

PERANCANGAN WELDING JIG UNTUK FRAME BECAK KAYUH LISTRIK PARIWISATA (BEKALISTA) YOGYAKARTA

RECEIVED
05 April 2026

REVISED
30 April 2026

ACCEPTED
10 Mei 2026

PUBLISHED
31 Mei 2026

Wenang Raya Pinasthika ^{1*}, Braam Delfian ², Nugroho Santoso ³,
Widia Setiawan ⁴
^{1,2,3,4}Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Mesin,
Departemen Teknik Mesin, Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada,
Yogyakarta, Indonesia.
*wenangrayapinasthika@mail.ugm.ac.id

Abstrak

Perkembangan teknologi transportasi ramah lingkungan mendorong pengembangan kendaraan listrik ringan untuk sektor pariwisata, salah satunya Becak Kayuh Listrik Pariwisata (BEKALISTA). Proses pengelasan *frame* kendaraan memerlukan ketepatan posisi dan kestabilan benda kerja agar kualitas sambungan las tetap baik. Penelitian ini bertujuan merancang *welding jig* untuk *frame* BEKALISTA menggunakan perangkat lunak CAD serta melakukan analisis kekuatan struktur untuk memastikan keamanan dan kestabilannya selama proses pengelasan. Metode penelitian yang digunakan adalah metode perancangan dengan tahapan observasi, studi literatur, pengumpulan data dimensi *frame*, pembuatan model tiga dimensi menggunakan SolidWorks, serta analisis struktur. Analisis dilakukan terhadap parameter tegangan, deformasi, dan *Safety Factor* pada *Jig Frame* depan, *frame* belakang, serta *frame Ornament*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa desain *welding jig* berhasil dibuat sesuai geometri *frame* BEKALISTA dan mampu menahan pembebanan yang diberikan dengan aman. Nilai tegangan masih berada di bawah batas luluh material, deformasi relatif kecil, serta *Safety Factor* berada di atas batas aman penggunaan. *Welding jig* yang dirancang dinyatakan layak digunakan untuk mendukung proses pengelasan agar lebih presisi, stabil, dan konsisten.

Kata Kunci: *Welding Jig*, CAD, Analisis Struktur, BEKALISTA

1. Pendahuluan

Perkembangan sistem manufaktur menuntut proses produksi yang mampu menghasilkan komponen secara presisi, konsisten, dan efisien [1]. Dalam proses pengelasan rangka kendaraan, jig dan fixture berfungsi untuk menentukan posisi, menopang, serta menahan benda kerja agar geometri komponen tetap sesuai selama proses penyambungan [2], [3]. Kajian terkini menunjukkan

bahwa jig dan fixture tetap menjadi elemen penting dalam sistem produksi karena secara langsung memengaruhi fleksibilitas, kualitas, biaya, dan keterulangan proses manufaktur [4]. Becak Kayuh Listrik Pariwisata (BEKALISTA) merupakan kendaraan ringan yang menggabungkan tenaga kayuh dan motor listrik untuk mendukung transportasi pariwisata. Pada proses pembuatan frame BEKALISTA, ketidaktepatan posisi komponen selama pengelasan dapat menyebabkan penyimpangan dimensi, ketidaksesuaian titik sambungan, dan kesulitan pada tahap perakitan berikutnya. Perancangan fixture berbantuan komputer memungkinkan informasi geometri, komponen penentu posisi, dan mekanisme penjepitan dikelola secara sistematis sebelum alat dibuat [5].

Perancangan welding jig yang baik harus mempertimbangkan prinsip lokalisasi, kestabilan benda kerja, kemudahan pemasangan dan pelepasan, aksesibilitas pengelasan, serta kekuatan struktur. Pendekatan analisis elemen hingga dapat digunakan untuk memprediksi interaksi antara benda kerja dan fixture serta mengevaluasi deformasi sebelum tahap fabrikasi [6]. Penerapan analisis numerik pada desain fixture juga dapat mengurangi kebutuhan uji coba berulang dan membantu menentukan posisi penopang maupun penjepit yang lebih tepat [7]. Optimasi tata letak locator dan clamp telah dilaporkan mampu menekan deformasi akibat gaya penjepitan dan gaya proses pengelasan [8]. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan merancang model tiga dimensi welding jig untuk frame BEKALISTA menggunakan SolidWorks serta mengevaluasi kekuatan strukturnya berdasarkan tegangan, deformasi, dan faktor keamanan.

