



Rancang Bangun Prototipe Alat *Parallette* untuk Olahraga Kalistenik dengan Material *Filament* PLA (*Polylactic Acid*) Menggunakan *3D Printer*

Prototype Design of *Parallette* Equipment for Callisthenic Sports with PLA (*Polylactic Acid*) *Filament* Material Using *3D Printer*

Indro Prakoso¹, Ayu Anggraeni Sibarani^{*1}, Whimpi Hasta Robbi¹

¹Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Jenderal Soedirman

ARTICLE INFO

Article history:

Diterima 06-04-2022
Diperbaiki 28-07-2022
Disetujui 08-08-2022

Kata Kunci:

Kalistenik, *Parallette*,
Additive Manufacturing, *3D Printer*, Prototipe, Desain.

ABSTRAK

Dewasa ini olahraga tidak hanya sebagai kebutuhan tapi juga gaya hidup. Olahraga tidak hanya dilakukan di luar ruangan, tapi juga dapat dilakukan secara mandiri di dalam ruangan. Salah satu olahraga yang mudah dilakukan secara mandiri adalah kalistenik. Secara umum, olahraga kalistenik dapat dilakukan dengan alat bantu yang disebut dengan *parallette*. Produsen alat *parallette* saat ini, masih menggunakan material kayu dan proses produksi yang konvensional serta belum memiliki variasi produk. Proses produksi potensial yang dapat diadaptasi untuk membuat alat *parallette* adalah *additive manufacturing 3D printer* dengan material *filament* PLA (*Polylactic Acid*). Proses dilakukan melalui beberapa tahap yaitu: desain *3D*, pencetakan menggunakan *3D printer*, *assembly* dan *finishing*. Proses produksi alat *parallette* dengan *3D printer* membutuhkan waktu standar sebesar 3123,02 menit. Waktu terlama dalam proses terjadi ketika pencetakan dengan *3D printer* pada *part grip* (2 part) dan kaki *parallette* (4 part). Biaya produksi kotor untuk satu set alat *parallette* adalah Rp101.327. Produksi alat kalistenik dengan material *filament* PLA (*Polylactic Acid*) menggunakan *3D printer* dapat dijadikan sebagai alternatif pengganti dari produk *Parallette* berbahan dasar kayu dengan proses manufaktur konvensional. Produk ini juga dapat digunakan oleh produsen alat olahraga sebagai pilihan dan variasi yang ditawarkan kepada pelanggan.

ABSTRACT

Nowadays, sport is not only a necessity but also a lifestyle. Sport is not only done outdoors but can also be done independently indoors. One exercise that is easy to do independently is calisthenics. In general, calisthenics can be done with a tool called a parallette. Parallette equipment manufacturers currently still use wood materials and conventional production processes and do not have product variations. A potential production process that can be adapted to make parallette equipment is additive manufacturing 3D printers with PLA (Polylactic Acid) filament material. The process is carried out through several stages: 3D design, printing using a 3D printer, assembly, and finishing. The production process of a parallette tool with a 3D printer takes a standard time of 3123.02 minutes. The longest time occurs when printing with a 3D printer for grip parts (2 parts) and parallette legs (4 parts). The gross production cost for a set of parallette equipment is Rp. 101,327. Production of calisthenic equipment with PLA (Polylactic Acid) filament material using a 3D printer can be used as an alternative to replace wood-based parallette products with conventional manufacturing processes. Sports equipment manufacturers can also use this product as a choice and variety offered to customers.

Keywords:

Calisthenics, *Parallette*,
Additive Manufacturing, *3D Printer*, Prototipe, Design.

1. Pendahuluan

Olahraga merupakan salah satu kebutuhan manusia untuk menjaga kesehatan. Dengan berolahraga manusia dapat menjaga kebugaran, menghilangkan stres, meningkatkan kekuatan fisik, membuang racun dalam tubuh, dan masih

banyak manfaat lain yang dihasilkan dari berolahraga [1]. Pada masa pandemi ini, masyarakat sedang dalam tekanan di bidang kesehatan, di mana *covid-19* menghantui kehidupan masyarakat pada umumnya, sehingga kegiatan olahraga bagi masyarakat sangat terbatas terutama di tempat umum [2]. Olahraga dengan menggunakan beban berat badan sendiri

sering disebut sebagai olahraga *bodyweight* atau *calisthenics* (Kalistenik). Kalistenik merupakan latihan yang meningkatkan perkembangan dalam kelompok otot tertentu, meningkatkan kekuatan otot dan daya tahan, serta mempertahankan atau meningkatkan mobilitas segmen tertentu dari tubuh [3]. Kalistenik seharusnya menjadi hal yang tidak asing bagi masyarakat umum. Kegiatan olahraga kalistenik ini pun cukup sederhana dan dapat dilakukan di dalam ruangan secara mandiri. Ketika melakukan olahraga kalistenik terdapat alat bantu yang digunakan, yaitu *parallette*.

Parallette merupakan sebuah alat yang ringan dan portabel untuk digunakan berlatih dalam meningkatkan pembentukan otot dengan melakukan gerakan olahraga seperti *push up*, *handstand*, *L-Sit*, *V-sit* dan gerakan lainnya yang dapat dikembangkan dengan alat ini [4]. Peralatan ini membantu memperkuat otot, dan meningkatkan mobilitas. Perkembangan alat *parallette* di Indonesia saat ini masih sedikit, dan olahraga kalistenik ini belum cukup populer sehingga membuat produsen *parallette* masih sangat jarang. Selain itu, kualitas *parallette* di Indonesia masih tertinggal bila dibandingkan dengan negara lainnya yang sudah mengenal olahraga kalistenik terlebih dahulu. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengembangan alat olahraga *parallette* untuk meningkatkan kualitas dan proses produksi yang efektif dan efisien.

