

Analisis Pengaruh Proses Annealing Dan Pelapisan Galvalume Terhadap Kekuatan Tarik Dan Kekerasan Material Baja Canai Dingin (*Cold Rolled Coil*)

Analysis of the Effect of Annealing and Galvalume Coating Processes on the Tensile Strength and Hardness of Cold Rolled Steel Materials (Cold Rolled Coil)

Apang Djafar Shieddique^{1, *}, Deva Pramara Alamsyah¹, Dede Ardi Rajab¹

¹ Sekolah Tinggi Teknologi Wastukancana Purwakarta, 41151, Indonesia.

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh proses *annealing* dan pelapisan *galvalume* terhadap sifat mekanik baja canai dingin, khususnya kekuatan tarik dan kekerasan. Spesimen baja dengan ketebalan 0,45 mm diuji dalam dua kondisi, yaitu sebelum dan sesudah dilakukan proses *annealing* serta pelapisan *galvalume* AZ100. Pengujian menggunakan metode uji tarik (JIS Z 2201) dan uji kekerasan Rockwell (ASTM E18). Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses *annealing* dan pelapisan *galvalume* menurunkan kekuatan tarik maksimum dari 584,4 MPa menjadi 558,4 MPa, tetapi meningkatkan nilai kekerasan dari 85 HRB menjadi 93 HRB. Hal ini menunjukkan adanya peningkatan kekerasan permukaan dan ketahanan korosi, menjadikan material lebih cocok untuk aplikasi struktural ringan.

Kata kunci: *Annealing*; Baja Canai dingin; *Galvalume*; Kekuatan Tarik; Kekerasan.

Abstract. This study aims to determine the effect of annealing and galvalume coating processes on the mechanical properties of cold-rolled steel, particularly tensile strength and hardness. The specimens with 0.45 mm thickness were tested in two conditions: before and after annealing and AZ100 galvalume coating. Tensile testing (JIS Z 2201) and Rockwell hardness testing (ASTM E18) were performed. The results showed that the annealing and galvalume coating process decreased the maximum tensile strength from 584.4 MPa to 558.4 MPa, while the surface hardness increased from 85 HRB to 93 HRB. This indicates improved surface protection and corrosion resistance, making the material suitable for lightweight structural applications.

Keywords: *Annealing*; Cold Rolled Coil; *Galvalume*; Hardness; Tensile Test.

1. Pendahuluan

Baja merupakan salah satu material teknik paling penting dalam perkembangan industri modern. Hampir seluruh sektor—mulai dari konstruksi, otomotif, manufaktur, hingga peralatan rumah tangga—menggunakan baja sebagai elemen utama karena sifat mekaniknya yang unggul, seperti kekuatan tarik yang tinggi, keuletan yang baik, serta kemampuan untuk dimodifikasi melalui berbagai proses perlakuan panas. Salah satu bentuk produk baja yang banyak diterapkan pada industri adalah baja canai dingin atau *cold rolled coil* (CRC). Material ini diproduksi melalui proses pengerjaan dingin sehingga memiliki kekuatan yang lebih tinggi dibandingkan baja canai panas, namun juga menyimpan tegangan sisa yang dapat memengaruhi sifat mekaniknya. Untuk meningkatkan performa baja canai dingin serta memperpanjang usia pakainya, diperlukan perlakuan tambahan baik secara termal maupun permukaan. Salah satu proses yang umum dilakukan adalah *annealing*, yaitu pemanasan baja hingga suhu tertentu

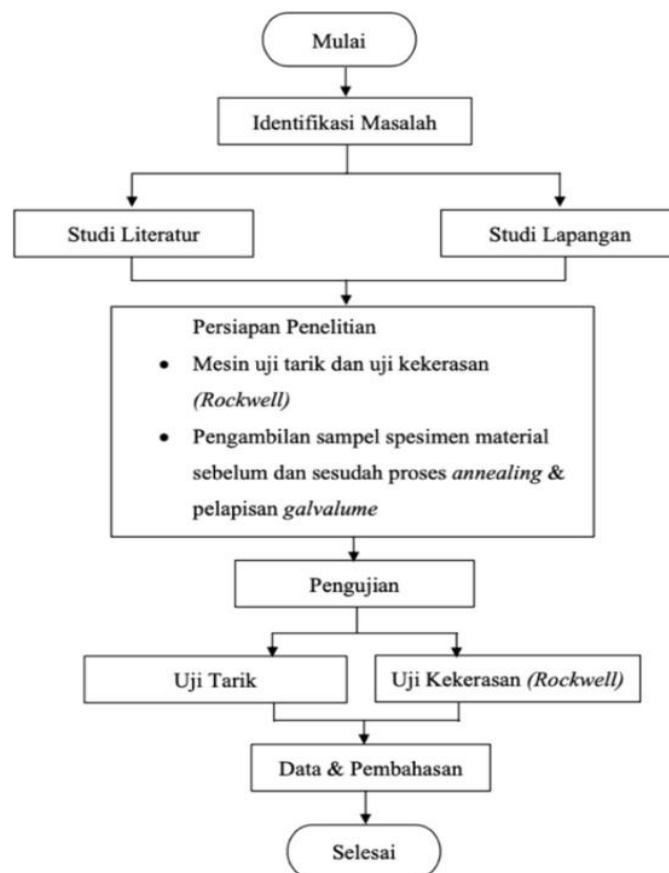
* Penulis korespondensi: apang@wastukancana.ac.id

