

# Pengaruh Perlakuan Panas Setelah *Brazing* Dengan Menggunakan Metode Taguchi

**Ibnu Muzaki, Lobes Herdiman, Eko Pujiyanto\***  
Jurusan Teknik Industri, Universitas Sebelas Maret, Surakarta

---

## *Abstract*

*Experiment use Taguchi method, with quality characteristic is shear strength at brazing joint based on standard examination of AWS C3.2M/C3.2:2001, while anticipated factor can improve shear strength is temperature, time held up and refrigeration method at heat treatment process. Data processing use two analysis to determine optimal level setting, consist of analysis of mean and analysis of signal to noise ratio, then conducted confirmation experiment to test value of factor level setting predicted at optimal condition.*

**Keywords :** *strength, Taguchi method, heat treatment, torch brazing.*

---

## **1. Pendahuluan**

Dalam industri manufaktur, perkembangan pisau potong meningkat dengan pesat, dimulai dari penemuan baja kecepatan putaran tinggi (HSS), *carbide tip*, sampai pada *sandwich tip*. Pahat HSS dengan harga yang relatif murah, dapat dibuat dengan ukuran yang besar sehingga dalam penggunaannya tidak perlu digunakan pemegang (*holder*) lagi, tetapi bisa langsung diletakkan pada *tool post* pada mesin bubut. Berbeda dengan HSS, pahat dengan model *tip*, biasanya lebih mahal, sehingga pahat ini tersedia di pasaran dalam bentuk kecil-kecil (*tip*), yang dalam penggunaannya perlu memakai *holder*.

Penyambungan antara *tip* dengan *holder* biasanya adalah dengan proses *brazing* dengan *holder* berupa baja karbon rendah atau baja C-Mn (*mild steel*). Dari sekian banyak jenis proses *brazing* yang paling memungkinkan untuk penyambungan *tip holder* adalah *torch brazing*, merupakan proses *brazing* dengan menggunakan brander las oksiasetilen, atau dengan bahan bakar lain seperti gas propane dan gas metana, logam pengisi yang sering digunakan yaitu paduan kuningan atau paduan perak, dalam prosesnya menggunakan bahan bakar berupa gas yang menyala atau menyembur sebagai sumber panas. Bahan bakar gas ini dicampur dengan udara atau O<sub>2</sub> untuk menghasilkan bunga api sehingga benda kerja dapat tersambung dengan temperatur *brazing*. Semburan gas ini akan mencairkan *filler* sehingga logam induk akan tersambung dengan harapan logam induk tidak mengalami pemanasan yang berarti. Pada umumnya *torch brazing* yang banyak digunakan ialah *torch brazing* manual, sebab prosesnya lebih sederhana dan biayanya murah. Permasalahan yang sering muncul pada sambungan *torch brazing* adalah rusaknya sambungan, antara lain patah pada *holder* dan lepasnya sambungan *brazing* saat pengoperasian pahat potong tersebut. Penyebab kegagalan sambungan *torch brazing* ini antara lain karena kurang meratanya sambungan *brazing*, tidak cukupnya difusi *filler*

---

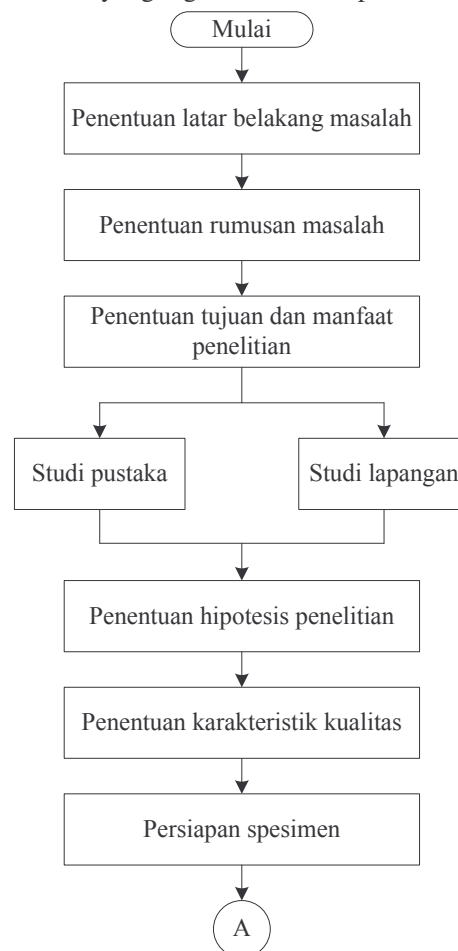
\* *Correspondence* : E-mail : herdiman@uns.ac.id, eko@uns.ac.id

