

**ANALISIS KEKUATAN TARIK DAN KEKERASAN BAJA TAHAN
KARAT MARTENSITIK FASA GANDA HASIL PERLAKUAN PANAS
DENGAN VARIASI TEMPERATUR DAN MEDIA PENDINGIN**

¹⁾Subagiyo,²⁾Samsul Hadi,³⁾Lisa Agustriana, ⁴⁾Kasiyanto
^{1,2,3,4)} Dosen Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Malang
Email: subagiyo@polinema.ac.id

ABSTRAK

Baja tahan karat mempunyai sifat mekanik yang baik dibanding dengan bahan lain untuk kekuatan dan kekerasannya, disamping itu juga dapat ditingkatkan sifat mekaniknya Khususnya jenis martensitik yaitu dengan proses perlakuan panas. Tujuan penelitian ini adalah untuk memperoleh informasi tentang: Nilai kekuatan tarik dan kekerasan baja tahan karat martensitik hasil perlakuan panas fasa ganda dengan temperatur dan media pendingin yang bervariasi. Metode Penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen dengan proses perlakuan panas fasa ganda pada baja tahan karat martensitik, yaitu memanaskan baja hingga temperature Ferit+Perlit ($\alpha+\gamma$) dengan variasi temperature dan media pendingin, Hasilnya diuji tarik dan diuji kekerasan dengan metode Rockwell C (HRC). Hasil penelitian menunjukkan kekuatan tarik meningkat dari 68 Kg/mm² menjadi 125-140 Kg/mm² diperoleh dari perlakuan panas fasa ganda temperature 880°C, dan kekerasan juga meningkat dari 22 HRC menjadi 30-37 HRC, tetapi alongasi sedikit turun dari 17% menjadi 13-15%.

Kata Kunci: Kekuatan tarik, Kekerasan, Perlakuan panas dan Fasa ganda

I. PENDAHULUAN

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui kekuatan tarik dan kekerasan baja tahan karat martensitik hasil perlakuan panas fasa ganda dengan variasi temperatur dan media pendingin. Dengan ditemukannya baja fasa ganda, hubungan antara kekuatan dan keuletan menjadi lebih baik, untuk baja karbon rendah atau baja karbon medium. Baja karbon rendah dan baja karbon medium yang mempunyai struktur *ferit-perlit* dapat diubah menjadi *ferit* yang berbutir halus dengan gugus *martensit* (fasa ganda) dengan cara memanaskan baja hingga temperatur ($\alpha+\gamma$) kemudian didinginkan dengan cepat. J.Lis dkk (2005) melakukan penelitian dengan judul “*PROCESSING AND PROPERTIES OF C-Mn STEEL WITH DUAL PHASE MICROSTRUCTURE*”. Latar belakang penelitian tersebut adalah pengembangan struktur material baru dengan dampak kekuatan dan plastisitas yang lebih baik yang memungkinkan dapat mengurangi berat bodi

mobil, hal yang demikian masih terbuka bagi produsen (*manufacturer*) atau peneliti untuk melakukan penelitian, karena sampai saat ini 63% dari bodi mobil masih terbuat dari baja. Metode penelitiannya adalah menggunakan baja dengan komposisi 0.16%C; 1.23%Mn; 0.023%P; 0.18%S; 0.03%Cr; 0.02%Cu; 0.005%Al dan 0.02%V dalam presentase berat. Dilakukan dua macam perlakuan. Pertama, material diperlakukan dengan pemanasan 1343K (*austenisasi*) ditahan 3600s kemudian *thermomechanical rolling* pada temperatur 1273K – 1298K dan kedua dengan proses *annealing* pada temperatur ($\alpha+\gamma$) ditahan 3600s di *quench* dalam air dan dipanaskan kembali hingga temperatur 913K ditahan 5400s dan didinginkan dengan cepat (*quench*) dalam air. Hasilnya setelah proses *thermo mechanical treatment* (TMT) struktur mikro menjadi *Bainite-Martensite- Austenite island* (BMA) dalam matrik *ferrite*, sedang hasil dari proses *annealing* struktur mikro terdiri dari *Ferrite-*

Martensite dan terdeteksi sedikit *carbide* dan *perlite*. Kekuatan tarik tertinggi dicapai dari proses *thermomechanical rolling*, yaitu TS = 959 MPa, YS = 795 MPa dan EL = 9,9% direkomendasi untuk distemper lebih lanjut, sedang hasil proses *annealing* TS = 510 MPa, YS = 328 MPa dan EL = 37,3 %.

