

**PERANCANGAN DAN PEMBUATAN TANGAN PALSU SEBAGAI
ALAT BANTU ORANG CACAT**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana
Pada Jurusan Teknik Mesin**



Disusun oleh :

Nama : Nur Akhfridho

NIM : 03 525 003

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

2011

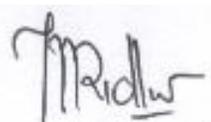
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING
PERANCANGAN DAN PEMBUATAN TANGAN PALSU SEBAGAI
ALAT BANTU ORANG CACAT

TUGAS AKHIR



Menyetujui :

Dosen Pembimbing



Muhammad Ridwan, ST., MT.

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN TANGAN PALSU SEBAGAI ALAT BANTU ORANG CACAT

TUGAS AKHIR

Disusun oleh:

Nama : **Nur Akhfridho**
No Mahasiswa : **03 525 003**

Telah Dipertahankan Di Depan Sidang Penguji Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Mesin
Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia
Yogyakarta, Maret 2011

Tim Penguji :

Muhammad Ridlwan, ST., MT

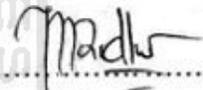
Ketua

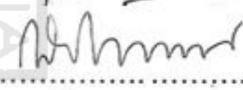
Agung Nugroho Adi, ST., MT

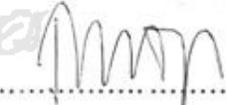
Anggota I

Purtojo, ST., MT

Anggota II

()

()

()

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia



Agung Nugroho Adi, ST., MT

HALAMAN PERSEMBAHAN

Kupersembahkan Kepada :

Allah SWT yang telah mencurahkan rahmat, hidayah serta karunia-Nya.

Nabi Muhamad SAW sebagai teladan dalam menapaki kehidupan.

Bapak & Ibu

Yang selalu mendo'akan dari hembusan nafas pertamaku sampai saat ini,

*Yang tak pernah letih kau menuang kasih sayang
Tak pernah letih kau memberi, mendidik,
menuntun setiap langkahku
jangan berhenti kau memberi
jangan berhenti do'amu mengalir untukku.*

*Pengorbananmu yang begitu besar takkan pernah terbalaskan olehku.
Semoga ALLAH SWT yang membalas kalian dengan limpahan rahmat
dan ridho-Nya, karena ketidak sanggupanku untuk bisa membalas
semuanya untuk selamanya.*

I love you.

Abang dan Adik-adikku

*Makasih buat kasih sayang, bimbingan, bantuan dan dukungan. Semoga
ALLAH SWT selalu memberikan rahmat dan ridho-Nya.*

Amin.

*Istriku Andriani terimakasih untuk semua detik, menit, jam, hari, bulan
dan tahun penuh arti yang berisikan perhatian, kesetiaan, do'a,
pengorbanan, cinta, dan kasih sayang. Tanpamu aku hanya seorang
manusia biasa, tapi karenamu hidupku menjadi lebih berarti, penuh
warna dan makna. K amu adalah dunia dan semangatku. Semoga apa*

yang kita cita-citakan dan rencanakan dapat terwujud dengan segera.

Amin

*Pakde Sudiyat serta istri, Pak uning, Mak uning, Pak uteh, Mak uteh,
dan semua keluarga*

Terima kasih untuk semua bantuan, do'a dan perhatiannya.

*Semoga ALLAH SWT membalas kalian dengan limpahkan rahmat dan
karunia-Nya.*

Amin.

*Karyawan Lab. Proses Produksi, terimakasih atas ilmu yang diberikan,
bantuan serta tempat Semoga ALLAH SWT selalu memberikan rahmat
dan ridho-Nya, sukses dan lancar selalu pekerjaannya.*

Amin.

*Teman TA seperjuanganku, Angga Prima, Dwi Setiyanto, Figor
Rahman, Amunk Zuhri, Raju dan Nur Indragiri, temen-temen satu kost
Arie, Ulik, Prima, Dedi, Agus dan Mas Gofur. Terima kasih selama ini
telah banyak membantu, berbagi, dan menolongku dalam berbagai hal.
Semoga kalian cepet selesai kuliahnya, sukses dan bisa membanggakan
orang tua dan keluarga.*

Amin.

Pak suroto dan keluarga

Terimakasih telah mengajarkan Ilmunya, yang sangat berguna buat aku

*Semoga Allah SWT membalas kalian dengan limpahan rahmat dan
karunia-Nya.*

Amin.

*Temen-temen Mesin UII angkatan 2003 dan semua temen-temen di
Teknik Mesin UII. Buktikan kalo kita bisa dan mampu! serta buktikan
bahwa kita adalah yang terbaik! Semoga semuanya cepet lulus dan*

sukses!

Amin.

HALAMAN MOTTO

"... Allah akan meninggikan orang yang beriman di antara kamu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat ..."

(Q.S Al Mujaadilah ayat 11)

"Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan, maka apabila kamu telah selesai (dari suatu urusan) maka kerjakanlah dengan sungguh-sungguh urusan yang lain. Dan hendaklah hanya kepada tuhanmulah kamu berharap"

(Qs. Al-Insraf 6-8)

"Apabila kamu tidak dapat memberikan kebaikan kepada orang lain dengan kekayaanmu, berilah mereka kebaikan dengan wajahmu yang berseri-seri disertai ahlak yang baik"

(Nabi Muhammad SAW)

"Jangan lihat masa lampau dengan penyesalan, jangan pula lihat masa depan dengan ketakutan, tapi lihatlah sekitarmu dengan penuh kesadaran"

(James Thurber)

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalamu'alaikum. Wr. Wb.,

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan segala nikmat, rahmat dan hidayah-Nya sehingga laporan tugas akhir dengan judul “Perancangan dan Pembuatan Tangan Palsu Sebagai Alat Bantu Orang Cacat” ini dapat terselesaikan dengan baik. Shalawat serta salam semoga selalu tercurah kepada Nabi besar kita Nabi Muhammad SAW beserta keluarga serta sahabatnya.

