

## ANALISIS KINEMATIKA PADA DESAIN ALAT BANTU PENINGKAT KETERAMPILAN JURU LAS SMAW

Wina Libyawati<sup>1,\*</sup>, Nafsan Upara<sup>1</sup>, Agri Suwandi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Srengseng Sawah Jagakarsa, Kode Pos

\*E-mail: wina@univpancasila.ac.id

Diterima: 15 Juli 2018

Direvisi: 27 Januari 2019

Disetujui: 30 Januari 2019

### ABSTRAK

Persaingan tenaga kerja terampil di Indonesia saat ini dipengaruhi oleh kebijakan nasional dan internasional. Masyarakat Ekonomi ASEAN dan Program Mewujudkan Masyarakat Indonesia yang Mandiri, Maju, Adil dan Makmur merupakan peluang sekaligus ancaman bagi tenaga kerja Indonesia dalam bersaing untuk memperoleh lapangan pekerjaan di Negeranya sendiri. Indonesia merupakan koordinator untuk sektor barang otomotif dengan fokus kepada program pengembangan kendaraan angkutan umum murah pedesaan berbasis komponen lokal. Pengelasan memegang peranan penting dalam industri otomotif seperti dalam penyambungan plat untuk body kendaraan dan penyambungan rangka untuk chassis kendaraan. Teknologi bantu digunakan untuk menjaga konsistensi kesejajaran antara pergerakan tangan juru las pemegang obor dengan sumbu alur pengelasan. Tulisan ini akan membahas tentang analisis kinematika dengan menggunakan metode perhitungan matematika serta simulasi metode elemen hingga. Berdasarkan hasil kedua metode tersebut desain dapat dinyatakan aman dengan nilai von mises *stress* antara 23.63 MPa hingga 27.57 MPa dan nilai tersebut masih jauh dibawah nilai *yield strength* material Mild Steel sebesar 207 MPa.

**Kata kunci:** metode elemen hingga, simulasi, kinematika, desain alat bantu.

### ABSTRACT

*The competition for skilled workers in Indonesia is currently influenced by national and international policies. The ASEAN Economic Community and the Realization of Self-Released, Advanced, Equal and Prosperous Indonesian Programs are both an opportunity and a threat to Indonesian workers in competing for jobs in their own countries. Indonesia is the coordinator for the automotive goods sector with a focus on the development of rural low-cost public transportation vehicles based on local components. Welding an important role in the automotive industry such as in plate grafting for vehicle body and splicing frames for vehicle chassis. Assistive technology is used to keep the alignment consistency between the hand movements of the torch holders weld with the welding axis. This paper will discuss kinematics analysis using mathematical calculation method and simulation of finite element method. Based on the results of both methods the design can be declared safe with the value of von mises stress between 23.63 MPa to 27.57 MPa and the value is still below of Mild Steel material yield strength of 207 MPa.*

**Keywords:** finite element method, simulation, kinematics, tool design.

## PENDAHULUAN

Masyarakat Ekonomi ASEAN (MEA) atau secara global dikenal dengan *ASEAN Economic Community* (AEC), selanjutnya disebut dengan MEA, adalah kesepakatan antar beberapa Negara di wilayah Asian Tenggara tentang peningkatan dan pengembangan bidang ekonomi dan bidang terkait. Penerapan dari kerjasama tersebut tercantum dalam *Priority Integration Sectors* (PIS). PIS terdiri dari 8(delapan) sektor barang, yaitu pertanian, otomotif, elektronik, perikanan, produk berbahan dasar karet, tekstil dan pakaian, produk berbahan dasar kayu dan logistik; serta 4(empat) sektor jasa, yaitu perjalanan melalui udara, e-ASEAN, perawatan kesehatan, pariwisata. Indonesia merupakan koordinator untuk 2(dua) sektor barang yaitu otomotif dan produk berbahan dasar kayu (AEC, 2015).

