandung 18% krom dan 8,8% nikel, sering digunakan sebagai material utama dalam berbagai industri, seperti nuklir, perminyakan, energi, farmasi, kimia, dan elektrokimia.[1]. Stainless steel memiliki ketahanan korosi dan kekuatan mekanik yang baik, tetapi tetap rentan terhadap korosi. Penambahan unsur seperti Chromium, Nickel, dan Molybdenum dapat meningkatkan ketahanan korosi, namun proses ini meningkatkan biaya produksi. [2].

Baja, meskipun memiliki ketahanan terhadap korosi, dapat ditingkatkan lebih lanjut melalui berbagai perlakuan. Salah satu caranya adalah dengan menggunakan pelapisan keramik, yang saat ini banyak digunakan di industri karena keunggulannya. Pelapisan keramik diketahui mampu melindungi baja dari korosi pada suhu di atas 700°C, sehingga meningkatkan daya tahan material tersebut.[3].

Salah satu bahan oksida keramik dengan ketahanan panas yang baik serta sifat sebagai isolator panas adalah Aluminium Oksida (Al₂O₃). Aluminium oksida dapat diproses menjadi lapisan tipis menggunakan berbagai teknik, seperti deposisi uap kimia (CVD), dengan aluminium tri-isopropoxide (ATI) sebagai prekursor tunggal. Lapisan-lapisan ini terbukti amorf dan bebas pori, sehingga memberikan perlindungan tinggi terhadap korosi pada material seperti stainless steel[4]. Aluminium oksida (Al₂O₃) adalah senyawa kimia yang terbentuk dari aluminium dan oksigen, dan lebih dikenal dengan nama mineralnya, alumina. Dalam bentuk nanopartikel, aluminium oksida memiliki sifat isolator yang sangat baik, karena efektif dalam menahan panas dan listrik. Selain itu, aluminium oksida juga memiliki ketahanan yang tinggi terhadap kondisi lingkungan yang korosif.[5]

Pengendalian korosi dapat dilakukan melalui inhibitor korosi, proteksi katodik, dan pelapisan. Pelapisan organik efektif dalam melindungi logam dari korosi, tergantung pada material pelapis, adhesi, dan lingkungan. Pigmen dan filler membantu meningkatkan sifat pelindung, termasuk ketahanan terhadap sinar UV, korosi, goresan, dan abrasi. [6]. Pelapisan atau *coating* adalah suatu teknik yang telah menjadi sangat penting dalam berbagai industri. Dengan melibatkan

aplikasi lapisan pelindung pada permukaan, metode ini tidak hanya meningkatkan estetika tetapi juga memberikan perlindungan tambahan terhadap berbagai elemen eksternal. Pelapisan dengan metode spray merupakan salah satu teknik pelapisan yang menggunakan teknik semprot dimana cairan yang akan di lapiskan disemprotkan lewat spray gun dengan tekanan tertentu ke permukaan benda kerja[7].

Setelah *stainless steel* dilakukan pelapisan oleh material keramik, kemudian SS dapat diperlakukan sintering. Sintering adalah proses perlakuan panas yang dilakukan pada suatu material di bawah titik lelehnya. Dalam pembuatan bahan keramik, proses pembakaran sangat berperan penting dalam menentukan sifat akhir material. Sintering juga berfungsi untuk mereaksikan komponen penyusun, baik keramik maupun logam, sehingga terbentuk fase kristal baru yang sesuai dengan yang diinginkan [8]

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui proses pelapisan *stainless steel* menggunakan bahan Aluminium Oksida yang diharapkan dapat meningkatkan sifat material atau memambah daya tahan *stainless steel* dari korosi maupun suhu tinggi.

2. Bahan dan Metode Penelitian

Bahan material yang digunakan untuk lapisan *coating* yaitu campuran antara PANi dan serbuk Aluminium Oksida, sedangkan untuk substrat yang digunakan yaitu *stainless steel* 304

2.1. Komponen

Proses pelapisan *stainless steel* ini memerlukan beberapa alat pengujian untuk menguji kekasaran, ketebalan serta kelekatan permukaan atau lapisan *coating* yang menempel pada *stainless steel*

2.1.1 Surface Roughness Mitutoyo SJ-210

Surface Roughness Tester Mitutoyo SJ-210 adalah alat uji yang digunakan untuk mengukur kekasaran permukaan suatu material menggunakan prinsip *stylus profilometry*. Stylus berujung berlian bergerak di sepanjang permukaan material dan mendeteksi variasi ketinggian mikro. Pergerakan vertikal ini diubah menjadi sinyal elektrik yang kemudian diolah untuk menghasilkan profil permukaan. Mitutoyo SJ-210 mampu mengukur berbagai parameter kekasaran sesuai dengan standar internasional (ISO, JIS, DIN, ANSI), seperti Ra (rata-rata aritmatika kekasaran), Rz (rata-rata ketinggian puncak-lembah), dan Rq (deviasi akar kuadrat rata-rata). Alat ini portabel, dilengkapi layar LCD, dan memungkinkan pengukuran langsung di lapangan, menjadikannya ideal untuk aplikasi industri dan kontrol kualitas.



