



Pengaruh Tingkat Kekasaran Permukaan Terhadap Struktur Mikro Dan Kekuatan Mekanik Sambungan Baja Karbon Dan Tembaga Menggunakan CuZnCd

Nanang Sufiadi Ahmad¹⁾, Yoyok Winardi²⁾

^{1), 2)} Teknik Mesin UMP Ponorogo

Jl Budi Utomo No 10 Ponorogo

Email: nanangsufffiadi26@gmail.com

Received: November 23rd, 2018. Accepted: July 24th, 2019

ABSTRAK

Baja dan tembaga secara luas dipakai untuk berbagai macam konstruksi, karena kedua material itu memiliki sifat yang saling melengkapi. Penelitian ini ditujukan untuk menyelidiki pengaruh sifat permukaan logam dasar terhadap struktur mikro dan kekuatan mekanik sambungan antara baja karbon dan tembaga. Penyambungan dilakukan dengan proses brazing. Sifat permukaan kedua logam didapat dengan cara digosok menggunakan kertas amplas dari grid 100, 500, 1000, 1500, dan 2000. Kekasaran permukaan dikarakterisasi menggunakan mesin *surface roughness tester* TR200. Struktur mikro daerah sambungan brazing diamati menggunakan *scanning electron microscope* (SEM) setelah melalui tahap poles dan etsa. Kekuatan mekanik sambungan diuji menggunakan *universal testing machine* (UTM). Dari pengamatan struktur mikro didapatkan hasil bahwa logam pengisi mampu mengisi celah sambungan pada setiap variasi kekasaran permukaan. Berdasarkan uji mekanik, kekuatan tarik meningkat ketika permukaan semakin halus. Kekuatan tarik maksimum mencapai 7741,8854 N/mm² pada Ra 0,13. Sehingga dapat disimpulkan bahwa kekuatan sambungan dipengaruhi oleh kekasaran permukaan logam dasar.

Kata kunci: kekasaran permukaan, struktur mikro, kekuatan mekanik, baja karbon, tembaga

ABSTRACT

Steel and copper are widely used for various types of construction, due to both materials have complementary properties. This research is aimed to investigate the effect of the surface properties of base metal on the microstructure and mechanical strength between carbon steel and copper joint. Joining is carried out by brazing. The surface conditions of both metals were obtained by sandpaper from grids of 100, 500, 1000, 1500 and 2000. Surface roughness was characterized using a TR200 surface roughness tester machine. The microstructure of the brazed area was observed using a scanning electron microscope (SEM) after going through the polishing and etching. The mechanical strength of the joints was tested using a universal testing machine (UTM). From the microstructure observations, it was found that the filler metal was able to fill the joint gap in each variation of surface roughness. Based on mechanical tests, tensile strength increases when the surface becomes smoother. Maximum tensile strength reaches 7741,8854 N/mm² at Ra 0,13. So it can be concluded that the strength of the joint is influenced by the surface roughness of the base metal.

Keywords: surface roughness, microstructure, mechanical strength, carbon steel, copper.

