

Perlakuan Panas dan Celup Cepat (Quenching) untuk Meningkatkan Sifat Mekanik pada Baja Ringan G550

Hasan¹, M. C. Aprianto¹

¹Program Studi Teknik Mesin (S1), Sekolah Tinggi Teknologi DR KHEZ Muttaqien, Purwakarta, Indonesia

Email: m.chusnan@sttmuttaqien.ac.id

ABSTRACT

Baja ringan adalah salah satu material konstruksi yang sedang berkembang di pasaran. Penggunaan material baja ringan sebagai konstruksi atap banyak digunakan sebagai alternatif pengganti kayu atau baja. Meskipun telah banyak digunakan oleh masyarakat luas sebagai konstruksi atap, namun belum ada penelitian yang mengkaji tentang pengaruh perlakuan panas dan celup cepat pada baja ringan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh perubahan panas pada material G550 terhadap sifat mekaniknya. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk mengetahui pengaruh celup cepat terhadap struktur mikro dan sifat mekanik baja ringan G550. Penelitian ini menggunakan metode eksperimental yang diawali dengan pemilihan bahan baja ringan G550. Setelah bahan dipilih, dilanjutkan dengan pembuatan profil sampel uji sebanyak 36 sampel uji. Sampel kemudian dilakukan perlakuan panas menggunakan furnace. Uji kekerasan dan uji tarik dilakukan untuk mengetahui sifat mekanik sampel. Celup cepat dilakukan dengan dua media yaitu air dan oli. Untuk mengetahui struktur mikro setelah perlakuan panas dan celup cepat, maka dilakukan uji metalografi dengan pembesaran 1.000 kali. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat pengaruh perlakuan panas dan celup cepat terhadap sifat mekanik material. Kondisi ini ditunjukkan pada hasil pengukuran dari uji tarik, uji puntir, dan uji kekerasan.

Keywords Sifat mekanik; celup cepat; baja G550

Paper type Research paper

PENDAHULUAN

Bidang Industri yang memproduksi berbagai macam kebutuhan manusia sedang berbagai macam kebutuhan manusia sedang berkembang sangat pesat. Permintaan pasar cukup tinggi mendorong bidang industri besar maupun kecil untuk meningkatkan produktifitas perusahaan termasuk produksi konstruksi baja ringan,

Baja ringan adalah salah satu material konstruksi yang sedang berkembang di pasaran. Penggunaan material baja ringan sebagai konstruksi atap banyak digunakan sebagai alternatif pengganti kayu atau baja. Meskipun telah banyak digunakan oleh masyarakat luas sebagai konstruksi atap, namun namun belum ada penelitian tentang pengaruh perlakuan panas dan celup cepat pada pada baja ringan. Dalam industri konstruk baja, maka untuk konstruksi baja ringan diambil dari bahan yang baik dan tersertifikasi sehingga terjamin kualitasnya. Dalam industri kecil atau biasanya menggunakan proses perlakuan panas atau heat treatment untuk meningkatkan kekuatan, kualitas, dan ketahanan masa pakai pada bahan konstruksi tersebut. Perlakuan panas adalah suatu perlakuan yang diberikan pada suatu bahan dengan tujuan agar diperoleh sifat – sifat yang diinginkan. Perubahan sifat yang dihasilkan merupakan akibat dari perubahan struktur mikro yang terjadi sesuai dengan kecepatan laju pendinginan. Perlakuan yang dilakukan pada coran adalah : pelunakan temperatur rendah, pelunakan, penormalan, pengerasan dan penemperan. Heat treatment hanya bisa dilakukan pada logam campuran yang pada temperatur ruang mempunyai struktur dua fase atau lebih. Sedangkan pada temperatur yang lebih tinggi fase-fase tersebut akan larut menjadi satu fase. Logam yang telah melewati proses proses perlakuan panas (heat treatment) tidak semuanya menghasilkan kekuatan, kualitas dan kekerasan.

Cold formed steel atau yang sering disebut dengan baja ringan adalah salah satu material konstruksi yang sedang berkembang di pasaran. Baja ringan adalah baja mutu tinggi yang memiliki sifat ringan dan tipis, namun fungsinya dapat disetarakan dengan baja konvensional. Salah satu baja ringan yang banyak beredar di pasar adalah baja ringan G550. Baja ringan ini termasuk jenis baja yang dibentuk setelah dingin. Struktur baja ringan biasanya dipengaruhi oleh tahap pemanasan (peningkatan suhu) selama fase pertumbuhan dan pengembangan penuh dan tahap pendinginan (penurunan suhu) selama fase peluruhan kebakaran kompartemen [1]. Tahap pemanasan mewakili kenaikan suhu struktur baja di bawah fase pertumbuhan dan pengembangan penuh dari api. Tahap pendinginan mewakili penurunan suhu struktur baja di bawah fase peluruhan api. Berdasarkan rekayasa, kegagalan struktur baja akibat kebakaran dapat terjadi tidak hanya pada tahap pemanasan tetapi juga pada tahap pendinginan [2], [3].