2. Metode Penelitian

Penelitian menggunakan metode perancangan yang meliputi observasi, pengumpulan data geometri, perumusan kebutuhan desain, pemodelan tiga dimensi, dan analisis struktur. Observasi dilakukan di PT YPTI untuk memperoleh dimensi frame, bentuk rangka, lokasi sambungan, serta kebutuhan penahan dan penjepit. Komponen utama welding jig terdiri atas base plate, locator, clamp, dan stopper. Penentuan komponen tersebut mengikuti prinsip bahwa fixture harus membatasi derajat kebebasan benda kerja secara memadai tanpa memberikan kendala berlebih [2], [3]. Model tiga dimensi dibuat menggunakan SolidWorks, kemudian dievaluasi untuk memastikan kesesuaian dimensi, kemudahan akses pengelasan, dan tidak adanya interferensi antarkomponen.

Analisis struktur dilakukan dengan pendekatan elemen hingga. Metode ini telah digunakan untuk menilai integritas desain fixture, memprediksi perpindahan akibat pembebanan, dan mengevaluasi lokasi penopang serta penjepit [6], [7]. Pembebanan simulasi ditetapkan sebesar 5 kg pada *Jig Frame* depan, 3,5 kg pada *Jig Frame* belakang, 0,8 kg pada jig *Ornament* 1, 1 kg pada jig *Ornament* 2, dan 0,7 kg pada jig *Ornament* 3. Parameter keluaran berupa tegangan ekuivalen, deformasi total, dan faktor keamanan. Interpretasi tegangan dan faktor keamanan dilakukan berdasarkan teori kegagalan material ulet dan hubungan antara tegangan kerja dengan kekuatan luluh material [9]. Analisis dilakukan dalam kondisi statis untuk menilai kelayakan awal struktur sebelum proses fabrikasi dan pengujian eksperimental.



Gambar 1. Becak Kayuh Listrik Pariwisata

Data diperoleh melalui studi literatur, observasi, dan dokumentasi, meliputi:

1. Dimensi *Frame* BEKALISTA
2. Geometri dan bentuk rangka
3. Titik sambungan
4. Kebutuhan posisi penahan (locator dan clamp)

Pada tahap ini dilakukan analisis terhadap kebutuhan desain *Welding Jig* berdasarkan data yang telah dikumpulkan. Analisis meliputi:

1. Penentuan jumlah dan posisi locator
2. Penentuan sistem penjepit (clamp)
3. Penentuan struktur utama (base plate dan rangka *Jig*)
4. Pertimbangan aksesibilitas pengelasan

Pembuatan model 3D dilakukan menggunakan perangkat lunak CAD (SolidWorks). Tahapan ini meliputi:

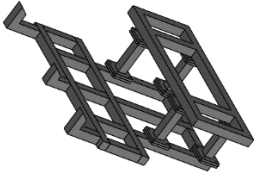
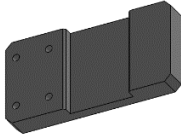
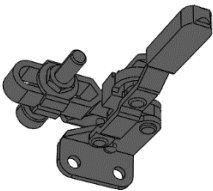
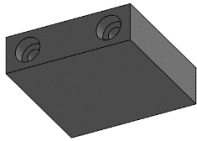
1. Pemodelan *Frame* BEKALISTA sebagai referensi
2. Perancangan komponen *Welding Jig* (base plate, locator, clamp, stopper)
3. Penyusunan assembly *Welding Jig*
4. Evaluasi kesesuaian dimensi dan posisi

Model tiga dimensi digunakan untuk memvisualisasikan desain, mengevaluasi hubungan antarkomponen, dan memastikan *welding jig* dapat berfungsi sesuai kebutuhan. Pemodelan virtual membantu mengidentifikasi interferensi serta memperbaiki konfigurasi fixture sebelum fabrikasi [5], [7].

