



**SINTERING TUNGSTEN KARBIDA YANG DIBUAT
DENGAN ARC PLASMA SINTERING DAN SIFAT
MEKANIS**



TESISI

OLEH

**UNIVERSITAS
ADE SAPUTRA
MERCU BUANA
55821010003**

PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK MESIN

UNIVERSITAS MERCU BUANA



**SINTERING TUNGSTEN KARBIDA YANG DIBUAT
DENGAN ARC PLASMA SINTERING DAN SIFAT
MEKANIS**

TESISI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Menyelesaikan Program Pascasarjana
Program Studi Magister Teknik Mesin

UNIVERSITAS
MERCU BUANA
Disusun oleh:
ADE SAPUTRA
NIM : 55821010003

PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK MESIN
UNIVERSITAS MERCU BUANA

PENGESAHAN TESIS

Judul : Sintering Tungsten Karbida Yang Dibuat Dengan Arc
Plasma Sintering dan Sifat Mekanis

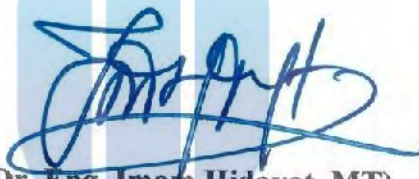
Nama : Ade Saputra

NIM : 55821010003

Program Studi : Magister Teknik Mesin

Tanggal :

Mengesahkan
Pembimbing



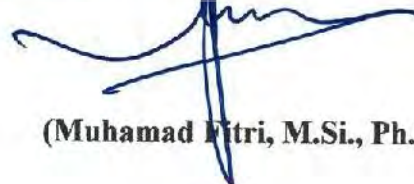
(Dr. Eng. Imam Hidayat, MT)

Dekan Fakultas Teknik

Ketua Program Studi
Magister Teknik Mesin



(Dr. Zulfa Fitri Ikatrinasari, MT)



(Muhamad Fitri, M.Si., Ph.D)

PERNYATAAN SIMILARITY CHECK

Saya yang bertanda Tangan di bawah ini menyatakan, bahwa karya ilmiah yang ditulis oleh :

Nama : Ade Saputra
NIM : 55821010003
Program Studi : Megister Teknik Mesin

Dengan judul “PENGARUH TEMPERATUR SINTERING TERHADAP DENSITI DAN POROSITAS TUNGSTEN CARBIDE” telah dilakukan pengecekan *similarity* dengan system Turnitin Pada tanggal 05 September 2023 didapatkan nilai persentase sebesar 17%.

Jakarta, 05 September 2023

Administrator Turnitin

UNIVERSITAS
MERCU BUANA



Mivono, S.Kom

PERSETUJUAN LAPORAN TESIS

Judul : **Sintering Tungsten Karbida Yang Dibuat Dengan Arc Plasma Sintering dan Sifat Mekanis**

Nama : Ade Saputra

NIM : 55821010003

Program Studi : Megister Teknik Mesin

Tanggal :

Menyetujui,

1. Ketua Sidang : Muhamad Fitri, M.Si., Ph.D

1.

2. Pembimbing : Dr. Eng. Imam Hidayat, MT

2.

3. Penguji : J Gusti Ayu, M.Si., Ph.D

3.

PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa
sema pernyataan dalam Tesis ini :

Judul : Sintering Tungsten Karbida Yang Dibuat Dengan Arc
Plasma Sintering dan Sifat Mekanis

Nama : ADE SAPUTRA

NIM : 55821010003

Program Studi : Megister Teknik Mesin

Tanggal :

Merupakan hasil studi pustaka, penelitian lapangan, dan karya saya sendiri dengan
bimbingan Komisi Dosen Pembimbing yang ditetapkan dengan Surat Keputusan
Ketua program Studi Magister Teknik Mesin Universitas Mercu Buana.

Karya ilmiah ini belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanahan pada
program sejenis di perguruan tinggi lain. Semua informasi, data, dan hasil
pengolahannya yang digunakan, telah dinyatakan secara jelas sumbernya dan dapat
diperiksa kebenarannya.