kemudian didinginkan perlahan untuk menghilangkan tegangan sisa, memperhalus struktur mikro, dan meningkatkan keuletan. Selain itu, pelapisan galvalume campuran 55% aluminium, 43,5% seng, dan 1,5% silikon—banyak digunakan sebagai metode perlindungan korosi yang efektif. Lapisan *galvalume* mampu memberikan ketahanan korosi lebih baik dibanding galvanis konvensional, sekaligus menjaga kestabilan dimensi dan penampilan permukaan baja.

Kombinasi proses *annealing* dan pelapisan galvalume berpotensi memberikan perubahan signifikan pada sifat mekanik baja, terutama kekuatan tarik dan kekerasan. Secara umum, *annealing* dapat menurunkan kekuatan tarik akibat berkurangnya dislokasi dan membesarnya butir kristal, sementara pelapisan galvalume dapat memengaruhi kekerasan permukaan tergantung kualitas adhesi dan ketebalan lapisan. Meski demikian, pengaruh kedua proses tersebut tidak selalu bersifat linear dan dapat bervariasi bergantung pada kondisi perlakuan panas, karakteristik material dasar, serta parameter proses pelapisan. Melihat pentingnya karakterisasi sifat mekanik baja canai dingin pasca-*annealing* dan pelapisan galvalume, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis perubahan kekuatan tarik dan kekerasan material. Pemahaman yang tepat mengenai perubahan sifat tersebut sangat relevan, terutama untuk industri konstruksi dan otomotif yang membutuhkan material dengan kombinasi sifat mekanik dan ketahanan korosi yang optimal. Hasil penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi terhadap pengembangan proses perlakuan panas dan pelapisan baja, serta menjadi referensi bagi penelitian lanjutan maupun praktisi industri dalam memilih dan memodifikasi material baja untuk kebutuhan aplikasi spesifik.

2. Metode

2.1 Diagram Alir



Gambar 1. Diagram Alir

2.2 Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif eksperimental untuk menganalisis pengaruh proses annealing dan pelapisan galvalume terhadap sifat mekanik baja canai dingin (*cold rolled coil*). Fokus pengujian meliputi perubahan kekuatan tarik dan kekerasan permukaan setelah perlakuan.

2.3 Bahan Penelitian

Material yang digunakan adalah baja canai dingin (CRC) dengan komposisi dasar:

1. C = 0,20%
2. Mn = 1,20%
3. P = 0,04%
4. S = 0,030%

Material diuji dalam dua kondisi:

1. *Raw material* (tanpa perlakuan).
2. Material setelah *annealing* + pelapisan galvalume AZ100 (55% Al, 43,5% Zn, 1,5% Si).

Ketebalan spesimen yang digunakan adalah 0,45 mm.

2.4 Prosedur Perlakuan

2.4.1 Proses Annealing

Material dikenakan perlakuan panas dengan tahap berikut:

1. Pemanasan hingga temperatur *annealing* sesuai standar pabrikan.
2. Penahanan (*holding time*) pada temperatur tersebut.
3. Pendinginan perlahan menggunakan *blower* dan *quench tank* sesuai prosedur proses industri.

Tujuan *annealing* adalah menghilangkan tegangan sisa serta meningkatkan keuletan dan homogenitas mikrostruktur.

2.4.2 Proses Pelapisan Galvalume

Pelapisan dilakukan melalui proses *hot-dip coating*:

1. Baja dicelupkan ke dalam pot logam cair campuran Al-Zn-Si.
2. Ketebalan lapisan dikontrol menggunakan *air knives*.
3. Material didinginkan, diluruskan, dan dilapisi *anti-fingerprint* sebelum penggulangan.