Gambar 1 Surface Roughness Mitutoyo SJ-210

2.1.2 Coating Thickness Gauge UNI-T UT343D

Coating Thickness Gauge UNI-T UT343D adalah alat uji yang mengukur ketebalan lapisan secara non-destruktif pada berbagai permukaan, menggunakan induksi magnetik dan arus eddy. Alat ini cocok untuk aplikasi industri seperti inspeksi kualitas pada lapisan cat, plastik, dan keramik. Dilengkapi dengan layar LCD beresolusi tinggi dan mendukung kalibrasi otomatis/manual, alat ini mengukur ketebalan lapisan hingga 1250 μm dengan akurasi tinggi, menjadikannya ideal untuk kontrol kualitas di sektor otomotif, manufaktur, dan konstruksi.



Gambar 2 Coating Thickness Gauge UNI-T UT343D

2.1.3 QFH-HG600, Hot Cross Hatch Adhesion Tester

QFH-HG600 Hot Cross Hatch Adhesion Tester adalah alat uji yang digunakan untuk mengukur daya lekat lapisan atau cat pada permukaan substrat, menggunakan metode Cross Hatch. Pengujian ini dilakukan dengan menggores permukaan lapisan menggunakan pisau khusus yang membentuk pola silang (*cross-hatch*). Setelah pola terbentuk, area

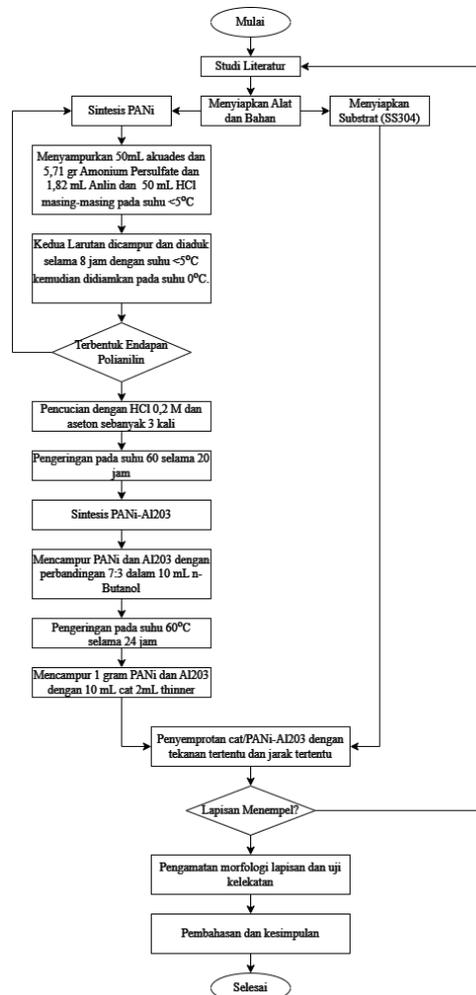
uji diamati untuk melihat seberapa banyak lapisan yang terlepas dari substrat. Alat ini umumnya digunakan pada berbagai jenis bahan berlapis, seperti cat, pernis, dan pelapis industri lainnya. Hasil uji dinilai berdasarkan standar seperti ASTM D3359 atau ISO 2409, yang mengklasifikasikan tingkat adhesi dari 0 (daya lekat sempurna) hingga 5 (daya lekat buruk). QFH-HG600 dirancang untuk memberikan hasil yang akurat dan konsisten, cocok untuk aplikasi di bidang kontrol kualitas dan penelitian di industri otomotif, manufaktur, dan pelapisan industri.



Gambar 3 QFH-HG600, Hot Cross Hatch Adhesion Tester

2.2. Alur Penelitian

Rangkaian penelitian ini dilakukan sebagaimana dapat dilihat pada diagram alir penelitian pada Gambar 4. Berikut.



