

Karakteristik *Soldering* Baja Perkakas H13 Modifikasi Setelah Kombinasi Proses *Shot Peening* Dan *Nitriding*

Aditya Herliawan

Program Studi Teknik Industri, Universitas Indraprasta PGRI
Herliawan.aditya@gmail.com

Abstrak

Karakterisasi kegagalan *soldering* pada cetakan pengecoran mengharuskan cetakan memiliki ketahanan erosi dan juga bebas dari kegetasan *white layer* pada Nitridisasi. Penggabungan *shot peening* dan nitridisasi adalah proses perlakuan pada permukaan yang biasa digunakan untuk meningkatkan kekuatan untuk komponen struktural maupun mekanis. Penelitian bertujuan untuk mempelajari pengaruh perbedaan morfologi lapisan, permukaan dan kekerasan yang terbentuk pada baja perkakas H13 Modifikasi setelah dilakukan variasi proses *shot peening* dan nitridisasi. Pada penelitian ini material H13 Superior yang masing masing dilakukan 5 variasi proses perlakuan permukaan dan 2 variasi waktu tahan pada proses nitridisasi kemudian dicelup ke dalam lelehan aluminium ADC12 pada temperatur 680°C dan di tahan selama 30 detik, 5 menit, dan 30 menit. Karakterisasi permukaan baja difokuskan pada struktur mikro, distribusi kekerasan, kekasaran permukaan, dan kehilangan berat dari baja perkakas H13. Hasilnya didapat H13 modifikasi menunjukkan kekerasan hingga 1415,9 HV dibandingkan dengan *shot peening* saja. Pada penelitian ini menunjukkan bahwa variasi *shot peening* sebelum dan sesudah nitridisasi menghasilkan ketahanan *soldering* yang lebih baik.

Kata kunci: Desain Proses, Manajemen Pengetahuan, Strategi Inovasi

Abstract

Failure Soldering characteristic on die casting makes it's should be had high wear ability erosion and also released from white layer embrittlement on nitriding process. Both of shot peening and nitriding are kind of process which can increasing surface strength characterization in structural or mechanical components and also as an affricative way to prevent soldering. This research has spesific purpose how to learn affected morphology of layer, surface, and hardness on H13 modification after shot peening & nitriding. In this case research, H13 tool steel will be compared with superior which each part of material has 5 combination surface treatment and 2 kind of holding time of nitriding. Then dipped into the molten of ADC12 Aluminum at temperature 680oC and held for 30 second, 5 minutes and 30 minutes. Characterizations on the surface of the steel were focused on the microstructure, microhardness profile, surface roughness, and weight loss of the H13 tool steel. Result found that H13 modification show hardness until 1415,9 HV compare with only shot peening treatment. This research result showed that best resistance to soldering to create from combination shot peening before and after nitriding.

Keywords: Process Design, Knowledge Management, Innovation Strategy

PENDAHULUAN

Seiring dengan berkembangnya analisa mengenai rekayasa permukaan, beberapa kombinasi tahapan nitridisasi dan *shot peening* mampu menambah kekuatan berupa lapisan-lapisan senyawa yang menguatkan permukaan. Lapisan-lapisan penguat tersebut merupakan hasil dislokasi yang diciptakan *shot peening* sehingga ketika dikombinasikan dengan nitridisasi, maka gas yang dihasilkan mampu mengikat kandungan Ferro lebih dalam. Penggabungan *shot peening* dan nitridisasi adalah proses perlakuan pada permukaan yang biasa digunakan untuk meningkatkan kekuatan untuk komponen struktural maupun mekanis. Nitridisasi secara kimiawi berperan dalam transformasi unsur/senyawa

untuk mengeras secara permukaan, sedangkan *shot peening* berperan dalam memberikan gaya mekanis dengan tekanan kompresi pada tegangan sisa pada area permukaan.

Cetakan *soldering* merupakan cacat atau kegagalan yang terjadi pada produk cetakan pengecoran dimana terjadi penempelan hasil pengecoran pada cetakan sehingga hasil pengecoran sulit dilepas dari cetakan atau setelah berhasil dilepas akan terdapat bagian hasil pengecoran yang tersisa pada cetakan.