Tugas akhir ini adalah sebagai salah satu syarat yang harus ditempuh untuk mendapatkan gelar sarjana Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.

Selama penulisan dan penyusunan laporan tugas akhir ini penulis banyak mendapatkan bantuan dari berbagai pihak, untuk itu penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Ayahanda Nur Achmadi & Ibunda Farida, Saudaraku Nur Ekhwan dan istri, Nur Ikhsan dan Nur Al-Fatah. Serta keluarga untuk semua do'a dan dukungannya.
2. Bapak Ir. Gumbolo HS., M.Sc selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Agung Nugroho Adi , ST., MT selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia.
4. Bapak Muhammad Ridlwan, ST.,MT selaku Dosen Pembimbing tugas akhir yang telah sangat banyak membantu dan membimbing dengan penuh kesabaran selama proses pengerjaan dan penyusunan tugas akhir ini.
5. Segenap Dosen Jurusan Teknik Mesin, Universitas Islam Indonesia.
6. Istriku Andriani untuk cinta, semangat, do'a dan dukungannya.

7. Bapak Nyoto ahli ortopedi dan prostetik yang banyak membantu dan memberi ilmunya.
8. Mba Indah selaku *Front Office* Jurusan Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia yang telah banyak membantu untuk semua urusan birokrasi dan administrasi selama pengerjaan dan penyusunan laporan tugas akhir ini.
9. Teman-teman bimbingan tugas akhir Bapak Muhammad Ridlwan, ST.,MT
10. Teman-teman angkatan 2003 Jurusan Teknik Mesin dan semua mahasiswa Jurusan Teknik Mesin untuk dukungan dan bantuannya, “Tetap semangat”.
11. Serta ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang tidak bisa penulis sebutkan namanya satu persatu di sini. Semoga Allah membalas kebaikan kalian semua dengan berlipat ganda. Amin.

Penulis sangat menyadari bahwa dalam penulisan laporan tugas akhir ini terdapat banyak kesalahan. Untuk itu penulis sangat mengharapkan adanya kritik serta saran yang membangun dari semua kalangan pembaca, sehingga penulis dapat memperbaikinya pada kesempatan yang akan datang. Akhir kata semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua. Amin.

Wassalamu’alaikum Wr.Wb.,

Jogjakarta, Maret 2011

Penulis

ABSTRAK

Pembuatan Tugas akhir ini dilatar belakangi oleh banyaknya orang cacat yang berada di Indonesia. Menurut data Sensus Nasional Biro Pusat Statistik tahun 2003, jumlah penyandang cacat di Indonesia sebesar 0,7% dari jumlah penduduk 211.428.572 atau sebanyak 1.480.000 jiwa. Alat ini dibuat dengan tujuan untuk membantu orang cacat pada tangan supaya dapat beraktifitas seperti orang normal.

Metode yang digunakan pada pembuatan tangan palsu ini hand lay up yaitu resin langsung dituangkan pada cetakan kemudian memberi tekanan sekaligus meratakannya menggunakan kuas, mencetak tangan palsu berbahan komposit, dan pemasangan mekanik. Dengan ini diharapkan tangan palsu yang dapat digunakan untuk mengambil barang dengan biaya pembuatan yang relatif murah.

Model tangan palsu sebatas pergelangan dapat digunakan untuk mengambil dan memegang beberapa barang rumah tangga dengan berat maksimal 500 gram dan diameter maksimal 52 mm.

Kata kunci : Tangan Palsu, Komposit, Silicon Rubber, Hand Lay Up

ABSTRACT

Making this final project was based on the number of people with disabilities who are in Indonesia. According to National Census data of 2003 the Central Bureau of Statistics, the number of people with disabilities in Indonesia of 0.7% of the total population of 211,428,572 or 1.48 million people. This tool is made with the aim of helping disabled people on hand so that can work like normal people.

The method used in the manufacture of these fake hand lay-up of direct resin is poured into the mold and then applying pressure while flattening using a brush, the fake hand made from composites and mechanical installation. With this expected fake hand that can be used to take the goods with a relatively cheap manufacturing cost.

Model fake hand extent wrist can be used to take and hold a couple of household items with a maximum weight of 500 grams and maximum diameter of 52 mm.

Keywords: Fake Hand, Composite, Silicon Rubber, Hand Lay Up

DAFTAR ISI

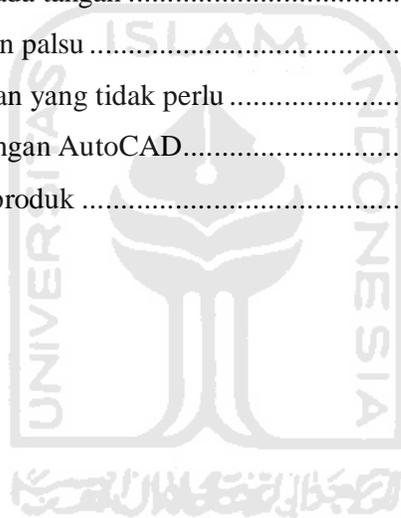
HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	ii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
HALAMAN MOTTO	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
ABSTRAKSI	ix
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL.....	xv
Bab 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Perancangan.....	3
1.5 Manfaat perancangan	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	3
Bab 2 DASAR TEORI	4
2.1 Kerangka.....	4
2.2 Tangan	5
2.3 Prostetik.....	7
2.4 <i>Silicon Rubber</i>	8
2.5 Glass Fiber Reinforced Polymer (GFRP).....	9
2.6 Kinematika.....	13
Bab 3 PERANCANGAN.....	16
3.1 Tahapan – Tahapan perancangan.....	16
3.2 Alat dan Bahan.....	17
3.3 Pembuatan Model	18
3.4 Pembuatan Cetakan.....	18