Di sisi lain, kemampuan baja ringan G550 untuk mengalami deformasi bergantung pada arah beban di dalam bidang lembaran, di mana spesimen melintang menunjukkan jumlah perpanjangan keseluruhan, lokal, dan seragam yang paling sedikit [1], [4]. Biasanya, spesimen melintang gagal segera setelah keluar dari fase elastis linier deformasi dengan plastifikasi minimal dari bagian bersih atau panjang pengukur [5]. Ketahanan patah material, yang pada kenyataannya mengandung retakan mikroskopis, mungkin telah mempengaruhi perilaku ini [6].

Rangka atap baja ringan diciptakan untuk memudahkan perakitan dan konstruksi. Sebagai konstruksi atap, keunggulan material baja ringan dibandingkan dengan material kayu adalah harga lebih murah, kekuatan, dan massa jenis yang lebih ringan, sehingga dapat mengurangi beban yang ditopang oleh bangunan. Secara sifat bahan, baja ringan memiliki kekuatan 550 Mpa (baja biasa 300 Mpa) [3]. Keunggulan tersebut yang menjadikan baja ringan banyak di pilih sebagai konstruksi truss atap ataupun konstruksi bangunan lainnya oleh masyarakat [7].

Pemakaian baja ringan untuk atap akan selalu mengalami perlakuan suhu. Pada siang hari terutama musin panas, baja ringan akan selalu terpapar radiasi panas matahari sampai suhu di atas 50°C. Selain itu, pada musim penghujan, baja ringan terpapar oleh panas dan air. Perubahan suhu material, paparan oleh udara dan air berpengaruh pada struktur logam secara umum. Namun, untuk baja ringan G550 belum ada yang mengkaji tentang perubahan struktur dan kekuatan bahan akibat pengaruh perubahan suhu, paparan udara dan air.

Berdasarkan latar belakang di atas, secara khusus penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh perlakuan panas dan celup cepat terhadap sifat mekanik dan struktur mikro baja ringan G550. Sedangkan untuk bidang fokus penelitian ini adalah material maju dengan tema teknologi pengembangan material fungsional.

TEORI

A. Karakteristik Baja Ringan

Industri di Indonesia telah banyak memproduksi baja ringan Galvalum G550. Galvalum G550 adalah baja struktural berlapis paduan seng/aluminium yang dicelup panas dengan permukaan spangled dan kekuatan luluh minimum yang dijamin 550 MPa dengan keuletan terbatas [6]. Material baja ringan mempunyai kelebihan dibandingkan dengan material kayu, selain kekuatan yang tidak kalah kuat dibanding kayu. Baja ringan juga mempunyai berat yang jauh lebih ringan jika digunakan sebagai struktur atap dibandingkan dengan menggunakan kayu, sehingga dapat mengurangi beban yang dipikul oleh baja ringan tersebut. Bahan dasar baja ringan adalah Carbon Steel. Carbon Steel adalah baja yang terdiri dari elemen-elemen yang presentase maksimum selain bajanya sebagai berikut : 1.70% Carbon, 1.65% Manganese, 0.60% Silikon, 0.60 % Copper. Carbon adalah unsur kimia dengan nomor atom 6, tingkat oksidasi 4.2 dan mangan adalah unsur kimia dengan nomor atom 25, tingkat oksidasi 7.6423 [8]. Carbon dan Manganese adalah bahan pokok untuk meninggikan tegangan (strength) dari baja murni [9].

Meskipun lebih ringan dan tipis dari baja konvensional, dengan kuat tarik sebesar 550 Mpa baja ringan dapat dijadikan andalan untuk menopang beban struktur bangunan. Untuk fungsi non structural seperti penutup atap digunakan baja ringan kualitas G300. Umumnya ketebalannya berkisar antara 0,20 – 2,00 mm. Variasi ketebalan ini ditentukan oleh fungsi seberapa besar beban yang ditopang dan ukuran bentang baja itu sendiri. Ketebalan yang lebih kecil dibanding dengan baja konvensional dengan tujuan untuk mengurangi beban struktur bangunan. Kuda-kuda baja ringan mempunyai ketebalan antara 0,45 – 1,00 mm [9].

Rangka atap baja ringan yang diproduksi di Indonesia menggunakan bahan dasar baja dengan kekuatan G-550 Mpa atau setara dengan 5500 kg/cm² sesuai standar AISI (American Iron and Steel Institute). Adapun coating (pelapis/pelindung) baja ringan dari karat yang beredar adalah galvalum/zincalume, galvanis, seng, dan aluminium [2]. Lapisan coating ini melindungi baja ringan dari karat. Galvalum atau juga disebut Zincalume merupakan baja lapis zinc (galvanis atau seng) dan aluminium dengan komposisi 55% zinc, 43.5% galvanis dan silikon 1.5%. Galvanis merupakan baja lapis zinc atau seng dengan kadar 98% – 98.5% galvanis/seng dan 1.5%-2% silikon [1].