PENDAHULUAN

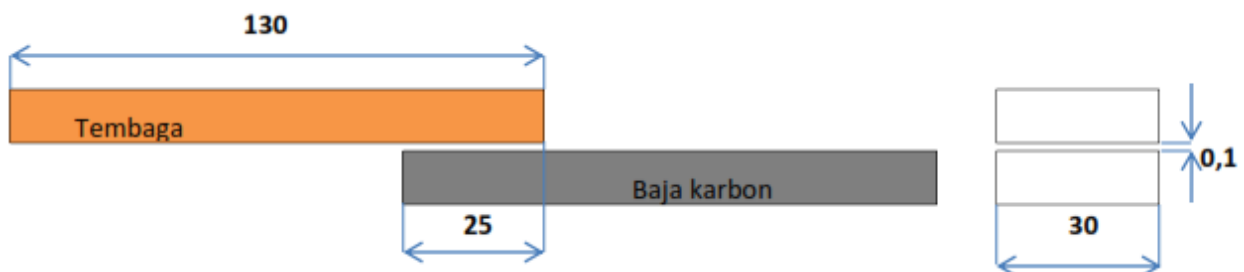
Tembaga merupakan material yang memiliki konduktivitas termal yang baik. Selain itu tembaga juga tahan terhadap korosi. Sebagian besar tembaga digunakan di industri manufaktur, industri otomotif, industri penerbangan, industri militer, dan industri elektronik [1]. Penggunaan tembaga banyak disambung dengan logam lain, salah satunya baja karbon. Selain mudah dan murah, hal ini dikarenakan sifat kedua material saling melengkapi. Namun penyambungan material yang berbeda sulit dilakukan. Hal ini disebabkan oleh perbedaan sifat material tersebut sehingga penyambungan dengan las lebur akan sulit dicapai. Akhir-akhir ini penyambungan material berbeda jenis mendapat perhatian lebih. Tidak hanya eksperimen, namun juga simulasi molekular dinamik sambungan baja menggunakan tembaga [2]. Selain itu dari hasil eksperimen menunjukkan, bahwa penyambungan dengan las lebur akan menghasilkan tegangan sisa yang sangat tinggi di daerah sambungan [3]. Ini dikarenakan terdapat perbedaan koefisien muai panas yang tinggi. Tegangan sisa tersebut akan menurunkan kekuatan sambungan, dan hal itu akan sangat merugikan. Sehingga untuk menyambung material berbeda jenis diperlukan proses yang berbeda dari las lebur konvensional [4-5].

Brazing merupakan teknik penyambungan yang sangat potensial dan mampu untuk

menyambung logam berbeda jenis. Brazing mampu menghasilkan konfigurasi yang sangat baik, dan rendah tegangan sisa [6-10]. Keberhasilan proses brazing dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti input panas yang digunakan, karakteristik logam pengisi, kebersihan permukaan logam dasar, jenis sambungan, jarak antar permukaan logam dasar, temperatur dan waktu pembrazingan [11]. Oleh karena itu diperlukan suatu penelitian tentang sambungan baja karbon dan tembaga menggunakan metode torch brazing. Struktur mikro dan kekuatan mekanik dari hasil pengelasan akan dibahas.

METODE PENELITIAN

Material logam yang digunakan dalam penelitian ini adalah baja SS400, tembaga T2(Cu2S), dan kuningan sebagai logam pengisi (60Cu30Zn10Cd). Ukuran dan dimensi spesimen serta susunan spesimen mengacu pada standart AWS C3.2.2001, seperti ditunjukkan pada Gambar 1. Untuk mendapatkan karakteristik kekasaran, permukaan spesimen digosok menggunakan kertas amplas dengan grid 100, 500, 1000, 1500, 2000. Teknik pengampelasan dilakukan satu arah saja agar didapatkan permukaan yang seragam. Untuk mendapatkan nilai kekasaran (Ra), maka dilakukan uji kekasaran menggunakan mesin uji surface roughness tester.



Gambar 1. Skema jenis sambungan

Proses penyambungan dilakukan menggunakan torch brazing. Desain sambungan yang dipilih adalah jenis

sambungan tumpang tunggal. Penentuan besarnya kekuatan pada suatu sambungan dapat dilakukan dengan melakukan pengujian

terhadap sambungan tersebut. Pengujian mekanik sambungan dilakukan dengan pengujian tarik-geser menggunakan mesin uji tarik universal. Pada pengujian ini, bentuk spesimen mengacu pada AWS C3.2.2001. Hasil dari pengujian geser akan terbentuk grafik hubungan antara beban atau gaya dengan pertambahan panjang. Karakteristik deformasi yang terjadi tergantung pada kekuatan logam pengisi. Kekuatan geser sambungan diketahui dari nilai beban maksimum yang diterima spesimen terhadap luasan sambungan. Perhitungan kekuatan geser tertulis pada persamaan di bawah ini:

$$\tau = \frac{P}{A}$$

(kekuatan tarik = beban maksimum/luas area sambungan)

Pengamatan struktur mikro dilakukan menggunakan scanning electron microscope. Sebelum dilakukan pengamatan, permukaan yang akan diamati dibersihkan dan diratakan

permukaannya. Spesimen dipotong menggunakan gerinda potong, kemudian diampas menggunakan kertas gosok dari grid 100-2000. Selanjutnya, permukaan yang telah diampas halus, dipoles menggunakan autosol. Kemudian dilakukan etsa menggunakan cairan etsa asam nital (98% Alkohol -2 % HNO₃).

