

# PENGARUH VARIASI JARAK PENYEMPROTAN PADA PROSES *THERMAL SPRAY COATING* TERHADAP PENINGKATAN KEKERASAN MATERIAL MATRIKS ALUMINIUM

Hendri Sukma<sup>1</sup>, Bambang Sulaksono<sup>2</sup>, Harito Nugraha Ramadhan<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Teknik Mesin, Universitas Pancasila, Jakarta, Indonesia

<sup>2</sup> Program Studi Teknik Mesin, Universitas Pancasila, Jakarta, Indonesia

<sup>3</sup> Program Studi Teknik Mesin, Universitas Pancasila, Jakarta, Indonesia

Kata kunci:

*Coating*, HVOF, matriks aluminium dan kekerasan.

Email penulis:

Harito.ramadhan@gmail.com

**Abstract**

Berkembangnya teknologi material komposit matriks aluminium berpenguat partikulat banyak digunakan pada berbagai aplikasi komponen karena berat jenisnya yang ringan serta performa yang baik seperti kekuatan yang tinggi, kekerasan yang tinggi, tahan terhadap aus dan koefisien ekspansi panas yang rendah. Pada aplikasi komponen otomotif, dibutuhkan material yang memiliki sifat tahan terhadap aus dengan kekerasan permukaan yang tinggi. Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk mencapai persyaratan tersebut adalah dengan proses penguatan permukaan melalui metode *coating*, yang mana *coating* tersebut merupakan proses pelapisan permukaan suatu material dengan membentuk permukaan baru atau bisa disebut memodifikasi permukaan. Pada penelitian ini difokuskan pada proses *thermal spray coating* untuk meningkatkan kekerasan pada material komposit aluminium Al-7Si-9Zn-6Mg berpenguat partikulat 10% alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) dan 10% silikon karbida (SiC). Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah *High Velocity Oxy-Fuel* (HVOF) dengan variasi jarak penyemprotan yaitu 200 mm, 250 mm dan 275 mm dan menggunakan material coating yaitu 86WC-10Co-4Cr. Hasil pengujian terhadap material komposit aluminium sebelum diproses coating mendapatkan angka 70,66 HRB. Hasil pengujian kekerasan mikro terhadap material komposit matriks aluminium yang telah di coating HVOF dengan tiga variasi jarak penyemprotan mendapatkan angka 1315 HV pada jarak penyemprotan 200 mm, 1282 HV pada jarak 250 mm dan 1621 HV pada jarak 275 mm.

## 1. Pendahuluan

Dewasa ini di Indonesia perkembangan teknologi transportasi semakin pesat. Khususnya di bidang transportasi darat seperti mobil, motor dan sebagainya yang membuat produsen kendaraan terus berinovasi. Inovasi itu sendiri tidak lain untuk meningkatkan nilai efisiensi, ketahanan dan umur pakai dari kendaraan tersebut untuk bersaing dengan para kompetitornya. Akan tetapi para pelaku industri masih mengalami beberapa kendala diantaranya adalah belum seluruhnya industri pendukung seperti bahan baku dan komponen dibuat di dalam negeri. Salah satu upaya untuk menanggulangi masalah tersebut ialah dengan menggunakan material atau bahan baku yang dapat diproduksi secara mandiri di dalam negeri. Material yang diproduksi tersebut haruslah mempunyai syarat yang memadai contohnya seperti kualitas yang baik, biaya produksi yang lebih murah serta material yang lebih ringan agar pemakaian bahan bakar lebih efisien. Mereduksi berat kendaraan dapat dilakukan dengan beberapa alternatif, seperti (1) merubah desain bangun atau (2) pengembangan material yang lebih ringan.

Berkembangnya teknologi material membuat persyaratan untuk beberapa komponen ini dapat dipenuhi melalui penggunaan material komposit matriks aluminium. Material komposit matriks aluminium ini memiliki densitas yang rendah, tahan terhadap korosi dan juga memiliki elastisitas yang lebih baik. Selain dari itu, komposit matriks aluminium mempunyai sifat *tailorability*, sehingga sifat mekanis yang diinginkan dapat dimodifikasi tergantung dari kombinasi matriks. Keunggulan ini yang menjadi dasar dari riset yang dilakukan untuk mengembangkan komposit matriks aluminium sebagai alternatif pengganti material konvensional.