Secara umum, alat olahraga *parallette* terbuat dari kayu, logam atau polimer ringan sehingga mudah diproduksi. Umumnya produk *parallette* konvensional berbentuk seperti pada Gambar 1. Desain *parallette* yang tidak rumit, juga memungkinkan untuk dilakukan proses manufaktur sederhana dalam pembuatannya. Saat ini, proses pembuatan alat olahraga *parallette* masih menggunakan proses manufaktur konvensional, yaitu proses permesinan dengan material yang digunakan berupa kayu. Salah satu teknik produksi sederhana yang memungkinkan dapat digunakan dalam produksi alat olahraga *parallette* ini, yaitu *additive manufacturing*.



Gambar 1 Produk *parallette* konvensional

Additive manufacturing adalah proses pabrikasi objek tiga dimensi dengan pemrosesan bahan diaplikasikan pada objek yang akan dibuat dengan bertahap, lapis demi lapis, langsung dari model geometri komputasinya, dengan menghilangkan batasan desain serta sebagian besar metode manufaktur konvensional [5]. Alat dalam proses *additive manufacturing* yang sering digunakan dan mudah dalam pengoperasiannya, salah satunya adalah *3D printer*. Teknologi dari *3D printing* saat ini masih dianggap baru. *3D printer*

mampu membuat dan mencetak objek dengan komponen yang rumit, dan proses produksi pada industri yang singkat serta sederhana sehingga dapat dilakukan pada skala industri rumahan [6]. Keunggulan lain dari *3D printer* adalah memiliki beragam pilihan material yang digunakan dan dapat menghasilkan berbagai macam objek produk, yang menjadikan *3D printer* mulai populer dan mudah ditemukan [7]. Beberapa pilihan material sering digunakan dalam pemrosesan menggunakan *3D printer*, yaitu *filament*. Jenis *filament* yang digunakan dalam *3D printer* cukup banyak, diantaranya : ABS (*Acrylonitrile Butadiene Styrene*), PLA (*Polylactic Acid*), dan HIPS (*High Impact Polystyrene*) [8]. Proses *additive manufacturing* menggunakan *3D printer* dengan material *filament* secara umum dapat dilakukan secara sederhana. Teknologi yang semakin berkembang dan mudah ditemukan tersebut, diharapkan mampu menjadikan alternatif dan pengembangan dalam proses produksi alat olahraga *parallette*.

Tujuan dari *study* ini adalah untuk mengetahui rancang produk dan proses produksi alat olahraga *parallette* sederhana dengan *3D printer*. Proses yang dilakukan yaitu : (1) tahap desain *3D* produk menggunakan *software solid works*, (2) melakukan produksi dengan menggunakan *3D printer* dengan material *filament*, (3) *assembly*, dan (4) *finishing* produk. Proses tersebut diharapkan mampu mengurangi kegiatan manufaktur konvensional yang selama ini dilakukan untuk memproduksi alat olahraga *parallette* serta penggunaan material *filament* sebagai alternatif pengganti material kayu.

2. Metode Penelitian

Rancang bangun dan proses produksi *parallette* dengan *3D printer* dilakukan dengan metode analisis produksi manufaktur terintegrasi (*integrated manufacturing analysis*). Hal ini mencakup, yaitu tahap desain (*computer aided design / CAD*), produksi (*additive manufacturing*), *assembly*, dan *finishing*. Sebelum pada tahap mendesain, perlu dipahami terlebih dahulu mengenai cara kerja dari *parallette*.

2.1 Cara Kerja Parallette

Salah satu bentuk olahraga dengan cara memaksimalkan penggunaan berat badan tubuh manusia dalam proses pengurangan atau pembakaran lemak adalah kalistenik [9]. Olahraga kalistenik bertujuan untuk melatih dan membuat ketahanan pada otot manusia dengan memanfaatkan beban dari tubuhnya. Olahraga kalistenik berbeda dengan *gymnastic* yang secara umum untuk pembentukan otot, sehingga olahraga kalistenik dianggap sebagai salah satu olahraga yang *simple* dan mudah dilakukan di mana pun secara mandiri, bahkan di masa sekarang ini tren olahraga kalistenik meningkat pesat dikalangan masyarakat modern [10]. Olahraga kalistenik dapat dilakukan secara mandiri baik menggunakan alat bantu ataupun tidak. Terdapat beberapa alat bantu untuk kegiatan olahraga kalistenik, di antaranya yaitu: *parallette*, *gymnastic ring*, *pull up bar*, *dip bar*, dan *adjust dumbbell*.

Alat olahraga bernama *parallette* ini bekerja dengan cara meletakkan alat di bagian bawah badan, kemudian pengguna memegang alat *parallette* ini dengan kedua tangannya pada *grip*. Setelah kedua tangan memegang kemudian melakukan beberapa gerakan dengan alat *parallette* seperti *V-sits*, *tuck*

planche, push up, dan gerakan modifikasi lainnya secara mandiri yang bisa dilakukan dengan alat *parallette* ini.

Prinsip kerja alat *parallette* ini adalah untuk mengembangkan dan memodifikasi gerakan dari olahraga kalistenik agar lebih menambah usaha dengan gerakan yang dilakukan, sehingga dapat melakukan variasi dari gerakan olahraga kalistenik ini. Penggunaan alat ini dilakukan dengan tangan yang memegang *grip* dengan disesuaikan dalam melakukan gerakan olahraga kalistenik yang diinginkan.

