

PENGEMBANGAN TEKNOLOGI PROSES PEMBUATAN KOMPONEN TRACK LINK TANK SCORPION UNTUK MENANGGULANGI CACAT COR

THE DEVELOPMENT OF PROCESS TECHNOLOGY OF TRACK LINK TANK SCORPION TO COUNTERMEASURE DEFECTS AT CASTING PRODUCT

Hafid, Sri Bimo Pratomo, dan Sony Harbintoro

Balai Besar Logam dan Mesin, Kementerian Perindustrian

Jl. Sangkuriang No.12, Bandung - Indonesia

e-mail: hafidochan@yahoo.com

diajukan: 24/02/2014, direvisi: 26/03/2014, disetujui: 14/04/2014

ABSTRACT

The development of process technology of track link tank scorpion to countermeasure defects at casting product has been done. Track link tank is part of the component that function to tread tanks and combat vehicles move the tanks. As a component of the prime mover, it must have a good safety, as well as good mechanical properties (wear resistant but ductility). Life time track link about one year so that classified consumable component. This can be opportunity for the national foundry industry to manufactured. The objective of research is to manufacture the track link componens that is free casting defect due to shrinkage, has a shape with dimensions and composition type of materials which suitable as well as right heat treatment. Research methodology begins with testing and material analysis of the imported tank track link as a reference for the development of materials. Continued by manufacture of track link tank through the casting process and heat treatment. Based on the experimental, results obtained the prototype with better mechanical properties than the material imported products. Shrinkage defects can be overcome with the use of a chill or chromite sand on the moulding. Improvements the moulding pattern to reduce fin thickness to produce track link tank are more efficient in the use of materials.

Keywords: track link tank, alloy steel, shrinkage, chill, chromit sand.

ABSTRAK

Telah dilakukan pengembangan teknologi proses pembuatan komponen *track link tank* (rantai tank) scorpion untuk menanggulangi cacat cor. *Track link tank* adalah bagian komponen tank yang berfungsi untuk menapak dan menggerakkan kendaraan tempur tank. Sebagai komponen penggerak utama maka harus memiliki sifat keamanan (*safety*) yang baik, serta sifat mekanis yang baik pula (tahan aus tetapi ulet). Umur pakai komponen ini hanya sekitar satu tahun sehingga digolongkan komponen yang sangat *consumable*. Hal ini dapat menjadi peluang bagi industri pengecoran nasional untuk memfabrikasinya. Tujuan penelitian adalah membuat komponen *track link tank* yang bebas cacat cor karena penyusutan, memiliki bentuk dengan dimensi dan komposisi jenis material yang sesuai serta perlakuan panas yang tepat. Metodologi penelitian yang dilakukan diawali dengan pengujian dan analisis material dari *track link tank* impor sebagai acuan untuk pengembangan material. Dilanjutkan pembuatan komponen *track link tank* melalui proses pengecoran dan perlakuan panas. Dari hasil penelitian ini diperoleh material prototipe dengan sifat mekanis yang lebih baik dibandingkan material produk impor. Cacat penyusutan dapat ditanggulangi dengan penggunaan *chill* atau pasir kromit pada cetakan. Perbaikan pola cetakan dilakukan untuk mengurangi ketebalan sirip sehingga dihasilkan produk cor komponen *track link tank* yang lebih efisien dalam penggunaan material.

Kata kunci: *rantai tank*, baja cor paduan, cacat penyusutan, *chill*, pasir kromit.

PENDAHULUAN

Dalam rangka mengurangi ketergantungan terhadap impor pasokan alat utama sistem pertahanan (Alutsista) dan kemandirian persenjataan militer tentara nasional Indonesia (TNI). Maka

penguasaan teknologi untuk membuat Alutsista harus dimiliki, agar bangsa kita tidak terus tergantung pada negara lain. Rantai tank (*track link*) merupakan salah satu komponen Alutsista yang selama ini masih di impor. Fungsi dari komponen *track link tank* tersebut adalah untuk menapak

pada jalan dan menggerakkan kendaraan tempur tank. Karena *track link* sangat vital pada kendaraan tempur yang dioperasikan, maka komponen tersebut harus memiliki sifat keamanan yang baik, serta sifat-sifat mekanis lainnya seperti: keras, tahan aus dan ulet, tahan lama (*durability*) dan keandalan yang tinggi (*reliability*).

