



Proses Perlakuan Panas *Double Tempering* Terhadap Sifat Mekanik Material Baja Karbon SKD-11

Edwin Magfuri, Ir. Ismail, M.Sc.

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya
Jalan Semolowaru No. 45 Surabaya 60118, Tel. 031-5931800, Indonesia
email: edwinmagfuri@gmail.com

ABSTRAK

Uji kekerasan adalah metoda pengujian yang dilaksanakan untuk menguji sifat mekanik baja selama proses perlakuan panas (*heat treatment*). Pada penelitian yang dilakukan oleh peneliti, yaitu perlakuan pengerasan (*hardening*) terhadap baja perkakas SKD-11 dengan temperatur 950°C selama 90 menit, serta dilakukan pendinginan secara cepat (*quenching*) melalui media air dan oli SAE20. Kemudian dilakukan dua kali proses penemperan (*double tempering*) dengan temperatur 300°C, 400 °C dan 500 °C yang selama 60 menit. Pengujian *double tempering* membuktikan bahwa kekerasan baja perkakas setelah di *hardening* dan di *quenching* dengan pendingin air dan oli mengalami penurunan yang signifikan. Selama pengujian *double tempering*, tingkat kekerasan semua spesimen baja SKD-11 mengalami penurunan yang signifikan.

Kata kunci : *double tempering*, perlakuan panas, kekerasan, Baja SKD-11

PENDAHULUAN

Baja merupakan bahan dasar untuk berbagai kebutuhan pada bidang teknik. Baja umumnya digunakan untuk membuat perkakas, peralatan pertanian, suku cadang kendaraan, peralatan rumah, dan lain sebagainya. Fungsi dari baja sendiri berkaitan erat dengan sifat mekaniknya yang sangat baik, yaitu kekuatan, keuletan, kekerasan, dan ketangguhan.

Selama ini ada berbagai macam bahan material yang digunakan sebagai bahan utama di industri. Ada begitu banyak macam jenis bahan yang terkadang hingga sulit untuk memilih jenis yang tepat. Dikarenakan bahan satu dengan yang lain memiliki kekurangan dan kelebihan tersendiri. Oleh karena itu, pemilihan bahan seringkali tidak hanya berdasarkan pertimbangan teknis, tetapi juga

pertimbangan dari segi ekonomis dan lingkungan.

Baja adalah bahan yang banyak digunakan dalam industri. Untuk beberapa penggunaan, baja maupun besi sekarang ini mulai berkompetisi dengan material non-logam dan non-ferrous. Akan tetapi, baja memiliki karakteristik yang tidak dimiliki oleh bahan lain, terutama kekuatan, keuletan, ketangguhan, dan kekerasan yang baik.

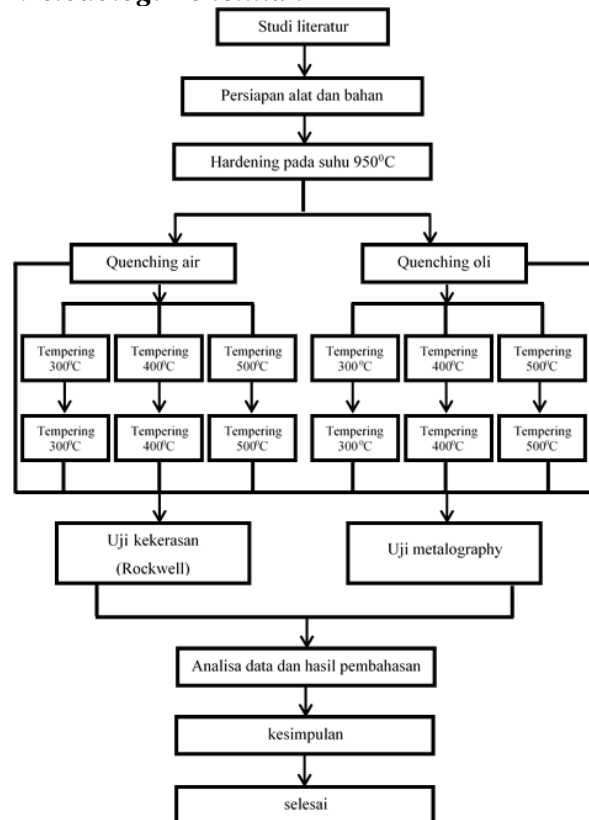
Pada kegunaannya di bidang industri, komponen atau peralatan yang terbentuk dari bahan baja, diharuskan memiliki keunggulan pada keuletan dan kekerasan. Untuk mencapai tujuan tersebut, komponen dan peralatan yang terbuat dari baja diharuskan untuk melalui proses perlakuan *hardening* dan *tempering* terlebih dahulu, supaya dapat digunakan secara maksimal.

