

PENGARUH VARIASI MATERIAL *COATING* PADA PROSES *THERMAL SPRAYED COATING* DENGAN METODE *HIGH VELOCITY OXY-FUEL* TERHADAPPENINGKATAN KEKERASAN PERMUKAAN MATERIAL KOMPOSIT MATRIKS ALUMINIUM

Hendri Sukma¹, Muhammad Rizki P², Bambang Sulaksono

¹ Program Studi Teknik Mesin, Universitas Pancasila, Jakarta, Indonesia

² Program Studi Teknik Mesin, Universitas Pancasila, Jakarta, Indonesia

³ Program Studi Teknik Mesin, Universitas Pancasila, Jakarta, Indonesia

Kata kunci:

Komposit Matriks Aluminium, pelapisan material HVOF, variasi material pelapis

Email penulis:

Muhammadrizkipras958@gmail.com

Abstrak

Pengembangan material komposit matriks aluminium berpenguat partikulat banyak dilakukan untuk berbagai aplikasi komponen karena berat jenisnya yang ringan dibanding material konvensional berbahan dasar baja karbon, komposit aluminium juga memiliki performa yang baik seperti kekuatan tinggi, kekerasan tinggi, sifat tahan aus dan koefisien ekspansi panas rendah. Penelitian ini difokuskan pada proses *thermal spray coating* dengan metode HVOF (*High Velocity Oxy-Fuel*) untuk meningkatkan kekerasan pada material komposit matriks aluminium (Al-7Si-9Zn-6Mg) berpenguat 10% Alumina dan 10% Silikon Karbida. dengan variasi komposisi material *coating* yaitu 20Ni-80Cr, 88WC-12Co dan 86WC-10Co4Cr dengan jarak semprot pada proses *coating* 225 mm. Hasil pengujian kekerasan material komposit matriks aluminium berpenguat Alumina dan Silikon Karbida tanpa melalui proses *coating* menunjukkan nilai kekerasan 70,66 HRB, atau setara dengan 130 HV. Setelah material diberi *coating* permukaan material yang memiliki sifat mekanik paling keras terdapat pada komposisi material *coating* 86WC-10Co-4Cr dengan nilai kekerasan 1487 HV karna adanya unsur *chrome* yang membentuk senyawa baru dengan tungsten karbida dan cobalt, sehingga kekerasannya paling tinggi dibanding sempel lainnya.

1. Pendahuluan

Perkembangan industri transportasi maupun inovasi berbagai macam bahan dasar pembuatan suatu komponen di Indonesia mengalami perkembangan yang cukup signifikan, dapat di lihat baik dari segi pertumbuhan produksi maupun peningkatan teknologi. Akan tetapi para pelaku industri masih mengalami beberapa kendala diantaranya adalah belum seluruhnya industri pendukung seperti komponen maupun bahan baku untuk pembuatannya di lakukan didalam negeri. Penggunaan material baja sebagai bahan baku pembuatan komponen kendaraan transportasi di era globalisasi saat ini tentu tidak lagi efisien, mengingat bobot material baja relative lebih berat. Penurunan berat kendaraan dapat dilakukan dengan alternatif lain, perubahan rancangan bangun bahan baku atau pengembangan material yang lebih ringan untuk dijadikan bahan baku dasar dari dibuatnya suatu komponen alat transportasi dimasa sekarang, hal tersebut dilihat juga dari segi perkembangan dan kebutuhan ekonomi yang semakin meningkat, mulai dari harga bahan-bahan pokok dari material tersebut maupun bahan bakar kendaraan yang digunakan oleh pengguna transportasi. (Hendri Sukma, dkk 2016)

Dengan berkembangnya teknologi untuk memenuhi persyaratan, beberapa komponen sebagai bahan baku dasar pembuatan komponen kendaran ini dapat terpenuhi melalui komposit matriks aluminium. Komposit matriks aluminium juga memiliki densitas rendah, tahan terhadap korosi serta mempunyai elastisitas yang baik. Selain itu, komposit matriks aluminium juga memiliki sifat *tailorability*, sehingga sifat mekanis yang diinginkan dapat dimodifikasi sesuai dengan kombinasi matriks yang diinginkan, penguat serta kondisi pada daerah mukanya. Keunggulan ini menjadi dasar para periset untuk mengembangkan komposit matriks aluminium sebagai pengganti material konvensional yang dahulu biasa digunakan sebagai bahan dasar pembuatan komponen kendaraan. (ASM Handbook, 1992 ; F.L. Matthews dan Rawlijs, R.D, 1994).

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. (D Rahmalina, dkk 2014). Dari hasil penelitian ini didapatkan nilai kekerasan maksimum dari pelat komposit adalah 60.28 HRB. Picas, Josep A, et.al pada tahun 2005, telah melakukan penelitian tentang *thermal sprayed coating* pada komposit matriks aluminium, dengan material *coating* CrC-

NiCr dan WC-CoCr, untuk menganalisis struktur mikro terhadap jenis material *coating* dan parameter proses *thermal spray*. Namun pada penelitian tersebut belum dilakukan pengujian karakterisasi mekanik seperti kekerasan. (Josep A Picas, dkk)

Riset yang dilakukan kali ini memfokuskan pada pengaruh komposisi material coating yang bervariasi terhadap kekerasan komposit matriks aluminium, berpenguat partikel alumina dan silikon karbida, yang terdiri dari tiga jenis varian material *coating*, dengan masing-masing persentase yang berbeda setiap variasi komposisinya material *coating* yang diberikan untuk melapisi material komposit matriks aluminium yang sama, proses pembentukan plat tersebut melalui teknologi *squeeze casting*.