3.5	Metode Pembuatan Cetakan	18
3.6	Pembuatan Produk	19
3.7	Membuat Bagian- Bagian Mekanik Produk	19
3.8	Pengujian Gaya Tarik	19
Bab 4	PROSES PEMBUATAN.....	21
4.1	Pembuatan Model	21
4.2	Pembuatan Cetakan	23
4.3	Pembuatan Produk	26
4.4	Hasil Pembuatan Produk	29
4.5	Memasang Mekanik	30
4.6	Produk Jadi	35
4.7	Gambar Proyeksi Produk Jadi.....	36
4.8	Contoh Penggunaan Tangan Palsu.....	38
Bab 5	ANALISA DAN PEMBAHASAN.....	39
5.1	Evaluasi Perancangan Tangan Palsu	39
5.2	Analisis Kinematika Mekanik Penggerak	41
5.3	Biaya Pembuatan.....	42
5.4	Spesifikasi Tangan Palsu.....	44
5.5	Kelebihan dan Kekurangan	45
Bab 6	KESIMPULAN DAN SARAN.....	47
6.1	Kesimpulan.....	47
6.2	Saran.....	47
	DAFTAR PUSTAKA.....	49
	LAMPIRAN.....	50

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1-1: (a) Tangan palsu <i>hook</i> (b) Tangan palsu <i>modern</i> (Cristian 2007).....	1
Gambar 2-1 Struktur tangan (Brydson, 2007)	5
Gambar 2-2 <i>Standard amputate type</i> (Aylesworth, 1992)	6
Gambar 2-3 Penggunaan tangan palsu (Aylesworth, 1992)	8
Gambar 2-4 <i>Silicone rubber</i>	9
Gambar 2-5 <i>Fiber glass</i>	10
Gambar 2-6 Resin	11
Gambar 2-7 Mekanisme engkol peluncur (Holowenko, 1985)	13
Gambar 2-8 Mekanisme empat penghubung (Holowenko, 1985).....	14
Gambar 2-9 Poligon tertutup (Holowenko, 1985)	14
Gambar 2-10 Mesin powell (Holowenko, 1985)	15
Gambar 3-1 Diagram alir.....	16
Gambar 3-2 Hand Lay-Up (Ultracki, 1990)	19
Gambar 3-3 Pengujian tarik dengan timbangan pegas gantung.....	20
Gambar 4-1 Foto tangan kanan dengan berbagai proyeksi	21
Gambar 4-2 Gambar model tampak depan	23
Gambar 4-3 Cetakan silikon	23
Gambar 4-4 <i>Cup</i> dan <i>Drug</i> cetakan silikon	24
Gambar 4-5 Cetakan silikon dan <i>backing</i>	25
Gambar 4-6 <i>Backing</i> cetakan.....	25
Gambar 4-7 Campuran komposit.....	26
Gambar 4-8 Cetakan silikon dan <i>backing</i> yang telah disatukan.....	27
Gambar 4-9 Penuangan campuran resin.....	27
Gambar 4-10 Alur pelepasan produk	28
Gambar 4-11 Cacat produk.....	29
Gambar 4-12 Produk setelah diperbaiki	30
Gambar 4-13 Rancangan mekanik	31
Gambar 4-14 Hasil mekanik	31
Gambar 4-15 Pemisahan bagian mekanik	32

Gambar 4-16 Gambar <i>assembling</i>	32
Gambar 4-17 Pengujian beban tarik.....	33
Gambar 4-18 Perubahan mekanik.....	34
Gambar 4-19 Produk Jadi.....	35
Gambar 4-20 Gambar produk pandangan bawah.....	36
Gambar 4-21 Produk jadi pandangan samping.....	37
Gambar 4-22 Produk jadi pandangan samping.....	37
Gambar 4-23 Tangan palsu memegang botol merica.....	38
Gambar 4-24 Tangan palsu memegang tempat <i>cutton bud</i>	38
Gambar 5-1 Perbaikan pada tangan.....	39
Gambar 5-2 Massa tangan palsu.....	40
Gambar 5-3 Bagian tangan yang tidak perlu.....	40
Gambar 5-4 Mekanik dengan AutoCAD.....	42
Gambar 5-5 Spesifikasi produk.....	45



DAFTAR TABEL

Tabel 2-1 Propertis beberapa serat termasuk <i>fiber glass</i> (Brouwer,2003).....	11
Tabel 2-1 Spesifikasi <i>Resin Yukalac 157 BQTN-EX</i> (Justus,2001).....	12
Tabel 4-1 Evaluasi perbaikan mekanik.....	34
Tabel 5-1 Perbandingan perubahan mekanik	41
Tabel 5-2 Sudut buka terhadap jarak buka tangan.....	41
Tabel 5-3 Biaya pemakaian bahan pembuatan cetakan.....	43
Tabel 5-4 Pemakaian bahan untuk membuat produk tangan palsu.....	43
Tabel 5-5 Biaya alat tambahan pendukung	44
Tabel 5-6 Spesifikasi tangan palsu.....	44