2.2 Pengembangan Desain

Perancangan adalah kegiatan awal dari suatu rangkaian dalam proses pembuatan produk, tahap perancangan tersebut dibuat atas keputusan penting yang mempengaruhi kegiatan-kegiatan lain yang menyusulnya [11]. Pembuatan dan produksi alat *Parallette* selama ini masih menggunakan kayu sebagai material. Desain yang dirancang untuk produksi alat *parallette* disesuaikan dengan material yang digunakan pada *prototype* yaitu, *filament*. Perancangan alat *parallette* ditentukan atas pertimbangan sebagai berikut:

- Alat *parallette* ini menggunakan mur yang ditanam pada *grip* yang sebelumnya tidak ada.
- Alat *parallette* ini menggunakan baut di mana sebelumnya memakai paku.
- Pada *grip* terdapat blebet (*overgrip/sweatband tape*) untuk menghindari selip serta pada kaki terdapat karet untuk mencegah selip.

2.3 Computer Aided Design (CAD)

Solidworks adalah salah satu CAD *software* yang dibuat oleh *Dassault Systems* digunakan untuk merancang *part* permesinan atau susunan *part* permesinan yang dapat berupa *assembling* dengan tampilan 3D untuk merepresentasikan *part* sebelum *real part* dibuat atau tampilan 2D (*drawing*) untuk gambar proses permesinan. Pada pembuatan desain alat olahraga *parallette* ini, digunakan *software Solidworks* dengan ukuran dan geometri disesuaikan dengan alat *parallette* yang sudah diproduksi secara manufaktur tradisional serta pengembangan desainnya. Penggunaan *Solidworks* memudahkan dalam visualisasi desain secara 3D dan 2D. Selain itu, hasil dari desain 3D dapat disimpan dalam bentuk format *file STL*, yang mendukung untuk diaplikasikan pada *3D Printing*.

2.4 Additive Manufacturing

Additive Manufacturing juga dikenal sebagai teknologi pencetakan tiga dimensi (*3DP*). Metode ini dapat digunakan untuk membangun objek fisik dari data model 3D digital yaitu, *file Computer-Aided Design (CAD)*, dengan penggunaan dan penambahan material [12]. Awalnya *Additive Manufacturing* terbatas pada pembuatan prototipe dan identik dengan proses *Rapid Prototyping (RP)* [13].

Proses manufaktur adalah proses produksi barang setengah jadi atau jadi yang menggunakan metode permesinan, semi permesinan atau proses produksi tradisional, biasanya terdiri dari proses operasi dan perakitan, di mana beberapa alat dan mesin digunakan seperti kerja bangku, mesin *milling* dan mesin bubut yang paling sering digunakan dalam proses perubahan bentuk atau geometri produk menjadi produk yang bernilai tambah [14].

Perkembangan zaman dan teknologi menyebabkan proses manufaktur semakin berkembang. Salah satu metode manufaktur modern adalah *additive manufacturing*. *Additive manufacturing* menawarkan solusi yang potensial ketika manufaktur konvensional mencapai batas teknologinya, yaitu beberapa proses dianggap kurang *flexible*, dalam hal ini termasuk kebebasan desain tingkat tinggi, desain ringan, integrasi fungsional, dan pembuatan prototipe secara cepat [15].

Proses produksi prototipe alat olahraga *parallette* dilakukan dengan mengadopsi *additive manufacturing* menggunakan *3D printer*. Hasil desain 3 dimensi alat olahraga *parallette* dari CAD dengan *software Solidworks* dikonversi ke dalam *file* dengan format *STL*. Desain tersebut di-*import* pada *software creality slicer*, yang merupakan aplikasi bawaan dari *3D printer creality*. Fungsi *software creality slicer* adalah (1) mengubah desain 3D dengan format *STL* ke dalam *G-code*, (2) melihat secara visual dan simulasi dari desain yang akan dicetak, perkiraan durasi waktu proses cetak, dan (3) melihat kesesuaian desain dengan persyaratan dari spesifikasi *3D printer* yang digunakan, terkait dengan ukuran dan format desain 3D. Proses selanjutnya adalah pencetakan dengan menggunakan *3D printer*.

2.5 Target Keunggulan

Pada pembuatan alat *parallette* ini terdapat beberapa target sebagai perbandingan keunggulan dengan alat yang sudah ada sebelumnya. Target dari perancangan *parallette* ini, yaitu: (i) biaya pembuatan terjangkau, (ii) meningkatkan kualitas dan kuantitas produk, (iii) proses pemasangan mudah, (iv) proses perawatan mudah, dan (v) menggunakan material *filament PLA*.

2.6 Alat dan Bahan

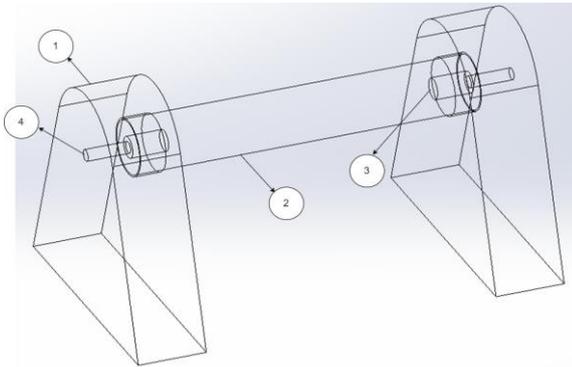
Rancang bangun ini memerlukan alat dan bahan pendukung, yaitu:

- Jangka Sorong
- Penggaris
- Mur nanas dan baut
- Filament PLA (Polylactic Acid) 1,75mm*
- 3D printer Creality*

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Perancangan Design Assembly

Pada proses pembuatan dan perancangan desain *parallette* ini dikerjakan dengan menggunakan aplikasi *Solidworks*. Proses ini bertujuan agar memberikan kemudahan dalam pembuatan dan perancangan produk serta dapat membuat desain *part* dan desain *assembly*.