B. Keunggulan dan Kekurangan Baja Ringan

Penggunaan atap dengan rangka baja ringan kini telah menjadi tren tersendiri dan masyarakat mulai meninggalkan rangka kayu untuk atapnya. Baja ringan lebih tipis dan lebih ringan dari baja biasa. Banyak sekali keunggulan atap menggunakan rangka baja ringan yang diaplikasikan pada berbagai rumah saat ini.

Kelemahan dari adalah seratnya yang tak tampak menarik jika tak ditutup oleh plafon, berbeda dengan serat kayu yang dapat dibiarkan tanpa penutup plafon dan akan tetap menarik [2]. Baja ringan memiliki struktur yang menyerupai jaring, sehingga apabila terjadi salah perhitungan pada salah satu sisinya, maka kerusakan akan menyebar ke seluruh rangka atap baja ringan tersebut.

C. Sifat Mekanik Material

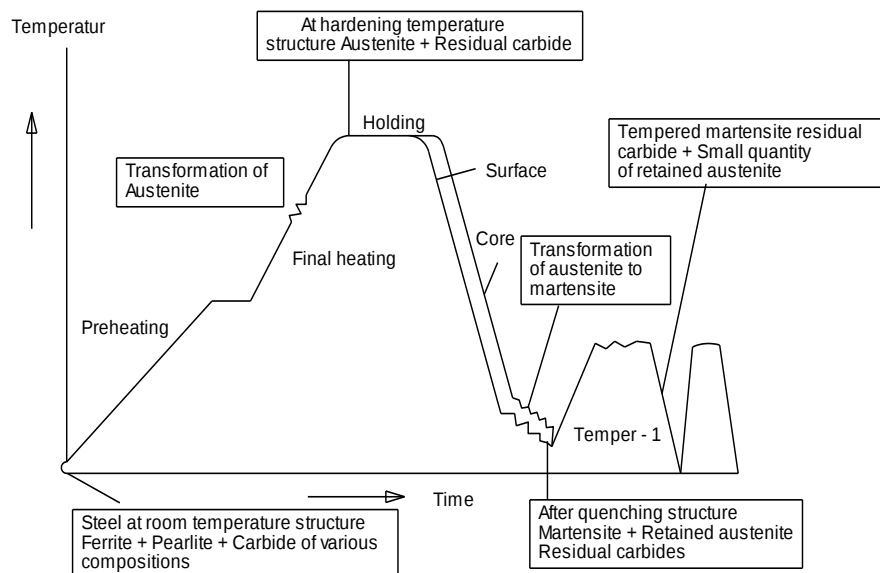
Sifat mekanik dapat diartikan sebagai respon atau perilaku material terhadap pembebanan yang diberikan, dapat berupa gaya, torsi atau gabungan keduanya. Untuk mendapatkan sifat mekanik material, biasanya dilakukan pengujian mekanik. Pengujian mekanik pada dasarnya bersifat merusak (destructive test), dari pengujian tersebut akan dihasilkan kurva atau data yang mencirikan keadaan dari material tersebut.

Setiap material yang diuji dibuat dalam bentuk sampel kecil atau spesimen. Spesimen pengujian dapat mewakili seluruh material apabila berasal dari jenis, komposisi dan perlakuan yang sama. Pengujian yang tepat hanya didapatkan pada material uji yang memenuhi aspek ketepatan pengukuran, kemampuan mesin, kualitas atau jumlah cacat pada material dan ketelitian dalam membuat spesimen [1]. Sifat mekanik tersebut meliputi antara lain kekuatan tarik, ketangguhan, kelenturan, keuletan, kekerasan, ketahanan aus, kekuatan impak, kekuatan mulur, kekuatan leleh dan sebagainya [6].

Untuk mengukur nilai sifat mekanik, maka perlu dilakukan pengujian. Sebagai contoh, jika ingin mengukur kekerasan material logam dilakukan pengujian kekerasan. Berdasarkan cara pengujiannya, terdapat 3 jenis kekerasan, yaitu: (1) Kekerasan goresan (scratch hardness); (2) Kekerasan lekukan (indentation hardness); (3) Kekerasan pantulan (rebound). Untuk logam, hanya kekerasan lekukan yang banyak menarik perhatian dalam kaitannya dengan bidang rekayasa [1]. Terdapat berbagai macam uji kekerasan lekukan, antara lain: Uji kekerasan Brinell, Vickers, Rockwell, Knoop, dan sebagainya.

