

# Peningkatan Sifat Mekanis Permukaan *Master Link Dozer Komatsu* Dengan IQT (*Induction Quenching Tempering*)

Gian Oktaputra Gunawan<sup>1,a)</sup>, Dwita Suastiyanti<sup>2,b)</sup> dan Pathya Rupajati<sup>3,c)</sup>

<sup>1,2,3)</sup> Program Studi Teknik Mesin ITI,  
Jl. Raya Puspipetek Serpong, Tangerang Selatan-Banten, Indonesia, 15320

<sup>a)</sup>gianoktaputragunawan2@gmail.com, <sup>b)</sup>dwita\_suastiyanti@iti.ac.id, <sup>c)</sup>pathya.rupajati@iti.ac.id

## Abstrak

Baja SMnB3H-1 merupakan baja paduan rendah yang banyak digunakan sebagai material komponen mesin seperti *master link* pada *undercarriage* yang pada penggunaannya banyak mengalami gesekan atau aus. *Master Link* adalah salah satu komponen *undercarriage bulldozer* berfungsi untuk menghubungkan dan memutuskan proses *assembly* dan *diassembly* pada *track link undercarriage*. Untuk meningkatkan ketahanan aus pada *master link*, diperlukan perlakuan pengerasan permukaan salah satunya yaitu *Induction Quenching Tempering* (IQT). IQT adalah proses pengerasan baja menggunakan induksi dan dilanjut dengan pendinginan cepat (*quenching*) menggunakan *soluble/polymer*. Dalam penelitian ini dilakukan proses IQT dengan variasi *holding time* 45 detik, 60 detik dan 75 detik pada suhu *austenite* (850°). Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh *holding time* IQT terhadap kekerasan dan kekerasan kedalaman (*Case Depth*). Hasil dari uji kekerasan dan pengukuran *case depth* didapat nilai tertinggi yaitu pada *holding time* 75 detik, untuk nilai kekerasan 58,5 HRC sedangkan *case depth* posisi H1, H2 dan T adalah 31,62 mm, 30,12 mm dan 19,8 mm.

**Kata Kunci:** baja SMnB3H-1, *undercarriage*, *master link*, IQT, *holding time*, *case depth*

## Abstract

*SMnB3H-1 steel is a low alloy steel that is widely used as a material for machine components such as the master link on undercarriage which has a lot of friction or wear. Master Link is one of the components of the bulldozer undercarriage that functions to connect and disconnect the assembly and assembly process on the undercarriage track link. To increase the wear resistance of the master link, one of the hardening treatments needed is Induction Quenching Tempering (IQT). IQT is a steel hardening process using induction and followed by rapid cooling (quenching) using soluble / polymer. In this research, the IQT process with a holding time variation of 45 seconds, 60 seconds and 75 seconds at austenite temperature (850 °). The purpose of this study was to determine the effect of IQT holding time on hardness and case depth. The results of the hardness test and case depth measurements obtained the highest value at 75 seconds holding time, for the hardness value of 58.5 HRC while the case depth of H1, H2 and T positions were 31.62 mm, 30.12 mm and 19.8 mm.*

**Keyword:** *SMnB3H-1 steel, undercarriage, master link, IQT, holding time, case depth*

## I. PENDAHULUAN

Melihat perkembangan teknologi khususnya di bidang industri alat berat maka pengembangan dan inovasi komponen alat berat makin bertambah. Salah satu alat berat yang sering digunakan di lingkungan perhutanan (*forestry*) adalah *bulldozer*. *Bulldozer* adalah sebuah traktor tanah (*crawler tractor*) yang berfungsi untuk melakukan pekerjaan menggusur dan mendorong tanah. Pada *bulldozer* terdapat bagian *undercarriage*. *Undercarriage* merupakan bagian bawah, dimana komponen tersebut berfungsi sebagai media penggerak. Komponen utama *undercarriage* terdiri dari *track link* dan *master link*, *track shoe*, *track roller*, *carrier roller* dan *front idler*. Terdapat salah satu komponen penting pada *undercarriage*, yaitu *master link*. *Master Link* berfungsi untuk menghubungkan dan memutuskan proses *assembly* dan *diassembly* pada *track link*. *Master link* pada umumnya dibuat dari baja paduan rendah (*low alloy steel*). Pemilihan baja paduan rendah untuk pembuatan *master link* dikarenakan baja

paduan ini memiliki keunggulan secara ekonomis. Salah satunya baja SMnBH-1, untuk mencegah kegagalan *master link* dilakukan *surface hardening* guna mendapatkan karakteristik keras di permukaan namun ulet dan tahan aus yang optimal [1].

Di dunia industri alat berat, komponen-komponen mesin alat berat yang paling utama untuk dilakukan proses *surface hardening* guna untuk meningkatkan kekerasan dan tahan aus yang lebih baik pada bagian – bagian yang bergerak/meluncur dan saling bergesekan satu dengan lainnya. Teknik modifikasi permukaan menggunakan induksi sangatlah mudah dilakukan dan terbukti dapat menambah kekerasan dengan ketebalan yang diinginkan [2].

*Surface hardening* merupakan usaha untuk meningkatkan kualitas permukaan suatu baja/material sesuai yang diinginkan. Pengerasan permukaan dilakukan 2 cara yaitu seluruh permukaan dikeraskan atau sebagian saja dari permukaan yang dikeraskan. Pengerasan

permukaan pada baja meliputi dua jenis yaitu induksi dan *Thermo Chemical Treatment*, cara induksi seperti IQT (*Induction Quenching Tempering*) sedangkan cara *Thermo Chemical Treatment* adalah nitridasi, karburasi dan karbonitridasi [3].

Salah satu metode yang terus berkembang adalah pengerasan permukaan induksi dengan pendinginan cepat (*Induction Quenching Tempering*). *Induction Quenching Tempering* ini adalah metode pengerasan permukaan memanfaatkan pemanasan dari sifat listrik, dimana jika suatu baja berada disekitar kumparan *coil* yang dialiri listrik, akan menyebabkan timbulnya medan magnet yang dapat membuat baja terdapat arus induksi (*eddy current*), arus induksi tersebut yang dapat memanaskan material. Proses pemanasan dilakukan sampai temperatur *Austenite* (723~1250°C) diikuti dengan pendinginan yang cepat (*quenching*) pada media *soluble/polymer* sehingga didapat struktur baja martensit. Tujuan dari *quenching* adalah meningkatkan kekerasan material agar tahan aus dengan mendapatkan struktur martensit yang keras. Sedangkan proses *tempering* merupakan perlakuan panas yang dilakukan dengan memanaskan baja pada temperatur di bawah 723°C (*Austenit*) dan ditahan hingga waktu tertentu. Tujuan *tempering* adalah menurunkan *internal stress* dan menaikkan kekuatan/keuletan dan ketangguhan [4]

Dalam penelitian ini dilakukan analisa peningkatan sifat mekanis permukaan menggunakan *Induction Quenching Tempering* dengan variasi waktu tahan (*holding time*, 45 detik, 60 detik dan 75 detik) terhadap kekerasan dan *case depth* baja SMnB3H-1 pada permukaan *master link*. Uji kekerasan dilakukan dengan menggunakan metode *Rockwell* pada material tanpa *Induction Quenching Tempering* dan yang telah dilakukan *Induction Quenching Tempering* untuk menganalisa efek dari *Induction Quenching Tempering*. Pengukuran kedalaman kekerasan (*case depth*) dilakukan dengan menggunakan mistar baja untuk mengetahui berapa panjang kedalaman kekerasannya yang telah dilakukan *Induction Quenching Tempering*.

