

**ANALISIS PENGARUH VARIASI KECEPATAN POTONG DAN
KUAT ARUS TERHADAP MATERIAL LOSSES PADA PROSES
CNC PLASMA CUTTING**

SKRIPSI

*Diajukan sebagai salah satu persyaratan memperoleh gelar sarjana strata satu
(S-1) Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Malang*



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM MALANG
2025**

ABSTRAK

Rezqi Ath-Har Firmansyah. Dosen Pembimbing: Ismi Choirotin, S.T.,M.T.,M.SC. dan Capi Yazirin, S Pd., M.T. 2025. “Analisis Pengaruh Variasi Kecepatan Potong dan Kuat Arus Terhadap *Material Losses* Pada Proses CNC *Plasma Cutting*”. Skripsi. Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Islam Malang.

Plat baja lembaran dapat dipotong menggunakan berbagai metode, seperti laser *plasma cutting* dan *gas cutting machine*. *Plasma cutting* menjadi pilihan efisien karena memiliki kecepatan potong tinggi dan biaya awal yang lebih rendah dibandingkan *oxy-fuel cutting* serta *water jet cutting*. Teknologi *Computer Numerical Control* (CNC) umum digunakan dalam industri manufaktur untuk produksi dan perakitan. CNC *Plasma Cutting* memiliki kelebihan dan kekurangan dalam pemotongan plat baja, sehingga perlu memperhatikan kecepatan dan kuat arus agar hasil optimal. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi kecepatan potong dan kuat arus terhadap *material losses* dalam proses CNC *Plasma Cutting*. Metode yang digunakan adalah eksperimen dengan variabel bebas berupa kecepatan potong (1000 mm/min, 1300 mm/min, 1500 mm/min) dan kuat arus (40 A, 60 A, 80 A), sedangkan variabel terikatnya adalah *material losses* pada pemotongan CNC *plasma cutting* yang dilakukan di CV. RAF. Hasil dari penelitian ini menunjukkan proses pemotongan baja SS 400 menggunakan kuat arus 60 A dengan kecepatan potong 1500 mm/min adalah yang optimal dikarenakan terjadi penurunan *material losses* yang stabil, hasil pemotongan yang efisien dengan *material losses* sebesar 146,99 mm³.

Kata kunci : Pemotongan, Kecepatan potong, Kuat arus, Baja SS 400, CNC *Plasma Cutting*.

ABSTRAK

Rezqi Ath-Har Firmansyah. Supervisors: Ismi Choirotin, S.T., M.T., M.Sc. and Cepi Yazirin, S.Pd., M.T. 2025. *“Analysis of the Effect of Cutting Speed and Electric Current Variations on Material Losses in CNC Plasma Cutting Process.”* Undergraduate Thesis. Mechanical Engineering Study Program, Faculty of Engineering, Islamic University of Malang.

Sheet metal plates can be cut using various methods such as laser plasma cutting and gas cutting machines. Plasma cutting is considered an efficient option due to its high cutting speed and lower initial cost compared to oxy-fuel and water jet cutting methods. Computer Numerical Control (CNC) technology is widely used in the manufacturing industry for production and assembly processes. CNC Plasma Cutting has both advantages and disadvantages when applied to steel plate cutting, thus requiring proper consideration of cutting speed and electric current to achieve optimal results. This study aims to analyze the effect of cutting speed and electric current variations on material losses during the CNC plasma cutting process. The research method used is experimental, with the independent variables being cutting speed (1000 mm/min, 1300 mm/min, 1500 mm/min) and electric current (40 A, 60 A, 80 A). The dependent variable is material loss during CNC plasma cutting carried out at CV. RAF. The results of the study show that the cutting process on SS 400 steel using an electric current of 60 A and a cutting speed of 1500 mm/min is the most optimal. This is due to a consistent reduction in material losses, resulting in efficient cutting with a material loss volume of 146.99 mm³.

Keywords: Cutting, Cutting Speed, Electric Current, SS 400 Steel, CNC Plasma Cutting.