Indonesia sebagai anggota MEA telah melihat kebebasan penempatan dan pergerakan tenaga trampil dan pebisnis sebagai kekuatan sekaligus ancaman dalam mengembangkan perekonomian Indonesia. Antisipasi MEA dilakukan Indonesia dengan menerapkan diantaranya adalah: program Mewujudkan Masyarakat Indonesia yang Mandiri, Maju, Adil dan Makmur (MP3I); program penerapan SNI (Standar Nasional Indonesia) untuk produk unggulan yang beredar di Indonesia; program sertifikasi halal dan HAKI; pendirian Lembaga Sertifikasi Profesi (LSP); program skema pembiayaan dengan bunga rendah untuk UMKM. Pendirian LSP disertifikasi oleh Badan Nasional Sertifikasi Profesi (BNSP). Pengelasan *Shield Metal Arc Welding* (SMAW) merupakan salah satu program pelatihan yang diselenggarakan oleh BNSP sesuai dengan Kerangka Kualifikasi Nasional Indonesia(KKNI) mengacu kepada Peraturan Pemerintah Nomor 31 Tahun 2006 tentang Sistem Pelatihan Kerja Nasional. Program pemerintah khusus untuk mendukung program MP3I di industri otomotif adalah program pengembangan kendaraan angkutan umum murah pedesaan berbasis komponen lokal. Pengelasan diterapkan dalam industri otomotif diantaranya diterapkan dalam proses perakitan *body* dan pembuatan *chassis* kendaraan.

SMAW merupakan dasar dari seluruh proses pengelasan. Sertifikat untuk pengelasan SMAW terdiri dari 3(tiga), yaitu sertifikat satu,

sertifikat dua, dan sertifikat tiga. Kompetensi inti yang dibutuhkan untuk memperoleh keseluruhan sertifikat tersebut secara garis besar adalah kemampuan untuk: membaca sketsa dan atau gambar kerja; mempergunakan peralatan tangan dan mesin-mesin ringan; melakukan pemotongan mekanik; mengelas pelat dan/atau pipa dalam posisi di bawah tangan/flat, secara tegak/vertikal, di atas kepala/overhead, di sumbu tegak dapat diputar, di sumbu mendatar dapat diputar, di sumbu mendatar tidak dapat diputar, serta di sumbu miring tidak dapat diputar; mengelas pelat dan/atau pipa segala posisi dengan kombinasi Las TIG (GTAW) dan SMAW. Kualifikasi seorang juru las terlihat bergantung kepada kombinasi pengalaman dan keterampilan juru las atas bentuk benda kerja, jenis material, jenis proses pengelasan, dan posisi pengelasan.

Perkembangan keilmuan dan teknologi tentang pengelasan telah banyak dilakukan oleh para peneliti diantaranya adalah: pemodelan perilaku juru las dengan menggunakan simulasi sensor untuk Gas Tungsten Arc Welding (GTAW) (Liu, Zhang, & Zhang, 2014); perbandingan studi eksperimental dengan simulasi CFD untuk Gas Metal Arc Welding berdasarkan dimensi tetesan elektroda cair dan komponen dasar pengelasan dalam pengelasan sambungan fillet dengan variasi kecepatan las dan *wire feed rate* (Wu, Cheon, Kiran, & Na, 2016); pemodelan kemampuan juru las GTAW berdasarkan kemampuan penetrasi obor dalam mengisi alur pengelasan berdasarkan arus, kecepatan pengelasan, dimensi alur pengelasan dan orientasi dari obor (W.J & Y.M, 2012); pemodelan melalui studi eksperimental untuk melihat hubungan antara kemampuan juru las GTAW dengan kualitas hasil pengelasan dalam menjaga konsistensi penetrasi obor dengan sumbu alur pengelasan (W.J & Y.M, 2013); perbandingan *Friction Stir Welding* (FSW) menggunakan robot dan mesin konvensional (Mendes, Neto, Loureiro, & Moreira, 2016); studi eksperimental pengalaman penggunaan alat pengelasan pada SMAW dengan bantuan teknologi bantu *Augmented Reality* berbasis aspek emosi dan persepsi dari juru las (Okimoto, Okimoto, & Goldbach, 2015); simulasi pengelasan untuk sistem pelatihan *Metal Inert Gas Welding* (MIG) atau *Gas Metal Arc Welding* (GMAW) dalam menentukan dimensi sambungan pengelasan,

