

PERANCANGAN STASIUN KERJA OPERATOR DI LINTASAN PERAKITAN MANUAL PADA PRAKTIKUM PERANCANGAN TEKNIK INDUSTRI 3 DENGAN PENDEKATAN *LEARNING FACTORY*

Laurentius Damas Sulistya¹, Lobes Herdiman¹, Susy Susmartini¹

¹Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret Surakarta

Abstract. Program Studi Teknik Industri Universitas Sebelas Maret Surakarta (PSTI-UNS) adalah Sarjana Penyedia Pendidikan Teknik Industri dengan visi untuk menjadi penyedia pendidikan teknik industri yang memiliki reputasi internasional untuk mendukung peningkatan daya saing industri nasional. PSTI-UNS harus memiliki kompetensi dalam memberikan pengalaman belajar kepada siswa untuk mewujudkan visi mereka. Pengalaman belajar dapat diberikan dalam konsep pembelajaran pabrik. Learning factory adalah konsep pembelajaran dalam suatu sistem atau proses di rantai produksi yang diadopsi dan disesuaikan untuk mencapai tujuan proses pembelajaran. Penerapan konsep learning factory learning telah diterapkan di PSTI-UNS melalui penerapan praktikum terintegrasi dengan nama Praktikum Desain Rekayasa Industri (PTI). Dalam pelaksanaan praktikum PTI di PSTI-UNS, dukungan implementasi di laboratorium dan pengadaan alat peraga laboratorium masih belum memberikan deskripsi proses pengalaman belajar untuk mencapai hasil pembelajaran. Kurangnya dukungan implementasi dapat dilihat pada praktikum PTI 3. Proses pembelajaran di PTI praktikum 3 mencakup desain sistem kerja, sistem produksi, sistem kualitas, dan basis data dalam hal jalur perakitan manual. Proses perakitan tidak dapat menggambarkan aliran proses produksi di rantai produksi di perusahaan. Proses merancang alat peraga dilakukan dengan menggunakan konsep pengembangan produk dari Ulrich dan Epingner (2015). Meningkatkan pemahaman siswa tentang penerapan pembelajaran desain sistem kerja dan sistem produksi berubah secara signifikan. Nilai rata-rata yang diperoleh siswa dari pengujian komparatif dua sampel meningkat 155% setelah proses perakitan dilakukan dengan alat peraga stasiun kerja.

Keyword: *Learning Factory*, Alat Peraga, Stasiun kerja

*Corresponding author at: Jl. Ir. Sutami No.36 A, Pucangsawit, Jebres, Surakarta 57126

E-mail address: LDSulistya@gmail, lobesh@gmail.com, susysus2011@gmail.com

Abstrak. *The Industrial Engineering Study Program of Sebelas Maret Surakarta University (PSTI-UNS) is a Bachelor of Industrial Engineering Education provider with vision to become an internationally reputable provider of industrial engineering education to support the improvement of national industrial competitiveness. PSTI-UNS must have competence in providing learning experiences to students to realize their vision. The learning experience can be given within learning factory learning concept. Learning factory is a learning concept in a system or process on the production floor that is adopted and adjusted to achieve the goals of a learning process. The application of the learning factory learning concept has been applied in PSTI-UNS through the implementation of integrated practicum with the name of the Industrial Engineering Design Practicum (PTI). In the implementation of PTI practicum in PSTI-UNS, implementation support in the laboratory and the procurement of laboratory teaching aids still do not provide a description of the learning experience process to achieve learning outcomes. The lack of implementation support can be seen in practicum of PTI 3. Learning process in PTI practicum 3 includes the design of work systems, production systems, quality systems, and databases in the case of manual assembly lines. The assembly process can't describe a production process flow on a production floor in the company. The process of designing props is done using the product development concept of Ulrich and Epingier (2015). Increasing students' understanding of applying work system design learning and the production system changes significantly. The average value obtained by students from the comparative testing of two samples increased 155% after the assembly process was carried out with work station props.*

Kata Kunci: Learning factory, Props, Work station

Received 11 July 2019 | Revised 25 July 2019 | Accepted 25 July 2019

1. Introduction

Program Studi Teknik Industri Universitas Sebelas Maret Surakarta (PSTI-UNS) merupakan penyelenggara pendidikan sarjana teknik industri dengan visi menjadi penyelenggara pendidikan tinggi teknik industri unggulan bereputasi internasional untuk mendukung peningkatan daya saing industri nasional. Sebagai penyelenggara pendidikan Sarjana Teknik Industri, PSTI-UNS harus memiliki kompetensi dalam memberikan pengalaman belajar kepada mahasiswa mengenai sistem rekayasa kompleks yang meliputi manusia, material, informasi, peralatan energi, dan biaya. Pengalaman belajar tersebut dapat diberikan kepada mahasiswa dengan konsep pembelajaran *learning factory*.

