

## Variasi Waktu *Milling* Paduan Serbuk Ni-Fe-Co Terhadap Sifat Fisis dan Mekanis Sebagai Bahan Komponen Otomotif dengan Metode *Mechanical Alloy*

Ismail Zufpria Ababil<sup>1</sup>, Sutrisna<sup>2,\*</sup>, Angger Bagus Prasetyo<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta  
Jl. Babarsari, Caturtunggal, Depok, Sleman, Yogyakarta 55281

\*Corresponding author: [sutrisna@itny.ac.id](mailto:sutrisna@itny.ac.id)

### Abstract

*Ni-Fe-Co powder alloy is one of the new alloying systems, mechanical alloying describes a mixture of powders of various metals or alloys/compounds milled together, material transfer is involved in this process to obtain a homogeneous alloy. This study aims to determine the effect of variations in milling time of 50Ni-25Fe-25Co alloy with the mechanical alloying method. The material used in this alloy system is a composition of 50% Ni-25%-Fe-25% Co. The process is carried out, mixing the powders, milling for 4 hours, 8 hours, 16 hours with a temperature variant of 900°C held for 60 minutes. . The tests carried out were microstructure and hardness tests. On the Ni-Fe-Co powder after 16 hours of milling the microstructure of the Ni-Fe-Co layer showed non-uniform microstructure distribution with a number of microcracks and pores. The Ni-Fe-Co alloy after heating to 900°C showed that a large amount of the oxide appearing as dark particles was found and has been identified as Fe oxide. This implies that heating to 900°C promotes the rapid reaction of the alloying elements and residual oxide gas produces oxides of material. In addition, the Ni-Fe-Co alloy with a milling time of 16 hours has a higher hardness (421.5 kg/mm<sup>2</sup>) compared to a milling time of 4 hours (272.2 kg/mm<sup>2</sup>) and 8 hours (355.5 kg /mm<sup>2</sup>). The results show that the milling time treatment can increase the hardness effect produced by high-energy ball milling which has a significant increase in hardness.*

**Keywords:** *Ni-Fe-Co alloy, mechanical alloy, milling, annealing process, hardness, microstructure.*

### Abstrak

Paduan serbuk Ni-Fe-Co merupakan salah satu sistem paduan baru, *mechanical alloying* menjelaskan campuran serbuk dari berbagai logam atau paduan/senyawa digiling bersamaan, transfer material terlibat dalam proses ini untuk mendapatkan paduan yang homogen. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi waktu *milling* paduan 50Ni-25Fe-25Co dengan metode *mechanical alloying*. Bahan yang digunakan dalam sistem paduan ini adalah dengan komposisi 50%Ni-25%-Fe-25%Co proses yang dilakukan, penyampuran serbuk, di *milling* selama 4 jam, 8 jam, 16 jam dengan varian suhu 900°C ditahan selama 60 menit. Pengujian yang dilakukan adalah uji struktur mikro dan kekerasan. Pada serbuk Ni-Fe-Co setelah 16 jam penggilingan struktur mikro lapisan Ni-Fe-Co menunjukkan distribusi

---

*Variasi Waktu Milling Paduan Serbuk Ni-Fe-Co Terhadap Sifat Fisis dan Mekanis Sebagai Bahan Komponen Otomotif dengan Metode Mechanical Alloy.*

struktur mikro yang tidak seragam dengan sejumlah retakan mikro dan pori-pori. Paduan Ni-Fe-Co setelah dilakukan pemanasan 900°C menunjukkan bahwa sejumlah besar oksida muncul sebagai partikel gelap yang ditemukan dan telah diidentifikasi sebagai oksida Fe. Ini menyiratkan bahwa pemanasan 900°C mempromosikan reaksi cepat dari elemen paduan dan sisa gas oksida menghasilkan oksida bahan. Selain itu, paduan Ni-Fe-Co dengan waktu *milling* 16 jam memiliki kekerasan yang lebih tinggi yaitu (421,5 kg/mm<sup>2</sup>) dibandingkan dengan waktu *milling* 4 jam (272,2 kg/mm<sup>2</sup>) dan 8 jam (355,5 kg/mm<sup>2</sup>). Hasil menunjukkan bahwa perlakuan waktu *milling* dapat menaikkan efek kekerasan yang dihasilkan oleh penggilingan bola berenergi tinggi memiliki kenaikan kekerasan yang signifikan.