Subagiyo (2014), dalam penelitiannya yang berjudul Pengaruh Tempa dan proses Perlakuan panas fasa ganda dengan temper terhadap sifat mekanik baja AISI 1045, Kekuatan tarik dan kekerasan AISI 1045 fasa ganda meningkat, tetapi elongasi menurun yaitu sebelum perlakuan : Kekuatan tarik 611,98 N/mm², Kekuatan Luluh 343,75 N/mm², kekerasan 16,67 HRC, Kekuatan tarik menjadi 846 N/mm², Kekuatan luluh 570,31 N/mm², dan Kekerasan 38 HRC setelah proses Perlakuan panas fasa ganda.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Baja tahan karat

Baja tahan karat (*Stainless steel*) ada 3 jenis yaitu austenitic, feritik dan martensitic, digunakan untuk komponen yang memerlukan tahan karat dan tahan panas. Untuk identifikasi baja tahan karat menggunakan 3 angka, angka pertama menentukan group atau jenis baja tahan karat, seperti terlihat pada table 1 berikut :

M.Dzupon dkk (2007) melakukan penelitian dengan judul "*Dual phase ferrite-martensite steel micro alloy V-Nb*". Latar belakang dari penelitian ini adalah : baja karbon *multiphase* (mp) telah dikembangkan dan hasilnya memiliki sifat mekanik yang sangat baik (*excellent*) yaitu memiliki penguatan regang (*strain hardening*) yang tinggi, mampu bentuk (*form ability*) yang baik dibanding dengan baja HSLA (*High Strength Low Alloy Steel*). Metodenya adalah baja yang mempunyai komposisi C=0.8; Mn=1.31; Si=1; P=0.014; S=0.008; Al=0.014; V=0.033; Nb=0.051; Mo=0.03 (dalam % berat x 100), bahan tersebut dirol pada

temperatur 950°C dan didiamkan di udara 30' kemudian dipanaskan dalam dapur (*furnace*) pada temperatur 720°C-820°C diproteksi dengan atmosfer Nitrogen (N) ditahan selama 25 menit, kemudian didinginkan dengan cepat (*quench*) dalam air. Hasilnya adalah tegangan tarik meningkat hingga 900 Mpa dan dengan *tempering* elongasinya bertambah (makin tinggi temperatur *tempering* elongasinya makin bertambah, tetapi kekuatan tarik maksimum dan *yieltnya* menurun).

Tabel 1. Group baja tahan karat.

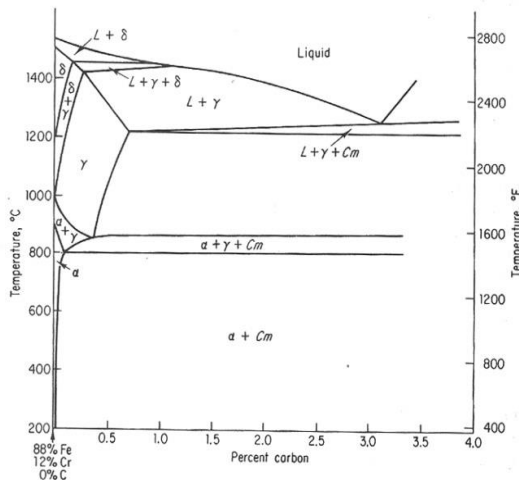
Series Designation	Groups
2xx	Chromium-nickel-manganese, non hardenable, austenitic, non magnetic
3xx	Chromium-nickel, non hardenable, austenitic, non magnetic
4xx	Chromium, hardenable, martensitic, magnetic
4xx	Chromium, non hardenable, ferritic, magnetic
5xx	Chromium, low chromium, heat resisting

Sumber : Sidney H. Avner 1994

2.2. Baja tahan karat Martensitik

Baja jenis ini mengandung 11,5% - 18%romium, contohnya type 403, 410, 416, 420, 431, 440A, 501 dan 502. Type 410 dan 416 yang paling populer digunakan untuk sudu turbin dalam bentuk coran (*Casting*). Perlakuan panas untuk baja jenis ini sama dengan baja karbon dan baja paduan rendah, pemanasan dilakukan pada temperature 1850°F dan Tempering dilakukan pada temperatur 750°F,

