II. TINJAUAN PUSTAKA

1. Telapak Tangan

Telapak tangan adalah bagian bawah dari tangan manusia yang berfungsi sebagai permukaan untuk menggenggam dan menyentuh. Telapak tangan terdiri dari kulit yang relatif tebal dan tidak berambut, serta dilengkapi dengan bantalan lemak untuk menyerap tekanan. Terdapat banyak ujung saraf di telapak tangan, menjadikannya sangat sensitif terhadap sentuhan dan tekanan. Di permukaan telapak tangan terdapat garis-garis kulit yang dikenal sebagai garis tangan, yang unik pada setiap individu dan sering digunakan dalam ilmu *dactyloscopy* untuk identifikasi. Fungsi utama telapak tangan adalah untuk memegang dan memanipulasi objek, yang didukung oleh keberadaan jari-jari yang fleksibel dan kuat (Maw, dkk., 2016).

Bagian telapak tangan terdiri dari beberapa komponen yang saling berhubungan dan memiliki fungsi yang berbeda-beda. Berikut adalah penjelasan mengenai bagian-bagian telapak tangan:

1. Tulang telapak tangan

Karpal terdiri dari 8 tulang pendek yang berartikulasi dengan ujung distal ulna dan radius, serta dengan ujung proksimal dari tulang metacarpal. Tulang-tulang carpal ini adalah *scaphoid, lunatum, triqutrum, piriformis, trapezium, trapezoid, capitatum,* dan *hamatum.*

Metakarpal terdiri dari 5 tulang yang terdapat pada pergelangan tangan dan bagian proksimalnya berartikulasi dengan distal tulang-tulang karpal. Setiap tulang metacarpal terdiri dari tiga bagian, yaitu basis, tengah, dan kepala.

*Phalanx* tulang-tulang jari yang terdiri dari dua phalangs di setiap ibu jari (*phalanx* proksimal dan distal) dan tiga di masing-masing jari lainnya (*phalanx* proksimal, medial, dan distal). Sendi engsel yang terbentuk antara tulang phalangs membuat gerakan tangan menjadi lebih fleksibel.

1. Fungsi telapak tangan

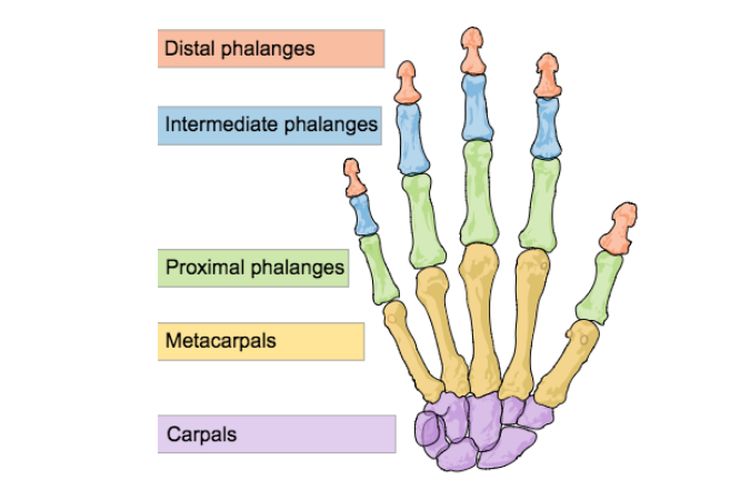
Gerakan motorik telapak tangan berfungsi untuk melakukan gerakan motorik kasar dan halus. Gerakan motorik kasar digunakan untuk mengambil benda besar atau melakukan pekerjaan berat, sedangkan gerakan motorik halus digunakan untuk melakukan tugas-tugas yang rumit seperti pekerjaan detail.

Menggenggam tulang dan otot telapak tangan membentuk kerangka yang memungkinkan tangan untuk menggenggam benda dengan baik. Sentuhan telapak tangan berfungsi sebagai sentuhan atau rabaan, yang sangat penting dalam aktivitas sehari-hari.