Baja perkakas sendiri adalah baja paduan tinggi yang memiliki kandungan paduan lebih dari 10%, dengan komposisi paduan unsur-unsur seperti krom (Cr), molibdenum (Mo), mangan (Mn), dan vanadium (V). Baja tersebut banyak digunakan dalam bidang pencetakan (*forming*) ataupun perkakas pemotong pada teknik permesinan (*cutting*), maka sebab itu baja dirancang dengan ketahanan dan kekerasan tinggi. Akan tetapi, baja perkakas diharuskan juga agar tidak mudah patah dan memiliki stabilitas dimensi yang tinggi.

Baja perkakas SKD-11 umumnya termasuk dalam baja perkakas yang memiliki kandungan chromium dan karbon tinggi, serta dengan campuran unsur lainnya, terutama vanadium dan molibdenum. Pada dasarnya, baja SKD-11 lebih disarankan untuk digunakan sebagai perkakas yang memerlukan tingkat ketahanan dari keausan dan ketangguhan material. Sebagian besar material SKD-11 digunakan dalam teknik pengerjaan dingin (*cold working*).

Terkadang tingkat kekerasan dari baja perkakas yang diolah, tidak memiliki tingkat kekerasan yang tinggi. Oleh sebab itu, perlu dilakukan proses lanjutan, yakni proses pengerasan (*hardening*). Pada proses pengerasan baja, akan diperoleh karakteristik tingkat kekerasan yang jauh lebih baik. Melalui media pendingin selama teknik pengerasan memiliki pengaruh yang sangat besar terhadap peningkatan kekerasan butir baja. Semakin tinggi nilai kekerasannya, maka semakin menurun sifat keuletan baja perkakas, hal tersebut mengakibatkan baja perkakas menjadi rapuh/getas. Baja perkakas dengan karakteristik tersebut tidak baik untuk pemakaian tertentu. Dengan begitu, setelah dilakukannya proses pengerasan (*hardening*) sebaiknya segera untuk dilanjutkan dengan proses penemperan (*tempering*).

PROSEDUR EKSPERIMEN Metodologi Penelitian



Gambar 1. Diagram Alir

Studi literatur atau penelitian kepustakaan dilakukan untuk mencari referensi terkait tentang hasil penelitian sebelumnya yang sejenis, pencarian referensi dalam bentuk jurnal penelitian maupun buku. Sehingga, menurut teori maupun standar tes yang dilakukan peneliti, terdapat perbedaan antara penelitian peneliti, dengan penelitian sebelumnya.

Alat dan Bahan

Selama proses pengujian, berbagai alat perlu digunakan sebagai media untuk membantu jalannya proses pengumpulan data. Berikut merupakan alat yang digunakan:

1. Alat
 - a. Tungku *Furnace Thermolyne*
 - b. Mesin *Polishing*
 - c. Tang Penjepit
 - d. Alat Uji Kekerasan (*Rockwell*)
 - e. Mikroskop
 - f. *Timer*

2. Bahan
 - a. Baja SKD-11
 - b. Ampelas
 - c. Kain Beludru
 - d. Oli SAE20
 - e. Autosol
 - f. Asam Nitrat
 - g. Indentor Intan/Bola Baja

Perlakuan Panas

Dalam Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan temperatur 950°C. Jumlah sampel ini berjumlah 9 spesimen, 1 spesimen dilakukan tanpa perlakuan panas, 2 spesimen dilakukan proses pemanasan dengan temperatur 950°C di *quenching* dengan menggunakan air dan oli tanpa tempering dan 6 spesimen dilakukan proses pemanasan dengan temperatur 950°C di *quenching* dengan menggunakan air dan oli kemudian ditempering masing-masing dengan temperatur 300°C, 400°C, 500°C.