## II. LANDASAN TEORI

### A. Undercarriage

Komponen *undercarriage* pada *bulldozer* merupakan komponen yang sangat penting, karena *undercarriage* merupakan komponen untuk menggerakkan suatu *bulldozer* untuk bergerak maju mundur dan belok kanan kiri. Pada *undercarriage* ada beberapa komponen – komponen penting lainnya seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Undercarriage pada bulldozer

Pada Gambar 1 *Undercarriage* memiliki komponen utama, yaitu terdiri dari *Front Idler*, *Track link*, *Track shoe*, *Carrier Roller*, *Sprocket/Teeth* dan *Track Roller*.

#### 1. Front Idler

*Front idler* berfungsi untuk membantu mengencangkan atau mengendorkan *track link* dan juga meredam kejutan. *Fron Idler* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Front idler

#### 2. Track Link

*Track link* pada unit *bulldozer* memiliki fungsi sebagai penunpu dari total beban pada *track roller* sehingga memungkinkan *bulldozer* dapat berjalan. *Track Link* dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Track link

#### 3. Track Shoe

*Track shoe* adalah bagian dari *undercarriage* yang berfungsi disamping tempat persinggungan dengan tanah juga merupakan alas gerak *Bulldozer* dan *Excavator*. *Track Shoe* dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Track shoe

#### 4. Roller

Pada *undercarriage* terdapat komponen berupa *roller* yang terbagi menjadi *track roller* dan *carrier roller*. *Track roller* memiliki fungsi untuk membagi berat unit ke *track* dan sebagai pengarah *track link*. Sedangkan

*carrier roller* merupakan komponen yang berfungsi sebagai penahan gulungan *track shoe* agar tidak melentur ke bawah dan menjaga kelurusan antara *track shoe* dengan *idler*. *Roller* dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. *Carrier roller*

#### 5. *Track Roller*

*Track roller* adalah bagian dari komponen *undercarriage* yang berbentuk menyerupai roda besi yang berfungsi sebagai pembagi berat *bulldozer* dan *excavator* ke *track*. *Track Roller* dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. *Track roller*

#### 6. *Sprocket dan Teeth*

*Sprocket* dan *teeth* dalam komponen *undercarriage* adalah sebagai media penerus tenaga gerak ke *track* melalui *bushing*, dan merubah putaran *sprocket/teeth* menjadi gulungan pada *track* agar unit dapat bergerak. *Teeth* dapat dilihat pada gambar 7.



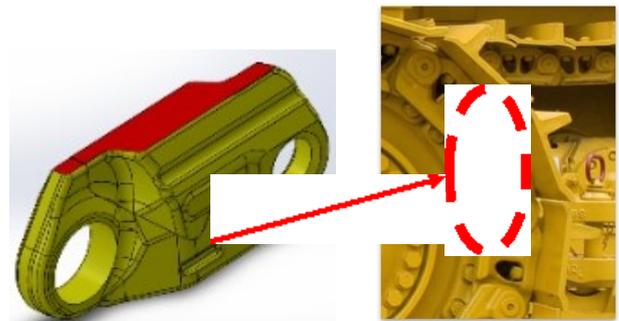
Gambar 7. *Segment teeth*

Pada Gambar 7. *Sprocket* pada *undercarriage* ada dua macam, yaitu *solid sprocket* dan *segment teeth*. *Sprocket* dengan tipe *solid sprocket* terbuat dari *case steel* yang merupakan satu kesatuan, sehingga jika ada

salah satu *teeth* pada *sprocket* yang mengalami kerusakan, maka untuk menggantinya harus dilakukan pemotongan dan dilas kembali. Pada *segment teeth* bentuknya perbagiannya ada 3 *teeth* mempermudah mekanik dalam melakukan penggantian, tidak perlu melepas *track link* pada saat mengalami kerusakan.

#### B. *Master Link*

Terdapat salah satu komponen penting pada *undercarriage*, yaitu *master link*. *Master Link* berfungsi untuk menghubungkan dan memutuskan proses *assembly* dan *diassembly* pada *track link* seperti ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. *Master link* pada *bulldozer*

Pada Gambar 8 Terjadinya keausan pada *Master Link* akibat bergesekan dengan *track roller*, *Carrier roller* dan juga *idler*. Maka dari Struktur pada *Master Link* dibagian permukaannya diproses perlakuan panas (*heat treatment*) yang tujuannya agar didapatkan bahan dengan kekerasan tertentu sehingga proses keausan karena gesekan terjadi lebih lama.

#### C. *Baja*

Baja paling banyak digunakan sebagai bahan industri yang merupakan sumber sangat besar, dimana sebagian ditentukan oleh nilai ekonominya, tetapi yang paling penting karena sifat-sifatnya bervariasi. Yaitu bahan tersebut mempunyai berbagai sifat dari yang paling lunak dan mudah dibuat sampai paling keras. Baja diklasifikasikan berdasarkan komposisi kimianya:

##### 1. *Baja Karbon*

Baja karbon memiliki 2 unsur, yaitu unsur besi dan baja. Pada umumnya sebagian besar baja hanya mengandung karbon dengan sedikit unsur paduan lainnya. Kandungan karbon dengan persentase yang berbeda dalam campuran logam baja menjadi salah satu pengklasifikasian baja.

##### • *Baja Karbon Rendah (Low Carbon Steel)*

Baja karbon rendah adalah baja yang mengandung karbon kurang dari 0,3%C. Baja karbon rendah merupakan baja yang paling mudah diproduksi diantara karbon yang lain, mudah di *machining* dan dilas, serta keuletan dan ketangguhannya sangat tinggi tetapi kekerasannya rendah dan tahan aus. Sehingga pada penggunaannya, baja jenis ini dapat digunakan sebagai bahan baku untuk pembuatan komponen bodi mobil, struktur

bangunan, pipa gedung, jembatan, kaleng, pagar, dan lain-lain.