Peluang pasar komponen *track link* sangat besar dimana saat ini TNI memiliki armada tank sekitar 1.300 buah *tank*. Dari data yang diperoleh di lapangan umur pakai *track link* sangat singkat (*consumable*) sekitar 1 tahun. Sedangkan dalam satu tank dibutuhkan *track link* sebanyak 180 buah sehingga kebutuhan *track link* TNI setiap tahunnya dapat mencapai lebih dari 200.000 buah.

Tank Scorpion (Gambar 1) merupakan salah satu jenis tank ringan dari jenis *Combat Vehicle Reconnaissance Tracked* (CVRT), yang berarti kendaraanintai tempur beroda rantai. Tank ini berasal dari Inggris dan diproduksi oleh Alvis Vickers yang mana kemudian saat ini diakuisisi oleh BAE Systems Land System (Weapon & Vehicles). TNI AD sebagai salah satu pengguna *tank Scorpion* dipergunakan untuk memperkuat satuan Kavaleri Kostrad dalam Yon Kav 8 Divisi Infantri 2 Kostrad di Pasuruan, Jawa Timur. Dan Yon Kav 1 Divisi Infantri 1 Kostrad yang berada di Cijantung, Jakarta.



Gambar 1. *Tank Scorpion* dengan meriam Cockerill 90mm milik TNI-AD

Namun sangat disayangkan kebutuhan komponen *track link* masih di impor oleh negara-negara lain pembuat kendaraan tempur. Mengingat kemampuan

industri pengecoran di dalam negeri masih belum mampu menghasilkan komponen *track link* yang memenuhi spesifikasi teknis yang dipersyaratkan TNI. Sudah ada beberapa industri pengecoran yang mencoba membuatnya, tetapi kualitasnya masih rendah. Pada saat uji coba pemakaiannya sering terjadi kerusakan, seperti: melengkung dan patah pada bagian tanduknya. Terutama pada penggunaan di medan yang berat atau pada saat pengoperasian kendaraan tempur dengan kecepatan yang tinggi menjadi sangat membahayakan.

Dalam pembuatan komponen *track link* yang memiliki bentuk rumit dan terbuat dari baja paduan khusus (Metal Handbook, 2008). Maka untuk menghasilkan komponen *track link* yang memiliki kualitas yang baik diperlukan penguasaan teknologi proses pengecoran yang tepat, seperti disain pengecoran maupun pemilihan cetakan pasir yang digunakan, pemaduan dan peleburan serta proses perlakuan panas.

Teknologi proses pengecoran adalah salah satu teknik pengerjaan logam yang dapat menghasilkan produk yang memiliki tingkat kompleksitas yang tinggi. Pengembangan teknologi pengecoran sangat diperlukan untuk menghasilkan produk coran berkualitas tinggi dengan karakteristik tertentu, yaitu sifat-sifat mekanis dan fisik yang tinggi, kandungan cacat-cacat pada produk cor yang sangat rendah, penampakan produk cor yang baik, kehalusan permukaan benda cor, ketepatan ukuran benda cor, laju produksi yang tinggi, dan biaya produksi yang rendah (Hafid dkk, 2010).

Untuk meningkatkan sifat mekanik dan sifat fisik suatu logam dalam keadaan padat dapat dilakukan dengan cara perlakuan panas (*heat treatment*) yaitu suatu kombinasi proses pemanasan dan pendinginan logam dalam waktu tertentu (Ahmad T. J dan Wasposito, 2010).

Penelitian ini dibuat untuk memperbaiki sifat material pada pembuatan *track link* sebelumnya yang disesuaikan dengan teknologi pengecoran di Indonesia. Dengan tujuan untuk membuat komponen *track link tank* yang bebas cacat cor karena penyusutan (*shrinkage*) dengan memodifikasi cetakan, memiliki bentuk

dengan dimensi dan komposisi jenis material yang sesuai serta perlakuan panas yang tepat.

Berdasarkan permasalahan tersebut di atas, dilakukan pembuatan produk cor untuk *track link tank scorpion*, yang terbuat dari material baja cor paduan CrMo yang memiliki sifat tahan aus yang tinggi tetapi memiliki ketangguhan (*toughness*) yang baik. Komponen *track link tank* yang dibuat dapat menggantikan (substitusi) produk impor. Sebagai upaya meningkatkan kemandirian pertahanan keamanan nasional yang pada akhirnya akan meningkatkan kemampuan TNI untuk menjaga dan mengawal Negara Kesatuan Republik Indonesia (NKRI).