Berbagai macam metode pengerasan permukaan dilakukan di mana teknologi pelapisan telah menjadi alternatif pada penelitian dan industri yang merupakan cara efektif dalam menahan degradasi seperti keausan, oksidasi, korosi atau kerusakan pada suhu tinggi tanpa mengorbankan material substrat yang dilapisinya. *Thermal Spray Coating* adalah salah satu proses pelapisan di bidang industri yang terdiri dari sumber panas

(api atau lainnya) dan bahan pelapis dalam bentuk bubuk atau kawat yang benar-benar mencair menjadi tetesan kecil dan disemprotkan kepermukaan dengan kecepatan tinggi.

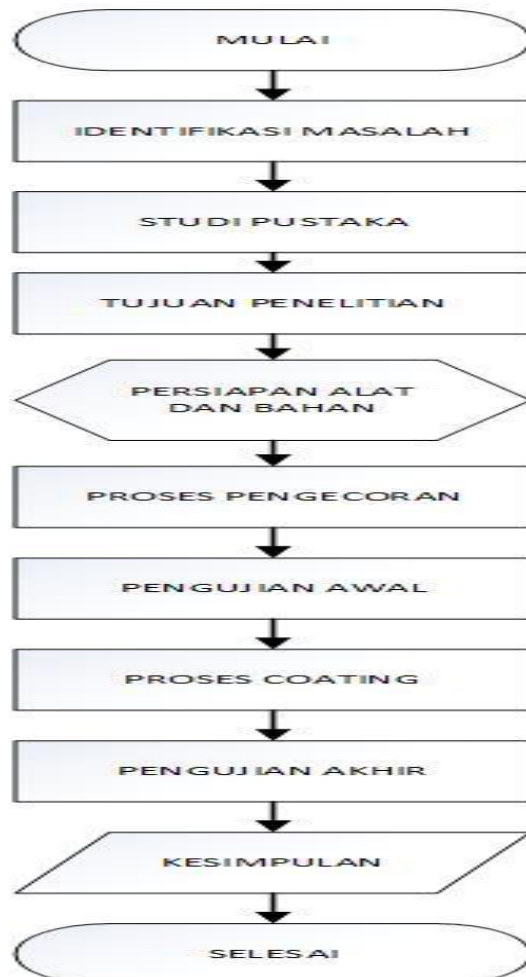
Pada penelitian sebelumnya telah berhasil dikembangkan proses manufaktur komposit berpenguat partikel alumina untuk menghasilkan komposit dalam bentuk pelat dengan matriks aluminium Al-Si-Zn-Mg berpenguat 10 % fraksi volume alumina [1]. Dari hasil penelitian ini didapatkan nilai kekerasan maksimum dari pelat komposit adalah 60,28 HRB. Namun pada penelitian ini belum dilakukan proses *Thermal Spray Coating*.

Sebelumnya telah dilakukan penelitian tentang *thermal spray coating* pada komposit matriks aluminium berpenguat 10% partikel alumina, dengan material *coating* 88WC-12Co, 83WC-17Co dan 86WC-10Co-4Cr, untuk mendapatkan nilai kekerasan permukaan yang tertinggi dari tiga komposisi material *coating* tersebut [2]. Pada penelitian ini material *coating* dengan unsur Cr 4% mendapatkan angka kekerasan tertinggi yaitu 87 HRB.

Riset yang dilakukan kali ini memfokuskan pada pengaruh variasi jarak penyemprotan pada proses *thermal spray coating* terhadap kekerasan komposit matriks aluminium, berpenguat partikel alumina dan silikon karbida, melalui proses pengecoran dengan teknologi *squeeze casting*. Paduan untuk matriks yang digunakan adalah Al-Si dengan penambahan unsur paduan Zn dan Mg, dengan komposisi unsur paduan mengacu pada penelitian sebelumnya yaitu, Al-7Si-9Zn-6Mg, dengan kandungan unsur paduan Si 7%, Mg 6%, Zn 9%. dengan penguat partikel alumina dan silikon karbida dengan persentase alumina 10% dan silikon karbida 10% [1]. Metode *coating* menggunakan Teknik *High Velocity Oxy-fuel* (HVOF) dengan komposisi material *coating* Tungsten Carbide-Cobalt-Chromium (WC-Co-Cr) dengan variasi jarak penyemprotan 200, 250 dan 275 mm.