Gambar 2 Desain 3D assembly parallette

Hasil perancangan desain yang dilakukan dengan menggunakan aplikasi *Solidworks* dapat dilihat pada Gambar 2. Dimensi atau ukuran *part* pada alat olahraga *parallette* didapatkan dari hasil pengukuran secara manual menggunakan jangka sorong dan alat ukur penggaris pada sampel produk *parallette*. *Part* dan dimensi dari alat olahraga *parallette* ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Ukuran Alat Parallette

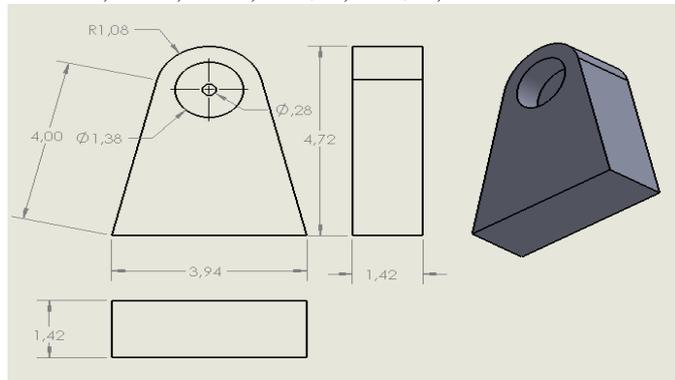
No	Part	Dimensi (cm)
1	Kaki Parallette	3,94 x 4,72 x 1,42 x Ø1,38 x Ø0,28
2	Grip Parallette	7,87 x Ø1,30 x Ø0,51
3	Mur Nanas Parallette	2 x Ø1,2 x Ø0,6
4	Baut Parallette	5 x Ø1,2 x Ø0,4

3.2 Design Assembly Part

Produk *parallette* terdiri dari dua *part* utama, yaitu *grip* dan kaki *parallette*.

3.2.1 Kaki Parallette

Kaki *Parallette* berfungsi sebagai penopang utama dari seluruh komponen. Pada saat pembuatan kaki *parallette* dibutuhkan perhitungan yang tepat agar dapat seimbang. Pada Gambar 3, ditunjukkan desain 3D *part* kaki *parallette* dengan ukuran 3,94 x 4,72 x 1,42 x Ø1,38 x Ø0,28.

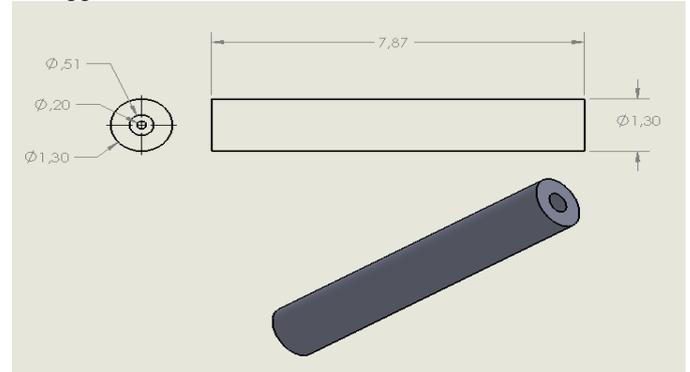


Gambar 3 Desain 3D kaki parallette

3.2.2 Grip Parallette

Grip Parallette berfungsi sebagai pegangan ketika *parallette* digunakan. Pembuatan *grip parallette* membutuhkan ketelitian dan ukuran yang tepat, terutama ketika membuat diameter *grip* agar sesuai dengan ukuran dan genggamannya untuk digunakan berlatih. Pada *grip* terdapat bagian tambahan yaitu *overgrip/sweatband tape*, untuk bagian ini tidak dicetak

dengan *3D printer* namun ditambahkan secara manual atau *assembly*. Namun prototipe alat *parallette* ini didesain menyesuaikan dengan *3D printer*, menggunakan ukuran skala sehingga ukuran dari *grip* menjadi 7,87 x Ø1,30 x Ø0,51. Mesin *3D printer* yang digunakan memiliki kapasitas ukuran dimensi yang terbatas, untuk mesin *3D* yang digunakan memiliki ukuran dimensi *hotbed* x: 20cm, y: 20cm dan dengan ketinggian 30cm.



Gambar 4 Desain 3D grip parallette

3.3 Assembly Part

Proses perakitan *part grip* dan kaki *Parallette* membutuhkan *part* tambahan sebagai media penyambung. Dalam desain pengembangan, digunakan mur nanas dan baut sebagai media penyambung.

3.3.1 Mur Nanas (Insert Nut)

Mur yang digunakan dalam *assembly* antara *grip parallette* dan kaki *parallette* memiliki ukuran M6x20. Spesifikasi dan ukuran dari mur yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Ukuran Mur Nanas (Insert Nut)

Part	Spesifikasi	Ukuran (cm)
Mur Nanas	Diameter luar atas	1,2
	Diameter dalam atas	0,6
	Panjang baut dengan kepala baut	2
	Jarak ulir	0,3
	Panjang ulir	1,2
	Diameter luar bawah	0,7
	Diameter dalam bawah	0,5

Mur nanas merupakan mur tanam yang dipasangkan pada *grip* yang mempunyai ulir yang timbul. Mur nanas memiliki kekuatan yang baik dalam *assembly* dengan baut karena ulir yang terdapat pada mur ini berfungsi untuk mengunci ketika ditanam pada *grip parallette* sehingga mempunyai daya kekuatan yang baik. Pada Gambar 5, ditunjukkan mur nanas yang digunakan pada alat *parallette*.