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Proses pemotongan plat baja lembaran merupakan pekerjaan wajib dan paling banyak dilakukan dalam suatu proses manufaktur terutama yang berkaitan dengan pengerjaan material plat baja. Pemotongan plat baja lembaran biasanya dilakukan dengan menggunakan laser plasma *cutting*, gas *cutting machine* dan lain-lain. Hasil akhir dari setiap proses pemotongan plat sangat dipengaruhi oleh beberapa parameter dari proses pemotongan itu sendiri, Adapun parameter yang sangat berpengaruh yaitu: jarak busur api dengan benda kerja, besar busur api (jika menggunakan gas *cutting*), dan laju kecepatan potong (Susilo Trisno, et al 2024).

Pemotongan suatu material merupakan prosedur pertama di mana berbagai metode pemotongan dapat digunakan tergantung pada kebutuhannya, misalnya seperti kapasitas pemotongan, kualitas permukaan, jenis material yang dipotong, kemampuanopersinya, efisiensi biaya, dan faktor keamanannya. Pemotongan material dapat dilakukan oleh tenaga mekanis dengan metode pemotongan seperti pengguntingan dan peggergajian, serta sumber panas temperatur tinggi menggunakan metode pemotongan dengan gas dan mesin potong busur plasma (A R Rahmawati *et al* 2019).

Saat ini terdapat teknologi serta mesin-mesin yang dapat digunakan untuk membantu kita semua agar dapat membuat atau memproses suatu benda agar sesuai dengan apa yang kita kehendaki. Beberapa mesin tersebut diantaranya adalah mesin las (*welding*), mesin bor (*drilling machine*), mesin bubut (*turning machine*), mesin gerinda (*grinding machine*), mesin CNC (*Computer Numerical Controlled*), dan lain sebagainya, Sehingga dengan mesin atau alat-alat tersebut dapat mempermudah pekerjaan kita semua untuk memproses atau memproduksi suatu benda siap guna yang sesuai dengan standarisasi yang ada (Hartoko, *et al* 2023).

Plasma *Cutting* merupakan proses yang digunakan untuk memotong logam dengan menggunakan plasma, dengan menggunakan *Plasma Cutting* metode pemotongan menjadi sangat efisien dan menawarkan keuntungan besar dalam hal kecepatan potong dan biaya awal jika dibandingkan dengan *oxy-fuel cutting* dan

water jet cutting. Kegiatan industri manufaktur sering menggunakan mesin, robot, komputer, dan tenaga manusia untuk menghasilkan barang atau jasa dan perakitan, untuk menghasilkan suatu produk. Salah satu contoh-contoh penggunaan teknologi dalam industri manufaktur adalah *Computer Numerical Control* (CNC). Kelebihan pada mesin CNC adalah ketelitian dan kepresisian yang tinggi ini dapat disuguhkan oleh *workshop* di industri manufaktur yang telah memiliki mesin-mesin yang handal dan bekerja secara otomatis seperti mesin komputer (Setyarto et al, 2023).

Material Baja SS 400 merupakan jenis baja karbon rendah dengan kandungan karbon 0,12-0,20% dan mempunyai nilai kuat tarik 400-560MPa yang sering digunakan sebagai rangka konstruksi termasuk konstruksi rangka pada bangunan kapal seperti bagian konstruksi lambung kapal, baja jenis ini relatif mudah ditemukan pasar dengan harga murah (Arif et al.2022). Salah satu teknik pemotongan baja SS 400 adalah menggunakan plasma *cutting*. Plasma *cutting* pada dasarnya adalah proses yang umumnya digunakan untuk memotong baja dan terkadang logam lain yang berbeda ketebalan. Proses ini terdiri dari peleburan logam, dan kemudian membuang potongan logam dari slotnya. pemotongan plasma menggunakan metode tinggi suhu yang berlaku di busur plasma inti dan aliran plasma berkecepatan tinggi.

