

# ANALISIS PENGARUH VARIASI *HOLDING TIME* PROSES *POWDER NITRIDING UREA* TERHADAP KETEBALAN *WHITE LAYER* UNTUK MENINGKATKAN KETAHANAN AUS MATERIAL *MOULD STEEL X42Cr13* PADA TEMPERATUR 550°C

Kentzo Ibrahim Putra Mulya<sup>1</sup>, Umen Rumendi<sup>2</sup>, dan Achmad Muhammad<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Teknik Mesin dan Manufaktur (Teknologi Rekayasa Manufaktur) Polman Bandung

<sup>2</sup>Dosen Material Teknik, Teknik Manufaktur Polman Bandung

<sup>3</sup>Sekretariat Jurusan, Teknik Manufaktur Polman Bandung

Jl. Kanayakan No. 21 – Dago, Bandung – 40135

Phone/Fax : 022 250 0241 / 250 2649

e-mail :

<sup>1</sup>kentzo.ibrahim@gmail.com   <sup>2</sup>umen\_rumendi@yahoo.com   <sup>3</sup>amuhammad@polman – bandung.ac.id

## ABSTRAK

Dalam dunia industri penggunaan *mould steel* (X42Cr13) sudah menjadi bahan baku utama dalam pembuatan *tool moulding*. Dalam kondisi operasinya, bagian-bagian *moulding* memiliki kelemahan yaitu, nilai kekerasan yang rendah dan nilai ketahanan aus yang rendah. Hal ini menyebabkan usia pakai *moulding* yang rendah. Salah satu penyebab yang sering terjadi adalah keausan pada *cavity* dan *core moulding*. Keausan yang terjadi pada tool seperti *moulding* diakibatkan oleh mengalirnya material bersifat abrasif dengan suhu yang tinggi sehingga menyebabkan kerusakan pada permukaan yang terkikis. Salah satu solusi untuk menangani permasalahan itu adalah dengan proses pelapisan permukaan dengan metode *powder nitriding*. *Powder nitriding* adalah salah satu proses *surface hardening* menggunakan serbuk urea sebagai media nitridasi tanpa merubah struktur dalam material. Metoda proses perlakuan panas yang dilakukan pada *Mould Steel* (X42Cr13) terdiri dari proses *Harden-Quench*, lalu diikuti proses *Powder Nitriding* dengan variabel *holding time* nitridasi yang berbeda yaitu 1 jam ; 1,5 jam ; 2,5 jam ; dan 3,5 jam. Metoda pengujian yang dilakukan adalah pengujian kekerasan, pengujian struktur mikro, dan pengujian ketahanan aus pada material *mould steel* (X42Cr13) pasca *heat treatment*. Adapun hasil dari penelitian ini yang memiliki nilai optimum berdasarkan hasil pengujian yaitu pada spesimen dengan *holding time* 1,5 jam dengan nilai kekerasan permukaan 851,5 HV, rata-rata kekerasan struktur dalam sebesar 357,36 HV, ketebalan *white layer* sebesar 23,4302 um, ketahanan aus kering sebesar 0,0033 gram/jam, dan ketahanan aus basah sebesar 0,0005 gram/jam. Adapun saran yang dapat membuat penelitian ini lebih baik dengan dilakukannya penelitian lebih lanjut pengujian implementasi langsung, pengujian ketahanan korosi, dan pengujian SEM (*Scanning Electron Microscope*).

