OPTIMASI SIFAT FISIK DAN MEKANIK HASIL PACK NITRIDING DARI *SPROCKET NON* PABRIKAN RESMI SEPEDA MOTOR DENGAN VARIASI TEMPERATUR

Yustiasih Purwaningrum[1*], A. Rahman[2], M. Riza Yudhawan[3]
[1,2,3]*Program Studi Teknik Mesin FTI Universitas Islam Indonesia*

[*]*Email*: yustiasih.purwaningrum@uii.ac.id

ABSTRAK

Tujuan dari penelitian ini adalah mendapatkan temperatur *pack nitriding* optimal pada *sprocket* non pabrikan resmi sepeda motor. Proses *pack nitriding* dilakukan dengan menggunakan media urea dengan DOA (degree of availability) 0,2 gr/mm^2. Variasi temperatur yang digunakan adalah 525°C, 550°C, 575°C dan 600°C. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian komposisi kimia, pengujian kekerasan, pengujian keausan, pengamatan struktur mikro dan pengujian korosi. Hasil pengujian komposisi kimia menunjukkan spesimen hasil *pack nitriding* dengan semua variasi temperatur mengalami peningkatan jumlah nitrogen. Pengujian kekerasan dilakukan dengan metode *Vickers Microhardness*. Hasil pengujian kekerasan menunjukkan nilai kekerasan tertinggi terdapat pada hasil *pack nitriding* dengan temperatur 600°C dengan nilai 381,8 VHN diikuti oleh temperatur 575°C, 550°C dan yang terendah pada temperatur 525°C dengan nilai 364,37 VHN; 356,93 VHN dan 306,93 VHN. Peningkatan nilai ketahanan aus juga didapatkan dari hasil *pack nitriding* dengan semua variasi temperatur. Nilai ketahanan aus teringgi terdapat pada temperatur 600°C yaitu 0,00007 mm^3/kg.m. Nilai ini lebih besar dibandingkan dengan *sprocket* tanpa *pack nitriding* yang mempunyai nilai ketahanan aus 0,00059 mm^3/kg.m. Pengamatan struktur mikro dilakukan dengan menggunakan mikroskop optic dengan pembesaran 200x. Hasil pengamatan menunjukkan struktur mikro sprocket baik pabrikan resmi maupun non pabrikan resmi adalah berupa ferit dan perlit sedangkan hasil *pack nitriding* mempunyai struktur mikro berupa martensit. Hasil pengujian korosi menunjukkan nilai ketahanan korosi hasil *pack nitriding* dengan variasi temperatur masuk ke dalam kategori *excellent*.

Kata kunci: *sprocket, pack nitriding*, DOA

ABSTRACT

The aim of this study is to obtain the optimal nitriding pack temperature in sprockets that are not officially manufactured motorcycles. The nitriding pack process is carried out using urea media with DOA (degree of availability) 0.2 gr/mm2. The temperature variations used are 525°C, 550°C, 575°C and 600°C. The tests carried out are chemical composition tests, hardness test, wear test, microstructure observation and corrosion test. The results of the chemical composition test showed that the nitriding pack specimens with all temperature variations showed an increase in the amount of nitrogen. Hardness testing was carried out using the Vickers Microhardness method. The results of the hardness test showed that the highest hardness value was found in the nitriding pack with a temperature of 600°C with a value of 381.8 VHN followed by a temperature of 575°C, 550°C and the lowest at 525°C with a value of 364.37 VHN; 356.93 VHN and 306.93 VHN. The increase in wear resistance value is also obtained from the results of nitriding packs with all temperature variations. The highest wear resistance value is found at a temperature of 600°C, which is 0.00007 mm3/kg.m. This value is greater than that of sprockets without nitriding packs which have a wear resistance value of 0.00059 mm3/kg.m. Observation of microstructures was carried out using an optical microscope with a magnification of 200x.