Bab 1

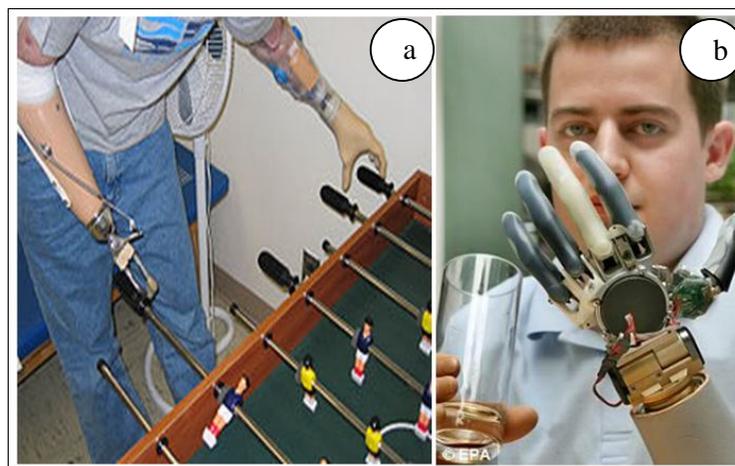
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Menurut data Sensus Nasional Biro Pusat Statistik tahun 2003, jumlah penyandang cacat di Indonesia sebesar 0,7% dari jumlah penduduk 211.428.572 atau sebanyak 1.480.000 jiwa mengalami cacat. (BPS, 2009)

Oleh sebab itu kebutuhan akan alat bantu untuk orang cacat seperti cacat pada tangan dan kaki banyak dibutuhkan di Indonesia. Namun, bagi penderita cacat kaki di Indonesia alat bantu berjalan mudah dicari mulai dari korsi roda, krek, penyangga dan lain-lain. Bagi penderita cacat tangan di Indonesia, alat bantu penderita cacat sedikit variasinya. Sedangkan yang banyak di pasaran hanya berfungsi sebagai asesoris saja, yaitu seperti tangan tanpa memiliki fungsi lainnya.

Sebenarnya banyak jenis tangan palsu dari yang manual sampai yang mekanik-elektrik. Contoh yang manual yaitu tangan palsu hook (Gambar 1-1a), tangan palsu elektrik yaitu tangan palsu dengan motor dan memiliki sensor (Gambar 1-1b). Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 1-1.



Gambar 1-1(a) Tangan palsu hook (b) Tangan palsu modern (Christian,2007)

Seperti halnya pada alat lainnya tangan palsu pun memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing. Kekurangan tangan palsu tipe *hook* adalah tidak ada unsur keindahan dan kelebihanannya adalah harganya relatif terjangkau, dapat berfungsi menggenggam sesuatu. Kekurangan tangan palsu elektrik adalah harganya mahal dan kelebihanannya mempunyai bentuk yang lebih manusiawi dan memenuhi unsur estetika.

Karena hal inilah perlu penelitian mengenai perancangan tangan palsu yang memenuhi unsur estetika dan dapat berfungsi membantu kegiatan sehari-hari layaknya tangan manusia.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dapat diambil suatu rumusan bagaimana merancang dan merealisasikan sebuah alat yang dapat membantu orang cacat pada tangan. Alat yang berupa tangan palsu ini berfungsi membantu orang agar mampu melakukan kegiatan sehari-hari tanpa terlalu banyak memerlukan bantuan orang lain.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini digunakan agar lebih dapat mengarah pada inti permasalahan dan tidak menyimpang jauh dari apa yang akan dibahas. Batasan-batasan masalah disini antara lain :

1. Tangan palsu terbatas pada telapak tangan sampai pada lengan bawah.
2. Analisis kinematik.
3. Ketepatan bentuk dan ukuran tangan palsu belum diperhatikan.
4. Hanya satu bentuk dan ukuran yaitu tangan kanan.
5. Pembahasan hanya pada teknik pembuatan.
6. Tangan palsu masih prototipe, jadi belum dapat diuji coba ke pasien.

1.4 Tujuan Perancangan

Membuat model tangan palsu sebatas pergelangan yang dapat digunakan untuk membantu orang cacat yang dapat berfungsi untuk mengambil dan memegang beberapa barang rumah tangga.

1.5 Manfaat Perancangan

Manfaat perancangan ini adalah :

1. Dapat diaplikasikan untuk membantu orang cacat.
2. Sebagai langkah awal dalam pengembangan ilmu tentang tangan palsu di Indonesia.
3. Model peraga aplikasi ilmu kinematika.
4. Mengetahui teknik pembuatan tangan palsu.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika dalam penulisan tugas akhir ini diberikan uraian bab demi bab secara berurutan untuk mempermudah dalam pembahasan. Pokok-pokok permasalahan ditulis menjadi lima bab. Bab I Pendahuluan berisi tentang latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, dan manfaat tugas akhir ini. Bab II Dasar teori memberikan gambaran tentang dasar-dasar teori yang digunakan sebagai acuan dalam pelaksanaan perancangan dan pemecahan masalah yang dihadapi dalam perancangan. Bab III Perancangan berisi tentang kumpulan data dan pengolahan data akan dibahas, dimana data diolah untuk mendapatkan tujuan yang diinginkan. Bab IV Proses pembuatan berisi tentang cara pembuatan alat. Bab V Analisa dan pembahasan tentang analisis dan pembahasan terhadap hasil yang didapat pada bab sebelumnya. Bab VI Penutup berisi kesimpulan penelitian dan saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya.

Bab 2

DASAR TEORI

2.1 Kerangka

Tubuh manusia terdiri dari organ-organ tubuh, misalnya tulang, otot, jantung, hati, ginjal dan sebagainya. Setiap organ tubuh mempunyai fungsi dan tugas masing-masing, karena fungsi yang berbeda, maka susunan alat-alat tubuh pun berbeda.

Manusia termasuk makhluk bertulang belakang yang mempunyai kemampuan untuk bergerak dan berpindah tempat. Gerakan tubuh tersebut terjadi karena adanya kerjasama antara tulang dan otot. Tulang yang menyusun tubuh akan membentuk rangka.

