

**PENGUNAAN PLASMA NITRIDASI TERHADAP
KEKERASAN DAN KEAUSAN SERTA SENYAWA
YANG TERBENTUK PADA TITANIUM
MURNI KOMERSIAL**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata1 pada
Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik**

Oleh :

LANGGENG RAHMAWANTO CATUR SAPUTRO
D200130036

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2020**

HALAMAN PERSETUJUAN

**PENGUNAAN PLASMA NITRIDASI TERHADAP KEKERASAN DAN
KEAUSAN SERTA SENYAWA YANG TERBENTUK PADA TITANIUM
MURNI KOMERSIAL**

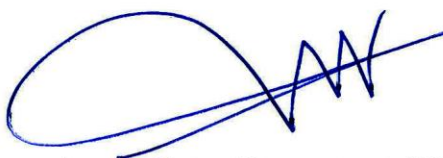
PUBLIKASI ILMIAH

Oleh:

LANGGENG RAHMAWANTO CATUR SAPUTRO
D200130036

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen Pembimbing



Agung Setyo Darmawan, ST, MT

HALAMAN PENGESAHAN

**PENGUNAAN PLASMA NITRIDASI TERHADAP KEKERASAN DAN
KEAUSAN SERTA SENYAWA YANG TERBENTUK PADA TITANIUM
MURNI KOMERSIAL**

OLEH

LANGGENG RAHMAWANTO CATUR SAPUTRO
D200130036

**Telah Dipertahankan Didepan Dewan Penguji
Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada 17 Februari 2020
Dan Dinyatakan Telah Memenuhi Syarat**

Dewan Penguji:

1. Agung Setyo Darmawan, ST., MT
(Ketua Dewan Penguji)
2. Ir. Agus Hariyanto, MT.
(Anggota I Dewan Penguji)
3. Patna Partono, ST., MT
(Anggota II Dewan Penguji)

()
()
()

Dekan,



(Dr. H. Sri Sunarjono, MT. Ph.D)

NIK. 682

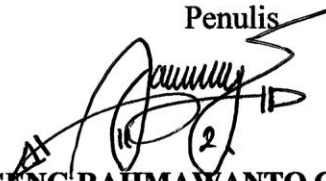
PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidak benaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggung jawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 20 Februari 2020

Penulis



LANGGENG RAHMAWANTO CATUR SAPUTRO
D 200 130 036

PENGUNAAN PLASMA NITRIDASI TERHADAP KEKERASAN DAN KEAUSAN SERTA SENYAWA YANG TERBENTUK PADA TITANIUM MURNI KOMERSIAL

Abstrak

Perkembangan teknologi yang maju pada saat ini, membutuhkan material-material berkualitas baik, khususnya yang berbahan dasar logam. Sifat-sifat mekanik material logam seperti : kekerasan, kekuatan, keuletan, dan tahan akan korosi dan keausan yang selalu berhubungan dengan senyawa yang terbentuk pada material tersebut. Hal ini mendorong perlunya penelitian serta pengembangan teknologi, akan pengubahan komposisi dan sifat struktur mikro logam, pada material yang berbahan dasar logam. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh senyawa yang terbentuk terhadap kekerasan dan laju keausan dari material titanium murni komersial sebelum dan setelah proses plasma nitridasi. Dalam penelitian ini menggunakan variasi waktu 2, 3, 4, dan 5 jam serta variasi temperatur 350 °C dan 450 °C dengan tekanan nitrogen tetap yaitu 1,6 mbar. Dari hasil pengujian didapat nilai kekerasan yang awalnya (raw material) 105,75 VHN, dengan proses plasma nitridasi optimum selama 4 jam dengan suhu 450 °C dan tekan 1,6 bar naik menjadi 226,64 VHN mengalami peningkatan 114%. Pada pengujian keausan yang awalnya $4,0148 \times 10^{-8} \text{ mm}^2/\text{kg}$ mengalami penurunan menjadi $7,87 \times 10^{-9} \text{ mm}^2/\text{kg}$. Perubahan tersebut terjadi karena terbentuknya senyawa baru pada permukaan titanium murni komersial.

Kata Kunci : plasma, nitridasi, titanium , senyawa.