Learning factory merupakan sebuah konsep pembelajaran yang dilakukan pada sistem atau proses produksi nyata yang disesuaikan untuk mencapai tujuan pembelajaran (Wagner *et al*, 2012). Ketercapaian terhadap tujuan pembelajaran dapat dinilai pada aplikasi terhadap pengetahuan teoritis yang diterapkan pada sistem produksi yang dirancang.

Kreggenfeld *et al* (2017) menerapkan konsep *learning factory* berupa proses manufaktur dan perakitan *train* untuk meningkatkan pemahaman peserta didik mengenai *ergonomics and workplace design, production management, manufacturing systems, method-time measurement* (MTM). Proses pembelajaran dilakukan peserta didik dengan mengamati proses perakitan terlebih dahulu. Kemudian peserta didik melakukan proses perakitan secara mandiri. Materi pembelajaran diterapkan dalam bentuk perbaikan stasiun kerja perakitan dengan metode *method-time measurement* (MTM).

Ogorodnyk *et al* (2017) menerapkan konsep *learning factory* berupa lintasan perakitan *roller ski* untuk meningkatkan pemahaman peserta didik mengenai *kaizen*, identifikasi dan pengurangan *waste*, sistem produksi *push / pull*. Tujuan dari kegiatan pembelajaran yang dilakukan berupa mengurangi waktu proses perakitan *roller ski* pada lintasan perakitan yang ada.

Konsep pembelajaran *learning factory* diterapkan di PSTI-UNS melalui pelaksanaan praktikum terintegrasi. Praktikum terintegrasi merupakan praktik perancangan secara bertahap dengan adanya *output* pada satu tahapan sebagai input untuk tahapan rancangan berikutnya (BKSTI, 2015). Pelaksanaan praktikum PTI meliputi Praktikum PTI 1 meliputi konsep *engineering* dan *industrial design*, Praktikum PTI 2 mengenai proses manufaktur, Praktikum PTI 3 mengenai perancangan sistem perakitan, dan Praktikum PTI 4 mengenai *pre-test market*. Produk yang digunakan sebagai bahan kajian dari praktikum PTI adalah kursi belajar.

Praktikum PTI yang dilaksanakan oleh PSTI-UNS bertujuan memberikan pengalaman belajar kepada peserta didik agar mampu menerapkan prinsip rekayasa pada sistem terintegrasi yang meliputi manusia, material, peralatan, energi, dan informasi, serta melakukan kerjasama dalam sebuah kelompok kerja. Namun, dalam tata penyelenggaraan Praktikum PTI di PSTI-UNS, dukungan pelaksanaan di laboratorium serta pengadaan alat peraga laboratorium masih belum memberikan deskripsi sebagai proses produksi yang dapat memberikan pengalaman belajar untuk peserta didik (Workshop PPI, 2018). Kekurangan dukungan pelaksanaan dan pengadaan alat peraga terjadi pada praktikum PTI 3, mengenai perancangan sistem produksi pada lintasan perakitan.

Proses pembelajaran pada praktikum PTI 3 meliputi perancangan sistem kerja, sistem produksi, sistem kualitas, dan basis data pada kasus lintasan perakitan manual. Pada praktikum PTI 3 yang sudah berjalan, proses perakitan tidak dilakukan sesuai standar proses perakitan. Standar proses perakitan meliputi keterampilan dan pengetahuan untuk melakukan operasi perakitan produk, pelaksanaan proses perakitan sesuai prosedur kerja, serta target produksi dan catatan kinerja (SEMTA, 2003). Perancangan alat peraga dengan standar proses perakitan diperlukan untuk meningkatkan proses pembelajaran dan pemahaman peserta didik terhadap luaran pembelajaran yang harus dicapai.