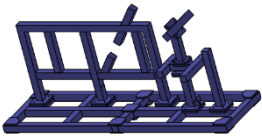
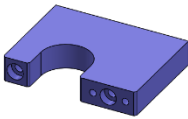
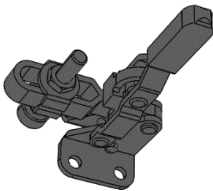
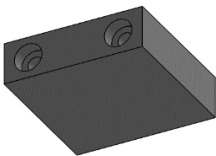
3. Hasil dan Pembahasan

Model tiga dimensi welding jig mencakup base plate, locator, clamp, dan stopper dalam satu assembly. Base plate berfungsi sebagai struktur utama, locator menentukan posisi frame, clamp menahan benda kerja selama pengelasan, sedangkan stopper membatasi perpindahan. Susunan tersebut sesuai dengan fungsi dasar fixture sebagai alat untuk memosisikan, menopang, dan mengunci benda kerja secara berulang [2]-[4]. Evaluasi model juga dilakukan untuk memastikan kesesuaian dimensi, aksesibilitas pengelasan, dan tidak adanya interferensi sebelum simulasi struktur.

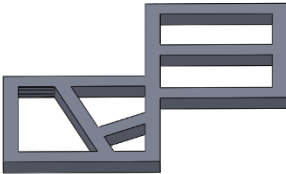
Tabel 1 *Part Jig Frame Depan*

<i>Base</i>	<i>Locator</i>	<i>Clamp</i>	<i>Stopper</i>
			

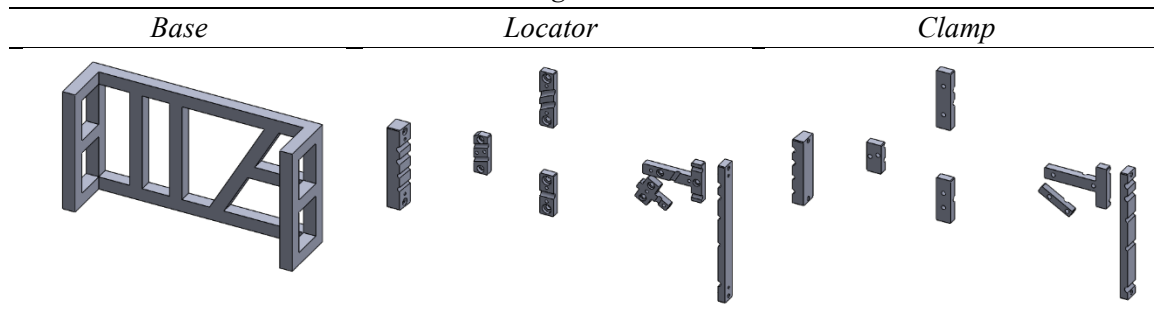
Tabel 2. *Part Jig Frame Belakang*

<i>Base</i>	<i>Locator</i>	<i>Clamp</i>	<i>Stopper</i>
			

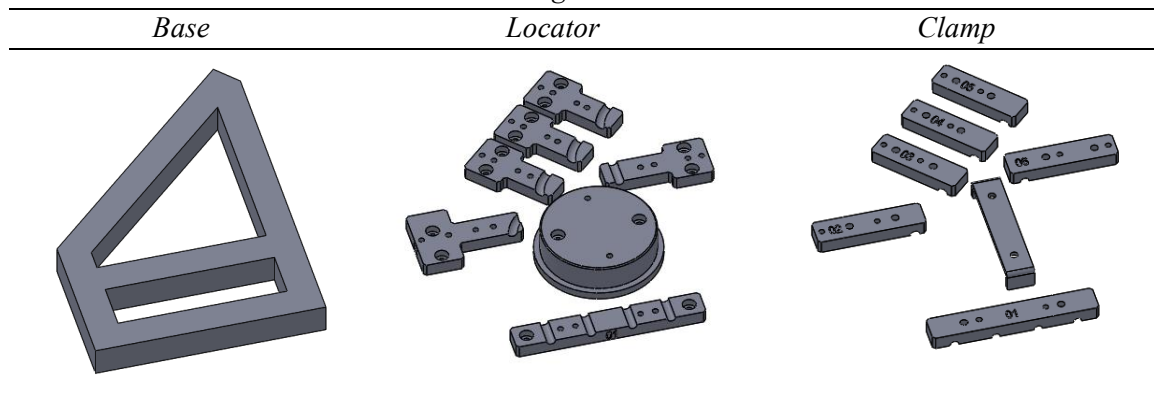
Tabel 3. *Part Jig Frame Ornament 1*

<i>Base</i>	<i>Locator</i>	<i>Clamp</i>
		

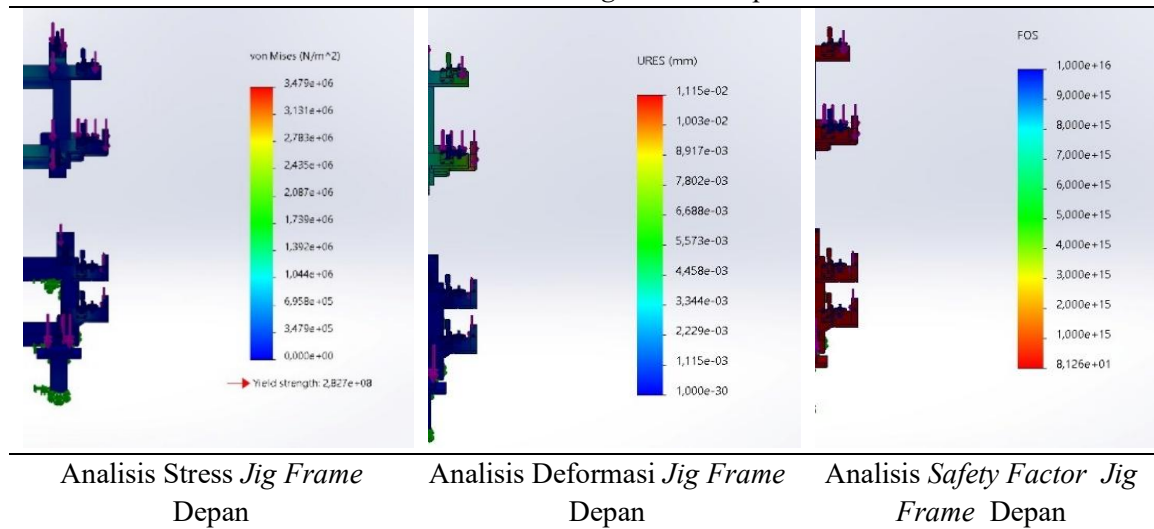
Tabel 4. *Part Jig Frame Ornament 2*



Tabel 5. *Part Jig Frame Ornament 3*



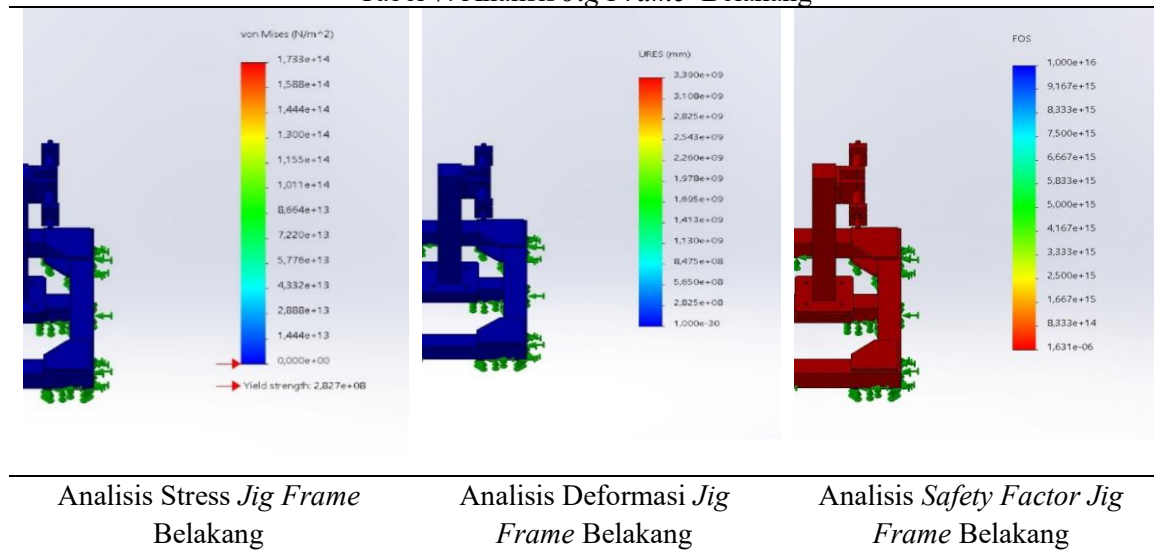
Tabel 6. Analisis *Jig Frame* Depan



Analisis *Jig Frame* depan dilakukan dengan pembebanan sebesar 5 kg. Tegangan tertinggi terjadi pada sambungan locator dan base plate karena area tersebut menerima dan meneruskan