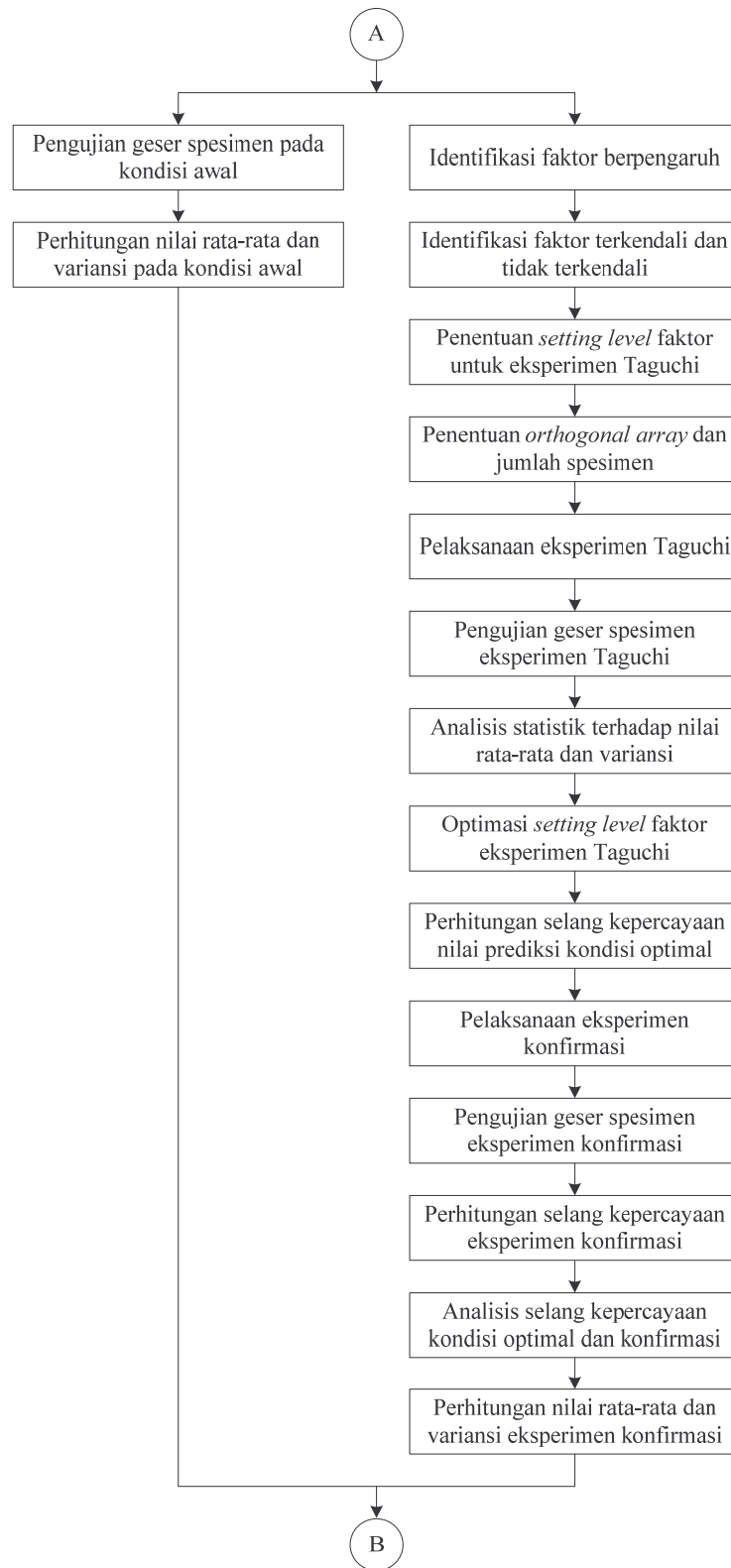
ke dalam logam induk dan terjadi pengasaran butir pada logam induk di sekitar sambungan yang menyebabkan kekuatan logam induk menurun (Triyono dan Eko P.B, 2003).