2. Metodologi Penelitian

Langkah penyelesaian dalam penelitian ini meliputi perancangan alat peraga dan pengujian alat peraga.

2.1. Perancangan Alat Peraga

Tahap perancangan alat peraga mengadopsi *generic product development process* (Ulrich & Eppinger, 2015) untuk mengembangkan konsep alat peraga yang akan dirancang. Perancangan alat peraga dilakukan dengan 5 langkah sebagai berikut:

- a. Identifikasi Kebutuhan Perancangan

- b. Penyusunan Spesifikasi dan Target Perancangan
- c. Penyusunan dan Pemilihan Alternatif Konsep
- d. Penetapan Spesifikasi Detail Hasil rancangan

2.2. Pengujian Alat Peraga

Tahap pengujian alat peraga dilakukan dengan melakukan simulasi proses perakitan oleh peserta didik. Simulasi perakitan dilakukan oleh satu kelompok peserta didik yang terdiri dari 8 orang. Proses simulasi perakitan dilakukan pada 2 tahap, yaitu tahap *pre-test* dan tahap *posttest*. Pengujian menggunakan metode *pre-test* dan *posttest* merupakan kategori uji analisis data berpasangan (Bonate, 2000). Pada tahap *pre-test* peserta didik melakukan proses perakitan tanpa menggunakan alat peraga. Pada tahap *posttest* peserta didik melakukan proses perakitan menggunakan alat peraga. Perbandingan nilai pada kedua tahap tersebut menunjukkan apakah penggunaan alat peraga dapat meningkatkan pemahaman peserta didik atau tidak.

3. Pembahasan

3.1. Perancangan Alat Peraga

Tahap perancangan alat peraga dimulai dengan mengidentifikasi kebutuhan perancangan alat peraga. Kebutuhan perancangan alat peraga diperoleh dari penjabaran dari standar kompetensi capaian pembelajaran praktikum PTI 3 dan observasi pada pelaksanaan praktikum PTI 3 yang sudah berjalan. Identifikasi perancangan alat peraga menghasilkan kebutuhan rancangan sebagai berikut:

- a. Alat peraga dirancang untuk satu operator pada setiap stasiun kerja.
- b. Alat peraga dilengkapi sistem transfer.
- c. Alat peraga dirancang dengan menerapkan metode kerja sesuai prinsip ekonomi gerakan dan postur kerja yang tepat.
- d. Alat peraga dirancang secara fleksibel dan *modular*.
- e. Alat peraga dilengkapi *tool shelf*.

Berdasarkan identifikasi kebutuhan perancangan dilakukan dekomposisi kebutuhan perancangan menjadi kebutuhan teknis perancangan untuk menyusun spesifikasi dan target perancangan. Penjabaran mengenai kebutuhan teknis perancangan dijelaskan sebagai berikut:

- a. Alat peraga yang dirancang berupa stasiun kerja yang dilengkapi dengan *tool shelf*. Stasiun kerja dirancang untuk proses perakitan manual yang dilakukan satu orang operator untuk menerapkan prinsip *specialization of labor* (Groover, 2015). Penerapan prinsip *specialization of labor* bertujuan untuk meningkatkan kemampuan psikomotorik peserta didik dengan

melakukan proses perakitan secara mandiri. Peningkatan kemampuan psikomotorik dapat dilakukan dengan memberikan pengalaman belajar berupa kegiatan praktik pada lapangan kerja nyata. Kegiatan praktik tersebut diterapkan dalam konsep pembelajaran *learning factory*. Kegiatan praktik dapat melatih kompetensi peserta didik dalam memanfaatkan sumber daya pada lingkungan kerja secara efisien (Ferris & Aziz, 2005). *Tool shelf* merupakan pallet yang berfungsi untuk meletakkan peralatan kerja agar membantu peserta didik dalam menerapkan konsep ekonomi gerakan.