D. Perlakuan Panas melalui Celup Cepat (Quenching)

Hardening adalah proses perlakuan panas yang diterapkan untuk menghasilkan benda kerja yang keras. Tujuan utama proses pengerasan adalah untuk meningkatkan kekerasan benda kerja dan meningkatkan ketahanan aus. Makin tinggi kekerasan akan semakin tinggi pula ketahanan ausnya. Perlakuan ini terdiri dari memanaskan baja sampai temperatur pengerasannya (Temperatur austenisasi) dan menahannya pada temperatur tersebut untuk jangka waktu tertentu dan kemudian didinginkan dengan laju pendinginan yang sangat tinggi atau di quench agar diperoleh kekerasan yang diinginkan. Alasan memanaskan dan menahannya pada temperatur austenisasi adalah untuk melarutkan sementit dalam austenit kemudian dilanjutkan dengan proses quench [10].



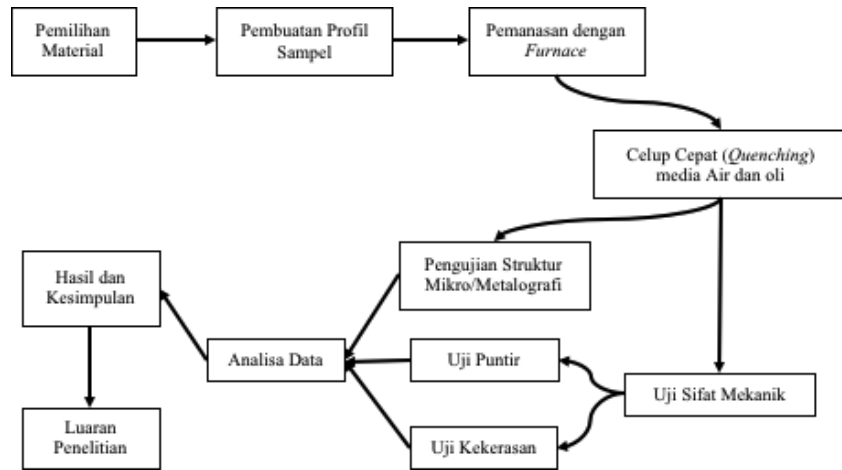
Gambar 1. Grafik Pemanasan [2].

Quenching merupakan proses pencelupan baja yang telah berada pada temperatur pengerasannya (temperatur austenisasi), dengan laju pendinginan yang sangat tinggi (di quench), agar diperoleh kekerasan yang diinginkan. Pada tahap ini, karbon yang terperangkap akan menyebabkan tergesernya atom-atom sehingga terbentuk struktur body center tetragonal. Atom-atom yang tergeser dan karbon yang terperangkap akan menimbulkan struktur sel satuan yang tidak setimbang (memiliki tegangan tertentu). Struktur yang bertegangan ini disebut martensit dan bersifat sangat keras dan getas. Biasanya baja yang dikeraskan diikuti dengan proses penemperan untuk menurunkan tegangan yang ditimbulkan akibat quenching karena adanya pembentukan martensit [11].

METODE

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengkaji pengaruh perlakuan panas dan celup cepat terhadap sifat mekanik dan struktur mikro baja ringan G550. Untuk mencapai tujuan tersebut, maka metode yang dipakai adalah eksperimental. Skema pelaksanaan penelitian ditunjukkan pada Gambar 3.

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin, Sekolah Tinggi Teknologi Dr KHEZ Muttaqien untuk uji kekerasan dan uji puntir. Sedangkan untuk uji tarik dilakukan di Laboratorium Mesin di luar STT Dr KHEZ Muttaqien. Sesuai dengan skema pada Gambar 3, penelitian diawali dengan pemilihan bahan yaitu baja ringan G550 yang beredar di pasar dengan ketebalan 0,75 – 1 mm. Selanjutnya, dilakukan pembuatan profil sampel sesuai dengan ukuran alat uji. Profil sampel kemudian ditempatkan pada tungku pemanas (*furnace*) dengan perubahan suhu mulai dari 50°C, 75°C, 100°C, 125°C, 150°C, 175°C, dan 200°C selama 15 – 20 menit. Setelah dipanaskan kemudian dicelupkan ke media air dan oli dengan teknik celup cepat (*quenching*).



Gambar 3. Skema Penelitian.

Selanjutnya, dilakukan pengujian sifat mekanik yaitu uji kekerasan dan uji puntir. Uji kekerasan dilakukan menggunakan kekerasan Vickers dan angka kekerasan sesuai dengan Persamaan 1.

$$VHN = \frac{2P \sin(0,5\theta)}{L^2} \quad (1)$$

Dengan VHN adalah angka kekerasan, P adalah beban (kg), L adalah panjang diagonal rata-rata (mm), dan θ adalah sudut antara permukaan yang berlawanan. Uji puntir dilakukan pengukuran pada momen puntir beserta sudutnya. Pada daerah plastis, nilai tegangan geser maksimum ditentukan oleh Persamaan 2.

$$\tau_g = \frac{16T_{mak}}{\pi d^3} \quad (2)$$

Dengan τ_g adalah tegangan geser (Mpa), T_{mak} adalah momen puntir (N.m), dan d adalah jejari (mm).