Jakarta, 25 Oktober 2022



(Ade Saputra)

PENGARUH TEMPERATUR SINTERING TERHADAP DENSITI DAN POROSITAS TUNGSTEN CARBIDE

Ade Saputra¹, Imam Hidayat⁴, Kusdi Prijono², Arbi Dimiyati², Rohmad Salam², Nur Rohmat³ dan Suhendi³

¹Program Studi Magister Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana
Jakarta

²Batan Puspipstek, Banten, Indonesia

³Fakultas Teknik, Universitas Pamulang, Banten, Indonesia

E-mail: Ades89174@gmail.com

Jurnal Ilmiah Yang Diajukan

: Pengaruh Temperatur Sintering Terhadap Densiti dan Porositas Tungsten Carbide

ISSN

: e-ISSN: 2549-2888/p-ISSN: 2089-7235

URL

: <https://publikasi.mercubuana.ac.id>

INDEXING

- Crossref
- Google Scholar
- Neliti
- DOAJ
- Garuda
- PKP
- Ingenta
- Doi



PENGESAHAN	PEMBIMBING
Nama Dosen Pembimbing	Tanggal dan Tanda Tangan
Dr. Eng. Imam Hidayat, MT	

PENGHARGAAN

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Kuasa atas segala limpahan Rahmat, Inayah, Taufik dan Hidayah-Nya dapat menyelesaikan penyusunan Laporan Tesis ini dengan judul “Sintering Tungsten Karbida Yang Dibuat Dengan Arc Plasma Sintering dan Sifat Fisik.”

Laporan Tesis ini disusun sebagai salah satu bentuk pertanggung jawaban mata kuliah yang wajib dilaksanakan oleh setiap mahasiswa di Program Studi Magister Teknik Mesin Universitas Mercubuana. Penyusunan Laporan Tesis ini tidak Lepas dari bantuan, bimbingan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu dengan segenap ketulusan hati, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr.Ir. Andi Adriansyah, M.Eng Selaku Rektor Universitas Mercu Buana.
2. Bapak Dr. Zulfa Fitri Ikatrinasari, MT Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.
3. Bapak Muhammad Fitri, M.Si., Ph.D Selaku Kaprodi Magister Teknik Mesin Universitas Mercu Buana.
4. Bapak Dr. Eng. Imam Hidayat, MT Selaku Dosen Pembimbing Tesis Universitas Mercu Buana.
5. Ibu I Gusti Ayu, M.Si., Ph.D selaku penguji sidang tesis, atas masukan, motivasi dan saran-saran yang membangun.
6. Orang tua beserta keluarga tercinta yang selalu memberi motivasi untuk menyelesaikan studi S2.
7. Rekan- rekan seperjuangan S2 Magister Teknik Mesin Universitas Mercu

Buana, terima kasih atas bantuan dan semangat yang telah diberikan. Seluruh rekan dan berbagai pihak yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung.

Penulis menyadari bahwa dalam Laporan Tesis ini masih terdapat banyak kekurangan maupun kesalahan . Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran. Semoga laporan ini bermanfaat bagi semua pihak dan dapat dipergunakan sebagaimana mestinya .