- **Baja Karbon Menengah (*Medium Carbon Steel*)**  
Baja karbon menengah adalah baja yang mengandung karbon 0,3%C-0,6%C. Baja karbon menengah memiliki kelebihan jika dibandingkan dengan baja karbon rendah yaitu kekerasannya lebih tinggi daripada baja karbon rendah, kekuatan tarik dan batas regang yang tinggi, tidak mudah dibentuk oleh mesin, lebih sulit dilakukan untuk pengelasan, dan dapat dikeraskan dengan baik. Baja karbon menengah banyak digunakan untuk poros, rel kereta api, roda gigi, pegas, baut, komponen mesin yang membutuhkan kekuatan tinggi, dan lain – lain
- **Baja Karbon Tinggi (*High Carbon Steel*)**  
Baja karbon tinggi adalah baja yang mengandung kandungan karbon 0,6% C 1,7%C dan memiliki tahanan panas yang tinggi, kekerasan tinggi, namun keuletannya lebih rendah. Baja karbon tinggi mempunyai kuat tarik paling tinggi dan banyak digunakan untuk material perkakas (*tools*). Salah satu aplikasi dari baja ini adalah dalam pembuatan kawat baja dan kabel baja. Berdasarkan jumlah karbon yang terkandung di dalam baja maka baja karbon ini banyak digunakan dalam pembuatan pegas dan alat-alat perkakas seperti palu, gergaji atau pahat potong. Selain itu, baja jenis ini banyak digunakan untuk keperluan industri lain seperti pembuatan kikir, pisau cukur, mata gergaji, dan sebagainya.

## 2. Baja Paduan (*Alloy Steel*)

Baja paduan adalah baja cor yang ditambah unsur-unsur paduan. Tujuan dari pemberian unsur-unsur paduan seperti mangan, nikel atau molibden, khrom untuk memberikan sifat-sifat ketahanan aus, ketahanan asam dan korosi atau menambah ketangguhan/*thougness*.

Baja paduan terdiri dari:

- **Baja Paduan Rendah (*Low Alloy Steel*)**  
Baja paduan rendah merupakan baja paduan yang elemen paduannya kurang dari 2,5% wt, misalnya unsur Cr, Mn, Ni, S, Si, P dan lain-lain.
- **Baja Paduan Menengah (*Medium Alloy Steel*)**  
Baja paduan menengah merupakan baja paduan yang elemen paduannya 2,5%-10% wt, misalnya unsur Cr, Mn, Ni, S, Si, P dan lain-lain.
- **Baja Paduan Tinggi (*High Alloy Steel*)**  
Baja paduan tinggi merupakan baja paduan yang elemen paduannya lebih dari 10% wt, misalnya unsur Cr, Mn, Ni, S, Si, P dan lain-lain.

### D. Baja SMnB3H-1

Baja yang digunakan pada *master link* adalah baja SMnB3H-1. Baja tersebut adalah material khusus produk

Komatsu untuk komponen *master link*. Komposisi kimia SMnB3H-1 ditunjukkan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Kandungan unsur baja SMnB3H-1 (*material certification komatsu*)

Komposisi Kimia	Spesifikasi Baja SMnB3H-1
C (%)	0,39-0,41
Si (%)	0,15-0,41
Mn (%)	1,30-1,70
P (%)	0,03
S (%)	0,03
Ni (%)	0,7
Cr (%)	0,35

Pada Tabel 1 baja SMnB3H-1 merupakan baja paduan yang mempunyai kandungan mangan cukup tinggi.

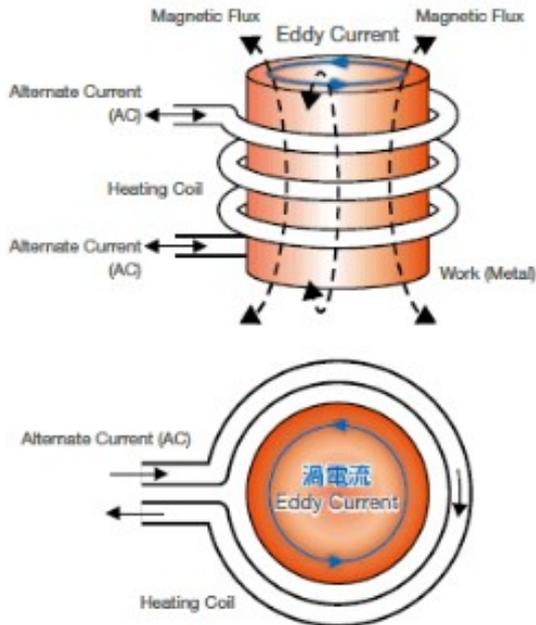
### E. Perlakuan Panas (*Heat Treatment*)

Proses perlakuan panas pada umumnya untuk memodifikasi struktur mikro baja sehingga meningkatkan sifat mekanik, salah satunya yaitu kekerasan. Perlakuan panas didefinisikan sebagai kombinasi dari proses pemanasan dan pendinginan dengan kecepatan tertentu yang dilakukan terhadap logam/paduan dalam keadaan padat, sebagai upaya untuk memperoleh sifat-sifat tertentu. Perubahan sifat tersebut terjadi karena ada perubahan struktur mikro selama proses pemanasan dan pendinginan dimana sifat logam atau paduan sangat dipengaruhi oleh struktur mikro. Proses perlakuan panas terdiri dari beberapa tahapan, dimulai dari proses pemanasan bahan hingga pada suhu tertentu dan selanjutnya didinginkan juga dengan cara tertentu.

Tujuan dari perlakuan panas adalah mendapatkan sifat-sifat mekanik yang lebih baik dan sesuai dengan yang diinginkan seperti meningkatkan kekuatan dan kekerasan, mengurangi tegangan, melunakkan, mengembalikan pada kondisi normal akibat pengaruh pada pengerjaan sebelumnya, dan menghaluskan butir kristal yang akan berpengaruh pada pengerjaan sebelumnya, dan menghaluskan butir kristal yang akan berpengaruh pada keuletan bahan [5].

### F. IQT (*Induction Quenching Tempering*)

Secara umum, yang membedakan antara proses IQT dengan proses *heat treatment* yang lain adalah media untuk memanaskan. IQT merupakan salah satu metode *Induction Hardening*. Pada proses IQT, pemanasan memanfaatkan sifat listrik, dimana jika suatu baja berada disekitar kumparan *coil* yang dialiri listrik, akan menyebabkan timbulnya medan magnet yang dapat membuat baja terdapat arus induksi (arus eddy). Arus induksi tersebut yang dapat memanaskan material. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 9.



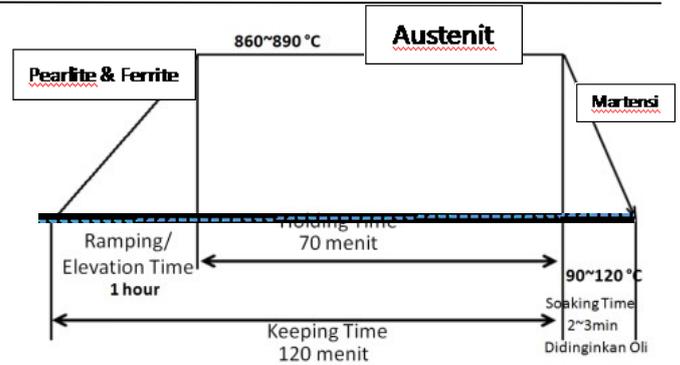
Gambar 9. Arus induksi (*eddy current*)

Pada Gambar 9. *eddy current* merupakan arus listrik yang diinduksikan ke dalam konduktor dengan mengubah medan magnet konduktor tersebut. Sirkulasi pusaran arus ini memiliki induktansi dan medan magnet. Medan ini dapat menyebabkan tolakan, tarikan, dorongan, dan efek pemanasan.