Dalam penggunaan CNC *Plasma Cutting*, perlu diperhatikan kecepatan dan kuat arus untuk mendapatkan hasil pemotongan yang baik. Kelebihan *Plasma cutting* adalah dapat memotong logam yang cukup tebal dengan kecepatan makan yang tinggi dan diimbangi dengan ketepatan dan keakuratan yang tinggi. Kekurangan dari *Plasma cutting* adalah *losses* material yang lebih besar, suara saat diopersikan sangat besar, dan sangat silau. Oleh karena itu peneliti melakukan penelitian di tentang “Analisis Pengaruh Variasi Kecepatan Potong dan Kuat Arus Terhadap *Material Losses* pada Proses CNC *Plasma Cutting*”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan penjelasan latar belakang diatas, permasalahan yang dibahas dalam penyusunan skripsi ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh kecepatan potong terhadap *material losses* pada proses CNC *plasma cutting* baja SS 400?

2. Bagaimana pengaruh kuat arus terhadap *material losses* pada proses CNC *plasma cutting* baja SS 400 ?

1.3 Batasan Masalah

Agar pembahasan tidak terlalu luas dan tidak menyimpang, maka perlu adanya batasan masalah dalam menyelesaikan analisis ini. Maka batasan masalah ini adalah:

1. Tidak membahas sistem elektronik pada mesin CNC *Plasma*.
2. Menggunakan jenis baja SS 400.
3. Menggunakan sistem gerak dengan gerakan sumbu x,y.
4. Menggunakan mesin CNC *plasma cutting* tipe HNC 1500W.
5. Menggunakan material baja dengan ketebalan 5 mm.
6. Tekanan angin yang digunakan 5 bar.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan penjelasan latar belakang diatas, tujuan penelitian skripsi ini adalah sebagai berikut

1. Untuk mengetahui pengaruh kecepatan hasil potong terhadap *material losses* pada proses CNC *plasma cutting* baja SS 400.
2. Untuk mengetahui pengaruh kuat arus hasil potong terhadap *material losses* pada proses CNC *plasma cutting* baja SS 400.

1.5 Manfaat Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagi pembaca diharapkan sebagai acuan dan wawasan baru tentang CNC *plasma cutting*.
2. Dapat dijadikan sebagai pembelajaran mahasiswa jurusan Teknik Mesin Unisma tentang CNC *plasma cutting*.
3. Sebagai bahan acuan bidang industri, terutama yang memanfaatkan teknologi CNC *plasma cutting*.
4. Memberikan motivasi dan semangat kepada mahasiswa Teknik Mesin Unisma agar mampu melakukan penelitian lebih lanjut dan mendalam tentang Analisis Pengaruh variasi kecepatan potong dan kuat arus terhadap *material losses* pada proses CNC *plasma cutting*.

1.6 Sistematika Penulisan

BAB I

PENDAHULUAN

Pada bab ini menguraikan mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini merupakan bagian yang berisi penelitian terdahulu, konsep dasar pemikiran, dan kerangka pemikiran sebagai pendukung dalam penelitian.

BAB III

METODE PENELITIAN

Pada bab ini menjelaskan tahap-tahap penelitian mulai dari jenis penelitian, jenis data & informasi, metode pengumpulan data, analisa data dan langkah-langkah penelitian.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini menguraikan hasil pengolahan data dan pembuktian seberapa besar pengaruh kecepatan potong dan kuat arus pada *plasma cutting*.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini merupakan bab rangkuman dari hasil penelitian yang diperoleh dan gambaran secara keseluruhan mengenai data yang ada, serta memberikan saran-saran sebagai upaya keberhasilan.