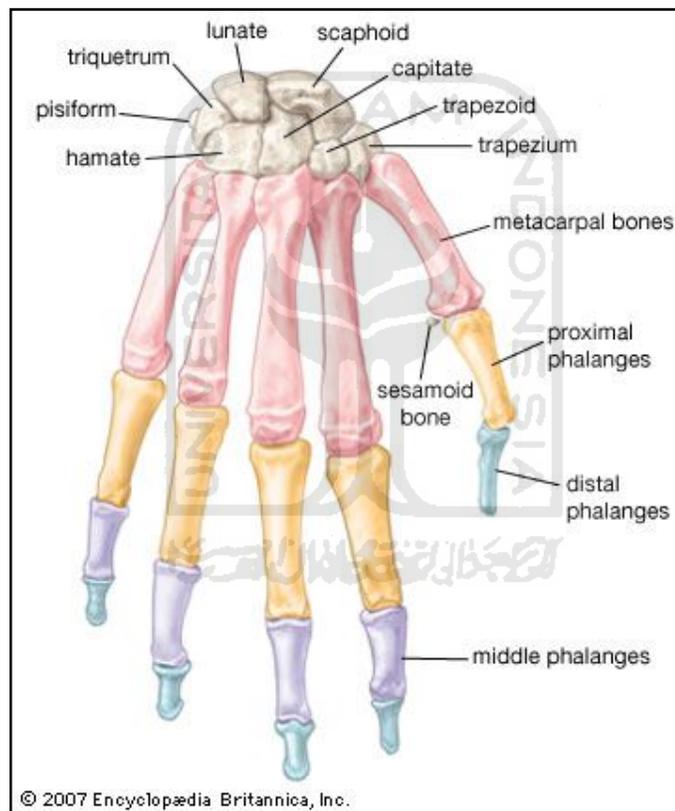
Tulang merupakan kerangka penunjang tubuh terhadap suatu tekanan, gaya tarik bumi, dan merupakan sistem pengungkit kaku yang menjadi dasar gerakan. Tulang juga merupakan jaringan terus menerus melakukan *remodelling* sampai ukuran dewasa tercapai.

Fungsi utama kerangka adalah sebagai berikut:

- a. Memberi bentuk tubuh.
- b. Tempat melekatnya otot.
- c. Sistem kekebalan tubuh, karena sumsum tulang menghasilkan beberapa sel-sel imunitas.
- d. Tempat memproduksi sel darah.
- e. Pelindung bagi organ-organ dalam yang vital seperti jantung, paru-paru, otak dan mata.
- f. Membentuk sistem pengungkit persendian, sehingga memungkinkan terjadinya pergerakan.

2.2 Tangan

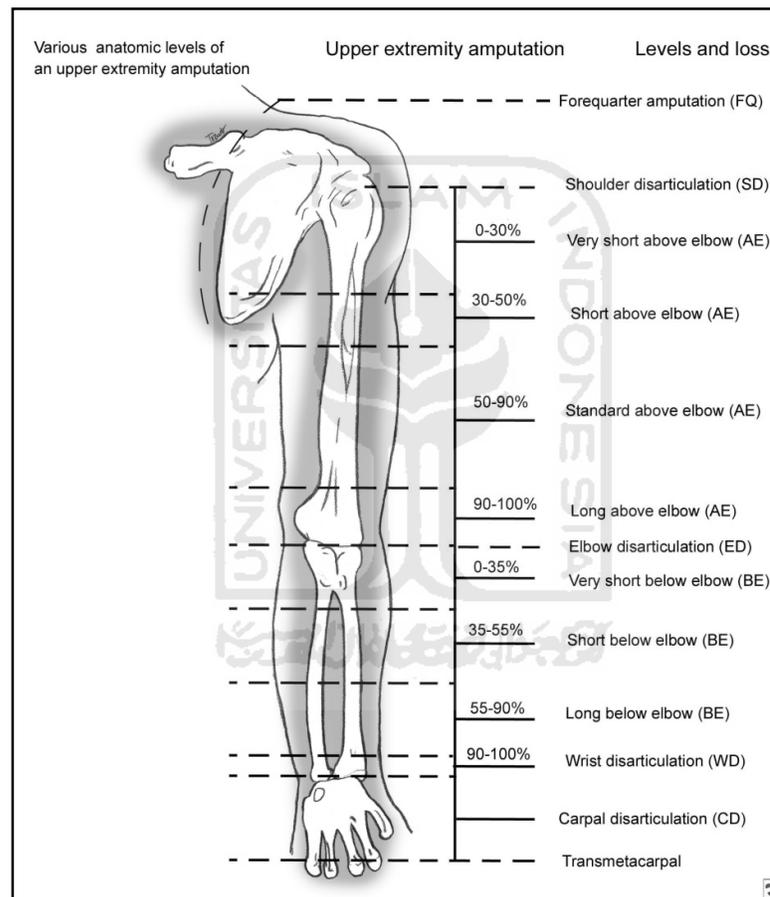
Tulang tangan tersusun atas tulang-tulang pergelangan tangan, telapak tangan, dan jari tangan. Tangan disusun oleh karpal skafoid, lunate, triquetrum, pisiform, trapesium, trapesoid, kapitatum, hamate. Telapak tangan (metakarpal) terdiri dari bagian dasar, batang, dan kepala. Jari tangan terdiri dari tiga ruas, kecuali ibu jari yang mempunyai dua ruas. Gambar 2-1 di bawah ini adalah gambar struktur tangan.