**Kata Kunci** : Paduan Ni-Fe-Co, *mechanical alloy*, *milling*, proses pemanasan (*annealing*), kekerasan, struktur mikro.

---

## PENDAHULUAN

Variasi produk yang dihasilkan dalam industri komponen otomotif sangat luas dan beragam, mulai dari komponen mesin hingga komponen badan kendaraan bermotor bahkan termasuk aksesoris kendaraan tersebut. Industri komponen otomotif terdiri dari industri skala besar hingga industri skala kecil. Teknik paduan (MA) merupakan salah satu metode yang memungkinkan diperoleh material nanokristalin yang seragam dan homogen. MA terbukti menjadi teknik yang efisien dan efektif untuk sintesis serbuk Fe-Co berstruktur nano dalam jumlah besar.

*Mechanical alloying* (MA), karena *mechanical alloying* ini yang mempengaruhi variabel yang banyak yaitu waktu *milling*, pengepresan, pemanasan setelah di *press*. Dalam hal ini meneliti hanya pada variasi waktu *milling*. Umumnya menggunakan pengecoran, tetapi untuk logam pada paduan Fe-Ni-Co ini tidak memungkinkan dibuat dengan cara peleburan atau pengecoran karena titik didih nya sangat berbeda jauh, oleh karena itu proses manufaktur ini untuk pembuatan paduan menggunakan *mechanical alloying* (MA) yang tanpa perlu meleburkan atau mencapai titik lebur dari masing-masing unsur tersebut.

Besi (Fe) adalah unsur kimia dengan simbol Fe dan nomor atom 26 merupakan logam deret transisi pertama. Ini adalah unsur paling utama di bumi berdasarkan massa, membentuk sebagai besar bagian inti luar dan dalam bumi. Unsur besi (Fe) merupakan pengotoran yang sering ditemukan pada aluminium. Fe berpengaruh positif dalam meningkatkan kekuatan dan ketahanan terhadap retak panas. Akan tetapi Fe memiliki pengaruh negatif menurunkan keuletan dan mengurangi sifat mampu alir. Dikehidupan sehari-hari kita pasti pernah melihat logam mengalami proses pengkaratan. Proses pengkaratan umumnya terjadi pada logam fero atau logam yang mengandung unsur Fe (besi), seperti pagar rumah, jembatan dan kaleng. Karat ini nampak seperti lapisan berwarna coklat kekuningan di permukaan logam.

Nikel (Ni) adalah unsur kimia dalam tabel periodik yang memiliki simbol Ni dan nomor atom 28. Nikel adalah logam putih seperti perak yang bersifat keras dan anti karat. Logam ini membantu dalam proses pengubahan beberapa logam olahan dalam bentuk larutan yang menghasilkan energi panas. Selain itu (Ni) juga berperan penting dalam beberapa proses pengendapan logam keras pada bentuk paduan logam (*alloy*) contoh seperti *stainless steel* yang mengandung 80% Ni dan 8% Cr dan contoh lainnya seperti *Nikhrome* yang mengandung 80% Ni dan 20% Cr. Sifat-sifat dari nikel itu sendiri adalah tahan karat dan dapat bertahan dari paparan suhu ekstrim. Meskipun teksturnya lembek, nikel yang dipadukan dengan besi krom akan menghasilkan baja tahan karat (*stainless steel*) yang kuat tetapi ringan. Nikel merupakan salah satu tembaga anti karat yang sangat berguna untuk pembuatan koin, campuran besi baja, hingga pembuatan *stainless steel*. Kelebihan dari nikel itu sendiri adalah kecenderungan untuk pasivasi yakni menyediakan ketahanan korosi dalam sejumlah media. Khususnya di air, alkali, asam organik dan mineral. Kelemahan dari nikel itu sendiri juga setelah nikel diposisikan pada besi, sifat mekanik dari substrat lebih memburuk. Khususnya pada saat pendeposisian