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Pengujian kekasaran

Pengukuran kekasaran permukaan dilakukan untuk mengetahui nilai kekasaran (Ra) pada permukaan benda uji setelah digosok menggunakan kertas amplas. Pengukuran kekasaran dilakukan menggunakan mesin TR200 *surface roughness tester*. Hasil pengujian kekasaran disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Hasil uji kekasaran permukaan

Grid Amplas	100	500	1000	1500	2000
Ra	1,225	0,308	0,299	0,198	0,167
Ra	1,472	0,339	0,281	0,36	0,131
Ra	1,635	0,395	0,341	0,261	0,14
Ra	1,456	0,399	0,256	0,204	0,153
Ra	1,206	0,367	0,232	0,183	0,161
Ra	1,262	0,397	0,213	0,158	0,21
Ra	1,564	0,394	0,277	0,199	0,143
Ra	1,26	0,331	0,327	0,241	0,142
Ra	1,284	0,361	0,247	0,164	0,132
Rata-Rata	1,2364	0,3291	0,2473	0,1968	0,1379

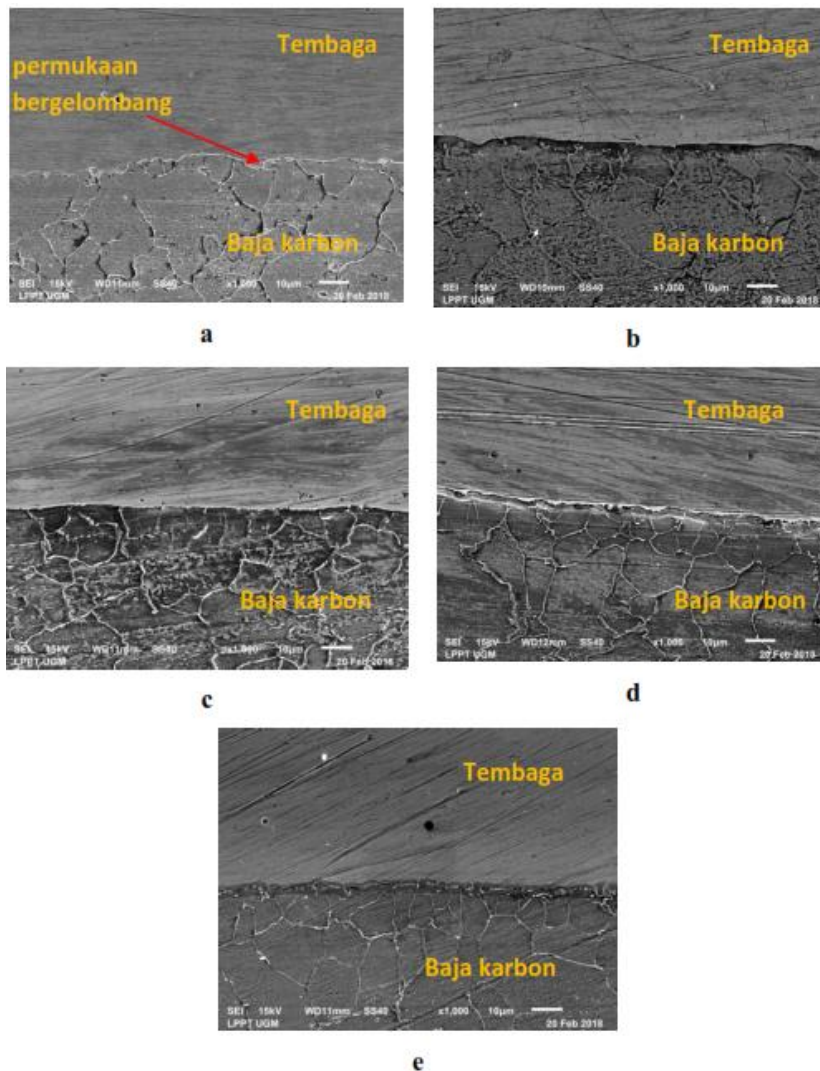
2. Struktur mikro sambungan

Foto spesimen hasil penyambungan menggunakan *torch brazing* dengan tingkat kekasaran yang berbeda, ditunjukkan pada gambar 2. Terlihat bahwa penyambungan telah

berhasil dilakukan dengan baik. Seluruh ruang sambungan telah terisi oleh padatan logam pengisi. Ini artinya secara visual logam pengisi mampu mengalir memenuhi rongga dalam sambungan