2.5 Pengujian Material

Pengujian dilakukan pada dua jenis spesimen (*raw* dan *annealing + galvalume*). Standar yang digunakan adalah JIS Z 2201 untuk uji tarik dan ASTM E18 (ISO 6508) untuk uji kekerasan Rockwell.

2.5.1 Uji Tarik

1. Menggunakan mesin UTM Hung Ta 0906.
2. Spesimen dipotong sesuai standar JIS Z 2201.
3. Data yang diukur:
 - a. Kekuatan tarik maksimum (UTS)
 - b. Kekuatan luluh (Yield Strength)
 - c. Regangan (elongation)
 - d. Modulus elastisitas
 - e. Toughness

Perhitungan dilakukan berdasarkan perubahan panjang spesimen sebelum dan sesudah pengujian.

2.5.2 Uji Kekerasan Rockwell

1. Menggunakan skala HRB dengan indenter bola baja.
2. Beban minor 10 kgf, beban mayor 100 kgf.
3. Pengujian dilakukan pada satu titik berulang, kemudian dirata-ratakan.

Tujuan: mengetahui efek *annealing* + *galvalume* terhadap kekerasan permukaan.

2.6. Teknik Analisis Data

Analisis dilakukan dengan langkah-langkah berikut:

1. Membandingkan nilai UTS, YS, regangan, dan modulus elastisitas antara *raw material* dan material setelah perlakuan.
2. Menganalisis penurunan atau peningkatan kekerasan HRB pasca perlakuan.
3. Menginterpretasi pengaruh perlakuan terhadap perilaku mekanik material secara keseluruhan.
4. Menarik kesimpulan berdasarkan kecenderungan perubahan sifat mekanik.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil Pengujian

3.1.1 Hasil Pengujian Tarik

Pengujian tarik dilakukan pada dua kondisi spesimen: *raw material* dan material setelah *annealing* + pelapisan *galvalume*. Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengujian Tarik		
Parameter	Raw Material	Annealing + Galvalume
Kekuatan Tarik (MPa)	584,4	558,4
Kekuatan Luluh (MPa)	251,0	243,4
Regangan (%)	4%	5%
Modulus Elastisitas (GPa)	125,37	121,46
Toughness (kgf/mm ²)	1,19	2,84

3.1.2 Hasil Pengujian Kekerasan Rockwell

Pengujian kekerasan dilakukan pada skala HRB menggunakan indenter bola baja. Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Kekerasan Rockwell			
Spesimen	Ketebalan (mm)	HRB Raw	HRB Galvalume
A	0,45	97	94

3.2 Pembahasan

3.2.1 Pengaruh Annealing terhadap Kekuatan Tarik

Hasil menunjukkan bahwa proses *annealing* diikuti pelapisan *galvalume* menyebabkan penurunan kekuatan tarik dari 584,4 MPa menjadi 558,4 MPa. Hal ini sesuai dengan karakteristik *annealing* yang menghilangkan tegangan sisa akibat pengerjaan dingin, sehingga struktur mikro menjadi lebih stabil tetapi kurang keras dan kurang kuat. Penurunan kekuatan tarik umum terjadi akibat *grain growth* dan berkurangnya densitas dislokasi.

3.2.2 Pengaruh Pelapisan Galvalume terhadap Kekerasan

Nilai kekerasan mengalami penurunan dari 97 HRB menjadi 94 HRB. Meskipun lapisan *galvalume* biasanya dapat meningkatkan ketahanan aus permukaan, pada penelitian ini penurunan terjadi karena:

1. Material sudah mengalami pelunakan setelah *annealing*.
2. Lapisan Al-Zn yang relatif lunak dibanding baja dasar.

3. Adhesi lapisan yang menyebabkan pengukuran HRB lebih dipengaruhi oleh lapisan luar.

2.3 Perubahan Modulus Elastisitas dan Regangan

Modulus elastisitas mengalami penurunan dari 125,37 GPa menjadi 121,46 GPa. Penurunan ini menunjukkan bahwa material menjadi lebih lentur dan lebih mudah mengalami deformasi, sejalan dengan proses *annealing*.

Regangan meningkat dari 4% menjadi 5%. Peningkatan ini mengindikasikan bahwa material menjadi lebih ulet setelah perlakuan, suatu kondisi yang diharapkan dari proses *annealing*.