**Kata Kunci :** *Mould Steel X42Cr13, Holding Time, Keausan, Powder Nitriding, White Layer*

## 1. PENDAHULUAN

Seiring perkembangan zaman, tuntutan akan elemen dan komponen mesin semakin bertambah, terutama dalam bidang manufaktur. Pertimbangan dalam pemilihan material untuk pembuatan komponen mesin sangat diperhatikan. Salah satunya kebutuhan material dalam pembuatan *tool* seperti *moulding*. Material *mould steel* menjadi pilihan untuk pembuatan *tool* tersebut. Hal ini terjadi karena *mould steel* memiliki beberapa keunggulan dibanding baja lainnya, yaitu memiliki mutu *surface* yang tinggi setelah *polishing*, tahan karat, tahan aus, konduktivitas

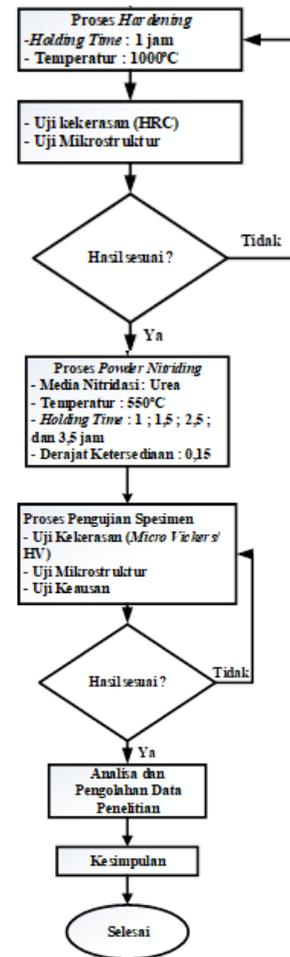
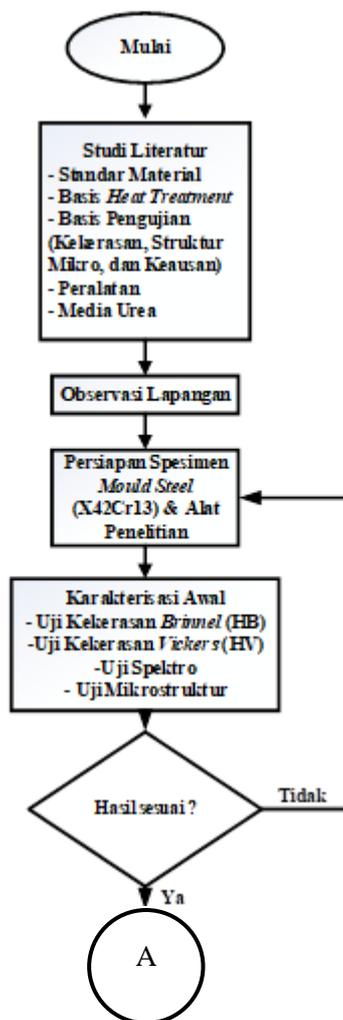
thermal yang tinggi, *machinability* yang baik, dan memiliki mutu *surface finish* yang baik setelah *EDM*. Dalam dunia industri penggunaan *mould steel* (X42Cr13) sudah menjadi bahan baku utama dalam pembuatan *tool moulding*. Dalam kondisi operasinya, bagian-bagian *moulding* memiliki kelemahan yaitu, nilai kekerasan yang rendah dan nilai ketahanan abrasi yang rendah. Hal ini menyebabkan usia pakai *moulding* yang rendah. Salah satu penyebab yang sering terjadi adalah keausan. Keausan adalah kerusakan pada permukaan padat yang disebabkan oleh hilangnya atau perpindahan material akibat gaya mekanik dari sebuah hubungan padat (*solid*), cair (*liquid*),

atau gas (Permana, 2014). Banyak proses pelapisan yang dilakukan untuk meningkatkan ketahanan aus, ketahanan abrasi, kekerasan, dan umur pakai yang panjang. Salah satunya adalah pelapisan permukaan *tool* dengan *powder nitriding*. *Powder nitriding* adalah proses nitridasi menggunakan serbuk nitrida sebagai media nitridasinya. Proses nitridasi merupakan suatu proses pengerasan permukaan yang dilakukan dengan cara mendifusikan atom nitrogen ke permukaan baja yang berada dalam fasa ferit pada temperatur 500°C-590°C (Rahayu, 2017).

