

Evaluasi Elastisitas *Rails Bar* Palang Tunggal Pada Cabang Olahraga Senam Artistik

Tubagus Herlambang¹, Donny Anhar Fahmy², Pandu Kresnapati³, Danang Aji
Setiawan⁴

¹²³⁴Universitas PGRI Semarang

Email: mahesha99herlambang@gmail.com, Donnyanharfahmi@upgris.ac.id,
Pandukresnapati@upgris.ac.id, Danangajisetiawan@upgris.ac.id

ABSTACT

The development of modern sports science and technology presents a new series in science and technology that is growing faster, one of which is developing various types of sports engineering innovations in integrating multifunctional spaces and structures in multifunctional and complex sports equipment. The findings of research on multifunctional sports equipment on product development of multi-purpose exercise equipment in artistic gymnastics on single crossbars in confined spaces are important to be evaluated as recommendations to athletes, coaches and coaches of artistic gymnastics.

The purpose of this study is to evaluate the elasticity of the bar in terms of design construction, suitability of the material in the single-bar tool product and the simulation of the calculation of the single-bar tool with CAD (Computer Aided Design). Loading simulation is carried out on a single crossbar with geometric modeling assuming using AISI 304 material and given a load of 80 kg.

The method in this study uses cross-sectional data sources in this study include quantitative and qualitative data. Quantitative data were obtained from the results of testing the tools used by athletes, coaches and experts who provided evaluations on the instruments used by researchers. As well as product analysis of multi-purpose training tools on the calculation of the elasticity of the single-spoke rail bar using computer aided design (CAD) software.

The conclusion of the evaluation of the elasticity of the rail bar by experts, athletes and coaches is 82.50% and the simulation results, get a maximum stress of MPa for a size of 28 mm and MPa with a safety factor of 3.8 in a good and safe category as evidenced by the basic theory regarding the safety factor in computer aided design (CAD).

Keyword: Single Cross, Elasticity, Rail Bar, Artistic Gymnastics

ABSTRAK

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi olahraga modern menyajikan serangkaian baru dalam sains dan teknologi yang berkembang semakin cepat salah satunya mengembangkan berbagai jenis inovasi teknik olahraga dalam mengintegrasikan ruang multifungsi dan struktur pada peralatan olahraga yang multifungsi dan kompleks. Temuan penelitian peralatan olahraga multifungsi pada pengembangan produk alat latihan multiguna cabang olahraga senam artistik pada alat palang tunggal pada ruang terbatas penting untuk dilakukan dievaluasi sebagai rekomendasi kepada atlet, pelatih dan pembina cabang olahraga senam artistik.

Tujuan dalam penelitian ini yaitu mengevaluasi elastisitas bar yang ditinjau dari konstruksi desain, kesesuaian material pada produk alat palang tunggal dan simulasi perhitungan alat palang tunggal dengan CAD (Computer Aided Design). Simulasi pembebanan dilakukan pada alat palang tunggal dengan *modelling* geometri di asumsikan menggunakan material AISI 304 dan di berikan pembebanan sebesar 80 kg.

Metode dalam penelitian ini menggunakan *cross-sectional* dengan sumber data dalam penelitian ini mencakup data kuantitatif dan kualitatif. Data kuantitatif diperoleh dari hasil uji coba alat yang digunakan atlet, pelatih dan ahli yang memberikan evaluasi pada instrument yang digunakan peneliti. Serta dilakukan analisis produk alat latihan multiguna pada perhitungan elastisitas *rail bar* palang tunggal dengan menggunakan software computer aided design (CAD).

Simpulan evaluasi elastisitas *rail bar* oleh ahli, atlet dan pelatih mencapai 82,50% dan hasil simulasi, mendapatkan tegangan maksimum sebesar **67,64** MPa untuk ukuran 28 mm dan **237,5** MPa dengan *safety factor* sebesar 3.8 dengan kategori baik dan aman yang dibuktikan dengan teori dasar mengenai *safety factor* dalam computer aided design (CAD).

Kata kunci: Palang Tunggal, Elastisitas, *Rail Bar*, Senam Artistik

PENDAHULUAN

Fasilitas olahraga merupakan kebutuhan yang kompleks untuk memenuhi kebutuhan berbagai jenis fasilitas cabang olahraga secara spesifik baik dari aspek gedung maupun peralatan yang digunakan (Eskilsson & Wallin, 2019). Untuk meningkatkan partisipasi klub dalam kegiatan olahraga seiring perkembangannya menekankan pentingnya infrastruktur olahraga.

Teknik olahraga melibatkan profesional terlatih yang berinteraksi dengan produsen peralatan olahraga untuk mengembangkan produk baru dan lebih baik. Teknik Olahraga adalah hubungan antara teknik klasik, sains dan kedokteran olahraga dan peralatan olahraga. Ketiga bidang ilmu ini saling berkaitan ketika terlibat dalam pembangunan peralatan yang berhubungan dengan olahraga, (Jenkins et al., 2010).