kedalaman penetrasi obor, distribusi temperatur berdasarkan variasi perpindahan posisi obor sesuai fungsi waktu (Chambers, et al., 2012); sistem pelatihan SMAW dasar berbasis komputer dikembangkan dengan memasang sensor pada obor pengelasan untuk memperoleh sudut jalan, sudut pengelasan, panjang alur pengelasan, dan kecepatan pengelasan (Teeravarunyou & Poopat, 2009); pemodelan kendali pergerakan tangan manusia dalam GTAW dengan model ANFIS (Liu & Zhang, 2014). Keseluruhan perkembangan keilmuan dan teknologi berfokus kepada pemodelan hubungan antara interaksi juru las terhadap kualitas hasil pengelasan, membobotkan komponen pengelasan, perbandingan hasil pengelasan antara juru las dengan robot, teknologi bantu untuk memperoleh komponen pengalaman dan persepsi dari juru las secara virtual, dan sistem pelatihan berbasis komputer dengan sensor suara pada peralatan las. Akan tetapi belum mengarah kepada teknologi bantu untuk menjaga konsistensi kesejajaran pergerakan tangan juru las pemegang laras tembak dengan sumbu alur pengelasan.

Tulisan ini membahas tentang analisis kinematika pada desain alat bantu peningkatan keterampilan juru las SMAW dengan tujuan mendapatkan desain yang optimal pada alat bantu tersebut.

## METODE PENELITIAN

Kinematika (Vinogradov, 2000) merupakan ilmu yang mempelajari tentang variasi pergerakan pada suatu mekanisme untuk mencapai tujuan tertentu. Contoh penerapan kinematika adalah sebuah benda bergerak dari titik A ke titik B sepanjang garis lurus. Analisa kinematika pada suatu benda dilakukan dengan tahapan sebagai berikut:

1. Pembuatan Diagram Benda Bebas (D.B.B).

DBB adalah skema sederhana dari suatu mekanisme untuk menggambarkan gaya, kecepatan, perpindahan yang terjadi.

2. Hitung derajat kebebasan.

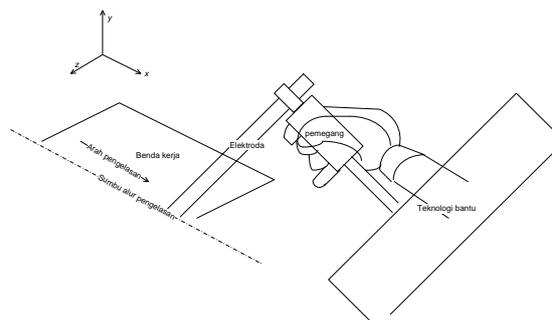
Derajat kebebasan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan Kutzbach sebagai berikut:

$$m = 3(n-1) - 2j_1 - j_2 \quad (1)$$

dengan  $n$  jumlah sambungan,  $j_1$  = jumlah sambungan *low-pair*,  $j_2$  = jumlah sambungan *high-pair*.

3. Pilih sistem koordinat.
4. Identifikasi jumlah sambungan.
5. Identifikasi posisi pergerakan sudut dari sambungan.
6. Buat persamaan siklus tertutup.
7. Identifikasi variabel input dan out put.
8. Selesaikan persamaan siklus tertutup.
9. Validasi hasil dengan analisis numerik.

Penerapan kinematika untuk teknologi bantu peningkatan keterampilan juru las SMAW adalah analisis pergerakan mekanisme penopang tangan juru las ketika proses pengelasan berlangsung. Skema hubungan antara tangan juru las dengan teknologi bantu serta peralatan pengelasan terangkum dalam Gambar 3.6 Skema sederhana menunjukkan untuk menjaga stabilitas kesejajaran antara busur listrik berdasarkan orientasi tangan dengan alur pengelasan menghasilkan perubahan kecepatan pengelasan dan sudut kerja pengelasan secara stabil dengan deviasi 10-20%. Teknologi bantu menjadi dudukan sekaligus pengarah gerak sepanjang alur pengelasan. Penentuan derajat kebebasan teknologi bantu harus selaras dengan kinematika pergerakan tangan juru las sewaktu melakukan proses SMAW dengan berbagai posisi dasar pengelasan di tahap pertama.