Abstract

The development of advanced technology at this time requires good quality materials, especially those made from metal. Mechanical properties of metal materials such as: hardness, strength, tenacity, and resistance to corrosion and wear which are always associated with compounds formed in the material. This encourages the need for research and development of technology, will change the composition and properties of metal microstructure, in materials made from metal. This study aims to determine the effect of compounds formed on the hardness and wear rate of commercially pure titanium material before and after the plasma nitriding process. In this study using variations of time 2, 3, 4, and 5 hours and temperature variations of 350 °C and 450 °C with a fixed nitrogen pressure of 1.6 mbar. From the test results obtained the value of the initial hardness (raw material) 105.75 VHN, with the optimum plasma nitriding process for 4 hours with a temperature of 450°C and press 1.6 bar up to 226.64 VHN increased 114%. In the wear tests which were initially $4,0148 \times 10^{-8} \text{ mm}^2/\text{kg}$ it decreased to $7.87 \times 10^{-9} \text{ mm}^2/\text{kg}$. These changes occur because of the formation of new compounds on the surface of commercially pure titanium.

Keywords: plasma, nitriding, titanium, compounds.

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi terutama dalam bidang peningkatan efisiensi produksi akan mendorong perkembangan yang pesat dalam industri logam dan mesin. Perkembangan tersebut secara tak langsung menuntut tersedianya bahan untuk komponen-komponen mesin yang memiliki sifat mekanik tertentu sesuai dengan penggunaannya. Salah satunya adalah tingkat keausan suatu komponen.

Bahan titanium memiliki sifat ketahanan korosi dan rasio kekuatan terhadap densitasnya yang paling tinggi di antara semua logam lain, tetapi didalam pemakaian titanium akan bergesekan dengan bahan yang lain. Apabila itu terjadi, maka akan terjadi keausan. Gesekan biasanya didefinisikan sebagai gaya lawan (*opposing force*) yang terjadi bilamana dua permukaan saling bergerak relatif antara satu dengan yang lainnya. Gesekan yang terjadi ini bisa menimbulkan rusak atau hilangnya partikel dari suatu material yang dinamakan dengan keausan. Keausan terjadi apabila terdapat dua buah benda saling menekan dan saling bergesekan. Keausan yang lebih besar terjadi pada bahan yang lebih lunak (Ningsih & Kaelani, 2016)

Beberapa jenis perlakuan permukaan secara konvensional untuk meningkatkan sifat mekanik permukaan logam antara lain cara karburasi, nitridasi, karbonitridasi, nyala api, maupun induksi listrik. Dengan adanya kemajuan teknologi untuk memperbaiki sifat mekanik permukaan logam, saat ini mulai dikembangkan cara lain untuk membentuk lapisan tipis dan memperbaiki sifat-sifat pada permukaannya. Cara tersebut meliputi metode evaporasi, implantasi ion, plasma lucutan pijar RF, dan plasma lucutan pijar DC (Suprpto dkk, 2010).

2. METODE

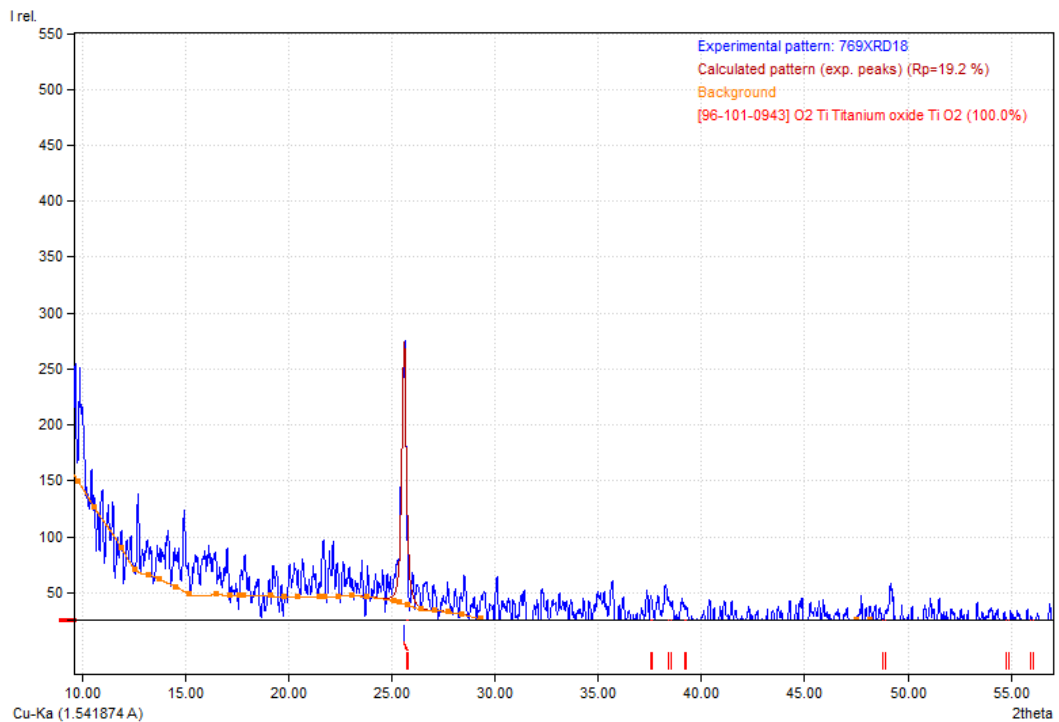
Studi pustaka dan lapangan menjelaskan alur proses dari awal hingga pengujian setelah proses plasma nitridasi. Proses tersebut antara lain : Pemotongan dan pemolesan material dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta pada tanggal 1 sampai 20 Oktober 2018. Pengujian kekerasan raw material dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Gajah Mada pada tanggal 30 Oktober 2018. Pengujian laju keausan raw material

dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Gajah Mada pada tanggal 14 November 2018. Pengujian XRD raw material dilakukan di Laboratorium MIPA Universitas Negeri Yogyakarta pada tanggal 19 November 2018. Proses plasma nitridasi titanium murni komersial dilakukan di Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN), Jl. Babarsari, Depok, Caturtunggal, Sleman pada tanggal 1 sampai 9 November 2018. Pengujian kekerasan titanium murni komersial setelah proses nitridasi plasma dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Gajah Mada pada tanggal 10 November 2018. Pengujian laju keausan titanium murni komersial setelah proses nitridasi dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Gajah Mada pada tanggal 14 November 2018. Pengujian XRD untuk mengetahui senyawa yang terbentuk setelah proses plasma nitridasi dilakukan di Laboratorium MIPA Universitas Negeri Yogyakarta pada tanggal 19 November 2018.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

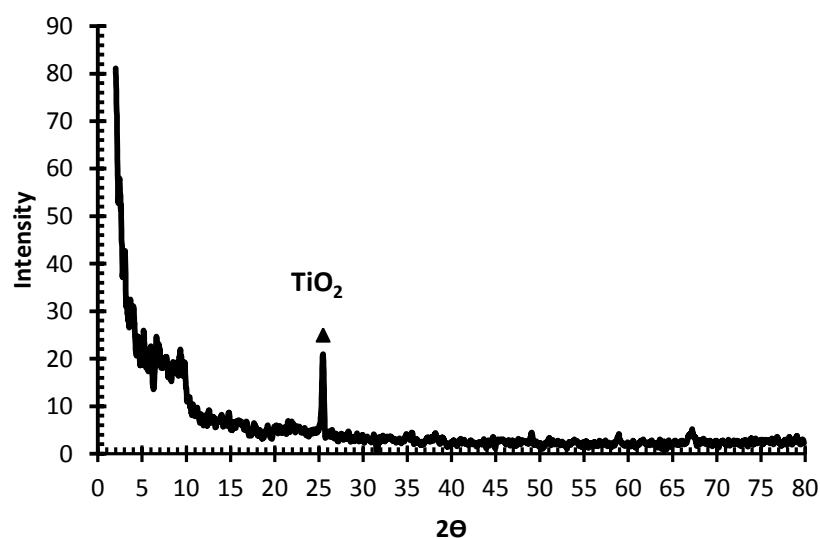
3.1 Hasil

Pengujian XRD (*X-Ray Diffraction*) dilakukan di laboratorium MIPA Universitas Negeri Yogyakarta dengan tujuan untuk senyawa yang terbentuk pada permukaan titanium murni komersial yang telah diplasma nitridasi. Sumber yang digunakan dalam pengujian XRD adalah Cu k-alpha radiation dengan panjang gelombang 1.541 Å. Proses dilakukan untuk sudut 10° hingga 80° dimana kecepatan pergantian sudut adalah $0,02^\circ$ untuk tiap 10 detik pengujian ini dilakukan pada raw material dan material pada kondisi optimum setelah dinitridasi plasma. Analisa XRD dilakukan dengan aplikasi Match-3 yang menggunakan database dari *Crystallography Open Database (COD)*. Data yang diperoleh dicocokkan dengan database sehingga akan diketahui terbentuknya fasa TiN dan Ti₂N pada permukaan titanium murni komersial yang telah dinitridasi plasma. Data hasil XRD raw material dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Hasil XRD raw material