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan tentang analisis pengaruh variasi kecepatan potong dan kuat arus terhadap *material losses* pada proses CNC *plasma cutting*, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Dari data yang diperoleh dari pengujian CNC *plasma cutting* menggunakan variasi kecepatan potong 1500 mm/min menghasilkan nilai *material losses* yang rendah. Alasannya adalah semakin tinggi kecepatan potong maka proses melelehkan material semakin cepat dan panas yang dihasilkan tidak berlebihan sehingga menghasilkan *material losses* yang rendah. Sedangkan pada kecepatan potong 1000 mm/min menghasilkan nilai *material losses* yang tinggi, dikarenakan saat proses melelehkan baja SS 400 terjadi pemanasan yang berlebihan, akhirnya membuat pembakaran lebih tinggi dan banyak material yang terbang.
2. Pada data yang menggunakan kuat arus 40 A menghasilkan *material losses* yang rendah dikarenakan saat proses melelehkan baja SS 400 panas yang dihasilkan tidak berlebihan. Pada tingkat kuat arus 80 A saat proses pelelehan semakin panas sehingga mengakibatkan *material losses* yang lebih tinggi.
3. Dengan proses CNC *plasma cutting* dapat disimpulkan bahwa proses pemotongan baja SS 400 menggunakan kuat arus 60 A adalah yang optimal dikarenakan terjadi penurunan *material losses* yang stabil, hasil pemotongan yang sempurna dan efisien.

5.2 Saran

Beberapa saran yang dapat digunakan untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut :

1. Pada penelitian lebih lanjut dapat divariasikan dengan metode ketebalan dan tekanan angin pada proses *cnc plasma cutting*.
2. Nozzel yang digunakan saat proses pemotongan lebih baik diberi jarak yang sesuai karena berpengaruh terhadap proses dan hasil pemotongan.
3. Penelitian lebih lanjut mengenai *CNC Plasma Cutting* sangat dibutuhkan karena masih banyak parameter dari *CNC Plasma Cutting*.



DAFTAR PUSTAKA

- Hartoko, Rafif Pudyo, Priyagung Hartono, and Cepi Yazirin. "Pengaruh Variasi Pisau Frais, Kecepatan spindel,dan Kedalaman pemotongan Terhadap Nilai Kekerasan Permukaan Baja ST37." *Jurnal Teknik Mesin* 20.3 (2023): 166.Trisno Susilo., Muhamad Fazly Arliansyah. (2017). Analisa Pengaruh Kecepatan Pemotongan Mesin CNC Cutting Plasma Terhadap Dimensi Akhir Dan Kekerasan Permukaan Pada BajaAH36.
- Setyarto, B. D., Sulistiani, H., Darwis, D., & Dellia, P. (2023). Implementasi Metode Certainty Factor untuk Deteksi Kerusakan Mesin CNC Plasma Cutting Hypertherm. *Jurnal Informatika dan Rekayasa Perangkat Lunak*, 4(2), 176-182. Rahmawati, A. R., Anis, S., & Rusiyanto, R. (2019). Pengaruh kecepatan pemotongan dan ketebalan bahan terhadap kekerasan dan kekasaran permukaan Baja AISI 1045 menggunakan CNC Plasma Arc Cutting. *Jurnal Dinamika Vokasional Teknik Mesin*, 4(2), 93-98.
- Arif, N., Pranatal, E., Wardhani, I. P., & Harsi, R. B. (2022). The Effect of Root Gap on Bending Test Using FCAW Welding On SS 400 Steel Materials At 3G Position. *Journal of Applied Sciences, Management and Engineering Technology*, 3(2), 42-50.
- Cajner, H., Križanić, V., Opetuk, T., & Trstenjak, M. (2024). Optimisation of Parameters for Metal Part Cutting on a CNC Plasma Cutting Machine. *Tehnički glasnik*, 18(1), 122-128.
- Rizkiawan,D., & Sumbodo, W. (2020). Pengaruh Variasi Tekanan Udara Pada Pemotongan Plat Baja St 37 Menggunakan Cnc Plasma Cutting Terhadap Struktur Mikro, Kerf Dan Kekerasan. *Jurnal Kompetensi Teknik*, 12(2).
- PRAJAPATI, Mr Ketul N.; SATHAVARA, Assi Prof HR; SONI, Assi Prof DK. A Review on Plasma Arc Cutting (PAC). *International Journal of*

Advance Research in Engineering, Science & Technology, 2015, 2.6: 52-54.

Hang, P. T., Chau, N. T., Khang, A. D., Anh, N. H., & Son, P. H. (2020). An investigation on the effect of cutting parameters in CNC plasma cutting process for carbon steel: An investigation on the effect of cutting parameters in CNC plasma cutting process for carbon steel. *Vietnam Journal of Agricultural Sciences*, 3(4), 831-842.