- b. Perancangan stasiun kerja dilakukan menyesuaikan kebutuhan elemen kerja untuk setiap stasiun kerja. Elemen kerja yang dimaksud adalah elemen kerja proses perakitan kursi belajar. Proses penjabaran elemen kerja secara detail dilakukan agar dapat mengidentifikasi kebutuhan spesifikasi detail perancangan dalam hal penentuan ketinggian meja kerja operator. Penentuan ketinggian meja kerja operator menyesuaikan tinggi proses kerja maksimum dari stasiun kerja dan tinggi siku berdiri operator. Tinggi siku berdiri operator diperoleh dari pengukuran antropometri P5 peserta didik.
- c. Terdapat roller track sebagai sistem transfer antar stasiun kerja. Penggunaan roller track berfungsi sebagai sistem transfer komponen yang dirakit dari stasiun menuju ke stasiun kerja perakitan berikutnya. Perancangan sistem transfer bertujuan untuk menggambarkan aliran produksi dari proses perakitan kursi belajar.
- d. Dimensi pallet atau meja kerja menyesuaikan dimensi komponen kursi belajar. Penyesuaian yang dilakukan pada perancangan pallet atau meja kerja meliputi penempatan lokator benda kerja pada pallet dan lebar meja kerja untuk operator.
- e. Dimensi stasiun kerja menyesuaikan postur kerja peserta didik pada kondisi kerja berdiri. Ketinggian meja kerja menyesuaikan tinggi siku berdiri peserta didik dengan ketinggian pekerjaan maksimum. Lebar meja kerja menyesuaikan jangkauan tangan ke depan mahasiswa peserta didik. Peserta didik yang dimaksud adalah mahasiswa Teknik Industri angkatan 2015 dan 2016.
- f. Pemasangan *tool shelf* menyesuaikan posisi kerja dan kebutuhan peralatan operator. *Tool shelf* dirancang secara modular dan fleksibel sehingga posisinya dapat diubah sesuai kebutuhan. Perancangan *tool shelf* menyesuaikan peralatan yang digunakan pada setiap stasiun kerja.
- g. Stasiun kerja dirancang menggunakan komponen rangka penyusun yang bersifat modular dan fleksibel agar dapat dibongkar-pasang menyesuaikan kebutuhan proses pembelajaran.
- h. Berdasarkan penjabaran kebutuhan teknis, dilakukan penyusunan alternatif konsep alat peraga. Penyusunan alternatif konsep meliputi hal-hal sebagai berikut:

[1] Jenis stasiun kerja perakitan

Alternatif jenis stasiun kerja untuk proses perakitan yang dimunculkan yaitu konsep stasiun kerja tunggal dan konsep stasiun kerja *in-line*. Konsep stasiun kerja tunggal merupakan konsep stasiun kerja yang terdiri atas meja kerja dan *tool shelf* serta menggunakan alat bantu *material handling* sebagai sistem transfer. Konsep stasiun kerja *in-line* merupakan konsep stasiun kerja yang terdiri atas meja kerja, *tool shelf*, dan *pallet* yang terletak diatas *roller track* yang dapat berfungsi sebagai meja kerja sekaligus sistem transfer.

[2] Material untuk komponen rangka

Alternatif material untuk komponen rangka yang dimunculkan adalah pipa aluminium, aluminium *extrusion* 3030, serta besi L berlubang.

Penilaian terhadap alternatif yang ditawarkan dilakukan untuk memilih konsep alat peraga yang akan dirancang untuk melakukan proses perakitan pada lintasan perakitan kursi belajar di praktikum PTI 3. Penilaian konsep alat peraga dilakukan berdasarkan kriteria yang meliputi fleksibilitas penggunaan, ketersediaan material, biaya pengadaan, alokasi waktu pembuatan, kualitas teknis, menyesuaikan lingkungan dan tujuan pembelajaran (Brown *et al*, 1983; Asyhar, 2012). Hasil dari penilaian konsep dijelaskan sebagai berikut:

- a. Jenis stasiun kerja yang terpilih adalah stasiun kerja tunggal dan stasiun kerja *in line*. Pemilihan dua jenis stasiun kerja bertujuan untuk memberikan edukasi kepada peserta didik mengenai jenis-jenis stasiun kerja yang terdapat pada rantai produksi, memberikan variasi proses belajar agar peserta didik dapat mengembangkan kemampuan kognitif dan psikomotorik dalam merancang suatu lintasan perakitan, beserta menarik minat belajar peserta didik sebagai bagian dari konsep pembelajaran *learning factory*.
- b. Material untuk komponen rangka yang terpilih adalah *aluminium extrusion* 3030. Penggunaan *aluminium extrusion* 3030 dapat mendukung fleksibilitas penggunaan. Pembuatan alat peraga menggunakan bahan ini dapat dilakukan dengan mudah dan dalam waktu cepat. Menurut Vladimir (2015), penggunaan *aluminium extrusion* menawarkan alternatif praktis sebagai bahan konstruksi pengganti baja yang kokoh dan ringan.