Gambar 2-1 Struktur tangan (Brydson, 2007)

Kelainan dan gangguan pada tulang dapat mengganggu proses gerakan yang normal. Kelainan dan gangguan pada tulang dapat terjadi karena kekurangan vitamin D, penyakit, kecelakaan atau karena kebiasaan yang salah dalam waktu lama. Kecelakaan yang fatal dapat menyebabkan amputasi, amputasi dapat berarti suatu keadaan ketiadaan sebagian atau seluruh anggota

gerak atau menunjukkan suatu prosedur bedah. Karena itu amputasi dikelompokkan atas dua kelompok yaitu amputasi kongenital dan amputasi bedah. Pada amputasi kongenital ketiadaan anggota gerak disebabkan gangguan oleh pembentukan organ yang dibawa sejak lahir, sedang amputasi bedah adalah prosedur pemotongan yang memotong tulang. Gambar 2-2 di bawah ini adalah gambar standar tipe amputasi.



Gambar 2-2 *Standard amputate type* (Aylesworth, 1992)

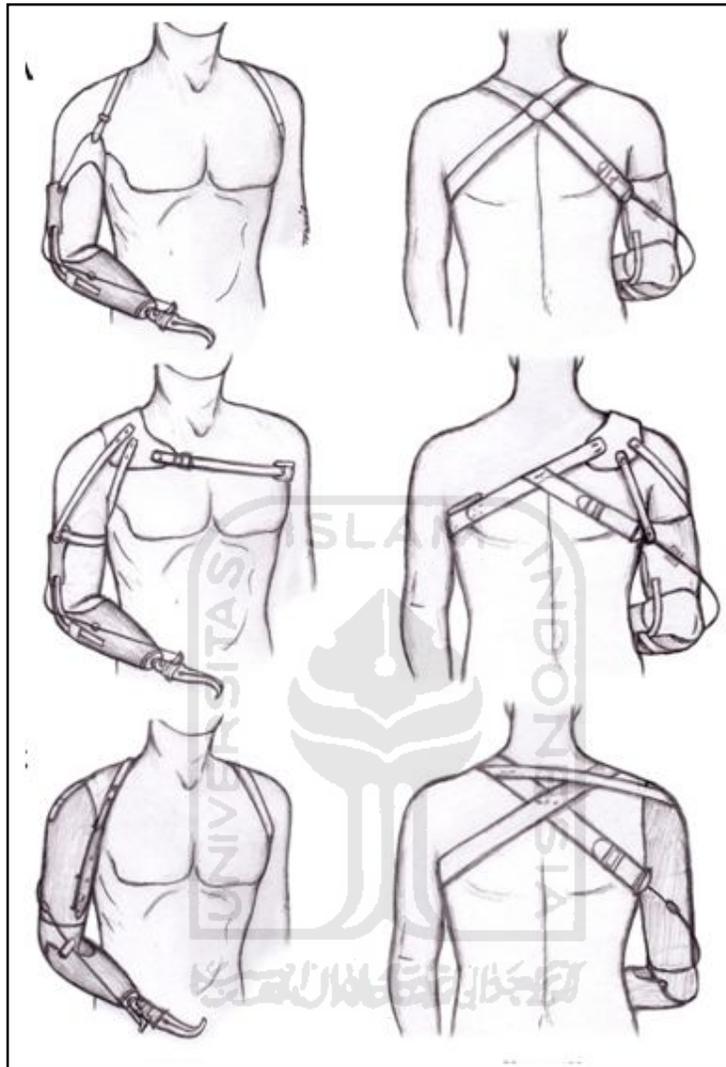
Di Amerika Serikat data statistik menunjukkan prevalensi amputasi yang bervariasi mulai dari 350.000-1 juta, dengan insiden antara 20.000 sampai 30.000 pertahun. Terdapat kecenderungan peningkatan jumlah amputasi tiap tahun yang disebabkan oleh semakin meningkatnya jumlah populasi manula yang umumnya

menderita penyakit degeneratif seperti diabetes mellitus dan penyakit pembuluh darah perifer lainnya. Usia puncak insiden amputasi adalah 50-75 tahun dan terutama berkaitan dengan penyakit pembuluh darah dengan atau tanpa diabetes mellitus.

Pada kelompok usia muda amputasi disebabkan karena trauma atau sekuelnya. Pada anak-anak, 60% disebabkan oleh karena amputasi kongenital dan amputasi bedah umumnya disebabkan karena trauma atau keganasan. Sekitar 75% amputasi terjadi pada pria. Baik amputasi yang terjadi karena pekerjaan, penyakit dan penyebab lain, insidennya lebih tinggi pada pria. 85% amputasi terjadi pada ekstremitas bawah. Karena itulah ilmu prostetik sangat berkembang di Indonesia untuk lebih jelasnya mengenai ilmu prostetik akan dibahas pada halaman selanjutnya.

2.3 Prostetik

Prostetik adalah ilmu pengetahuan teknik dalam bidang medik yang mempelajari tentang cara pemeriksaan, penentuan indikasi, pengukuran, pengegipan, pembuatan, fitting, finishing dan penyerahan alat bantu pengganti anggota gerak tubuh manusia yang hilang. Maksud dan tujuan *Ortotik Prostetik* adalah perbaikan fungsi anggota gerak yang hilang (*restoration of function*), mengoreksi kecacatan (*correction of deformity*), mencegah kecacatan lebih lanjut (*prevent of deformity*). Gambar 2-3 di bawah ini adalah gambar yang menerangkan salah satu jenis penggunaan tangan palsu. (Aylesworth, 1992)



Gambar 2-3 Penggunaan tangan palsu (Aylesworth, 1992).