METODE

Berdasarkan sifat masalahnya metode penelitian ini dikategorikan pada penelitian eksperimental yang bertujuan membuat komponen *track link tank scorpion* jenis *single pin* dengan menggunakan material baja cor paduan Cr-Mo. Produk cor yang dihasilkan bebas dari cacat cor karena penyusutan, memiliki bentuk dengan dimensi dan komposisi jenis material yang sesuai serta perlakuan panas yang tepat. Penelitian diselesaikan dalam waktu 10 bulan (Januari s/d Nopember 2013) di *workshop* pengecoran dan perlakuan panas serta laboratorium kalibrasi dan pengujian BBLM/MIDC Kementerian Perindustrian Bandung. Pengujian *Scanning Electron Microscope* (SEM) dan *Energy Dispersive Spectroscopy* (EDS) dilakukan di laboratorium metalurgi BATAN Puspitex Serpong.

Bahan dan Peralatan

1. Bahan-Bahan yang digunakan:
 - a. Bahan pola: multiplex, kayu pinus, *geal coat*, epoxy resin, baut, *release agent*, dempul plastik, kuas, lem glue.
 - b. Bahan cetakan pasir: pasir silika, resin: alkali phenolic, katalis, ecolotex, gas CO₂, metanol
 - c. Bahan peleburan: *steel scrap track link tank*, Fe Mn, Fe Cr, Mo, FeSi, *carburizer*, tem tip, batu gerinda, solar
2. Peralatan yang digunakan:

- a. Mesin *wood cutting* dan peralatan pembuatan pola
- b. Mesin pencetakan pasir
- c. Dapur induksi
- d. *Thermocouple*
- e. Spektrometer
- f. Alat ukur CMM (*Coordinate Measurement Machine*)
- g. Mesin dan peralatan perlakuan panas
- h. Mesin dan peralatan pengujian komposisi kimia, uji kekerasan, uji ketahanan aus dan uji keuletan, *dye penetrant*, uji SEM dan EDS.

Tahapan Kegiatan

Tahap pertama penelitian dimulai dari analisis material *track link tank* impor. Dari hasil uji komposisi kimia diketahui komponen ini menggunakan material *low alloy steel*. Selanjutnya dilakukan penelitian dan pengembangan material untuk pembuatan prototipe *track link* dari baja kekuatan tinggi paduan rendah. Berikut ini adalah tahapan proses pembuatan komponen *track link tank*, yaitu:

1. Perencanaan pengecoran

Pada tahap ini dilakukan perhitungan ukuran sistim saluran masuk, saluran turun dan *riser* serta penempatan yang tepat pada benda cor yang dibuat yang lebih dikenal dengan *casting design* dan *gating system*. Sebagai *input* dari metode ini adalah seluruh aspek dan parameter serta spesifikasi standar yang akan dipakai pada proses pengecoran yang akan dilakukan.
2. Pembuatan pola

Pola dibuat dari bahan kayu jati karena butiran-butiran kayunya rapat, keras dan mudah dibentuk, serta kandungan airnya rendah. Langkah awal sebelum membuat pola adalah mendisain bentuk dan dimensi *track link tank* dengan acuan *track link tank* impor yang dituangkan kedalam gambar kerja. Berdasarkan gambar kerja yang diperoleh, dibuat pola kayu dengan menggunakan nilai susut *low alloy steel* yaitu 2%.
3. Pembuatan cetakan

Setelah pola dibuat dilanjutkan dengan proses pembuatan cetakan. Jenis cetakan yang digunakan adalah cetakan

pasir kering menggunakan pengikat *alkaline phenolic resin* (*r resin*) dengan persentase sekitar 1.2% dari berat pasir. Dengan menggunakan mesin reklamasi pasir kering yang dimiliki oleh BBLM. Dengan menggunakan mesin reklamasi pasir kering, dapat mereklamasi pasir cetak kembali hingga sekitar 70% sampai 80%.