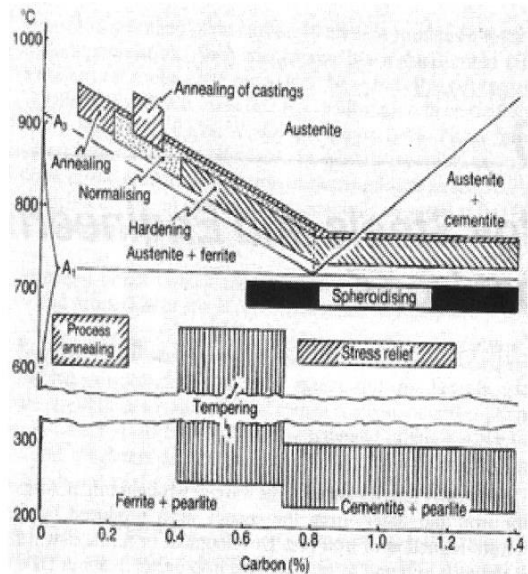
Kekerasan dicapai sesuai kadar karbon yang dikandung.



Gambar 1 Diagram fasa baja tahan karat jenis Martensitik. Sumber : Sidney H. Avner, (1994)

2.3. Perlakuan Panas

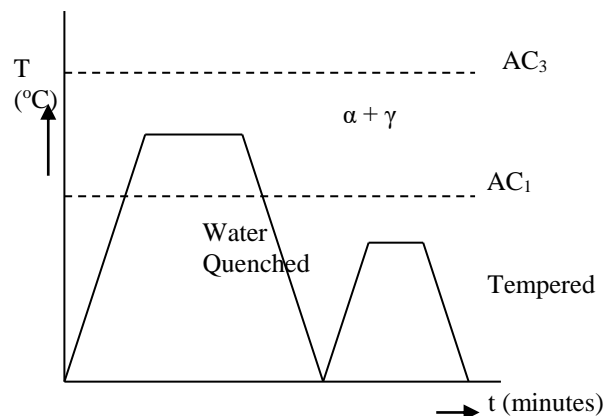
Perlakuan panas atau *heat treatment* dapat didefinisikan sebagai kombinasi operasi pemanasan dan pendinginan terhadap logam/paduan dalam keadaan padat dengan waktu tertentu, dan dimaksudkan untuk memperoleh sifat tertentu (Wahit Suherman 1990). Langkah pertama dalam setiap proses laku panas adalah memanaskan logam/paduannya sampai temperatur tertentu. Selama pemanasan dan pendinginan ini akan terjadi beberapa perubahan struktur mikro, hal ini yang menyebabkan terjadinya perubahan sifat dari logam/paduan tersebut. Proses perlakuan panas baja tahan karat jenis martensitik sama dengan baja karbon dan baja paduan rendah, yaitu untuk hardening pemanasan hingga temperatur 1850°F atau sekitar 1100° C dan tempering pada temperatur 750°F atau sekitar 400°C.



Gambar 2. Daerah Pemanasan Proses Perlakuan Panas. Sumber : Syamsul Hadi, (2016)

2.4. Perlakuan panas fasa ganda

Proses perlakuan panas untuk pembentukan fasa ganda (*Dual Phase*) dengan proses *annealing* dan *tempering* seperti terlihat pada gambar diagram berikut (Gambar.3), Pemanasan dilakukan hingga temperatur $\alpha + \gamma$ kemudian ditahan beberapa saat dan didinginkan dengan cepat (*Quenching*), dilanjutkan dengan pemanasan kembali hingga temperatur tempering ditahan beberapa saat kemudian didinginkan perlahan.



Gambar 3 Diagram perlakuan panas fasa ganda Sumber : Lis, A. K. Lis and Kolan, (2005)