Peralatan perlakuan panas material menggunakan tungku *furnace thermolyne*, dimana memanfaatkan aliran panas dari panas yang dihasilkan oleh listrik. Proses pemanasan dilakukan di laboratorium pangan Poltek UNTAG Surabaya.

Proses pemanasan material dilakukan dengan cara menempatkan material langsung didalam tungku yang dihasilkan oleh listrik. Pemanasan dilakukan selama 90 dan 60 menit. Pengukuran temperatur pada pelat yang telah dilakukan perlakuan panas dapat dilihat pada layar digital mesin.



Gambar 2. tungku *furnace thermolyne*

Proses Quenching

Pada proses ini material yang sudah melalui tahap autenisasi akan langsung di *quencing* dengan media air dan oli. 4 spesimen akan dilakuan *quenching* dengan menggunakan oli dan 4 spesimen lainnya akan di *quenching* menggunakan air.



Gambar 3. Proses *Quenching*

Proses Tempering

Proses penemperan dapat dilakukan setelah *tempering* dan *quenching* tahap pertama, setelah itu spesimen dipanaskan ulang pada temperatur *tempering* selama penahanan 60 menit, kemudian pendinginan dibiarkan di udara bebas.



Gambar 4. Proses *Tempering*

Pengamatan Struktur Mikro

Sebelum melakukan uji struktur mikro, spesimen dipoles menggunakan amplas hingga benar-benar halus, kemudian digunakan pasta autosol untuk proses pemolesan lebih lanjut di Laboratorium Material Teknik Fakultas Teknik UNTAG Surabaya. Selesai pemolesan, dilakukanlah proses etsa (*etching*) dengan menggunakan larutan Asam Nitrat. Spesimen direndam dalam larutan Asam Nitrat selama 10 detik, setelah itu dibilas dengan air dan dikeringkan.

Pengamatan dilakukan pada struktur mikro untuk melihat hasil permukaan *tempering* dan fasa logam pada hasil *tempering*. Pengambilan data struktur mikro dilakukan terhadap permukaan spesimen yang telah dihaluskan.



Gambar 5. Mikroskop Optik

Pengujian Kekerasan

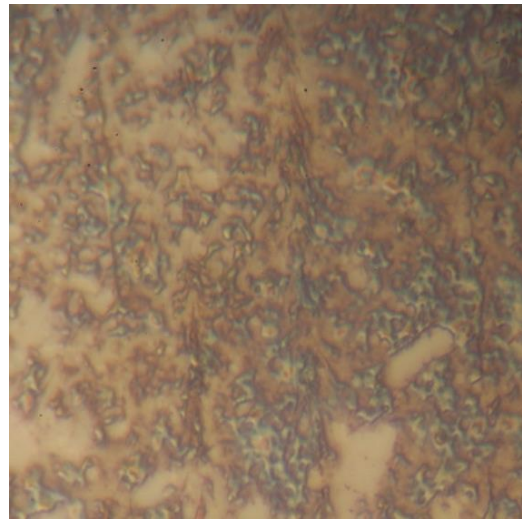
Uji kekerasan dilakukan dengan menggunakan alat uji yang dimiliki oleh lab. material teknik FT UNTAG SBY. Prosedur pelaksanaan penelitian antara lain:

1. Memastikan permukaan spesimen rata dan bersih dari suatu logam.
2. Spesimen diletakkan di *anvil rockwell*.
3. Terapkan beban minor ke spesimen untuk dipenetrasi, dan kemudian ditingkatkan dengan menambah beban mayornya. Kapasitas daripada beban minor sendiri yaitu 10 kgf, sedangkan untuk beban mayor sebesar 50 kgf, 90 kgf, dan 150 kgf. Pada tahap ini akan didampingi oleh asisten Laboratorium.
4. Amati dan catat angka jarum yang terdapat dalam alat ukur *dial indicator pointer* untuk mengetahui besar nilai kekerasannya.
5. Setelah selesai beban mayor diangkat, dan posisi dari beban minor masih tetap berada di permukaan material.

6. Pengujian kekerasan dilakukan sebanyak 5 kali setiap spesimen.
2. Spesimen *quenching* air



Gambar 6. Alat uji kekerasan (*rockwell*)



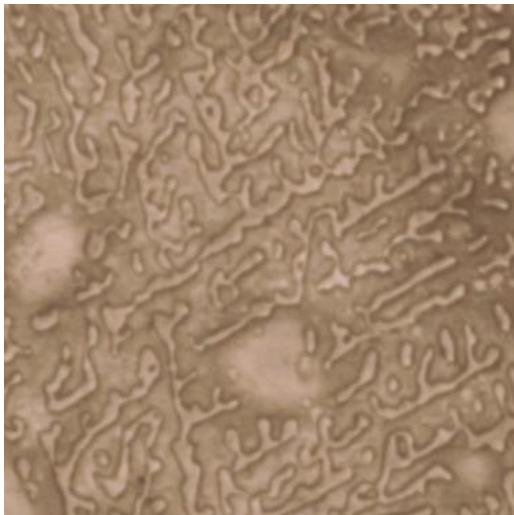
Gambar 8. Struktur mikro baja SKD-11 setelah *quenching* air pembesaran 500x
keterangan : putih-ferit 20%,
hitam-sementit 80%

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Struktur mikro

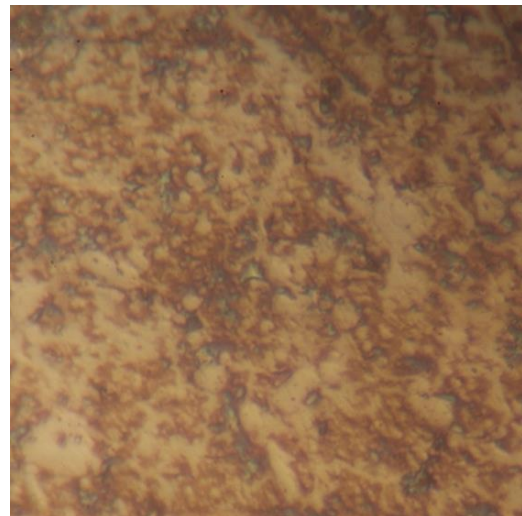
Dalam penelitian ini, menggunakan *Olympic Optical Microscope* dengan pembesaran 500 kali untuk menguji struktur mikronya. Setelah dilakukannya uji struktur mikro, maka didapatkan gambaran struktur mikro baja SKD-11 adalah sebagai berikut:

1. Spesimen tanpa perlakuan panas



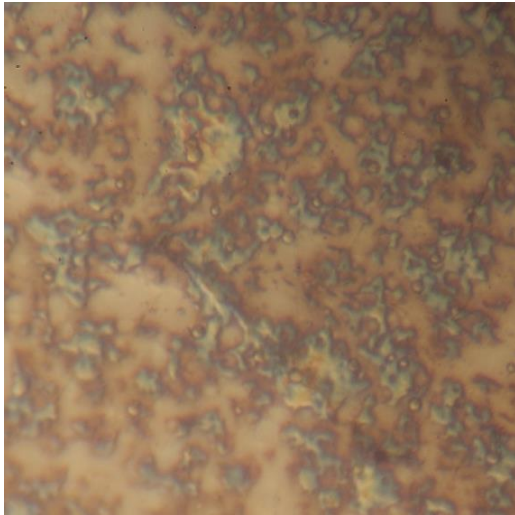
Gambar 7. Struktur mikro baja SKD-11 setelah *quenching* air pembesaran 500x
keterangan : putih-ferit 42%,
hitam-martensit 58%