Jakarta, November 2023

Penulis



ABSTRAK

Penelitian ini akan membahas mengenai Sintering Tungsten Karbida Yang Dibuat Dengan Arc Plasma Sintering dan Sifat Mekanis. Pada umumnya tungsten karbida dibuat dengan menggunakan metode sintering dengan Spark Plasma Sintering (SPS). Komposisi serbuk yang digunakan untuk pembuatan tungsten karbida yaitu WC 55% dan Co 45% diproses dengan variasi temperatur 600oC, 800oC, 1000oC, 1200oC selama 1 menit. Setelah menjadi material sampel di uji X-Ray Diffraction (XRD), uji Scanning Electron Microscope (SEM), dan uji kekerasan micro vikers yang bertujuan untuk menganalisis fase kristal material WC-Co hasil proses APS, menganalisis struktur mikro atau morfologi permukaan material WC-Co dan Menganalisis sifat mekanis material berupa kekerasan WC-Co hasil proses APS dengan variasi temperatur 600oC, 800oC, 1000oC, 1200oC. Dalam penentuan model struktur kristal dari suatu difratogram suatu material dengan perhitungan kuantitatif dengan metode rietveld refinement, hasil analisis XRD WC dan Co yang telah di sintering menggunakan APS. material WC-Co hasil SEM-EDX dengan temperatur sintering sebesar 600 oC terdapat kandungan tungsten (W) sebesar 52,83 %, nilai kekerasan sebesar 180 HV, saat temperatur sintering sebesar 800 oC, kandungan tungsten (W) sebesar 52,87 %, nilai kekerasan sebesar 184 HV, kemudian pada saat temperatur sintering sebesar 1000 oC, kandungan tungsten (W) sebesar 47,3 %, nilai kekerasan sebesar 191 HV, dan pada saat temperatur sintering sebesar 1200 oC, kandungan tungsten (W) sebesar 40,8 %, nilai kekerasan meningkat sebesar 250 HV. Hal ini mengindikasikan bahwa pengaruh penambahan unsur cobalt (Co) pada paduan WC-Co dapat meningkatkan nilai kekerasan (sifat mekanik) secara signifikan. Melalui analisa uji X-Ray Diffraction (XRD), campuran WC dengan campuran Co dengan WC 55% dan Co 45% menghasilkan dua fasa utama yaitu WC dengan campuran Co, kemudian dengan menganalisa menggunakan uji Scanning Electron Microscope (SEM) mengasilkan densitas rata rata sebesar 9,4763 g/ml dan porositas 60,61% dicapai oleh specimen dengan temperatur sintering 1.200°C dengan arus 80A. Hasil pengamatan mikrostruktur menggunakan SEM-EDX juga membuktikan bahwa specimen ini memiliki kepadatan yang terbaik dibanding specimen lainnya, Pengujian Kekerasan Mikro Vickers produk sintering dengan menggunakan APS didapat 80A-1200°C yang paling mendekati yaitu di 250 HV.

Kata kunci : WC-Co, Sifat Fisik, *X-Ray Diffraction* (XRD), *Scanning Electron Microscope* (SEM), *Kekerasan Micro Vickers*.

ABSTRACT

This research will discuss the Sintering of Tungsten Carbide Made with Arc Plasma Sintering and its Mechanical Properties. In general, tungsten carbide is made using the sintering method with Spark Plasma Sintering (SPS). The composition of the powder used to make tungsten carbide, namely WC 55% and Co 45%, is processed at varying temperatures of 600oC, 800oC, 1000oC, 1200oC for 1 minute. After being subjected to the sample material in the X-Ray Diffraction (XRD) test, Scanning Electron Microscope (SEM) test, and micro vikers hardness test which aims to analyze the crystal phase of the WC-Co material resulting from the APS process, analyze the microstructure or surface morphology of the WC-Co material Co and Analyzing the mechanical properties of the material in the form of WC-Co hardness resulting from the APS process with temperature variations of 600oC, 800oC, 1000oC, 1200oC. In determining the crystal structure model of a diphragram of a material using quantitative calculations using the Rietveld refinement method, the results of the XRD analysis of WC and Co are has been sintered using APS. WC-Co material resulting from SEM-EDX with a sintering temperature of 600 oC, there is a tungsten (W) content of 52.83%, a hardness value of 180 HV, when the sintering temperature is 800 oC, the tungsten (W) content was 52.87%, the hardness value was 184 HV, then when the sintering temperature was 1000 oC, the tungsten content (W) was 47.3%, the hardness value was 191 HV, and when the sintering temperature was 1200 oC, the tungsten content (W) of 40.8%, the hardness value increases by 250 HV. This indicates that the effect of adding the cobalt (Co) element to the WC-Co alloy can increase the hardness value (mechanical properties) significantly. Through X-Ray Diffraction (XRD) test analysis, the WC mixture was mixed with Co with WC 55% and Co 45 % produces two main phases, namely WC with a mixture of Co, then analyzing using the Scanning Electron Microscope (SEM) test produces an average density of 9.4763 g/ml and a porosity of 60.61% achieved by the specimen with a sintering temperature of 1,200°C with a current 80A. The results of microstructural observations using SEM-EDX also prove that this specimen has the best density compared to other specimens. Vickers Micro Hardness Testing of sintered products using APS obtained 80A-1200°C which is closest to 250 HV.