1. Tulang Jari (*Phalanx*)

Tulang *phalanx* adalah tulang-tulang yang membentuk jari-jari tangan dan kaki manusia. Pada masing-masing tangan dan kaki, terdapat 14 tulang *phalanx*. Setiap jari terdiri dari tiga *phalanx*, kecuali ibu jari yang hanya memiliki dua. Berikut adalah rincian tulang *phalanx*:

1. *Phalanx* proksimal: Ini adalah tulang *phalanx* yang paling dekat dengan telapak tangan atau kaki. Setiap jari memiliki satu *phalanx* proksimal.
2. *Phalanx* tengah: Terletak di antara *phalanx* proksimal dan *phalanx* distal. Setiap jari, kecuali ibu jari, memiliki satu *phalanx* tengah.
3. *Phalanx* distal: Ini adalah tulang *phalanx* yang paling jauh dari telapak tangan atau kaki. Setiap jari memiliki satu *phalanx* distal.



Gambar 2. Bagian tulang telapak tangan

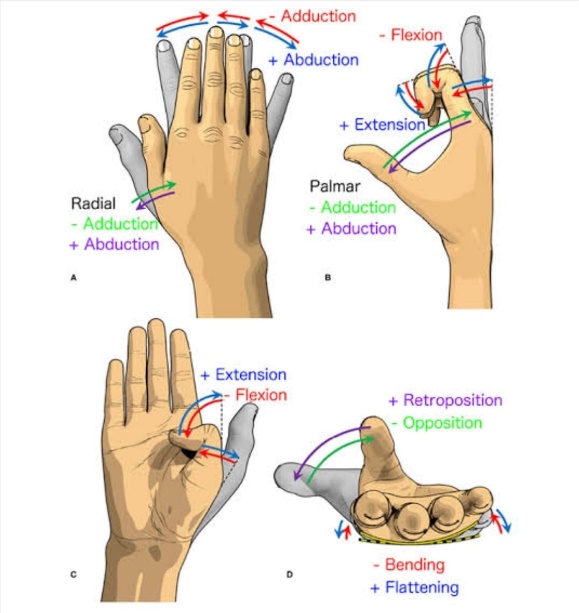
(Maw et al, 2016)

Tulang-tulang *phalanx* ini berfungsi untuk memberikan struktur dan dukungan pada jari-jari, serta memungkinkan gerakan yang fleksibel dan presisi. Sendi-sendi antara *phalanx*, yang disebut sendi inter *phalanx*eal, memungkinkan gerakan membengkok dan meluruskan jari-jari. Kombinasi tulang, sendi, dan otot yang menggerakkan *phalanx* memungkinkan kita untuk melakukan berbagai aktivitas, mulai dari menggenggam benda kecil hingga melakukan gerakan yang kompleks dan halus.

1. Gerakan Jari Tangan

Gerakan pada jari-jari tangan melibatkan berbagai jenis gerakan yang dikendalikan oleh otot-otot dan sendi-sendi yang kompleks. Berikut adalah penjelasan tentang berbagai jenis gerakan yang dapat dilakukan oleh jari-jari:

1. Fleksi: Gerakan menekuk jari-jari ke arah telapak tangan. Ini melibatkan otot-otot fleksor yang berada di bagian depan lengan bawah.
2. Ekstensi: Gerakan meluruskan jari-jari dari posisi fleksi. Ini melibatkan otot-otot ekstensor yang berada di bagian belakang lengan bawah.
3. Abduksi: Gerakan menjauhkan jari-jari dari garis tengah tangan (contohnya, merenggangkan jari-jari). Gerakan ini terutama dikendalikan oleh otot-otot interosei dorsalis.
4. Adduksi: Gerakan mendekatkan jari-jari ke garis tengah tangan (contohnya, merapatkan jari-jari). Gerakan ini terutama dikendalikan oleh otot-otot interosei palmaris.
5. Opposisi: Gerakan ibu jari yang menyentuh ujung jari lainnya, memungkinkan genggaman dan manipulasi objek. Ini adalah gerakan kompleks yang melibatkan beberapa sendi dan otot, termasuk otot *opponens pollicis*.
6. Reposisi: Gerakan mengembalikan ibu jari dari posisi oposisi ke posisi anatomi normal.



