

RANCANG BANGUN YOKE PERMANEN MAGNET UNTUK PENDETEKSIAN SUBSURFACE DEFECT DENGAN METODE MPI

Mohammad Anas Fikri¹⁾, Lukman Hadiwijaya²⁾, Taufan Prasetyo³⁾ Auliana Diah Wilujeng⁴⁾ Muhammad Faizal Eka Prasetya Putra⁵⁾

^{1,2,4,5} Teknik Mesin Alat Berat, Politeknik Negeri Madura, Jalan Raya Camplong KM 4, Taddan, Camplong, Sampang, 69281

³ Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Negeri Madura, Jalan Raya Camplong KM 4, Taddan, Camplong, Sampang, 69281

E-mail: dr.fikrie@gmail.com

Abstract

The development of magnetic particle inspection (MPI) testing is not only focused on indoor testing, which must depend on electrical energy. The increasing number of requests to conduct Non-Destructive Test (NDT) using the MPI method makes inspectors unable to speculate whether in open areas such as mining areas there is a source of electrical energy. To reduce the speculation of inspectors about the limited electrical energy, a permanent magnetic yoke was designed. Permanent magnetic yoke is an NDT testing tool with a MPI method that does not use an electric power source but utilizes the power of a permanent magnet. The yoke material used is Al6061 with a thickness of 50 mm. The permanent magnet used are Neodymium. The working principle as a permanent magnetic yoke uses the properties of permanent magnetism with the MPI method in areas where there is no electrical power source. Based on the results of the comparison test between Permanent Magnetic Yoke and DC Yoke through the same treatment, the level of accuracy of reading subsurface defects on welding joints of steel material with dimensions of 300 x 150 x 10 mm with 3G position SMAW welding process using permanent magnetic yoke is 96.78%.

Keywords: Magnet, NDT, Permanent Magnetic Yoke, Subsurface Defect

Abstrak

Perkembangan pengujian magnetic particle inspection tidak hanya terfokus pada pengujian material yang diletakan di dalam ruangan, dimana kebutuhan akan sumber daya listrik merupakan hal yang utama. Semakin banyaknya permintaan untuk melakukan pengujian Non Destructive Test (NDT) dengan metode magnetic particle inspection membuat inspektor tidak dapat berspekulasi apakah di area terbuka seperti area pertambangan tersedia sumber daya listrik. Untuk mengurangi spekulasi inspektor tentang terbatasnya sumber daya listrik di area terbuka tersebut maka dibuatlah rancang bangun Permanent magnetic yoke. Permanent magnetic yoke merupakan alat pengujian NDT dengan metode magnetic particle inspection yang tidak menggunakan sumber daya listrik tetapi memanfaatkan daya magnet permanen. Bahan yoke yang digunakan adalah Al6061 dengan ketebalan 50mm. Magnet yang digunakan adalah magnet permanent tipe Neodymium. Prinsip kerja permanent magnetic yoke menggunakan sifat kemagnetan permanen dengan metode magnetic particle inspection pada area yang tidak terdapat sumber daya listrik. Berdasarkan hasil perbandingan pengujian antara Permanent Magnetic Yoke dengan Yoke DC melalui perlakuan yang sama, tingkat keakuratan pembacaan subsurface defect pada sambungan pengelasan material baja berdimensi 300 x 150 x 10 mm dengan proses pengelasan SMAW posisi 3G menggunakan permanent magnetic yoke adalah sebesar 96.78%.

Kata Kunci: Magnet, NDT, Yoke Magnet Permanen, Cacat Bawah Permukaan

PENDAHULUAN

Pada proses pengelasan tidak semua hasil dari sambungan logam baik, pasti ada cacat pada logam hasil sambungan tersebut (*defect*). Beberapa cacat tersebut diantaranya cacat yang berada di permukaan (*surface*) dan cacat di bawah permukaan (*subsurface*).

