



Pengaruh Media Pendingin pada Perlakuan Panas Terhadap Sifat Mekanik dan Struktur Mikro Plat Strip Stainless Steel AISI 304

Salman Salman*, Arasj Krishna, Emmy Dyah Setyowati, Agus Dwi Catur

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mataram, Jln. Majapahit No. 62 Mataram, Nusa Tenggara Barat

*Pengarang korespondensi: salman@unram.ac.id

(Dikirim: 16 Agustus 2021, Direvisi: 24 Agustus 2021 / Diterima : 25 Agustus 2021)

ABSTRACT

The mechanical properties of stainless steel AISI 304 still need to be observed by conducting the heat treatment and quenching using various cooling media. Therefore, this article describes the effect of variations in cooling media on the mechanical strength of Stainless Steel AISI 304 after heat treatment. The method was the specimens were heated at a temperature of 900°C and cooled rapidly using a variety of cooling media. Furthermore, the mechanical strength was tested by means of a hardness tester and an impact test device, and then the optic microstructure equipment. The results show that heating treatment and being cooled quickly greatly affect the value of hardness and impact strength.

Keywords:

Stainless steel AISI 304
Heat treatment
Quenching
Hardness
Impact
Microstructure

ABSTRAK

Sifat mekanik baja tahan karat AISI 304 masih perlu diteliti dengan melakukan perlakuan panas dan quenching menggunakan berbagai media pendingin. Oleh karena itu artikel ini menjelaskan pengaruh variasi media pendingin terhadap kekuatan mekanik Stainless Steel AISI 304 setelah perlakuan panas. Metode yang digunakan adalah spesimen dipanaskan pada suhu 900°C dan didinginkan secara cepat menggunakan berbagai media pendingin. Selanjutnya, kekuatan mekanik diuji dengan alat uji kekerasan dan alat uji impak dan uji struktur mikro. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan pemanasan dan pendinginan yang cepat sangat mempengaruhi nilai kekerasan dan kekuatan impak.

Kata kunci:

Baja tahan karat AISI 304
Perlakuan panas
Pendinginan
Kekerasan
Impak
Struktur mikro

1. Pendahuluan

Stainless steel AISI 304 adalah salah satu material logam yang umum digunakan dalam peralatan industri. Material ini mempunyai ketangguhan, kekerasan yang lebih unggul dibanding logam lain. Meski demikian sejumlah penelitian masih berupaya mengoptimasi sifat mekaniknya. Salah satunya dengan cara perlakuan panas. Proses perlakuan panas meliputi pemanasan logam, dalam hal ini umumnya baja, pada suhu tertentu, lalu ditahan selama waktu tertentu dan didinginkan pada media tertentu pula. Perlakuan panas mempunyai tujuan untuk meningkatkan keuletan, menghilangkan tegangan internal, menghaluskan butir kristal, meningkatkan kekerasan, tegangan tarik logam dan sejenisnya.

Tujuan tersebut akan tercapai jika memperhatikan faktor yang mempengaruhinya, seperti suhu pemanasan dan media pendingin yang digunakan (Djafrie, 1985).

Metode pendinginan berpengaruh terhadap struktur mikro material logam seperti yang diteliti (Sari, 2017). Peneliti memanaskan lembaran baja karbon rendah pada suhu 900°C selama 30 menit. Lalu didinginkan menggunakan metode pendinginan yang berbeda, yaitu: air (*quenching*), udara (*normalizing*) dan pendinginan dalam oven (*annealing*). Diperoleh kekerasan lembaran baja karbon rendah menggunakan media air lebih tinggi dibandingkan dengan media lain. Dari segi struktur mikro terjadi deformasi struktur ferrit menjadi pearlit yang berkontribusi pada peningkatan sifat mekanik bahan bila dibandingkan tanpa perlakuan panas.

Variasi suhu pemanasan juga berpengaruh signifikan terhadap sifat mekanik baja. Seperti yang diteliti oleh Suarsana (2018). Diperoleh sifat mekanik bahan berubah melalui perlakuan panas pada variasi suhu berbeda. Pemanasan dimaksudkan untuk memperbaiki susunan struktur mikro material dengan membentuk struktur martensit yang selanjutnya meningkatkan nilai kekerasan (Alwarits, 2014). Dengan pemanasan baja karbon sedang pada suhu 830° diperoleh peningkatan kekerasan pada baja karbon sedang S45C dibandingkan dengan rata-rata spesimen awal tanpa perlakuan.