III. METODE PENELITIAN

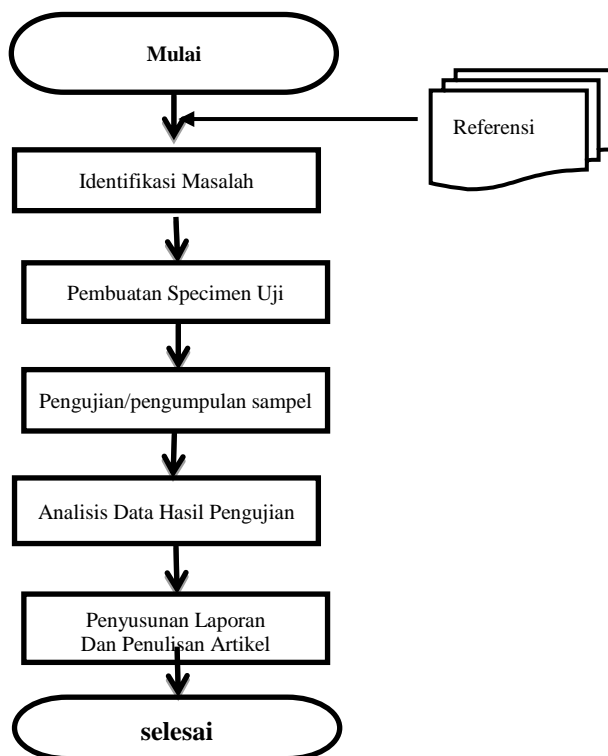
3.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan jenis eksperimen bagian dari Lab. Perlakuan dan pengujian bahan teknik yang dilakukan dengan metoda *destructive test* dengan katagori pengembangan IPTEK bidang Teknik Mesin.

3.2 Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Perlakuan dan Pengujian Bahan Teknik, Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Malang. Dan instansi lain yang kompeten.

3.3 Diagram Alir Penelitian



IV . HASIL DAN PEMBAHASAN

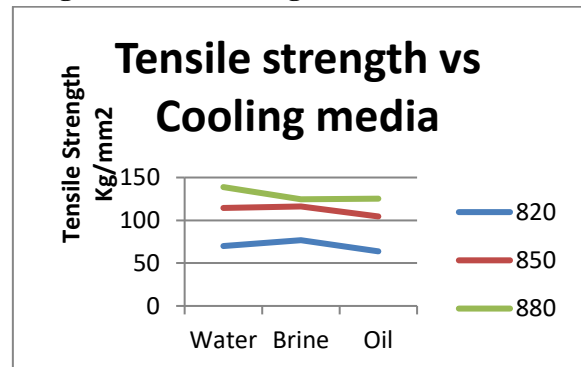
4.1 Data hasil percobaan

Material sebelum mengalami Proses Perlakuan fasa ganda :

1. Kekuatan tarik maks : 68, 0 Kg/mm²
2. Kekuatan Luluh (Yield) : 65,5 Kg/mm²
3. Alongasi 17 %
4. Kekerasan : 22,0 HRC

4.2 Pembahasan.

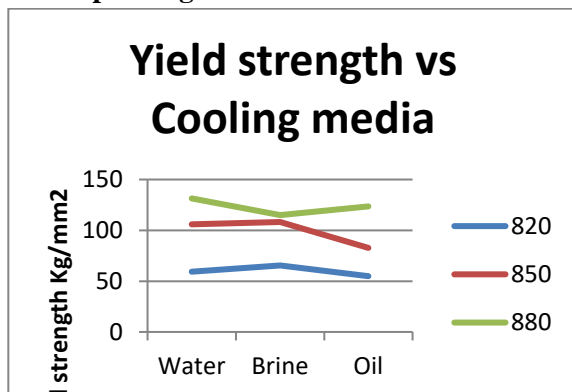
4.2.1. Hubungan antara Kekuatan tarik dengan Media Pendingin



Berdasarkan data hasil uji tarik dapat digambarkan grafik hubungan antara kekuatan tarik maksimum dengan media pendingin dan temperatur perlakuan panas fasa ganda seperti grafik diatas. Dari grafik terlihat bahwa pada temperature pemanasan 850 ° C dan 880° C mengalami peningkatan yang signifikan yaitu dari material asli sebelum perlakuan kekuatan tarik 68 Kg/mm² menjadi 125-140 Kg/mm² untuk hasil perlakuan pada temperature 880° C dan 105-115 Kg/mm² untuk hasil perlakuan pada temperatur 850°C, sedangkan untuk perlakuan pada temperatur 820°C dapat dikatakan tidak terja dikarenakan kekuatan tariknya, hal ini disebabkan pada temperatur 820°C jumlah *austenite* sangat sedikit sekali sehingga sulit untuk bertransformasi menjadi *martensit*. Untuk perlakuan pada temperature 850°C dan 880°C jumlah *austenite* sangat mencukupi sehingga dapat bertransformasi menjadi *martensit* dan *ferit* tetap, sehingga didapatkan struktur akhir *martensit* dan *ferit* yang mempunyai kekuatan tarik lebih tinggi dibanding material asli yang memiliki struktur *mikroferit* dan *cementit*. Dan jika dilihat dari pengaruh media pendingin menunjukkan bahwa pendinginan air dan air garam kekuatan tariknya lebih tinggi, kecuali pada temperatur 880°C kekuatan tariknya meningkat pada pendinginan oli, hal ini dimungkinkan karena adanya atom karbon dari oli yang berdifusi pada