Ketika pengelasan tidak memperhatikan panduan yang ada pada dokumen *Welding Procedure Specification* (WPS) dan *Procedure Qualification Record* (PQR), maka umumnya produk akan mengalami *defect* pada pengelasan. Cacat pada proses pengelasan akan mempengaruhi kekuatan material dari suatu produk. Hal ini sangat rawan dan merupakan tanggung jawab seorang WI (*Welding Inspector*) untuk menjaga guna meminimalisasi bahkan menghilangkan adanya cacat, yaitu mulai dari timbulnya cluster porosity yang mengakibatkan adanya *repair* dalam proses pengelasan (Warman, 2017).

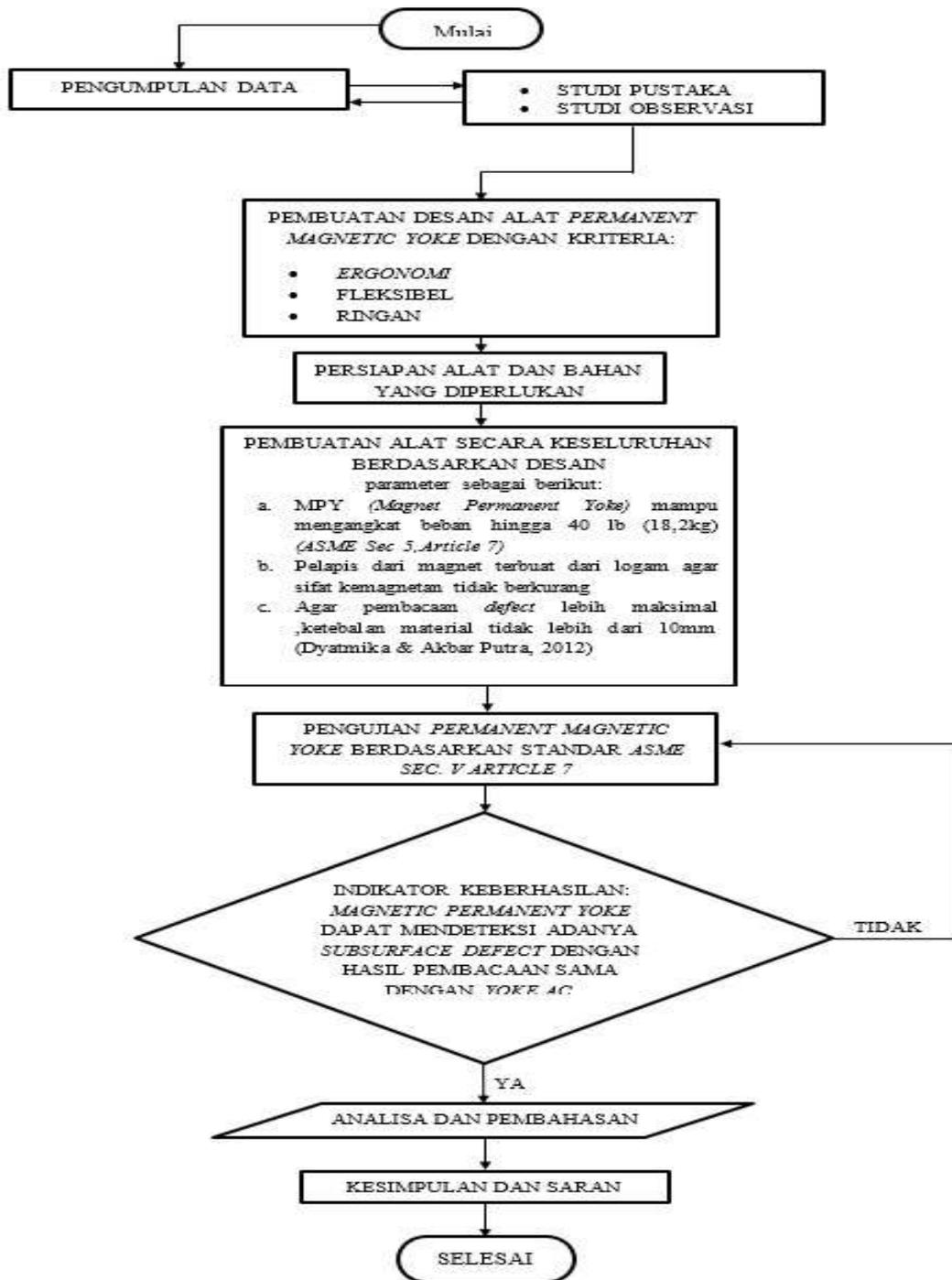
Pada proses pengelasan *work equipment* dari excavator, terutama bagian *boom excavator*, dengan material baja membutuhkan teknik pengelasan khusus. Teknik tersebut digunakan untuk menghindari defect yang sering terjadi pada proses pengelasan. *Defect* dapat dideteksi dan diidentifikasi menggunakan pengujian tidak merusak. Salah satunya metode MPI, Magnetic Particle Inspection (Pardede & Hendroprasetyo, 2015).