Afandhi, M. R., & Basuki, M. (2022). Analisis Teknis Dan Ekonomis Perbedaan Kuat Arus Pada Proses Pemotongan Pelat Menggunakan Cnc Plasma Cutting. *Jurnal Sumberdaya Bumi Berkelanjutan (SEMITAN)*, 1(1), 214-220.

Kumar, S. (2018). Experimental study on parameters optimization in CNC plasma arc cutting (AISI 206 steel) using Taguchi approach. *International Journal of Technical Research and Science*, 3(6), 198-205.

Widodo, A. (2009). Pembelajaran Fisika Menggunakan Pendekatan Konstruktivisme dengan Metode Demonstrasi Disertai Model Pemberian Tugas Ditinjau dari Kemampuan Matematika Siswa di SMA.

Wang, B., Liu, Z., Cai, Y., Luo, X., Ma, H., Song, Q., & Xiong, Z. (2021). Advancements in material removal mechanism and surface integrity of high speed metal cutting: a review. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 166, 103744.

Akhmad, A. A. (2009). Pemesinan nonkonvensional plasma arc cutting. *Jurnal Rekayasa Mesin Universitas Sriwijaya*, 9(2), 51-56.

Jarosz, Krzysztof, Piotr Löschner, and Piotr Niesłony. "Effect of cutting speed on surface quality and heat-affected zone in laser cutting of 316L stainless steel." *Procedia Engineering* 149 (2016): 155-162.

PETUNIN, Alexander. General model of tool path problem for the CNC sheet
Fatoni, Zulkarnain. "Pengaruh perlakuan panas terhadap sifat

kekerasan baja paduan rendah untuk bahan pisau penyayat batang karet." Jurnal desiminasi teknologi 4.1 (2016). cutting machines. IFAC-PapersOnLine, 2019, 52.13: 2662-2667.

Kasih, Tota Prido, and Januar Nasution. "Pengembangan Teknologi Plasma Dingin untuk Modifikasi Karakteristik Permukaan Material Tanpa Mengubah Sifat Dasar Material." Penelitian dan Aplikasi Sistem dan Teknik Industri 10.3 (2019): 182872.

Chamarthi, S., Reddy, N. S., Elipey, M. K., & Reddy, D. R. (2013). Investigation Analysis of Plasma arc cutting Parameters on the Unevenness surface of Hardox-400 material. Procedia Engineering, 64, 854-861.

Hamid, Abdul, Oyong Novareza, and Teguh Dwi Widodo. "Optimasi Proses Parameter Pemotongan Plasma Arc Cutting pada Logam Aluminium Menggunakan Metode Taguchi." Prosiding Sains Nasional dan Teknologi 1.1 (2018).

Hendrawan, A. B., & Qurohman, M. T. (2021). Desain Mesin CNC Router 3 Axis Berbantu Perangkat Lunak Autodesk Inventor. Nozzle: Journal Mechanical Engineering, 10(1), 1-5.

Irwandi, D., & Rohman, F. (2020). Analisis Perencanaan Gedung Kampus 1 Unswagati Dengan Menggunakan Konstruksi Baja Sni 1729-2015. Jurnal Konstruksi dan Infrastruktur: Teknik Sipil dan Perencanaan, 7(1).

Prianto, E. (2017). Proses permesinan cnc dalam pembelajaran simulasi CNC. Jurnal Edukasi Elektro, 1(1).

Agnitias, R. S., & Rusiyanto, R. (2019). Pengaruh Variasi Kuat Arus Terhadap Lebar Pemotongan dan Kekerasan pada Baja Karbon Sedang dengan CNC Plasma Arc Cutting. Jurnal Dinamika Vokasional Teknik Mesin, 4(2), 99-104.