## 2. Metode Penelitian

Untuk mencapai pengembangan komposit matriks aluminium berpenguat alumina dengan kekerasan permukaan yang tinggi, maka penelitian dirancang mengikuti diagram alir seperti terlihat pada Gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1 : Diagram alir penelitian

Material awal yang digunakan adalah ingot Aluminium dengan kandungan unsur paduan Si 7% wt, Zn 9% wt dan Mg 6% wt (Al-7Si9Zn-6Mg). Bahan sebagai penguat komposit adalah alumina serbuk dan silikon karbida serbuk.

Tahapan-tahapan yang dilakukan pada riset ini adalah :

- Identifikasi masalah.
- Studi pustaka.
- Tujuan penelitian.
- Persiapan peralatan pengecoran dan bahan baku.

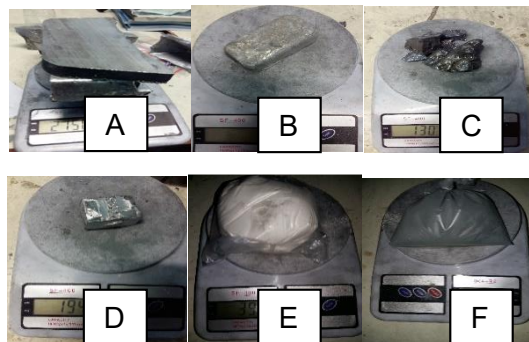
Proses pembuatan aluminium matriks komposit dengan penguat alumina dan silikon karbida dengan tahapan sebagai berikut:

- Proses peleburan paduan aluminium dan partikel penguat alumina dan silikon karbida dilakukan dalam dapur lebur listrik dengan temperatur 850°C.
- Proses pengecoran *squeeze casting* dengan tekanan 30 MPa.
- Pengujian awal meliputi pengujian kekerasan makro menggunakan metode Rockwell.
- Proses *Thermal Spray Coating* dengan metode *High Velocity Oxy-Fuel* (HVOF) menggunakan material *coating* 86WC-10Co4Cr.
- Pengujian akhir meliputi pengujian kekerasan mikro menggunakan metode Vickers,

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### Peleburan dan Pengecoran

Material komposit terdiri dari matriks aluminium dengan paduan Si 7% kemudian ditambah dengan unsur paduan Zn 9% wt, Mg 6% wt, sedangkan partikel penguat adalah alumina ( $Al_2O_3$ ) dan silikon karbida dengan fraksi volume masing-masing 10% (lihat Gambar 2). Bahan baku selanjutnya ditimbang sesuai dengan fraksi volume yang ditentukan dan disesuaikan dengan kapasitas atau volume tungku peleburan. Proses perhitungan dimulai dari perhitungan volume cetakan kemudian dilanjutkan dengan perhitungan dari volume dan berat komposit matriks aluminium.



Gambar 2 : (A) Aluminium (B) Magnesium (C) Silikon (D) Zinc (E) Alumina (F) Silikon Karbida

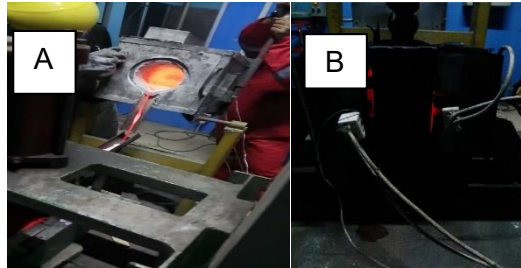
Proses peleburan menggunakan dapur lebur tipe *crucible* dengan *filament* sebagai sumber panas untuk mencairkan logam aluminium. Aluminium ingot dipotong menjadi potongan-potongan kecil untuk mempercepat waktu peleburan logam. Proses peleburan aluminium dilakukan pada temperatur 850°C. Setelah aluminium mencair dilakukan proses *degassing* dengan argon sehingga kotoran yang mengendap pada cairan aluminium akan timbul ke permukaan dan kemudian dikeluarkan dengan ladle. Setelah itu dilakukan pencampuran bahan paduan silikon, zinc dan magnesium. Setelah bahan paduan mencair, selanjutnya dimasukkan alumina dan silikon karbida yang berfungsi sebagai penguat dari komposit matriks aluminium.