4. Proses peleburan dan penuangan
Setelah cetakan siap maka dilanjutkan dengan proses peleburan dan penuangan logam cair ke dalam cetakan. Proses peleburan diawali dengan persiapan bahan baku tuangan. Komposisi yang dituju adalah komposisi *track link* tank impor. Proses pengecoran telah dilakukan sebanyak dua kali. Setiap proses pengecoran dilakukan penuangan logam cair (*pouring*) untuk dua buah cetakan. Setiap cetakan memiliki dua buah *cavity* produk, sehingga setiap proses pengecoran menghasilkan empat buah prototipe *tracklink tank*.
5. Pengakhiran (*finishing*)
Benda cor setelah dibongkar dan dibersihkan dari pasir yang menempel dengan cara di *shot blasting*, selanjutnya sistem saluran tuangnya dipotong. Adapun produk komponen *track link tank* hasil pengecoran ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Sampel empat buah *track link* hasil pengecoran yang sudah dirakit

6. Pengujian sesudah pengecoran
Selanjutnya komponen *track link tank* hasil pengecoran dilakukan pengujian, sebagai berikut: pengujian tidak merusak (uji *dye penetrant*) untuk melihat kemungkinan terjadinya cacat retak

akibat penyusutan (*shrinkage*), pengujian dimensi produk cor dan pengujian komposisi kimia.

7. Proses perlakuan panas
Perlakuan panas adalah suatu proses mengubah sifat logam dengan jalan mengubah struktur mikro melalui proses pemanasan dan pengaturan kecepatan pendinginan dengan atau tanpa merubah komposisi kimia yang bersangkutan, dengan tujuan mendapatkan sifat-sifat yang diinginkan sesuai dengan yang direncanakan.
8. Pengujian sesudah perlakuan panas
Dilakukan uji komposisi kimia, SEM dan EDS, uji kekerasan, uji ketahanan aus dan uji keuletan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Material Reverse Produk Impor

Pada tahap ini dilakukan *material reverse* dari produk *track link tank* impor, yaitu: analisis produk dan material impor. Analisis produk dengan cara menggambarkan bentuk produk *track link* sebagai acuan pengembangan gambar prototipe. Sedangkan analisis material dilakukan dengan cara menganalisis komposisi kimia dan struktur mikro, pengujian kekerasan dan kuat tarik serta pengujian ketahanan aus. Karakteristik material hasil analisis material *track link tank* digunakan sebagai acuan untuk melakukan pengembangan material. Komposisi kimia dan sifat mekanis *track link* impor dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Komposisi kimia *track link* impor

No	Unsur	Komposisi Bahan (%)
1	C	0,264
2	Si	0,429
3	Mn	0,758
4	P	0,0751
5	S	0,0384
6	Cr	0,927
7	Mo	0,327
8	Fe	Sisa

Tabel 2. Nilai kekerasan, kuat tarik dan ketahanan aus

Kekerasan (HRC/BHN)	Kuat tarik (Kgf/mm ²)	Ketahanan aus (% kehilangan berat)
28	96	0,55

Material *track link* rantai impor dapat digolongkan sebagai *low alloy steel* dalam kelompok *chrome moly steel*. *Low alloy steel* adalah paduan baja cor yang mengandung unsur penambah hingga 8%, termasuk unsur karbon, untuk menghasilkan sifat yang diinginkan.

Pengembangan material difokuskan kepada penelitian memodifikasi komposisi kimia dan proses perlakuan panas yang tepat. Modifikasi komposisi kimia dilakukan dengan menambah atau mengurangi kadar unsur tertentu untuk melihat pengaruhnya pada sifat material.

Penambahan maupun pengurangan kadar unsur tertentu dilakukan dengan penambahan atau pengurangan jumlah pemadu, yaitu paduan Fe-Mn, Fe-Cr, Fe-Si dan Fe-Mo. Peleburan dilakukan pada tungku induksi frekuensi menengah kapasitas 200 kg. Setelah logam mencair, maka dituangkan ke dalam cetakan. Cetakan yang digunakan adalah cetakan pasir kering dengan pengikat jenis α resin. Prototipe yang dihasilkan terdiri dari lima jenis prototipe yang berbeda komposisi kimianya.

Untuk menganalisis karakteristik material prototipe maka dilakukan beberapa jenis pengujian. Pengujian yang dilakukan pada sampel uji adalah pengujian tarik, untuk membandingkan kekuatan tarik material prototipe dengan standar JIS G 5111. Sedangkan pengujian yang dilakukan langsung pada produk terdiri dari analisis komposisi kimia dan struktur mikro, pengujian kekerasan, pengujian ketahanan aus, serta menganalisis struktur mikro. Selain itu juga dilakukan perbandingan unjuk (*performance*) keuletan produk impor dengan produk prototipe. Seluruh pengujian yang dilakukan pada produk *track link* baik prototipe maupun impor, dilakukan pada daerah sirip tapak rantai.