Paduan untuk matriks yang digunakan adalah Al-Si dengan penambahan unsur paduan Zn dan Mg, dengan kandungan unsur paduan Si 7%, Mg 6%, Zn 9%, dengan penguat partikel alumina dan silikon karbida dengan penguat 10% fraksi volume alumina, dan 10% fraksi volume silikon karbida. (Hendri Sukma, dkk 2015). Sama dengan penelitian sebelumnya, pelapisan terhadap material komposit matriks aluminium hasil proses pengecoran *squeez* akan dilakukan proses *thermal spray* menggunakan metode HVOF (*High Velocity Oxygen Fuel*) dengan material coating (20Ni-80Cr), (88Wc-12Co), Wc86-Co10-Cr4), Tungsten Carbide-Cobalt (WC-Co), serta tambahan *Chromium* (Cr) dan Nikel (Ni) yang digunakan sebagai material *coating*.

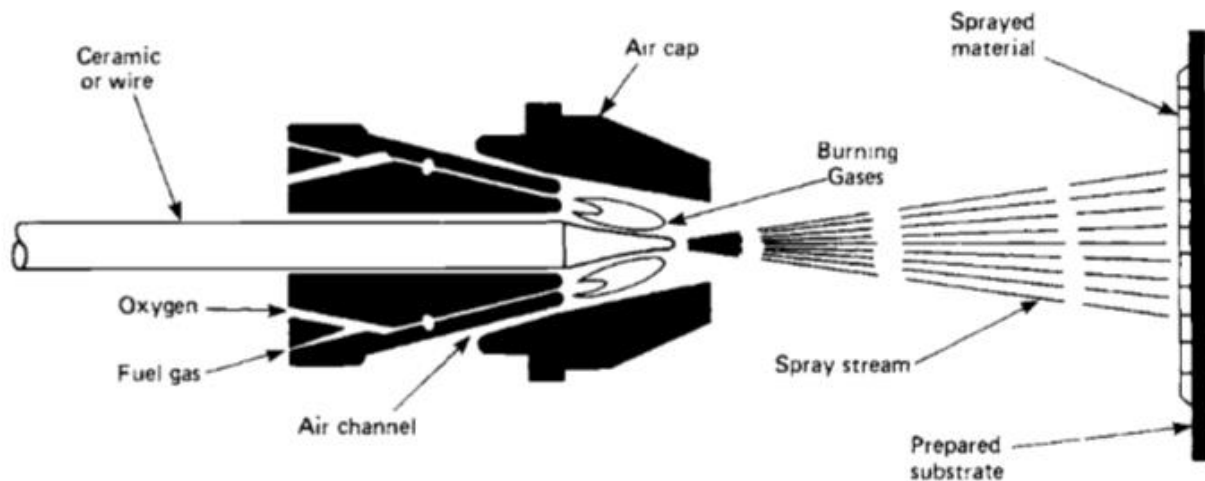
1.1. Rumusan Masalah

Dari penjelasan latar belakang diatas maka dapat dirumuskan suatu masalah pada penelitian ini yaitu untuk memenuhi kebutuhan material yang tahan aus dengan kekerasan permukaan yang tinggi dapat dilakukan proses pengerasan permukaan melalui metode *coating* yaitu proses pelapisan permukaan suatu material dengan membentuk permukaan baru atau memodifikasi permukaan. Proses *coating* menggunakan *thermal spray coating* dengan metode *High Velocity Oxy-Fuel* (HVOF) dengan variasi komposisi material *coating* yaitu 20Ni-80Cr, 88WC-12Co dan 86WC10Co4Cr.

1.2. Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengembangkan proses manufaktur komposit matriks aluminium berpenguat alumina dan silikon karbida melalui teknologi *squeeze casting* dilanjutkan dengan *thermal sprayed coating* dengan metode *High Velocity Oxy-Fuel* (HVOF) untuk aplikasi komponen otomotif;
2. Mendapatkan nilai kekerasan tertinggi dari material komposit matriks aluminium berpenguat partikulat alumina dan silikon karbida dari hasil pengecoran dengan teknologi *squeeze casting* dan mengetahui nilai komposisi kimia yang terkandung pada material tersebut;
3. Melakukan proses *thermal sprayed coating* dengan metode *High Velocity Oxy-Fuel* (HVOF) terhadap komposit matriks aluminium dengan memvariasikan tiga jenis komposisi material *coating* yang berbeda pada setiap sampel material;
4. Untuk dapat mengetahui permukaan sampel dengan jenis komposisi material *coating* apa yang memiliki nilai kekerasan paling tinggi diantara jenis komposisi lainnya.