Gambar 2. Spesimen uji setelah disambung dengan *torch brazing*. Pengamatan struktur mikro dilakukan untuk mengetahui perubahan struktur mikro daerah HAZ, daerah logam pengisi dan logam dasar setelah dilakukan proses brazing. Pengamatan struktur mikro dilakukan menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscope*). Hasil pengamatan pada masing-masing variasi ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Struktur mikro sambungan *torch brazing* tembaga dan baja karbon
a). Ra 1,23 ; b). Ra 0,32; c). Ra 0,24; d). Ra 0,19; e). Ra 0,13.

Gambar 3a merupakan foto struktur mikro spesimen digosok menggunakan kertas amplas nomor 100. Terlihat pada gambar bahwa permukaan logam dasar bergelombang. Hal itu menunjukkan bahwa ketika permukaan logam dasar memiliki nilai kekasaran permukaan (R_a) 1,23 menghasilkan topografi yang bergelombang. Dihubungkan dengan sifat pembasahan logam pengisi, jika permukaan logam yang dibasahi bergelombang, maka aliran logam pengisi sedikit terhambat. Jika aliran logam pengisi terhambat, maka cairan logam pengisi tidak mampu mengisi rongga sambungan. Akibatnya akan menimbulkan kerugian terhadap kualitas sambungan, terutama dapat menurunkan kekuatan mekanik.

Kondisi berbeda didapatkan ketika permukaan logam dasar digosok menggunakan grit yang lebih besar, yaitu dengan nilai R_a lebih kecil seperti ditunjukkan pada Gambar 3b, 3c, 3d, dan 3e berurutan. Terlihat pada gambar bahwa permukaan kedua permukaan lebih rata. Zaharinie et al (2015) [12] menyatakan bahwa permukaan yang rata mampu meningkatkan sifat alir dan penyebaran cairan logam pengisi. Pada permukaan yang rata atau halus, dapat meminimalkan terjadinya void jika dibandingkan dengan permukaan yang kasar.

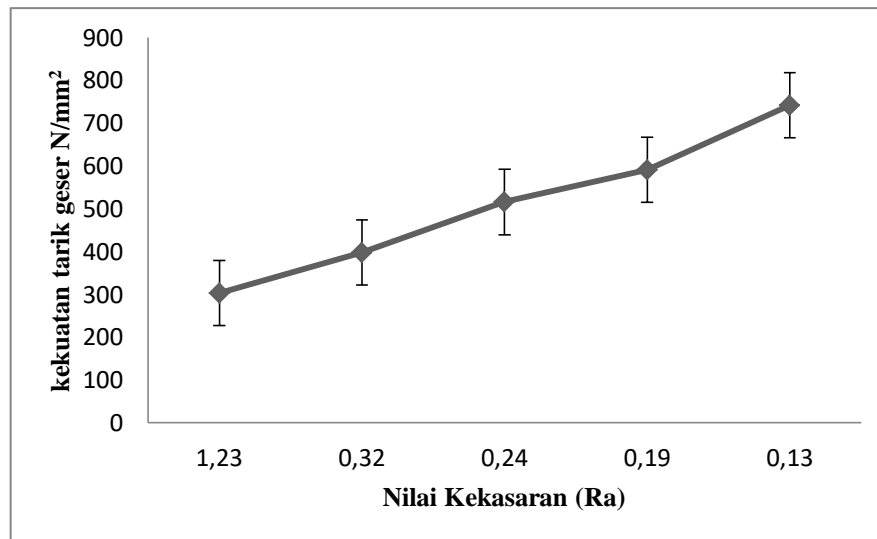
Lebih lanjut dinyatakan oleh Zaharinie et al, bahwa meningkatnya nilai kekasaran menyebabkan jumlah rongga di daerah brazing juga meningkat. Permukaan yang kasar, menghasilkan topografi yang bergelombang. Kekasaran permukaan logam dasar memiliki

pengaruh besar pada karakteristik penyebaran paduan logam pengisi. Hasil penyelidikan menunjukkan penyebaran yang lebih baik pada logam dasar dengan kekasaran permukaan paling sedikit daripada logam dasar dengan kekasaran lebih banyak.