Berdasarkan konsep perancangan stasiun kerja terpilih dilakukan perancangan spesifikasi detail untuk alat peraga dalam bentuk stasiun kerja. Penyusunan spesifikasi detail dirancang untuk masing-masing stasiun kerja yang dapat dijelaskan sebagai berikut:

a. Stasiun Kerja 1

Stasiun kerja 1 dirancang dengan konsep stasiun kerja *in-line*. Stasiun kerja 1 adalah stasiun kerja untuk merakit komponen rangka sandaran dan rangka dudukan. Tinggi proses kerja paling tinggi adalah 659 mm, sehingga meja kerja dirancang pada ketinggian 596 mm. Spesifikasi detail stasiun kerja 1 dapat dijelaskan pada Gambar 1.

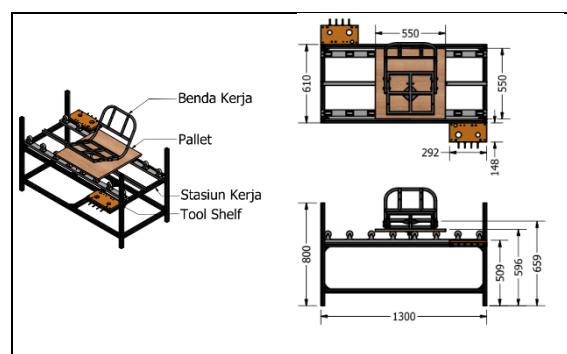


Figure 1 Spesifikasi Detail Stasiun Kerja 1

b. Stasiun Kerja 2

Stasiun kerja 2 dirancang dengan konsep stasiun kerja *in-line*. Stasiun kerja 1 adalah stasiun kerja untuk komponen bantalan dudukan pada rangka dudukan. Stasiun kerja 2 berada pada satu rangkaian yang sama dengan stasiun kerja 1. Tinggi proses kerja paling tinggi adalah 654 mm, sehingga meja kerja dirancang pada ketinggian 596 mm. Spesifikasi detail stasiun kerja 2 dapat dijelaskan pada Gambar 2.

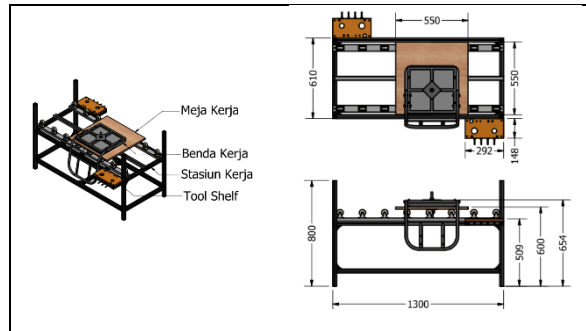


Figure 2 Spesifikasi Detail Stasiun Kerja 2

c. Stasiun Kerja 3

Stasiun kerja 3 dirancang dengan konsep stasiun kerja *in-line*. Stasiun kerja 3 adalah stasiun kerja untuk merakit komponen merakit komponen *round end cap* pada rangka kaki depan dan memasang rangka kaki depan pada rangka dudukan. Tinggi proses kerja paling tinggi adalah 1018 mm. Pada stasiun kerja 3 diberikan meja tambahan untuk mempermudah proses perakitan. Ketinggian meja kerja tambahan adalah 600 mm. Spesifikasi detail stasiun kerja 3 dapat dijelaskan pada Gambar 3.