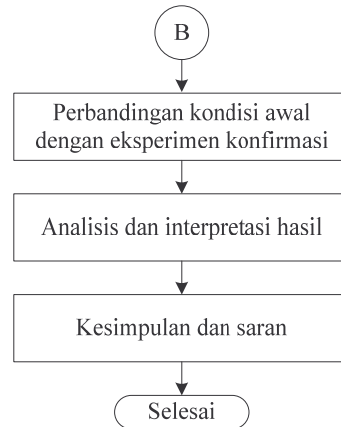
Metode Taguchi yang merupakan suatu *off line quality control* adalah suatu metode yang berprinsip pada peningkatan kualitas dengan meminimalkan pengaruh dari penyebab-penyebab perubahan tanpa menghilangkan penyebab-penyebab itu sendiri. Penyebab variasi itu dalam metode Taguchi dikenal sebagai faktor tidak terkendali. Metode Taguchi merupakan pengembangan dari fraksi faktorial telah mengembangkan suatu matriks *orthogonal* yang bisa menghemat waktu, biaya dan sumber daya percobaan tanpa mengurangi bobot yang dihasilkan. Dengan memakai *orthogonal array* maka sejumlah besar faktor eksperimen yang diamati akan direduksi menjadi lebih sedikit eksperimen dibandingkan dengan desain faktorial sehingga secara biaya, nilai uang yang dikeluarkan untuk melakukan penelitian relatif lebih kecil.

## 2. Metodologi Penelitian

Langkah-langkah analisis sistem yang digunakan dalam penelitian adalah sebagai berikut:







**Gambar 1.** Metodologi Penelitian

### 3. Pengumpulan dan Pengolahan Data

Pengumpulan data dapat diuraikan sebagai berikut :

#### 3.1 Identifikasi Karakter Kualitas

Karakteristik kualitas yang akan diukur adalah kekuatan geser (*shear test*) pada sambungan *brazing* menggunakan *Universal Testing Machine* (UTM) berdasarkan standar pengujian AWS C3.2M/C3.2:2001 dengan karakteristik yang digunakan adalah *larger the better* (l.t.b).

#### 3.2 Persiapan Spesimen

Persiapan spesimen diawali dengan mencari dan menentukan standar untuk bahan, alat, spesifikasi spesimen dan standar pengujian yang sesuai agar memenuhi karakteristik kualitas yang telah ditentukan.

#### 3.3 Pengumpulan data pada Kondisi Awal

Data kondisi awal berupa data kekuatan geser sambungan *brazing* tanpa perlakuan panas sebagai pembandingan dengan sambungan yang telah diperlakukan. Data kondisi awal berguna untuk mengetahui performansi kualitas pada kondisi sebenarnya.

#### 3.4 Experimen Taguchi

Eksperimen Taguchi ini bertujuan untuk mengidentifikasi keberadaan serta besar pengaruh faktor-faktor yang diselidiki terhadap suatu hasil kerja tertentu dan mendapatkan kombinasi level-level faktor yang memberikan hasil optimal sesuai dengan kriteria yang diinginkan.

- **Identifikasi Faktor – faktor berpengaruh**

Pada tahapan ini diidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi karakteristik kualitas melalui studi pustaka dan brainstorming dengan pihak-pihak yang ahli.

**Tabel 1.** Faktor-faktor terkendali yang berpengaruh

No	Faktor terkendali
1	Temperatur dalam °C (A)
2	Waktu dalam menit (B)
3	Metode pendinginan (C)

Dari hasil studi pustaka dan *brainstorming* dengan pihak yang ahli tidak berhasil diidentifikasi faktor tidak terkendali yang berpengaruh dalam proses perlakuan panas setelah *brazing*. Sehingga dalam penelitian ini tidak menggunakan faktor tidak terkendali pada eksperimen Taguchi.