Bahan yang sudah dicampurkan kedalam tungku peleburan tersebut kemudian diaduk (*stirring*) dengan menggunakan poros pengaduk yang digerakan menggunakan tenaga angin dari kompresor dan dapat menghasilkan putaran hingga 5000 Rpm. Pengadukan berfungsi agar bahan material cair dapat tercampur merata dengan penguat (Gambar3).



Gambar 3: (A) Proses peleburan (B) Proses *degassing* (C) Pembuangan kotoran (D) Proses *stirring*

Selanjutnya dilakukan proses pengecoran dan penekanan. Pada Gambar 4 terlihat proses pengecoran dan penekan logam cair di dalam cetakan.



Gambar 4: (A) Proses penuangan material kedalam cetakan (B) Penekanan material coran

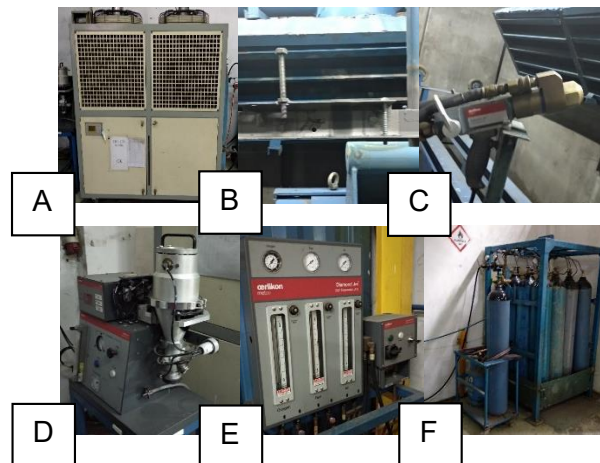
### Proses Pengujian Awal

Proses pengujian ini dilakukan setelah proses pengecoran logam dengan metode *squeeze casting* dan sebelum proses *thermal spray coating*. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian kekerasan (*Hardness*). Pengujian kekerasan dilakukan pada material hasil coran bertujuan untuk mengetahui seberapa keras material tersebut sebelum di proses *thermal spray coating* dengan metode *high velocity oxy-fuel*. Pengujian kekerasan ini menggunakan metode Rockwell dengan indenter 1/16 ball dan *preload* 100 kgf dan dengan standar pengujian ASTM E18. Dan data hasil pengujiannya dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengujian Kekerasan Material Sebelum di Proses *Coating*

Jejak	Nilai Kekerasan
1	71,7 HRB
2	66 HRB
3	74,4 HRB
4	74 HRB
5	67,5 HRB
Rata-rata	70,66 HRB

### Proses Thermal Spray Coating





Gambar 5 Alat-alat untuk proses *coating* (a) *chiller* (b) *jig* spesimen (c) *spray gun* (d) tempat material *coating* (e) *control panel* (f) oksigen (g) propane (h) nitrogen

Proses *Thermal Spray Coating* dengan Metode *High Velocity Oxy-Fuel* (HVOF) diawali dengan mempersiapkan peralatan dan material pendukung. Peralatan yang digunakan diantaranya *jig* pemegang spesimen, *spray gun* sebagai penyemprot material pelapis, *coating room* sebagai tempat proses pelapisan, *blasting room* untuk proses *blasting* tempat penyimpanan material *coating*, *oxygen*, nitrogen, propene, kompresor, *control panel*, *chiller*, serta beberapa peralatan pendukung lainnya (Gambar 5).

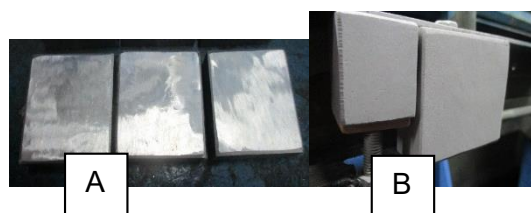
Bahan baku yang digunakan pada proses *coating* ini adalah material komposit matrik aluminium berpenguat alumina dan silikon karbida yang akan di *coating*, material *coating* dalam bentuk serbuk (*powder*) yang terdiri dari unsur Tungsten *Carbide*, Cobalt dan Chromium, yang memiliki komposisi yaitu 86WC-10Co-4Cr (Gambar 6).