The observation results show that the microstructure of sprockets, both official and non-official manufacturers, is in the form of ferrite and perlite, while the nitriding pack results have a microstructure in the form of martensitic. The results of the corrosion test show that the corrosion resistance value of the nitriding pack with temperature variations is in the excellent category

Keywords: sprocket, pack nitriding, DOA

PENDAHULUAN

Badan Pusat Statistik (BPS) menyampaikan bahwa pada tahun 2022 jumlah sepeda motor di Indonesia sebanyak 125,31 juta unit meningkat dari tahun sebelumnya yang berjumlah 120,04 juta unit. Meningkatnya jumlah sepeda motor menyebabkan kebutuhan *spare part* atau suku cadang bertambah. Karena kebutuhan *spare part* yang sangat banyak dan ada banyak pemilik kendaraan yang mempunyai kemampuan ekonomi kurang, maka dipasaran bermunculan produk-produk suku cadang kendaraan *non* pabrikan resmi. Produk-produk ini mempunyai harga yang lebih murah. Salah satu jenis *spare part* yang banyak terdapat dipasaran yaitu *sprocket yang* berfungsi untuk meneruskan tenaga putar antara poros depan (*head* silinder) dengan poros belakang (roda) bersama-sama rantai (Prapto, 2018).

Kualitas *sprocket* hasil produksi pabrikan resmi dengan pabrikan non resmi berbeda. *Sprocket* yang dihasilkan dari pabrikan resmi lebih unggul sifat fisik dan mekaniknya. Hal tersebut dapat dilihat dari masa pakainya yang lebih lama. Kelemahan utama dari *sprocket* dari pabrikan non resmi adalah kekerasan dan ketahanan terhadap aus yang kurang. Untuk meningkatkan kekerasan pada permukaan dan ketahanan terhadap aus yang disebabkan karena bentuk karbida yang *irregular* beberapa metode dapat digunakan seperti *gas nitriding* dan *ion nitriding* (Niu et al, 2023 ; Yao et al 2021). Yan, et.al (2018) melakukan penelitian proses *nitriding* pada *bearing* yang menghasilkan kesimpulan proses *nitriding* akan meningkatkan kekerasan karena adanya presipitasi nitrogen di dalam *bearing* (Gathman, et. Al. 2023) tetapi juga menyebabkan material rentan menjadi getas karena pada proses *nitriding* terbentuk lapisan nitrida pada permukaannya.

Penelitian yang dilakukan Godec (2022) menunjukkan bahwa temperatur *plasma nitriding* berbanding lurus dengan ketahanan aus pada baja maraging 18Ni300. Temperatur yang digunakan pada penelitian ini adalah 440°C, 480°C dan 520°C. Purwadi dkk (2015) melakukan penelitian *pack nitriding* pada besi cor FCD 700 dengan variasi temperatur 530^0C, 550^0C, 580^0C, 600^0C dan 620^0C, Kekerasan maksimal didapat pada proses *pack nitriding* menggunakan temperatur 580°C. Penelitian lain yang dilakukan oleh Tribenheiser (2020)

e-ISSN: 2963-2277

menunjukkan bahwa baja ST 40 akan mempunyai kekerasan dan keausan optimal setelah mengalami proses *nitriding* selama 5 jam dengan temperatur 550°C. Ketahanan aus dan korosi pada Inconel 718 Alloy nilainya meningkat sebesar 80,3 % setelah dilakukan proses *liquid nitriding* (Xue et al, 2020)

Ada beberapa cara yaitu *plasma nitriding*, *liquid nitriding* dan *pack nitriding*. Sumber nitrogen pada proses *pack nitriding* banyak dijumpai di lingkungan sekitar. Beberapa sumber nitrogen yang dapat digunakan adalah tulang kerbau (Nitha, 2021) dan pupuk yang banyak mengandung nitrogen contohnya pupuk urea (Setyawan 2009 dan Sulistyo 2010).

Penelitian ini dilakukan untuk meningkatkan sifat fisik dan mekanik sprocket produksi dari pabrikan non resmi dengan menggunakan metode *pack nitriding* berbahan dasar urea dengan variasi temperatur.