3. Spesimen *quenching* air (*tempering* 300°C)



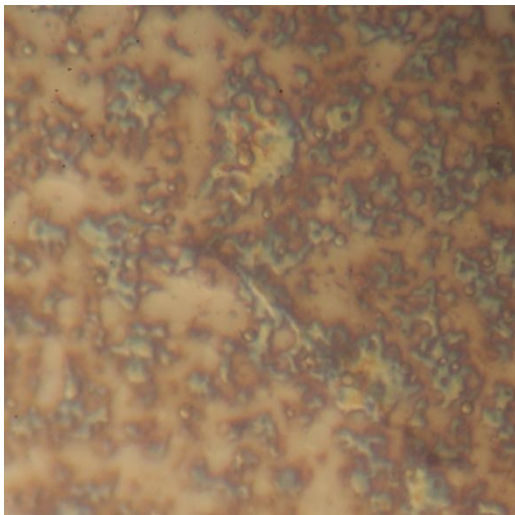
Gambar 9. Struktur mikro baja SKD-11 setelah *quenching* air (*Tempering* 300°C)
pembesaran 500x
keterangan : putih-ferit 25%,
hitam-sementit 75%

4. Spesimen *quenching* air (*tempering* 400°C)



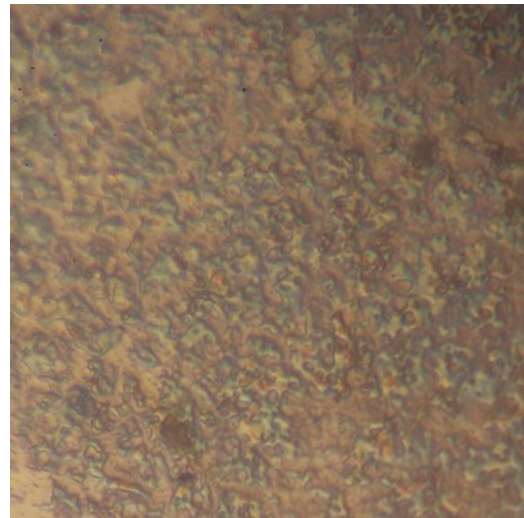
Gambar 10. Struktur mikro baja SKD-11 setelah *quenching* air (*Tempering* 400°C) pembesaran 500x
keterangan : putih-ferit 28%,
hitam-sementit 72%

5. Spesimen *quenching* air (*tempering* 500°C)



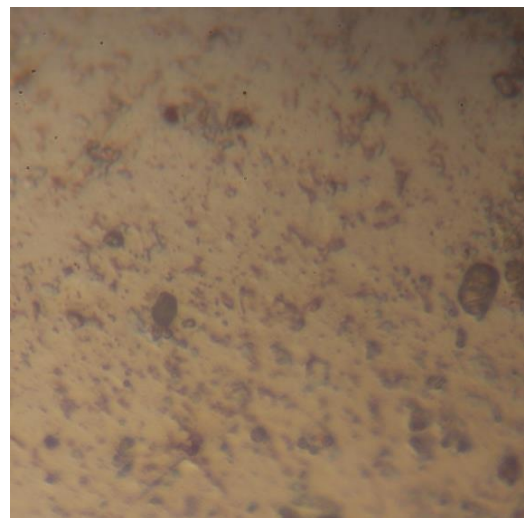
Gambar 11. Struktur mikro baja SKD-11 setelah *quenching* air (*Tempering* 500°C) pembesaran 500x
keterangan : putih-ferit 30%,
hitam-sementit 70%