Gambar 5 Mur nanas (Insert Nut)

3.3.2 Baut

Baut yang digunakan untuk melakukan *assembly* yaitu, baut dengan ukuran M6x50 yang cocok dipasangkan dengan mur nanas ukuran M6x20. Tabel 3 menunjukkan spesifikasi dan ukuran baut yang digunakan.

Tabel 3. Ukuran Baut

Part	Spesifikasi	Ukuran (cm)
Baut	Diameter luar	1,2
	Diameter dalam	0,4
	Panjang baut	5
	Kepala baut	0,2
	Jarak ulir	0,1
	Panjang ulir	3,2
	Panjang lubang segi 6	0,3

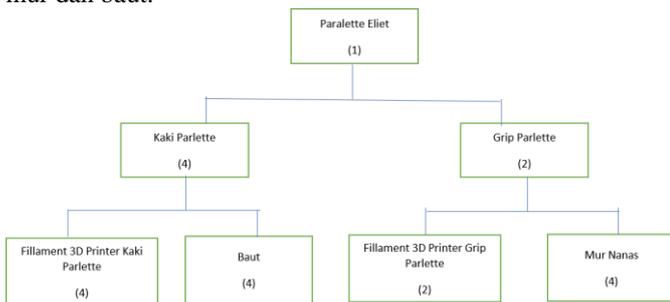
Baut ini memiliki panjang yang cukup dalam untuk *assembly* antara *grip parallette* dan kaki *parallette*. Gambar 6 menunjukkan baut yang digunakan serta memiliki ukuran yang tepat dan daya tahan yang baik. Proses pemilihan material pada proses *assembly*, terutama *part* penyambung atau penghubung sangat penting dilakukan [16].



Gambar 6 Baut

3.4 Assembly Part

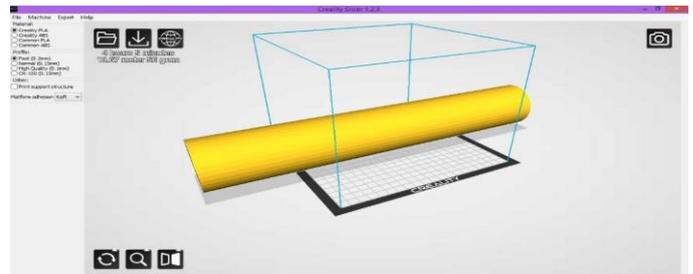
Deskripsi dari *part*, jumlah *part* dan urutan perakitan disajikan dalam bentuk *bill of material*. Dokumentasi kebutuhan material dalam perancangan produk sangat diperlukan, hal tersebut dapat ditampilkan dalam bentuk *bill of material* sebagai informasi yang akurat [17]. Gambar 7 menunjukkan *bill of material* dari produk alat olahraga *parallette*. Terdapat 3 *level part* dari satu set produk *parallette*. Secara umum, *bill of material* dari produk *parallette* dengan proses manufaktur konvensional dan proses *additive manufacturing 3D printer* sama, yang membedakan adalah (1) material yang digunakan, (2) proses *finishing*, dan (3) proses *assembly*. Hasil dari cetakan *3D printer* akan langsung diproses *assembly* dengan menambahkan material mur dan baut.



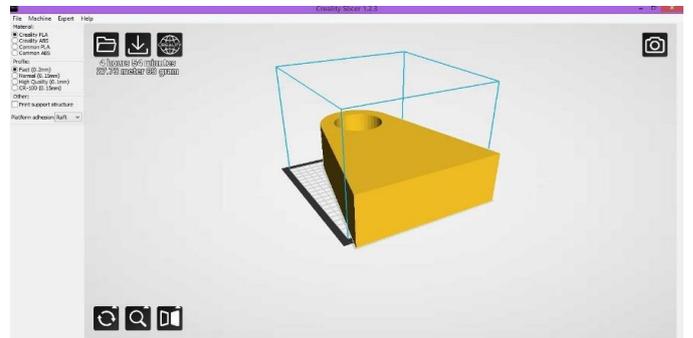
Gambar 7 Bill of material parallette

3.5 Assembly Joining Part

Proses pencetakan dengan *3D printer* tidak memerlukan prosedur yang sulit. Tahap pertama, yang perlu disiapkan adalah gambar atau desain *3D* dari produk *parallette*. Desain *3D* tersebut dirancang pada *software Solidworks*. Hasil dari desain *3D* disimpan dalam bentuk format *STL (Standard Tessellation Language)*. Format *file* ini sering digunakan untuk mentransfer informasi geometri produk dari desain ke aktivitas produksi atau pencetakan. Format *STL (Standard Tessellation Language)* menggunakan diskrit skema representasi geometri untuk menggambarkan bagian geometri dengan permukaan produk[18]. Gambar 8 dan Gambar 9 menunjukkan tampilan desain *3D* format *STL* pada *software creality slicer*.



Gambar 8 Tampilan Grip Parallette dengan Software Creality Slicer



Gambar 9 Tampilan Kaki Parallette dengan Software Creality Slicer

Pada tampilan *Software Creality Slicer* terdapat informasi waktu pengerjaan, diameter desain dan berat dari produk hasil pencetakan. Untuk mencetak 1 *part* bagian *grip parallette* diperlukan waktu 4 jam 5 menit dengan berat hasil produk 56 gram. Sedangkan untuk 1 *part* bagian kaki *parallette* memerlukan waktu 4 jam 54 menit dengan berat 83 gram. Waktu proses tersebut hanya untuk 1 *part* bagian. Untuk satu set produk *parallette* memerlukan 2 pcs *part* dari *grip* dan 4 pcs *part* dari kaki *parallette*.