Hasil Pembuatan Prototipe

Prototipe yang dihasilkan dari penelitian ini diuji untuk dibandingkan sifat mekanisnya dengan produk impor. Hasil dari modifikasi beberapa kali perubahan komposisi kimia dengan perlakuan panas yang berbeda-beda, diperoleh sebuah gabungan antara komposisi kimia dan perlakuan yang memiliki sifat mekanis terbaik. Komposisi kimia prototipe yang memiliki sifat mekanis terbaik (Hafid, Sri Bimo Pratomo, dkk. 2013) dapat dilihat pada Tabel 3 berikut. Perlakuan panas yang digunakan adalah perlakuan panas *normalizing* dengan pendinginan kipas.

Tabel 3. Komposisi kimia prototipe dengan sifat mekanik terbaik

No	Unsur	Komposisi Bahan (%)
1	C	0,25
2	Si	0,31
3	Mn	1,04
4	P	0,01
5	S	0,01
6	Cr	0,90
7	Mo	0,50
8	Fe	Sisa

Pemaduan unsur Mn, Cr dan Mo dengan variasi jumlah tersebut, yang dipadukan dengan perlakuan panas tertentu, berfungsi untuk menghasilkan *granular bainite* dengan kekerasan dan kekuatan tarik yang tinggi serta memiliki keuletan yang baik. Ketiga unsur tersebut dikenal *bainite promotor element* yang kuat. Proses perlakuan panas yang digunakan adalah *normalizing* yang menggunakan pendinginan hembusan kipas (*blower*). Penggunaan kipas dimaksudkan untuk mempercepat laju pendinginan benda cor.

Dari hasil pengujian sifat mekanis diperoleh hasil bahwa prototipe memiliki sifat mekanis yang lebih baik dibandingkan produk impor. Tabel 4 memperlihatkan perbandingan kekerasan material produk impor dan prototipe setelah perlakuan panas sedangkan Tabel 5 memperlihatkan perbandingan ketahanan aus (dihitung dari persen kehilangan berat) material produk impor dan prototipe setelah perlakuan panas.

Tabel 4. Perbandingan kekerasan material produk impor dan prototipe setelah perlakuan panas

No	Jenis	Kekerasan (HRC/BHN)
1.	Material produk impor	28/269
2.	Prototipe	31/293

Tabel 5. Perbandingan ketahanan aus material produk impor dan prototipe setelah perlakuan panas

No	Jenis	Ketahanan Aus (% kehilangan berat)
1.	Material produk impor	0,55
2.	Prototipe	0,24

Juga dibandingkan kekuatan tarik dan elongasi dari standar JIS G5111 untuk komposisi kimia yang sama dengan kekuatan tarik prototipe. Tabel 6 berikut memperlihatkan perbandingan kekuatan tarik dan elongasi dari standar dengan prototipe.

Tabel 6. Perbandingan kekuatan tarik standar JIS G5111 dengan prototipe setelah perlakuan panas

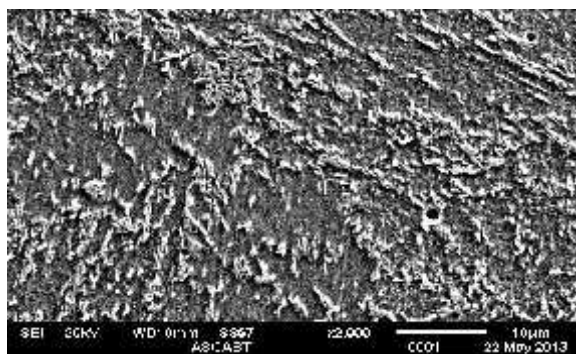
No	Jenis	Kekuatan tarik dan elongasi (Kgf/mm ² /% elongasi)
1.	Standar JIS G 5111	89.7 / 9
2.	Prototipe	96 / 9,3

Untuk melihat *performance* keuletan maka dilakukan pengujian terhadap *track link tank* impor dan prototipe untuk perbandingan *performance* keuletan dengan cara menekan dengan beban seberat 12.5 ton pada satu titik di daerah sirip. Hasilnya diperoleh prototipe memiliki sifat keuletan yang lebih baik.

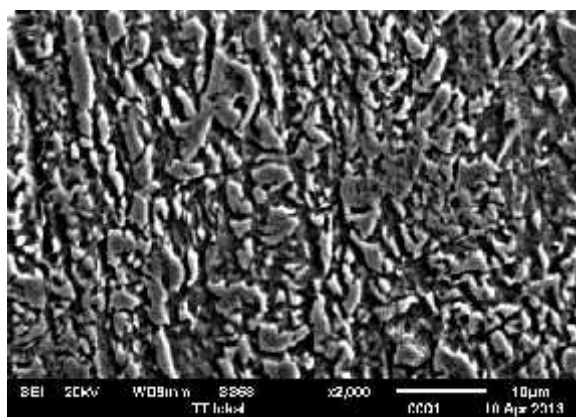
Dari seluruh perbandingan hasil pengujian mekanis antara produk impor dan

prototipe, terlihat bahwa prototipe memiliki sifat mekanis yang lebih baik.