Inovasi dalam teknik olahraga meliputi beberapa faktor yang berkaitan dalam waktu, ruang dan struktur yang menghasilkan produk secara teknis dan fungsi taktis, seperti "waktu yang berbeda", "ruang yang berbeda" dan "posisi yang berbeda" sesuai dengan kebutuhan cabang olahraga, (Liang & Ph, 2010). Kebutuhan tersebut diantaranya pengembangan sarana dan prasarana olahraga di antara semua inovasi gimnasium olahraga, secara teknis memerlukan inovasi untuk memenuhi komposisi persyaratan dalam *code of points* dalam senam artistik, (SPIROS PRASSAS1, 2007).

Uraian diatas merupakan bidang ilmu yang mendukung pelaksanaan penelitian yang mengembangkan berbagai macam peralatan olahraga salah satunya produk alat latihan multiguna senam artistik yang dapat digunakan secara efektif pada ruang gedung yang terbatas sebagai penunjang program latihan.

Alat latihan multiguna cabang olahraga senam artistik merupakan salah satu alternatif alat senam artistik palang tunggal yang dapat digunakan tanpa menggunakan tali pemancang untuk mengoptimalkan pada ruang latihan dengan ukuran terbatas.

Berdasarkan hasil observasi mengenai spesifikasi material produk alat latihan multiguna yang dilakukan oleh peneliti telah diketahui spesifikasi material produk alat palang tunggal tanpa menggunakan pemancang tali dapat dilihat sebagai berikut:

Tabel 1. Spesifikasi Material Produk Pengembangan Alat Latihan Multiguna Senam Artistik Pada Alat Palang Tunggal

NO	Material	Palang Tunggal Standart JF	Palang Tunggal Yang Dikembangkan
1	Diameter Pipa tiang penyangga tinggi	5, 2 cm	6,2 cm
2	Diameter tebal plat pres	-	6 mm
3	Tinggi plat pres	-	6 cm
4	Lebar plat pres	-	14 cm
5	Panjang Kontruksi dasar plat pres palang tunggal	-	3,06 m
6	Lebar Kontruksi dasar plat pres palang tunggal	-	3 m
7	Diameter Pipa sok penyangga	-	5 cm
8	Pipa Stabilizer	-	2, 2 cm
9	Tinggi palang tunggal	2,45 up to 2,5 m	2,15 up to 2,5 m
10	Diameter <i>rail bar</i>	28 mm	28 mm
11	Diameter kabel penstabil	5,5 mm	-
12	Pegas	-	6 cm

Sumber: Hasil Penelitian 2022

Dari hasil observasi tersebut, peneliti perlu melakukan evaluasi produk alat latihan multiguna cabang olahraga senam artistik pada *rail bar* alat palang tunggal khususnya pada aspek elastisitas palang tunggal untuk mengoptimalkan keamanan dan kenyamanan alat ketika digunakan pesenam saat manuver pada alat palang tunggal seperti gerakan *kip*, *giant swing*, *flight element*, *near bar swing* dan *dismount*.

METODE PENELITIAN

Metode dalam penelitian ini menggunakan *cross-sectional* yang mencakup data kuantitatif dan kualitatif. Data kuantitatif diperoleh dari hasil uji coba alat yang digunakan atlet pelatih dan ahli yang memberikan evaluasi elastisitas rail bar pada alat palang tunggal dengan instrument yang digunakan peneliti. Serta dilakukan analisis produk alat latihan

multiguna pada perhitungan elastisitas rail bar palang tunggal dengan menggunakan software computer aided design (CAD).

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian evaluasi elastisitas rail bar palang tunggal pada cabang olahraga senam artistik dilaksanakan di Pengkab PERSANI Grobogan. Evaluasi dilakukan di cabang olahraga Senam pada disiplin senam artistik dengan sampel yang mewakili merupakan atlet dan pelatih dari Provinsi Jawa Tengah.

Uji Coba Produk

Desain Uji Coba Uji coba produk dilakukan untuk mendapatkan data yang akan digunakan untuk mengetahui tingkat elastisitas rail bar produk yang mencakup aspek kenyamanan dan keamanan alat latihan multiguna cabang olahraga senam artistik pada alat palang tunggal yang kemudian hasil evaluasi tersebut sebagai dasar untuk memberikan rekomendasi bahwa alat tersebut dapat digunakan sebagai alternatif latihan pada ruang terbatas kepada atlet, pelatih dan pembina cabang olahraga senam artistik di Jawa Tengah

Subjek Uji coba

Subjek uji coba dalam penelitian ini dilakukan pada atlet dan pelatih senam artistik di Jawa Tengah yang terdiri dari Kabupaten Grobogan, Kabupaten Pati, Kabupaten Rembang dan Kabupaten Kudus sebanyak 11 atlet dan 6 pelatih. Instrumen pengumpulan data instrumen yang digunakan untuk mengumpulkan data pada penelitian ini berupa kuesioner dan pengamatan lapangan. Kuesioner digunakan untuk mendapatkan informasi secara sistematis dan terarah yang dikembangkan dari hasil evaluasi para ahli menggunakan kriteria penilaian yang mencakup aspek orisinalitas, inovasi, kebermanfaatan, ekonomi, keamanan, kenyamanan dan kelengkapan data pendukung. Sedangkan pengamatan lapangan digunakan untuk mengetahui tingkat kelayakan dan keterterimaan produk. Butir kuesioner tersebut mencakup aspek kegunaan, keamanan, kenyamanan, efektifitas, komposisi peryaratan, sarana

pendukung program latihan. Teknik pengumpulan data menggunakan metode observasi dilakukan dengan mengamati kegiatan dan menganalisis secara terukur sebagai data untuk melakukan evaluasi elastisitas rail bar pada alat palang tunggal.