3. Kekuatan Mekanik Sambungan

Gambar 4 merupakan rata-rata hasil uji tarik spesimen sambungan *torch brazing* dengan tingkat kekasaran yang berbeda. Hasil uji tarik menunjukkan bahwa nilai tegangan tarik meningkat ketika nilai kekasaran semakin kecil. Atau dengan kata lain, kekuatan tarik geser sambungan *torch brazing* mengalami peningkatan seiring dengan permukaan spesimen semakin halus. Ketika permukaan spesimen memiliki nilai R_a 1,23, nilai kekuatan tarik gesernya mencapai 302,7854 N/mm², diikuti nilai R_a 0,32, dan nilai kekuatan tarik geser tertinggi diperoleh ketika permukaan spesimen diamplas dengan grid 2000 mencapai 741,8854N/mm².

Peningkatan kekuatan tarik geser tersebut menunjukkan bahwa sifat permukaan logam dasar pada sambungan brazing mempunyai peranan yang sangat penting. Pada permukaan dengan tingkat kekasaran yang tinggi, dapat menyebabkan aliran logam pengisi menjadi tidak lancar. Hal ini karena permukaan yang kasar memiliki topografi yang bergelombang. Sehingga akan menghalangi aliran logam pengisi untuk mengisi setiap sudut sambungan.



Gambar 4. Grafik Kekuatan tarik geser sambungan brazing pada grid berbeda

Salah satu elemen penting dalam sambungan brazing adalah sifat aliran logam pengisi. Cairan logam pengisi yang tidak mampu memenuhi seluruh sambungan, maka akan muncul rongga. Ketika dalam padatan logam pengisi terjadi rongga, maka akan menurunkan kekuatan mekaniknya.

Zaharinie *et al.*, (2015) menyatakan bahwa jumlah rongga meningkat dengan kekasaran permukaan. Keberhasilan brazing dan pembersihan yang baik membutuhkan cairan yang akan menyebar untuk memenuhi rongga antarmuka. Elsayy and Fahmy, (1998) juga telah melaporkan ketika kekasaran permukaan berkurang, akan menyebabkan penurunan tegangan permukaan dan pada saat yang sama, sudut pembersihan juga akan turun lebih jauh lagi mendekati nol, menghasilkan pembersihan yang sempurna. Kekuatan maksimum sambungan dicapai ketika pembersihan dan penyebaran cairan logam pengisi didapat dengan baik [13].

Selain itu, pada permukaan yang halus memungkinkan terjadinya peningkatan jarak antara kedua permukaan bisa diminimalisir. Sedangkan pada permukaan kasar, memungkinkan adanya peningkatan jarak antar permukaan logam dasar. Jika hal ini terjadi, maka akan menyebabkan kekuatan mekanik sambungan menjadi rendah. Jarak atau gap

antar permukaan logam dasar yang meningkat, kemungkinan terjadinya rongga semakin besar, dan hal itu menurunkan kekuatan mekanik [14].