2.4 Peningkatan Toughness

Nilai *toughness* meningkat signifikan dari 1,19 menjadi 2,84 kgf/mm². Hal ini menunjukkan bahwa material lebih mampu menyerap energi sebelum patah. Meskipun kekuatan tarik menurun, ketangguhan naik menjadikan material lebih ideal untuk aplikasi struktural ringan yang membutuhkan deformasi sebelum kegagalan.

2.5 Interpretasi Keseluruhan

Secara umum, kombinasi *annealing* dan pelapisan *galvalume*:

1. Menurunkan: kekuatan tarik, kekerasan, modulus elastisitas
2. Meningkatkan: keuletan, ketangguhan, kemampuan deformasi
3. Memberikan manfaat tambahan: ketahanan korosi berkat lapisan *galvalume*

Material ini cocok untuk aplikasi struktur ringan, panel konstruksi, dan komponen non-load-bearing yang membutuhkan ketahanan lingkungan namun tidak memerlukan kekuatan tarik tinggi.

4. Kesimpulan

Penelitian mengenai pengaruh proses *annealing* dan pelapisan *galvalume* terhadap sifat mekanik baja canai dingin memberikan beberapa temuan penting. Berdasarkan hasil pengujian tarik dan kekerasan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Proses *annealing* dan pelapisan *galvalume* menyebabkan penurunan kekuatan tarik dari 584,4 MPa menjadi 558,4 MPa. Penurunan ini terjadi karena *annealing* menghilangkan tegangan sisa dan memperbesar butir kristal, sehingga kekuatan material menurun meskipun strukturnya menjadi lebih stabil.
2. Nilai kekerasan permukaan mengalami penurunan sebesar 3 HRB dari 97 menjadi 94. Hal ini menunjukkan bahwa kombinasi *annealing* dan pelapisan Al-Zn menghasilkan permukaan yang lebih lunak dibanding kondisi awal, terutama karena efek pelunakan setelah *annealing*.
3. Keuletan (*elongation*) meningkat dari 4% menjadi 5%, menunjukkan bahwa material menjadi lebih plastis dan mampu mengalami deformasi lebih besar sebelum patah. Peningkatan ini konsisten dengan karakteristik *annealing* yang memperbaiki kemampuan deformasi.
4. Nilai *toughness* meningkat signifikan dari 1,19 menjadi 2,84 kgf/mm², menunjukkan bahwa material setelah perlakuan mampu menyerap energi lebih besar sebelum mengalami kegagalan. Hal ini menjadikan material lebih cocok untuk aplikasi struktural ringan yang membutuhkan deformasi tanpa patah tiba-tiba.
5. Secara keseluruhan, kombinasi *annealing* dan pelapisan *galvalume* menghasilkan material yang lebih ulet, lebih tangguh, dan lebih tahan korosi, meskipun dengan konsekuensi penurunan kekuatan tarik dan kekerasan. Dengan demikian, material hasil perlakuan ini lebih direkomendasikan untuk aplikasi non-struktural atau beban ringan, seperti panel konstruksi, rangka ringan, dan komponen luar yang membutuhkan ketahanan terhadap lingkungan.

Daftar Pustaka

- [1] Dwiyantri, U. (2023). *Skripsi : Pengaruh Perlakuan Panas (Heat Treatment) Terhadap Sifat Fisik Dan Mekanis Papan Lamniasi Sengon*.
- [2] Arief, M. (2021). *Skripsi : Pengaruh Proses Annealing Dan Normalizing Terhadap Kekuatan Tarik, Kekerasan, Dan Struktur Mikro Baja Assab 709*
https://repository.unsri.ac.id/49633/3/RAMA_21201_03051281722052_0015105904_01_front_ref.pdf
- [3] G. Tri, Sambodo. (2021). *Tugas Akhir : Analisa Pengaruh Proses Annealing Terhadap Kekerasan Dan Struktur Mikro Pada Baja St60 Dengan Variasi Temperatur 750°, 800°, 850°, 900°C Dan Holding Time 15 Menit, 30 Menit, 45 Menit, Dan 60 Menit*.
<https://eprints.ums.ac.id/91514/2/Naskah%20Publikasi.pdf>
- [4] M. Mudrikunni'am (2023). *SKRIPSI : Pengujian Kuat Tarik dan Kekerasan Pada Pengelasan SMAW Baja Karbon Rendah Dengan Variasi Kuat Arus* <https://repositori.untidar.ac.id/index.php?p-fstream-pdf&fid=37043&bid=13399>
- [5] Yang Gao, S. K. (2023). *Galvanic corrosion behavior of hot-dip Al and 55Al Zn coatings applied to steel bolted joints in atmospheric environments*. Japan.