Teknik Analisis Data

Teknik analisis data dalam penelitian pengembangan ini menggunakan analisis kualitatif dan kuantitatif. Proses analisis data kualitatif dilakukan dengan mereduksi data yaitu proses penyelesaian, penyederhanaan, pemfokusan, pengabstraksian dan pentransformasian data (Arikunto, 2010: 29). Data yang diperoleh dalam penelitian ini diklasifikasikan menjadi dua, yaitu data kuantitatif dan data kualitatif. Data kualitatif berupa kritik saran yang dikemukakan oleh ahli senam artistik, pelatih dan atlet yang dihimpun untuk mengevaluasi elastisitas rail bar pada palang tunggal. Teknik analisis data kuantitatif dalam penelitian ini menggunakan analisis statistik deskriptif yang berupa pernyataan tidak baik, kurang baik, baik dan sangat baik atau tidak setuju, kurang setuju, setuju dan sangat setuju yang diubah menjadi data kuantitatif dengan skala 4 yaitu dengan penskoran dari angka 1 sampai 4. Langkah-langkah dalam analisis data antara lain mengumpulkan data dari ahli, pelatih dan atlet dengan pemberian skor melalui kuesioner yang digunakan sebagai instrument penelitian, skor yang diperoleh kemudian dikonversikan menjadi skala 4, Sumber: Soegiyono (2010:135).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Integrasi infrastruktur olahraga fasilitas olahraga memiliki pengaruh signifikan terhadap partisipasi pada klub olahraga salah satunya penyediaan ruang senam untuk memfasilitasi pada sesi pelatihan, (Wicker, Hallmann, & Breuer, 2013). Secara teknis dan fungsi taktis, seperti "waktu yang berbeda", "ruang yang berbeda" dan "posisi yang berbeda" sesuai dengan kebutuhan cabang olahraga, (Liang & Ph, 2010). Kebutuhan teknis peralatan yang sesuai kebutuhan khususnya dalam memenuhi komposisi persyaratan dalam *code of points* dalam senam artistik, (SPIROS PRASSAS1, 2007). Sepertihalnya pada alat latihan multiguna senam

artistik pada ruang terbatas alat palang tunggal. Untuk mengetahui bahwa alat tersebut memenuhi kebutuhan teknis dalam penyediaan alat palang tunggal, maka perlu dilakukan evaluasi baik dari tingkat keamanan dan kenyamanan elastisitas railbar pada alat tersebut.

Evaluasi elastisitas rail bar produk alat latihan multiguna senam artistik pada ruang terbatas alat palang tunggal, peneliti melibatkan delapan orang ahli yang terdiri dari 4 orang ahli senam dan 2 orang dari ahli *engineering*.

Ahli yang memberikan penilaian dalam penelitian ini merupakan kerepresentatifan butir-butir dalam instrument pengukuran pada pengembangan alat latihan multiguna senam artistik pada ruang terbatas di Jawa Tengah. Berikut ini merupakan hasil pengisian kuesioner evaluasi elastisitas rail bar alat palang tunggal dari ahli senam artistik dan ahli teknik dapat dilihat sebagai berikut:

Tabel 2. Persentase Hasil Evaluasi Ahli Senam Artistik dan Ahli Teknik

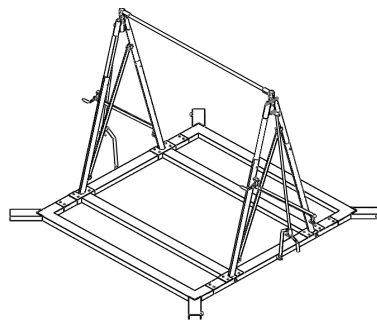
NO	Kriteria	Indikator Penilaian	Persentase
1	Aspek Orisinalitas	Merupakan hasil temuan peneliti.	81,6 %
		Adanya aspek pembeda dengan teknologi olahraga yang sudah ada.	85,8 %
2	Aspek Keunggulan Inovasi	Memiliki keunggulan dalam desain inovatif pada bracket dengan pegas sebagai elastisitas rail bar.	86,3 %
3	Aspek Kebermanfaatan	Memiliki daya guna alat yang multifungsi sebagai upaya pembinaan prestasi olahraga senam artistik di Jawa Tengah.	86,7 %
4	Aspek Ekonomi	Memiliki dampak positif dalam penerapan teknologi mutakhir <i>CAD</i> , dalam produk alat latihan multiguna senam artistik pada ruang terbatas	85,6 %
		Memiliki potensi komersialisasi dan jangkauan pasar	86,2 %
5	Aspek Keamanan	Memiliki tingkat keamanan yang baik bagi pesenam artistik	86,4 %
6	Aspek Kenyamanan	Memiliki tingkat kenyamanan elastisitas rail bar yang baik bagi atlet senam artistik	86,6 %
7	Aspek Kelengkapan Data Pendukung	Memiliki deskripsi dalam penggunaan pengembangan alat latihan multiguna senam artistik pada ruang terbatas	86,1 %
Rata-rata			83,64 %

Sumber: Hasil Penelitian 2022.