Selanjutnya adalah uji metalografi untuk menentukan hubungan struktur dengan karakteristik material dan perlakuan pada sampel. Profil sampel dicetak ke dalam media akrilik, kemudian dilakukan polishing untuk memperhalus permukaan sampel. Setelah itu, permukaan sampel dibersihkan dengan alkohol dan dilap agar permukaan kering. Selanjutnya, dilakukan etsa dengan mengoleskan larutan nital 5% (HNO_3) pada permukaan sampel. Kemudian permukaan sampel dilihat pada mikroskop dengan perbesaran 1.000 kali untuk melihat perubahan struktur mikro logam sampel.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan tahapan penelitian, maka hasil pelaksanaan penelitian pada laporan akhir ini adalah: 1) Preparasi Sampel; 2) Pemanasan sampel; 3) Pengujian sifat mekanik material (uji tarik, uji puntir, uji kekerasan); 4) Analisa data; 6) Penyusunan luaran penelitian. Pada laporan kemajuan ini, meskipun beberapa tahapan telah sebagian besar telah dilakukan, namun karena ada beberapa kendala maka kemajuan pada setiap tahapan tidak mencapai seratus persen. Penjelasan ringkas mengenai kemajuan pelaksanaan terdapat pada sub poin di bawah ini.

A. Preparasi Sampel

Preparasi sampel dilakukan dengan cara pembelian material baja ringan G550, pemotongan bahan material, dan pemberian kode pada sampel. Pembelian baja ringan dilakukan di toko material di Cikampek, Karawang, Jawa Barat. Baja ringan yang digunakan adalah baja dengan ketebalan 1 mm, 0.75 mm, dan 0.60 mm. Seluruh bahan baja ringan kemudian dipotong menggunakan gurinda dengan panjang masing-masing 70 cm. Ukuran panjang ini dimaksudkan agar sampel dapat digunakan untuk uji puntir dan uji tarik. Total sampel yang digunakan adalah 30 sampel yang terdiri dari 10 sampel untuk masing-masing ketebalan bahan. Setelah bahan dipotong, selanjutnya diberikan kode agar tidak tertukar saat pengujian. Kode yang dipakai adalah Kode A (ketebalan 1 mm), Kode B (ketebalan 0.75 mm), Kode C (ketebalan 0.60 mm).

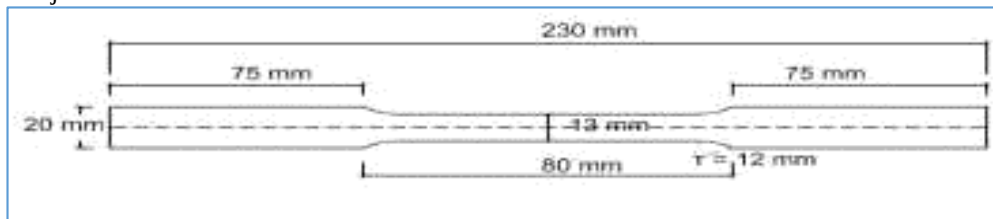


Gambar 1. Proses Pemotongan Sampel.



Gambar 2. Pemberian Kode pada Sampel.

Untuk sampel yang akan dilakukan uji tarik, maka sampel dibentuk sesuai dengan dimensi profil pada Gambar 3. Tujuan pembentukan profil sampel adalah untuk mempermudah perhitungan uji tarik dan mempermudah pemasangan sampel pada alat uji.



Gambar 3. Dimensi Profil Sampel Baja Ringan G550.



Gambar 4. Pembentukan Profil Baja Ringan G550.

B. Pemanasan Sampel

Setelah sampel dipotong sepanjang 70 cm, selanjutnya sampel dipanaskan di bawah titik leleh agar terjadi perubahan struktur mikro pada logam. Sebelum dipanaskan, sampel ditimbang menggunakan *microbalance* dengan ketelitian 10^{-3} g. Proses perlakuan panas dibagi menjadi dua jenis perlakuan. Perlakuan pertama untuk sampel tanpa *quenching* (celup cepat), sedangkan perlakuan kedua untuk sampel dengan *quenching* (celup cepat).

- Perlakuan pertama, pemanasan dilakukan menggunakan *furnace* secara bertahap sampai dengan suhu 200°C, 400°C, 600°C selama 15 – 20 menit. Setelah selesai, maka suhu diturunkan secara perlahan sampai mencapai suhu kamar.
- Perlakuan kedua, pemanasan dilakukan menggunakan *furnace* secara bertahap sampai dengan suhu 200°C, 400°C, dan 600°C selama 15 – 20 menit. Setelah selesai, sampel segera diambil dari dalam *furnace* kemudian dicelupkan ke dalam cairan oli dengan cepat dengan durasi pencelupan kurang lebih 1 – 2 detik.
- Setelah dipanaskan, sampel kembali ditimbang untuk mengetahui massa yang hilang (*loss mass*) selama pemanasan.