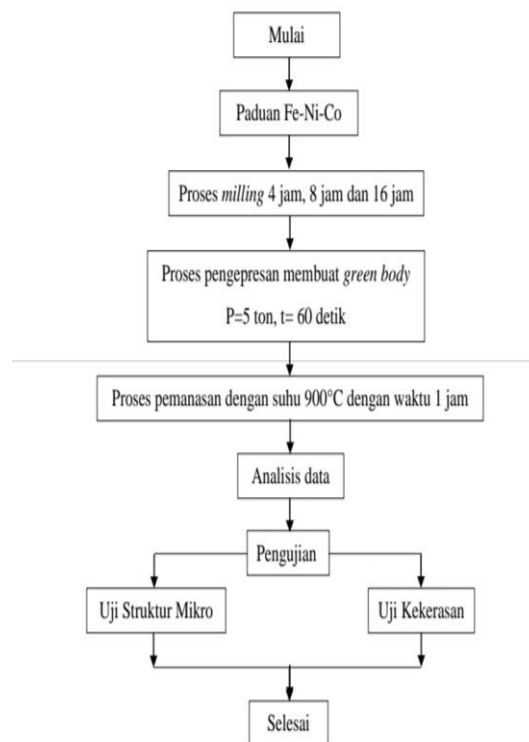
kecerahan, salah satu alasannya adalah hidrogenasi. Nikel tidak stabil dalam media sulfur berisi. Pada ammonia, klor lembab. Nikel tidak memberikan lapisan pelindung kepada baja. Nikel berpeluang untuk menggantikan peranan krom pada paduan, sebagai penstabil austenit, meningkatkan ketangguhan, keuletan, dan ketahanan korosi. (Miftakhur Rohmah, 2021)

Kobalt (Co) suatu unsur kimia dalam tabel periodic yang memiliki lambang Co dengan nomor atom 27. Elemen ini biasanya hanya ditemukan dalam bentuk campuran dialam. Elemen bebasnya, diproduksi dari peleburan reduktif, logam berwarna abu-abu perak yang keras dan berkilau. Sifat-sifat kobalt rapuh agak keras dan mengandung metal serta kaya dengan sifat magnetic, sebagai katalis untuk minyak bumi dan industri kimia, serta sebagai agen pengering untuk cat dan tinta. Material kobalt ini merupakan material utama pada komposisi kobalt. (Sulistioso, 2010)

Metode paduan mekanik adalah reaksi padatan dari beberapa logam dengan memanfaatkan proses deformasi untuk membentuk suatu paduan. Pada penelitian ini dibuat paduan Fe-Ni-Co dengan proses *milling* dengan varian waktu *milling* selama 4 jam, 8 jam dan 16 jam. Proses *milling* sangat efektif untuk mencegah terjadinya oksidasi dan juga memicu pembentukan paduan Fe-Ni-Co dengan baik.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan prosedur yang ditunjukkan pada diagram alir berikut :



**Gambar 1.** Diagram alir penelitian

Ada beberapa alat dan bahan yang digunakan untuk penelitian ini adalah :

### Alat Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Mesin *planetary ball milling*
2. Mesin pres
3. Mesin *furnace*
4. Timbangan digital
5. Alat uji kekerasan
6. Alat uji struktur mikro

## Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan :

1. *Powder* Ni-Fe-Co dengan kemurnian 99,99% dan ukuran 1-50 mikron.