## 2. Metodologi Penelitian

### 2.1 Diagram Alir Penelitian

Penelitian *Powder Nitriding Urea* terhadap material *mould steel* (X42Cr13) terdiri dari beberapa tahap. Tahapan-tahapan tersebut dapat digambarkan secara umum pada diagram alir berikut ini :



Gambar 2.1 Diagram Alir Penelitian

### 2.2 Persiapan Spesimen Uji

Pada tahap ini persiapan spesimen uji dimulai dengan memesan material *mould steel* (X42Cr13) ke logistik Polman Bandung. Sampel awal berbentuk as *solid* (*shaft*) yang kemudian dipotong menggunakan mesin gergaji (*Hacking Saw*). Kemudian spesimen dirapihkan menggunakan mesin bubut dan *milling* menjadi 4 spesimen uji, yang masing-masingnya memiliki dimensi 20 x 10 x 10 mm. Setelah itu permukaan setiap spesimen dihaluskan menggunakan mesin *polisher* putar hingga akhirnya diperoleh spesimen yang siap untuk diproses.



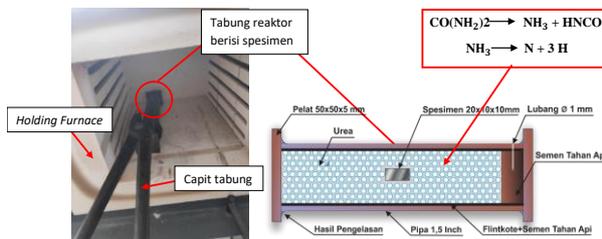
Gambar 2.2 Spesimen Awal

### 2.3 Proses Nitriding

Proses *nitriding* diawali dengan menempatkan spesimen uji ke dalam tabung yang berisi urea (granulat). Tabung yang digunakan merupakan baja karbon rendah yang memiliki diameter 37,5 mm dan tinggi 250 mm. Setelah itu, tabung dimasukkan ke dalam tungku. Proses nitridasi dilakukan pada temperatur 550°C dengan variabel pembeda *holding time*. Berikut tabel percobaan nitridasi pada material *mould steel* (X42Cr13). Berikut adalah tabel perancangan percobaan

Tabel 3.1 Tabel Percobaan

Perancangan Percobaan		
No.	Derajat Ketersediaan Urea	Waktu Nitridasi (Jam)
1	0.15	1
2	0.15	1,5
3	0.15	2,5
4	0.15	3,5



Gambar 2.3 Proses Nitriding

## 2.4 Pengujian Kekerasan HV

Uji kekerasan HV dilakukan juga untuk mengetahui kekerasan HV awal setiap spesimen. Beban yang digunakan dalam mesin uji *Vickers* adalah 200 gram. Berikut gambar mesin uji *Micro Vickers* (HV) :



Gambar 2.4 Mesin Uji *Micro Vickers*

## 2.5 Pengujian Struktur Mikro

Uji mikrostruktur dilakukan untuk mengetahui bentuk dan struktur material awal. Hasil dari mikrostruktur awal dijadikan pembandingan dengan

hasil mikrostruktur pasca proses *heat treatment* dan *nitriding*. Berikut gambar mikroskop yang digunakan untuk menguji struktur mikro :