Pembuktian mengenai kombinasi kedua proses *shot peening* maupun nitridisasi sudah dilakukan beberapa peneliti untuk meningkatkan performa material khususnya ketahanan fatik. Hassani-Gangaraj ^[1] menjelaskan beberapa metoda yang dikombinasikan *shot peening* sebelum nitridisasi maupun kebalikannya. *Shot peening* menghasilkan butiran yang halus bahkan berukuran nano disetiap lapisan-lapisan nitridisasi. Kombinasi *shot peening* setelah nitridisasi dinyatakan berpengaruh pada kekerasan khususnya dalam skala mikro. Hal serupa juga disampaikan Kyun T Cho ^[2] yang menjelaskan setelah proses *shot peening*, adanya beberapa deformasi plastis pada permukaan dikarenakan dislokasi. Penghalusan butiran pada daerah permukaan merupakan faktor utama pada reaksi nitridisasi setelah *shot peening*.

Penelitian yang dilakukan ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh perbedaan morfologi lapisan, permukaan dan kekerasan yang terbentuk pada baja perkakas H13 Modifikasi setelah dilakukan variasi proses *shot peening* dan nitridisasi. Serta Menganalisa pengaruh setelah dilakukan pengecoran aluminium ADC12 terhadap ketahanan cetakan *soldering* dengan melakukan uji pencelupan.

METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini material yang digunakan adalah baja H13 Superior dengan ukuran dipotong dengan ukuran 30 x 20 x 10 mm masing masing sebanyak 50 pcs untuk masing masing tahap variabelnya. Ada lima variasi perlakuan permukaan sampel, yaitu:

1. Kondisi anil → Perlakuan panas → *Shot blasting* → *Shot peening* → *Tempering* (Selanjutnya disebut P)
2. Kondisi anil → Perlakuan panas → *Shot blasting* → Nitridisasi 5 Jam → *Shot peening* → *Tempering* (Selanjutnya disebut NP5)
3. Kondisi anil → Perlakuan panas → *Shot blasting* → Nitridisasi 10 Jam → *Shot peening* → *Tempering* (Selanjutnya disebut NP10)
4. Kondisi anil → Perlakuan panas → *Shot blasting* → *Shot peening* → Nitridisasi 5 Jam → *Shot peening* → *Tempering* (Selanjutnya disebut PNP5)
5. Kondisi anil → Perlakuan panas → *Shot blasting* → *Shot peening* → Nitridisasi 10 Jam → *Shot peening* → *Tempering* (Selanjutnya disebut PNP10)

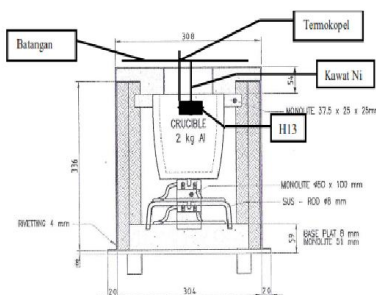
Baja perkakas H13 modifikasi kondisi *as-annealed* dilakukan proses pengerasan hingga dicapai kekerasan baja perkakas H13 yang sesuai untuk aplikasi cetakan pengecoran, yaitu 45-46 HRC. Proses pengerasan dimulai dengan austenisasi pada temperatur 1025°C selama 40 menit, dengan sebelumnya diawali dengan dua tahap pemanasan awal masing-masing selama 30 menit pada temperatur 650°C dan 850°C agar tidak terjadi retak saat austenisasi. Setelah itu sampel didinginkan cepat dengan teknik *pressure quenching* menggunakan gas N₂ ke temperatur 50-70°C. Sampel kemudian dikeluarkan dari tanur vakum untuk pengukuran data kekerasan makro sebelum temper, yang berkisar antara 53- 54 HRC. Terakhir, adalah proses temper yang dilakukan dua tahap untuk mendapatkan kekerasan dan sifat mekanis baja perkakas yang diinginkan. Masing-masing tahapan temper dilakukan selama 150 menit secara berurutan pada temperatur 590°C.



