

SIMULASI PROSES PERLAKUAN PANAS PERMUKAAN UNTUK MENDAPATKAN WAKTU PEMANASAN YANG SESUAI

OYOK YUDIANTO ¹, BENY BANDANADJAJA ²

^{1,2} Politeknik Manufaktur Negeri Bandung
Jl Kanayakan No. 21 – Dago, Bandung - 40135
Phone/Fax : 022. 250 0241 / 250 2649
Email: benybj@polman-bandung.ac.id

Abstrak

Proses perlakuan panas permukaan material baja untuk mendapatkan pengerasan hanya di permukaan dengan kedalaman tertentu dapat diterapkan dengan metode *flame hardening*. Parameter yang penting untuk mendapatkan kedalaman pengerasan yang sesuai adalah waktu pemanasan. Penentuan waktu pemanasan dapat dilakukan melalui analisis perhitungan yang menerapkan prinsip-prinsip perpindahan panas. Metode yang cukup cepat adalah dengan menerapkan simulasi pemanasan menggunakan software simulasi pemanasan sehingga dapat ditentukan waktu yang tepat untuk mendapatkan kedalaman pengerasan yang diinginkan. Penelitian ini dilakukan tujuannya adalah untuk mendapatkan waktu pemanasan yang tepat sehingga kedalaman pengerasan yang diinginkan dapat tercapai melalui penggunaan software simulasi pemanasan. Metode yang dijalankan yaitu tahap pertama dengan melakukan simulasi pemanasan permukaan pada material baja. Jenis material baja ditentukan sebagai konstanta. Variasi yang diterapkan adalah waktu pemanasannya. Penentuan kedalaman pengerasan ditentukan berdasarkan distribusi temperatur yang terjadi. Temperatur batas terjadinya pengerasan adalah berkisar pada 730 °C yaitu batas transformasi fasa austenitik. Bila material baja mencapai fasa austenitik kemudian diberikan pendinginan cepat maka akan terjadi proses pembentukan martensit yang keras. Tahap kedua dilakukan verifikasi dengan melakukan proses perlakuan panas permukaan *flame hardening*. Sampel baja cor dibuat sesuai dengan model simulasi. Kemudian proses perlakuan panas permukaan dilakukan dengan menerapkan waktu yang sama dengan simulasi. Setelah waktu tercapai sampel baja cor dicelup cepat untuk mendapatkan struktur martensit pada bagian permukaan. Selanjutnya dilakukan pengujian kekerasan untuk memperoleh informasi distribusi kekerasannya. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa melalui simulasi dengan variasi waktu pemanasan 30 detik, 45 detik dan 60 detik diperoleh distribusi temperatur dengan batas temperatur 730 °C pada jarak 9 mm, 10 mm dan 11 mm. Hasil verifikasi percobaan perlakuan panas permukaan dengan penerapan parameter waktu pemanasan sesuai dengan simulasi diikuti dengan pendinginan celup air diperoleh distribusi kekerasan dengan kedalaman pengerasan untuk waktu pemanasan 30 detik diperoleh kedalaman 7 mm, 45 detik diperoleh kedalaman 11 mm dan 60 detik diperoleh kedalaman 12 mm.

Kata kunci: *Baja cor, Perlakuan panas, Simulasi pemanasan, Waktu pemanasan, Pengerasan permukaan*

1. Pendahuluan

Untuk benda kerja dengan material baja terkadang diperlukan kondisi permukaan yang keras, namun bagian dalamnya tetap lunak. Aplikasi kondisi tersebut contohnya pada roda gigi. Permukaan roda gigi diperlukan keras karena digunakan untuk bergesekan dengan roda gigi pasangannya. Namun bagian dalam diperlukan lunak agar sifat ketangguhan benda kerja tetap ada. Dengan demikian roda gigi tidak mudah patah akibat beban benturan.

Proses perlakuan panas permukaan dapat diterapkan dengan metode *flame hardening*.