Susilo, G. B., Sasongko, B. T., & Wardhana, P. B. W. (2024). Analysis of the Effect of Cutting Speed and Current on Surface Roughness with CNC

- Plasma Cutting on Steel Plates SS400. *Jurnal Dinamika Vokasional Teknik Mesin*, 9(1).
- Cahyono, E., & ARIANTO, B. (2017). Rancang Bangun Meja Mesin Plasma Cutting Dengan Gerak 3 Axis X. Y, Z, Menggunakan Motor Stepper Berbasis Arduino, Program Studi Diploma III., Institut Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Nugraha, M. P. W. (2019). Pengaruh Variasi Tekanan Udara Terhadap Nilai Kekasaran Permukaan dan Lebar HAZ pada Proses Pemotongan Stainless Steel SUS 304 Dengan Menggunakan Plasma Cutting. Institut Teknologi Sepuluh November.
- Taryana, A. (2017). Analisis sifat mekanik baja SKD 61 dengan baja ST 41 dilakukan hardening dengan variasi temperatur. *Bina Teknik*, 13(2), 189-199.
- OHM, H. (2020). Laporan Praktikum Fisika Daring Era Pandemi Covid-19.
- Weltmann, K. D., Kolb, J. F., Holub, M., Uhrlandt, D., Šimek, M., Ostrikov, K., ... & Becker, K. (2019). The future for plasma science and technology. *Plasma Processes and Polymers*, 16(1), 1800118.
- Azwinur, A., & Muhazir, M. (2019). Pengaruh jenis elektroda pengelasan SMAW terhadap sifat mekanik material SS400. *Jurnal Polimesin*, 17(1), 19-25.
- Senen, A. (2018). Perancangan prototipe alat ukur arus listrik Ac dan Dc berbasis mikrokontroler arduino dengan sensor arus Acs-712 30 ampere. *Sutet*, 8(1), 28-33.
- Yam, J. H., and R. Taufik. "Hipotesis Penelitian Kuantitatif. Perspektif: *Jurnal Ilmu Administrasi*, 3 (2), 96–102." 2021,
- Utama, F. P., & Febriantoko, I. B. W. (2023). Pengaruh Tekanan Gas pada Proses Pemotongan Baja ST37 dengan Metode Plasma Cutting terhadap Kekasaran Permukaan dan Topografi Permukaan (Doctoral Liza, F. P., Yao, C. B., Luces, J. L., Manabat, V. B. E., & Baldovino, R. G.

- (2015). Development of a low-cost controller for the 3-axis computer numerically-controlled (CNC) plasma cutting machine. In Proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science (Vol. 1, pp. 372-376). dissertation, Universitas Muhammadiyah Surakarta).
- Julian, N. (2019). Analisa Perbandingan Kekuatan Tarik pada Sambungan Las Baja SS400 Pengelasan MAG Dengan Variasi Arus Pengelasan dan Media Pendingin Sebagai Material Lambung Kapal. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 7(4).
- D. E. Agustin, & Heryadi, Y. (2022). Analisa Peredam Panas Glasswool Pada Alat Pembakar Sampah (Insinerator) Portabel 2 in 1. *Jurnal Teknologika*, 12(1), 68-79.
- Salam, A., Nasrullah, B., Elizhabet, K., Hakim, A., & Multazam, M. (2024). Pengembangan Mesin CNC Plasma Cutting Sebagai Media Pembelajaran. *Jurnal Teknik Mesin Sinergi*, 22(1), 136-145.
- Muchid, Mochammad. "Rancangan Alat Ukur Bantu Conepaper Speaker Menggunakan Jig Id Pengganti Jangka Sorong." *Jurnal Ilmu-Ilmu Teknik-Sistem* (2016): 99-106.
- Fatoni, Zulkarnain. "Pengaruh perlakuan panas terhadap sifat kekerasan baja paduan rendah untuk bahan pisau penyayat batang karet." *Jurnal desiminasi teknologi 4.1* (2016).
- Askar, Saiful, S. Sinarep, and Nasmi Herlina Sari. "Pengaruh Preheat Dan Tempering Terhadap Kekerasan Dan Struktur Mikro Hasil Pengelasan Baja Jis Ss 400." *Dinamika Teknik Mesin: Jurnal Keilmuan dan Terapan Teknik Mesin* 3.1 (2013).