Gambar 2.5 Mesin Uji Struktur Mikro

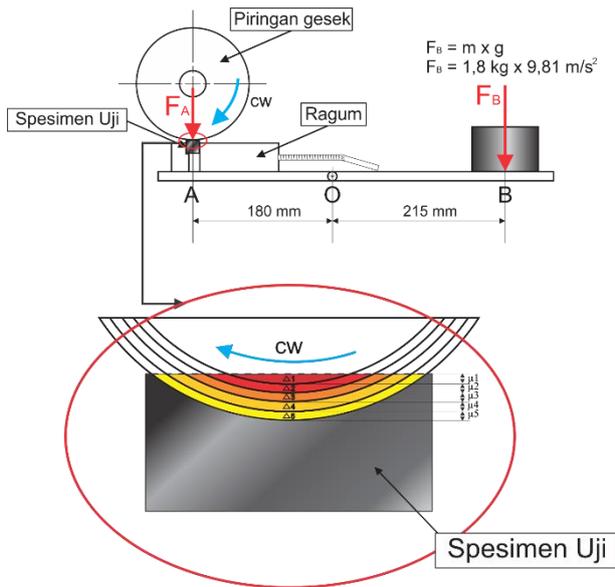
## 2.6 Proses Uji Keausan

Pengujian keausan dilakukan untuk mengetahui nilai laju keausan dan ketahanan aus spesimen terhadap gesekan. Untuk mengetahui nilai laju keausan yaitu dengan membandingkan berat benda uji sebelum dan sesudah dilakukan penggesekan. Parameter pengujian keausan disesuaikan dengan spesifikasi mesin uji keausan tersebut. Berikut spesifikasi mesin yang digunakan:

1. Kecepatan putar mesin yaitu 320,2 rpm.
2. Beban tekan pada saat pengausan yaitu 1,8 kg.
3. Pengujian dilakukan dalam dua kondisi, yaitu pengujian basah dan kering. Pengujian basah menggunakan oli sebagai media uji dan dioleskan secara merata pada landasan gesekan sebelum pengujian dilakukan. Pengujian kering dilakukan tanpa menggunakan media apapun.
4. Waktu pengujian keausan kondisi kering dan basah yaitu 5 jam per spesimen dengan melakukan penimbangan pada setiap 1 jam pengujian.



Gambar 2.6 Mesin Uji Keausan

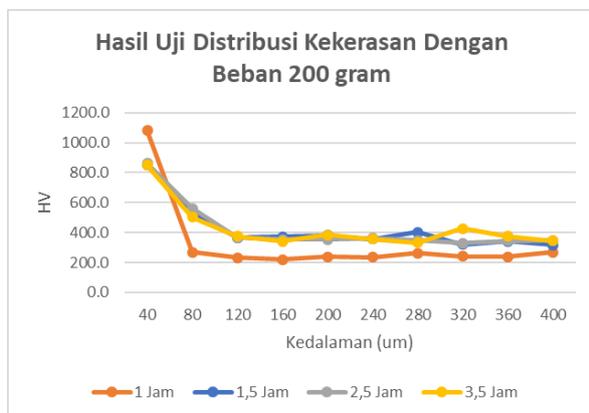


Gambar 2.7 DBB Mesin Uji Keausan

### 3. Data dan Analisa

#### 3.1 Data dan Analisa Hasil Pengujian Kekerasan Pasca Proses Powder Nitriding

Berikut grafik 3.1 distribusi kekerasan 200 gram tiap spesimen dengan variasi *holding time* :



Grafik 3.1 Hasil Uji Distribusi Kekerasan Dengan Beban 200 gram

Pada grafik tersebut menunjukkan kecenderungan kekerasan tiap spesimen adalah menurun. Kekerasan terbesar pada permukaan luar didapatkan pada spesimen 1 jam tetapi memiliki kekerasan dalam paling rendah di antara spesimen lainnya. Kekerasan permukaan luar konstan dengan rata-rata 850 HV pada spesimen 1,5 jam ; 2,5 jam dan 3,5 jam. Kekerasan dalam pun cenderung konstan pada spesimen 1,5 jam ; 2,5 jam dan 3,5 jam dengan nilai rata-rata 350 HV.

Berikut tabel formulasi dari hasil uji distribusi kekerasan dengan beban 200 gram :

Berikut tabel formulasi dari hasil uji distribusi kekerasan dengan beban 200 gram :

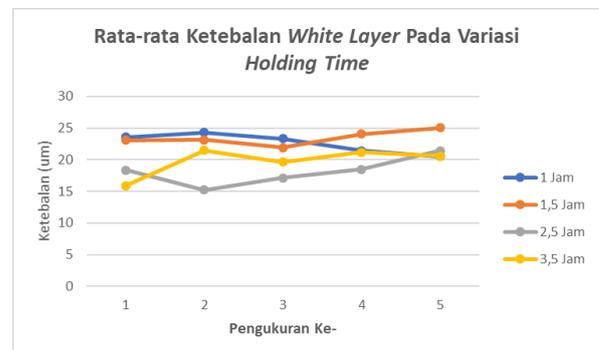
Tabel 3.1 Formulasi Hasil Uji Distribusi Kekerasan Beban 200 gram