Untuk mendapatkan pengerasan permukaan pada kedalaman yang diinginkan diperlukan waktu pemanasan yang sesuai. Waktu pemanasan menjadi parameter penting dalam proses pemanasan permukaan ini. Perhitungan waktu pemanasan dapat dilakukan melalui analisis dengan menerapkan prinsip-prinsip perpindahan panas. Metode yang cukup efisien yaitu dengan melakukan analisis melalui simulasi pemanasan menggunakan software simulasi pemanasan. Dengan demikian dapat diperoleh waktu yang tepat untuk memperoleh kedalaman pengerasan yang diinginkan. Untuk itu pada penelitian ini dilakukan proses analisis

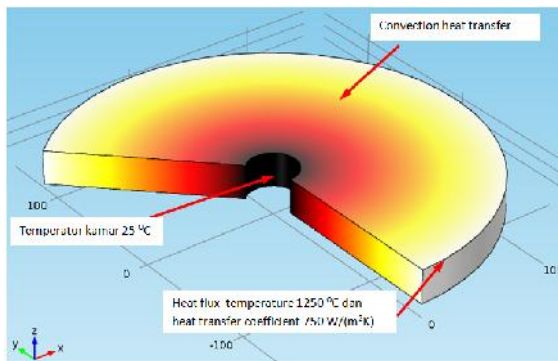
simulasi pemanasan pada model benda kerja dengan tujuan untuk mengetahui perkiraan waktu pemanasan yang tepat dikaitkan dengan kedalaman pengerasan yang akan dihasilkan. Hasilnya kemudian diverifikasi melalui eksperimen perlakuan panas permukaan sebenarnya.

2. Metodologi

Kegiatan penelitian dilakukan dengan melakukan simulasi pemanasan model benda kerja, selanjutnya hasil simulasi diverifikasi dengan proses eksperimen lapangan. Model benda kerja yang digunakan berbentuk piringan berdiameter 300 mm dengan tebal 25 mm.

Penentuan Parameter Simulasi

Simulasi yang dilakukan menggunakan beberapa kondisi pendekatan. Kondisi diameter bagian dalam diasumsikan memiliki temperatur kamar 25 °C. Permukaan piringan bagian atas dan bawah terjadi pelepasan panas ke lingkungan dengan heat transfer coefficient sebesar 70 W/(m²K) dan temperature lingkungannya adalah 25 °C. Diameter bagian luar di flame dengan heat flux temperature 1250 °C dan heat transfer coefficient 750 W/(m²K). Temperatur pemanasan diberikan sebesar 800 °C. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Penentuan Parameter Tetap Simulasi

Parameter bahan digunakan baja paduan dengan CE 0,796.

Variabel Simulasi

Variasi yang diberikan berupa waktu penahanan setelah tercapai temperatur pemanasan 800 °C sebagai berikut :

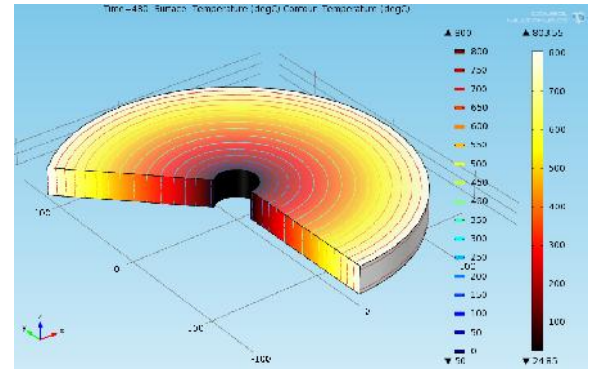
1. Waktu penahanan 30 detik.
2. Waktu penahanan 45 detik.
3. Waktu penahanan 60 detik.

Verifikasi melalui eksperimen lapangan dilakukan berupa perlakuan panas permukaan. Proses eksperimen menggunakan benda dengan

bentuk dan ukuran yang sama dengan model simulasi. Bahan dan waktu pemanasan juga dibuat sama.

3. Hasil dan Pembahasan

Tahap pemanasan awal diberikan pada model hingga tercapainya temperatur 800 °C.