Gambar 6: Material *Coating* 86WC-10Co-4Cr

Proses pelapisan dibagi menjadi 2 tahap yaitu proses persiapan (*preparation*) permukaan material dan proses penyemprotan (*spraying*). Proses persiapan permukaan merupakan proses yang dilakukan guna menyiapkan permukaan sebelum proses *spraying* pada bagian permukaan yang akan di *coating*. Tahap kerja yang dilakukan selama proses persiapan permukaan adalah sebagai berikut :

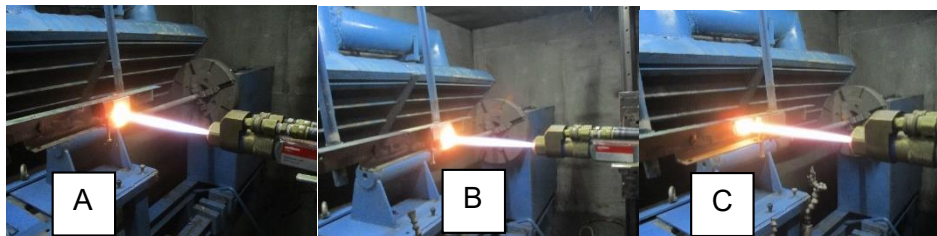
- Pembersihan permukaan material dengan menggunakan *thinner*, agar permukaan material bersih dari kotoran berupa oli dan korosi. Pemanasan material dengan menggunakan nyala api bahan bakar gas (LPG) dalam waktu yang relatif singkat untuk menghilangkan air dan *thinner* yang mungkin saja masih tersisa pada material.
- Pengasaran permukaan dengan *grit blasting* dengan tekanan 4 bar. Hasil proses *blasting* yang baik apabila permukaan material terlihat kusam dan agak kasar seperti terlihat pada gambar 7.



Gambar 7 (a) Spesimen sebelum proses *blasting* (b) Spesimen setelah proses *blasting*.

Setelah proses *blasting* dilakukan, dilanjutkan dengan proses penyemprotan yaitu proses pelapisan material. Proses pelapisan harus dilakukan sesegera mungkin agar meminimalisir terjadinya oksidasi yang mempengaruhi kekuatan ikatan lapisan. Tahapan proses pelapisan dapat dijelaskan sebagai berikut:

- Pemasangan material pada penahan (*jig*) agar benda kerja tetap pada tempatnya saat dilakukan proses penyemprotan.
- Pengaturan parameter proses *coating*. Material ditempatkan pada 3 jarak berbeda yaitu 200 mm, 250 mm dan 275 mm dari *spray gun*, kemudian parameter tetap proses pembakaran diatur pada tekanan 5 bar untuk oksigen, 3 bar untuk propen, dan 2 bar untuk udara.
- Pelapisan menggunakan material *coating* 86WC-10Co-4Cr dengan 3 variasi jarak penyemprotan yaitu 200 mm, 250 mm dan 275 mm. Proses penyemprotan yang pertama menggunakan jarak penyemprotan 200 mm, proses penyemprotan kedua dengan jarak 250 mm dan proses penyemprotan ketiga dengan jarak 275 mm. (Gambar 8).



Gambar 8 (a) Proses *coating* HVOF pada jarak 200 mm, (b) Proses *coating* HVOF pada jarak 250 mm, dan (c) Proses *coating* HVOF pada jarak 275 mm.



Gambar 9 Spesimen yang sudah melalui proses *coating*

Setelah proses *coating* selesai dilakukan, selanjutnya benda kerja dilepaskan dari *jig* penahan setelah material berada dalam keadaan dingin atau *temperature* ruang. Tahapan berikutnya adalah pengukuran ketebalan lapisan. Pengukuran ketebalan dilakukan pada tiga spesimen yang telah dilakukan proses *coating*. Hasil pengukuran ketebalan lapisan *coating* dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Hasil Pengukuran Ketebalan *Coating*

Spesimen Material	Jarak Tembak 200 mm	Jarak Tembak 250 mm	Jarak Tembak 275 mm
<i>Spray</i> 86WC-10Co-4Cr			
Sebelum Proses	9,00	8,87	8,85
Setelah Proses	9,27	9,13	9,10
Total Ketebalan	0,27	0,26	0,25