Keseluruhan dari hasil rata-rata penilaian ahli senam dan ahli teknik dari butir-butir dalam instrumen pengukuran pada pengembangan alat latihan multiguna cabang olahraga senam artistik yang mencakup 7 aspek dan 9 butir pernyataan, diperoleh persentase sebesar 86,1%. Hasil persentase tersebut dapat disimpulkan dalam kategori penilaian "baik". Dalam hal ini dapat disimpulkan bahwa elastisitas rail bar pada palang tunggal dapat digunakan sebagai sarana latihan.

Simulasi Alat Palang Tunggal

Assembly alat palang tunggal dilakukan pada model desain yang terlihat seperti pada gambar 1.1 yang kemudian akan dilakukan simulasi.



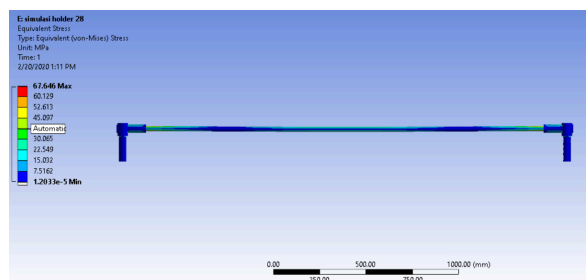
Gambar 1.2 *Assembly* Palang Tunggal

Adapun dalam proses simulasi yang dilakukan pada *assembly* dari alat palang tunggal dibagi menjadi beberapa komponen yang meliputi, *rail bar*, *bracket segitiga* dan struktur rangka. Ketiga komponen ini akan dilakukan proses simulasi secara terpisah dan setiap gaya reaksi yang terjadi akibat pembebanan pada komponen pertama akan digunakan sebagai input parameter untuk simulasi komponen kedua dan begitu seterusnya.

Simulasi yang akan dilakukan merupakan simulasi yang digunakan untuk menggambarkan atau memperhitungkan efek yang terjadi pada komponen akibat pembebanan. Adapun besar pembebanan yang diterapkan dalam simulasi ini adalah 800 Newton. Nilai ini didapatkan dengan memperkirakan berat dari pengguna yaitu sebesar 80 kg.

Rail bar yang telah disimulasi, mendapatkan tegangan maksimum sebesar **67,64** MPa untuk ukuran 28 mm dan **237,5** MPa yang terletak pada bagian ujung yang mendekati titik tumpu. Tegangan tertinggi ini terdapat di lokasi yang selaras dengan tegangan pada beam, untuk distribusi dari tegangan yang terjadi dapat dilihat pada gambar 4.2. Untuk mendapatkan nilai *safety factor*, digunakan perhitungan sebagai berikut:

$$SF_{28} = \frac{250 \text{ MPa}}{67,64} = 3,69$$



Gambar 1.3 Distribusi tegangan pada bagian *rail bar*

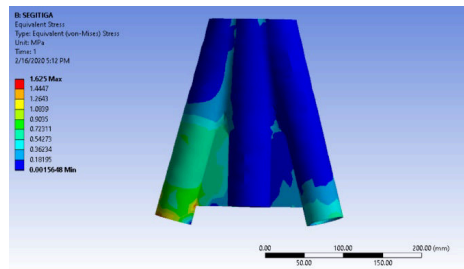
Titik tumpu yang terdapat pada rail horizontal bar, tabel 4.9 menunjukkan gaya reaksi dari setiap komponen arah gaya. Gaya reaksi ini nanti kemudian akan digunakan sebagai input parameter untuk pembebanan pada *bracket* segitiga.

Tabel 3. Gaya reaksi yang terjadi pada tumpuan *rail bar*.

X	Y	Z	Normal
284.75	399.94	7.743e-003	490.95

Bracket segitiga yang telah disimulasi, mendapatkan tegangan maksimum sebesar 1,625 MPa yang terletak pada bagian plat yang menempel pada batang silinder. Tegangan tertinggi ini terdapat di lokasi yang memiliki sisi tajam, sehingga terjadi konsentrasi tegangan pada titik tersebut. Untuk distribusi dari tegangan yang terjadi dapat dilihat pada gambar 4.3. Untuk mendapatkan nilai *safety factor*, di gunakan perhitungan simulasi perhitungan tersebut dida10atkan nilai *safety factor* sebagai berikut:

$$SF = \frac{250 \text{ MPa}}{1,64} = \dots > 10$$



Gambar 1.4 Distribusi tegangan yang terjadi pada bracket segitiga

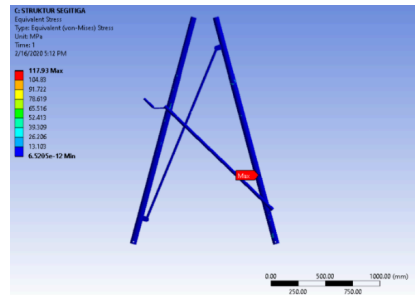
Titik tumpu yang terdapat pada *bracket* segitiga, tabel 1.4. menunjukkan gaya reaksi dari setiap komponen arah gaya. Gaya reaksi ini nanti kemudian akan digunakan sebagai input parameter untuk pembebanan pada *struktur* segitiga.