Gambar 4 Diagram Alir Penelitian

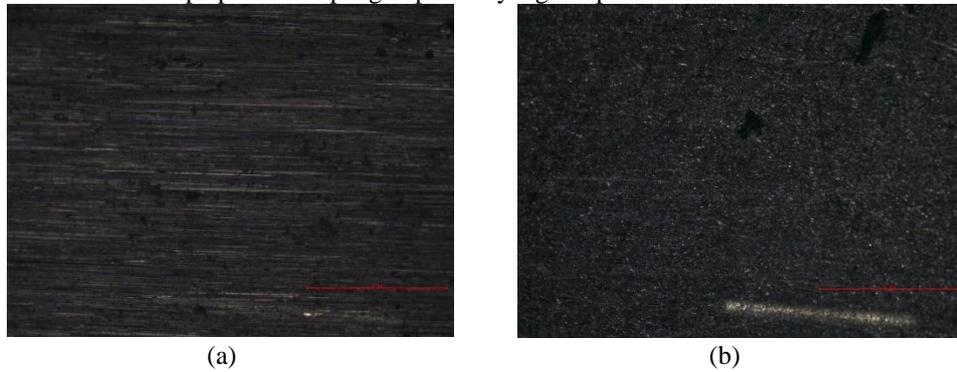
2.3. Proses Pengamplasan

Substrat yang akan dilapisi coating yaitu *Stainless steel* 304 pertama-tama dipotong menggunakan gerinda tangan dengan ukuran yang sudah ditetapkan. Setelah itu substrat diberi perlakuan pengamplasan dengan grit 60 untuk menghasilkan permukaan yang lebih kasar agar material *coating* dapat menempel pada substrat dengan baik. Kemudian substrat diuji kekasarannya menggunakan alat uji *Surface Roughness* Mitutoyo SJ-210

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil Uji Kekasaran

Permukaan SS304 hasil perlakuan pengamplasan dan tanpa pengamplasan diamati permukaannya menggunakan mikroskop dan kemudian dilakukan uji kekasaran menggunakan alat uji *Surface Roughness*. Gambar 1. Menunjukkan perbandingan morfologi antara permukaan substrat hasil pengamplasan dan tanpa pengamplasan. Pada permukaan substrat yang dilakukan pengamplasan terbentuk garis-garis hasil gesekan dengan amplas grit 60, hal ini berbeda dengan morfologi permukaan substrat tanpa perlakuan pengamplasan yang tampak lebih halus.



Gambar 1. Perbandingan morfologi permukaan substrat (a) pengamplasan (b) tanpa pengamplasan

Kemudian dilakukan uji kekasaran pada kedua perlakuan permukaan substrat untuk mengetahui perbandingan nilai kekasaran antara permukaan substrat yang diberi perlakuan pengamplasan grit 60 dan yang tanpa perlakuan, dan didapatkan nilai kekasaran yang dapat dilihat pada Tabel 1. Berikut

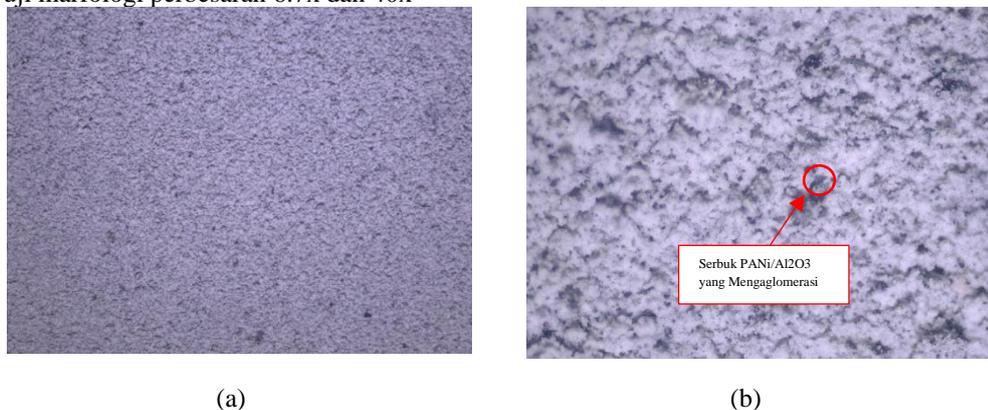
Tabel 1 Perbandingan nilai kekasaran permukaan substrat (a) pengamplasan (b) tanpa pengamplasan

Ra Rata-Rata (μm)	
a	b
1.229	0,296

Setelah dilakukan pengujian kekasaran didapatkan nilai kekasaran rata-rata tersebut. Berdasarkan nilai yang diperoleh, dapat disimpulkan bahwa kekasaran permukaan yang diuji setelah menjalani perlakuan pengamplasan dengan tingkat kekasaran 60 menunjukkan hasil yang lebih kasar dibandingkan dengan permukaan yang tidak mengalami perlakuan pengamplasan. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh [9], yang meneliti pengamplasan pada material baja karbon menggunakan amplas. Dalam penelitiannya, peneliti tersebut menemukan bahwa nilai kekasaran permukaan baja karbon yang telah mengalami perlakuan pengamplasan lebih tinggi dibandingkan dengan baja karbon yang tidak mendapatkan perlakuan tersebut. Diskusi dan hasil dari penelitian ini dimulai dengan pengukuran kekasaran pada permukaan substrat yang akan dilapisi dengan coating PANi-Al₂O₃.