### Proses Pengujian Akhir

Pengujian ini dilakukan setelah proses *thermal spray coating* dengan metode *High Velocity Oxy-Fuel* (HVOF). Pengujian yang dilakukan adalah pengujian kekerasan mikro. Pengujian kekerasan mikro menggunakan metode Vickers dengan standar ASTM E384. Pengujian kekerasan ini dilakukan untuk mengetahui nilai kekerasan dari material *coating* yang disemprotkan dengan tiga variasi jarak penyemprotan pada plat komposit matriks aluminium. Pada pengujian ini menggunakan beban 100 gf dengan waktu indentasi 10 detik. Hasil pengujian kekerasan mikro dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Hasil Pengujian Kekerasan Mikro

Kode Spesimen	Load Indentasi	Kekerasan (HV)	Rata-rata (HV)
1 (200 mm)	I	1402	1315
	II	1532	
	III	939	
	IV	1560	
	V	1140	
2 (250 mm)	I	1162	1282
	II	974	
	III	1277	
	IV	1439	
	V	1560	
3 (275 mm)	I	1402	1621
	II	1650	
	III	1682	
	IV	1765	

#### 4. Kesimpulan

Penelitian ini dilakukan dengan memvariasikan jarak penyemprotan pada proses thermal spray *coating* dengan metode High Velocity Oxy-Fuel, sehingga dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Proses *thermal spray coating* dengan metode *High Velocity Oxy Fuel* (HVOF) dapat meningkatkan nilai kekerasan permukaan material matriks aluminium dari 70,66 HRB atau setara dengan 127 HV menjadi 1315 HV, 1282 HV dan 1621 HV.
2. Variasi jarak penyemprotan pada proses *thermal spray coating* dengan metode *High Velocity Oxy-Fuel* (HVOF) dapat mempengaruhi nilai kekerasan pada material komposit matriks aluminium. Nilai kekerasan yang paling tinggi ditunjukkan pada spesimen 3 dengan jarak penyemprotan 275 mm mendapatkan nilai kekerasan sebesar 1621 HV. Pada spesimen 1 dengan jarak 200 mm dan 2 dengan jarak 250 mm mendapatkan nilai kekerasan sebesar 1315 dan 1282 HV.

#### Daftar Pustaka

- Hendri Sukma, Rini Prasetyani, Dwi Rahmalina, Rizal I. (2015). Peran Penguat Partikel Alumina Dan Silikon Karbida Terhadap Kekerasan Material Komposit Matriks Aluminium. Seminar Nasional Sains dan Teknologi, 1-12.
- Hendri Sukma, Dwi Rahmalina, Dedy Salam. (2016). Peningkatan Kekerasan Permukaan Material Komposit Matriks Aluminium Melalui Proses Thermal Sprayed Coating. Seminar Nasional Sains dan Teknologi , 1-7.
- INTERNATIONAL, A. (2001). ASM METAL HANDBOOK VOLUME 21 COMPOSITES. ASM INTERNATIONAL.
- B. Vijaya Ramnath, C. Elanchezian, RM. Annamalai, S.Aravind, T. Sri Ananda Atreya, V. Vignesh and C.Subramanian. (2013). Aluminium Metal Matrix Composites. Advance Study Center, 55-60.
- Davis, K. (2010). Material Review: Alumina. School of Doctoral Studies (European Union) Journal , 109-114.
- Soejono Tjitro, Firdaus. (2001). Pengecoran Squeeze. Puslit Universitas Kristen Petra, 109-112.
- Sagar Amin, Hemant Panchal. (2016). A Review on Thermal Spray Coating Processes . International Journal of Current Trends in Engineering & Research , 556-561.
- Palowski, L. (2008). Science and Engineering Of Thermal Spray Coating. West Sussex: WILEY.
- Oksa, M. (2015). Nickel- and iron-based HVOF thermal spray coatings for high temperature corrosion protection in biomass-fired power plant boilers . Eespo: VTT.
- International, A. (2009). ASM Handbook Volume 8 Mechanical Testing And Evaluation. Ohio: ASM International. Maleque M.A., Dyuti S., and Rahman M.M., 2010. Material Selection Method in Design of Automotive Brake Disc. *Proceedings of the World Congress on Engineering 2010 Vol III* June 30 - July 2, London UK.