*Eddy Current* terbentuk ketika terjadi perubahan letak konduktor dalam sebuah medan magnet. Konduktor yang bergerak dalam sebuah medan magnet yang tetap ataupun medan magnet yang berubah di sekitar konduktor yang diam, keduanya menyebabkan arus induksi terbentuk dalam konduktor tersebut. *Eddy current* menghasilkan *losses* resistif yang dapat mengubah beberapa bentuk energi, seperti energi kinetik menjadi panas.

G. Quenching

*Quenching* (celup cepat) adalah pendinginan yang sangat cepat, setelah mengalami perlakuan panas baja langsung didinginkan secara cepat dengan cara dicelupkan ke dalam media pendingin air atau oli. *Quenching* ini bertujuan untuk mendapatkan martensit. Martensit sifatnya sangat keras. Pada baja karbon rendah dan baja karbon sedang biasanya digunakan media air, sedangkan untuk baja karbon tinggi dan baja paduan biasanya digunakan media minyak. Air lebih cepat mendinginkan bila dibandingkan dengan minyak. Proses pemanasan dilakukan sampai temperatur *Austenite* (723~1250°C). untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 10.

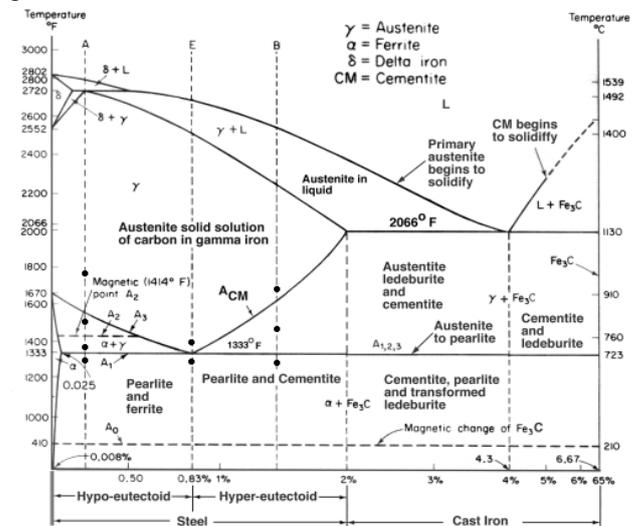


Gambar 10. Laju pendinginan proses *quenching*

Proses *quenching* menghasilkan fasa yang keras yang umumnya menghasilkan fasa bainit atau jika laju pendinginannya lebih cepat lagi akan dihasilkan martensit, jika yang terbentuk martensit maka sifatnya sangat keras dan rapuh. Untuk mengurangi kegetasannya maka dilakukan proses temper.

H. Diagram Fe-Fe3C

Diagram fasa Fe-Fe<sub>3</sub>C merupakan diagram yang menjelaskan mengenai perubahan fasa seperti ditunjukkan pada Gambar 11.



Gambar 11. Diagram fasa Fe-Fe<sub>3</sub>C (ASM Handbook Vol.4:4, 1991)

Pada Gambar 11 beberapa istilah dalam diagram fasa Fe-Fe<sub>3</sub>C dan fasa-fasa yang terdapat di dalam diagram akan dijelaskan di bawah ini. Berikut adalah batas-batas temperatur kritis pada diagram Fe-Fe<sub>3</sub>C [6]

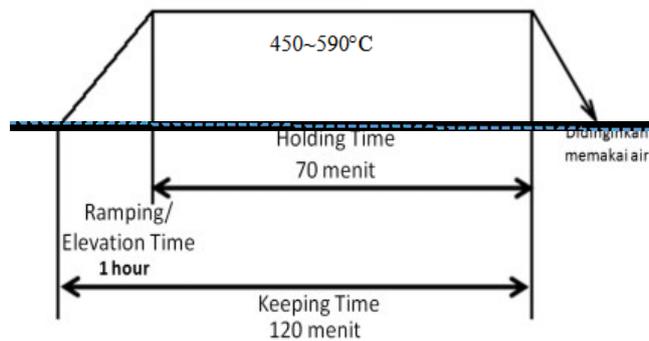
1. A1 adalah temperatur reaksi *eutectoid* yang perubahan fasa  $\gamma$  menjadi  $\alpha + \text{Fe}_3\text{C}$  *pearlite* untuk baja *hypoeutectoid*.
2. A2 adalah titik *Currie* (pada temperatur 769 derajat *celcius*), dimana sifat magnetik besi berubah dari *feromagnetik* menjadi *paramagnetic*.
3. A3 adalah temperatur dari fasa  $\gamma$  menjadi  $\alpha$  (*ferrit*) yang ditandai pula dengan naiknya batas kelarutan karbon seiring dengan menurunnya temperatur.
4. Acm adalah temperatur transformasi  $\gamma$  menjadi Fe<sub>3</sub>C *cementite* yang ditandai pula dengan

penurunan batas kelarutan karbon seiring dengan menurunnya temperatur.

5. A123 adalah temperatur transformasi  $\gamma$  menjadi  $\alpha + \text{Fe}_3\text{C}$  *pearlite* untuk baja *hypereutectoid*

### I. Tempering

Baja yang telah di *quenching* bersifat rapuh dan kurang cocok digunakan. Melalui *tempering*, kekerasan dan kerapuhan dapat diturunkan sampai memenuhi syarat penggunaan. Proses *tempering* terdiri dari pemanasan kembali baja yang telah dipanaskan atau dikeraskan pada suhu dibawah  $723^\circ\text{C}$  (austenite) disusul dengan pendinginan. Meskipun proses ini menghasilkan baja yang lunak, proses ini berbeda dengan proses anil karena disini sifat-sifat dapat dikendalikan dengan cermat. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Laju pendinginan proses *tempering*

Proses *tempering* sangat bergantung pada temperatur temper, ditinjau dari aspek capaian kekerasannya temperatur temper dibagi menjadi 3 kelompok sebagai berikut;

- Temperatur temper tahap I, dilakukan pada temperatur  $80 - 200^\circ\text{C}$ . pada tahap ini terjadi transformasi fasa martensit menjadi martensit temper dan karbida epsilon ( $\text{Fe}_{2,4}\text{C}$ ), dan jika terdapat austenit sisa maka austenit sisa tersebut akan bertransformasi menjadi martensit.
- Temperatur temper tahap II, dilakukan pada temperatur  $200 - 400^\circ\text{C}$ . pada tahap ini terjadi transformasi martensit menjadi  $\alpha + \text{Fe}_3\text{C}$ , dan jika masih terdapat austenit sisa maka akan bertransformasi juga menjadi  $\alpha + \text{Fe}_3\text{C}$ .  $\alpha + \text{Fe}_3\text{C}$  disini memiliki bentuk sementit yang *lamellar* (serpih).
- Temperatur temper tahap III, dilakukan pada temperatur  $400 - 600^\circ\text{C}$ , pada tahap ini transformasi yang terjadi adalah seperti pada temperatur temper tahap II, hanya saja pada  $\alpha + \text{Fe}_3\text{C}$  yang terbentuk memiliki bentuk sementit yang *globular* (bulat).