Gambar 1. Mesin Shot Blasting dan Shot peening

Shot blasting dilakukan menggunakan mesin tipe *pressurized pneumatic (bucket-type)*. *Shot blasting* diaplikasikan secara merata pada tiap-tiap sisi sampel dengan menembakan partikel S. Lin Abrasive green SiC (JIS 700) melalui nosel dengan tekanan sekitar 476 kPa. *Shot peening* dilakukan menggunakan mesin tipe *pressurized pneumatic (bucket type)*. *Shot peening* diaplikasikan secara merata pada tiap-tiap sisi sampel dengan menembakan partikel bola baja berkekerasan 55-57 HRC dengan diameter 0,3 mm melalui nosel dengan tekanan sekitar 461 kPa. Nitridisasi gas dilakukan menggunakan gas amoniak (50% NH₃, 50% N₂) pada suhu 520°C selama 5 dan 10 jam dengan *atmospheric furnace*. Tempering dilakukan menggunakan Tanur vakum selama 2 jam pada temperatur 540°C.

Proses peleburan aluminium ADC12 dilakukan pada suhu 680°C. Kowi dipanaskan terlebih dahulu lalu dimasukkan aluminium ADC12 Solid. Setelah itu, dilakukan peleburan dengan temperatur konstan pada 680°C. Pencelupan dilakukan pada suhu 680°C dengan variasi suhu pencelupan : 30 detik, 5 menit dan 30 menit. Pengukuran berat dilakukan untuk mengetahui seberapa banyak kandungan Ferro yang ikut larut dalam aluminium. Sebelum dilakukan pencelupan, terlebih dahulu menimbang berat awal, berat setelah dicelup (bersama dengan endapan aluminium) dan berat setelah dikikis (setelah endapan aluminium dihilangkan). NaOH akan melarutkan aluminium tanpa bereaksi dengan Ferro dari baja cetakan sesuai reaksi kimia di bawah. Setelah itu berat sampel yang telah bebas dari *soldering* ditimbang kembali. Kehilangan berat adalah perbedaan berat sebelum dicelup ke aluminium dengan berat setelah *soldering* dibersihkan.

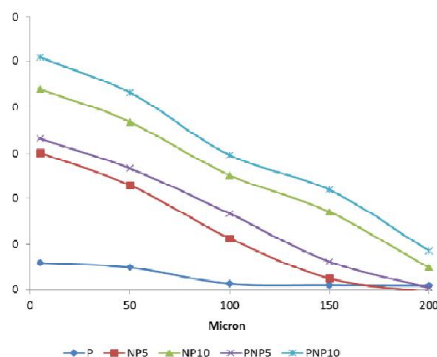


Gambar 2. Ilustrasi Pencelupan Sampel H13 kedalam Al.

Pengujian mikro ini digunakan metode Vickers (ASTM E 92 “*Standard Test Methods for Vickers Hardness of Metallic Material*”) dengan beban 100 gr dan waktu 10 detik. Pengujian kekasaran permukaan dilakukan menggunakan alat uji kekasaran *portable surface finish measuring instrument* jenis stylus profilometer dan dilakukan pada arah melintang. Pengamatan struktur mikro dilakukan menggunakan mikroskop optik dan FERROSEM (*Field Emission Scanning Electron Microscope*), yang dilengkapi dengan EDS (*Energy Dispersive Spectroscopy*). Mikroskop optik untuk melihat fasa dari struktur mikro sampel. FERROSEM untuk melihat topografi dan morfologi lapisan hasil nitriding yang terbentuk serta mengukur ketebalan lapisan yang terbentuk sedangkan EDS untuk melihat unsur-unsur yang terdapat dalam struktur mikro sampel.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Perbandingan H13 Modifikasi Dengan Kombinasi Proses Shot peening dan Waktu Nitriding Terhadap Kekerasan dan Kedalaman Difusi



Gambar 3. Hasil Distribusi Kekerasan Terhadap Kedalaman Difusi Pada Masing-Masing Variabel Baja H13 Superior

Gambar 3 menunjukkan hubungan antara kekerasan dengan kedalaman terhadap masing-masing variabel penelitian pada material baja H13 Superior. Dari gambar tersebut memperlihatkan kekerasan dari permukaan akan tergradasi menurun sebanding dengan bertambahnya kedalaman permukaan material.