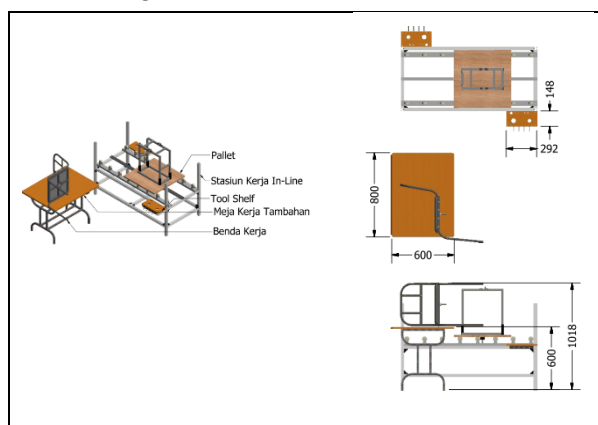


Figure 3 Spesifikasi Detail Stasiun Kerja 3

d. Stasiun Kerja 4

Stasiun kerja 4 dirancang dengan konsep stasiun kerja *in-line*. Stasiun kerja 4 adalah stasiun kerja untuk memasang *rubber end cap* dan *square end cap* pada rangka kaki belakang dan memasang rangka kaki belakang sandaran rangka sandaran. Stasiun kerja 4 berada pada satu rangkaian dengan stasiun kerja 3. Tinggi proses kerja paling tinggi adalah 1061 mm. Pada stasiun kerja 4 diberikan meja tambahan untuk mempermudah proses perakitan. Ketinggian meja kerja tambahan adalah 600 mm. Spesifikasi detail stasiun kerja 4 dapat dijelaskan pada Gambar 4.

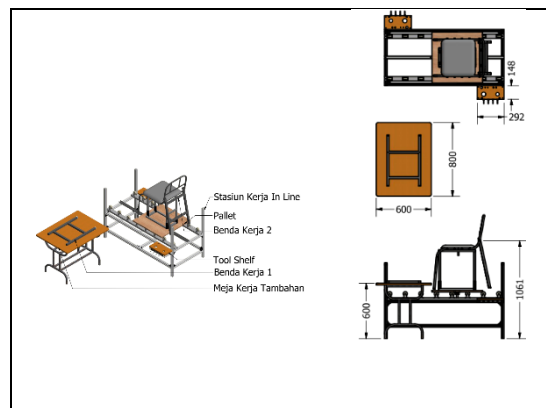


Figure 4 Spesifikasi Detail Stasiun Kerja 4

e. Stasiun Kerja 5

Stasiun kerja 5 dirancang dengan konsep stasiun kerja *in-line*. Stasiun kerja 5 adalah stasiun kerja untuk merakit memasang besi L pada rangka kaki depan dan belakang. Tinggi proses kerja paling tinggi adalah 812 mm. Ketinggian kerja dirancang pada ketinggian 596 mm. Spesifikasi detail stasiun kerja 5 dapat dijelaskan pada Gambar 5.

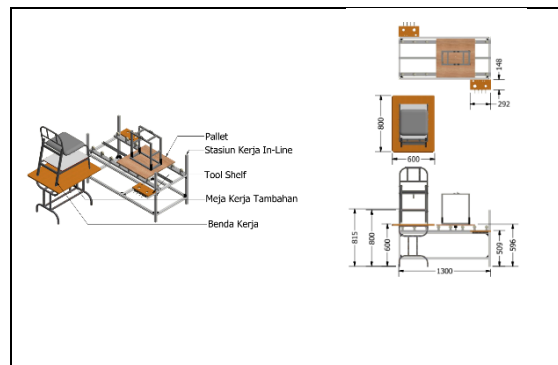


Figure 5 Spesifikasi Detail Stasiun Kerja 5

f. Stasiun Kerja 6

Stasiun kerja 6 dirancang dengan konsep stasiun kerja *in-line*. Stasiun kerja 6 adalah stasiun kerja untuk merakit memasang rak. Tinggi proses kerja paling tinggi adalah 815 mm. Ketinggian kerja dirancang pada ketinggian 596 mm. Pada stasiun kerja 6 diberikan meja tambahan untuk mempermudah proses perakitan. Ketinggian meja kerja tambahan adalah 600 mm. Spesifikasi detail stasiun kerja 6 dapat dijelaskan pada Gambar 6.