Sejumlah metode perlakuan panas diterapkan demi mendapatkan sifat mekanik bahan logam yang diinginkan. Seperti baja ASTM A-36, kekuatannya dapat ditingkatkan melalui austenisasi panas kerja. Austenisasi dilakukan pada suhu 900°C selama satu jam, kemudian didinginkan dalam pendingin secara cepat seperti yang diperoleh Sumiyanto (2015). Hasil percobaan menunjukkan bahwa kekuatan awal baja adalah 423,9 MPa, setelah diaustenisasi kekuatannya meningkat menjadi 474,9 MPa melalui pendinginan udara, dan 560,5 MPa melalui pendinginan air.

Gejala yang sama juga diunjukkan Yunus (2019) yang melakukan proses *quenching* pada baja S30C pada suhu 850° dengan waktu tahan 2 jam dan 3 jam kemudian didinginkan secara cepat dengan media pendingin oli. Hasilnya bahan dengan perlakuan panas memiliki nilai kekerasan lebih tinggi yaitu 87,4 HRB dibanding dengan tanpa perlakuan panas yaitu 82,7 HRB.

Yang menarik dari metode *quenching* adalah bagaimana memilih media pendingin dan tahapan proses yang dilakukan sehingga akan meminimalkan beragam tegangan yang timbul guna mengurangi potensi retak dan distorsi serta pada saat yang sama mampu menyediakan laju perpindahan panas yang cukup untuk mendapatkan sifat akhir yang diinginkan (Chaves, 2001).

Kemampuan suatu jenis media dalam mendinginkan spesimen bisa berbeda-beda. Perbedaan kemampuan media pendingin disebabkan oleh temperatur, viskositas, kadar larutan dan bahan dasar media pendingin.

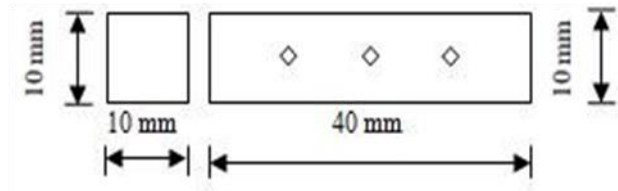
Karena itu penelitian berikut ini membahas sifat mekanik baja AISI 340 setelah melalui perlakuan panas dan pendinginan. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui perbandingan kekuatan material plat *strip stainless steel* AISI 304 dengan melalui proses perlakuan panas dan tanpa perlakuan panas. Selain itu juga mengetahui pengaruh penggunaan variasi media pendingin *quenching* terhadap kekerasan pada plat *strip stainless steel* AISI 304.

2. Metode

2.1 Alat dan bahan

Alat utama yang digunakan dalam penelitian ini antara lain mesin skrap, mesin potong gerinda, alat uji kekerasan tipe Vickers, uji impak Charpy, mikroskop optik dan tungku *heat treatment*. Sedangkan bahan utama yang digunakan adalah plat strip baja AISI 304.

Spesimen dipotong terlebih dahulu sesuai ukuran standar pengujian. Jumlah spesimen yang dipakai adalah 30 buah.



Gambar 1. Alat uji kekerasan tipe Vickers dan dimensi spesimennya.

2.2. Proses perlakuan panas

Spesimen dipanaskan dalam oven selama 3 jam pada temperatur 900°C.

2.3. Proses pendinginan

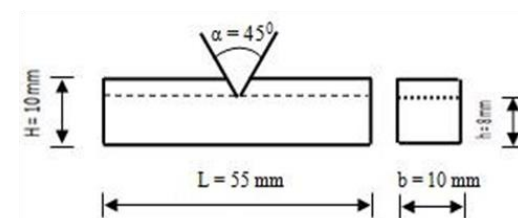
Metode pendinginan yang digunakan adalah *Quenching*. Media pendingin yang digunakan adalah air merek Aqua, air getah pisang (GP), dan air garam (AG). Media pendingin disiapkan sebanyak 500 ml. Spesimen yang telah melewati perlakuan panas didiamkan di dalam wadah berisi media pendingin hingga mencapai suhu 25°C.