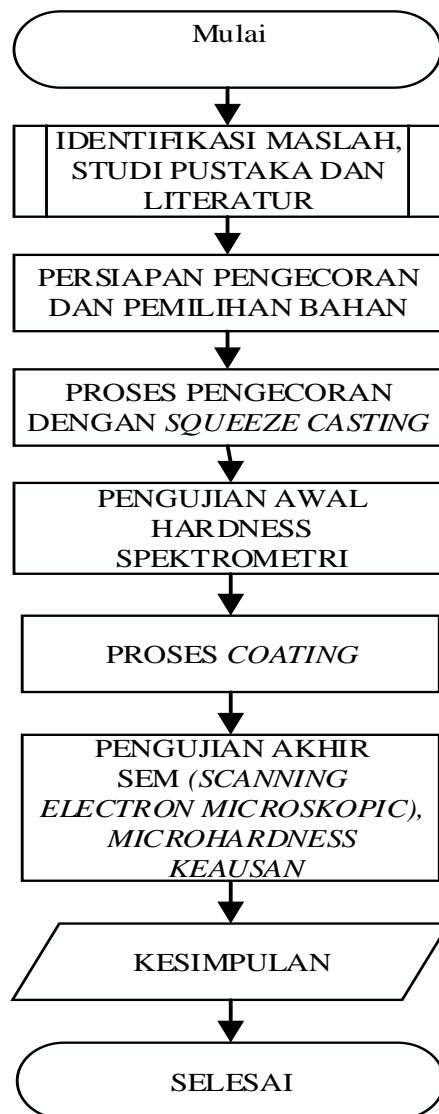
Gambar 1: Skematik Proses *Thermal Spray Coating*

2. Metode Penelitian

Untuk mencapai peningkatan kekerasan permukaan material komposit matriks aluminium berpenguat alumina dan Sic dengan proses *thermal sprayed coating* menggunakan HVOF (*High Velocity Oxygen Fuel*) maka penelitian dirancang mengikuti diagram alir seperti terlihat pada Gambar 2.

Material awal yang digunakan adalah ingot Aluminium dengan kandungan unsur paduan Si 7% wt, kemudian ditambahkan unsur paduan Zn 9 % wt, Mg 6% wt (Al-7Si9Zn-6Mg). Bahan sebagai penguat komposit adalah alumina dan silikon karbida serbuk berukuran 10 μm . Tahapan-tahapan yang dilakukan pada riset ini adalah:

1. Identifikasi masalah, studi pustaka dan literature dilakukan berdasarkan referensi yang didapat dari penelitiannya sebelumnya yang membahas mengenai peningkatan kekerasan permukaan material komposit matriks aluminium.
2. Persiapan tungku peleburan, cetakan plat dan material bahan baku coran berdasarkan literatur perhitungan volume fraksi dilakukan untuk melakukan pengembangan material komposit matriks aluminium melalui teknologi *squeeze casting*.
3. Proses pembuatan aluminium matriks komposit dengan penguat Alumina dan Silikon Karbida dengan tahapan sebagai berikut:
4. Proses peleburan paduan aluminium dan partikel penguat alumina dilakukan dalam dapur lebur listrik dengan temperatur lebur 8500C.
5. Proses pengecoran *squeeze casting* dengan besar tekanan 20 kg/cm².
6. 4. karakterisasi Komposit Matriks Aluminium tanpa *coating* ;
7. Melakukan Pengujian Kekerasan dengan metode *rockwell* untuk mengetahui kekerasan material komposit matriks aluminium hasil dari proses pengecoran *swueeze*.
8. Proses *thermal spray coating* dengan metode *High Velocity Oxy-Fuel* (HVOF) menggunakan material *coating* 20Ni-80Cr, 88WC-12Co dan 86WC-10Co4Cr dengan jarak penyemprotan 225 mm;
9. Karakterisasi komposit matriks aluminium yang telah diberi *coating* ;
10. Pengujian kekerasan mikro dengan metode *vickers*, terhadap permukaan material sampel yang telah diberi *coating*;