Gambar 5. Pemanasan Sampel Menggunakan *Furnace*.



Massa sebelum dioven ($T = 200^{\circ}\text{C}$)

Massa sebelum dioven ($T = 200^{\circ}\text{C}$)

Gambar 6. Pengukuran Massa yang Hilang.

Hasil pengukuran massa yang hilang (*mass loss*) ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Massa yang Hilang.

Spesimen	$T (^{\circ}\text{C})$	t (menit)	m_0 (g)	m_1 (g)	Δm (g)
A-200	200	20	38,21	38,12	0,09
A-400	400	20	38,25	37,98	0,27
A-600	600	20	38,23	37,92	0,31
D (kontrol)	25 (Suhu lingkungan)	-	38,28	38,28	0

Berdasarkan Tabel 1, maka Perlakuan temperatur berpengaruh terhadap massa baja ringan G550, sehingga berpengaruh pada struktur mikro baja ringan tersebut (Ren, dkk., 2020). Selain itu, perubahan massa akan berpengaruh terhadap hasil uji kekerasan dan uji Tarik (Wen, dkk., 2020).

C. Quenching (Celup Cepat)

Perlakuan celup cepat dilakukan sesaat setelah perlakuan panas. Media celup cepat yang digunakan adalah udara, air, dan oli. Langkah-langkah yang telah dilakukan dalam celup cepat adalah sebagai berikut:

- Baja ringan dipanaskan sampai mencapai suhu 200°C , 400°C , 600°C
- Untuk media air, setelah mencapai suhu yang telah ditentukan, kemudian sampel baja ringan diangkat dan dicelupkan ke media air selama 1-2 detik.

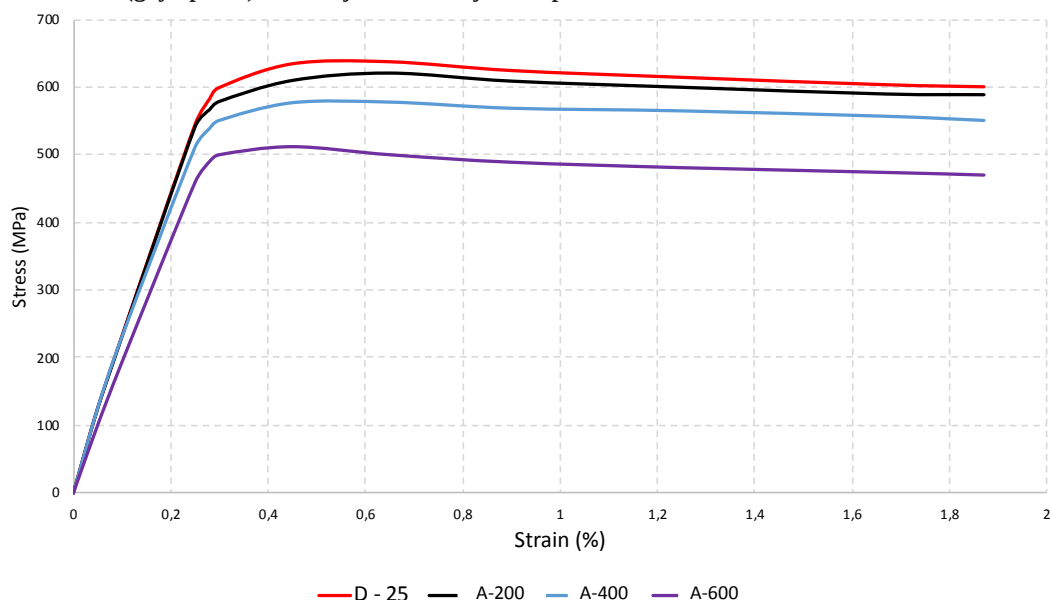
- c. Untuk media oli, setelah mencapai suhu yang telah ditentukan, kemudian sampel baja ringan diangkat dan dicelupkan ke media oli selama 1-2 detik.
- d. Setelah selesai, setiap sampel kemudian diberikan kode untuk dilakukan pengujian tarik, puntir, dan kekerasan.



Gambar 7. Perlakuan Celup Cepat.