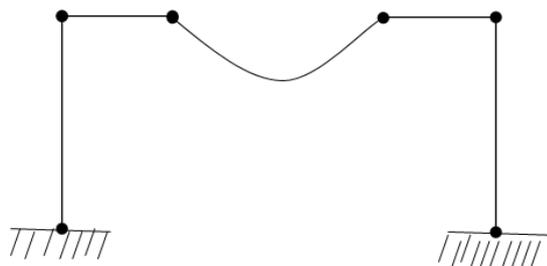
**Gambar 1.** Hubungan antara tangan juru las dengan teknologi bantu

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan kinematika pada rancangan teknologi bantu peningkatan keterampilan juru las SMAW, menggunakan perhitungan derajat kebebasan, yaitu:

$$m = 3(n - 1) - 2j_1 - j_2$$

Dimana:  $m$  = derajat kebebasan;  $n$  = jumlah sambungan;  $j_1$  = *low-pair*;  $j_2$  = *high-pair*  
 Skema penyanggung untuk tangan dari juru las pada rancangan teknologi bantu peningkatan ketrampilan juru las SMAW, seperti terlihat pada gambar 2 berikut:



**Gambar 2.** Skema komponen penopang tangan dari juru las

Maka dengan memasukkan persamaan diatas, sebagai berikut:

$$m = 3(5-1)-2(4)-2 = 2 \text{ derajat kebebasan}$$

Hasil derajat kebebasan menunjukkan komponen penopang mampu melakukan gerakan sebanyak 2 arah, sehingga memungkinkan tangan juru las bergerak leluasa untuk mengatur sudut pengelasan dengan ketinggian tetap.

Diagram Benda Bebas (D.B.B) gaya-gaya yang terjadi pada penyanggung tangan terangkum pada Gambar 5.2. Beberapa asumsi ditentukan untuk membuat D.B.B adalah sebagai berikut:

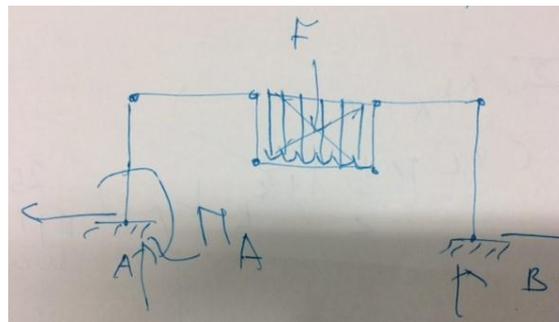
- Beban distribusi normal pada bagian penopang tangan adalah 0.25 dari massa juru las
- Sambungan komponen penopang tangan terhadap meja las dianggap tetap
- Komponen penopang tangan dianggap tanpa gesekan
- Struktur disederhanakan sebagai diagram batang

Perhitungan gaya dan momen yang terjadi terbagi ke dalam 2 tahapan yaitu gaya akibat pembebanan dan momen yang terjadi dengan persamaan sebagai berikut:

$$\sum F_x = 0 \quad \sum F_y = 0 \quad \sum M_A = 0$$

dengan menerapkan asumsi pada D.B.B

Berikut sketsa dari D.B.B yang terjadi pada rancangan teknologi bantu peningkatan ketrampilan juru las SMAW:



**Gambar 3.** D.B.B

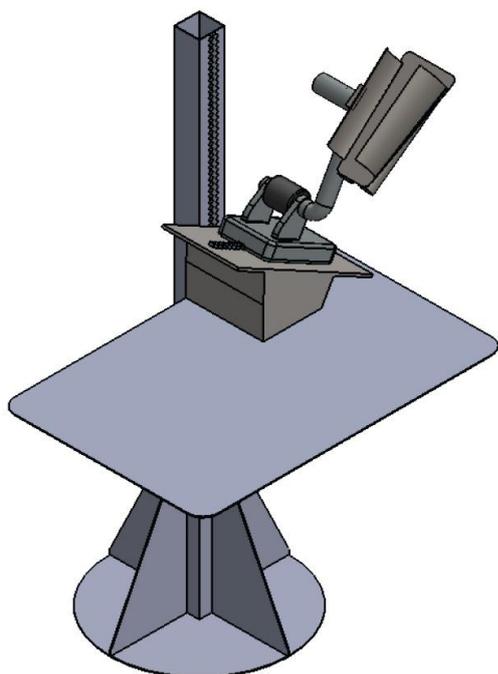
Asumsi berat untuk massa tangan dihitung dari ¼ berat tubuh manusia (lihat tabel 5.1) dengan 3(tiga) range antara 60 kg sampai 70 kg, yaitu: 60 kg, 65 kg dan 70 kg. Hasil perhitungan terangkum pada Tabel 1:

**Tabel 1.** Hasil perhitungan

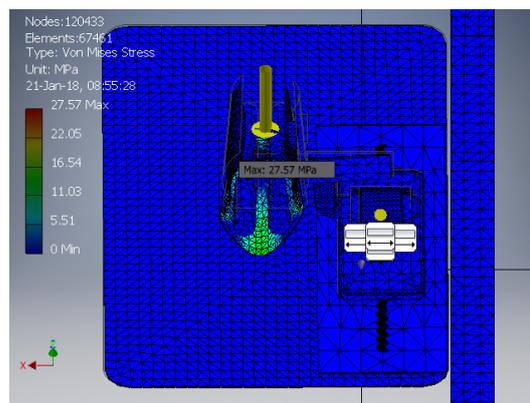
No.	Massa Tangan Juru Las(kg)	$F_x(N)$	$F_y(N)$	$M_A(N.m)$
1	15	20	25	30
2	16.25	35.70	45.85	40
3	17.50	45.70	55.85	50

Spesifikasi desain pada Gambar 4 memiliki arah gerak 2 axis dan sistem *adjustable* pada bagian penopang lengan dengan dimensi panjang x lebar x tinggi adalah 605 mm x 655.63 mm x 905 mm.

Setelah konsep desain didapat, maka tahap selanjutnya adalah melakukan simulasi analisis *stress* yang terjadi pada tiap hasil rancangan yang telah dibuat. Hasil analisis *stress* dibandingkan untuk kemudian dijadikan salah satu acuan pemilihan rancangan yang akan dibuat nantinya. Hal tersebut dapat memberikan gambaran simulasi beban pada rancangan yang dibuat (Yakub dkk, 2015). Gambar 5 memperlihatkan posisi titik kritis dari desain varian 1 dengan kondisi besarnya nilai pembebanan yang bervariasi dan posisi kritis untuk desain varian 1 ada pada bagian tengah penopang tangan.



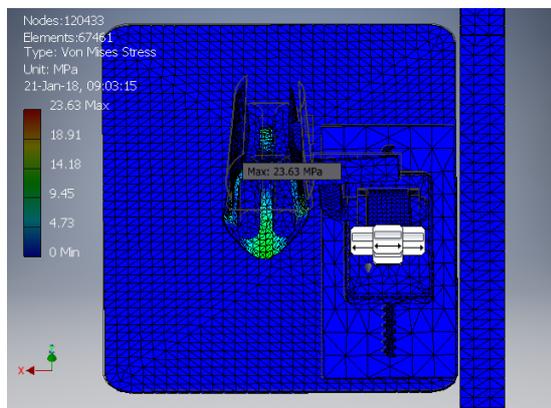
Gambar 4. Konsep desain



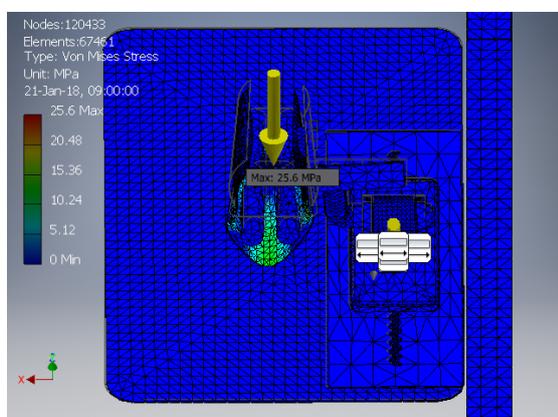
(c) Massa tangan 17.50 kg

Gambar 5. Titik kritis pada desain alat

Pada desain, nilai *von misses stress* memiliki kenaikan nilai yang merata, selain itu distribusi tegangan yang diperlihatkan pada gambar 5, bahwa konsentrasi massa berada pada bagian tengah penopang, sehingga tangan juru las menjadi nyaman dan dapat tertopang dengan optimal.



(a) Massa tangan 15 kg



(b) Massa tangan 16.25 kg

### KESIMPULAN

Analisis hasil simulasi dengan metode *finite element* pada desain adalah: pada massa tangan 15 kg dihasilkan nilai *von misses stress* sebesar 23.63 MPa; massa tangan 16.25 kg dihasilkan nilai *von misses stress* sebesar 25.60 MPa; dan pada massa tangan 17.50 kg dihasilkan nilai *von misses stress* sebesar 27.57 MPa. Nilai-nilai tersebut masih jauh dibawah nilai *Yield Strength* material yang akan digunakan yaitu kategori *Mild Steel* sebesar 207 MPa, maka nilai *stress* statis desain dapat dinyatakan aman.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih ditujukan kepada LPPM Universitas Pancasila sebagai pemberi hibah *In-House* dengan nomor kontrak 4130/LPPM/UP/X/2017.