▪ **Penentuan setting level faktor**

Eksperimen yang dilakukan dalam penelitian ini menggunakan tiga *setting level* faktor yang menunjukkan level tinggi (*high*), sedang (*medium*) dan rendah (*low*). Berikut ini adalah tabel penugasan *setting level* faktor untuk eksperimen Taguchi.

**Tabel 2.** Penugasan faktor terkendali

Faktor terkendali	Level 1	Level 2	Level 3
Temperatur (A)	300°C	500°C	700°C
Waktu (B)	30 menit	60 menit	120 menit
Metode pendinginan (C)	Udara	Oli	<i>Furnace</i>

▪ **Penentuan orthogonal Array**

Dalam eksperimen ini, terdapat 3 faktor terkendali masing-masing memiliki 3 level. Jumlah level dan faktor yang ada dapat ditentukan jumlah baris untuk matriks *orthogonal array* yaitu 9, sehingga *orthogonal array* yang sesuai adalah  $L_9(3^4)$ , karena *orthogonal array* ini dapat mengakomodasi jumlah faktor dan level yang ada.

▪ **Pelaksanaan Experimen Taguchi**

Eksperimen Taguchi dilaksanakan di Laboratorium Material Jurusan Teknik Mesin UNS pada tanggal 17-28 Januari 2005. Prosedur eksperimen adalah sebagai berikut:

1. Meletakkan spesimen pada media sesuai dengan jumlah replikasi.
2. Memasukkan media ke dalam *furnace*.
3. Menutup dan menyalakan *furnace*.
4. Mengkalibrasi *furnace* dengan mengatur temperatur *furnace* sesuai dengan kombinasi perlakuan.
5. Menunggu temperatur *furnace* pada *display* hingga mencapai temperatur yang ditentukan.
6. Menahan waktu sesuai dengan kombinasi perlakuan setelah *furnace* mencapai temperatur yang ditentukan.
7. Mematikan *furnace* setelah waktu yang ditentukan selesai dan langsung mendinginkannya sesuai dengan kombinasi perlakuan

▪ **Pengujian geser eksperimen**

Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui besar kekuatan geser sambungan torch *brazing*. Alat yang digunakan untuk uji geser adalah Universal Testing Machine (UTM), berikut ini adalah data hasil pengujian geser untuk eksperimen Taguchi dibawah ini.

**Tabel 3.** Data hasil eksperimen Taguchi (satuan dalam MPa)

No	Faktor Terkendali				R1	R2	R3	R4
	A	B	C	D				
1	1	1	1	1	203,7333	214,9333	245,3333	213,6000
2	1	2	2	2	281,8667	245,0667	245,6000	289,8667
3	1	3	3	3	238,4000	278,4000	252,8000	260,8000
4	2	1	2	3	231,4667	207,4667	201,0667	203,7333
5	2	2	3	1	266,4000	238,6667	258,6667	241,8667
6	2	3	1	2	214,1333	258,9333	215,4667	217,0667
7	3	1	3	2	232,5333	210,6667	236,5333	228,5333
8	3	2	1	3	236,2667	208,5333	221,0667	220,0000
9	3	3	2	1	201,6000	233,3333	236,2667	212,0000

#### 4. Eksperimen Konfirmasi

Tujuan dari eksperimen konfirmasi adalah untuk memeriksa hasil dari eksperimen Taguchi. Jika kombinasi level terbaiknya dan hasil eksperimen konfirmasi cukup dekat satu sama lain maka dapat disimpulkan rancangan telah memenuhi persyaratan dalam eksperimen. Hasil eksperimen konfirmasi dari hasil *setting level* optimal eksperimen Taguchi dapat dilihat pada tabel 4 dibawah ini.

**Tabel 4.** Data hasil pengujian geser eksperimen konfirmasi

No. Spesimen	Kekuatan Geser (MPa)
1	272,8000
2	249,3333
3	292,0000
4	244,5333

#### 4.1 Menghitung Nilai Rata – Rata dan Variansi Pada Kondisi Awal

Pengambilan data kondisi awal dimaksudkan untuk membandingkan hasil dari tanpa perlakuan panas dengan yang diperlakukan panas, mengetahui apakah faktor-faktor dalam perlakuan panas berpengaruh signifikan terhadap kekuatan geser sambungan *brazing* dan apakah *setting level* yang telah ditentukan benar-benar optimal.