### J. Jenis – Jenis Media Quenching

#### 1. AIR

Air adalah media *quenching* yang paling sering digunakan dalam proses *quenching*. Air murni atau aquades memiliki kapasitas pendinginan yang sangat besar pada temperatur  $300^\circ\text{C}$ , temperatur dimana pada kebanyakan

baja formasi *martensite* mulai terbentuk. Hal ini akan mempengaruhi tegangan yang terjadi saat transformasi, sehingga akan meningkatkan resiko terjadinya *crack*.

Bahaya dari *crack* yang terjadi selama proses *quenching* pada media air dapat dikurangi dengan cara mengeluarkan baja saat temperturnya  $200-400^\circ\text{C}$ , kemudian di *quenching* pada media oli. Cara ini juga akan meningkatkan kedalaman kekerasan pada baja paduan rendah.

#### 2. OLI

Kapasitas pendinginan oli lebih kecil dari pada air. Ada berbagai macam jenis oli yang bisa dijadikan media *quenching*. *Spindle oil* adalah oli mineral standar yang paling mudah didapat dan harganya murah. Pada umumnya, oli memiliki kapasitas pendinginan tertinggi pada temperatur  $600^\circ\text{C}$ , dan agak rendah pada temperatur pembentukan *martensite*. Karena oli mempunyai kapasitas pendinginan yang lebih lambat dari air, maka oli sering digunakan untuk baja paduan rendah sampai medium, dengan dimensi yang tidak terlalu besar.

Ada beberapa cara untuk meningkatkan kapasitas pendinginan oli. Pertama, dengan memberikan olakan pada *oil bath*. Kedua, dengan meningkatkan temperatur oli sampai  $50-80^\circ\text{C}$ . Ketiga, dengan mencampurkan 'water-soluble' oli dan air (*emulsions*).

#### 3. POLIMER

Pencampuran air dan 10% polimer seperti *polyvinyl alcohol* (PVA), akan mendapatkan kapasitas pendinginan antara kapasitas pendinginan air dan oli. Keunggulan menggunakan polimer adalah mengurangi resiko timbulnya api yang terjadi saat pendinginan pada media oli. Dengan tambahan 2% polimer pada air, resiko terjadinya *crack* pada baja non paduan yang di *quench* dapat dikurangi tanpa kehilangan kekerasan yang diinginkan.

Konsentrasi polimer pada media *quenching* harus dijaga, karena apabila konsentrasi polimer meningkat akan meningkatkan juga kapasitas pendinginan, yang akan mengakibatkan terjadinya *crack*. Kadar pH juga harus dijaga agar diatas 7.5, karena bila pH dibawah 7.5 akan menimbulkan bahaya korosi pada baja.

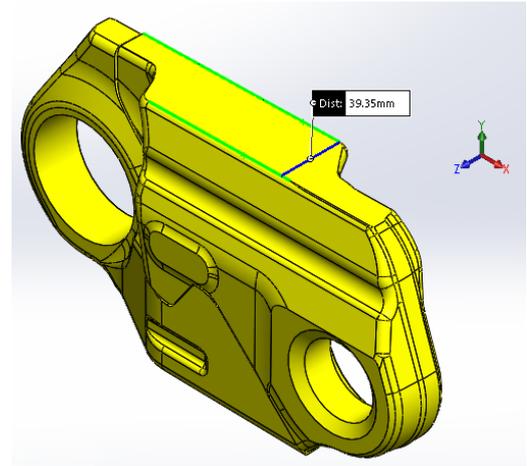
### K. Pengujian Kekerasan Rockwell

Pengujian Rockwell mirip dengan pengujian Brinell, yakni angka kekerasan yang diperoleh merupakan fungsi derajat indentasi. Beban dan *indenter* yang digunakan bervariasi tergantung pada kondisi pengujian. Berbeda dengan pengujian brinell, *indenter* dan beban yang digunakan lebih kecil sehingga menghasilkan indentasi yang lebih kecil dan lebih halus. Banyak digunakan di industri karena prosedurnya lebih cepat [7].

**Tabel 2.** Tabel skala kekerasan rockwell (ASTM – E 10,2014)

SCALE	MAJOR LOAD, KG	TYPE OF INDENTER	TYPICAL MATERIALS TESTED
A	60	Diamond cone	Extremely hard materials, tungsten carbides, etc.
B	100	1/16" ball	Medium hard materials, low- and medium-carbon steels, brass, bronze, etc.
C	150	Diamond cone	Hardened steels, hardened and tempered alloys
D	100	Diamond cone	Case-hardened steel
E	100	1/8" ball	Cast iron, aluminum and magnesium alloys
F	60	1/16" ball	Annealed brass and copper
G	150	1/16" ball	Beryllium copper, phosphor bronze, etc.
H	60	1/8" ball	Aluminum sheet
K	150	1/8" ball	Cast iron, aluminum alloys
L	60	1/4" ball	Plastics and soft metals such as lead
M	100	1/4" ball	Same as L scale
P	150	1/4" ball	Same as L scale
R	60	1/2" ball	Same as L scale
S	100	1/2" ball	Same as L scale
V	150	1/2" ball	Same as L scale

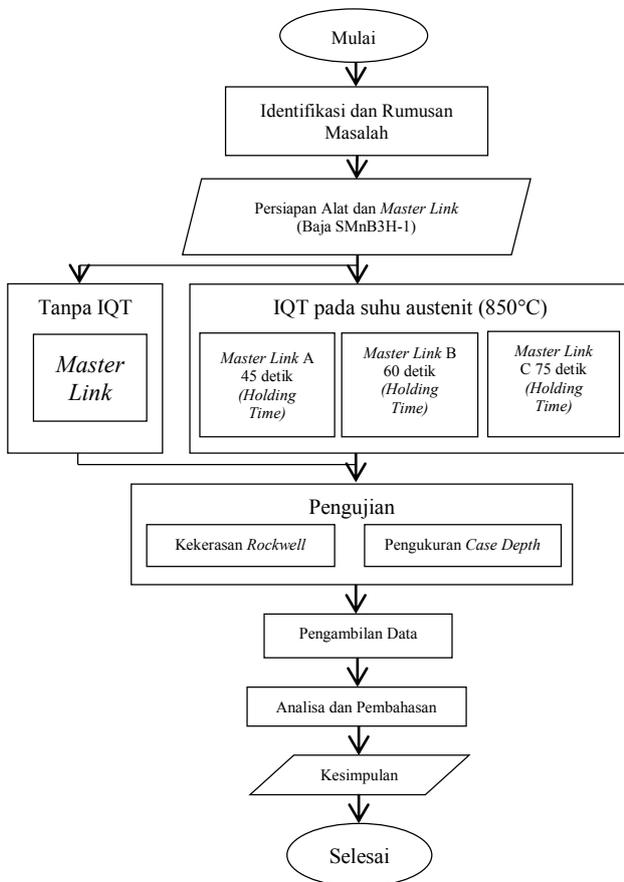
\* Ametek Testing Equipment Systems, East Moline, Ill.