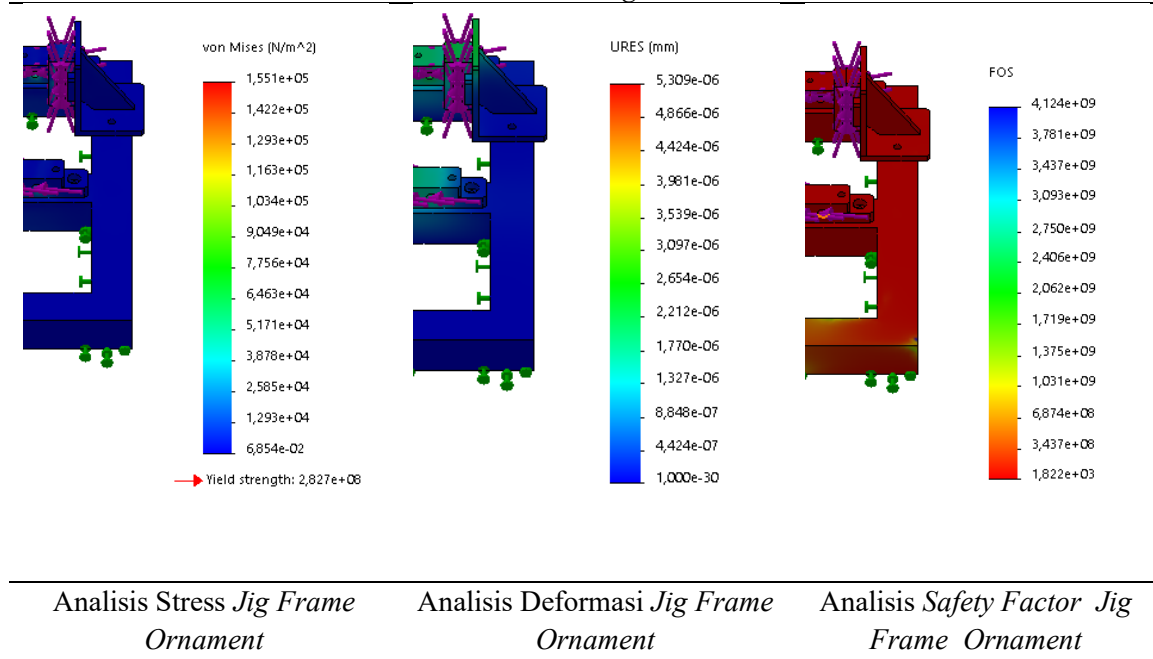
beban dari frame. Konsentrasi tegangan pada perubahan geometri atau daerah sambungan merupakan respons yang umum pada struktur mekanik [9]. Distribusi tegangan yang tetap berada di bawah kekuatan luluh material menunjukkan bahwa struktur tidak diperkirakan mengalami deformasi plastis pada kondisi pembebanan simulasi. Nilai deformasi yang kecil juga menunjukkan bahwa jig memiliki kekakuan yang memadai untuk mempertahankan posisi frame selama pengelasan.

Tabel 7. Analisis *Jig Frame* Belakang



Analisis *Jig Frame* belakang menggunakan pembebanan sebesar 3,5 kg. Beban diterima oleh locator dan clamp, kemudian diteruskan menuju base plate. Hasil simulasi menunjukkan bahwa tegangan terkonsentrasi pada jalur transfer beban, tetapi nilainya masih berada dalam batas aman material. Penggunaan analisis elemen hingga untuk menilai perilaku fixture memungkinkan lokasi kritis diidentifikasi sebelum pembuatan alat [6], [7]. Deformasi yang relatif kecil menunjukkan bahwa struktur cukup kaku untuk menjaga kestabilan dan ketepatan posisi frame selama proses pengelasan.

Tabel 8. Analisis *Jig Ornament*



Analisis *Jig Frame Ornament* dilakukan pada pembebanan sesuai massa masing-masing komponen. Konsentrasi tegangan terbesar terjadi pada sambungan locator dengan base plate, sedangkan deformasi tetap relatif kecil. Hasil tersebut menunjukkan bahwa konfigurasi locator, clamp, dan base plate mampu menyalurkan beban tanpa menghasilkan perpindahan yang diperkirakan mengganggu posisi frame. Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa rancangan jig dan kondisi pengekanan berpengaruh terhadap deformasi komponen selama proses pengelasan [10]-[12]. Simulasi pengelasan dan struktur juga banyak digunakan untuk memprediksi distorsi serta mengurangi kebutuhan koreksi setelah pengelasan [13], [14]. Berdasarkan nilai tegangan, deformasi, dan faktor keamanan, desain *Jig Frame* depan, belakang, dan *Ornament* dinilai layak untuk dilanjutkan ke tahap fabrikasi. Namun, hasil simulasi tetap perlu diverifikasi melalui pengujian fisik karena akurasi model dipengaruhi oleh asumsi material, kondisi kontak, jenis tumpuan, dan kualitas mesh [15].