2.4. Pengujian kekerasan

Nilai kekerasan (HV) diperoleh dengan menggunakan alat uji kekerasan metode Vickers sesuai standar ASTM Standar E-29. Alat ini menggunakan indenter diamond dengan berat beban P (N) 60 kg dan sudut tekan 136°. Ukuran spesimen adalah 40 x 10 x 10 mm³ (lihat Gambar 1). Selanjutnya nilai kekerasan diperoleh dengan menggunakan persamaan,

$$HV = P/A \quad (1)$$

Di mana A = Luas permukaan bidang (mm²)



Gambar 2. Alat uji impak tipe Charpy dan dimensi spesimennya.

2.5. Pengujian Impak

Pengujian impak menggunakan impak Charpy sesuai oleh standar ASTM D-5942. Spesimen batang uji impak metode Charpy memiliki spesifikasi dimensi penampang 10 x 10 x 55mm³, tepat

di tengah spesimen ditakik V-45° dengan kedalaman 2 mm, jari-jari dasar 0,25 mm (lihat Gambar 2). Benda uji diletakkan mendatar dan bagian yang tak bertakik diberi pembebanan impact dengan ayunan bandul (kecepatan impact sekitar 3 - 6 m/s).

Energi awal (E_0) dan akhir (E_1) yang dipakai untuk pada spesimen adalah

$$E_0 = W \ell (1 - \cos \alpha) \quad (2)$$

$$E_1 = W \ell (1 - \cos \beta) \quad (3)$$

Energi (E) untuk mematahkan spesimen adalah

$$\begin{aligned} E &= E_0 - E_1 \\ &= W \ell (\cos \beta - \cos \alpha) \text{ (kg m)} \end{aligned} \quad (4)$$

Dimana

W = Berat pendulum (kg)

ℓ = Panjang bandul (m)

α = Sudut awal bandul (°)

β = Sudut akhir bandul (°)

Sedangkan harga impact (H_i) adalah

$$H_i = E/A \quad (5)$$

Di mana A = luas penampang (mm^2)



Gambar 3. Mikroskop optik.

2.6. Uji struktur mikro

Spesimen yang telah melalui perlakuan kekerasan dan impact, dilanjutkan dengan pengamatan struktur mikro menggunakan mikroskop optik dengan pembesaran 400x (lihat Gambar 3).

3. Hasil dan diskusi

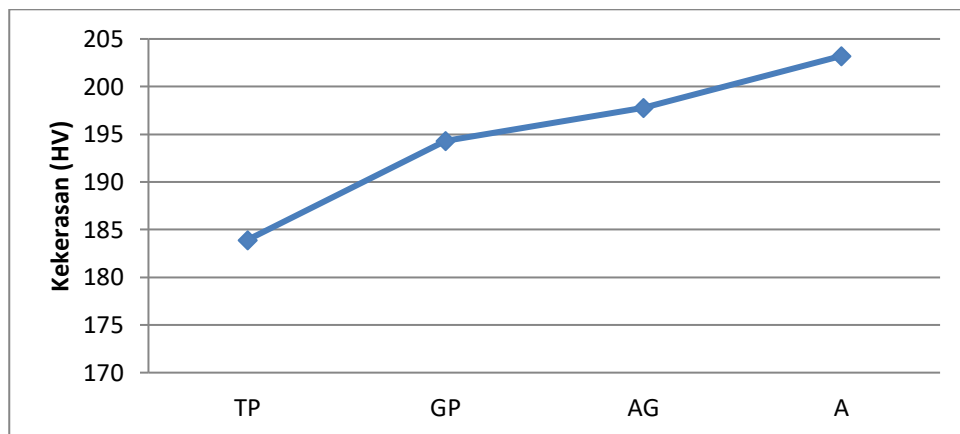
Spesimen dari plat strip stainless steel AISI 304 diberikan proses perlakuan panas dan pendinginan secara cepat melalui proses *quenching* dengan variasi media pendingin yang berbeda. Selanjutnya bahan diuji melalui tiga pengujian yaitu uji kekerasan, impact, dan struktur mikro.