3.2. Hasil Pelapisan

Pada penelitian ini metode yang digunakan untuk pelapisan *coating* pada permukaan SS304 ini yaitu metode *spray coating* menggunakan spray gun berdiameter nozzle 1.5 mm dan dengan tekanan 2 bar pada jarak tertentu. Pada penelitian ini lapisan aluminiu oksida yang berada dalam komposit cat PANi/Al₂O₃ dapat menempel dengan baik di permukaan substrat SS304. Cat yang digunakan pada penelitian ini adalah cat jenis *epoxy resin* yang merupakan cat jenis polimer. Berikut merupakan morfologi permukaan SS304 yang telah dilapisi *coating* cat komposit PANi/Al₂O₃ dengan menggunakan uji morfologi perbesaran 6.7x dan 40x



Gambar 2. Morfologi Lapisan cat PANi/Al₂O₃ perbesaran (a) 6,7x (b) 40x

Dari Gambar 2. terlihat bahwa lapisan coating pada SS304 yang menggunakan cat PANi/Al₂O₃ dapat melekat dengan baik pada permukaan substrat. Pengamatan melalui uji makrografi dengan pembesaran 6,7x dan 40x menunjukkan adanya perbedaan warna yang terlihat secara visual akibat distribusi serbuk PANi/Al₂O₃ pada substrat SS304. Perubahan warna ini dimulai dari cat dasar yang berwarna putih, lalu berubah menjadi biru muda dengan nuansa kehijauan setelah dicampurkan dengan serbuk PANi/Al₂O₃. Warna campuran cat dan PANi/Al₂O₃ akan semakin cenderung ke hijau seiring dengan meningkatnya rasio campuran serbuk tersebut. Penambahan serbuk PANi/Al₂O₃ juga akan meningkatkan komposisi alumina dalam campuran pada lapisan cat epoxy. Tujuan dari penambahan ini adalah untuk berfungsi sebagai anoda korbakan dan memberikan perlindungan pada coating. Hal ini disebabkan oleh alumina yang mengisi ikatan-ikatan epoxy, sehingga menciptakan porositas yang lebih efektif dalam lapisan epoxy. Pernyataan ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh [10]

3.3. Hasil Uji Ketebalan

Setelah dilakukan pengamatan secara makro kemudian dilakukan uji ketebalan lapisan *coating* menggunakan alat *Coating Thickness Gauge* dan dipatkan hasil data sebagai berikut:

Tabel 2. Perbandingan Ketebalan Antara Perlakuan Pengamplasan dan Tanpa Pengamplasan

No	Perlakuan	ketebalan
1.	Pengamplasan Grit 60	160
2.	Tanpa Pengamplasan	105

Dalam penelitian ini, jenis cat yang digunakan adalah resin epoxy, yang termasuk dalam kategori polimer. Menurut [11], terdapat tiga mekanisme adhesi antara polimer dan logam, yaitu penguncian mekanis, adsorpsi, dan pengikatan kimia. Penguncian mekanis terjadi ketika polimer cair meresap ke dalam pori-pori substrat logam, membentuk struktur yang menyerupai kait, sehingga secara mekanis mengunci substrat dengan polimer tersebut. Morfologi permukaan dan kekasaran adalah dua faktor kunci yang mempengaruhi kekuatan adhesi, dan keduanya dapat dimodifikasi melalui proses perlakuan permukaan yang tepat.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan dengan judul “Rancang Bangun Alat Permeabilitas Gas Pada Spesimen Bentuk Piringan Diameter 25 Mm” diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