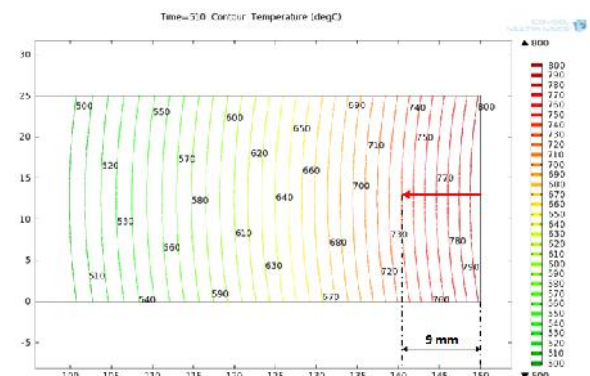


Gambar 2. Temperatur 800 °C tercapai setelah flame disemburkan selama 8 menit (480 s)

Gambar 2. menunjukkan distribusi temperatur yang diperoleh sesaat setelah temperatur 800 °C tercapai.

Waktu Penahanan 30 Detik

Setelah temperatur mencapai 800 °C simulasi dilanjutkan dengan penahanan selama 30 detik. Distribusi temperatur yang dihasilkan digambarkan pada Gambar 5. Dengan CE sebesar 0,796 maka kondisi ini sama dengan kondisi besi dengan kadar karbon 0,796 atau dekat dengan 0,8 % yang merupakan temperatur eutektoid. Maka dapat diasumsikan bahwa kondisi tercapai austenit berada pada temperatur diatas 723 °C, atau dapat diasumsikan kedalaman pengerasan tercapai dengan sampai temperatur 730 °C.

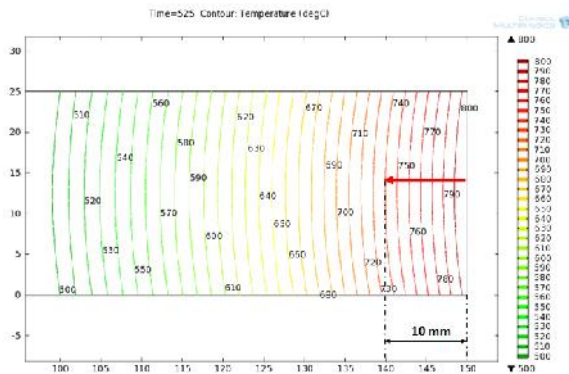


Gambar 3. Perkiraan Kedalaman Pengerasan untuk Penahanan Selama 30 Detik

Dengan asumsi kondisi temperatur 730 °C masih terbentuk austenit maka kedalaman pengerasan untuk penahanan dengan waktu 30 detik sekitar 9 mm, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.

Waktu Penahanan 45 Detik

Setelah temperatur mencapai 800 °C simulasi dilanjutkan dengan penahanan selama 45 detik. Distribusi temperatur yang dihasilkan digambarkan pada Gambar 4. berikut ini.

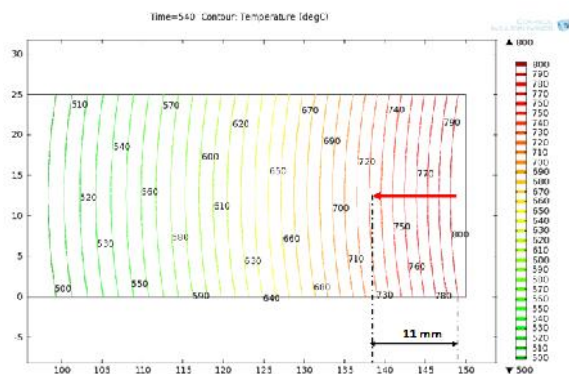


Gambar 4. Perkiraan Kedalaman Pengerasan untuk Penahanan Selama 45 Detik

Dengan asumsi kondisi temperatur 730 °C masih terbentuk austenit maka kedalaman pengerasan untuk penahanan dengan waktu 45 detik sekitar 10 mm, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.

Waktu Penahanan 60 Detik

Setelah temperatur mencapai 800 °C simulasi dilanjutkan dengan penahanan selama 60 detik. Distribusi temperatur yang dihasilkan digambarkan pada Gambar 5. berikut ini.