Gambar 3 Gerakan jari tangan

(Saputro, dkk., 2021)

Gerakan-gerakan ini memungkinkan jari-jari tangan melakukan berbagai fungsi, mulai dari gerakan halus seperti menulis dan menjahit hingga gerakan kuat seperti menggenggam dan mengangkat benda berat. Sendi-sendi yang terlibat dalam gerakan jari termasuk sendi metakarpal *phalanx*eal (antara tulang metakarpal dan *phalanx* proksimal), sendi inter *phalanx*eal proksimal (antara *phalanx* proksimal dan *phalanx* tengah), dan sendi inter *phalanx*e distal (antara *phalanx* tengah dan *phalanx* distal). Kombinasi dari struktur anatomi ini memberikan fleksibilitas dan kekuatan yang dibutuhkan untuk berbagai aktivitas sehari-hari (Saputro dkk. 2021).

1. Lengan Prostetik

Lengan prostetik adalah perangkat buatan yang dirancang untuk menggantikan fungsi dan penampilan lengan yang hilang atau tidak berfungsi. Terdiri dari beberapa komponen utama seperti soket, sistem suspensi, dan komponen terminal, lengan prostetik dapat berupa prostetik pasif yang berfungsi sebagai kosmetik atau prostetik mekanis yang digerakkan oleh kabel, hingga prostetik myoelektrik yang menggunakan sensor otot untuk menggerakkan motor di dalam prostetik. Inovasi teknologi telah memungkinkan lengan prostetik modern meniru gerakan alami lengan manusia, memberikan pengguna kemampuan untuk melakukan tugas-tugas sehari-hari dengan lebih mudah dan efisien, serta meningkatkan kualitas hidup mereka (Kyberd, dkk., 2022).



Gambar 4. Tangan Prostetik

(Kyberd et al, 2021)

1. *Reverse Engineering*

*Reverse engineering* pada dasarnya mengacu pada menganalisa suatu sistem melalui identifikasi komponen-komponennya dan keterkaitan antar komponen, serta mengekstraksi dan membuat abstraksi dan informasi perancangan dari sistem yang dianalisa tersebut. Dalam praktiknya, *reverse engineering* digunakan sebagai dasar untuk merancang produk baru yang serupa, dengan memperbaiki kelemahan dan meningkatkan kualitas produk yang sudah ada. Penggunaan dalam *revesre engineering* adalah proses membuat replika produk yang sudah ada. Ini melibatkan membuat replika produk tanpa memiliki desain atau dokumen asli produk. Optimalisasi Desain adalah proses meningkatkan atau mengoptimalkan desain produk berdasarkan analisis produk sebelumnya (Furqon, dkk., 2021).

*Reverse engineering* dalam konteks teknologi CAD (*Computer-Aided Design*) mengacu pada proses memahami dan mereplikasi desain atau model 3D yang sudah ada. Berikut beberapa aspek khusus *reverse engineering* dalam teknologi CAD:

Pemindaian 3D (3D Scanning):

1. Pengumpulan Data Fisik: Menggunakan alat pemindai 3D untuk mengumpulkan data geometris dari objek fisik, seperti suatu produk atau prototipe.
2. Pemetaan Titik: Mengonversi data pemindaian menjadi titik-titik 3D yang dapat digunakan dalam perangkat lunak CAD.

Pemodelan Balik (Reverse Modeling):

1. Rekonstruksi Model: Membuat model CAD berbasis data pemindaian 3D untuk mereplikasi atau memodifikasi objek tersebut.
2. Surface Reconstruction: Membuat permukaan yang halus dan kontinu berdasarkan data titik dari pemindaian 3D.

Analisis Geometri:

1. Analisis Dimensi dan Toleransi: Menganalisis dimensi dan toleransi dari model yang dihasilkan untuk memastikan kesesuaian dengan spesifikasi yang diinginkan.
2. Inspeksi Fitur: Menganalisis fitur-fitur khusus pada model, seperti celah, kotoran, atau geometri yang tidak diinginkan.

Perangkat Lunak CAD Terkait:

1. Integrasi dengan Perangkat Lunak CAD: Menggunakan perangkat lunak CAD untuk mengimpor data pemindaian dan membuat model 3D.
2. Modifikasi dan Perbaikan: Melakukan modifikasi pada model CAD yang dihasilkan, seperti penyesuaian desain atau perbaikan 14 terhadap cacat yang terdeteksi.