**Gambar 14.** Dimensi spesimen master link SMnB3H-1

**III. METODE PENELITIAN**

Penelitian dimulai dengan persiapan material *master link* dan peralatan yang diperlukan yang diikuti dengan tahap-tahap selanjutnya mengacu pada diagram alir seperti ditunjukkan pada Gambar 13.



**Gambar 13.** Diagram alir penelitian

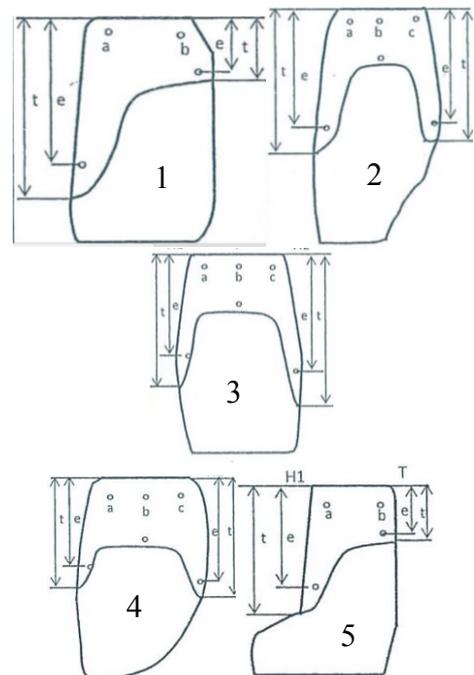
Spesimen/*master link* untuk proses IQT adalah 4 buah *Master Link* dengan material baja SMnB3H-1 dengan dimensi lebar 39,35 mm. Dimensi spesimen seperti ditunjukkan pada Gambar 14.

Pengerasan permukaan metode IQT dilakukan pada suhu *austenite* (850°C) dengan variasi *holding time* 45 detik, 60 detik dan 75 detik, pengujian sifat mekanis, yaitu pengujian kekerasan *rockwell* dan pengukuran kedalaman kekerasan (*case depth*).

**IV. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**A. Hasil Pengujian Kekerasan Rockwell**

Pada pengujian kekerasan *rockwell* menggunakan 13 titik sampel, beban indentasi sebesar 150 kg, jarak 2 mm dari permukaan dan waktu pembebanan 9 detik. Pengukuran ini dimulai dari bagian *cut piece* 1 s/d bagian *cut piece* 5 ditunjukkan pada Gambar 15.



**Gambar 15.** Titik-titik spesimen pengujian kekerasan

Pada Gambar 15 Bagian *cut piece* no 1 dan 5 mempunyai 2 titik penekanan. Sedangkan bagian *cut piece* no 2, 3 dan 4 mempunyai 3 titik penekanan.

Nilai kekerasan setelah IQT dengan variasi *holding time* 45 detik, 60 detik dan 75 detik pada suhu *austenite* (850°C) angka kekerasannya mengalami peningkatan yang

bervariasi. Hasil rata-rata kekerasan untuk *master link* sebelum dan sesudah dilakukan metode IQT ditunjukkan pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Rata-rata kekerasan sebelum dan sesudah IQT

Metode	Kode Master Link	Waktu Tahan (Holding Time)	Temperatur (°C)	Rata-Rata Kekerasan (HRC)
	Master Link	Tanpa	Tanpa IQT	36,8
IQT	A	45 detik	850°C	49,23
	B	60 detik	850°C	54,96
	C	75 detik	850°C	58,50

Berdasarkan data Tabel 3 untuk memudahkan membaca nilai kekerasannya maka dibuat grafik hubungan antara nilai kekerasan pada *Master Link* baja SMNB3H-1 sebelum dan sesudah IQT dengan variasi *Holding Time* ditunjukkan pada Gambar 16.



**Gambar 16.** Grafik hubungan nilai kekerasan terhadap *Holding Time*.

Pada Gambar 16 terdapat tiga buah *master link* yang di IQT yang berbeda penahan waktunya (*Holding Time*) yaitu 45 detik, 60 detik dan 75 detik pada suhu *austenite* (850°C). Semua *master link* yang telah dilakukan IQT diinginkan cepat (*quenching*) dengan menggunakan *soluble/polymer*.

Pada *master link* dengan *holding time* 45 detik memiliki kekerasan rata-rata kekerasan sebesar 49,23 HRC atau meningkat 33,77 % terhadap *master link* tanpa IQT. Nilai kekerasan pada *master link* dengan *holding time* 60 detik didapat nilai kekerasan rata-rata sebesar 54,96 HRC meningkat 49,34 % terhadap *master link* tanpa IQT. Tingkat kekerasan dengan *holding time* 75 detik dapat dirata-rata sebesar 58,5 HRC atau meningkat 58,96 % terhadap *master link* tanpa IQT.

Rata-rata nilai HRC mengalami peningkatan pada setiap variasi *holding time*, dari nilai tersebut menunjukkan bahwa nilai kekerasan meningkat setelah proses IQT. Hal ini disebabkan karena proses IQT pada baja SMNB3H-1 pada suhu *austenite* (850°C) dengan variasi *holding time* yang sebelumnya baja terbentuk struktur ferrit dan perlit yang bersifat lunak dan ulet akan berubah menjadi struktur martensit yang bersifat keras dan getas [8].

Kekerasan maksimum *master link* yang terbentuk tergantung pada persen (%) martensit yang terbentuk. Menurut *ASM Vol 4: Heat Treating* dengan kadar karbon 0,31 %, sesuai komposisi kimia *master link* dianggap membentuk 99% martensit apabila kekerasannya mencapai 509 BHN atau apabila dikonversikan kedalam nilai kekerasan HRC yaitu sekitar 54 HRC [9].