Tahap selanjutnya adalah mengubah format *STL* desain *3D* ke dalam format *G-code*. Perubahan format ini secara otomatis dapat dilakukan pada *Software Creality Slicer*. Tahap selanjutnya, yaitu melakukan *setting* dan *setup* pada *3D printer* dan melakukan pencetakan. Gambar 9 menunjukkan proses pencetakan dengan *3D printer*. Hasil pencetakan produk pada *3D printer* tidak sepenuhnya solid, di mana bagian dalam hasil pencetakan memiliki ruang berpola belah ketupat. Gambar 10 dan Gambar 11 menunjukkan hasil pencetakan *grip* dan kaki *parallette* pada *3D printer*.



Gambar 10 Pencetakan Kaki dan Grip Parallette dengan 3D Printer

Berdasarkan hasil pencetakan kaki dan *grip parallette* menggunakan *3D printer*, diperoleh hasil ukuran yang cukup akurat, dengan toleransi ukuran desain hasil pencetakan antara -0,08 mm sampai +0,14 mm. Hasil toleransi muncul karena terjadinya perbedaan ukuran geometri tersebut bervariasi tergantung dengan kecepatan pencetakan dan faktor lainnya, hal ini dapat menjadi pertimbangan dalam proses desain sesuai peruntukannya [19].

Pada Gambar 11 ditunjukkan bahwa ukuran lubang pada *grip* secara ukuran dan geometri cukup tepat, di mana mur nanas dapat ditanamkan pada lubang *grip* tersebut. Tahap terakhir adalah *assembly* dan *finishing* dari part hasil pencetakan *3D printer* dan part pendukung *assembly* sesuai dengan *bill of material*.



Gambar 11 Hasil Pencetakan Kaki Parallette pada 3D Printer



Gambar 12 Hasil Pencetakan Grip Parallette pada 3D Printer

Gambar 13 menunjukkan hasil *assembly* akhir dari produk *parallette*. Hasil pencetakan *3D printer* masih perlu dilakukan *finishing*. Bagian sisi hasil cetakan masih terasa kasar perlu dilakukan pengamplasan atau penghalusan pada sisi-sisi produk.



Gambar 13 Hasil Assembly Produk Parallette

3.6 Time Study dan Biaya Produksi

Proses produksi alat *parallette* dengan *3D printer* memerlukan Analisis *time study* dan biaya. Hasil dari analisis ini sebagai informasi bagi produsen.

3.6.1 Time Study

Proses pembuatan alat olahraga *parallette* dengan menggunakan *3D printer* memerlukan waktu yang cukup lama. Hal ini disebabkan karena proses pencetakan menggunakan kecepatan *profile* 0,2 mm pada kategori cepat. Kecepatan pencetakan atau biasa disebut dengan *print speed* memengaruhi hasil pencetakan. Begitu juga dengan temperatur *nozzle* yang digunakan adalah 200° C. Kecepatan dan temperatur *nozzle* semakin tinggi akan memengaruhi kualitas produk [20]. Waktu proses pencetakan alat *parallette* dengan *3D printer* untuk menentukan lama kerja dapat dikategorikan ke dalam tiga tahapan yaitu, (i) proses pencetakan *3D printer*, (ii) *assembly*, dan (iii) *finishing*. Ketiga tahapan tersebut diukur lama waktu kerjanya meliputi: waktu siklus, waktu normal, waktu *standard* dan *output standard*.

a. Waktu Siklus

Waktu siklus didapatkan dengan mengukur lama pencetakan pada *3D printer* dari setiap part dan proses *assembly* dengan menggunakan *stopwatch*. Waktu siklus merupakan penjumlahan waktu *setup* dengan waktu proses pencetakan, dikarenakan setiap memulai pencetakan *3D printer* akan melakukan *setup*. Waktu rata-rata untuk *setup* adalah 5,12 menit. Tabel 4 menunjukkan waktu siklus untuk setiap part. Total waktu siklus untuk memproduksi satu set alat *parallette* adalah sebesar 1720,31 menit.

Tabel 4.

Waktu Siklus		
No	Proses	Waktu Siklus (menit)
1	3D Printing Grip Parallette	500,4
2	3D Printing Kaki Parallette	1196,48
3	Assembly	12,13
4	Finishing	11,30
Total		1720,31

b. Waktu Normal

Waktu normal merupakan waktu yang dibutuhkan oleh pekerja atau operator dalam menyelesaikan satu pekerjaan. Waktu normal diperoleh dari perkalian adalah waktu siklus dengan *performance rate* (P), seperti pada Persamaan 1.

$$Waktu_{normal} = Waktu_{siklus} \times P \quad (1)$$

Untuk menentukan *performance rate* dapat menggunakan acuan nilai presentase dari *performance* pekerja pada *Westinghouse rating system* [21]. Untuk proses pencetakan prototipe ini masih dalam tahap awal dan percobaan, maka dari itu nilai *performance rate* yang digunakan adalah rata-rata *excellent*. Nilai *performance rate* ditampilkan pada Tabel 5.

Tabel 5.