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

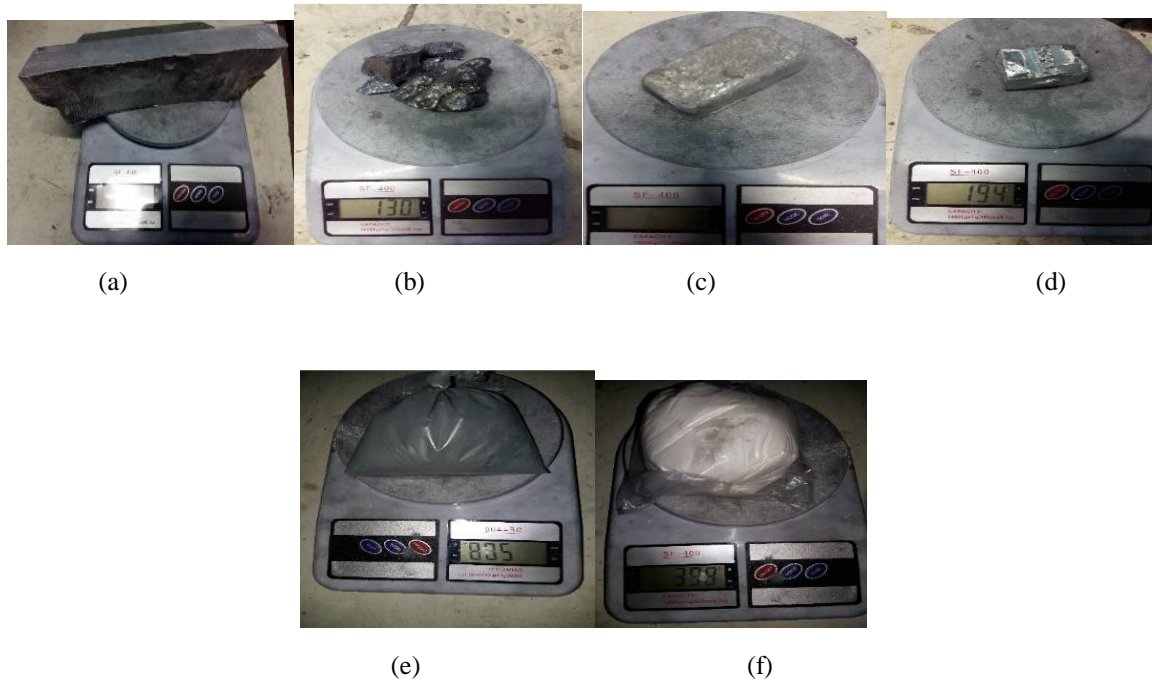
Lokasi penelitian. Penelitian ini dilakukan pada bulan September 2017 sampai dengan Januari 2018, proses pengecoran *squeeze* untuk mengembangkan material komposit matriks aluminium dilakukan di Laboratorium Pengecoran Logam, Fakultas Teknik Universitas Pancasila, dan pengujian mekanik untuk mengetahui sifat mekanik dari hasil material komposit matriks aluminium yang telah dikembangkan dilakukan di Laboratorium Metalurgi Fisik, Fakultas Teknik Jurusan Mesin, Universitas Pancasila, proses perlakuan peningkatan kekerasan material komposit matriks aluminium dengan cara *thermal spray coating* dengan metode *high velocity oxy – fuel*. Pada proses tersebut dilakukan di salah satu penyedia jasa *coating* material yang bertepatan di kawasan industri Pulo Gadung Jakarta Timur.

Untuk mengetahui karakteristik mekanik dari hasil proses *thermal spray coating* yang dilakukn, dilakuakan pengujian karakteristik mekanik terhadap hasil lapisan tersebut, adapun pengujian yang dilakuakn adalah pengujian kekerasan mikro, yang dilakukan di Laboratorium Metalurgi Universitas Indonesia, Depok, Jawa Barat.

3. Hasil dan Pembahasan

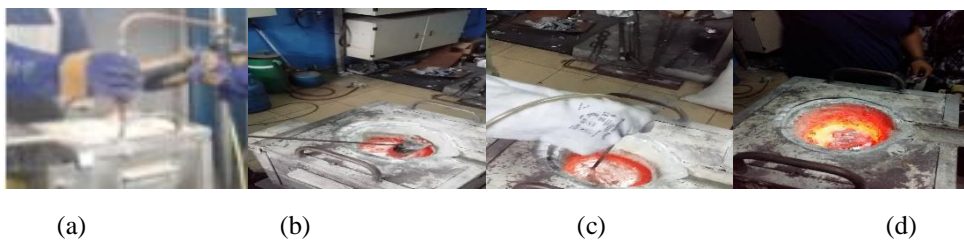
Proses Pengembangan komposit matriks aluminium dengan *squeeze casting*

Material komposit terdiri dari paduan Si 7%, kemudian ditambah dengan unsur paduan Zn 9% wt dan Mg 6% wt, sedangkan partikulat penguat yang dicampurkan adalah Alumina, sengan fraksi volume 10% dan Silikon Karbida dengan jumlah fraksi volume yang sama denga alumina.(lihat Gambar 2). Bahan baku lainnya kemudian ditimbang sesuai dengan nilai fraksi volume yang ditentukan dan sesuai 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) Alumunium (b) Silikon (c) Magnesium (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 timbul ke permukaan dan kemudian dikeluarkan dengan menggunakan ladle. Setelah itu dilakukan pencampuran bahan paduan magnesium, silikon, dan zinc. Setelah bahan paduan mencair, selanjutnya dimasukkan alumina yang berfungsi sebagai penguat dari komposit matrik aluminium. Bahan yang sudah dicampurkan ke dalam tungku temperatur 850°C . Setelah aluminium mencair dilakukan proses degassing dengan argon sehingga kotoran yang mengendap pada cairan aluminium timbul ke permukaan dan kemudian dikeluarkan dengan menggunakan ladle. Setelah itu dilakukan pencampuran bahan paduan magnesium, silikon, dan zinc. Setelah bahan paduan mencair, selanjutnya dimasukkan alumina yang berfungsi sebagai penguat dari komposit matrik aluminium. Bahan yang sudah dicampurkan ke dalam tungku peleburan tersebut kemudian diaduk (*stirring*) dengan menggunakan poros pengaduk yang digerakkan menggunakan tenaga angin dari kompresor dan dapat menghasilkan putaran hingga 5000 Rpm. Pengadukan berfungsi agar bahan material cair dapat tercampur merata (Gambar 3).