4. Kesimpulan

Welding jig untuk frame BEKALISTA berhasil dirancang sesuai geometri frame kendaraan. Hasil simulasi menunjukkan bahwa tegangan berada di bawah batas luluh material, deformasi relatif kecil, dan faktor keamanan memenuhi kriteria aman. Desain dinilai layak dilanjutkan ke tahap fabrikasi dan pengujian fisik.

Daftar Pustaka

- [1] Groover, M. P. 2020. *Fundamentals of Modern Manufacturing: Materials, Processes, and Systems*. 7th ed. John Wiley & Sons, Hoboken.
- [2] Venkataraman, K. 2022. *Design of Jigs, Fixtures and Press Tools*. 2nd ed. Springer, Cham. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-76533-0>.
- [3] Nee, A. Y. C., K. Whybrew, and A. Senthil Kumar. 1995. *Advanced Fixture Design for FMS*. Springer-Verlag, London. <https://doi.org/10.1007/978-1-4471-2117-6>.
- [4] Fiedler, F., J. Ehrenstein, C. Hölting, A. Blondrath, L. Schäper, A. Göppert, and R. Schmitt. 2024. Jigs and fixtures in production: A systematic literature review. *J. Manuf. Syst.* 72: 373-405. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2023.10.006>.
- [5] Wang, H. and Y. Rong. 2008. Case based reasoning method for computer aided welding fixture design. *Comput.-Aided Des.* 40: 1121-1132. <https://doi.org/10.1016/j.cad.2008.11.001>.
- [6] Ratchev, S., K. Phuah, and S. Liu. 2007. FEA-based methodology for the prediction of part-fixture behaviour and its applications. *J. Mater. Process. Technol.* 191: 260-264. <https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2007.03.020>.
- [7] Amaral, N., J. J. Rencis, and Y. Rong. 2002. Development of a finite element analysis tool for fixture design integrity verification and optimization. *SAE Technical Paper 2002-01-0132*. <https://doi.org/10.4271/2002-01-0132>.
- [8] Vinosh, M., T. Nithish Raj, and M. Prasath. 2021. Optimization of sheet metal resistance spot welding process fixture design. *Mater. Today Proc.* 45: 1696-1700. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.08.567>.
- [9] Budynas, R. G. and J. K. Nisbett. 2020. *Shigley's Mechanical Engineering Design*. 11th ed. McGraw-Hill Education, New York.
- [10] D'Amico, G., J. Caixas, A. Lo Bue, and A. Bayón. 2019. In-process control of ITER vacuum vessel PS1 welding jig by means of FEM simulation and welding distortion analysis. *Fusion Eng. Des.* 146: 1843-1847. <https://doi.org/10.1016/j.fusengdes.2019.03.048>.
- [11] Ordieres, J., E. Rodriguez, A. Bayón, J. Caixas, G. D'Amico, and G. Mazzone. 2019. Improvement of manufacturing jigs design for reduction of welding distortion in Vacuum Vessel PS1 through finite element analysis. *Fusion Eng. Des.* 146: 2168-2171. <https://doi.org/10.1016/j.fusengdes.2019.03.141>.
- [12] Tsai, C. L., S. C. Park, and W. T. Cheng. 1999. Welding distortion of a thin-plate panel structure. *Weld. J.* 78: 156s-165s.
- [13] Goldak, J. A. and M. Akhlaghi. 2005. *Computational Welding Mechanics*. Springer, New York. <https://doi.org/10.1007/b101137>.
- [14] Lindgren, L. E. 2001. Finite element modeling and simulation of welding. Part 1: Increased complexity. *J. Therm. Stresses* 24: 141-192. <https://doi.org/10.1080/01495730150500442>.

- [15] Logan, D. L. 2017. A First Course in the Finite Element Method. 6th ed. Cengage Learning, Boston.