Gambar 5. Perkiraan Kedalaman Pengerasan untuk Penahanan Selama 60 Detik

Dengan asumsi kondisi temperatur 730 °C masih terbentuk austenit maka kedalaman pengerasan untuk penahanan dengan waktu 60 detik sekitar 11 mm, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.

Eksperimen Flame Hardening

Pelaksanaan eksperimen flame hardening merupakan proses yang menentukan hasil akhir yang menjadi tujuan dari penelitian ini. Dengan proses flame hardening maka akan dapat diperoleh kekerasan permukaan yang lebih keras sementara bagian bodi akan lebih lunak. Parameter yang menjadi variabel adalah lama penahanan proses flame setelah mencapai temperatur austenisasi yang berbanding lurus dengan kedalaman pengerasan. Semakin lama proses penahanan akan semakin dalam kekerasan permukaannya. Namun perlu dipertimbangkan pula efek perbesaran butir dan dekarburisasi apabila proses penahanan terlalu lama. Berbekal hasil simulasi maka dapat ditentukan variabel penahanan yang tepat untuk mencapai kedalaman pengerasan yang cukup.

Pengecoran Sampel Flame Hardening dan Normalising

Sampel dibuat seperti model yang diterapkan pada simulasi. Gambar 6. menunjukkan hasil pengecoran sampel flame hardening. Komposisi C 0,63%; Si 0,23%; Mn 0,83%; P 0,017%; S 0,004%.



Gambar 6. Pengecoran Sampel Untuk Flame Hardening

Setelah proses pengecoran dilakukan pembongkaran dan pembersihan. Kemudian sampel diberi perlakuan panas normalising 850 °C – penahanan 4 jam – pendinginan udara. Penahanan dilakukan berbeda dengan sampel tahap sebelumnya karena sampel casting ukurannya lebih besar. Penahanan dimaksudkan untuk menghomogenkan temperatur sampai ke bagian dalam casting.

Sampel kemudian dimesining pada bagian sisi-sisinya untuk menghasilkan permukaan yang halus. Dengan demikian pengujian lebih mudah dilakukan.

Parameter Proses Eksperimen Flame Hardening

Untuk eksperimen flame hardening sampel yang digunakan serupa dengan sampel pada model simulasi. Parameter material dan perlakuan panas (temperatur pemanasan) yang digunakan sebagai berikut:

- Komposisi digunakan, yaitu: C 0,63%; Si 0,23%; Mn 0,83%; P 0,017%; S 0,004%.
- Parameter perlakuan panas Normalising 850 °C – 2 jam – pendinginan udara bebas.
- Parameter perlakuan panas Hardening 800 °C, dengan variasi penahanan:
 - o 30 detik – pendinginan air
 - o 45 detik – pendinginan air
 - o 60 detik – pendinginan air

1.1 Proses Flame Hardening

Proses flame hardening dilakukan dengan mesin khusus, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Alat Khusus Flame Hardening

Sampel diletakkan diatas mesin pada posisi center. Kemudian dilakukan pemanasan (flame) menggunakan burner sebanyak 4 buah yang ada pada alat. Sampel diputar sehingga pemanasan akan lebih merata pada permukaan sampel. Sampel yang disediakan sebanyak 3 buah untuk variasi waktu penahanan saat tercapai temperatur austenisasi yang ditentukan. Proses pemanasan dilakukan sampai temperatur mencapai temperatur 800 °C. Pengukuran temperatur menggunakan termometer infra merah. Setelah temperatur tercapai penahanan dilakukan dengan variasi 30 detik, 45 detik dan 60 detik. Kemudian sampel didinginkan

menggunakan media air. Setelah itu ketiga sampel diberikan proses tempering 500 °C – penahanan 1 jam – pendinginan udara bebas.

1.2 Pengujian Mekanik

Pengujian mekanik yang dilakukan adalah pengujian kekerasan. Metode pengujian menggunakan Rockwell C. Sampel dipotong melintang dan diuji sepanjang posisi melintang dari tepi terluar ke arah dalam. Dengan demikian akan diperoleh profil kekerasan dan dapat ditentukan kedalaman pengerasan.