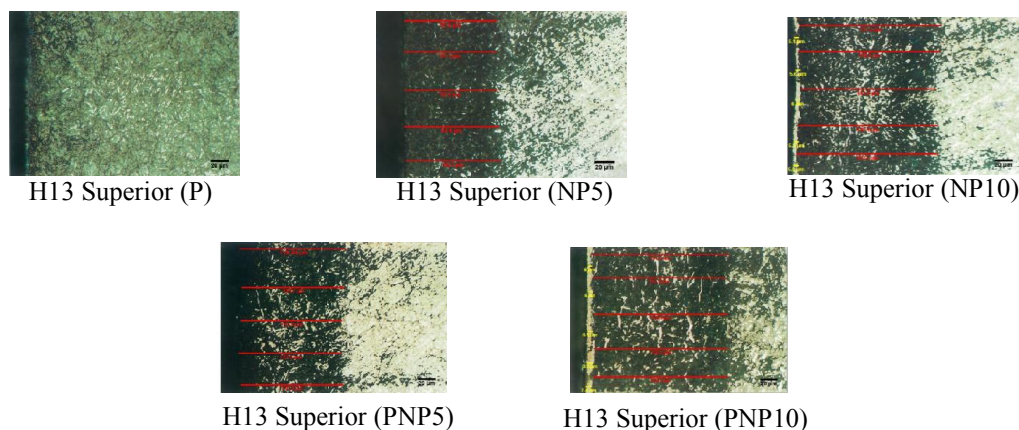
Efek pengerasan hasil proses nitridisasi terlihat pada variabel proses nitridisasi baik 5 maupun 10 jam memperlihatkan adanya peningkatan kekerasan di kedalaman permukaan 0-200 μm apabila dibandingkan dengan tanpa nitridisasi (P). Pada variasi tanpa nitridisasi (P) H13 superior kekerasan maksimal pada permukaan yaitu 519 HV dengan gradasi penurunan hingga 418,4 HV.

Apabila dilihat dari perbedaan variasi waktu tahan nitridisasi terhadap variabel proses yang ada, 10 jam merupakan waktu tahan yang memperoleh nilai kekerasan tinggi di tiap kedalaman permukaannya dibandingkan 5 jam. Pada perbedaan proses *shot peening* sebelum & setelah nitridisasi terpatut kekerasan dengan selisih rata-rata di setiap proses variabelnya 62 dan 137,5 HV. Pada titik 5 μm pada baja H13 superior dengan perlakuan permukaan PNP 5 dan PNP 10 jam, masing-masing memperoleh kekerasan 1064 HV dan 1415,9 HV. Begitu pula dengan kedalaman difusi nitrogen, selisih waktu 5 jam menambah ketebalan yang signifikan.

Pada kondisi *Shot peening*-Nitridisasi-*Shot peening* (PNP) baik 5 jam maupun 10 jam menunjukkan nilai kekerasan di atas variabel *Shot blasting*-Nitridisasi-*Shot peening* (NP). Adapun kekerasan yang didapat pada material H13 Superior NP5 dan NP10 masing-masing 1002,4 HV dan 1278 HV dengan total selisih 275,6 HV. Perbedaan secara struktur mikro dapat dilihat dari kedalaman nitrogen yang mampu berdifusi ke dalam logam dasar.