Hasil Uji Distribusi Kekerasan Dengan Beban 200 gram	
Variabel	Formulasi dari data yang dihasilkan
DOA 0,15 & Holding Time 1 Jam	$y = 20,058x^2 - 265,35x + 1015,8$
DOA 0,15 & Holding Time 1,5 Jam	$y = 10,639x^2 - 155,17x + 867,23$
DOA 0,15 & Holding Time 2,5 Jam	$y = 12,859x^2 - 179,9x + 917,11$
DOA 0,15 & Holding Time 3,5 Jam	$y = 11,833x^2 - 162,01x + 864,52$

Pada tabel di atas terdapat formulasi tiap spesimen dengan *holding time* yang berbeda di mana variabel  $y$  merupakan nilai kekerasan dan  $x$  merupakan titik pengujian. Formulasi di atas dapat dijadikan acuan atau nilai interpolasi serta ekstrapolasi pendekatan untuk mendapatkan nilai kekerasan *Vickers* pada variabel yang belum dilakukan penelitian dan pengujian. Sehingga prediksi nilai kekerasan *Vickers* dapat dilakukan pada *range-range* nilai variabel yang belum dilakukan. Jika nilai  $x$  ditingkatkan, maka nilai  $y$  juga ikut meningkat.

#### 3.2 Data dan Analisa Hasil Uji Struktur Mikro Pasca Proses Powder Nitriding

Berikut grafik 3.2 rata-rata ketebalan *white layer* pada tiap spesimen dengan variasi *holding time* :



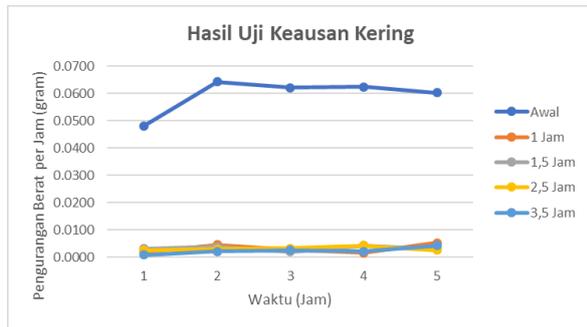
Grafik 3.2 Rata-rata Ketebalan *White Layer* Pada Variasi *Holding Time*

Pada grafik tersebut menunjukkan kecenderungan tebal lapisan nitrida pada masing -masing spesimen adalah homogen atau terdistribusi secara merata pada tiap permukaan. Ketebalan *white layer* terbesar didapatkan pada spesimen 1,5 jam dengan nilai 23,4302 um. Sedangkan untuk ketebalan *white layer* terkecil terdapat pada spesimen 2,5 jam dengan rata-rata nilai 18,128 um.

### 3.3 Data dan Analisa Hasil Uji Keausan

#### 3.3.1 Hasil Uji Keausan Kering

Berikut kecenderungan pengurangan berat pada grafik 4.4 hasil uji keausan kering selama 5 jam dengan pengecekan tiap 1 jam.

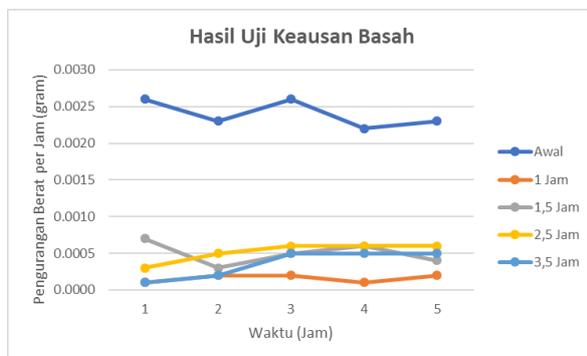


Grafik 3.3 Hasil Uji Keausan Kering

Berdasarkan grafik 3.3 selisih berat pada spesimen awal berbeda jauh dengan spesimen pasca *nitriding*, dimana rata-rata selisih berat terbesar terjadi pada spesimen 3,5 Jam dengan nilai 0.0571 gram/jam. Sementara rata-rata selisih berat terkecil terjadi pada spesimen 1 Jam dengan nilai 0.0562 gram/jam.