Tabel 4. Gaya reaksi yang terjadi pada tumpuan *bracket* segitiga

X	Y	Z	Normal
s-284.45	-399.52	-7.7347e-003	490.44

Struktur yang telah disimulasi, mendapatkan tegangan maksimum sebesar 117,93 MPa yang terletak pada bagian dinding dalam batang. Tegangan tertinggi ini terdapat di lokasi yang dimana sisi ujung dari batang dalam bergesekan secara langsung dengan dinding batang luar, sehingga karena area kontak yang kecil, terjadi konsentrasi tegangan pada titik tersebut. Untuk distribusi dari tegangan yang terjadi dapat dilihat pada gambar 1.5. Untuk mendapatkan nilai *safety factor*, di gunakan perhitungan dengan simulasi tersebut didapatkan nilai *safety factor* sebagai berikut:

$$SF = \frac{250 \text{ MPa}}{117,93} = 2.11$$



Gambar 1.5 Distribusi tegangan yang terjadi pada struktur

Hasil simulasi yang dilakukan pada alat palang tunggal dan palang bertingkat, tegangan terbesar terjadi pada bagian pegangan atau *rail bar*. Pegangan pada palang tunggal memiliki *safety factor* sebesar 3.8 dengan perhitungan pembebanan 80 kg yang memiliki *safety factor* sebesar 1.17. Komponen ini dapat dikategorikan dalam keadaan baik dan aman ketika digunakan hal tersebut dibuktikan dengan teori dasar mengenai *safety factor*. Secara garis besar, *safety factor* merupakan hasil dari pembagian tegangan yang terjadi dengan kekuatan dari sebuah material. Kekuatan material dapat menggunakan *yield stress* ataupun *ultimate tensile stress* sesuai dengan tujuan dari *safety factor* itu sendiri.

Pengambilan Data

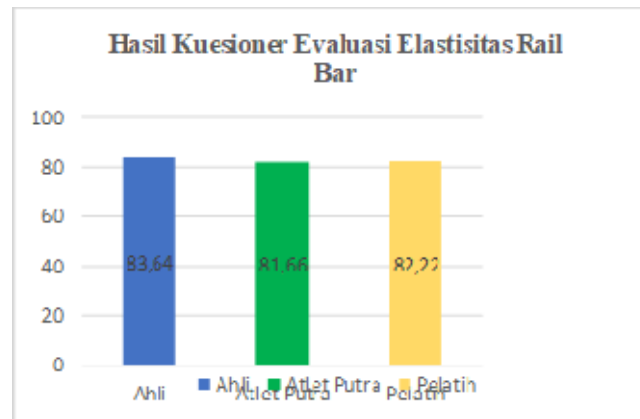
Penelitian ini dilakukan di Pengkab Persani Grobogan yang meliputi lima induk organisasi Persani Kabupaten Grobogan, Kabupaten Pati, Kabupaten Rembang, Kabupaten Kudus dan 1 pelatih dari Persani Kota Semarang dengan rincian sebagai subyek penelitian sebagai berikut:

Tabel 5. Rincian Jumlah Sampel dalam Uji Coba Lapangan

No	Induk Organisasi	Atlet Putra	Pelatih
1	Persani Kabupaten Grobogan	3	2
2	Persani Kabupaten Pati	3	1
3	Persani Kabupaten Rembang	2	1
4	Persani Kabupaten Kudus	3	1
5	Persani Kota Semarang	-	1
Jumlah Total		11	6

Sumber: Hasil Penelitian 2022

Dari uji coba lapangan yang telah dilakukan evaluasi elastisitas rail bar pada produk alat latihan multiguna senam artistik palang tunggal, diperoleh data dengan penilaian rata-rata persentase sebagai berikut:



Gambar 1.6 Diagram hasil evaluasi atlet dan pelatih

Berdasarkan hasil evaluasi pada 6 induk organisasi senam di Jawa Tengah didapatkan elastisitas rail bar palang tunggal pada cabang olahraga senam artistik yang diujicobakan bisa diterapkan pada atlet sebesar atlet 81,66 % dan pelatih 82,22%.

Alat latihan multiguna senam artistik pada ruang terbatas tanpa menggunakan pemancang tali dapat digunakan sebagai alternatif sarana latihan dan pembinaan prestasi cabang olahraga senam artistik dengan elastisitas dan safety factor yang baik, hal itu didukung dari rata-rata hasil persentase ahli mencapai 83,64%. Secara keseluruhan hasil evaluasi ahli, atlet dan pelatih diperoleh mencapai 82,50%.

Kualifikasi ahli yang telah memberikan penilaian produk pengembangan alat latihan multiguna senam artistik pada ruang terbatas meliputi akademisi, wasit, pelatih, praktisi, pembina. Sedangkan atlet dan pelatih yang berperan sebagai sampel pada uji coba alat palang tunggal dan palang bertingkat merupakan atlet dan pelatih dari beberapa induk

organisasi senam kabupaten yang ada di Jawa Tengah dengan *track record* pernah mengikuti event pada tingkat provinsi dan event nasional.