6. Spesimen *quenching* oli



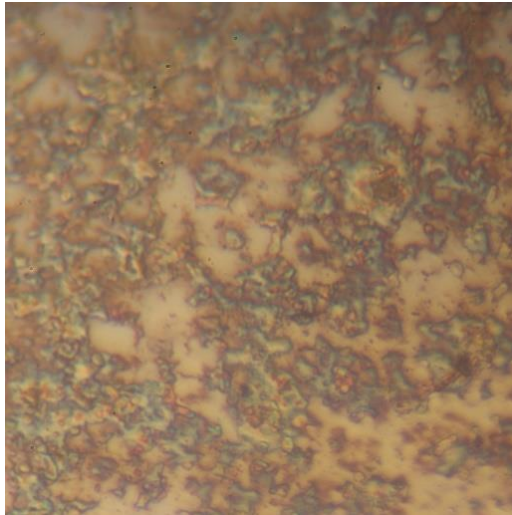
Gambar 12. Struktur mikro baja SKD-11 setelah *quenching* oli pembesaran 500x
keterangan : putih-ferit 22%,
hitam-sementit 78%

7. Spesimen *quenching* oli (*tempering* 300°C)



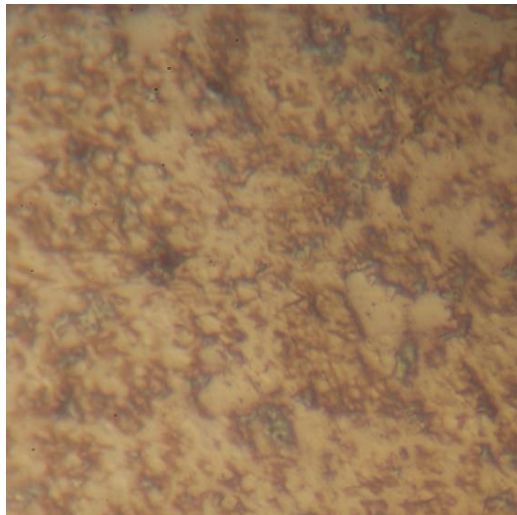
Gambar 13. Struktur mikro baja SKD-11 setelah *quenching* oli (*Tempering* 300°C) pembesaran 500x
keterangan : putih-ferit 40%,
hitam-sementit 60%

8. Spesimen *quenching* oli (*tempering* 400°C)



Gambar 14. Struktur mikro baja SKD-11 setelah *quenching* oli (*Tempering* 400°C) pembesaran 500x
keterangan : putih-ferit 26%, hitam-sementit 74%

9. Spesimen *quenching* oli (*tempering* 500°C)



Gambar 15. Struktur mikro baja SKD-11 setelah *quenching* oli (*Tempering* 500°C) pembesaran 500x
keterangan : putih-ferit 32%, hitam-sementit 68%

tingkat kekerasannya meningkat dan material baja tersebut menjadi rapuh/getas. Setelah Baja SKD-11 mengalami dua kali proses perlakuan panas (*double tempering*) pada temperatur 300°C, 400°C dan 500°C, struktur mikronya perubahan. Semakin tinggi suhu penemperan, maka semakin besar butir struktur baja SKD-11. Hal tersebut menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu *tempering*, maka dapat meningkatkan kekuatan dan ketangguhan material, akan tetapi nilai kekerasan material semakin rendah.