### 3.3.2 Hasil Uji Keausan Basah

Berikut kecenderungan pengurangan berat pada grafik 3.4 hasil uji keausan kering selama 5 jam dengan pengecekan tiap 1 jam.



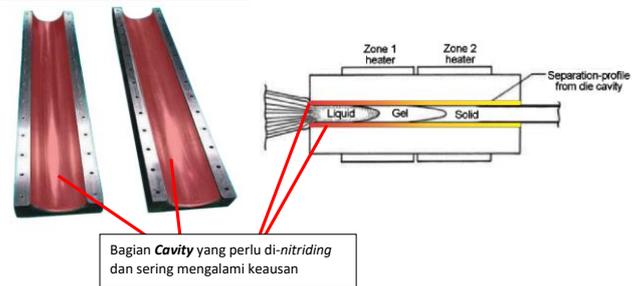
Grafik 3.4 Hasil Uji Keausan Basah

Berdasarkan grafik 3.4 selisih berat pada spesimen awal berbeda jauh dengan spesimen pasca *nitriding*, dimana rata-rata selisih berat terbesar terjadi pada spesimen 1 Jam dengan nilai 0.0022 gram/jam. Sementara rata-rata selisih berat terkecil terjadi pada spesimen 1,5 dan 2,5 Jam dengan nilai 0.0019 gram/jam.

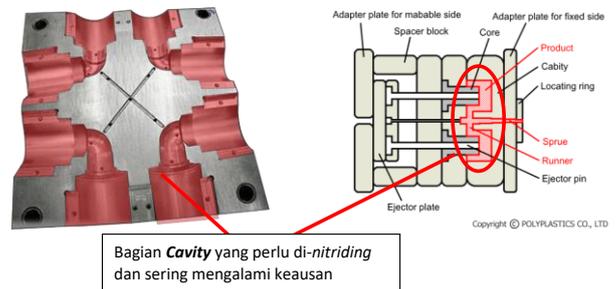
### 3.4 Aplikasi

Berikut adalah contoh pengaplikasian proses *urea powder nitriding* dan masalah yang sering terjadi

pada bagian-bagian tersebut. Contoh aplikasi yang dapat diterapkan yaitu, *Cavity* pada *Extrusion Mould* dan *Cavity Core Injection Mould*.



Grafik 3.1 Cavity Extrusion Moulding



Grafik 3.2 Cavity Injection Moulding

## 4. PENUTUP

### 4.1 Kesimpulan

Dari Penelitian yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Kecenderungan kekerasan tiap spesimen adalah menurun. Kekerasan terbesar pada permukaan luar didapatkan pada spesimen 1 jam dengan nilai 1083 HV tetapi memiliki kekerasan dalam paling rendah di antara spesimen lainnya dengan nilai rata-rata kekerasan dalam 240 HV.
2. Kecendrungan tebal lapisan nitrida pada masing -masing spesimen adalah homogen atau terdistribusi secara merata pada tiap permukaan. Ketebalan terbesar didapatkan pada spesimen 1,5 jam dengan nilai 23,4302 um. Sementara ketebalan rata-rata *white layer* terendah didapatkan pada spesimen 2,5 jam dengan nilai 18,128 um.
3. Berdasarkan hasil uji keausan kering dan basah yang dilakukan, ketahanan aus kering paling tinggi adalah spesimen 3,5 jam dengan ketahanan 0,0024 gram/jam. Sedangkan, ketahanan aus basah paling tinggi didapatkan pada spesimen 1 jam dengan ketahanan 0,0002 gram/jam.