temperatur tinggi. Dari hasil diatas menunjukkan ketiga media pendingin semua dapat digunakan karena berhasil membentuk struktur *martensit* dari *austenite* dan yang banyak menentukan untuk keberhasilan meningkatkan kekuatannya adalah temperatur perlakuan.

4.2.2. Hubungan kekuatan luluh dengan media pendingin

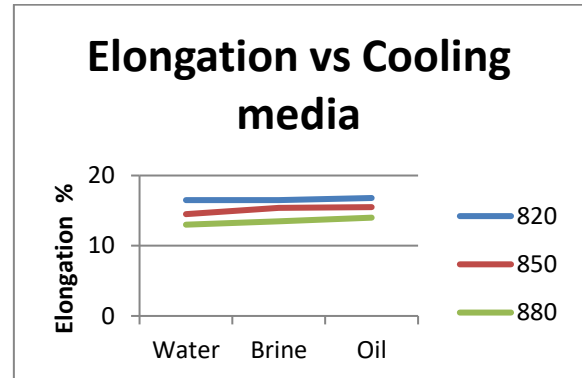


Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa tren peningkatan kekuatan luluh sama dengan tren peningkatan kekuatan tarik hanya nilainya yang lebih rendah, yaitu sekitar 58-65 Kg/mm² untuk hasil perlakuan pada temperatur 820°C, dan 85-110 Kg/mm² untuk hasil perlakuan pada temperature 850°C serta 115-130 Kg/mm² untuk hasil perlakuan pada temperatur 880°C. Peningkatan nilai kekuatan luluh mengikuti kekuatan tariknya yaitu tertinggi dihasilkan dari perlakuan temperatur 880°C diikuti hasil dari perlakuan temperature 850°C dan 820°C.

Dan jika dilihat dari pengaruh media pendingin menunjukkan bahwa pendinginan air dan air garam kekuatan luluhnya lebih tinggi, kecuali pada temperatur 880°C kekuatan luluhnya meningkat pada pendinginan oli, hal ini sama dengan pada kekuatan tarik dimungkinkan karena adanya atom karbondioksida yang berdifusi pada temperatur tinggi. Dari hasil diatas sama dengan pada kekuatan tarik menunjukkan ketiga media pendingin semua dapat digunakan karena berhasil membentuk struktur *martensit* dari *austenite*, dan yang banyak menentukan untuk keberhasilan

meningkatkan kekuatan tarik dan kekuatan luluh adalah temperatur perlakuan.

4.2.3. Hubungan elongasi dengan media pendingin

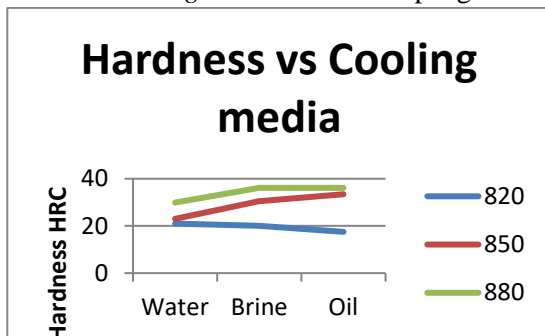


Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa nilai alongasi kebalikan dari nilai kekuatan tarik dan luluh, yaitu perlakuan pada temperatur 820°C menempati urutan tertinggi sekitar 16,5 % diikuti perlakuan pada temperatur 850°C sekitar 15% dan perlakuan pada temperature 880°C sekitar 13,5%. Jika dibandingkan dengan material asli yang memiliki nilai alongasi 17% maka semua perlakuan menurunkan nilai alongasi. Jika dilihat pengaruh dari media pendingin maka pendinginan dengan media oli memiliki nilai alongasi lebih tinggi diikuti pendinginan dengan air garam dan air. Dari hasil diatas menunjukkan ketiga media pendingin semua menurunkan nilai alongasi, tetapi penurunan alongasi relatif tidak signifikan dibandingkan dengan peningkatan kekuatan yang sangat tinggi.