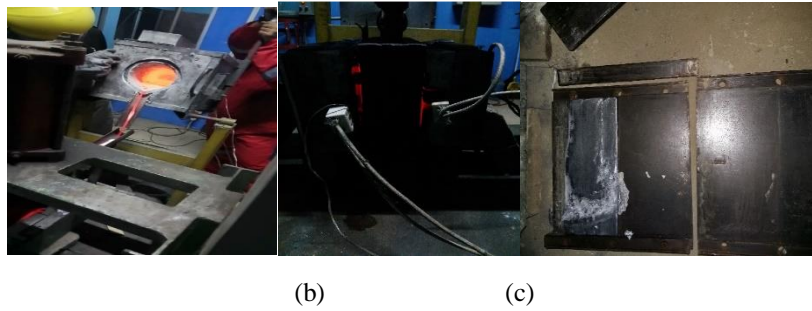


Gambar 3. (a) Proses peleburan, (b) Proses *degassing*, (c) Proses pembuangan *slag*, (d) Proses *stirring*

Sebelum dilakukan proses pengecoran, dilakukan pemanasan cetakan dengan heater yang bertujuan agar logam cair tidak membeku pada saluran masuk dan tidak terjadi pendinginan awal pada saat logam cair masuk ke dalam cetakan. Proses pemanasan cetakan ini dilakukan pada temperatur 300°C . Proses penuangan dilakukan secara perlahan untuk menghindari turbulensi aliran material coran di dalam cetakan.

Pemberian tekanan menggunakan sistem hidrolik dengan kekuatan tekan sebesar 20 kg/cm^2 . Proses penekanan ini dilakukan agar logam cair tersebut dapat mengisi penuh seluruh rongga cetakan, sehingga tidak ada rongga kosong serta untuk meminimalkan terjadinya cacat void dan porositas gas akibat proses peleburan. Pemberian tekanan ini dilakukan setelah cairan komposit berada pada kondisi semi solid sehingga memudahkan proses penekannya. Penekanan ini dilakukan hingga logam mengalami *freezing* secara sempurna. Selanjutnya

dilakukan proses pengecoran dan penekanan serta pelepasan material dari cetakan ketika material telah dalam kondisi *freezing*. Dapat dilihat pada (Gambar 4) dibawah.



Gambar 4. (a) Proses penuangan material cor ke dalam cetakan, (b) Proses penekanan cetakan, (c) Proses Pelepasan Cetakan

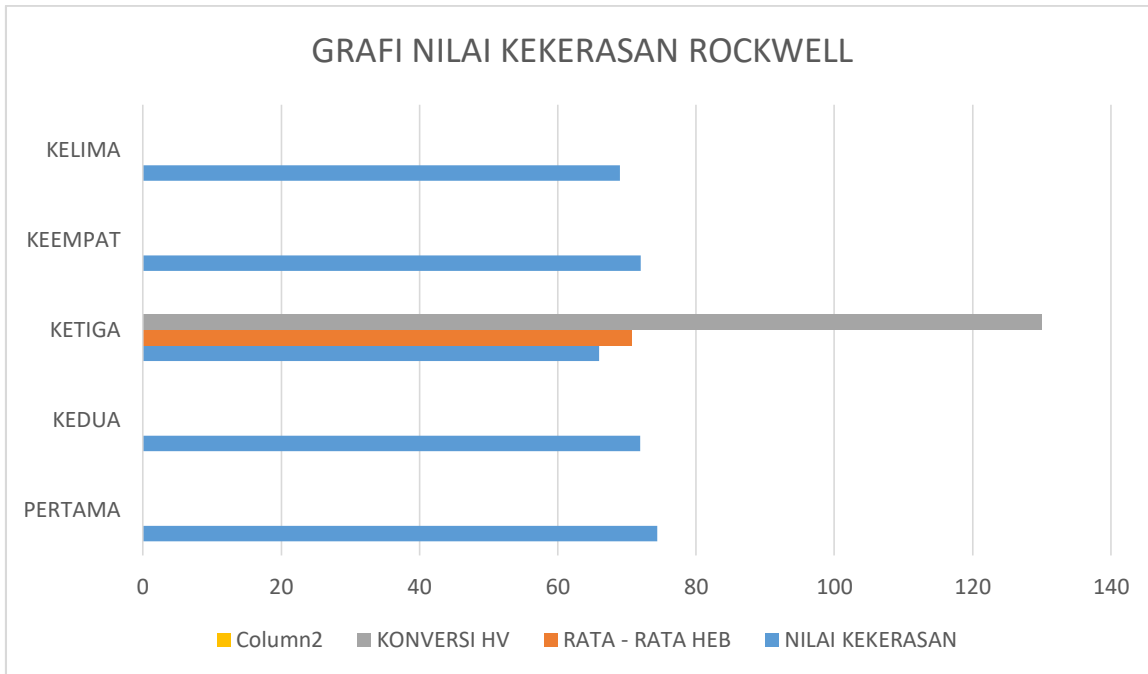
Hasil Pengujian Awal

Setelah komposit matriks aluminium terbentuk, sebelum memasuki tahap *coating*, tahapan pengujian awal dilakukan untuk mengetahui karakteristik dari komposit matriks aluminium tanpa *coating* adapun pengujian yang dilakukan adalah pengujian kekerasan *rockwell*, material yang diuji tanpa diberi *coating* memiliki kekerasan sesuai rata – rata dari lima kali indentasi yang dilakukan selama pengujian, nantinya akan dilakukan perbandingan terhadap material yang sama akan tetapi dengan diberi *coating* dengan metode HVOF terhadap material yang digunakan. Dapat dilihat pada tabel 1 dibawah ini hasil dari pengujian kekerasan *rockwell*.