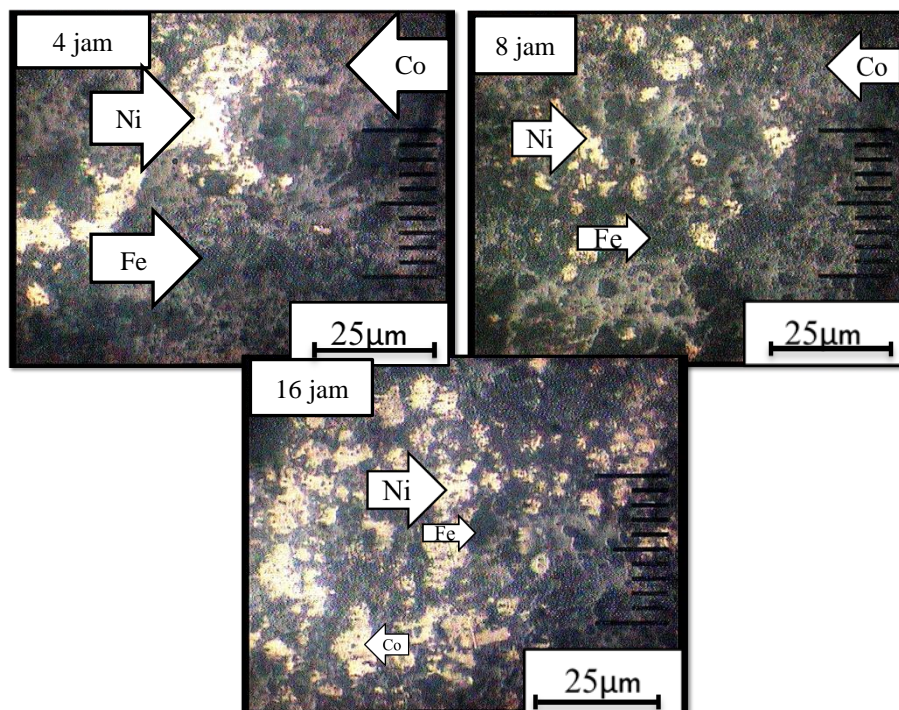
## Bahan Pendukung

1. Amplas grit 400, 600, 800,1000, 1500 mesh.
2. Resin dan katalis.
3. *Metal polish* merek Autosol.
4. Larutan HNO<sub>3</sub> (asam nitrat/*nitric acid*) digunakan untuk bahan etsa.
5. Kain bludru.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pengujian Struktur Mikro

Hasil Uji Struktur mikro



**Gambar 2.** Struktur mikro paduan Ni-Fe-Co dengan pemanasan 900°C setelah di *milling* 4 jam, 8 jam, dan 16 jam.

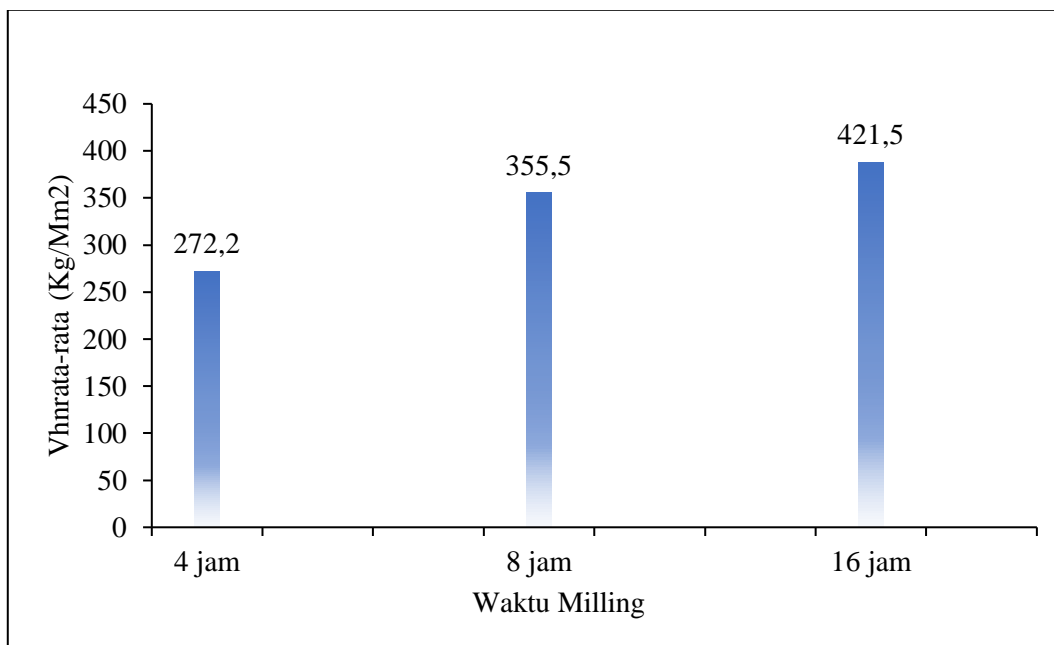
Berdasarkan hasil pengamatan foto struktur mikro pada paduan serbuk Ni-Fe-Co dengan perbesaran 200x mengidentifikasi unsur Besi (Fe) cenderung lebih gelap, untuk unsur Nikel (Ni) terlihat lebih putih dan juga Kobalt (Co) itu sendiri terlihat kecoklatan yang terkandung pada paduan Ni-Fe-Co. Hasil pengamatan foto struktur mikro pada spesimen paduan serbuk Ni-Fe-Co pada gambar 4.1 dengan waktu *milling* 4 jam terlihat bahwa penyebaran elemen-elemennya sudah merata namun ukuran butiran dari masing-masing elemen belum sempurna. Dengan hal ini dikarenakan pada waktu *milling* yang 4 jam belum mencukupi elemen-elemen pada Ni-Fe-Co menjadi kecil, setelah melakukan waktu *milling* dinaikkan dari 4 jam menjadi 8 jam maka terlihat perubahan pada susunan elemen semakin sempurna dan ukuran butirnya mulai semakin mengecil atau bisa disebut semakin halus. Setelah waktu *milling* dinaikin lagi menjadi 16 jam maka terlihat jelas bahwa susunan pada elemen-elemennya menyebar secara merata atau sempurna dan ukuran pada butiran tersebut menjadi lebih halus. Hal ini menunjukkan proses *milling* 16 jam dan pemanasan sampai 900°C sudah terbentuk larutan padat (*solid solution*).