Beberapa penelitian mulai memanfaatkan magnet sebagai identifikasi cacat dengan NDT (*Non Destructive Test*) menggunakan metode MPI. Pada penelitian serupa disimpulkan bahwa efektifitas pembacaan dengan menggunakan *Magnetic Particle Inspection* akan menurun seiring dengan bertambahnya ketebalan dari pelapisan *nonconductive coating* dari ukuran retak sebenarnya. Dalam pemeriksaan magnetik partikel, magnetisasi bisa menggunakan yoke elektromagnet (arus AC) dan magnet permanen.

Permanen magnet yoke memiliki perbedaan sensitivitas dengan AC yoke dalam mendeteksi cacat surface. AC yoke baik dalam pendeteksian retak surface sedangkan permanen magnet yoke lebih baik dalam mendeteksi retak di subsurface (Dyatmika & Akbar Putra, 2012).

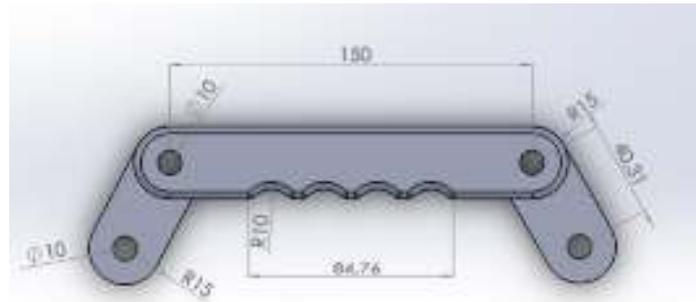
METODE PENELITIAN

Langkah-langkah dalam pelaksanaan penelitian ini diperlihatkan berdasarkan diagram alir pada Gambar 1 berikut ini:



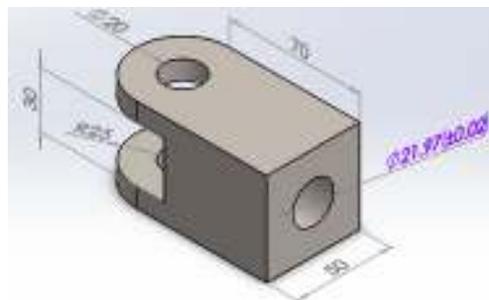
Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Desain *permanent magnetic yoke* ini dibuat berdasarkan tiga bagian utama yaitu *Handle Yoke*, *Link Yoke*, dan *Housing Magnet Yoke*, dimana semua proses manufakturnya dilakukan dengan pemesinan CNC Milling. Bentuk geometri dari masing-masing bagian pada *permanent magnetic yoke* dapat dilihat pada Gambar 1.



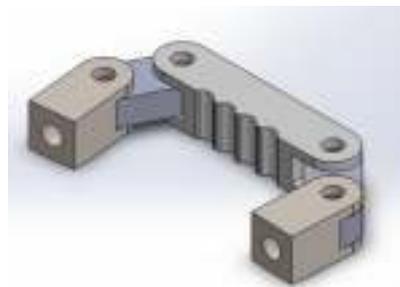
Gambar 1. *Handle Yoke dan Link Yoke*

Handle yoke berfungsi sebagai pemegang dari alat uji *permanen magnetic yoke*. Perancangan *handle yoke* mengikuti morfologi dari jari-jari tangan inspektur sehingga meminimalkan resiko kecelakaan kerja saat proses pengujian. *Link yoke* berfungsi untuk mengatur panjang dan pendeknya luasan area pengujian.