Tabel 1: Pengujian Kekerasa *Rockwell* komposit matriks aluminium tanpa proses *coating* HVOF.

Indentasi beban 100 (kgf)	Kekerasan (HRB)	Rata – rata (HRB)	Konversi (HV)
Indentasi pertama	74,4		
Indentasi kedua	71,9		
Indentasi Ketiga	66	70,66	130
Indentasi Keempat	72		
Indentasi Kelima	69		

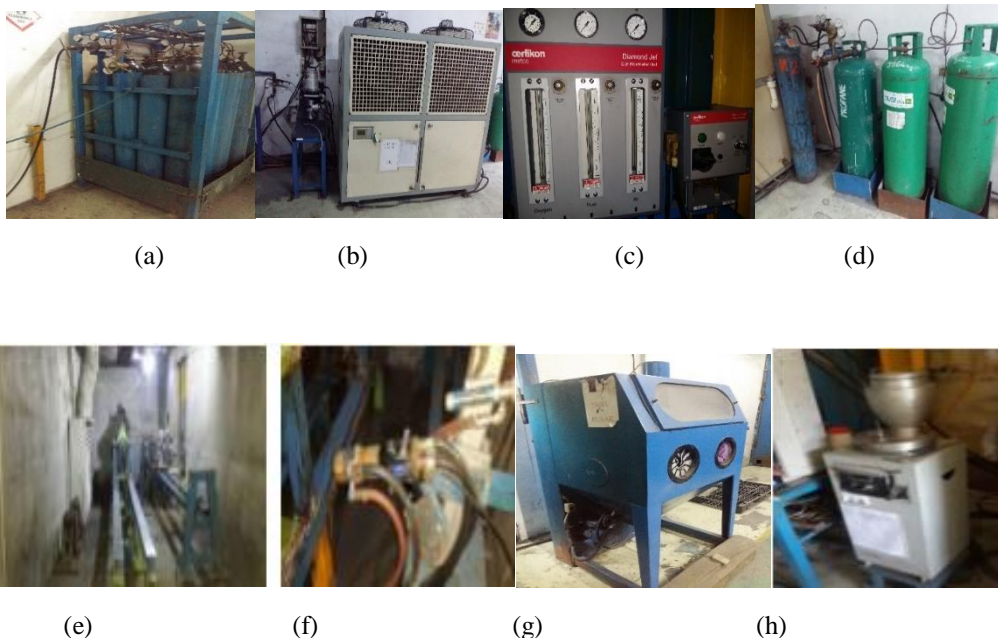
Berdasarkan hasil pengujian diatas, hasil pengembangan material komposit matriks aluminium tanpa melalui prose pelapisan atau pembentukan permukaan untuk meningkatkan kekerasan permukaannya memiliki nilai kekerasan sebesar 70,66 HRB atau sama dengan 130 HV jika dikonversikan dengan satu kekerasan pada metode *vickers*.



Gambar 5. Grafik Nilai Kekerasan *Rockwell*

Proses Coating

Proses *Thermal Spray Coating* dengan Metode *High Velocity Oxy-Fuel* (HVOF) diawali dengan persiapan peralatan dan material pendukung. Peralatan utama yang digunakan diantaranya jig pemegang benda kerja, *spray gun* sebagai penyemprot material pelapis, *coating room* sebagai tempat proses pelapisan, *blasting room* untuk proses *blasting*, tempat penyimpanan material coating, *oxygen*, nitrogen, propen, kompresor, *control panel*, *chiller*, serta beberapa peralatan pendukung lainnya (Gambar 6). Bahan baku yang digunakan pada proses *coating* ini adalah material komposit matrik aluminium berpenguat alumina yang akan di coating, material coating dalam bentuk serbuk (*powder*) yang terdiri dari unsur Tungsten Carbide, Cobalt dan *Chrome*, yang terdiri dari tiga komposisi yaitu 20Ni-80Cr, 88WC-12Co, 86WC-10Co-4Cr. Seperti yang ditunjukkan pada (Gambar 6.j).





(j)

Gambar 6. (a) Propan Oksigen, (b) *control panel*, (c) *chiller*, (d) Propan Nitrogrn, (e) *Spray Room*, (f) *Spray Gun*, (g) *Blasting Room*, (h) Tempat *Powdwr*, (i) *Jig specimen*, (j) *Material powder coating*

Proses Blasting

Pada proses *thermal spray coating* terdapat persiapan (*preperation*) sebelum dilakukannya *coating* dengan *high velocity oxy – fuel*, proses tersebut dinamakan proses *blasting*, yang bertujuan untuk meratakan permukaan material yang nantinya akan diberi *coating*, dengan dilakukannya proses *blasting* akan membuat permukaan material yang akan diberi *coating* menjadi kasar dan memiliki pori-pori. Dalam proses *blasting* tersebut digunakan metode *spray* yang hampir sama dengan HVOF *coating*, yang membedakan adalah material pada proses *blasting* yang digunakan menggunakan *steel grit* (serpihan kecil tajam) yang nantinya akan disemprotkan dengan temperatur tinggi dengan dan penyemprotan berkekanan 4 bar. Adapun tujuan yang dilakukannya proses *blasting* sebelum dilakukannya HVOF *coating* agar material *coating* yang nantinya membuat permukaan baru pada media komposit matriks aluminium dapat melekat atau menempel dengan sempurna. Perbedaan sebelum dan setelah dilakukannya proses *blasting* berikut ditunjukkan pada (Gambar 7) dibawah ini;