1. Tingkat kekasaran permukaan substrat yaitu *stainless steel* 304 sebelum dilapisi komposit PANi/Al₂O₃ pada permukaan dengan perlakuan pengamplasan dengan grit 60 memiliki kekasaran yang lebih kasar dengan nilai Ra rata-rata 1.229 μm . dibanding substrat tanpa perlakuan pengamplasan.
2. Proses pelapisan *stainless steel* menggunakan *aluminium oxide* yaitu dengan komposit cat/PANi-Al₂O₃ yang dilakukan dengan menggunakan metode *spray coating* sehingga didapatkan lapisan yang menempel dengan baik pada substrat SS304 tanpa adanya retak.
3. Jarak penyemprotan dan komposisi campuran berpengaruh terhadap ketebalan lapisan coating pada SS304. Penyemprotan terlalu dekat menghasilkan lapisan tebal, sedangkan penyemprotan terlalu jauh membuat lapisan lebih tipis. Komposisi 1 gram PANi/Al₂O₃ dengan 10 mL cat menghasilkan lapisan yang lebih tebal dibandingkan dengan penggunaan cat yang lebih dari 10 mL.

5. Daftar Pustaka

- [1] Riszki TI. Pengaruh Suhu Terhadap Kualitas Coating (Pelapisan) Stainless Steel Tipe 304 Dengan Kitosan Secara Effect of Temperature on the Coating Quality of Stainless Steel 304 With Chitosan By 2015;4:25–8.
- [2] Reza V, Snapp P, Dalam E, Di IMA, Socialization A, Cadger OF, To M, Cadger S, Programpadang R, Hukum F, Hatta UBUB, Sipil FT, Hatta UBUB, Danilo Gomes de Arruda, Bustamam N, Suryani S, Nasution MS, Prayitno B, Rois I, Jaelani AK, Laili RR, Rohman T, Surabaya UN, Destiana R, Kismartini K, Yuningsih T, Ummah R, Hipni M, Pen U, Yuliaty T, Rasyid A, Septiani NV, Zamzami L, Rezekiana L. ANALISA KETAHANAN STAINLESS STEEL AISI 308 TERHADAP PITTING CORROSION DENGAN MENGGUNAKAN METODE E-CRITICAL TEMPERATURE TEST FOR STAINLESS STEEL ASTM-G48. *Business Law Binus* 2020;7:33–48.
- [3] Rivai AK, Takahashi M. Corrosion investigations of Al-Fe-coated steels, high Cr steels, refractory metals and ceramics in lead alloys at 700 °C. *Journal of Nuclear Materials* 2010;398:146–52. <https://doi.org/10.1016/j.jnucmat.2009.10.025>.
- [4] Lazar AM, Yespica WP, Marcellin S, Pébère N, Samélor D, Tendero C, Vahlas C. Corrosion protection of 304L stainless steel by chemical vapor deposited alumina coatings. *Corros Sci* 2014;81:125–31. <https://doi.org/10.1016/j.corsci.2013.12.012>.
- [5] Zulkarnain H, Simanjuntak M. Resistivitas Dan Indeks Polarisasi Minyak Transformator Bekas Dengan Penambahan Nanopartikel ZnO Dan Al₂O₃. *Jurnal SEMNASTEK* 2023:129–33.

-
- [6] Setiawan A. Sintesis dan Karakterisasi ZnO sebagai Coating Antikorosi ZnO/Al(OH) 3 pada Material Baja Karbon. *TEKNIK* 2018;39:55–61. <https://doi.org/10.14710/teknik.v39n1.15659>.
- [7] Dzikriansyah MF. Analisa Pengaruh Jarak Nozzle dan Tekanan Udara Pada Pelapisan Dengan Metode Air Spray Terhadap Sifat Magnetik Komposit Barium Polianilin 2017.
- [8] Dasar B, Dari FO, Yarosit M, Putri RS, Syarif DG. PENGARUH PENAMBAHAN ZrO 2 TERHADAP KARAKTERISTIK TERMISTOR NTC. *Pillar of Physics* 2017;10:86–93.
- [9] Yanto F. PENGARUH KEKASARAN PERMUKAAN TERHADAP SAMBUNGAN HASIL LAS TITIK PADA MATERIAL BAJA KARBON RENDAH 2019.
- [10] Ali MS, Praktikno H, Dhanistha WL. Analisis Pengaruh Variasi Sudut Blasting Dengan Coating Campuran Epoxy dan Aluminium Serbuk terhadap Kekuatan Adhesi, Prediksi Laju Korosi, dan Morfologi pada Plat Baja ASTM A36. *Jurnal Teknik ITS* 2019;8. <https://doi.org/10.12962/j23373539.v8i1.39068>.
- [11] Wei H, Xia J, Zhou W, Zhou L, Hussain G, Li Q, Ostrikov K (Ken). Adhesion and cohesion of epoxy-based industrial composite coatings. *Compos B Eng* 2020;193:108035. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2020.108035>.