Untuk melihat struktur mikro material maka dilakukan uji SEM maupun EDS. Hasil pengujian tersebut memperlihatkan bahwa struktur mikro produk impor adalah *acicular bainite* sedangkan material prototipe memiliki struktur mikro *compact vermicular bainite*. Gambar 3 dan Gambar 4, masing-masing memperlihatkan struktur mikro dari material tapak rantai impor dan tapak rantai prototipe.



Perbesaran 2000x
Gambar 3. Struktur mikro material impor *track link tank* menggunakan SEM

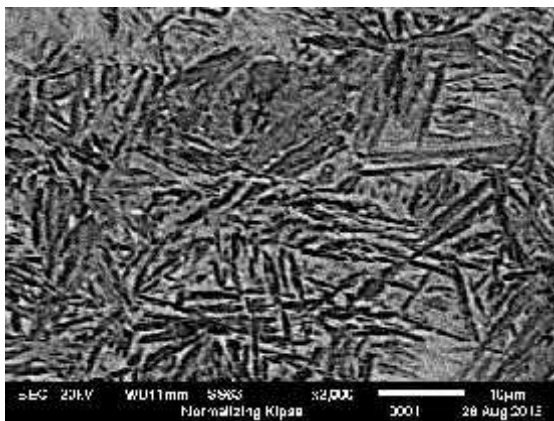


Perbesaran 2000x
Gambar 4. Struktur mikro material prototipe *track link tank* menggunakan SEM

Dari hasil pengamatan struktur mikro terlihat bahwa struktur mikro prototipe memiliki bentuk bainit yang lebih bulat. Bentuk tersebut menyebabkan kekerasan, keausan dan kekuatan tarik lebih tinggi dibandingkan produk impor yang memiliki bentuk bainit jarum (*vermicular*). Bentuk bainit yang bulat menyebabkan tegangan tidak terkonsentrasi sehingga menyebabkan

kekuatan tarik dan keuletan yang lebih baik. Kadar krom yang lebih tinggi di dalam bainit bulat maupun bainit jarum akan menyebabkan kekerasan yang lebih tinggi dibandingkan matrik. Bentuk yang bulat dapat menutup permukaan matrik secara sempurna, sehingga kekerasan lebih tinggi.

Untuk melihat pengaruh mangan terhadap struktur mikro, maka dilakukan penambahan mangan pada prototipe. Mangan yang ditambahkan adalah menjadi 2.5%. struktur mikro yang dihasilkan adalah *massive bainite* dengan kekerasan yang sangat tinggi yaitu 36 HRC (331 BHN). Kekerasan yang terlampau tinggi dapat menyebabkan penurunan sifat keuletan, sehingga tidak dapat digunakan untuk komponen ini. Gambar 5 memperlihatkan struktur mikro prototipe ini.¹⁰



Perbesaran 2000x

Gambar 5. Tampilan *secondary electron image* dari material prototipe menggunakan Mn sebesar 2.5%

Pada penelitian terdahulu, pada daerah *hot spot* dari prototipe selalu terbentuk cacat penyusutan (*shrinkage*). Untuk menghilangkan cacat tersebut maka dilakukan modifikasi cetakan. Pada daerah *hot spot* tersebut dipasang *chill* atau menggunakan pasir kromit. *Chill* atau pasir kromit dengan kemampuan pendinginan yang lebih tinggi, ternyata dapat menghilangkan cacat penyusutan pada daerah panas (celah). Gambar 6 berikut ini memperlihatkan cacat penyusutan pada prototipe. Gambar 7, Gambar 8, dan Gambar 9, masing-masing memperlihatkan pemasangan *chill* maupun pasir kromit pada cetakan pasir silika.



Gambar 6. Cacat penyusutan pada daerah celah



Gambar 7. Pemasangan *chill* pada pola



Gambar 8. Permukaan *chill* pada cetakan pasir



Gambar 9. Pemasangan pasir kromit pada daerah celah

Dari hasil pengamatan setelah pemasangan *chill* maupun pasir kromit, terlihat bahwa cacat penyusutan hilang. Karena posisi *chill* yang tidak stabil pada saat pengisian pasir, tampak permukaan yang menggunakan *chill* tidak halus (rata). Gambar 10 dan Gambar 11 memperlihatkan hasil permukaan produk prototipe pada celah yang sudah tidak adanya cacat penyusutan hasil penggunaan *chill* dan pasir kromit.