METODE PENELITIAN

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan adalah *sprocket* 428 15T dari pabrikan resmi sepeda motor dan dari pabrikan non resmi sepeda motor. Masing-masing *sprocket* dipotong dengan dimensi 27 mm x 7 mm x 8 mm dan 30 mm x 13 mm x 7 mm. Sebagai sumber nitrogen digunakan urea $CO(NH_2)_2$. Urea digunakan dengan nilai DOA 0,2 gr/mm^2. Proses nitriding dilakukan dengan metode *pack nitriding* dengan *holding time* 2,5 jam. Temperatur yang digunakan bervariasi yaitu 525^{0}C, 550^{0}C, 575^{0}C dan 600^{0}C.

Alat yang digunakan dalam proses *pack nitriding* adalah tabung nitridasi seperti yang ditunjukkan pada gambar 1. Tabung nitridasi merupakan tabung yang terbuat dari baja galvanis dengan diameter 63,5 mm dan panjang 150 mm kemudian dilapisi semen dan *flinkote* agar media urea tidak terdifusi kedalam baja. Proses pemanasan dilakukan didalam *furnace*.



Gambar 1. Tabung Nitridasi

Proses Pengujian

Pengujian yang dilakukan adalah pengujian komposisi kimia, pengujian kekerasan dengan metode Vickers Microhardness, pengamatan fotomikro dengan mikroskop optic pembesaran 200x, pengujian keausan, dan pengujian korosi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Komposisi Kimia

Pengujian komposisi kimia dilakukan pada *sprocket* dari pabrikan resmi dan pabrikan non resmi. Untuk dari pabrikan non resmi dilakukan pada *sprocket* sebelum dilakukan proses pack nitriding dan sesuadah proses pack nitriding pada semua variasi suhu yang digunakan 525^0C, 550^0C, 575^0C dan 600^0C. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 1 dibawah ini :

Tabel 1. Hasil Pengujian Komposisi Kimia

Unsur	Pabrikan Resmi	Pabrikan Non Resmi	Hasil Pack Nitriding			
			525ºC	550ºC	575ºC	600ºC
Fe	98.7296	97.9580	97.9268	97.6852	98.0566	97.8874
S	0.0102	0.0107	0.0107	0.0126	0.0129	0.0114
Al	0.0330	0.0194	0.0160	0.0495	0.0116	0.0117
C	0.6893	0.5290	0.4604	0.4251	0.1823	0.3099
Ni	0.0053	0.0090	0.0079	0.0737	0.0069	0.0070
Nb	0.0005	0.0162	0.0189	0.0175	0.0314	0.0317
Si	0.0074	0.1044	0.1199	0.1054	0.1390	0.1409
Cr	0.0323	0.0110	0.0146	0.1322	0.0140	0.0140
V	0.0004	0.0005	0.0003	0.0011	0.0012	0.0013
Mn	0.2998	1.1952	1.1849	1.2555	1.3061	1.3068
Mo	0.0010	0.0016	0.0016	0.0007	0.0022	0.0019
W	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
P	0.0217	0.0125	0.0140	0.0223	0.0171	0.0161
Cu	0.0077	0.0117	0.0114	0.0101	0.0099	0.0103
Ti	0.0011	0.0009	0.0105	0.0023	0.0019	0.0019
N	0.1639	0.1044	0.1983	0.1996	0.2057	0.2436
B	0	0.0004	0.0001	0.0002	0.0001	0.0002
Pb	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
Sb	0.0001	0.0025	0.0015	0.0020	0.0016	**0.0020**
Ca	0	0	0.0008	0.0016	0.0002	0.0002