Berdasarkan Gambar 1 diperoleh puncak yang muncul dengan nilai 2 theta 25,46, dan data tersebut telah dilakukan pengolahan dengan menggunakan program Match-3. Dimana dalam puncak tersebut terdapat senyawa TiO_2 seperti yang ditunjukkan pada gambar 2 dan tabel 1 yang membuktikan bahwa titanium murni komersial telah teroksidasi oleh O_2 .

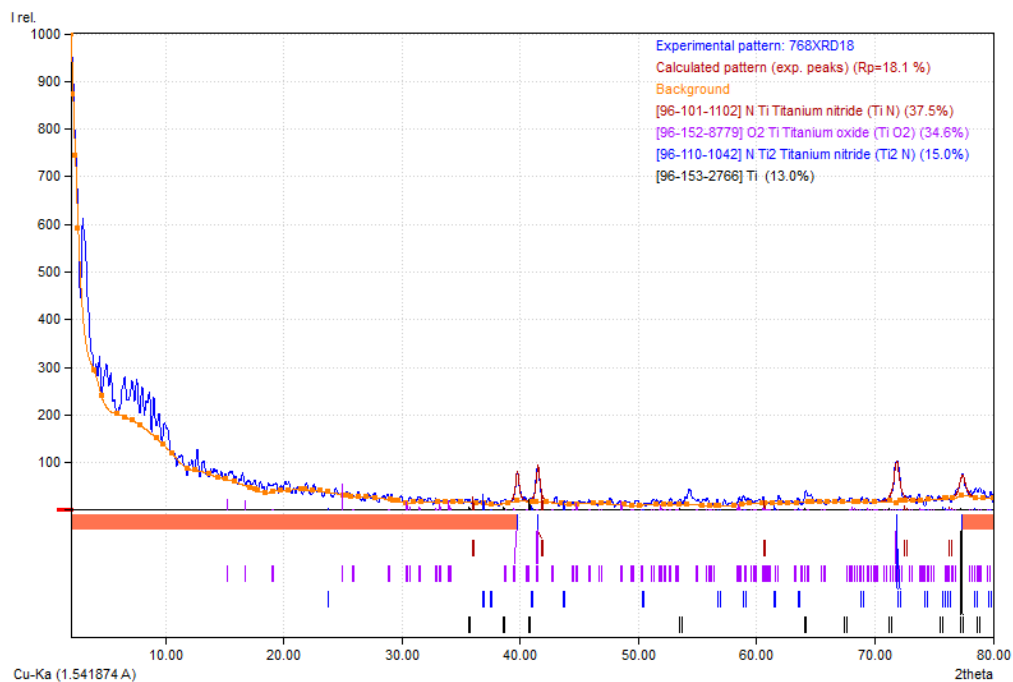


Gambar 2. Hasil Analisa XRD raw material

Tabel 1. Letak Peak Hasil XRD raw material

Senyawa	2 θ (deg)	Intensity (cps)	Smooth Intensity (cps)
TiO ₂	25.46	13	25

Pengujian XRD juga dilakukan pada material yang telah diplasma nitridasi dengan nitrogen, pemilihan material tersebut berdasarkan hasil uji kekerasan yang optimal. Nilai kekerasan pada material titanium murni komersial yang telah diplasma nitridasi dengan menggunakan nitrogen selama 4jam disuhu 450°C sebesar 226,64VHN dengan laju keausan $7,87 \times 10^{-9} \text{ mm}^2/\text{kg}$. Berdasarkan hasil uji XRD yang telah dianalisis dengan program match-3 didapatkan bahwa material dengan kekerasan optimal tersebut terdapat fasa ikatan baru yaitu yaitu fasa Ti₂N dan TiN. Data yang diperoleh dapat disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3 Hasil XRD pada titanium murni komersial yang telah dinitridasi

3.2 Pembahasan

Pengujian keausan dilakukan dengan menggunakan substrat yang sudah diuji keras, karena pada dasarnya tujuan peningkatan kekerasan permukaan adalah untuk meningkatkan lamanya waktu pemakaian. Lamanya waktu pemakaian ini

sangat berhubungan dengan tingkat keausan pada suatu logam baik komponen otomotif maupun pada mesin perkakas. Jika tingkat keausan rendah maka waktu pakainya lama dan begitu pula sebaliknya. Besar keausan spesifik dihitung dengan persamaan 2.4 dimana, lebar piringan pengaus adalah 3 mm, jari-jari piringan pengaus adalah 13,4 mm, gaya tekan pada proses keausan adalah 2,12 kg, dan jarak tempuh pada proses pengausan adalah 15 m.