**Tabel 5.** Pengukuran nilai rata-rata dan variansi hasil kondisi awal

No. Spesimen	Kekuatan Geser (MPa)
1	163,7333
2	229,6000
3	213,8667
4	140,2667
<b>Rata-rata</b>	<b>186,8667</b>
<b>Variansi</b>	<b>1753,9496</b>

#### 4.2 Menghitung Nilai Rata – Rata dan SNR Hasil Experimen Taguchi

Perhitungan nilai rata-rata untuk mencari *setting level* optimal yang dapat meminimalkan penyimpangan nilai rata-rata, sedangkan *SNR* untuk mencari faktor-faktor yang memiliki kontribusi pada pengurangan variansi suatu karakteristik kualitas.

#### 4.3 Melakukan analisis statistik terhadap nilai rata – rata

Taguchi menggunakan *analysis of means* untuk mencari faktor-faktor yang mempengaruhi nilai rata-rata respon. *Analysis of means* merupakan metode yang digunakan untuk mencari *setting level* optimal yang dapat meminimalkan penyimpangan nilai rata-rata..

#### 4.4 Melakukan analisis statistik terhadap nilai SNR

Taguchi menggunakan *analysis of signal to noise ratio* untuk mencari faktor-faktor yang memiliki kontribusi pada pengurangan variansi suatu karakteristik kualitas (variabel respon). Karakteristik kualitas yang digunakan dalam penelitian ini adalah kekuatan geser, dimana semakin tinggi nilainya semakin baik, sehingga *SNR* yang digunakan adalah *larger the better*.

#### 4.5 Menentukan setting level optimal

Dalam mengoptimalkan karakteristik kualitas sangat penting untuk menggunakan dua tahap proses optimasi, yaitu mengurangi variansi dan mengatur target sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan.

#### 4.6 Menentukan Nilai Prediksi Respon dan Selang Kepercayaan

Setelah *setting level* faktor optimal ditentukan maka perlu diketahui nilai prediksi rata-rata dan *SNR* yang diharapkan pada kondisi optimum dan membandingkannya dengan eksperimen konfirmasi. Jika prediksi respon dan eksperimen konfirmasi cukup dekat satu sama lain maka dapat disimpulkan bahwa rancangan telah memenuhi persyaratan dalam eksperimen Taguchi

#### 4.7 Experimen Konfirmasi

Eksperimen konfirmasi dilakukan untuk menguji nilai prediksi *setting level* faktor pada kondisi optimal. Jika hasil eksperimen konfirmasi dapat menguji hasil prediksi, maka *setting level* untuk kondisi optimal dapat disimpulkan telah memenuhi persyaratan dalam eksperimen.

#### 4.8 Perbandingan hasil kondisi awal dengan experimen konfirmasi

Selain dibandingkan dengan prediksi respon pada kondisi optimal, hasil eksperimen konfirmasi juga dibandingkan dengan hasil kondisi awal. Jika hasil eksperimen konfirmasi lebih baik maka dapat disimpulkan bahwa rancangan telah memenuhi persyaratan dalam eksperimen dan dapat diimplementasikan di lapangan.

**Tabel 6.** Perbandingan kondisi awal dengan konfirmasi

	Awal	Konfirmasi	Spesifikasi
<b>Rata-rata</b>	186,8667	264,6667	220,6000* - ~
<b>Variansi</b>	1753,9496	484,5756	-

### 5. Analisa

Pada pengujian geser spesimen kondisi awal diperoleh nilai rata-rata sebesar 186,8667 MPa, sedangkan nilai standar (spesifikasi) kekuatan geser untuk logam kuningan, dalam hal ini sebagai *filler*, adalah sebesar 220,6000 MPa. Hal ini membuktikan bahwa kekuatan geser menurun setelah di-*brazing*. Sedangkan untuk nilai variansinya adalah 1753,9496, nilai ini tergolong tinggi untuk suatu ukuran variansi. Setelah diselidiki ternyata tingginya nilai variansi