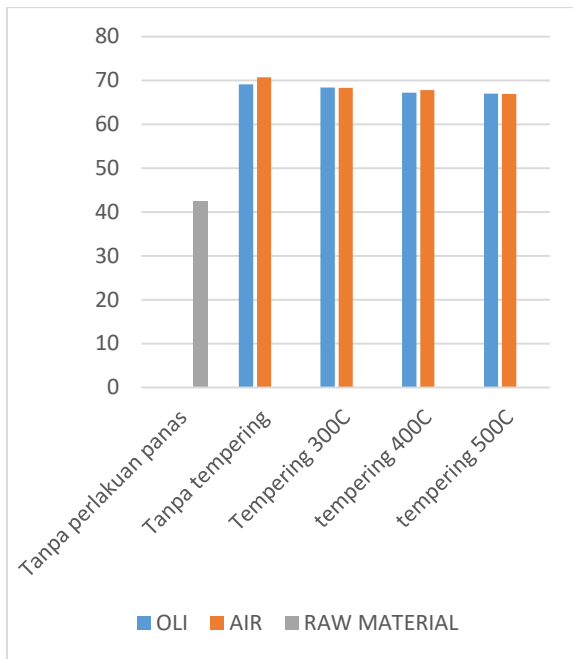
Pengujian Kekerasan

Dari pengujian yang telah dilakukan, didapatkanlah hasil uji struktur baja SKD-11 sebagai berikut:

Tabel 1. Nilai rata-rata HRC

Spesimen	HRC
<i>Raw Material</i>	42.6
Air	70.7
<i>Tempering</i> 300°C (air)	68.3
<i>Tempering</i> 400°C (air)	67.8
<i>Tempering</i> 500°C (air)	66.9
oli	69.1
<i>Tempering</i> 300°C (oli)	68.4
<i>Tempering</i> 400°C (oli)	67.2
<i>Tempering</i> 500°C (oli)	67

Setelah perlakuan panas dengan *hardening*, struktur mikro dari Baja SKD-11 menjadi lebih keras, yang menyebabkan



Gambar 16. Grafik Uji Kekerasan

Hasil pembahasan dari pengujian yang telah dilakukan perhitungan nilai rata-rata sebagai berikut :

1. Material Awal

Baja Perkakas SKD-11 ialah baja dengan paduan krom (Cr). Dengan ditambahkannya unsur paduan tersebut dapat membuat baja memiliki nilai kekerasan yang lebih tinggi daripada baja karbon tinggi. Dalam baja SKD-11 sendiri nilai kekerasannya rata-rata adalah sebesar 42.6 HRC.

2. Hasil Proses *Hardening*

Setelah perlakuan *hardening* dan didinginkan secara cepat (*quenching*) dengan media air, nilai kekerasan dari baja SKD-11 naik drastis menjadi 70.7 HRC. Nilai tersebut membuktikan bahwa kekerasan baja meningkat tajam. Setelah baja di *hardening* dan di *quenching* melalui media air, maka struktur mikro baja berubah.

Sedangkan baja SKD-11 yang di *quenching* dengan oli, nilai kekerasannya mengalami kenaikan menjadi 69.1 HRC. Dengan begitu, nilai kekerasannya juga menunjukkan peningkatan yang tajam.

3. Proses *Double Tempering* dengan Temperatur 300°C

Baja SKD-11 yang di *hardening* dan di *quenching* dengan air serta mengalami proses *tempering* pada suhu 300°C selama waktu penahanan 60 menit, nilai kekerasan yang dihasilkan adalah 68.3 HRC.

Sedangkan baja SKD-11 yang di *hardening* dan di *quenching* dengan oli, nilai kekerasannya adalah 68.4 HRC.

4. Proses *Double Tempering* dengan Temperatur 400°C

Proses dua kali penemperan pada temperatur 400°C (untuk spesimen yang di *quenching* dengan air) menunjukkan nilai kekerasan sebesar 67.8 HRC.

Sedangkan untuk proses dua kali penemperan baja yang di *quenching* dengan oli, nilai kekerasannya adalah 67,2 HRC.

5. Proses *Double Tempering* dengan Temperatur 500°C

Nilai kekerasan spesimen baja yang di *quenching* dengan air pada proses dua kali penemperan dengan temperatur 500°C adalah 66.9 HRC.

Sedangkan untuk baja yang telah di *quenching* dengan oli, nilai kekerasannya adalah 67 HRC.