1.2.1 Data Kekerasan dengan Waktu Penahanan 30 Detik

Sampel 1 dipanaskan pada alat flame hardening dengan burner api sambil diputar sampai temperatur mencapai 800 °C. Kemudian dilakukan penahanan selama 30 detik. Kemudian diberi pendinginan celup air. Hasil uji kekerasan sebagai berikut:



Gambar 8. Grafik Distribusi Kekerasan untuk Waktu Penahanan 30 Detik, Kondisi As-Hardening

Distribusi kekerasan untuk sampel as hardening dengan waktu penahanan 30 detik digambarkan dengan grafik pada Gambar 8. Hasil hardening dengan penahanan 30 detik menunjukkan kedalaman pengerasan sebesar 7 mm. Jika dibandingkan dengan hasil simulasi sebesar 9 mm maka hasilnya relatif mendekati.

1.2.2 Data Kekerasan dengan Waktu Penahanan 45 Detik

Sampel 2 dipanaskan pada alat flame hardening dengan burner api sambil diputar sampai temperatur mencapai 800 °C. Kemudian dilakukan penahanan selama 45 detik. Kemudian diberi pendinginan celup air. Hasil uji kekerasan sebagai berikut:



Gambar 9. Grafik Distribusi Kekerasan untuk Waktu Penahanan 45 Detik, Kondisi As-Hardening

Distribusi kekerasan untuk sampel as hardening dengan waktu penahanan 45 detik digambarkan dengan grafik pada Gambar 9. Hasil hardening menunjukkan kedalaman pengerasan sebesar 11 mm. Jika dibandingkan dengan hasil simulasi sebesar 10 mm maka hasilnya relatif mendekati.

1.2.3 Data Kekerasan As Hardening dengan Waktu Penahanan 60 Detik

Sampel 3 dipanaskan pada alat flame hardening dengan burner api sambil diputar sampai temperatur mencapai 800 °C. Kemudian dilakukan penahanan selama 60 detik. Kemudian diberi pendinginan celup air. Hasil uji kekerasan sebagai berikut:



Gambar 10. Grafik Distribusi Kekerasan untuk Waktu Penahanan 60 Detik, Kondisi As-Hardening

Distribusi kekerasan untuk sampel as hardening dengan waktu penahanan 60 detik digambarkan dengan grafik pada Gambar 10. Hasil hardening dan tempering menunjukkan kedalaman pengerasan sebesar 12 mm. Jika dibandingkan dengan hasil simulasi sebesar 11 mm maka hasilnya relatif mendekati.

4. Kesimpulan

Proses flame hardening yang telah dilakukan melalui simulasi dan eksperimen tujuannya untuk mendapatkan kedalaman pengerasan yang diinginkan. Parameter proses diberikan pada simulasi dan eksperimen sudah cukup mendekati. Variasi

waktu penahanan diberikan diperoleh kedalaman pengerasan esbagai berikut:

- 30 detik → hasil simulasi 9 mm → hasil eksperimen 7 mm
- 45 detik → hasil simulasi 10 mm → hasil eksperimen 11 mm
- 60 detik → hasil simulasi 11 mm → hasil eksperimen 12 mm

Referensi/Daftar Pustaka

- ASM Handbook (2005), Properties and Selection: Irons, Steels and High Performance Alloys, ASM International.
- ASM Handbook (1991), Heat Treatment, ASM International.
- B.J. Monaghan & P.N. Quested (2001), Thermal Diffusivity of Iron at High Temperature in Both the Liquid and Solid State, ISI International, Vol. 41.
- D.A. Porter & K.E. Easterling (1996), Phase Transformations in Metals and Alloys, Chapman & Hall, London.
- J.P. Holman, Heat Transfer, McGraw-Hill Book Company, New York.
- IncoperaDe Witt, "Fundamentals of Heat Transfer", John Willey & Sons Inc., New York, 1981.
- Kern, D.Q., "Process Heat Transfer", International Student Edition, McGraw Hill Kogakusha, Ltd., New York.
- Ozisk, "Heat Transfer, a basic approach", 1984.
- McAdams, W.H., "Heat Transmision", 3rd edition, McGraw Hill Book Company, Inc., New York.
- R. Shankar Subramanian, Heat Transfer in External Flow, Lecture Modul.