Menurut KES (*Komatsu Engineering Standard*) permukaan kekerasan pada *master link* harus berada pada nilai 51 HRC – 58 HRC. Pada *holding time* 45 detik nilai kekerasan HRC belum sesuai dengan *standard* KES. Hal ini disebabkan karena waktu tahan ketika proses pemanasan (*Heating*) terlalu cepat yang menyebabkan tidak tercapainya struktur *austenite*. Sedangkan pada *holding time* 60 detik nilai kekerasan HRC sudah sesuai *standard* KES karena waktu tahannya yang sesuai menyebabkan terbentuknya struktur *austenite* ketika proses *heating* dan ketika dilanjut proses pendinginan cepat akan terbentuk seluruh struktur martensit 99 %. Nilai kekerasan HRC yang paling tinggi dihasilkan ada pada waktu tahan (*holding time*) 75 detik. Nilai kekerasan HRC tersebut tidak sesuai dengan *standard* KES. Karena apabila nilai kekerasannya tinggi, sifat mekanis permukaan *master link* menjadi sangat keras dan rapuh. Hal ini disebabkan waktu tahan (*holding time*) terlalu lambat yang menyebabkan ketika proses *heating* melebihi dari suhu *austenite* (850°C) dan ketika dilanjut pendinginan cepat *master link* tersebut kekerasannya akan tinggi dan kemungkinan besar juga *master link* tersebut akan retak (*Crack*).

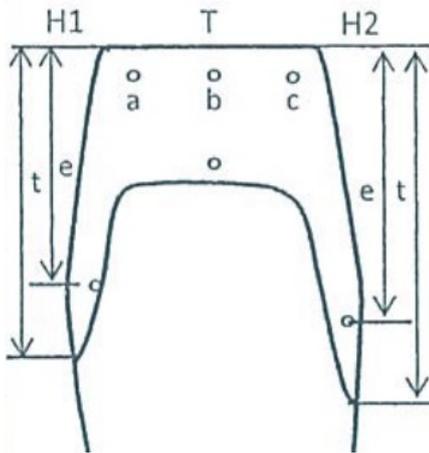
Setelah proses IQT menunjukkan bahwa baja karbon rendah (*Low Alloy Steel*) SMNB3H-1 kekerasannya dapat meningkat dan juga memperlihatkan adanya perbedaan peningkatan kekerasan dengan adanya beda variasi *holding time* yang diterapkan, artinya bertambahnya *holding time* mempunyai efek untuk meningkatkan kekerasan pada proses pengerasan baja hasil *Induction Quenching Tempering*.

#### B. Kedalaman Kekerasan (*Case Depth*)

Setelah *master link* dilakukan proses *Induction Quenching Tempering* maka *master link* tersebut akan mempunyai kedalaman kekerasan (*Case Depth*). Ada beberapa definisi mengenai lapisan hasil *Induction Quenching Tempering* antara lain:

1. *Total Case Depth (t)* adalah jarak yang diukur tegak lurus terhadap permukaan *master link* yang telah mengalami proses pengerasan menuju ke inti material dimana ditemukannya kekerasan awal dari material.
2. *Effective Case Depth (e)* adalah jarak yang diukur tegak lurus terhadap permukaan *master link* yang telah menjalani proses pengerasan *Induction Quenching Tempering* ke titik dimana kekerasan yang dicapai adalah 53 HRC.

Ada beberapa posisi pengukuran *case depth* sesuai *standard* KES. Yaitu posisi H1, H2 dan T. untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 17.



Gambar 17. Posisi case depth sesuai standard KES.

Pada Gambar 17 posisi H1 adalah posisi height atau kedalaman case depth sisi outside atau sisi luar. Sedangkan posisi H2 adalah posisi height atau kedalaman case depth sisi inside atau sisi dalam. Posisi T adalah posisi kedalaman Center atau tengah.

Standard ukuran case depth pada master link tergantung pada posisi effective case depth nya, untuk posisi H1 dan H2 ukuran standard effective case depth nya adalah 19 – 31 mm. Pada posisi T ada dua posisi standard, untuk posisi T pada cut piece bagian 1 dan 5 standard KES effective case depth nya adalah 8 – 16 mm. Sedangkan untuk posisi T pada cut piece bagian 2,3 dan 4 standard KES effective case depth nya adalah 8 – 13 mm. Apabila case depth nya kurang dari standard KES, maka master link bila digunakan akan cepat aus dari waktu penggunaan (Life Time) pada undercarriage. Sedangkan bila hasil case depth nya melebihi dari standard KES, apabila master link digunakan akan retak. Hal ini disebabkan karena setelah proses IQT dengan holding time yang lambat ketika di heating panasnya akan cepat meluas kedalam master link, yang membuat hilangnya karakteristik ulet pada material master link [1].

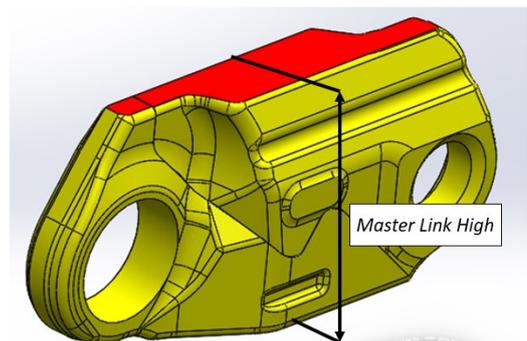
Nilai kedalaman kekerasan (case depth) dengan Holding Time 45 detik, 60 detik dan 75 pada suhu austenite (850°C) kedalaman kekerasannya (case depth) bervariasi. Hasil rata-rata kedalaman kekerasan (case depth) untuk master link sesudah dilakukan metode Induction Quenching Tempering ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Rata-rata nilai kedalaman kekerasan (Case Depth)

Metode	Kode Master Link	Waktu Tahan (Holding Time)	Posisi Case depth	Rata-Rata (mm)	
	Master Link	Tanpa IQT	-	-	
IQT	A	45	H1	t e	26.87 23.37
			H2	t e	25.12 21.75
			T	t e	15.3 11.6
			H1	t e	27.12 23.87
			H2	t e	25.25 21.87
			T	t e	15.3 12.3
	B	60	H1	t e	35.37 31.62
			H2	t e	33.62 30.12
			T	t e	22.4 19.8
			H1	t e	35.37 31.62
			H2	t e	33.62 30.12
			T	t e	22.4 19.8

Pada Tabel 4 rata-rata hasil kedalaman kekerasan (Case Depth) pada holding time 45 dan 60 detik hasil case depth nya sudah sesuai standard KES. Tetapi pada holding time 45 detik meskipun hasil case depth nya sesuai standard KES, tetapi hasil rata-rata kekerasan HRC nya belum sesuai standard KES. Hal ini disebabkan karena ketika proses IQT pada holding time 45 detik waktu tahan ketika proses pemanasan (Heating) terlalu cepat yang menyebabkan tidak tercapainya struktur austenite, sehingga ketika dilakukan proses pendinginan cepat (quenching) kekerasan HRC nya masih dibawah rata – rata 51 – 58 HRC. Rata-rata kedalaman kekerasan (Case Depth) pada Holding Time 75 detik hasil case depth nya over atau melebihi standard KES. Hal ini disebabkan waktu tahan ketika proses IQT terlalu lama, sehingga ketika di heating menimbulkan panas berlebih terhadap material master link.