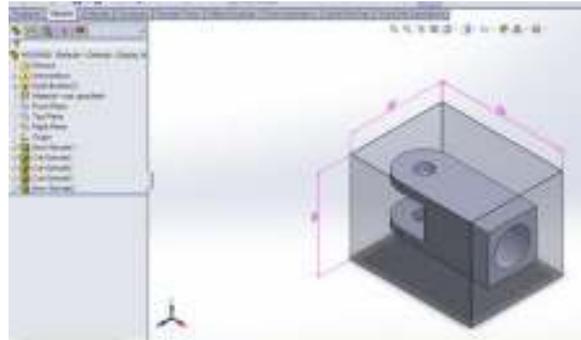
Gambar 2. *Housing Magnet*

Housing magnet berfungsi sebagai tempat magnet permanen *Neodymium* akan dibenamkan. Ukuran *hole housing magnet* dibuat menggunakan suaian pas, sehingga pemasukan magnet dilakukan dengan bantuan pemanasan.



Gambar 3. *Desain Permanent Magnetic Yoke*

Selanjutnya hasil desain CAD tiga bagian tersebut diimpor ke dalam perangkat lunak CAM untuk pembuatan program CAM sebelum dieksekusi dengan mesin CNC Milling. Hasil impor kedalam perangkat lunak CAM dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Proses Pemrograman CAM

Adapun hasil post processor program CAM beserta penjelasannya dapat dilihat melalui Tabel 1 berikut ini.

Tabel 1. G-Code Program untuk *Housing*

No	G – Code	Penjelasan
1.	M06 T8	Penggantian Jenis pahat posisi di turret no. 8 (pahat jenis end mill diameter 16)
2.	G00 G54 G90 X-9.6	Gerakan pahat menuju retract point X dengan work coordinate G54
3.	S1000 M03	Kecepatan Spindle 1000 Rpm searah jarum jam
4.	M08	Coolant on
5.	G01 Z-0.5 F33.	Gerakan lurus pahat memakan benda kerja kedalamannya 0.5 mm dengan pemakanan 33 mm/min
7.	X84.6 F500.	Gerakan pahat menuju koordinat X 84.6 dan pemakanan 500 mm/min
8.	Y44.1427 F1000.	Gerakan pahat menuju koordinat Y 44.1427 dan pemakanan 1000 mm/min
9.	X-9.6 F500.	Gerakan pahat menuju koordinat X - 9.6 dan pemakanan 500 mm/min
10.	Y33.7142 F1000.	Gerakan pahat menuju koordinat Y 33.7142 dan pemakanan 1000 mm/min
11.	X84.6 F500.	Gerakan pahat menuju koordinat X 84.6 dan pemakanan 500 mm/min
12.	Y23.2858 F1000.	Gerakan pahat menuju koordinat Y 23.2858 dan pemakanan 1000 mm/min

Sebelum pembuatan produk dengan mesin CNC dilakukan verifikasi simulasi jalan pahat (*toolpath*). Komponen hasil pemesinan dapat dilihat pada Gambar 5 untuk kemudian dirakit dengan menggunakan sambungan baut dan mur.



Gambar 5. Komponen Hasil Pemesinan CNC Milling

Uji performa permanent magnetic yoke dilakukan dengan mengacu pada *code standard* ASME Sec. VIII *Mandatory Appendix 6*. Evaluasi indikasi menurut ASME Sec. VIII *Mandatory Appendix 6* adalah sebagai berikut:

- a. Linear indikasi jika indikasi memiliki panjang lebih besar dari tiga kali lebarnya
- b. Rounded indikasi jika bentuk indikasi melingkar atau menyerupai elips dengan panjang kurang atau sama dengan tiga kali lebarnya.
- c. Indikasi-indikasi lain yang masih diragukan/dipertanyakan akan diuji kembali untuk menentukan apakah diterima atau tidak

Kriteria penerimaan menurut *Standard* ASME Sec VIII adalah sebagai berikut:

- a. Indikasi Linear yang relevan
- b. Indikasi *Rounded* yang relevan dengan panjang lebih besar dari 3/16 inchi (5mm)
- c. Memiliki empat atau indikasi *rounded* dalam satu baris dengan jarak 1/16 inchi (1.5mm) atau kurang (dari tepi ke tepi)

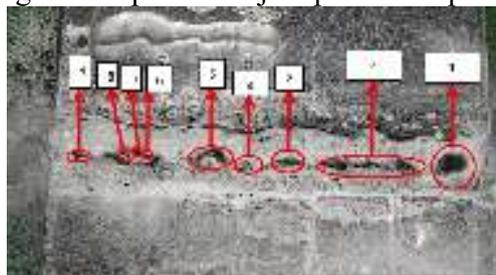
HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk mengetahui performa dari alat uji *permanent magnetic yoke*, dilakukan pengujian pendeteksian cacat las pada spesimen uji berupa baja dengan jenis sambungan 3G proses las SMAW. Pengujian juga menggunakan yoke DC sebagai pembanding. Gambar 6 berikut ini merupakan hasil pengujian spesimen las untuk dua jenis alat uji dengan metode yang sama.



Gambar 6. Pengujian *Permanent Magnetic Yoke* dan Yoke DC

Identifikasi cacat pada logam las spesimen uji dapat dilihat pada gambar 7 berikut ini.



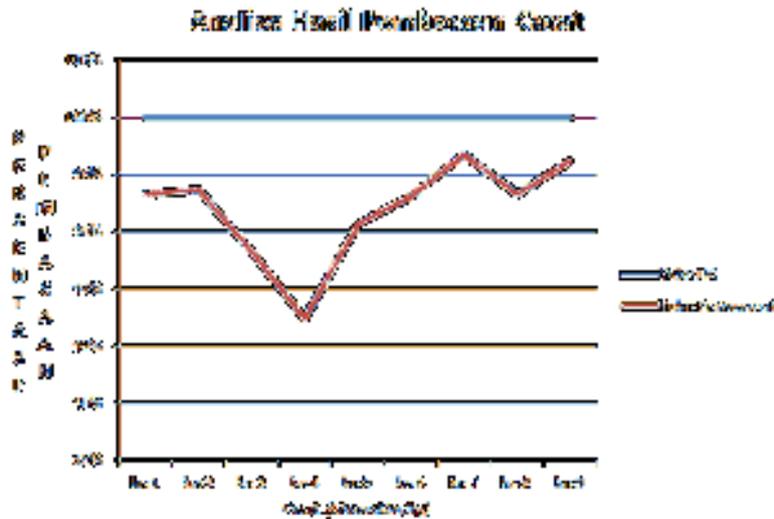
Gambar 7. Hasil Pengujian Spesimen dengan *Permanent Magnetic Yoke*

Tabel 2 adalah data hasil pengujian dan tingkat akurasi dari kedua jenis Yoke.

Tabel 2. Perbandingan hasil pembacaan cacat *Yoke* DC dan *Permanent Magnetic Yoke*

Equipment	<input checked="" type="checkbox"/> yoke DC	<input checked="" type="checkbox"/> Yoke Permanent	<input type="checkbox"/> coil	<input type="checkbox"/> SN:					
Particle type	<input type="checkbox"/> dry	<input checked="" type="checkbox"/> wet	<input type="checkbox"/> fluorescent	<input type="checkbox"/> color contrast					
Surface condition	<input checked="" type="checkbox"/> weld	<input type="checkbox"/> machine process	<input type="checkbox"/> grind	<input type="checkbox"/>					
Range	<input type="checkbox"/> base metal		<input checked="" type="checkbox"/> weld part						
	<input type="checkbox"/> edge preparation		<input type="checkbox"/> repair weld						
	<input type="checkbox"/> back chipping		<input type="checkbox"/>						
No	Part/Item	Size of defect (mm)				Result		Yoke Permanent Accuracy	Remark (Weld Part)
		Yoke DC		Yoke Permanent		Accepted	Reject		
		P	L	P	L				
1	Plat SMAW 3G	9,57	6,6	9,5	6,47		✓	97.30%	REJECT
		33,37	3,2	33,57	3,1		✓	97.46%	
		7,67	4,07	7,37	4,03		✓	95.30%	
		8,93	3,2	8,67	3,07		✓	92.97%	
		4,8	3,47	4,67	3,43	✓		96.29%	
		2,4	1,2	2,33	1,2	✓		97.22%	
		3,2	2,6	3,2	2,56	✓		98.72%	
		2,9	1,23	2,9	1,2	✓		97.30%	
		6,53	1,83	6,43	1,83		✓	98.47%	