2.4 *Silicon Rubber*

Bentuknya menyerupai karet penghapus. Digunakan untuk katup jantung buatan, pengganti testis, kateter, serta persendian buatan. Dalam dunia bedah plastik, silikon padat biasanya digunakan untuk implan hidung, dagu, dan pipi. Salah satu keunggulan dari *silicon rubber* atau karet silikon adalah stabil pada rentang suhu yang cukup lebar dari 100°C - 250°C. Performance karet silikon

yang tahan lama melebihi dari elastomer organik yang lain. Jika dibandingkan dengan karet alam, karet silikon mempunyai sifat tahan api yang lebih baik dan merupakan isolasi listrik yang sangat baik. Sifat-sifat seperti ketahanan volume, kekuatan dielektrik dan faktor kekuatan lain tidak terpengaruh oleh perubahan suhu. Sifat-sifat ini dikenal sebagai stabilitas thermal.

Aplikasi produk karet silikon antara lain selang silikon, *silicon rubber cord*, *silicon extrusion* untuk gasket dan expansion seal, seal untuk jendela dan pintu, seal Oven, silicon O Ring, silicon molding dan lain-lain. Gambar 2-4 di bawah ini adalah gambar *silicone rubber* yang digunakan pada pembuatan tugas akhir kali ini.



Gambar 2-4 *Silicone rubber*.

2.5 Glass Fiber Reinforced Polymer (GFRP)

Unsur-unsur utama penyusun komposit GFRP adalah matrik dan serat. Bahan-bahan pendukung pembuatan komposit meliputi katalis, akselerator, *gel coat*, dan pewarna. Bahan tambahan tersebut memiliki fungsi yang sangat penting untuk menentukan kualitas suatu produk komposit. Karena material komposit terdiri dari penggabungan unsur-unsur utama yang berbeda, maka munculah daerah perbatasan antara serat dan matrik (*interface*).

2.5.1 Serat

Serat merupakan material penguat pada komposit serat dan berfungsi sebagai penahan beban paling utama. Serat merupakan faktor yang paling penting untuk menentukan kekuatan komposit serat yaitu jumlah serat, orientasi serat, panjang serat, model atau bentuk serat. Seperti dinyatakan oleh (Schwartz, 1984) bahwa semakin banyak serat yang dikandung dalam komposit, maka kekuatan mekanisnya semakin besar.

Selain serat kaca, polimer yang biasanya menjadi matriks juga dapat dipakai sebagai serat atau penguat. Contohnya, kevlar merupakan serat polimer yang sangat kuat dan dapat meningkatkan toughness dari material komposit. Kevlar dapat digunakan sebagai serat dari produk komposit untuk struktur ringan yang handal, misalnya bagian kritis dari struktur pesawat terbang. Sebenarnya, material komposit bukanlah penggunaan asli dari kevlar. Kevlar dikembangkan untuk pengganti baja pada ban radial dan untuk membuat rompi atau helm antipeluru. Gambar 2-5 di bawah ini adalah salah satu contoh *fiber glass*.



Gambar 2-5 *fiber glass*

Berikut adalah propertis beberapa serat termasuk *fiber glass* yang terlihat pada Tabel 2-1 berikut ini.

Tabel 2-1 Propertis beberapa serat termasuk *fiber glass* (Brouwer, 2003)

Properties	Serat								
	E-glass	Flax	Hemp	Jute	Ramle	Coir	Sisal	Abaca	Cotton
Berat jenis g/cm^3	2,55	1,4	1,48	1,46	1,5	1,25	1,33	1,5	1,51
Kekuatan tarik N/m^2	2400	800-1500	550-900	400-800	500	220	600-700	980	400
Kekuatan mulur (Gpa)	73	60-80	70	10-30	44	6	38		12
Kekuatan patah %	3	1,2-1,6	1,6	1,8	2	15-25	2-3		3-10
Koefisiensi serap %	-	7	8	12	12-17	10	11		8-25

2.5.2 Matrik

Pada komposit serat, matrik mempunyai fungsi yang sangat penting, yaitu sebagai pengikat serat dan meneruskan beban di antara serat-serat (*Schwartz, 1984*). Elongasi matrik lebih besar dibandingkan dengan serat. Matrik yang sering digunakan untuk memproduksi komposit FRP (*Fiber Reinforced Plastic*) adalah berwujud resin.

Salah satu jenis resin termoset yang sering digunakan dibidang komposit adalah resin polyester. Resin polyester banyak digunakan pada komposit terutama untuk aplikasi performansi yang tidak memerlukan sifat mekanis yang sangat baik. Resin polyester mempunyai sifat-sifat yang sangat khas, yaitu: transparan, dapat dibuat kaku atau fleksibel dan dapat diwarnai. Selain itu, resin ini juga tahan terhadap air, cuaca, usia, berbagai jenis bahan kimia dan penyusutannya berkisar 4-8%. Resin polyester dapat dipakai sampai temperatur $157^{\circ} F (79^{\circ} C)$. Pembekuan polyester dilakukan dengan menambahkan bahan katalis. Kecepatan proses pembekuan (*curing*) ditentukan oleh jumlah katalis yang ditambahkan (*Schwartz, 1984*).

Untuk bahan tambahan dipadukan dengan katalis jenis MEKPO (*Methyl Ethyl Keton Peroksida*) pada resin *unsaturated polyester* berfungsi untuk mempercepat proses pengerasan cairan resin (*curing*) pada suhu yang

lebih tinggi. Penambahan katalis dalam jumlah banyak akan menimbulkan panas yang berlebihan pada saat proses *curing*. Hal ini akan merusak dan menjadikan produk komposit rapuh atau getas. Oleh karena itu pemakaian katalis dibatasi sampai 1% dari volume resin (PT Justus Sakti Raya, 2001). Gambar 2-6 di bawah ini adalah gambar salah satu jenis resin.



Gambar 2-6 Resin

Resin yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis Yukalac 157 BQTN-EX series, dimana memiliki beberapa spesifikasi sendiri yang terlihat pada Tabel 2-2 berikut ini.