disebabkan karena panjang *overlap* spesimen hasil proses *brazing* tidak homogen. Hal ini terjadi karena proses *torch brazing* yang dilakukan secara manual serta peralatan yang kurang mendukung maka menyebabkan dimensi spesimen tidak homogen, sehingga menimbulkan *variational noise (unit to unit noise)*, merupakan faktor-faktor yang menyebabkan perbedaan produk yang dihasilkan antara satu dengan lainnya meskipun produk dibuat dengan spesifikasi yang sama. Pada penelitian ini tidak memperhatikan saat proses penyambungan, sehingga diasumsikan bahwa spesimen semuanya homogen. Asumsi ini dimaksudkan untuk memenuhi salah satu syarat eksperimen, bahwa spesimen uji yang digunakan dalam eksperimen harus homogen.

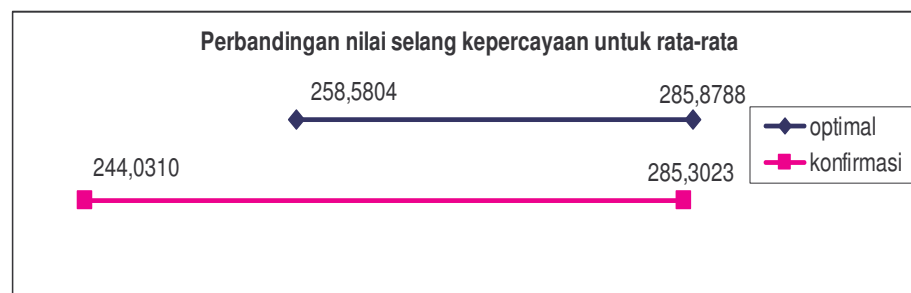
**Tabel 7.** Perbandingan kondisi awal dengan spesifikasi

	Awal	Spesifikasi
<b>Rata-rata</b>	186,8667	220,6000* - ~
<b>Variansi</b>	1753,9496	-

Hasil eksperimen Taguchi menunjukkan tiga faktor yaitu faktor temperatur pemanasan, waktu penahanan dan metode pendinginan signifikan mempengaruhi karakteristik kualitas sambungan *torch brazing*.

Perhitungan *signal to noise ratio (SNR)* dapat digunakan untuk pemilihan *setting level* optimal dari faktor level yang digunakan dalam eksperimen. Taguchi menyarankan penggunaan *SNR* sebagai kriteria pemilihan parameter yang meminimumkan *error of variance*, adalah variansi yang disebabkan oleh faktor-faktor yang memiliki kontribusi pada pengurangan variansi yang disebabkan oleh faktor-faktor yang tidak dapat dikendalikan. Pemilihan level dari masing-masing faktor didasarkan pada nilai *SNR* yang lebih tinggi karena nilai *SNR* yang lebih tinggi dapat meminimumkan nilai variansi, sehingga *noise* yang dihasilkan lebih kecil. Dengan memperhatikan hasil perhitungan *analysis of mean* dan *analysis of signal to noise ratio* untuk memilih nilai rata-rata dan nilai *SNR* yang lebih besar untuk masing-masing levelnya, maka penentuan *setting level* terbaik diprioritaskan pada level-level faktor yang mempunyai pengaruh yang besar dalam menaikkan rata-rata dan mengurangi variansi karakteristik kualitas.

Hasil eksperimen konfirmasi menunjukkan bahwa *setting level* optimal dapat diterima. Hal ini dapat diketahui dari perbandingan selang kepercayaan antara eksperimen konfirmasi dengan kondisi optimal (prediksi) yang menggunakan tingkat kepercayaan 95%. Pada gambar 2 menunjukkan grafik hasil eksperimen konfirmasi dapat diterima berdasarkan pertimbangan selang kepercayaan.



**Gambar 2.** Perbandingan selang kepercayaan



Dalam membuktikan perlakuan panas dengan menggunakan metode Taguchi menghasilkan nilai yang lebih baik, maka digunakan uji hipotesis dua *mean* antara kondisi awal dengan hasil eksperimen konfirmasi.