Performance Rate		
Klasifikasi	Rating	Nilai
Skill	C2	+0,03
Effort	B1	+0,10
Condition	B	+0,04
Consistency	C	+0,01
Total		+0,18

Menggunakan Persamaan 1, perhitungan waktu normal, yaitu:

$$W_{normal} = W_{siklus} \times P$$

$$W_{normal} = 1720,31(60) \times 1,18$$

$$W_{normal} = 2029,96 \text{ menit}$$

Waktu normal menyelesaikan satu set produk *parallelte* ini adalah 2029,92 menit.

c. Waktu Standard

Waktu standar dibutuhkan sebagai informasi dimana pekerja atau operator menyelesaikan pekerjaan pada kondisi yang normal dengan sistem kerja berada pada kondisi terbaik. Waktu standar diperoleh dengan menggunakan persamaan 2.

$$W_{standar} = W_{normal} \times \frac{100\%}{100\% - \% Allowance} \quad (2)$$

Di mana:

$W_{standar}$ = waktu standar

W_{normal} = waktu normal

$Allowance$ = kelonggaran

Kelonggaran dideskripsikan sebagai jumlah waktu tambahan dengan waktu normal yang diperbolehkan berdasarkan tiga faktor yaitu, (1) *personal needs allowance*, (2) *fatigue allowance*, dan (3) *delay allowance*. Pencetakan alat *parallelte* ini masih dalam proses percobaan dan tahap awal, maka penentuan waktu *allowance* yang digunakan berdasarkan keadaan pada saat percobaan dilakukan yaitu: *personal needs allowance* 10%, *fatigue allowance* 10% dan *delay allowance* 15%, dengan total nilai *allowance* sebesar 35%. Nilai *allowance* tersebut secara garis besar dapat berubah ketika kondisi proses pencetakan dengan *3D printer* sudah berjalan dengan optimal dan tidak dalam kondisi percobaan. Nilai waktu standar untuk pencetakan *parallelte* ini dengan menggunakan persamaan 2 adalah sebesar 3123,02 menit. Berikut langkah perhitungan yang dilakukan:

$$W_{standar} = 2029,96 (60) \times \frac{100\%}{100\% - \% 35}$$

$$W_{standar} = 2029,96 (60) \times 1,53$$

$$W_{standar} = 3123,02 \text{ menit}$$

d. Output Standard

Produktivitas keluaran dari proses produksi khususnya pencetakan produk *parallelte* ini dapat dihitung menggunakan persamaan 3.

$$Output\ Standar = \frac{1}{Waktu_{standar}} \quad (3)$$

Nilai *output standard* yang diperoleh untuk proses produksi alat *parallelte*, yaitu:

$$\begin{aligned} output\ standar &= 1 / 3123,02 \text{ menit} \\ &= 0,019212 / \text{jam} \end{aligned}$$

Nilai *output standard* per jam yang diperoleh sangat kecil, yaitu, 0,019212 / jam. Hal ini menandakan bahwa proses pencetakan dengan *3D printer* dengan dimensi telah ditentukan, memerlukan waktu yang lama.

3.6.2 Biaya Produksi

Proses produksi alat olahraga *parallelte* memerlukan alat dan bahan, baik dari segi investasi dan biaya pokok produksinya. Tabel 6 menunjukkan kebutuhan biaya materil dalam produksi alat olahraga *parallelte* dengan *3D printer* berbahan dasar *filament PLA*.

Tabel 6

Biaya Produksi <i>Parallelte</i>			
No	Bahan	Ukuran	Cost
1	Filament grip	7,87 x Ø1,30 x Ø0,51 cm Berat : 56 gram x 2 = 112	Rp19.040
2	Filament kaki	3,94 x 4,72 x 1,42 x Ø1,38 x Ø0,28 Berat : 83 gram x 4 = 344	Rp58.480
3	Baut	Diameter Luar 1,2 cm, 4pcs	Rp 6.960
4	Mur	Diameter luar atas 1,2 cm, 4 Pcs	Rp 2.400
5	Listrik	350 watt Kebutuhan : 10 Kwh	Rp 14.447
Total			Rp101.327

Biaya material, listrik, dan tenaga kerja untuk memproduksi satu set alat olahraga *parallelte* dengan *filament PLA* menggunakan *3D printer* membutuhkan biaya sebesar Rp101.327. Biaya tersebut berdasarkan saat dilakukannya percobaan dan pengembangan. Biaya tersebut dapat berubah ketika kondisi produksi pada kondisi optimal dan normal. Begitu pula mempertimbangkan biaya langsung dan tidak langsung lainnya, seperti tenaga kerja, biaya pengiriman dan perawatan mesin.

4. Kesimpulan

Proses pembuatan alat olahraga kalistenik *parallelte* dapat dilakukan dengan konsep *additive manufacturing* dengan memanfaatkan *3D printer* serta material yang digunakan adalah *filament PLA (Polylactic Acid)*. Proses produksi dilakukan dengan tahap desain *3D*, pencetakan *3D printer*, *assembly* dan *finishing*. Waktu standar yang diperlukan untuk memproduksi satu set alat kalistenik *parallelte* sebesar 3123,02 menit, di mana waktu tersebut banyak dihabiskan ketika pencetakan dengan *3D printer* pada *part grip (2 part)* dan kaki *parallelte (4 part)*. Biaya material dan listrik untuk memproduksi satu set alat *parallelte* adalah Rp101.327. Biaya tersebut dapat berubah ketika kondisi proses produksi sudah optimal. Produksi alat kalistenik dengan material *filament PLA (Polylactic Acid)* menggunakan *3D printer* dapat dijadikan alternatif pengganti alat olahraga

parallette berbahan dasar kayu dengan proses manufaktur konvensional. Produk ini juga dapat digunakan oleh produsen alat olahraga sebagai pilihan atau variasi dari produk *parallette* berbahan dasar kayu. Proses pencetakan dengan *3D printer* memerlukan waktu yang cukup lama 1696,88 menit, maka perlu diperhatikan *time line* produksinya jika dilakukan pada skala besar, karena akan mempengaruhi *lead time* produk sampai pada penyimpanan dan sampai pada konsumen.