## Pengujian Kekerasan

### Hasil Uji Kekerasan

**Tabel 1.** Hasil pengujian kekerasan *vickers* Paduan Ni-Fe-Co

No	Temperatur	Waktu Milling	d <sub>1</sub> (mm)	d <sub>2</sub> (mm)	d rata-rata (mm)	Kekerasan (VHN)	Kekerasan (VHN) rata-rata
1	900°C	4 jam	0,037	0,037	0,037	270,9	272,2
			0,037	0,036	0,0365	278,4	
			0,0375	0,037	0,03725	267,3	
2		8 jam	0,031	0,032	0,0315	373,8	355,5
			0,032	0,032	0,032	362,2	
			0,032	0,035	0,0335	330,5	
3		16 jam	0,03	0,03	0,03	412,1	421,5
			0,03	0,029	0,0295	426,2	
			0,029	0,03	0,0295	426,2	



**Gambar 3.** Diagram kekerasan rata-rata paduan Ni-Fe-Co.

Tabel 1. menunjukkan hasil pengujian kekerasan menggunakan metode kekerasan *Vickers* dengan perbesaran 200 gf, setiap spesimen dilakukan pengujian pada 3 titik yang berbeda. Berdasarkan hasil uji kekerasan terhadap spesimen uji dari paduan Ni-Fe-Co diperoleh harga kekerasan tertinggi pada setiap spesimen, hasil dari spesimen dengan waktu *milling* yang menunjukkan kekerasan sebesar 272,2 kg/mm<sup>2</sup>.

Pada keterangan gambar 3 nilai rata-rata menunjukkan hasil pengujian kekerasan yang menggunakan metode *vickers* dengan beban perbesar 200 gf. Pengukuran kekerasan mikro paduan serbuk Fe, Ni dan Co pada waktu penggilingan yang berbeda yaitu 4, 8, dan 16 jam. Setiap spesimen dilakukan pengujian pada 3 titik yang berbeda yang diatur secara acak. Hasil

menunjukkan bahwa nilai kekerasan meningkat dengan bertambahnya waktu *milling*, dari waktu *milling* 4 jam dengan nilai kekerasannya 272,2 kg/mm<sup>2</sup> menjadi 355,5 kg/mm<sup>2</sup> dengan waktu *milling* 8 jam. Namun pada waktu *milling* 16 jam terdapat kekerasan yang meningkat menjadi 421,5 kg/mm<sup>2</sup>. Dapat dikaitkan bahwasannya distribusi fase pengikat Fe-Ni-Co tidak seragam pada tahap awal penggilingan, namun struktur mikro yang homogen penghalusan butir dan pengerasan kerja yang tinggi dapat dilihat dengan waktu penggilingan yang paling lama.

## KESIMPULAN

Pada foto struktur mikro seperti terlihat pada gambar 4.1 terlihat struktur yang terbentuk adalah struktur Nikel (Ni) berwarna agak terang atau putih dengan butiran-butiran yang besar dan paling dominan. Struktur Besi (Fe) juga terlihat dalam struktur ini, dengan butiran-butiran yang sedikit. Kemudian struktur kobalt (Co) berwarna agak kecoklatan juga terbentuk dalam fasa ini, dengan butiran-butiran banyak dan paling dominan. Pada struktur mikro pada gambar 4.2 terlihat struktur yang terbentuk adalah struktur Nikel (Ni) berwarna agak terang atau putih dengan butiran-butiran yang semakin menonjol. Struktur Besi (Fe) juga terlihat dalam struktur ini, dengan butiran-butiran berwarna agak gelap dan sedikit. Struktur kobalt (Co) berwarna kecoklatan juga terbentuk dalam fase ini, dengan butiran-butiran masih begitu kelihatan dan paling dominan. Dan pada gambar 4.3 terlihat struktur yang terbentuk adalah struktur Nikel (Ni) berwarna agak terang dengan butiran-butiran yang semakin lebih menonjol. Struktur Besi (Fe) juga dalam struktur ini, dengan butiran-butiran berwarna agak gelap tersebut semakin terlihat sedikit. Struktur Kobalt (Co) berwarna agak kecoklatan juga terbentuk dalam fase ini, dengan butiran-butiran yang semakin sedikit. Komposisi yang digunakan paduan adalah Ni50%, Fe25%, Co25%. Berdasarkan hasil uji kekerasan terhadap spesimen uji dari paduan serbuk Ni-Fe-Co diperoleh harga kekerasan tertinggi pada spesimen, menunjukkan kekerasan sebesar 421,5 kg/mm<sup>2</sup> dengan waktu *milling* 16 jam.