DISCUSSION

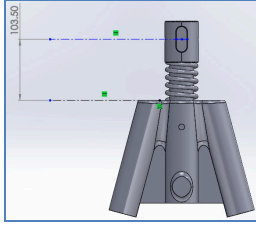
Berdasarkan langkah-langkah penelitian pengembangan untuk menghasilkan produk yang telah dilakukan, maka didapatkan produk akhir yang berupa produk alat latihan multiguna cabang olahraga senam artistik yang sesuai dengan kebutuhan pada tempat latihan senam artistik dengan area terbatas.

Mengacu pada hasil dari uji coba dilapangan, secara keseluruhan diperoleh rata-rata penilaian dari ahli dan hasil kuesioner atlet dan pelatih persentase sebesar 82,50%. Hasil persentase tersebut dapat disimpulkan dalam kategori penilaian "baik", sehingga dapat disimpulkan bahwa produk pengembangan alat latihan multiguna senam artistik pada ruang terbatas dapat digunakan.

Argumentasi bahwa alat tersebut dapat digunakan dengan aman, ditinjau dari konstruksi desain yang baik dan kesesuaian material yang digunakan dalam menentukan produk alat latihan yang dikembangkan dengan hasil simulasi produk alat yang dikembangkan memiliki tingkat *safety factor* baik dan didukung dengan hasil simulasi elastisitas *rail bar* yang menunjukkan sesuai dengan ketentuan dalam *code of points artistic gymnastics*.

Elastisitas *rail bar* memungkinkan penyimpanan dan pemulihan energi dengan menggunakan teknik yang tepat. Namun, seperti yang ditunjukkan oleh penelitian Spiros Prassas, Young-Hoo Kwon And William A. Sands dalam *Biomechanical Research in Artistic Gymnastics*, dinyatakan hal ini mungkin tidak selalu dapat dicapai karena, dalam banyak kasus, pesenam dapat melepaskan *rail bar* ketika melambung, yang tidak hanya tidak menambah energi ke pesenam tetapi juga mungkin memiliki efek negatif pada teknik senam.

Uraian diatas elastisitas rail bar alat latihan multiguna pada palang tunggal dapat dipasang secara efektif dan dapat memenuhi prasarana pada sesi pelatihan senam artistik hal tersebut ditunjukkan pada desain bracket yang menggunakan pegas sebagai material pendukung untuk memberikan elastisitas ruang gerak pada ujung rail bar.

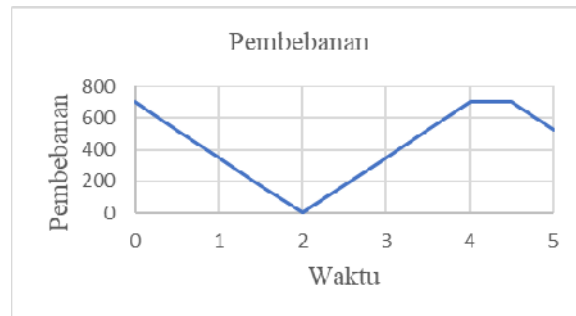
No	Alat	Bagian Desain Bracket Menggunakan Pegas	Keterangan
1	Palang Tunggal		Pengait antara ujung rail bar dengan tiang penyangga diperlebar 5 mm dan dan diberikan pegas pada braket untuk memberikan ruang gerak pada ujung <i>rail bar</i>

Sumber. Hasil Penelitian 2022

Pesenam dapat menggunakan elastisitas *rail bar* untuk menentukan waktu yang tepat dari suatu keterampilan berdasarkan pada ketegangan yang dirasakan pada tangan pesenam saat *rail bar* digunakan, (Prassas, Kwon, & Sands, 2013). Untuk memberikan dampak kelenturan pada *rail bar*, dalam produk alat latihan multiguna cabang olahraga senam artistik pada alat palang tunggal, pada braket pengait *rail bar* diberikan material pegas untuk dapat memberikan pengaruh kelenturan pada *rail bar* ketika digunakan.

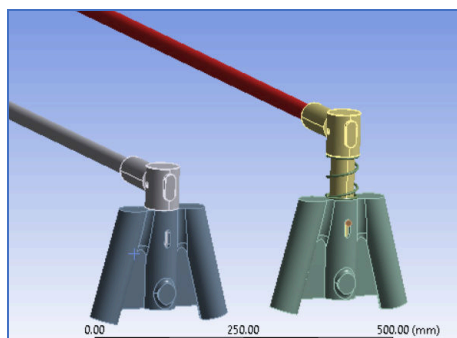
Penggunaan pegas akan sangat berguna sekali karena dengan adanya ruang gerak dan komponen diberikan beban secara berulang, dengan dipasangkan pegas, dampak yang akan terjadi antar komponen dapat diminimalisir dan akan memberikan dampak pada kelenturan *rail bar* atau pegangan ketika digunakan. Sebagai gambaran tabel dibawah ini dapat dilihat desain penggunaan pegas pada produk yang disimulasi menggunakan Computer Aided Design CAD.