Gambar 10. Permukaan produk cor pada daerah celah menggunakan *chill* pada cetakan pasir silika



Gambar 11. Permukaan produk cor pada daerah celah menggunakan pasir kromit pada cetakan pasir silika

Untuk mendapatkan produk yang lebih efisien di dalam penggunaan material, maka disain produk dirubah menjadi lebih tipis pada daerah yang tidak membutuhkan kekuatan terlalu tinggi. Daerah yang dipilih adalah pada daerah sirip. Daerah sirip hanya berfungsi untuk mengayuh tapak rantai pada saat kendaraan tempur berada di atas air. Gambar 12 berikut



memperlihatkan perbaikan pola cetakan dengan mengurangi ketebalan sirip.

Gambar 12. Perbaikan pola untuk mengurangi ketebalan sirip

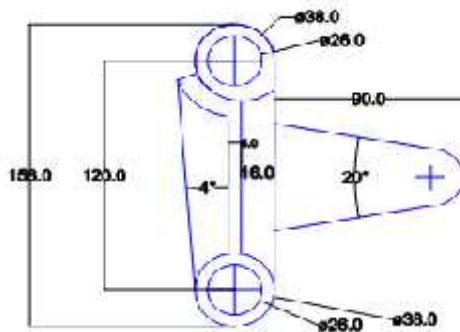
Di dalam proses pemasangan juga dibutuhkan lubang as lurus untuk memudahkan pemasangan. Selain itu pinggir lubang juga tidak boleh kasar agar pada saat memasang karet pada lubang as, karet tidak sobek. Untuk memenuhi syarat tersebut maka dilakukan perbaikan kotak inti, sehingga dihasilkan inti dapat menghasilkan lubang yang lurus dengan pinggir lubang yang tidak kasar. Gambar 13



memperlihatkan kotak inti hasil modifikasi.

Gambar 13. Kotak inti hasil perbaikan

Gambar teknis dari prototipe *track link* yang telah mengalami perbaikan disain dapat dilihat pada Gambar 14.



Gambar 14. Gambar teknis *track link* setelah mengalami modifikasi

Setelah pola dan kotak inti diperbaiki maka dilakukan proses pengecoran kembali untuk pembuatan prototipe *track link tank*. Gambar 15 memperlihatkan proses penuangan cairan logam ke dalam cetakan.



Gambar 15. Proses penuangan logam cair kedalam cetakan

Produk prototipe selanjutnya dilakukan proses perlakuan panas *normalizing* (austenisasi pada suhu 940°C dengan *holding time* satu jam) dengan pendinginan kipas. Lebih jelasnya seperti ditunjukkan pada Gambar 19.



Gambar 19. Proses perlakuan panas *normalizing* dengan pendinginan kipas.

KESIMPULAN

Tapak rantai (*track link*) kendaraan tempur tank adalah komponen untuk menapak dan bergerak sehingga mensyaratkan sifat tahan aus tetapi tetap ulet. Bahannya terbuat dari baja cor paduan rendah Chrom Molibden dengan komposisi kimia (% berat) sebagai berikut: Carbon (0,25), Silicon (0,31), Mangan (1,04), Phospor (0,01), Silicon (0,01), Sulfur (0,01), Chrom(0,90), Molibdenum (0,50). Untuk mengefesienkan penggunaan material dan memperbaiki bentuk agar memudahkan pemasangan *track link*, telah dilakukan modifikasi pola dan perbaikan kotak inti. Produk cor dari proses pengecoran dapat dihasilkan *track link* yang bebas cacat penyusutan hasil penggunaan *chill* dan pasir kromit. Proses perlakuan panas yang digunakan adalah *normalizing* dengan pendinginan kipas, yang memiliki sifat mekanis lebih baik yaitu kekuatan tarik 96 Kgf/mm², mampu mulur (*elongation*) sebesar 9,3%, dan kekerasan sebesar 31 HRC, dibandingkan produk impor (28 HRC). Struktur mikro *compacted vermicular bainite* dari prototipe memiliki sifat mekanis yang lebih baik dibandingkan struktur mikro *acicular bainite* dari produk impor. Diperlukan uji pakai untuk melihat *performance* tapak rantai pada saat pemakaian di kendaraan tempur. Serta penelitian lebih lanjut menggunakan pasir zirkon untuk mencegah cacat penyusutan (*shrinkage*).