3.1. Hasil uji kekerasan

Hasil uji kekerasan menunjukkan nilai berbeda berdasarkan jenis pendinginnya (lihat Tabel 1).

Tabel 1. Data nilai kekerasan

Perlakuan	HV (kg/mm ²)	Rata-rata (N/mm ²)	Standar Deviasi (N/mm ²)
TP	180,07	183,92	0,81
	185,64		
	184,07		
GP	197,76	194,32	2,43
	190,08		
	195,14		
AG	197,76	197,76	0
	197,76		
	197,76		
Air	208,74	203,21	3,91
	197,76		
	203,14		



Gambar 4. Hasil pengujian kekerasan spesimen pada berbagai jenis pendingin.

Spesimen tanpa perlakuan panas (TP) mempunyai tingkat kekerasan rendah dibanding dengan yang melewati perlakuan panas. Untuk yang memakai pendingin, nilai kekerasan yang paling rendah diperoleh pada spesimen yang melalui kekerasan dengan pendingin getah pohon pisang (GP) sebesar 194,32 HV. Sedangkan yang berpendingin air garam (AG) diperoleh 197,03 HV dan air Aqua (A) sebesar HV kg/mm²(lihat Gambar 4)

Tingkat kekerasan suatu material dipengaruhi oleh paduan unsur pada bahan. Penyebab kekerasan pada spesimen menurun adalah kurangnya kadar karbon yang terkandung di dalam bahan. Kadar karbon yang dimiliki pada *plat strip stainless steel* AISI 304 ini adalah 0,08%, sehingga tidak dapat dikeraskan hanya dengan proses pemanasan secara langsung (Chaves, 2001).

Tabel 2. Analisis Anova *single factor* untuk uji kekerasan

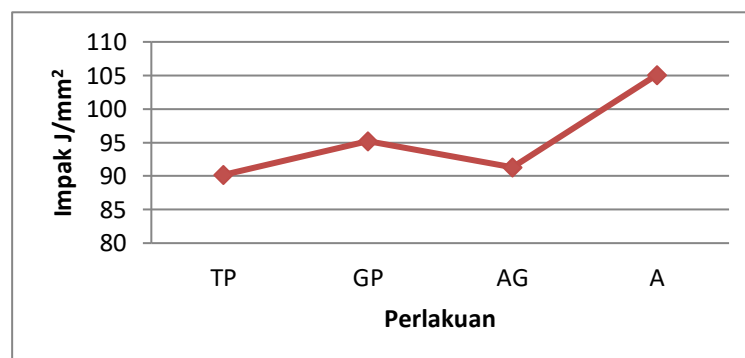
Source of Variation	SS	df	MS	F _{hitung}	P-value	F _{tabel}
Between Groups	3283.437067	3	1094.479022	88.7880361	1.758E-06	4.06618056
Within Groups	98.615	8	12.326875			
Total	3382.052067	11				

Namun dari hasil uji Anova satu arah seperti di Tabel 2 diperoleh nilai F_{hitung} (88.7880361) > F_{tabel} (4.06618056), sehingga H_0 ditolak dan H_1 diterima. Itu artinya perlakuan berpengaruh terhadap kekerasan spesimen.

3.2. Pengujian impak

Table 3. Data hasil pengujian impak.

Perlakuan	A (mm ²)	E (J)	Rata-rata Hi(J/mm ²)	Standar Deviasi (J/mm ²)
TP	89,57	179	90,18	72,26
	86,83	199		
	87,92	192		
GP	81,16	202	95,21	82,05
	88,39	238		
	82,79	230		
AG	85,69	186	91,28	75,15
	84,41	215		
	88,9	231		
Air	88,76	224	105,09	91,15
	85,65	250		
	86,02	246		



Gambar 5. Nilai impak spesimen pada berbagai jenis pendingin.