4. Variabel yang paling optimal adalah spesimen dengan *holding time* 1,5 jam.

#### 4.2 Saran

Adapun saran yang dapat membuat penelitian ini lebih baik dilakukannya penelitian lebih lanjut, :

1. Pengujian implementasi langsung untuk membuktikan penelitian yang sudah dilakukan dan mengetahui panjang usia *tool* dengan material *mould steel* (X42Cr13) yang dinitridasi dari segi produksi atau jumlah produk yang dapat dihasilkan.
2. Pengujian tahan korosi karena selain dapat meningkatkan ketahanan aus *nitriding* dapat meningkatkan ketahanan korosi pada *tool*.
3. Pengujian SEM (*Scanning Electro Microscope*) untuk mengetahui lebih dalam struktur yang dihasilkan dan pengukuran yang lebih akurat pada material *mould steel* (X42Cr13) yang dilakukan proses *nitriding*.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Arcelor Mittal W 1.2083 *Mould Steel Technical Data Properties*, 2018.
- [2] Bohler M310DE Isoplast *Plastic Mould Steel Properties*, 2018.
- [3] Dorrenberg Edeltahl *Material No. 1.2083 Datasheet Steel Properties*, 2018.
- [4] Gnedovets, A. 2015. *Synthesis of Micron Particles with Fe-Fe<sub>4</sub>N Core-Shell Structure at Low Temperature Gaseous Nitriding of Iron Powder in a Stream of Ammonia*. Baikov Institute of Metallurgy and Materials Science.
- [5] Krauss, George. 1997. *Principle of Heat Treatment*. Amerika. American Society for Metals.
- [6] Permana, Tri. (2014). *Analisa Uji Keausan Material St 37 Hasil Carburizing dan Hardening dengan Menggunakan Mesin Uji Keausan Horizontal*, 5 halaman. Tersedia : [https://www.researchgate.net/publication/324720778\\_ANALISA\\_UJI\\_KEAUSAN\\_MATERIAL\\_St\\_37](https://www.researchgate.net/publication/324720778_ANALISA_UJI_KEAUSAN_MATERIAL_St_37) [21Juni2019]
- [7] Pye, D. (2003). *Practical nitriding and ferritic nitrocarburizing*, ASM International, Materials Park,OH.
- [8] Rahayu, Sri. (2017). *Pengaruh Proses Powder Nitriding Terhadap Perubahan Kekerasan dan Tebal Lapisan Difusi pada Pahat Bubut High Speed Steel* [Online], Vol 39 No. 1, 7 halaman, Tersedia :[http://jurnalmetal.or.id/jmi/article/view/56/pdf\[16Mei2019\]](http://jurnalmetal.or.id/jmi/article/view/56/pdf[16Mei2019]).
- [9] Sandi, Putra. 2004. *Powder Nitriding pada Baja Karbon Rendah dengan Menggunakan Urea*, Tugas Akhir Sarjana S-1, Departemen Teknik Mesin, Program Studi Teknik Material ITB. Bandung.
- [10] Scott, Benjamin. (2015). *Abrasion Resistance of Concrete – Design, Construction and Case Study* [Online], Vol 6 (3), 13 halaman. Tersedia : [https://www.researchgate.net/publication/281594259\\_Abrasion\\_Resistance\\_of\\_Concrete\\_Design\\_Construction\\_and\\_Case\\_Study](https://www.researchgate.net/publication/281594259_Abrasion_Resistance_of_Concrete_Design_Construction_and_Case_Study)[16Mei2019]
- [11] Suratman, Rochim. *Panduan Proses Perlakuan Panas*. 1994. Lembaga Penelitian Institut Teknologi Bandung.
- [12] Thelning, K. 1978. *Steel and Heat Treatment Bofor Handbook*. Inggris. Head of Development for Constructional and Toolsteel.