Pada variabel P peningkatan kekerasan permukaan tidak signifikan terjadi, hal ini disebabkan adanya proses tempering setelah dilakukan *shot peening*. Proses tempering akan mengembalikan kepadatan butir hasil *shot peening* pada permukaan. Eferrok tempering secara tidak langsung akan memberikan dampak relaksasi dari tegangan sisa. Temperatur tempering menghasilkan aktivasi energi dalam pergerakan dislokasi pada rekristalisasi.

Peningkatan kekerasan terjadi karena nitrogen berdifusi ke dalam material secara intersisi dan bereaksi membentuk ikatan nitrida dengan senyawa yang terdispersi secara merata. Nitrida yang terbentuk menghambat pergerakan dari dislokasi sehingga kekerasan dari permukaan material meningkat^[3]. Pengaruh waktu tahan nitriding mempengaruhi ketebalan dan pembentukan white layer. Tingginya densitas dislokasi dan batas butir di permukaan mempermudah nitrogen masuk lebih dalam sehingga nitrogen yang tetap berada dipermukaan semakin sedikit.

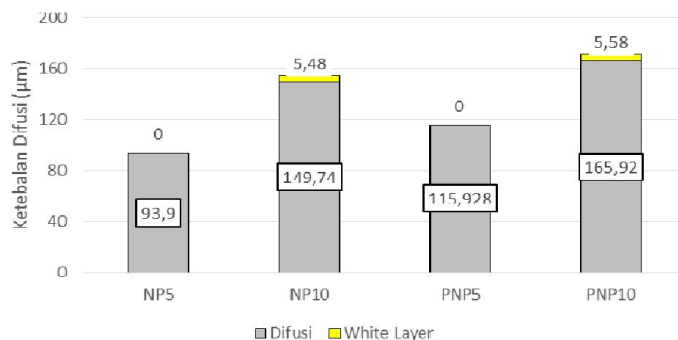


Gambar 4. Pemetaan Hasil Struktur Mikro Kombinasi Proses *Shot peening* dan Nitridisasi Pada H13 Superior.

Pada Gambar 4 memperlihatkan struktur mikro setelah nitridisasi 10 jam material H13 Superior dengan perbesaran 500x. Pada gambar tersebut pada permukaan terbentuk *whitelayer* pada permukaan luar dengan ketebalan rata-rata yaitu $\pm 6.84 \mu\text{m}$ dan $6,34 \mu\text{m}$. Jika dibandingkan dengan ketebalan setelah nitridisasi tanpa perlakuan bagian permukaan terlihat *whitelayer* dengan ketebalan yaitu $\pm 9.5 \mu\text{m}$ maka tebalnya *whitelayer* berkurang. Berkurangnya ketebalan *whitelayer* akibat adanya tumbukan dari *shot peening*. Ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Terres^[4] bahwa *shot peening* yang dilakukan setelah nitridisasi dapat meminimalisir lapisan *compound* yang bersifat getas.

Perbedaan H13 modifikasi tanpa nitridisasi (P), *shot peening* telah nitridisasi (NP5/10) serta *shot peening* sebelum dan sesudah *nitridisasi* (PNP5/10) dikonfirmasi pada hasil analisa struktur mikro pada Gambar 4. Pada gambar tersebut terlihat bahwa pada variabel tidak terdapat material nitrida. Sedangkan pada variabel NP dan PNP terlihat kedalaman difusi nitrogen yang berbeda-beda sesuai variabelnya. Pada nitridisasi 10 jam H13 modifikasi tercipta lapisan *whitelayer*. Sedangkan pada nitridisasi 5 jam tidak menimbulkan *whitelayer*.

Ketebalan dari masing masing lapisan *white layer* dan nitrida yang membedakan secara keseluruhan H13 Superior memiliki mampu difusi nitogen lebih dalam seiring dengan bertambahnya waktu proses nitridisasi. Untuk dapat melihat perbandingan ketebalan lapisan pada masing masing variabel, maka didapat grafik pada Gambar 5.