Dengan perlakuan panas diperoleh nilai impak bahan lebih besar dibanding tanpa perlakuan panas (lihat Tabel 3 dan Gambar 5). Untuk kasus penggunaan media pendingin yang berbeda, diperoleh nilai impak tertinggi ada pada media pendingin air. Hasil ini sejalan dengan nilai kekerasan sebelumnya. Dengan demikian media pendingin air tetap lebih unggul dalam hal perbaikan sifat mekanik impak bahan. Hanya saja sedikit berbeda dengan nilai kekerasan di mana nilai terendahnya ada pada media getah pohon pisang, maka dalam hal impak, nilai impak terendah diperoleh pada media pendingin air garam namun tetap berbanding lurus dengan hasil data pengujian kekerasan tersebut. Hasil ini juga dikonfirmasi lewat analisis Anova satu arah diperoleh nilai $F_{hitung} (6.011876856) > F_{tabel} (4.066180557)$, sehingga H_0 ditolak dan H_1 diterima. Itu artinya perlakuan kekerasan berpengaruh terhadap keuletan spesimen (lihat Tabel 4).

Tabel 4. Analisis anova *single factor* untuk uji impak

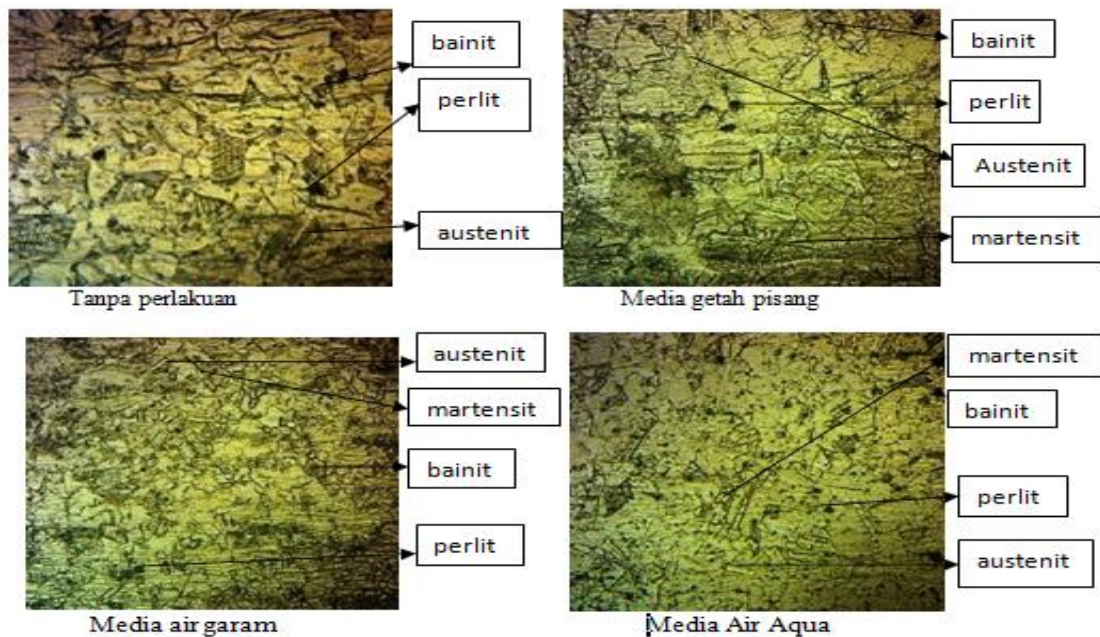
ANOVA						
<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F_{hitung}</i>	<i>P-value</i>	<i>F_{tabel}</i>
Between Groups	0.641166667	3	0.213722222	6.011876856	0.019041161	4.066180557
Within Groups	0.2844	8			0.03555	
Total	0.925566667	11				

3.3. Pengujian Struktur Mikro

Melalui perlakuan panas, struktur butir kristal lebih halus dibanding tanpa perlakuan panas. Dari sini diperoleh struktur kristal martensit pada bahan yang mempengaruhi kekerasan bahan. Martensit berstruktur jarum karena jaringan atomnya berbentuk tetragonal. Melalui *holding time* saat pemanasan diperoleh *homogeny* pada struktur austenite bahan. Hal ini disebabkan kelarutan karbida ke dalam austenite dan difusi karbon dan unsur paduannya.

Pemanasan logam sampai dengan suhu austenitisasi yang ditahan beberapa waktu menghasilkan austenit yang homogen, Sedangkan dengan pendinginan secara cepat diperoleh struktur martensit yang memiliki kekerasan yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan struktur perlit dan ferit (lihat Gambar 5).