Pengembangan Produk:

1. R&D (Penelitian dan Pengembangan): *Reverse engineering* dapat digunakan sebagai alat untuk memahami dan menganalisis produk pesaing atau teknologi yang ada.
2. Pembaruan Produk: Memahami produk yang sudah ada untuk melakukan pembaruan, perbaikan, atau penyesuaian sesuai dengan kebutuhan pasar baru

2.5 *Design for Assembly*

*Design for Assembly* (DfA) adalah pendekatan dalam proses desain produk yang bertujuan untuk mempermudah dan mengoptimalkan proses perakitan produk tersebut. Prinsip utama DfA adalah mengurangi jumlah komponen, menyederhanakan desain komponen, dan memastikan bahwa komponen dapat dirakit dengan mudah dan efisien. Ini melibatkan pertimbangan tentang bagaimana bagian-bagian produk akan dirakit selama tahap desain awal, untuk mengurangi biaya, waktu, dan kerumitan perakitan. Dengan menerapkan DfA, perusahaan dapat meningkatkan produktivitas, mengurangi kesalahan dalam perakitan, dan meningkatkan kualitas produk akhir. DfA juga sering diintegrasikan dengan prinsip-prinsip *lean manufacturing* untuk mencapai efisiensi maksimal dalam produksi (Boothroyd et al,2002).

2.6 3D Scanner

Pemindai 3D (3D scanner) adalah perangkat yang digunakan untuk menganalisis objek dunia nyata atau lingkungan untuk mengumpulkan data tentang bentuk dan mungkin penampilan (misalnya, warna) mereka. Data yang dikumpulkan kemudian digunakan untuk membuat model digital tiga dimensi dari objek yang dipindai. Pemindai 3D bekerja dengan berbagai teknologi seperti laser, cahaya struktural, atau fotogrametri, yang memungkinkan mereka untuk menangkap detail yang sangat akurat dan halus dari objek dalam berbagai ukuran dan bentuk.

Teknologi pemindai 3D memiliki berbagai aplikasi di banyak bidang. Dalam industri manufaktur dan rekayasa, pemindai 3D digunakan untuk desain produk, reverse engineering, dan kontrol kualitas. Di bidang medis, teknologi ini membantu dalam pembuatan prostetik yang sesuai dengan bentuk tubuh pasien atau dalam perencanaan bedah. Dalam arkeologi dan pelestarian warisan budaya, pemindai 3D memungkinkan digitalisasi artefak yang rapuh atau situs bersejarah yang tidak dapat diganggu.

Keunggulan utama pemindai 3D adalah kemampuannya untuk menangkap data secara cepat dan akurat, yang kemudian dapat digunakan untuk analisis lebih lanjut, simulasi, atau produksi. Ini mempercepat proses pengembangan produk dan mengurangi kebutuhan untuk prototipe fisik yang mahal. Selain itu, model digital yang dihasilkan dapat dengan mudah dimodifikasi, dibagikan, dan diintegrasikan ke dalam alur kerja digital lainnya, memberikan fleksibilitas dan efisiensi yang lebih tinggi dalam berbagai aplikasi (Cruz et al, 2023).

III. METODOLOGI

1. Waktu dan tempat penelitian

Adapun tempat dan waktu penelitian adalah sebagai berikut:

1. Tempat

Adapun tempat pelaksanaan penelitian ini dilaksanakan dilaboratorium CNC Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Lampung.

1. Waktu

Waktu penelitian in berlangsung kurang lebih selama tiga bulan (Januari – Maret 2024). Adapun urain waktu kegiatan adalah sebagai berikut:

Tabel 1 Waktu Penelitian

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| No | Kegiatan | Bulan | | | | | | | | | | | |
| Agustus 2024 | | | | September 2024 | | | | Oktober 2024 | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 |
|  | Diskusi Project |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | Penentuan Topik |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | Riset mendalam tangan prostetik |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | Pembuatan pemodelan 3D menggunakan Solidwork |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | Pencetakan menggunakan 3D Printing |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | Melakukan Assembly terhadap semua komponen yang telah di cetak |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

1. Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan pada penelitian yag akan dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Solidwork 2023