Berdasarkan hasil pengujian hipotesis dengan menggunakan tingkat kepercayaan 95% dapat dihasilkan kesimpulan bahwa *setting level* optimal pada proses perlakuan panas setelah *brazing* menggunakan metode Taguchi signifikan mempengaruhi kekuatan geser sambungan *torch brazing*.

## 5. Kesimpulan

Hasil analisis dengan metode Taguchi, diketahui bahwa Faktor-faktor yang secara signifikan mempengaruhi (menaikkan) nilai rata-rata kekuatan geser sambungan *torch brazing* yaitu temperatur pemanasan, waktu penahanan dan metode pendinginan, sedangkan yang signifikan mempengaruhi (menurunkan) nilai variansi hanya faktor waktu penahanan, sedangkan hasil optimasi yang dilakukan terhadap perlakuan panas setelah *brazing* dengan karakteristik kualitas kekuatan geser menghasilkan *setting level* optimal yaitu temperatur dengan nilai 300°C, waktu penahanan selama 60 menit, dan metode pendinginan dengan menggunakan *furnace*. Hasil eksperimen konfirmasi dan perhitungan selang kepercayaan diperoleh bahwa *setting level* optimal dapat diterima, sedangkan hasil uji hipotesis dua *mean* antara kondisi awal dengan eksperimen konfirmasi bahwa *setting level* optimal pada proses perlakuan panas setelah *brazing* dengan menggunakan metode Taguchi menunjukkan hasil yang signifikan mempengaruhi kekuatan geser pada sambungan *torch brazing*.

## Daftar Pustaka

- American Welding Society. *Standard Method for Evaluating the Strength of Brazed Joints* (C3.2M/C3.2:2001). Miami: ANSI, 2001.
- Amstead BH. dkk. *Teknologi Mekanik*. Jakarta: Penerbit Erlangga, 1981.
- Belavendram, Nicolo. *Quality By Design*. New York: Prentice Hall, 1995.
- Djarwanto dan Pangestu Subagyo. *Statistik Induktif*. Yogyakarta: BPFE-Yogyakarta, 1996.
- Girmanta, J. Skripsi: Pengaruh Temperatur Pengujian Terhadap Karakteristik Sambungan Torch Brazing Baja C-Mn. Surakarta: Jurusan Teknik Mesin UNS, tidak dipublikasikan, 2004.
- Kutz, Myer. *Mechanical Engineer's Handbook Second Edition*. New York: John Willy & Sons, 1998.
- Ross, Phillip J. *Taguchi Techniques for Quality Engineering: Loss Function, Orthogonal Experiments, Parameter and Tolerance Design*. Singapore: McGraw-Hill, 1989.
- Roulin M. dkk. Strength and Structure of Furnace-Brazed Joints Between Aluminium and Stainless steel. *Welding Journal*. American Welding Society and welding Research Council. Page 151, May 1999.
- Smallman, R.E. dan Bishop. *Metalurgi Fisik Modern Dan Rekayasa Material, Edisi Keenam*. Jakarta: Penerbit Erlangga, 2000.
- Soeratno dan Arsyad, Lincoln. *Metodologi Penelitian Untuk Ekonomi dan Bisnis*. Yogyakarta: UPP AMP YKPN, 1995.
- Supranto, J. *Statistik Teori dan Aplikasi Edisi Kelima*. Jakarta: Penerbit Erlangga, 1994.
- Taguchi, Genichi *et al.* *Robust Engineering*. New York: McGraw-Hill, 2000.

- Triyono dan Eko P.B. Pengaruh Jenis Filler Terhadap Karakteristik Sambungan Torch Brazing Baja C-Mn. Gema Teknik Vol. 1 Tahun VII, 2004.
- Van Vlack, Lawrence H. Ilmu dan Teknologi Bahan (Ilmu Logam dan Bukan Logam) Terjemahan: Sriati Djaprie. Jakarta: Penerbit Erlangga, 1992.
- Vianco et al. Aging of Brazing Joints: Interface Reactions in Base Metal/Filler Metal Couple. Welding Journal November. Page 256-s to 264-s, 2002.
- Wahjudi, Didik dkk. Optimasi Proses Injeksi dengan Metode Taguchi. Jurnal Teknik Mesin Vol.3 No.1 <http://puslit.petra.ac.id/journals/mechanical>, 2001.