KESIMPULAN DAN SARAN

1. Kesimpulan

Hasil dari penelitian dan analisis mengenai sifat mekanik pada baja SKD-11 dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Dari hasil pengujian dua kali proses penemperan (*double tempering*) terhadap nilai kekerasan dan nilai ketangguhan adalah semakin tinggi temperatur *tempering*, maka nilai kekerasan yang didapat semakin rendah, dan semakin tinggi nilai ketangguhannya.
2. Hasil pengujian struktur mikro Baja SKD-11 setelah dua kali proses penemperan (*double tempering*) menunjukkan adanya *pearlite*, *sementit*, *fasa bainit* dan krom karbida, hal ini disebabkan karena tingginya unsur karbon dan krom yang mengakibatkan material baja memiliki kekerasan tinggi tetapi sangat rapuh/getas.
3. Keadaan struktur mikro setelah perlakuan panas *hardening* menjadi lebih halus, yang menyebabkan kekerasan baja SKD-11 meningkat dan material menjadi rapuh/getas. Setelah dilakukan *double tempering* pada temperatur 300°C, 400°C, dan 500°C, kondisi struktur mikro berubah. Semakin tinggi temperatur *tempering*, butir struktur baja semakin besar.
4. Hasil nilai pengujian kekerasan material baja SKD-11 yang tidak diberi perlakuan sebesar 42.6 HRC. Namun, lebih baik jika diberi perlakuan panas. Baja SKD-11 menjadi memiliki nilai kekerasan tertinggi pada *hardening* dan di *quenching* air sebesar 70.7 HRC serta

di *double tempering* pada suhu 500°C dengan kekerasan sebesar 66.9 HRC.

5. Dari nilai rerata masing-masing spesimen terlihat bahwa kekerasan material baja meningkat dan kekuatannya menurun setelah mendapat perlakuan panas *hardening*, setelah perlakuan *double tempering* dengan temperatur 300°C, 400°C, dan 500°C, kekuatan material mengalami penurunan dibandingkan dengan spesimen yang di *quenching* dengan air dan oli.

2. SARAN

1. Untuk penelitian selanjutnya, diharapkan menambah spesimen pembanding agar diperoleh hasil penelitian yang lebih bervariasi.
2. Diperlukan pengujian tambahan, yaitu pengujian *impact* maupun pengujian tarik. Pembuatan spesimen berdasarkan dimensi diuji langsung pada mesin.
3. Disarankan untuk peneliti berikutnya mengambil fotomikrografi sebelum di *tempering* untuk mempermudah dalam menentukan transisi fase.

PENGHARGAAN

Terimakasih yang sebesar-besarnya kepada dosen pembimbing proyek penelitian dan semua pihak yang telah berpartisipasi dalam proses penelitian atas bantuan, bimbingan dan doanya sehingga penelitian ini dapat diselesaikan.

REFERENSI

- Anrinal, H., 2013. *Metalurgi Fisik*. padang: CV. ANDI OFFSET.
- Sari, N. H., 2018. *Material Teknik*. 1 ed. Yogyakarta: CV. BUDI UTAMA.

- Sofyan, B. T., 2019. *Pengantar Material Teknik*. Jakarta: Salemba Teknika.
- Suratman, R., 1994. *Paduan Proses Perlakuan Panas*. Bandung: Lembaga Penelitian ITB.
- Bandanadjaja, B. and Idamayanti, D. (2020) 'Pengaruh Proses Normalising dan Tempering Ganda Terhadap Peningkatan Nilai Modulus of Toughness Baja AISI 4340', *Teknik*, 41(2), pp. 134–141. doi: 10.14710/teknik.v0i0.25950.
- Fendri, R. *et al.* (2018) 'Analisis Sifat Mekanik Dan Struktur Mikro Baja Aisi 4140 Akibat Perbedaan Temperatur Pada Perlakuan Panas Tempering', (October). Available at: <https://www.researchgate.net/publication/328214661>.
- Santri, B. and Napitupulu, R. A. M. (2013) 'Perbedaan Nilai Kekerasan Pada Proses Hardening Dan Double Tempering Baja Perkakas Skd 11', (1), pp. 2–6.
- Suherlan, C. (2014) 'Pengaruh Perlakuan Panas Double Tempering Terhadap Sifat Mekanik Material Aisi 4340', pp. 1–6.