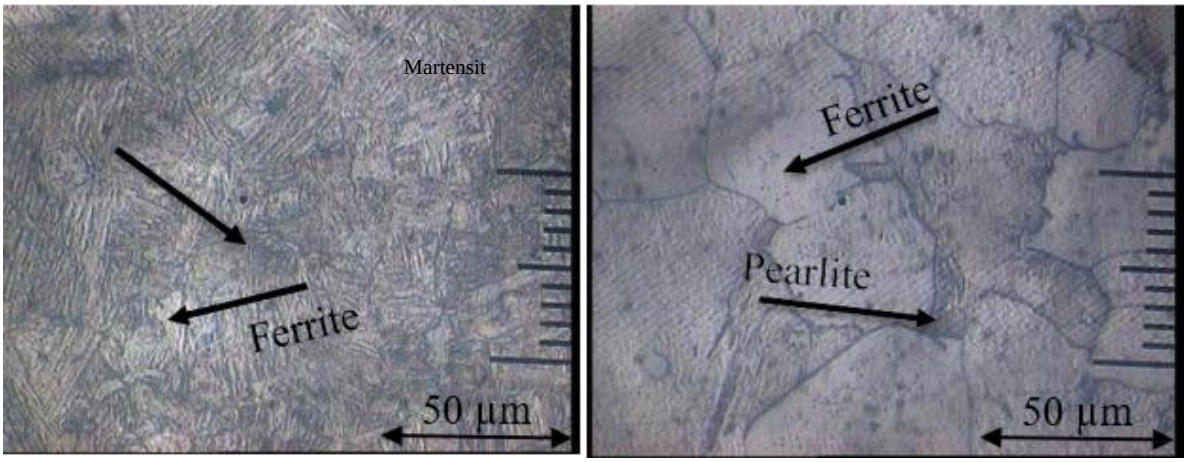
e-ISSN: 2963-2277

Unsur	Pabrikan Resmi	Pabrikan Non Resmi	Hasil Pack Nitriding			
			525ºC	550ºC	575ºC	600ºC
Mg	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
Zn	0.0007	0.0011	0.0009	0.0006	0.0007	0.0007
Co	0.0018	0.0042	0.0042	0.0042	0.0045	0.0046

Dari tabel hasil pengujian komposisi kimia terlihat bahwa unsur nitrogen pada sprocket pabrikan resmi mempunyai nilai lebih tinggi yaitu 0,1639 % dibandingkan dengan produk dari pabrikan non resmi yang mempunyai nilai 0,1044 %. Setelah dilakukan proses pack nitriding pada sprocket non pabrikan resmi, kadar nitrogennya meningkat dan nilainya lebih tinggi dibandingkan dengan produk pabrikan resmi. Nilai hasil pack nitriding bervariasi mulai dari 0,1983 % sampai dengan 0,2439%. Dari hasil pengujian komposisi kimia juga dapat dilihat bahwa semakin tinggi temperatur *pack nitriding* maka semakin tinggi kadar nitrogennya untuk variasi temperatur 525°C sampai dengan 600°C.

Pengamatan Fotomikro

Pengamatan fotomikro dilakukan dengan menggunakan mikroskop optik dengan pambesaran 200x. Hasil pengamatan fotomikro *sprocket* sebelum proses *pack nitriding* dapat dilihat pada gambar 2 dan setelah proses *pack nitriding* pada gambar 3.



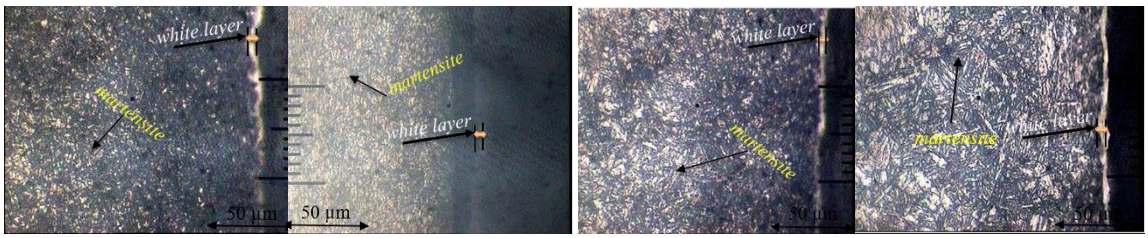
(a) (b)

Gambar 2. Strukturmikro *sprocket*

(a) Produk pabrikan resmi (b) Produk pabrikan non resmi

Gambar 2 menunjukkan struktur mikro *sprocket* produk dari pabrikan resmi berupa martensit dan ferit sedangkan pada pabrikan non resmi berupa ferit dan perlit. Sedangkan hasil *pack nitriding* (gambar 3) menunjukkan struktur mikro yang didominasi oleh martensit.