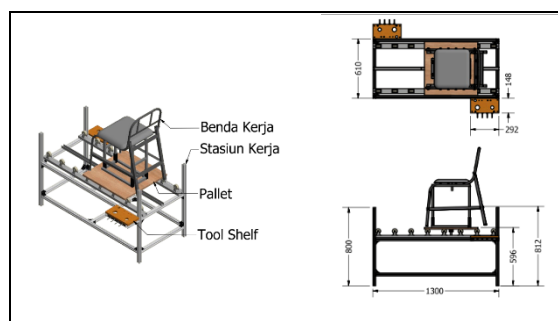


Figure 6 Spesifikasi Detail Stasiun Kerja 5

g. Stasiun Kerja 7

Stasiun kerja 7 dirancang dengan konsep stasiun kerja *in-line*. Stasiun kerja 7 adalah stasiun kerja untuk memasang bantalan sandaran dan papan sandaran pada rangka sandaran. Pada stasiun kerja 7 tidak terdapat sistem transfer sehingga memerlukan alat bantu *material*

handling. Meja kerja dirancang lebih lebar agar memudahkan dalam pembelajaran peta kerja dan prinsip ekonomi gerakan. Spesifikasi detail stasiun kerja 7 dapat dijelaskan pada Gambar 7.

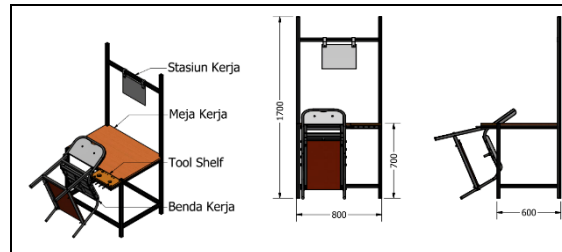


Figure 7 Spesifikasi Detail Stasiun Kerja 7

h. Stasiun Kerja 8

Stasiun kerja 8 dirancang dengan konsep stasiun kerja *in-line*. Stasiun kerja 8 adalah stasiun kerja untuk memasang komponen meja. Pada stasiun kerja 8 tidak terdapat sistem transfer sehingga memerlukan alat bantu *material handling*. Meja kerja dirancang lebih lebar agar memudahkan dalam pembelajaran peta kerja dan prinsip ekonomi gerakan. Spesifikasi detail stasiun kerja 8 dapat dijelaskan pada Gambar 8.

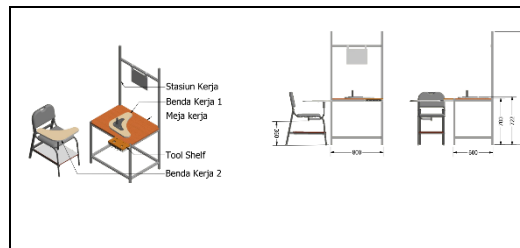


Figure 8 Spesifikasi Detail Stasiun Kerja 8

3.2. Pengujian Alat Peraga

Tahap pengujian alat peraga stasiun kerja dilakukan untuk mengetahui pengaruh penggunaan alat peraga terhadap peningkatan pemahaman peserta didik. Pengujian alat peraga dilakukan dengan metode *pre-test posttest one group*. Menurut Effendy (2016) pengujian *pretest-posttest* berfungsi untuk menilai sejauh mana keefektifan metode pembelajaran. Hasil penilaian pada tahap *pre-test* dan *posttest* pengujian alat peraga dijelaskan pada Tabel 1.

Table 1 Rekap Penilaian Pengujian Alat Peraga

Responden	Nilai	
	<i>Pre-test</i> (X_1)	<i>Posttest</i> (X_2)
1	3	11
2	3	7
3	3	11
4	7	9
5	3	11
6	2	12
7	5	11
8	7	12

Hasil penilaian pada tahap *pretest* dan *posttest* diuji menggunakan analisis komparatif dengan dua sampel data.

Analisis data komparatif dilakukan untuk menguji hipotesis pada statistik paraketrik. Data yang diuji merupakan data ratio pada dua sampel yang saling berkorelasi, sehingga pengujian hipotesis menggunakan uji *t-test* (Sugiyono, 2010).