### DAFTAR PUSTAKA

AEC, A. (2015, November 22). *ASEAN Economic Community: Blueprint 2025*. Retrieved Mei 6, 2016, from ASEAN Economic Community:

- <http://www.asean.org/asean-economic-community/>
- American Welding Society. (1976). *AWS Welding Handbook Seventh Edition: Fundamentals of Welding* (Vol. 1). Florida, America: American Welding Society. doi:10.1007/978-1-349-03073-6
- Barrentine, L. B. (1999). *An Introduction to design of experiments*. Winsconsin: ASQ Quality Press.
- Chambers, T., Aglawe, A., Reiners, D., White, S., Borst, C. W., Prachyabrued, M., & Bajpayee, A. (2012). Real Time Simulation for a virtual reality-based MIG welding training system. *16*, 45-55. doi:10.1007/s10055-010-0170-x
- Commission, I. (2014). IIW Commission XIV workshop success: showcasing latest international developments in welding training systems. *Australian Welding Journal*, 18-22.
- Committee, A. I. (2011). *ASM Handbook: Volume 6A- Welding Fundamentals and Process*. Ohio: ASM International.
- Liu, Y., & Zhang, Y. (2014). Control of Human Arm Movement in Machine-Human Cooperative Welding Process. *Control Engineering Practice*, 32, 161-171. doi:10.1016/j.conengprac.2014.08.003
- Liu, Y., Zhang, W., & Zhang, Y. (2014). A tutorial on learning human welder's behavior: Sensing, modeling, and control. *Journal of Manufacturing Processes*, 16, 123-136. doi:10.1016/j.jmapro.2014.08.003
- Mendes, N., Neto, P., Loureiro, A., & Moreira, A. P. (2016). Machines and control systems for friction stir welding: A review. *Materials and Design*, 90, 256-265. doi:10.1016/j.matdes.2015.10.124
- Okimoto, M. L., Okimoto, P. C., & Goldbach, C. E. (2015). User Experience in Augmented Reality Applied to the Welding Education. *6th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics(AHFE) and Affiliated Conference* (pp. 6223-6227). Elsevier B.V. doi:10.1016/j.promfg.2015.07.739
- Penrod, V. M., Reichert, C. T., Boulware, P. C., & Conrardy, C. C. (2011, January 13). *Patent No. US 2011/0006047 A1*. USA.
- Teeravarunyou, S., & Poopat, B. (2009). Computer based Welding Training System. *International Journal of Industrial Engineering*, 16 (2), 116-125.
- Ulrich, K. T., & Eppinger, S. D. (2012). *Product Design and Development*. Singapore: McGraw-Hill.
- Vinogradov, O. (2000). *Fundamentals of Kinematics and Dynamics of Machines and Mechanisms*. Florida: CRC Press LLC.
- W.J, Z., & Y.M, Z. (2012, November). Modeling of Human Welder Response to 3D Weld Pool Surface: Part I-Principles. *Welding Journal*, 91, 310-B-318B.
- W.J, Z., & Y.M, Z. (2013, May). Dynamic Control of GTAW Process Using a Human Welder Response Model. *Welding Journal*, 92, 154-B-166-B.
- Wu, L., Cheon, J., Kiran, D. V., & Na, S.-J. (2016). CFD simulations of GMA welding of horizontal fillet joints based on coordinate rotation of arc models. *Journal of Materials Processing Tech.*, 231, 221-238. doi:10.1016/j.jmatprotec.2015.12.027
- Yahub, A., Karmiadiji, D. W., & Ramadhan, A. I. (2015). Optimasi Desain Rangka Sepeda Berbahan Baku Komposit Berbasis Metode Anova. *Jurnal Teknologi.*, 8 (1), 17-22. doi: 10.24853/jurtek.8.1.17-22
- Zboray, D. A., Bennett, M. A., Wallace, M. W., Jeremiah, H., Dudac, Y. C., Lenker, Z. S., . . . Preisz, E. A. (2014). *Patent No. US8747116 B2*. USA.