Struktur mikro berupa martensit dibutuhkan oleh komponen-komponen yang mengalami gesekan, karena struktur mikro martensit mempunyai sifat yang keras sehingga akan tahan aus.



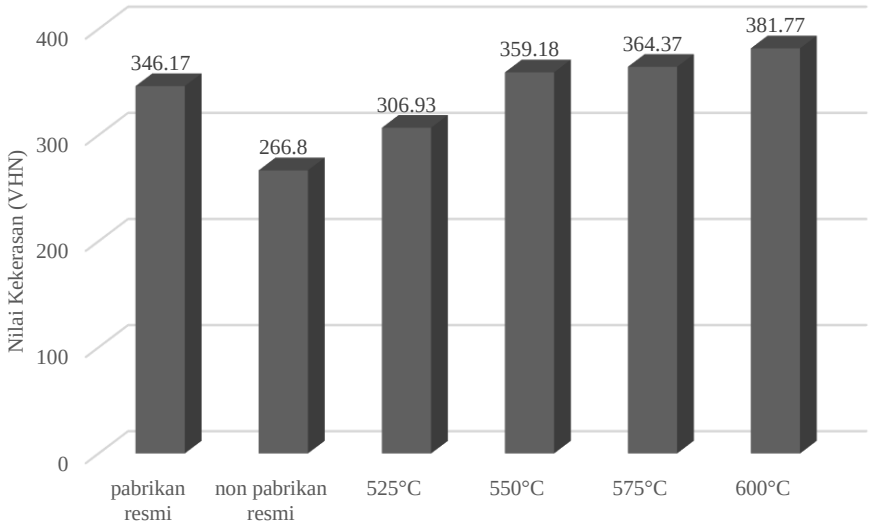
(a) (b) (c) (d)

Gambar 3 Strukturmikro *sprocket* hasil pack nitriding

(a) 525^0C (b) 550^0C (c) 575^0C (d) 600^0C

Pengujian Kekerasan

Hasil pengujian kekerasan (gambar 4) menunjukkan bahwa semakin tinggi temperatur yang digunakan saat proses pack nitriding maka nilai kekerasannya semakin tinggi. Dari grafik tersebut juga dapat terlihat bahwa *sprocket* hasil *pack nitriding* dengan temperatur lebih dari 550°C mempunyai nilai kekerasan yang lebih tinggi dibandingkan dengan produk keluaran pabrikan resmi.