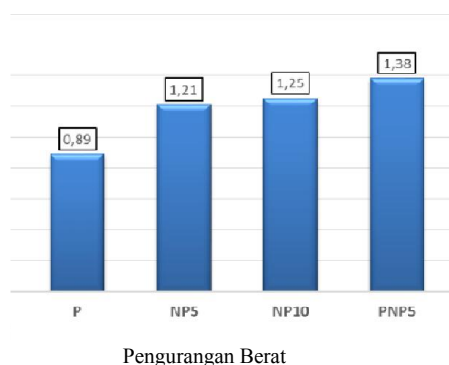
Gambar 5. Hasil Perlakuan Permukaan H13 Superior Terhadap Kedalaman Difusi Pada Masing-Masing Variabel.

Dengan semakin banyaknya unsur molybdenum maka akan terbentuk banyak karbida. Namun semakin banyak molybdenum akan kekerasan pada hasil nitriding akan berkurang^[5]. Komposisi Silika (Si) pada baja H13 Superior juga berpengaruh pada kekerasan permukaan. Silika meningkatkan

kekerasan namun dengan plastisitas yang rendah. Berbeda hal dengan unsur chromium yang semakin banyak konsentrasinya maka semakin rendah kedalaman nitridisasi tersebut.

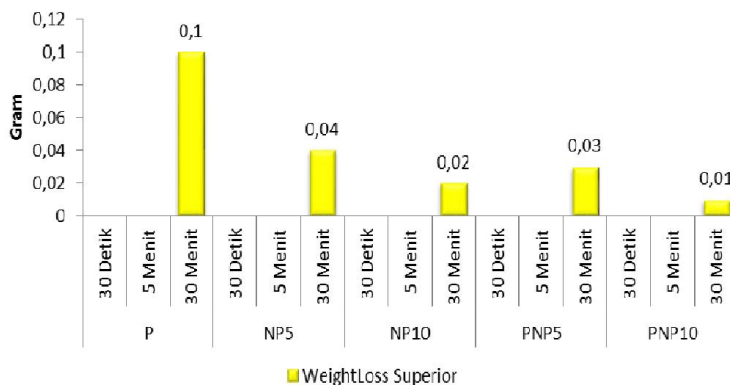
2. Pengaruh H13 Modifikasi Dengan Kombinasi Proses Perlakuan Permukaan Terhadap Kekasaran Permukaan

Proses *shot peening* yang didahului nitridisasi (NP) memberikan kekasaran permukaan lebih tinggi dari kondisi *shot peening* tanpa nitridisasi (P). Namun Proses *Shot peening* sebelum dan sesudah nitridisasi (PNP) memberikan nilai lebih tinggi dari proses *shot peening* yang didahului nitridisasi (NP). Perbedaan jenis material pada hasil kekasaran permukaan tidak terlalu signifikan. Adapun kekasaran permukaan ini membuktikan bahwa adanya jejak atau dimple pada permukaan H13 yang terdeteksi nilai Ra Besar setelah dilakukan proses *shot peening*. Apabila dikaitkan dengan kedalaman difusi nitrogen, pengaruh morfologi pada permukaan memberikan celah dislokasi untuk nitrogen masuk membentuk lapisan dinitrida yang lebih keras. Hal ini dapat ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Nilai *Surface Roughness* H13 Modifikasi Superior dengan Kombinasi Proses Terhadap Kekasaran Permukaan.

3. Pengaruh Variasi Proses Perlakuan Permukaan dan Waktu Pencelupan terhadap Kehilangan Berat Pada sampel *shot peening* tanpa nitridisasi (P), kehilangan berat meningkat secara signifikan pada H13 Superior. Hal ini terkait dengan kekerasan yang rendah pada kondisi P. Dibandingkan dengan sampel yang dilakukan proses nitridisasi 5 jam NP5 & PNP5, Kehilangan berat pada material H13 Superior menunjukkan angka selisih 0,01 gram. Sedangkan sampel H13 Superior dengan proses nitriding 10 jam menunjukkan angka kehilangan berat yang paling kecil seperti ditunjukkan pada Gambar 7. Kehilangan berat meningkat dengan bertambahnya waktu pencelupan disebabkan oleh dua mekanisme yang berlawanan pada saat pencelupan, yakni pertumbuhan lapisan intermetalik dan pelarutan lapisan intermetalik [6].