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Kementerian Negara Riset dan Teknologi Republik Indonesia yang telah membiayai dana penelitian Insentif Riset SINAs tahun 2013, Kepala Balai Besar Logam Mesin yang telah memungkinkan dilakukannya penelitian ini, team teknis dan teknisi kegiatan Insentif Riset 2013, dan semua pihak yang tidak bisa ditulis satu persatu yang telah memberikan sumbangan pemikiran dan diskusi yang berguna.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad T. J dan Waspodo, 2010. Peningkatan Kekuatan Mekanik dari Besi Cor Melalui Paduan dan Proses Perlakuan Panas *Austempering*, Jurnal Metal Indonesia, Vol. 32 No. 2, Desember 2010, ISSN 0126-3463, Balai Besar Logam Mesin, Bandung. Hal. 121.
- Anonim, 2005. Pengetahuan Bahan, Balai Besar Logam Mesin (BBLM) dan Japan International Agency (JICA), Bandung.
- Anonim, 2010. The Periodic Table, PT. Multi Teknindo Infotronika, Jakarta.
- Anonim, 2013. Garuda Militer, TNI-AD, Jakarta.
- Hafid dkk, 2010. Pemanfaatan Silica Fuse dan Colloidal Silica Lokal Untuk Pembuatan Cetakan Keramik Pada Proses *Investment Casting*, Jurnal Metal Indonesia, ISSN 0126-3463, Vol. 27/2005, Balai Besar Logam Mesin, Kementerian Perindustrian, Bandung.
- Hafid, Sri Bimo Pratomo, dkk. 2012. Pengembangan Komponen Rantai Tank (*Track Link*) Yang Terbuat Dari Baja Cor Paduan CrMo Dalam Rangka Mendukung Kemandirian Sistem Pertahanan dan Keamanan, Laporan Akhir Insentif Peningkatan Kemampuan Peneliti dan Perakayasa (PKPP), Kementerian Riset dan Teknologi, Balai Besar Logam Mesin, Bandung, Hal. I-1.
- Hafid, Sri Bimo Pratomo, dkk. 2013. Lanjutan Penelitian dan Pengembangan Pembuatan Komponen Rantai Tank (*Track Link*) Yang Terbuat Dari Baja Kekuatan Tinggi Paduan Rendah Dalam Rangka Mendukung Kemandirian Sistem Pertahanan dan Keamanan, Laporan Akhir Insentif Riset SINas 2013, Kementerian Riset dan Teknologi, Balai Besar Logam Mesin, Bandung, Hal. V-4 s/d V-16.
- Haryo Adjie Nogo Seno, 2013. Keluarga Tank Scorpion di Jajaran TNI AD, Jakarta.
- Hermawan, Agus dkk, 2010. Rancang Bangun dan Pembuatan Rotary *Furnace* Kapasitas 500 Kg Untuk IKM Pengecoran Logam *Ferrous*, Jurnal Metal Indonesia, ISSN 0126-3463, Vol. 32 No.1 Juni 2010, Balai Besar Logam Mesin, Kementerian Perindustrian, Bandung.
- JIS Handbook, 2009. *Ferrous Material and Metallurgy* I, Japanese Standards Association, Japan.
- M. Furqon dkk, 2009. Penelitian Pemanfaatan Limbah Slag Nikel Untuk Pasir Cetak Pada Industri Pengecoran, Jurnal Metal Indonesia, ISSN 0126-3463, Vol. 31 No.2 Desember 2009, Balai Besar Logam Mesin, Kementerian Perindustrian, Bandung.
- M. Furqon, 2000. Pengetahuan Bahan Baja dan Logam Tambahan, Balai Besar Logam Mesin (BBLM), Kementerian Perindustrian, Bandung.
- Metal Handbook, 2008. Volume 15, ASM International Handbook Comitee.
- Suratman, Rochim, 2005, Kompetensi SDM Industri Pengecoran. Workshop Pengembangan Industri Pengecoran Untuk Material Maju, BBLM Kementerian Perindustrian, tgl. 3 Oktober 2005 di Bandung.
- Tata Surdia dan Kenjii Chijiwa, 2006. Teknologi Pengecoran Logam, Cetakan ke sembilan, Penerbit PT. Pradnya Paramita, Jakarta.