Hasil pengujian hipotesis dengan uji *t-test* menunjukkan hasil perhitungan nilai t_{hitung} adalah -6,6265. Harga nilai t_{tabel} pada taraf kesalahan 5% dengan nilai dk 14 adalah 2,145. Perbandingan nilai t_{hitung} dengan t_{tabel} dilakukan untuk menentukan apakah H_0 diterima atau tidak (jika nilai $-t_{hitung} < t_{tabel} < t_{hitung}$). Diketahui bahwa $-t_{hitung} < -t_{tabel}$ dan $t_{hitung} > t_{tabel}$ ($-6,6265 < -2,145$ dan $6,6265 > 2,145$), maka dapat dinyatakan bahwa H_0 ditolak dan H_A diterima. Maka dapat dinyatakan bahwa pemahaman peserta didik pada proses pembelajaran mengenai perancangan proses produksi, perbaikan peta kerja dan analisis postur kerja pada praktikum PTI 3 meningkat secara signifikan setelah proses pembelajaran dilakukan dengan alat peraga.

Peningkatan pemahaman secara signifikan dapat ditunjukkan dengan perbandingan rata-rata peningkatan pemahaman peserta didik pada Tabel 2. Terjadi peningkatan pemahaman peserta didik dengan rata-rata 155%.

Table 2 Perbandingan Rata-Rata Nilai *Pre-test* dan *Posttest*

<i>Test</i>	Rata-rata	Selisih	Peningkatan
<i>Pre-test</i>	4.1	6.4	155%
<i>Posttest</i>	10.5		

4. Kesimpulan

Penelitian ini menghasilkan konsep alat peraga meliputi jenis stasiun kerja yang dipilih (stasiun *in-line* dan stasiun tunggal), komponen rangka menggunakan ekstrusi aluminium 3030 karena material tersebut bersifat fleksibel dan *modular*, *lay-out* stasiun kerja menyesuaikan jenis pekerjaan yang dilakukan di stasiun kerja, terdapat rak alat sebagai penempatan *hand tool*, dimensi stasiun kerja menyesuaikan antropometri operator untuk proses pembelajaran dengan konsep *learning factory*.

Pemahaman peserta didik meningkat secara signifikan. Hal ini ditunjukkan terjadi peningkatan pemahaman sebesar 155% setelah proses pembelajaran dilakukan menggunakan alat peraga.

REFERENSI

- [1] Bonate, Peter L. (2000). *Analysis of Pretest-Posttest Designs*. CHAPMAN & HALL/CRC. ISBN 1-58488-173-9
- [2] Badan Kerjasama Penyelenggara Pendidikan Tinggi Teknik Industri Indonesia. (2015). Kurikulum Inti Program Studi Teknik Industri (Sarjana). Tim BKSTI 2015.

-
- [3] Brown, James W, Lewis Robert B, and Harclerod, Fred F. (1983). *AV Instructional: Technology, Media, and Method*. New York: Mc. Graw-Hill Book Company.
- [4] Effendy, Ilham. (2016). *Pengaruh Pemberian Pre-Test Dan Post-Test Terhadap Hasil Belajar Mata Diklat Hdw.Dev.100.2.A Pada Siswa Smk Negeri 2 Lubuk Basung*. Universitas Negeri Padang: Padang.
- [6] Kreggenfeld, Niklas., Morlock, Friedrich., Louw, Louis., Kreimeier, Dieter., & Kuhlenkotter, Dieter. (2017). *Teaching Methods-Time Measurement (MTM) for Workplace Design in Learning Factories*. th Conference on Learning Factories, CLF 2017
- [7] Ogorodnyk, Olga., Granheim, Malin., Hotskog, Halvor & Ogorodnyk, Ievgen. 2017. *Roller skis assembly line learning factory – development and learning outcomes*. 7th Conference on Learning Factories, CLF 2017.
- [8] Ulrich, Karl & Eppinger, Steven. (2015). *Product Design and Development*. McGraw-Hill. 6th Edition.
- [9] Samadhi, Tjokorde Walmiki. (2018). *Workshop Revitalisasi Kurikulum Akreditasi Internasional dan Nasional*. Institut Teknologi Bandung: Bandung 2018.
- [10] Wagner, U., T. Algeddawy, H. ElMaraghyb, E. Müllera. 2012. *The State of the Art and Prospects of Learning Factorie*. 45th CIRP Conference on Manufacturing Systems 2012