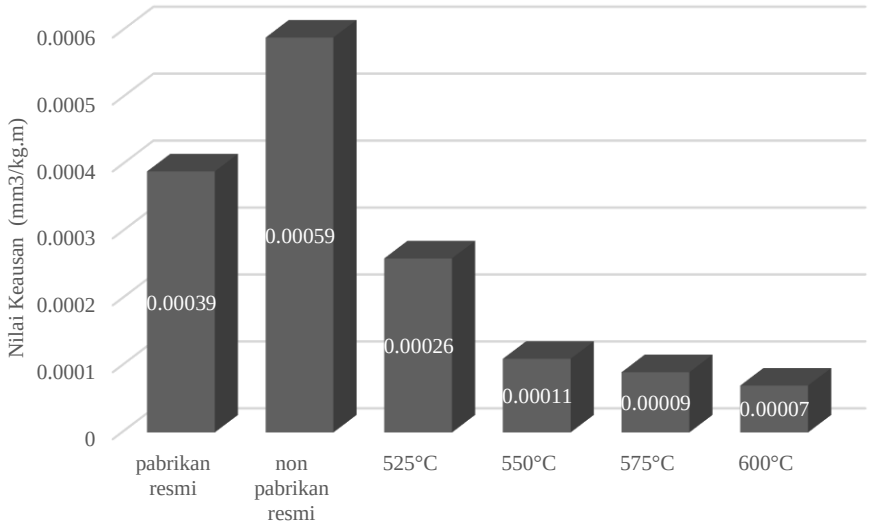
Gambar 4. Nilai kekerasan *sprocket*

Nilai kekerasan hasil *pack nitriding* yang cukup tinggi ini sesuai dengan hasil pengujian komposisi kimia dan pengamatan strukturmikro yang menunjukkan adanya kenaikan jumlah nitrogen pada *sprocket* hasil *pack nitriding*. Selain itu kekerasan yang tinggi juga dapat dihubungkan dengan strukturmikro yang terbentuk yaitu martensit.

e-ISSN: 2963-2277

Pengujian Keausan

Hasil pengujian keausan dapat dilihat pada gambar 5. Nilai laju keausan *sprocket* pabrikan resmi dan pabrikan *non* resmi adalah 0.00039 mm^3/kg.m dan 0.00059 mm^3/kg.m menunjukkan *sprocket* pabrikan resmi lebih baik dalam hal ketahanan aus.



Gambar 5. Nilai keausan *sprocket*

Peningkatan ketahanan aus *sprocket non* pabrikan resmi terjadi setelah dilakukannya proses *pack nitriding* dengan variasi temperatur. Nilai ketahanan aus tertinggi terdapat pada temperatur 600ºC dengan nilai 0.00007 mm^3/kg.m diikuti temperatur 575ºC (0.00009 mm^3/kg.m), 550ºC (0.00010 mm^3/kg.m) dan 525ºC (0.00026 mm^3/kg.m). Nilai ketahanan aus sprocket hasil pack nitriding dengan semua variasi temperatur menunjukkan nilai yang lebih baik dibandingkan dengan *sprocket* tanpa *pack nitriding* baik produk pabrikan resmi maupun pabrikan non resmi.

Pengujian Korosi

Nilai laju korosi *sprocket* dan kategorinya dapat dilihat pada tabel 2. Semua spesimen *sprocket* memiliki ketahanan korosi ditingkat yang sangat baik. Dilihat dari nilainya terjadi peningkatan ketahanan korosi pada *sprocket* produk pabrikan non resmi setelah mengalami proses *pack nitriding*.

Tabel 2. Nilai Ketahanan Korosi

Relative corrosion resistance	Laju korosi (mmpy)						
	mmpy	Pabrikan resmi	*Non* pabrikan resmi	525ºC	550 ºC	575 ºC	600 ºC
Outstanding	< 0.02						
Excellent	0.02 – 0.1	0.052	0.070	0.052	0.052	0.052	0.052
Good	0.1 – 0.5						

Fair	0.5 - 1
Poor	1 - 5
Unacceptable	5+

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa : proses *pack nitriding* dengan variasi temperatur 525^{0}C, 550^{0}C, 575^{0}C dan 600^{0}C dapat meningkatkan sifat fisik dan sifat mekanik dari *sprocket* produk dari pabrikan non resmi. Hal tersebut dihasilkan dari data penelitian berikut ini :

- Kandungan nitrogen pada hasil *pack nitriding* mempunyai nilai kurang lebih dua kali lipat dibandingkan sebelum proses *pack nitriding* yang menunjukkan terjadinya proses presipitasi nitrogen didalam sprocket hasil *pack nitriding*.
- Nilai kekerasan awal *sprocket* adalah 266,8 VHN meningkat menjadi 306,93 VHN, 359,18 VHN, 364,47 VHN dan 381,77 VHN untuk variasi temperatur 525^{0}C, 550^{0}C, 575^{0}C dan 600^{0}C
- Nilai keausan turun untuk *sprocket* hasil proses *pack nitriding* yaitu 0,00026 mm^3/kg.m, 0,00011 mm^3/kg.m, 0,00009 mm^3/kg.m dan 0,00007 mm^3/kg.m dari nilai awal 0,00059 mm^3/kg.m.
- Nilai ketahanan korosi *sprocket* hasil *pack nitriding* masuk ke dalam kategori sangat baik dengan nilai 0,052 mmpy lebih baik dibandingan sebelum proses pack nitriding yang mempunyai nilai 0,070