Berdasarkan hasil pengujian kedua jenis yoke diperoleh grafik seperti pada Gambar 8.



Gambar 8. Perbandingan Pembacaan *Defect*

Hasil pembacaan Yoke DC selalu pada prosentase 100% karena acuan pembandingan pada penelitian ini adalah pada Yoke DC Magnaflux yang telah terkalibrasi sesuai standar ASME BPVC, ASTM E1444, ASTM E709. Tingkat akurasi pembacaan *Permanent Magnetic Yoke* rata-rata sebesar **96,78 %** karena saat pembuatan Yoke Permanent belum terkalibrasi sesuai standar yang berlaku.

SIMPULAN

Setelah membuat analisa dan melakukan pengambilan data menggunakan alat *Permanent Magnetic Yoke* dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Prosentase tingkat keakuratan dalam pembacaan cacat (*defect*) *Permanent Magnetic Yoke* adalah 96,78%. Hasil ini diperoleh dengan acuan pembacaan dari *Yoke DC Magnaflux* yang sudah terkalibrasi dengan standar internasional.
2. Peningkatan trend pada grafik hasil pengujian *Permanent Magnetic Yoke* menunjukkan bahwa efektifitas alat uji dengan bahan dasar magnet permanen *Neodymium* ini cukup andal untuk digunakan pada area terbuka seperti pertambangan dan galangan kapal.

DAFTAR PUSTAKA

- Warman, S. P. (2017, Jul)., Analisis Faktor Penyebab Cacat Pengelasan pada Pipa (Study Kasus Pada Pipa Distribusi PDAM Kabupaten Kutai Barat). *Jurnal Mekanikal*, 8(2), 730-736.
- Pardede, L., & Hendroprasetyo, W. A., (2015). Analisa Perbandingan Sensitivitas Metode Magnetic Particle Inspection (MPI) Menggunakan Metode Visible Dry, Visible Wet, dan Wet Fluorescent Terhadap Pendeteksian Panjang Retak pada Permukaan dan Toe Sambungan Las di Kapal yang Dilapisi Nonconductive Coat. *Jurnal Sains Dan Seni ITS*, 4(1), 2337-3520.
- Dyatmika, I. G., & Akbar Putra, W. H. (2012). Analisis Perbandingan Metode MPI Menggunakan Yoke AC dan Permanen Magnet Untuk Pendeteksian Panjang Retak Permukaan yang Dilapisi Cat Pada Sambungan Las di Kapal. *Jurnal Teknik Pomits*, 1(1), 1-4.
- ASME International. (n.d.). ASME (American Society of Mechanical Engineering) Sec. V Article 7.
- Irasari, P., & Idayanti, N (2019). Aplikasi Magnet Permanen BaFe12O19 dan NdFeB pada Generator Magnet Permanen Kecepatan Rendah Skala Kecil. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 11, 38 - 41.
- Kementerian perhubungan. (2016). Administration and control of aircraft welding and non destructive test. *Peraturan direktur jenderal perhubungan udara no. Kpp 122 tahun 2016*.
- Lusyana, A., Toifur, M., & Rohman, F. (2014)., Uji Sifat Magnetik Pasir Pantai Melalui Penentuan Permeabilitas Relatif Menggunakan Logger Pro. *Jurnal Fisika*, 4 No.2.
- Serway, R. A., & Jewett, J. W. (2004). *Physyc for Scientist and Engineers* (6th ed.). California: Thomson Brooks/Cole.
- Serway, R. A., & Jewett, J. W. (2004). *Physyc for Scientist and Engineers* (6th ed.). California: Thomson Brooks/Cole.