Keywords : WC-Co, Physical Properties, X-Ray Diffraction (XRD), Scanning Electron Microscope (SEM), Micro Vickers Hardness.

DAFTAR ISI

PLASMA SINTERING DAN SIFAT MEKANIS	i
PENGESAHAN TESIS	ii
PERNYATAAN SIMILARITY CHECK	iii
PERSETUJUAN LAPORAN TESIS	iv
PERNYATAAN	v
PENGHARGAAN	vii
ABSTRAK	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian	4
1.4. Kebaruan (<i>Novelty</i>)	4
1.5. Batasan Masalah	6
1.6. Sistematika Penulisan	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1. Wolfram Carbida (WC)	8
2.2. Metalurgi Serbuk	9

1. <i>Blending</i> (Pencampuran)	11
2. <i>Compacting</i> (Pepadatan)	12
3. Sintering	14
3.1.1. <i>Solid State Sintering</i> (<i>SSS</i>).....	14
3.1.2. <i>Liquid Phase Sintering</i> (<i>LPS</i>).....	16
3.1.3. <i>Indirect Pressureless Sintering</i>	18
3.1.4. <i>Multi Material Deposition Indirect Sintering</i> (<i>MMD-IS</i>).....	19
3.2. <i>Difraksi Sinar-X</i>	21
3.2.1. <i>Fenomena Difraksi Sinar-X</i>	22
3.2.2. <i>Hukum Bragg</i>	23
3.3. Identifikasi Fasa	25
3.4. Metoda Scherrer dan Warren-Averbach.....	25
3.5. SEM (<i>Scanning Electron Microscope</i>).....	27
3.6. Pengujian Densitas	29
3.7. <i>Hardness Tester</i>	30
3.8. Penelitian Terdahulu	33
BAB III METODE PENELITIAN	39
3.1. Diagram Alir	39
3.2. Tempat Pelaksanaan Penelitian	40
3.3. Tahap Penelitian.....	40
3.4. Alat Dan bahan.....	40
3.5. Karakteristik Material.....	43
3.6. Pengujin Bahan	44

3.6.1. Kompaksi.....	44
3.6.2. Pengujian <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD).....	44
3.6.3. Pengujian <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM)	47
3.6.4. Pengujian Sifat Kekerasan material/ uji <i>Micro Vickers</i>	49
3.7. Tahap Analisis.....	50
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	51
4.1. Data Hasil Penelitian	51
4.2. Kompaksi	52
4.3. Hasil Pengujian <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD).....	52
4.4. Analisa XRD dengan Menggunakan Metode <i>Rietveld</i>	58
4.5. Hasil Pengujian <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM).....	60
4.6. Hasil Pengujian Kekerasan Mikro <i>Vickers</i>	71
BAB V PENUTUP.....	75
5.1. Kesimpulan.....	75
5.2. Saran.....	75
DAFTAR PUSTAKA.....	76

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sifat fisik dan kimia tungsten krbida dan kobalt	9
Tabel 2.2 Sifat Mekanik tungsten karbida dan kobalt	9
Tabel 2.3 Jurnal keterkaitan penelitian terdahulu	34
Tabel 3.1 Alat Penelitian	41
Tabel 3.2 Bahan yang digunakan dalam Penelitian	43
Tabel 4.1 Pemetaan unsur menggunakan SEM-EDX pengaruh temperatur sintering dalam paduan WC-Co	66
Tabel 4.2 Spesifikasi sampel WC-Co yang digunakan selama waktu sintering 1 menit	70
Tabel 4.3 Hasil rata – rata nilai kekerasan.....	71
Tabel 4.4 Hasil rata – rata seluruh nilai kekerasan.....	72