DAFTAR PUSTAKA

Biro Pusat Statistik. (2024). Perkembangan jumlah kendaraan bermotor menurut jenis (unit). https://www.bps.go.id/id/statistics-table/2/NTcjMg==/jumlah-kendaraan-bermotor.html (diakses pada 22 September 2024).

Gathmann, M., Tönnißen, N., Baron, C., Kostka, A., & Steinbacher, M. (2024). Surface hardening of high modulus steels through carburizing and nitriding: First insights into microstructure property relationships. *Surface & Coatings Technology*, *494*, Article 129091.

Godec, M., et al. (2022). The influence of the plasma-nitriding temperature on the microstructure evolution and surface properties of additive-manufactured 18Ni300

maraging steel. *Surface & Coatings Technology*. https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2022.128089

Nitha. (2021). *Pengaruh proses pack carburizing arang tulang kerbau terhadap sifat mekanik baja karbon*. Zahira Media Publisher.

Niu, J.B., Qureshi, M.W., Ding, Z.F., Ma, X.X., & Yin, H. (2023). Effect of nitriding on the transformation of alloy carbides (VC and Mo2C) in 8Cr4Mo4V steel. *Applied Surface Science, 610*, Article 155561.

Prapto, R. (2018). *Peningkatan kekerasan sprocket imitasi melalui proses karburasi cair dengan temperatur 850°C*. Universitas Sanata Dharma Yogyakarta.

Purwadi, W., et al. (2015). Peningkatan kekerasan permukaan Ferro casting ductile (FCD) 700 melalui proses nitridasi dengan media urea. *Jurnal Rekayasa Mesin, 1*(1), 64–78.

Rumendi, U., et al. (2019). Analisis pengaruh jumlah urea dan holding time proses powder nitriding terhadap ketahanan aus material FC 25. *Jurnal Teknik Manufaktur*, Politeknik Manufaktur Negeri Bandung.

Rumendi, U., & Hermawan, H. (2014). Analisis pengerasan permukaan dan struktur mikro baja AISI 1045 melalui proses nitridasi menggunakan media urea. *Jurnal Konversi Energi dan Manufaktur*, Universitas Negeri Jakarta.

Setyawan, A.B., & Purwadi, W. (2009). Pengaruh temperatur dan proses nitridasi terhadap kekerasan permukaan FCD 700 dengan media nitridasi urea. *Prosiding Seminar Nasional Klaster Riset Teknik Mesin*, 35–40.

Sulistyo, E., et al. (2010). Proses pack nitriding dengan variasi temperatur dan media pupuk nitrogen terhadap kekerasan AISI 420. *Jurnal Rekayasa Mesin, 1*(1).

Trisbenheiser. (2020). Pengaruh proses nitriding terhadap perubahan kekerasan dan keausan permukaan baja ST 40 dengan variasi suhu dan waktu. *Jurnal Sinergi, 18*(2), Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Xue, L., et al. (2020). Enhancement of wear and erosion-corrosion resistance of Inconel 718 alloy by liquid nitriding. *Materials Research Express*.

Yan, M.F., Chen, B.F., & Li, B. (2018). Microstructure and mechanical properties from an attractive combination of plasma nitriding and secondary hardening of M50 steel. *Applied Surface Science, 455*, 1–7.

Yao, J.W., Yan, F.Y., Chen, B.F., Yang, Y., Xu, Y.M., & Yan, M.F. (2021). Dual strengthening of steel surface and bulk via synergistic effect of plasma nitriding: A case study of M50 steel. *Surface & Coatings Technology, 409*, Article 126910.