Untuk membuktikan pengaruh pegas yang terjadi, maka dilakukan simulasi dengan pembebanan yang diasumsikan sebagai berikut:



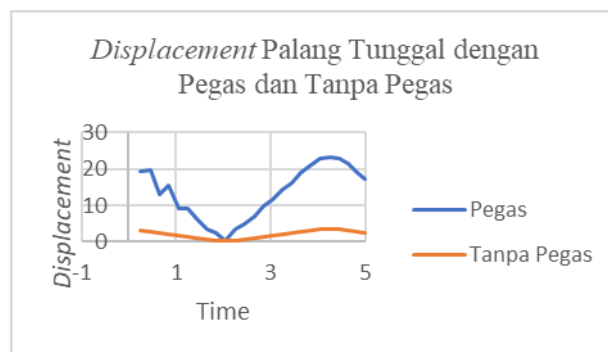
Gambar 1.7 Grafik Simulasi Pembebanan Alat

Beban tersebut diaplikasikan ke dalam 2 jenis model alat dari benda kerja, pada alat palang tunggal ditunjukkan gambar 4.15 alat palang tunggal.



Gambar 1.8 Konstruksi bracket palang tunggal

Dan hasil dari pembebanan pada alat palang tunggal dapat dilihat dari grafik dibawah ini:



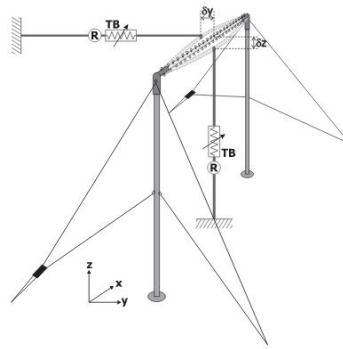
Gambar 1.9 Grafik pembebanan pada alat palang tunggal

Dari kedua grafik tersebut, dapat dilihat bahwa komponen yang diberikan pegas akan menunjukkan nilai *displacement* yang lebih tinggi dibandingkan dengan yang tanpa menggunakan pegas. Hal ini dikarenakan komponen yang diberikan pegas memiliki ruang gerak lebih dibandingkan dengan komponen tanpa pegas. Pegas dalam hal ini akan berfungsi untuk menambah kelenturan dan juga mengurangi getaran saat alat digunakan. Faktor yang akan mempengaruhi kemampuan pegas meliputi diameter pegas, rasio lilitan dengan ketinggian pegas dan material pegas.

Persyaratan FIG menunjukkan bahwa pada alat palang tunggal bekerja seperti pegas linear. Jika pada perpindahan di bar proporsional dengan beban yang diterapkan pada alat palang tunggal untuk memperkirakan kekuatan reaksi dari perpindahan linier pada *rail bar* yang terjadi tegangan dengan mengkalibrasikan dengan mengukur menggunakan beban, hal itu adanya hubungan antara beban dan tegangan adalah linier.

Sebagai output tegangan terkait dengan regangan pada palang tunggal diasumsikan bahwa hubungan antara perpindahan beban dan batang juga linier. Tidak ada peraturan yang ditetapkan untuk menentukan sifat elastis dari bar dalam arah horisontal dan tidak ada juga ukuran yang disediakan untuk ketegangan dalam kabel yang menstabilkan uprights. Produsen yang disetujui FIG, selama statis dan beban dinamis dari masing-masing bar sebelum pengujian dimulai, ketegangan di kabel diatur ke 1400 ± 100 dan 1500 ± 100 N. Ketegangan pada kabel mungkin mempengaruhi kekakuan *rail bar* palang tunggal yang mungkin memiliki pengaruh untuk teknik pesenam, (Kerwin & Hiley, 2003a).

Perpindahan bar dikalibrasi dengan menggunakan gaya yang dikenal berbeda mulai dari 100N hingga 4000N (dalam langkah sekitar 250N) dalam dua arah (*y* dan *z*) dan untuk tiga tegangan berbeda dari kabel tegangan palang tunggal. Tiga ketegangan yang diteliti mewakili kisaran ketegangan yang biasanya digunakan dan secara deskriptif dinamai kendur, sedang dan kaku, (Cagran et al., 2010).



Gambar 1.10 Simulasi menggantungkan berat sekitar 600N

Sketsa palang tunggal yang menggambarkan posisi penanda aktual serta mekanisme tali yang terpasang ke palang tunggal yang dipancangkan ke lantai. Simulasi menggantungkan berat sekitar 600N untuk pemindahan di z arah dan mengait dapat dilihat gambar 1.10. Untuk perpindahan di y direksi dengan sekitar 1000N; hal ini diselesaikan selama rangkaian atlet. Sebagai ujian untuk prosedur ini, kami menggunakan berat badan seorang atlet (65,4 kg). Berat diukur dengan menggunakan perpindahan bar 65,1 kg, estimasi beratnya di bawah hanya 0,5% (meskipun estimasi ketidakpastian 725N, (Cagan et al., 2010).