Pengujian keausan dilakukan pada spesimen titaniummurni komersial yang belum diplasma nitridasi (*raw material*) dan spesimen yang telah diplasma nitridasi selama 4 jam, temperatur 450°C dan tekanan 1,6 mbar.

Hasil pengujian keausan pada material titanium murni komersial sebelum diplasma nitridasi (*raw material*) menunjukkan nilai keausan sebesar $4,0148 \times 10^{-8} \text{ mm}^2/\text{kg}$. Sedangkan pada material titanium murni komersial yang telah diplasma nitridasi dengan temperatur 350°C, selama 4 jam dan tekanan 1,6 mbar menunjukkan nilai keausan yang jauh lebih kecil dibandingkan dengan *raw material*, yakni sebesar $7,89 \times 10^{-9} \text{ mm}^2/\text{kg}$. Hal ini dapat dimungkinkan karena senyawa titanium nitrida (TiN) sudah terbentuk dan senyawa-senyawa tersebut terdeposisi kedalam permukaan secara optimum sehingga lebih sulit mengalami keausan. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sifat material titaniummurni komersial yang semakin keras dan lebih tahan aus. Perbedaan nilai laju keausan disajikan pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil laju keausan sebelum diplasma nitridasi dan sesudah diplasma nitridasi plasma optimum

Titanium Murni Komersial	Hasil Keausan (mm²/kg)
Sebelum Dinitridasi	$4,0148 \times 10^{-8}$
Setelah Dinitridasi	$7,87 \times 10^{-9}$

4. PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Penelitian mengenai pengaruh parameter waktu dan temperatur dengan tekanan tetap pada proses nitridasi plasma terhadap kekerasan dan ketahanan aus permukaan titanium murni komersial telah berhasil dilaksanakan. Berdasarkan analisis data dan pembahasan yang telah dilakukan makadapat diambil kesimpulan sebagai berikut: Proses plasma nitridasi mengakibatkan terbentuknya senyawa TiN dan Ti₂N pada lapisan tipis pada permukaan titanium murni komersial. Proses plasma nitridasi telah berhasil meningkatkan kekerasan permukaan pada material titanium murni komersial. Proses plasma nitridasi berhasil meningkatkan ketahanan aus material titanium murni komersial.

5.2 Saran

Pada penelitian ini telah dapat meningkatkan kekerasan pada material titanium murni komersial, akan tetapi masih banyak hal yang perlu untuk diuji. Oleh sebab itu, penulis memberikan saran untuk penelitian selanjutnya diharapkan lebih memperbanyak variasi proses plasma nitridasi. Perlu ditambahkan pengujian korosi dan pengujian impact.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdussalam, Adnan.(2015), Analisis Lapisan Tipis Permukaan Hasil Nitridasi Plasma Pada Piston Imitasi. Jurusan Teknofisika Nuklir. STTN-BATAN. Yogyakarta.
- Basri, S. 2005. Kamus Kimia. Jakarta. PT. Rineka Cipta.
- Bishop, 2010 Metalurgi Fisik Modern Dan Rekayasa Material. Edisi Keenam. Diterjemahkan Oleh Djaprie, S. Erlangga dan Depdiknas.
- Dieter, G. 1987. Metalurgi Mekanik. Edisi Ketiga, Erlangga.
- Grant, N. M., dan Suryanayana, C. (1998). X-Ray Diffraction : A Partical Approach. New York: Plenum Press.
- Handika. 2018. Modifikasi Komposisi Dan Struktur Mikro Dengan Plasma Nitridasi Untuk Meningkatkan Kekerasan Dan Ketahanan Aus Titanium Murni Komersial. Jurusan Teknik Mesin. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Malau, Viktor. 2003. Perlakuan Permukaan. Diktat Kuliah, Jurusan Teknik Mesin. Universitas Gadjah Mada Yogyakarta, pp. 1-27.