Gambar 7. Pengurangan Berat H13 Modifikasi Superior dengan Kombinasi Proses Terhadap Kekasaran Permukaan.

Afinitas antara atom Ferro dan Al menyebabkan suatu reaksi fisika-kimia di antar muka lelehan aluminium dan Ferro dari permukaan baja cetakan. Aspek kinetik dari reaksi ini mendorong terjadinya pembentukan dan pertumbuhan lapisan intermetalik^[7]. Pada daerah lelehan yang memiliki kadar Ferro rendah, difusi atom Ferro dari permukaan baja cetakan ke dalam lelehan menyebabkan Ferro terlarut ke dalam lelehan aluminium yang mengakibatkan terjadinya pelarutan lapisan intermetalik. Pergerakan muka difusi *liquid-solid* akan berakibat pada kehilangan berat baja cetakan yang merupakan indikasi terjadinya *soldering* pada cetakan^[6].

SIMPULAN

Berdasarkan literatur, hasil pengujian dan pembahasan data yang telah dilakukan pada penelitian ini, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada variasi kombinasi *shot peening* dan nitridisasi baja H13 superior dengan kekerasan 1415,9 HV ada *shot peening* sebelum dan setelah nitridisasi, 1278 HV *shot peening* setelah nitridisasi (NP), dan 519 HV pada variabel tanpa nitridisasi (P). Unsur Molibdenum pada H13 superior mempengaruhi kekerasan pada proses nitridisasi.
2. Pada variabel NP maupun PNP, waktu nitridisasi 10 jam rata rata menghasilkan difusi nitrogen lebih dalam 30 μm dibandingkan nitridisasi 5 jam. Namun hanya pada variabel NP5 yang tidak menghasilkan *white layer*.
3. *White layer* menjadi lebih tebal 5 μm pada holding time nitridisasi selama 10 jam dan meningkat 0,01 μm dikarenakan adanya tekanan kompresi dari *shot peening*.
4. Nilai pengurangan berat sebagai indikasi *soldering* pada cetakan sebanding lurus dengan nilai kekerasan permukaan.
5. Kekasaran Permukaan akan meningkat dengan dilakukannya *shot peening* sebelum maupun sesudah nitridisasi yang menjadi parameter kedalaman difusi nitrogen.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis memanjatkan syukur kepada Allah SWT, atas rahmat-Nya laporan penelitian ini dapat diselesaikan. Penulis mengucapkan terima kasih kepada tim yang telah memberikan kesempatan dan bantuan untuk melakukan penelitian di PT. ASSAB Steels Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

Daftar Pustaka hanya memuat semua pustaka yang diacu pada naskah tulisan, bukan sekedar pustaka yang terdaftar. Pustaka ditulisurut sesuai abjad penulis.

- [1] Suharno, B., Nurhayati, N. O., Arifin, B., & Harjanto, S. (2009). Pengaruh Waktu Kontak Terhadap Reaksi Antar Muka Paduan Aluminium 7%-Si dan Aluminium 11%-Si dengan Baja Cetakan SKD 61. *MAKARA*, 11(2), 85-91.
- [2] Cho, K. T., Song, K., Oh, S. H., Lee, Y. K., & Lee, W. B. (2013). Surface hardening of shot peened H13 steel by enhanced nitrogen diffusion. *Surface and Coatings Technology*, 232, 912-919.
- [3] Chang, S. H., Lee, S. C., & Tang, T. P. (2008). Effect of shot peening treatment on forging die life. *Materials transactions*, 49(3), 619-623.
- [4] Zhu, H., Guo, J., & Jia, J. (2002). Experimental study and theoretical analysis on die soldering in aluminum die casting. *Journal of materials processing technology*, 123(2), 229-235.
- [5] Kopeliovich, D. Tribological properties and applications of alumina.
- [6] Stenkvist, N. (2014). Design of a cargo fastening device with a load indicator for heavy cargo.