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Tahap metalurgi serbuk	11
Gambar 2.2. <i>Belending Mixing</i>	12
Gambar 2.3. Proses kompaksi	14
Gambar 2.4. Skema <i>Solid State Sintering</i> (SSS)	15
Gambar 2.5. Diagram fase skematis dari sistem biner.....	16
Gambar 2.6. Mekanisme <i>Liquid Phase Sintering</i> (LPS)	17
Gambar 2.7. Tahap – tahap proses MMD-IS	19
Gambar 2.8. Bidang kristal berfungsi sebagai kisi difraksi	22
Gambar 2.9. Difraksi sinar -x pada bidang Kristal	23
Gambar 2.10 Perbedaan Panjang lintasan antar berkas sinar-x ₁ dan sinar-x ₁	24
Gambar 2.11 Sekema SEM	28
Gambar 2.12 Ilustrasi pengukuran densitas	30
Gambar 2.13 Skema <i>Micro Hardness</i>	31
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	39
Gambar 3.2 Aplikasi Maud	46
Gambar 4.1 Sampel kompaksi dan sampel setelah APS	52
Gambar 4.2 Analisa XRD WC-Co	53
Gambar 4.3 Hasil analisis XRD Pariasi CoW 600°C	53
Gambar 4.4 Hasil analisis XRD Pariasi CoW 800°C	54
Gambar 4.5 Hasil analisis XRD Pariasi CoW 1000°C	55

Gambar 4.6 Hasil analisis XRD Pariasi CoW 1200°C	56
Gambar 4.7 Pola difraksi sinar X	58
Gambar 4.8 SEM-2.500X dan Spektrum EDX dari material paduan WC-Co, dengan temperatur 600 °C	60
Gambar 4.9 SEM-5.000X dan Spektrum EDX dari material paduan WC-Co, dengan temperatur 600 °C	61
Gambar 4.10 SEM-10.000X dan Spektrum EDX dari material paduan WC-Co, dengan temperatur 600 °C	61
Gambar 4.11 SEM-2.500X dan Spektrum EDX dari material paduan WC-Co, dengan temperatur 800 °C	62
Gambar 4.12 SEM-5.000X dan Spektrum EDX dari material paduan WC-Co, dengan temperatur 800 °C	62
Gambar 4.13 SEM-10.000X dan Spektrum EDX dari material paduan WC-Co, dengan temperatur 800 °C	63
Gambar 4.14 SEM-2.500X dan Spektrum EDX dari material paduan WC-Co, dengan temperatur 1000 °C	63
Gambar 4.15 SEM-5.000X dan Spektrum EDX dari material paduan WC-Co, dengan temperatur 1000 °C	64
Gambar 4.16 SEM-10.000X dan Spektrum EDX dari material paduan WC-Co, dengan temperatur 1000 °C	64
Gambar 4.17 SEM-2.500X dan Spektrum EDX dari material paduan WC-Co, dengan temperatur 1200 °C	65

Gambar 4.18 SEM-5.000X dan Spektrum EDX dari material paduan WC-Co, dengan temperatur 1200 °C	65
Gambar 4.19 SEM-10.000X dan Spektrum EDX dari material paduan WC-Co, dengan temperatur 1200 °C	66
Gambar 4.20 Bagian dalam sampel hasil pengujian SEM-EDX paduan WC-Co dengan temperatur: (a)600°C(2500x,5000x,10000x); (b)800°C(2500x,5000x,10000x); (c)1000°C(2500x,5000x,10000x); (d)1200°C(2500x,5000x,10000x).....	68
Gambar 4.21 Grafik nilai kekerasan dan temperatur 600°C, 800°C, 1000°C, 1200°C	70
Gambar 4.22 Grafik peningkatan dan penurunan nilai kekerasan dengan temperatur 600°C, 800°C, 1000°C, 1200°C	72
Gambar 4.12 Hasil pengujian micro vickers pada permukaan sampel WC-Co yang diperoleh dengan APS pada temperatur (a)600°C, (b)800°C, (c)1000°C, (d)1200°C	73