D. Pengujian Uji Tarik Baja Ringan G550

Sampai dengan penulisan laporan kemajuan ini, pelaksanaan uji sifat mekanik baru sampai dengan uji tarik, sedangkan uji puntir dan uji kekerasan belum dilakukan. Uji tarik dilakukan di Laboratorium Terpadu Universitas Buana Perjuangan Karawang menggunakan Auto Tensile Tester. Untuk uji tarik, hanya sampel yang sudah diprofil saja yang diuji kekuatan mekaniknya. Sampel yang akan diuji, dipasang pada alat Auto Tensile Tester dan ditarik mulai dari gaya nol sampai dengan gaya maksimal (gaya putus). Hasil uji tarik ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Hasil Pengujian Uji Tarik, Grafik Strain (Regangan) dengan Stress (Tegangan).

Berdasarkan Gambar 7, semakin tinggi suhu pemanasan logam baja ringan G550, maka akan semakin menurunkan sifat mekanik dalam hal ini sifat tarik. Sehingga kekuatan material untuk menahan gaya tarik eksternal semakin menurun.

E. Uji Puntir

Uji puntir dilakukan di Laboratorium Mesin Sekolah Tinggi Teknologi DR KHEZ Muttaqien. Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengukuran Data Uji Puntir.

No.	No. Specimen	Thickness (mm)	Proses Quenching	Pengujian Puntir					
				Date: 21 & 22 November 2022					
				Sudut Puntir	Masa Pemberat (kg)				
					2,50	3,00	3,25	5,00	8,00
I	Spesifikasi G550								
1	A. 1-2	1,00	Quenching - Oil	Derajat	4,20	4,80	6,50	6,60	10,80
2	A. 1-4	1,00	Quenching - Water	Derajat	2,40	2,70	3,60	5,10	6,00
3	A. 1-7	1,00	Quenching - udara	Derajat	0,90	1,80	3,00	6,00	8,10
II	Spesifikasi G550								
1	B. 2-2	0,75	Quenching - Oil	Derajat	3,60	3,90	6,00	9,90	15,00
2	B. 2-4	0,75	Quenching - Water	Derajat	4,80	5,10	6,00	6,00	14,10
3	B. 2-7	0,75	Quenching - Udara	Derajat	4,80	5,40	5,10	6,30	12,90
III	Spesifikasi G550								
1	C. 3-2	0,60	Quenching - Oil	Derajat	9,30	10,80	10,80	17,80	19,20
2	C. 3-4	0,60	Quenching - Water	Derajat	7,20	7,80	8,40	15,00	21,60
3	C. 3-7	0,60	Quenching - Udara	Derajat	6,30	8,40	8,00	14,10	18,60

F. Uji Kekerasan.

Pengujian berikutnya adalah uji kekerasan. Pengujian kekerasan dilakukan menggunakan Metode Rockwell. Metode ini digunakan agar mengetahui daya tahan baja ringan G550 terhadap benturan benda uji berupa bola baja yang ditekan pada permukaan benda uji. Alat uji yang dipakai berupa uji Rockwell digital. Hasil uji kekerasan ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Uji Kekerasan pada Baja Ringan G550.

No. Specimen	Thickness (mm)	Hardness Test (hasil Quenching - Udara)							
		Date : 14 November 2022							
		Satuan Dikonversi ke Brinnell (HL)	Point						Rata-Rata
			1	2	3	4	5	6	
A. 1-7	1,00	HL	237	185	185	178	347	361	248,8
A. 1-8	1,00	HL	262	206	193	210	388	342	266,8
A. 1-9	1,00	HL	232	217	210	257	301	535	292,0
B. 2-7	0,75	HL	299	261	195	206	336	471	294,7
B. 2-8	0,75	HL	242	248	265	268	393	484	316,7
B. 2-9	0,75	HL	256	226	216	236	307	451	282,0
C. 3-7	0,60	HL	337	224	218	187	425	474	310,8
C. 3-8	0,60	HL	365	292	301	298	476	560	382,0
C. 3-9	0,60	HL	297	260	419	348	465	503	382,0
No. Specimen	Thickness (mm)	Hardness Test (hasil Quenching - Oil)							
		Date : 14 November 2022							
			Point						
			1	2	3	4	5	6	
A. 1-1	1,00	HL	210	202	255	252	556	275	291,7
A. 1-2	1,00	HL	237	219	172	227	395	254	250,7
A. 1-3	1,00	HL	238	210	238	185	357	309	256,2
B. 2-1	0,75	HL	288	277	277	244	374	385	307,5