Berdasarkan hasil pengalaman di lapangan master link yang telah diproses IQT dengan Holding Time 45 detik dengan hasil kekerasan 49,23 HRC keausannya akan lebih cepat karena kekerasan HRC belum 99 % martensit. Hal ini disebabkan karena kontak langsung master link dengan track roller yang menahan beban keseluruhan Bulldozer. Keausan akan disebabkan oleh partikel – partikel tanah atau pasir keras yang masuk diantara permukaan master link dan permukaan roller seperti ditunjukkan pada Gambar 18.



Gambar 18. Keausan permukaan master link

Pada Gambar 18 keausan seperti ini menyebabkan ukuran *Master Link High* berkurang, dan kerusakan pada *pin boss*. Hal ini disebabkan karena ada gesekan secara langsung antara *flange* dan *track roller* dengan *pin boss* [5].

*Master Link* hasil proses IQT dengan *holding time* 75 detik tidak dapat digunakan pada *undercarriage bulldozer*. Hal ini disebabkan karena *material* dari *master link* sangat getas dan rapuh. Ketika proses IQT pada *holding time* 75 detik setelah *master link* di *heating* dan dilanjutkan proses *quenching* material sudah mengalami retak (*crack*). Hal ini karena material baja SMnB3H-1 yang telah melalui proses *quenching* akan mengalami keretakan (*Crack*) karena pengaruh *internal stress* ataupun tidak tercapainya kekerasan yang diinginkan. Retak pada proses *quenching* merupakan suatu permasalahan yang sangat mendasar [10].

Dengan  *Holding Time* 60 detik meskipun hasil kekerasan HRC dan kedalaman kekerasan (*Case Depth*) sudah sesuai dengan *Komatsu Engineering Standard (KES)*. *Life Time* dari *master link* terhadap *undercarriage* tergantung dari cara penggunaan unit *bulldozer* dan daerah penggunaan unit *bulldozer*. Apabila unit *bulldozer* sering digunakan pada daerah yang berbatu dan berpasir, *master link* tersebut akan cepat aus karena apabila didaerah yang berbatu komponen *master link* pada *undercarriage* tersebut akan mengalami banyak kejutan. Sedangkan apabila didaerah yang berpasir, partikel – partikel pasir keras akan masuk pada permukaan *master link* dan permukaan *track roller*. Oleh karena itu sifat mekanis pada permukaan *master link* harus keras pada permukaan namun ulet dan tahan aus yang optimal [1].

## V. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini didapat beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Proses *Induction Quenching Tempering (IQT)* mempengaruhi bertambahnya sifat mekanis permukaan baja SMnB3H-1 *Master Link*. Pada *master link* sebelum *Induction Quenching Tempering (IQT)* didapatkan nilai rata-rata 36,8 HRC. Sedangkan pada *master link* hasil *Induction Quenching Tempering (IQT)* didapatkan dengan nilai kekerasan HRC tertinggi pada *holding time* 75 detik dengan nilai kekerasan 58,50 HRC.
2. Diantara  *Holding Time* 45 detik, 60 detik dan 75 detik yang paling baik digunakan menurut kekerasan HRC adalah *holding time* 60 detik. Pada *holding time* 60 detik nilai kekerasan HRC sudah sesuai *standard KES* yaitu dengan rata – rata nilai kekerasan 54,96 HRC karena waktu tahannya yang sesuai menyebabkan terbentuknya struktur *austenite* ketika proses *heating* dan ketika dilanjut proses pendinginan cepat (*quenching*) akan terbentuk seluruh struktur martensit 99 %.
3. Kedalaman kekerasan (*Case Depth*) hasil *holding time* 60 detik adalah yang paling baik digunakan karena sudah sesuai dengan *standard KES*. Untuk rata – rata nilai posisi H1 *effective case depth* adalah 23,87 mm, posisi rata-rata nilai H2 *effective case*

*depth* adalah 21,87 mm dan untuk rata-rata nilai posisi T *effective case depth* adalah 12,3 mm.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Bapak Tommy Lufthansa, ST. dan Bapak Ade serta Staff dan karyawan PT Komatsu Undercarriage Indonesia utamanya *Production Engineering* dan *Heat Treatment section*, atas bantuan dan kerja samanya.

## REFERENSI

- [1] Dewa Ngakan Ketut Putra Negara, I Dewa Made Krisnha Muku, Kekerasa Dan Ketahanan Aus Baja Karbon Rendah Setelah Surface Hardening, *Prosiding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin XV (SNTTM XV)*, 5 – 6 Oktober 2016.
- [2] Rifky Ismail, Nizar Rahman Aprilitama, Sugiyanto, Pengamatan Struktur Mikro Dan Kekerasan Pada Roda Gigi Pasca Pengerasan Permukaan Menggunakan Panas Induksi, *Rotasi Jurnal Teknik Mesin*, Vol. 17, No. 3 Juli 2015: 145 – 152.
- [3] Muhammad Iqbal, Pengaruh Temperatur Terhadap Sifat Mekanis Pada Proses Pengkarbonan Padat Baja Karbon Rendah, *Jurnal SMARTek*, Vol. 06, No. 2 Mei 2008: 104 – 112.
- [4] Yopi Handoyo, Pengaruh Quenching dan Tempering Pada Baja JIS Grade S45C Terhadap Sifat Mekanis Dan Struktur Mikro Crankshaft, *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, Vol. 03, No. 02.
- [5] ASM Handbook Vol: 4. 1991. Vol-4 Heat Treating. In ASM Handbook.
- [6] Ahmad Yunus Nasution, Muhammad Nur, Pengujian Mesin Press Mekanik Semi Otomatis Dengan Penggerak Motor Listrik 0,5 HP, *Jurnal Sintek*, Vol. 10, No. 02.
- [7] Davis, H.E., Troxell, G.E., Wiskocil, C.T., The Testing and Inspection of Engineering Materias. *McGraw-Hill Book Company*. New York. USA.
- [8] Riyanto, Analisa Perbandingan Materian JIS SCM 415 Dan JIS SCM 420 Pada Proses Heat Treatment, *Jurnal Teknik Mesin*, Vol. 04, No. 1, Februari 2015
- [9] Bayu Adie Septianto, Yuli Setiyorini, Pengaruh Media Pendingin Pada Heat Treatment Terhadap Struktur Mikro Dan Sifat Mekanik Friction Wedge AISI 1340, *Jurnal Teknik Pomits*, Vol. 2, No. 2.
- [10] Eqmond D. Sitompul & Surya Dharma (2018), Pengaruh Variasi Kosentrasi Media Pendingin (Quenchant) Pada Proses Quench Terhadap Kekerasan, Struktur Mikro Dan Retak Akibat Quench (Quench Crack) Dari Baja AISI 1040, *Jurnal Rotor*, Vol. 11, No. 1. April 2018.