Gambar 7. (a) Sebelum proses *blasting*, (b) Sesudah Proses *Blasting*

Setelah proses *blasting*, dilanjutkan dengan proses penyemprotan (*spraying*) yaitu proses pelapisan material. Proses pelapisan harus dilakukan sesegera mungkin setelah proses pengasaran permukaan untuk mengurangi kemungkinan teroksidasinya permukaan material yang mempengaruhi kekuatan ikatan lapisan. Tahapan proses pelapisan adalah sebagai berikut:

Pemasangan material pada penahan (*jig*) agar benda kerja tetap pada tempatnya ketika dilakukan penyemprotan, seperti terlihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Pemasangan Material Pada *Jig*

Pengaturan parameter proses *coating*. Material ditempatkan pada jarak sekitar 225 mm dari *spray gun*, kemudian parameter tetap proses pembakaran diatur pada tekanan 5 bar untuk oksigen, 3 bar untuk propan, dan 2 bar untuk udara.

Pelapisan yang pertama menggunakan material 20Ni-80Cr dengan ketebalan *coating* 0,26 mm, pelapisan kedua menggunakan material 88WC-12Co dengan ketebalan *coating* 0,34 mm, dan menggunakan material 86WC-10Co-4Cr ketebala *coating* yang dihasilkan 0,26 mm.



Gambr 9. Proses *coating* pada sampel dengan menggunakan material ; (a) 20Ni-80Cr, (b) 88WC-12Co, (c) 86WC-10Co-4Cr.

Setelah proses pelapisan selesai dilaksanakan, selanjutnya material benda kerja dilepaskan dari jig spesimen penahan setelah material berada dalam keadaan dingin atau temperature ruang seperti terlihat pada (Gambar 10).



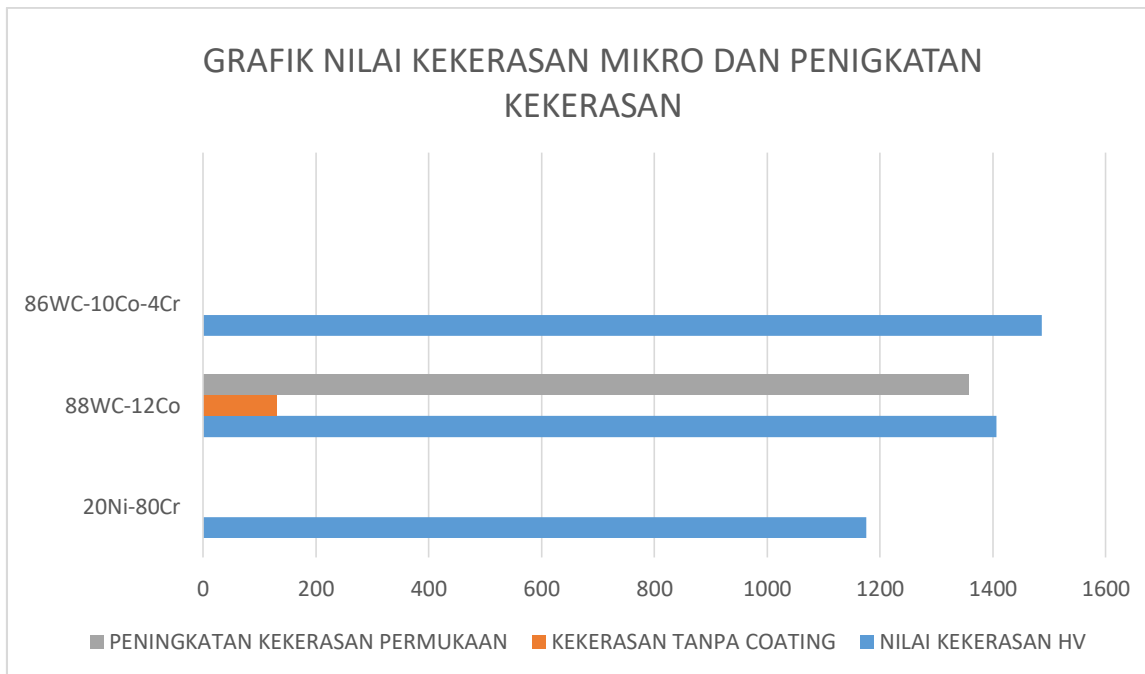
Gambar 10. (a) Pelepasan Sempel dari Jig, (b) Sempel yang telah diberi *coating*