## SARAN

Untuk lebih menyempurnakan penelitian ini di waktu yang akan mendatang maka disarankan untuk melakukan, yaitu :

1. Penelitian lebih lanjut terhadap paduan serbuk Ni-Fe-Co dengan *heat treatment* yang lain.
2. Penelitian lebih lanjut terhadap paduan Ni-Fe-Co dengan *heat treatment* dan pemanasan suhu temperatur yang berbeda.
3. Pengujian mekanik yang lain, untuk melengkapi data.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua yang telah membantu dan yang telah memberi dukungan terhadap penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- ASM Handbook, 1992. "Volume 3 Alloy Phase Diagram.
- Arief Murtiono, 2012, "Pengaruh Quenching dan Tempering terhadap kekerasan dan kekuatan tarik serta struktur mikro baja karbon sedang untuk mata pisau pemanen sawit".
- Bibit Sugito dan Agus Harianto, 2007. "Pengaruh Karburisasi Roda Gigi Sprocket Aspira Dengan AHM Terhadap Perubahan Sifat Fisis Dan Mekanis".
- C. Suryanarayana, 2001, "Mechanical alloying and milling" Progress in Materials Science 461-184.
- G. S. Upadhyaya, 2002. "powder Metallurgy Technology, First". India : Cambridge International Science.

- Hossein Eskandar, dkk. "Structural and Magnetic Properties Of Nanocrystalline Fe-Co-Ni Alloy Processed By Mechanical Alloying". *Magnetism And Magnetic Materials* 398, (2016) 190-195.
- J. B. R. A. Kohser, 2012. "Materials and Processes in Manufacturing, Eleventh e, vol. 1, no. 69. Jhon Wiley&Sons, inc".
- Koc, dkk 2015. "Analisis Kekerasan Dan Struktur Mikro Sprocket Dengan Bahan Aluminium 7075-T6 Pada Sepeda Motor.
- Nisheeth Kr, dkk (2015). "Microstruktire and Magnetic Properties Of Equiatomic FeNiCo Alloy Synthesized by Mechanical Alloying".
- LG Betancourt-Centera, dkk (2013). "Magnetic Analysis and Characterization Of Ternari Alloys (CoFeNi) Synthesized with Mechanical Alloys
- PP Sharin, dkk (2019). "Structural Phase Of Interphase Boundary In Internal Diffusion Metallization Of Diamond Grains By Fe-Ni-Co.
- Tanaka, dkk 2014. "Alloy Design For Fe-Ni-Co based superelastics".
- Chun-Liang Chen, dkk 2021. "Study Of NiFeCoCr Medium Entropy Alloy As a Binder Phase On W-Mo Heavy Tungsten Alloy By Secondary Ball Milling".
- S. Tsunashima, dkk. "Giant Magnetoresistance and Structure of FeNiCo/Cu Multilayers". *Magnetism and Magnetic Materials* 121 (1993)429-431.
- Soeleman, dkk 2008. "Analisis Karakteristik Gear Sprocket Standard Dan Racing Pada Sepeda Motor.
- Xingshou Liu, dkk. "Achieving Ultrahigh Strength In CoCrNi-Based Medium-Entropy Alloys With Synergistic Strengthening Effect". *Materials Science & Engineering A*. (2020).
- Yose Rizal, dkk 2022. "Kajian Sifat Mekanis Sprocket Gear Sepeda Motor Pada Proses Electroplating CrO3 dan H2SO.
- Ziyuan Rao, dkk. "Invar effects in FeNiCo medium entropy alloys: From an Invar treasure map to alloy design". *Intermetallics* 111. (2019) 106520.