Model pengembangan alat latihan multiguna senam artistik pada ruang terbatas alat palang tunggal efektif untuk dipasang pada ruang gedung yang terbatas dan dapat digunakan untuk mengoptimalkan sesi pelatihan atlet dan pelatih. Hal tersebut ditunjukkan dari hasil persentase penilaian ahli, atlet, pelatih 82,50%, hasil persentase tersebut dalam kategori baik dan didukung dengan hasil simulasi alat palang tunggal perhitungannya menggunakan beban 80 kg atau 800 N. Hasil simulasi tersebut memiliki kemiripan penelitian yang telah dilakukan Cagan pada uji coba pembebanan pada alat pada penelitian sebelumnya, namun ada perbedaan dalam metode yang digunakan dalam pengukuran elastisitas *bar* atau pegangan. Perbedaan tersebut ditunjukkan pada metode simulasi yang digunakan, metode yang digunakan pada simulasi Cagan menggunakan sistem menangkap gerak dengan menggunakan kamera (Vicon) yang disesuaikan untuk aplikasi, sedangkan simulasi pada alat

palang tunggal menggunakan *CAD Computer Aided Design* untuk mengetahui tingkat elastisitas *rail bars* pada palang tunggal yang dapat dilihat pada gambar 1.9. Dari grafik tersebut, dapat dilihat bahwa komponen yang diberikan pegas akan menunjukkan nilai *displacement* yang lebih tinggi dibandingkan dengan yang tanpa menggunakan pegas. Penggunaan pegas tersebut merupakan pengganti tali pemancang untuk memberikan dampak elastisitas pada *rail bar* atau pegangan. Produk alat latihan multiguna senam artistik palang tunggal pada ruang terbatas ini secara khusus digunakan sebagai alternatif sarana latihan untuk mengoptimalkan pelaksanaan program latihan sebagai upaya peningkatan keterampilan atlet dalam mengikuti perlombaan senam artistik khususnya pada alat palang tunggal.

Dari hasil uraian diatas, model pengembangan alat latihan multiguna senam artistik pada ruang terbatas ini dapat diterima oleh pelatih dan atlet senam di Jawa Tengah sebagai sarana latihan yang dapat digunakan pada ruang terbatas.

SIMPULAN DAN SARAN

Hasil evaluasi elastisitas rail bar produk alat latihan multiguna cabang olahraga senam artistik pada alat palang tunggal sebagai berikut:

- 1) Produk ini dapat digunakan pada area terbatas karena tidak menggunakan pemancang tali dengan elastisitas *rail bar* yang telah disimulasi, mendapatkan tegangan maksimum sebesar **67,64** MPa untuk ukuran 28 mm dan **237,5** MPa
- 2) Hasil simulasi *rail bar* pada palang tunggal memiliki *safety factor* sebesar 3.8 dengan perhitungan pembebanan 80 kg yang memiliki *safety factor* sebesar 1.17. Komponen ini dapat dikategorikan dalam keadaan baik dan aman ketika digunakan hal tersebut dibuktikan dengan teori dasar mengenai *safety factor*.

Evaluasi elastisitas rail bar pada alat palang tunggal oleh ahli, atlet dan pelatih mencapai sebesar 82,50% dan dapat digunakan sebagai alternatif sarana latihan oleh atlet, pelatih dan pembina untuk pembinaan prestasi cabang olahraga senam artistik di Jawa Tengah.

DAFTAR PUSTAKA

- Gymnastique, R. I. D. E. (2020). 2017 – 2020 CODE OF POINTS Women' s Artistic Gymnastics.
- Ihsan, H. (2015). VALIDITAS ISI ALAT UKUR PENELITIAN: KONSEP DAN PANDUAN PENILAIANNYA. *Jurnal Ilmu Pendidikan*, 173–179.
- Irwan Setiawan, M. A. H. A. (2014). *Profil Kondisi Fisik Atlet Tarung Derajat Pusat Pelatihan Kota Kediri Dalam Menghadapi Kejuaraan Provinsi Jawa Timur Tahun 2017*. 2(3), 89–97.
- Jenkins, P. E., Plaseied, A., & Khodae, M. (2010). *Procedia Engineering*, 2(2), 2757–2762. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2010.04.06>
- Kerwin, D. G., & Hiley, M. J. (2003b). Estimation of reaction forces in high bar swinging, 21–30.
- Liang, C., & Liang, X. (2012). Dynamic Mechanism of Sports Cutting-edge Technique Development and Innovation, 34, 337–342. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2012.04.058>
- Liang, C., & Ph, D. (2010). *Procedia Engineering* Six Features of Modern Sport Frontier Technique Innovations. *Procedia Engineering*, 2(2), 3417–3422. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2010.04.167>
- Pan, W., Turrin, M., Louter, C., Sariyildiz, S., & Sun, Y. (2019). Integrating multi-functional space and long-span structure in the early design stage of indoor sports arenas by using parametric modelling and multi-objective optimization. *Journal of Building Engineering*, 22(January), 464– 485. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2019.01.006>
- Retno. 2009. Peningkatan Efektivitas Pembelajaran Senam Lantai melalui Pendekatan Pembelajaran Aktif Kreatif Efektif dan Menyenangkan(Pakem). **Skripsi**. Yogyakarta: FIK UNY.
- Rydakov, R., Nyashin, Y., Ilyalov, O., & Podgaets, R. (2010). *Procedia Engineering*, 2(2), 2763–2768. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2010.04.063>
- Skinner, B. R. 2013. *The Relationship between confidence and performance throughout a competitive season*. Utah: Utah State University.
- Tommy Soenyoto. 2014, *Pengembangan Prototipe Alat Jamur Cabang Olahraga Artistik Putra Di Provinsi Jawa Tengah*. *Journal of Physical Education, Health and Sport*.