B. 2-2	0,75	HL	229	215	249	210	247	315	244,2
B. 2-3	0,75	HL	255	185	248	266	307	344	267,5
C. 3-1	0,60	HL	260	328	258	254	468	518	347,7
C. 3-2	0,60	HL	346	292	242	285	496	375	339,3
C. 3-3	0,60	HL	354	339	352	274	403	516	373,0
No. Specimen	Thickness (mm)	Hardness Test (hasil Quenching - Water)							
		Date : 14 November 2022							
			Point						
			1	2	3	4	5	6	
Spesifikasi G550									
A. 1-4	1,00	HL	201	239	171	190	402	363	261,0
A. 1-5	1,00	HL	266	201	224	217	327	339	262,3
A. 1-6	1,00	HL	231	221	289	186	348	399	279,0
B. 2-4	0,75	HL	276	215	195	209	457	411	293,8
B. 2-5	0,75	HL	356	219	186	227	358	486	305,3
B. 2-6	0,75	HL	322	319	275	292	459	471	356,3
C. 3-4	0,60	HL	357	204	270	247	460	583	353,5
C. 3-5	0,60	HL	378	325	382	349	413	515	393,7
C. 3-6	0,60	HL	316	399	477	241	430	558	403,5

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa perlakuan panas dan pencelupan secara cepat (*quenching*) berpengaruh terhadap sifat mekanik material baja ringan G550. Pada uji tarik, semakin tinggi suhu, maka akan semakin rendah sifat baja ringan G550 terhadap kekuatan tariknya. Sedangkan pada uji puntir, viskositas media *quenching* semakin tinggi maka akan semakin besar pula sudut yang diperlukan untuk melakukan uji puntir. Sedangkan pada uji kekerasan, semakin tinggi viskositas dan suhu pemanasan baja ringan G550, maka semakin tinggi nilai kekerasan material tersebut. Pada hasil penelitian terdapat beberapa nilai fluktuatif terutama pada pengujian kekerasan. Kondisi ini disebabkan pada proses *quenching*, distribusi pendinginan tidak merata sehingga menyebabkan perbedaan nilai kekerasan pada setiap bagian sampel uji.

ACKNOWLEDGMENT

Penelitian ini dapat dilaksanakan atas bantuan hibah penelitian dosen pemula Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi dengan nomor kontrak induk 156/E5/PG.02.00.PT/2022 dan sub induk kontrak 040/SP2H/RT-MONO/LL4/2022.

REFERENCES

- [1] C. Wei and Y. Jihong, "Mechanical properties of G550 cold-formed steel under transient and steady state conditions," *J. Constr. Steel Res.*, vol. 73, pp. 1–11, 2012, doi: 10.1016/j.jcsr.2011.12.010.
- [2] K. Myuran, M. Mahendran, and M. Sivapathasundaram, "Pull-through capacities of cold-formed steel roof battens considering loading rate sensitivity," *Eng. Struct.*, vol. 177, no. September, pp. 459–472, 2018, doi: 10.1016/j.engstruct.2018.09.008.
- [3] K. Liu *et al.*, "Experimental investigation on the creep behavior of G550 cold-formed steel at elevated temperatures," *Structures*, vol. 31, no. December 2020, pp. 49–56, 2021, doi: 10.1016/j.istruc.2021.01.077.
- [4] K. K. Adewole and F. A. Olutoge, "Numerical prediction of structural steel flat and slant fracture modes using phenomenological shear fracture model," *J. King Saud Univ. - Eng. Sci.*, vol. 31, no. 3, pp. 234–237, 2019, doi: 10.1016/j.jksues.2017.11.001.
- [5] O. M. Darwesh, A. S. El-Hawary, U. S. El Kelany, and G. M. El-Sherbiny, "Nematicidal activity of thermostable alkaline protease produced by *Saccharomonospora viridis* strain Hw G550," *Biotechnol. Reports*, vol. 24, p. e00386, 2019, doi: 10.1016/j.btre.2019. e00386.
- [6] C. A. Rogers and G. J. Hancock, "Fracture toughness of G550 sheet steels subjected to tension," *J. Constr. Steel Res.*, vol. 57, no. 1, pp. 71–89, 2001, doi: 10.1016/S0143-974X(00)00007-9.
- [7] W. Tayier, S. Janasekaran, and V. P. Vijayasree, "Evaluation of heat input and bead geometry of zincalume steel (G550) welded joint between metal inert gas (MIG) and laser beam welding (LBW)," *Mater. Today Proc.*, vol. 48, pp. 895–904, 2021, doi: 10.1016/j.matpr.2021.02.494.
- [8] Y. Cai and B. Young, "Effects of end distance on thin sheet steel bolted connections," *Eng. Struct.*, vol. 196, no. May, p. 109331, 2019, doi: 10.1016/j.engstruct.2019.109331.
- [9] L. Lu *et al.*, "Shear bearing capacity of Self-drilling screw group connections of CFS sheets," *Structures*, vol. 35, no. October 2021, pp. 160–171, 2022, doi: 10.1016/j.istruc.2021.10.096.

- [10] [10] W. Chen *et al.*, “High-temperature steady-state experiments on G550 cold-formed steel during heating and cooling stages,” *Thin-Walled Struct.*, vol. 151, no. March, p. 106760, 2020, doi: 10.1016/j.tws.2020.106760.
- [11] [11] R. Suratman, *Panduan Proses Perlakuan Panas*. Bandung: ITB, 1994.