Referensi

- [1] Leonard, K., Anggoro, R. Fasilitas Olahraga Universitas Kristen Petra, *JURNAL Edimensi ARSITEKTUR*. Vol IX, No 1, 2021, pp. 409–416.
- [2] Nurhalimah, S. Covid-19 dan Hak Masyarakat atas Kesehatan. *SALAM: Jurnal Sosial Dan Budaya Syar-I*, Vol 7, No 6, 2020, pp. 543–554.
- [3] Gumara, D. *Pengembangan Model Latihan Kalistenik di UKM Bidang Minat dan Kegemaran Universitas Negeri Semarang*. Tesis Ilmu Keolahragaan, Universitas Negeri Semarang, 2019.
- [4] Harrell, R. *Parallette Training*. *Jurnal CrossFit*. Vol 01. No 42, 2006, pp. 1-6.
- [5] Cheng Sun., Yun Wang., Michael, D., McMurtrey, Nathan D., Jerred, Frank Liou., Ju Li, Additive manufacturing for energy: A review, *Applied Energy*, Vol 282, Part A, 2021, pp.116041, ISSN 0306-2619.
- [6] Izzati, F., Budhy, S., Indrazno, S., Monitoring dan Data Akuisis pada 3D Printer Simetris Bilateral menggunakan Matlab, *Jurnal Eklolind* Vol 8, No 2, 2021, pp. 2-10.
- [7] A K.-D Chu., A. Lacaze., K. Murphy., E. Mottem., K. Corley., J. Frelk., 3D Printed Rapid Disaster Response, *IEEE International Symposium on Technologies for Homeland Security (HST)*, pp. 1-6, 2015.
- [8] K. S. Putra., U. R. Sari., Pemanfaatan Teknologi 3D Printing Dalam Proses Desain Produk Gaya Hidup, *Seminar Nasional Sistem Informasi dan Teknologi Informasi*, 2018.
- [9] M. Rofiah., T. Jatniko., Pengaruh Kalistenik Terhadap Penurunan Berat Badan Di Stellar Powerhouse. *E Journal Unesa*, 2021.
- [10] R. Y. Rizaldi., Pengaruh Kalistenik Terhadap Penurunan Berat Badan Di Stellar Powerhouse, *Jurnal Sosiologi Fisip UNAIR.*, 2018, Pp 1-22.
- [11] Maulana, S. B., Arifin., Suprihadi. A., Rancang bangun mesin penggiling padi dan penepung type kd-550 hm, *eprint poltenktegal (71)*, 2021, pp. 1–8.
- [12] Tjaša Kermavnar., Alice Shannon., Leonard .W., O'Sullivan., The application of additive manufacturing / 3D printing in ergonomic aspects of product design: A systematic review, *Applied Ergonomics*, Vol 97, 2021, 103528.
- [13] Carlström., Wargsjö., *Printing Prosthetics: designing an additive manufactured arm for developing countries*. Dissertasi, Luleå University of Technology, Department of Business Administration, Technology and Social Sciences, 2017.
- [14] M. Sholeh., Muslimin., M. R. Fadillah., Optimalisasi Proses Manufaktur Pipa Koil Menggunakan Mesin Bubut Konvensional, *Jurnal Mekanik Terapan*, Vol 02, No 02, 2021, Pp. 048-056.
- [15] Khorasani. M., Ghasemi. A., Rolfé. B., Gibson. I., Additive manufacturing a powerful tool for the aerospace industry, *Rapid Prototyping Journal*, Vol. 28, No. 1, 2022, pp. 87-100.
- [16] A. S. Aulia., D. W. Karmiadji., S. Sudiro, Penerapan Dfma Pada Desain Produk Mobile File Berbasis Kompleksitas Produk Dan Proses. *Jurnal Ilmiah TENOBIZ*, Vol 8, No 1, 2018, Pp. 23-28.
- [17] Akinradewo Olusola., Bill of Material and Labour Template for Construction Information Management., *Journal of Engineering, Project, and Production Management*. Vol.11, No.1, 2021, Pp 52-60.
- [18] Martin Hallmann., Stefan Goetz., Benjamin Schleich., Mapping of GD&T information and PMI between 3D product models in the STEP and STL format, *Computer-Aided Design*, Vol 115, 2019, Pp. 293-306.
- [19] Andriyansyah. D., Sriyanto, Agus. J, Ikhwan. T., Evaluasi Akurasi Dimensi Pada Objek Hasil 3D Printing. *Journal of Mechanical Engineering*, Vol. 5, No. 1, 2021, Pp. 15-20.
- [20] Panjaitan Joy. H., Miduk. T., Fiktor. S., Jamsar. S., Pengaruh Kecepatan, Temperatur dan Infill Terhadap Kualitas dan Kekasaran Kotak Relay Lampu Sign Sepedamotor Hasil dari 3D Printing. *Sprocket Journal Of Mechanical Engineering*. Vol 2, No 2, 2021, Pp. 87-99.
- [21] Amanda. N. C., Fajar Al Munawar., Amelia Anggraini., Destantri Anggun Rizky., Analisis Pengukuran Kerja Dengan Menggunakan Metode Stopwatch Time Study. *Seminar Nasional Teknologi dan Rekayasa (SENTRA)*, 2018, Pp. 106-112.