4.2.4. Hubungan kekerasan dengan media pendingin

Berdasarkan data hasil uji kekerasan dapat digambarkan grafik hubungan antara nilai kekerasan hasil perlakuan fasa ganda dengan temperatur pemanasan dan media pendingin seperti dibawah. Dari grafik dapat dilihat bahwa pada temperatur 850°C dan 880°C terjadi peningkatan nilai kekerasan yaitu dari kekerasan material asli 22 HRC menjadi 30-37 HRC untuk perlakuan pada temperature 880°C dan sekitar 30 HRC untuk perlakuan pada

temperatur 850°C, sedang untuk perlakuan pada temperatur 820°C tidak mengalami kenaikan kekerasan karena jumlah *austenite* sedikit tidak bisa bertransformasi *martensit*, bahkan ada kecenderungan menurunkan kekerasan material asli, hal ini terjadi pada proses pemanasan tidak menjadikan fasa ganda tetapi menghilangkan *strain hardening* material asli hasil pengerolan



Berdasarkan keempat uraian di atas maka proses perlakuan fasa ganda pada baja tahan karat martensitik dapat dilakukan pada temperature 850 °C dan 880°C terbukti dapat meningkatkan kekuatan tarik, kekuatan luluh dan kekerasan sangat signifikan, meskipun alongasinya sedikit turun.

Kesimpulan

1. Dari proses perlakuan panas fasa ganda dapat meningkatkan kekuatan tarik dan kekerasan baja tahan karat *martensitik*, yaitu dari material asli sebelum perlakuan kekuatan tarik 68 Kg/mm² dan Kekerasan 22 HRC, menjadi 105-115 Kg/mm² kekuatan tariknya, kekerasan 23-35 HRC pada temperatur perlakuan 850°C dan pada temperatur perlakuan 880°C kekuatan tariknya 125-140 Kg/mm² serta kekerasan 30-37 HRC, tetapi diikuti alongasi sedikit menurun yaitu dari 17% menjadi 13-15,5%.

2. Pengaruh media pendingin terhadap pembentukan fasa ganda tidak signifikan antara ketiga media pendingin yaitu air, air garam dan noli. Sedang yang sangat berpengaruh adalah temperatur perlakuan

Saran

5.2.1 Untuk temperature 820° C sebaiknya tidak digunakan untuk pembentukan fasa ganda pada baja tahan karat martensitik, karena pada temperatur ini *austenite* hanya sedikit sehingga sulit terbentuk fasa ganda.

5.2.2 Perlu dilakukan untuk bahan jenis lain,

DAFTAR PUSTAKA

- Amin D.Thamir, Mohammed H. Hafiz, Mahdi Mutar Hanoon, *Study of the Mechanical Properties by Using Thermomechanical Processing of Alloy Steel*, University of Technology, Baghdad, Journal, 2010
- E.J. Bradbury, *Dasar Metalurgi untuk Rekayasawan*, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta, 1991.
- J. Lis, A. K. Lis and C. Kolan, *Processing and Properties of C-Mn Steel with Dual Phase Micro Structure*, Institute of Material Engineering, Czestochova University of Technology, Poland, Journal, 2005.
- Joko Triwardoyo, *Metode Peningkatan Tegangan Tarik dan Kekerasan Pada Baja*, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Semarang, jurnal, 2006.
- Karl-erik Thelning, *Heat Treatment*, Second *Steel and Its* edition, Butterworth & Co, London, Boston, 1994.
- M. Dzupon, L. Parilak, M. Kollava, I. Sinaiova, *Dual Phase Ferrite – Martensite Steel Micro Alloy V – Nb*, Institute of Materials Research of Slovak Academy of Science, Slovakia, Journal, 2007.
- Sidney H. Avner, *Introduction to Physical Metallurgy*, 4th edition, MC. Growhills Book Company, New York, 1994.
- Subagiyo, *Pengaruh Proses Tempadan Perlakuan panas Fasa ganda dengan temper terhadap sifat mekanik baja AISI 1045*, Vol.4 Majalah Techno, Jurnal 2014
- Suherman, Wahit, *Perlakuan Panas*, ITS Surabaya, 1990
- Syamsul Hadi, *Teknologi Bahan*, CV. Andi Offset, Yogyakarta, 2016.