KESIMPULAN

Penyambungan dua material berbeda jenis antara tembaga dan baja karbon dengan tingkat kekasaran permukaan yang berbeda telah berhasil dilakukan. Kekuatan sambungan telah diuji dan dibahas. Perlakuan yang berbeda pada permukaan logam dasar akan menghasilkan sifat yang berbeda. Dari hasil eksperimen dapat ditarik kesimpulan bahwa pembersihan dan penyebaran cairan logam pengisi yang baik dipengaruhi oleh kekasaran permukaan logam dasar. Permukaan yang kasar menyebabkan pembersihan (*wettability*) tidak dapat terjadi dengan baik/semurna. Permukaan yang kasar memicu terjadinya void. Permukaan yang halus akan menyebabkan pembersihan (*wettability*) permukaan akan berlangsung dengan baik/semurna, dan meningkatkan kekuatan mekanik sambungan. Kekuatan tarik geser tertinggi mencapai 741,8854 N/mm² ketika permukaan logam dasar diampelas menggunakan kertas ampelas grid 2000.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Huang, G., Feng, X., Shen, Y., Zheng, Q. and Zhao, P. ‘Friction stir brazing of 6061 aluminum alloy and H62 brass: Evaluation of microstructure, mechanical and fracture behavior’, *JMADE*. Elsevier Ltd, 99, pp. 403–411, 2016, doi: 10.1016/j.matdes.2016.03.094.
- [2] MUNAJI, M., BUNTORO, G., PURNIAWAN, A., ARIFIN, R.. Molecular Dynamics Simulations of Iron-Joining Using Copper as a Filler Metal. *Makara Journal of Science*, North America, 22, sep. 2018. Available at: <http://journal.ui.ac.id/index.php/science/article/view/8512>. Date accessed: 27 Dec. 2018.
- [3] Al-Samhan, A. M. ‘Thermal-stresses in carbide-tip bonded face milling cutters’, *Journal of King Saud University - Engineering Sciences*. King Saud University, 24(2), pp. 85–94, 2012, doi: 10.1016/j.jksues.2011.03.009.
- [4] Kayser, W., Bezold, A. and Broeckmann, C. ‘Simulation of residual stresses in cemented carbides’, *International Journal of Refractory Metals and Hard Materials*. Elsevier B.V. 2015, doi: 10.1016/j.ijrmhm.2016.04.001.
- [5] Krawitz, A. and Drake, E, ‘Residual stresses in cemented carbides - An overview’, *International Journal of Refractory Metals and Hard Materials*. Elsevier Ltd, 49(1), pp. 27–35, 2015, doi: 10.1016/j.ijrmhm.2014.07.018.
- [6] Lee, W.-B., Kwon, B.-D. and Jung, S.-B. ‘Effect of bonding time on joint properties of vacuum brazed WC – Co hard metal/carbon steel using stacked Cu and Ni alloy as insert metal’, *Materials Science and Technology*, 20(11), pp. 1474–1478. 2004, doi: 10.1179/026708304X4312.
- [7] Barbatti, C., Garcia, J., Liedl, G. and Pyzalla, A, ‘Joining of cemented carbides to steel by laser beam welding’, *Materialwissenschaft und Werkstofftechnik*, 38(11), pp. 907–914.2007, doi: 10.1002/mawe.200700196.
- [8] Chen, H., Feng, K., Wei, S., Xiong, J., Guo, Z. and Wang, H. ‘Microstructure and properties of WC-Co/3Cr13 joints brazed using Ni electroplated interlayer’, *International Journal of Refractory Metals and Hard Materials*. Elsevier Ltd, 33, pp. 70–74, 2012, doi: 10.1016/j.ijrmhm.2012.02.018.
- [9] Guo, Y., Gao, B., Liu, G., Zhou, T. and Qiao, G, ‘Effect of temperature on the microstructure and bonding strength of partial transient liquid phase bonded WC-Co/40Cr joints using Ti/Ni/Ti interlayers’, *International Journal of Refractory Metals and Hard Materials*. Elsevier B.V., 51, pp. 250–257, 2015, doi: 10.1016/j.ijrmhm.2015.04.018.
- [10] Jiang, C., Chen, H., Wang, Q. and Li, Y. ‘Effect of brazing temperature and holding time on joint properties of induction brazed WC-Co/carbon steel using Ag-based alloy’, *Journal of Materials Processing Technology*. Elsevier B.V., 229, pp. 562–569, 2016, doi: 10.1016/j.jmatprotec.2015.09.044.
- [11] Schwartz, M. M, *Brazing Second Edition*. Material Park Ohio: ASM International, 2003
- [12] Zaharinie, T., Huda, Z., Faaliq, M. and Hamdi, M. ‘Development of optimum process parameters and a study of the effects of surface roughness on brazing of copper’, *Applied Surface Science*. Elsevier B.V., 331, pp. 127–131, 2015, doi: 10.1016/j.apsusc.2015.01.078.
- [13] Elsayy, A. H. and Fahmy, M. F. ‘Brazing of Si₃N₄ ceramic to copper’, *Journal of Material Processing Technology*, 77, pp. 266–272.1998.
- [14] Prian S, ‘Pengaruh Jarak (Gap) Terhadap Kekuatan Geser Pada Sambungan Torch Brazing Dengan Filler Paduan Perak’, Tugas Akhir Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik universitas

Sebelas Maret Surakarta, 2010