Komposisi kimia pada getah pohon pisang sebagai media pendingin dalam proses perlakuan panas ini turut mempengaruhi struktur mikro bahan karena getah pisang cukup banyak mengandung air (86%). Selain itu juga mengandung unsur campuran pada baja seperti hidrat arang atau carbon (11,6%), Fe (0,5%), yang mempengaruhi sifat mekanik hasil hardening bahan. Sedangkan media pendingin menggunakan air garam menghasilkan ikatan struktur mikropadabahan yang lebih keras karena pada permukaan logamnya memiliki kadar zat arang yang lebih tinggi.



Gambar 5. Struktur mikro bahan setelah perlakuan panas pada berbagai media pendingin.

4. Kesimpulan

Meski Stainless steel AISI 304 mempunyai sejumlah keunggulan sifat mekanik, sejumlah penelitian masih berupaya untuk mengoptimasi sifat mekaniknya. Salah satunya dengan cara perlakuan panas dan pendinginan cepat. Dalam penelitian ini bahan dipanaskan sampai 900°C lalu didinginkan menggunakan media pendingin yang beragam antara lain getah pohon pisang, air garam dan air Aqua.

Diperoleh bahan dari perlakuan panas mempunyai tingkat kekerasan lebih tinggi dibanding dengan yang tanpa perlakuan panas. Untuk bahan yang menggunakan media pendingin yang beragam, diperoleh nilai kekerasan tertinggi ada pada media air yaitu 203,21 HV. Sedangkan terendah pada media getah pohon pisang yaitu sebesar 194,32 HV. Hasil ini mengkonfirmasi penelitian sebelumnya yang memperoleh nilai kekerasan bahan melalui perlakuan panas lebih tinggi dibanding tanpa perlakuan panas.

Hasil yang sama pada uji uji impak, diperoleh nilai impak tertinggi ada pada media air yaitu sebesar 105,09 J/mm². Namun bedanya, nilai terendah ada pada media air garam yaitu 91,28 J/mm².

Dari uji struktur mikro, terlihat pembentukan martensit setelah dilakukan perlakuan panas. Demikian pula susunan struktur mikro bahan lebih halus. Hanya saja diperoleh susunan random struktur mikro bahan yang melewati berbagai jenis pendingin. Gejala ini membutuhkan pengujian lebih komprehensif.

Ucapan terimakasih

Terimakasih diucapkan kepada pengelola Laboratorium Material, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mataram yang telah menyediakan fasilitas penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Alwarits, S., Daswarman, M. Nasir., (2014), Pengaruh Media Pendingin Pada Proses Hardening Terhadap Peningkatan Kekerasan Baja Karbon, Automotive Engineering Series, Universitas Andalas, Vol. 2, No. 2, p.23-31.
- Chaves, J.C. (2001). *The Effect of Surface Condition and High Temperature Oxidation on Quenching Performance of 4140 Steel in Mineral Oil*, Manufacturing Engineering, Worcester Polytechnic Institute.
- Djafrie, S. 1985. Teknologi Mekanik Jilid 1. Terjemahan dari *Manufacturing Processes*, Erlangga. Jakarta.
- Sari, H.N, (2017). Perlakuan Panas Pada Baja Karbon: Efek Media Pendinginan Terhadap Sifat Mekanik dan Struktur Mikro, Jurnal Teknik Mesin Universitas Mercubuana. Vol 6, No 4, p.13-21.
- Suarsana,K, Santhiarsa, IGN, Negara, N.D.P. (2018), Pengaruh Perlakuan Temperatur dan Media Pendinginan Terhadap Sifat Ketangguhan Baja AISI 3215, Jurnal METTEK, Universitas Udayana, Vol. 4 No. 1, p. 23-30.
- Sumiyanto, Abdunnase, (2015), Pengaruh Media Pendingin Terhadap Sifat Mekanik dan Struktur Mikro Plat Baja Karbon ASTM A-36, Bina Teknika, Universitas Sebelas Maret, Vol. 11, No. 2, Edisi Desember, p. 155-170.
- Yunus, M. (2019), Pengaruh Perlakuan Panas Quenching Dengan Media Pendingin Oli Terhadap Kekerasan Baja Karbon S30C, Jurnal Teknik Mesin, Universitas Mercubuana, Vol 7, No. 1, p. 19-25.