Hasil Pengujian Akhir

Pengujian kekerasan dilakukan dengan metode *Vickers* dengan beban sebesar 100 Kgf. Sampel material yang diuji sebanyak 3 sampel yang telah dilapisi dengan 20Ni-80Cr, 88WC-12Co, dan 86WC-10Co-12Cr. Untuk setiap benda kerja dilakukan pengujian pada 5 (lima) titik dan kemudian dirata-ratakan. Hasil pengujian kekerasan dapat dilihat pada Tabel 2. Untuk benda kerja yang di *coating* didapatkan hasil 1176 HV untuk 20Ni-80Cr, 1406 HV untuk 88WC-12Co, dan 1487 HV untuk penggunaan material *coating* 86WC10Co-4Cr. Material dengan sampel 86WC-10Co-4Cr yang memiliki kekerasan paling tinggi diantara komposisi material *coating* lainnya yang digunakan, karna adanya senyawa baru yang terbentuk akibat penggabungan WC (*Tungsten Carbida*, Co (*cobalt*), Cr (*chrome*), sehingga kekerasannya lebih dari yang lain. Hasil rata – rata pengujian ditunjukkan pada (Tabel 2) pengujian kekerasan mikro dibawah ini.

Tabel 2. Hasil Pengujian Kekerasan Mikro, terhadap sampel yang telah diberi *coating*

Indentasi beban 100 (kgf)	Jenis sampel (20Ni-80Cr)	Jenis Sempel (88WC-12Co)	Rata – rata Jenis Sempel (86WC-10Co-4Cr)	Konv	J
Indentasi Pertama	1097 HV	1465 HV	1619 HV		
Indentasi kedua	1378 HV	1666 HV	1748 HV		
Indentasi Keiga	1149 HV	1140 HV	1288 HV		
Indentasi Keempat	1106 HV	1619 HV	1378 HV		
Indentasi Kelima	1149 HV	1140 HV	1402 HV		
Rata – Rata	1176 HV	1406 HV	1487 HV		



Kesimpulan dan Saran

Dari penelitian diatas terdapat kesimpulan sebagai berikut ;

1. Penambahan unsur Si (silikon) dari 3 wt %, menjadi 7 wt %, dan penggunaan penguat partikulat sic (silikon karbida) sebanyak 10% dari jumlah volume fraksi alumunium dapat meningkatkan kekerasan komposit matriks alumunium dari hasil proses pengecoran;
2. Penggunaan unsur 7 wt % dan penguat partikulat SiC (silikon karbida) 10 % dapat meningkatkan kekerasan komposit dari 39 HRB menjadi 70,66 HRB, atau bila dikonversi dengan satuan dari pengujian kekerasan dengan metode *vickers* setara dengan 130 HV.
3. Material coating yang digunakan pada proses peningkatn kekerasan untuk tiga variasi komposisi terhadap tiga sampel material dasar yaitu dengan menggunakan material *coating* Ni20-Cr80 untuk sampel satu, Wc88-Co12 untuk sampel dua, dan WC86-Co10-Cr4 untuk sampel tiga;
4. Dalam meningkatkan kekerasan permukaan material komposit menggunakan thermal spray coating dengan metode HVOF, jenis komposisi material *coating* yang memiliki nilai kekerasan paling tinggi diantara yang lain adalah 86WC-10Co-4Cr dengan nilai kekerasan 1487 HV karna terdapat unsur *chrome* yang membentuk senyawa baru dengan tungsten karbida dan *cobalt*;

Adapun saran yang disampaikan pada penelitian ini adalah sebagai berikut ;

Untuk penelitian selanjutnya dapat lebih meningkatkan kekerasan permukaan material, khususnya material komposit matriks alumunium berpenguat partikel alumina, pada penelitian berikutnya dapat disarankan beberapa hal diantaranya yaitu melakukan *proses Heat Treatment* pada material bahan baku sebelum dilakukan proses *coating*, dan menggunkan jenis *thermal spray coating* dengan metode lain untuk mengetahui nilai perbandinagn dengan yang menggunakan material *coating* NiCr-WC-Co, serta melakukan pengujian karaktersisti mekanik lain yang belum dilakukan pada pengujian ini terhadap material seperti pengujin korosif.

Daftar Pustaka

- Hendri Sukma, Dwi Rahmalina, Dedy Salam, (2016) Peningkatan keketasan permukaan Material komposit matriks alumunium melalui proses *thermal sprayed coating*
- T.R. Vujarayam, et.al., (2006), Fabrication of fiber reinforced metal matrix composite by squeez casting thecnology, journal of materials processing thecnology 178, 34-38
- kainer, karl U., (2006). METAL Matrix Composites. WILEY-VCH Velag Gmbh & Co. KGaA., pp.
- Hendri Sukma, Rini P, D Rahmalina, Rizal I, (2015), Peran Penguat Partikel Alumina dan Silikon Karbida Terhadap Kekerasan Material Komposit Matriks Alumunium.

ASM Handbook, 1992 ; F.L. Matthews dan Rawlings, R.D, 1994).

Josep A. Picas, Antonio Forn, Ramiro Rilla, Enric Martin, (2005) HVOF Thermal Sprayed Coating on Aluminium Alloys and Matrix Composite, *Surface & Coating Technology* 200, pp 11781181

Dwi Rahmalina, dkk. Effect of treatment process on hardness of Al 7Si-Mg-Zn Matrix

Composite Reinforced with Silicon Carbide Particulate, *Proceeding of the 2012 International Conference on Advanced Material and Manufacturing Science (ICAMMS 2012)*, Beijing, China, 20-21