Tabel 2-2 Spesifikasi *Unsaturated Polyester Resin Yakulac 157- BQTN-EX* (Justus, 2001)

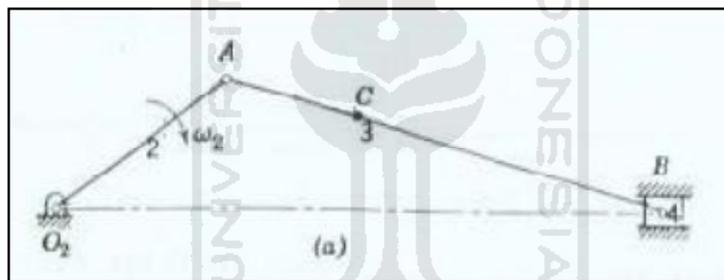
Item	Satuan	Nilai Tipikal	Catatan
Berat jenis	-	1,215	25°
Kekerasan	-	40	Barcol/GYZI 934-1
Suhu distorsi panas	°C	70	
Penyerapan air (suhu ruang)	%	0,188	24 jam
	%	0,466	7 hari
Kekuatan fleksural	Kg/mm ²	9,4	
Modulus fleksural	Kg/mm ²	300	
Daya rentang	Kg/mm ²	5,5	
Modulus rentang	Kg/mm ²	300	
Elongasi	%	1,6	

2.6 Kinematika

Kinematika adalah ilmu yang mempelajari tentang gerak benda tanpa memperhitungkan penyebab gerak atau perubahan gerak. Asumsi bendanya sebagai benda titik yaitu ukuran, bentuk, rotasi dan getarannya diabaikan tetapi massanya tidak. Pengertian dasar dari kinematika benda titik adalah pengertian lintasan hasil pengamatan gerak. Keadaan gerak ditentukan oleh data dari posisi letak pada setiap saat. (Martin, 1985)

2.6.1 Mekanisme Engkol Peluncur

Mekanisme yang paling sederhana adalah mekanisme engkol peluncur seperti terlihat pada Gambar 2-7 di bawah ini.



Gambar 2-7 Mekanisme engkol peluncur (Holowenko, 1985)

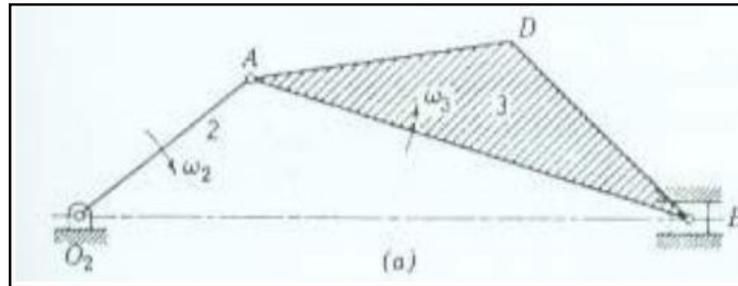
Keterangan Gambar 2-7:

02 : Adalah penggerak (Driver)

4 : Adalah yang digerakkan (Driven/follower)

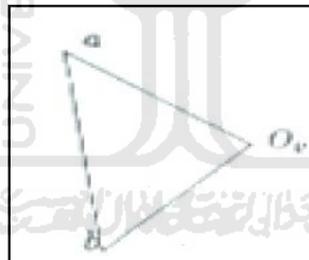
2.6.2 Mekanisme Empat Penghubung

Sebuah mekanisme empat penghubung terlihat dalam Gambar 2-8 dianggap bahwa mekanisme digambarkan dalam skala untuk posisi dimana analisa kecepatan dilakukan. Juga ditentukan bahwa kecepatan sudut penghubung $2, \omega_2$, diketahui.



Gambar 2-8 Mekanisme empat penghubung (Holowenko, 1985)

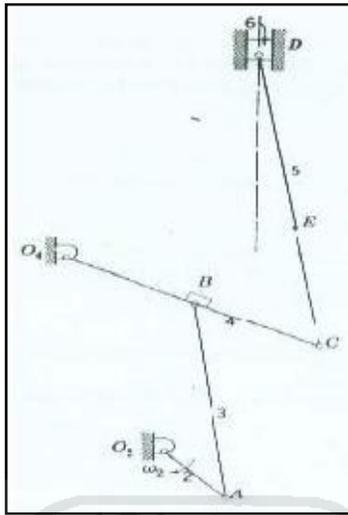
Untuk langkah penyelesaiannya empat penghubung ini hampir sama dengan mekanisme engkol peluncur $V_A = O_2A\omega_2$. Untuk mencari kecepatan V_B diasumsikan bahwa titik O_4 itu diam. Sehingga arah V_{BA} dapat diketahui yaitu tegak lurus ke garis A-B. Mencari arah V_{BA} diasumsikan titik A diam dan arah V_{BA} adalah tegak lurus terhadap penghubung 3. Gabungkan Arah V_A , arah V_B dan V_{BA} arah sehingga menjadi poligon tertutup seperti terlihat pada Gambar 2-9 di bawah ini. (Holowenko, 1985)



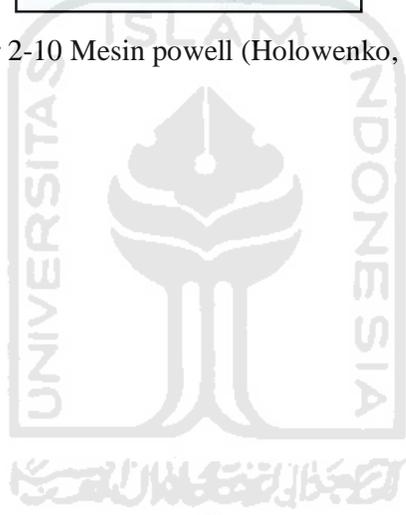
Gambar 2-9 Poligon tertutup (Holowenko, 1985).

2.6.3 Mesin Powell

Mesin Powell menggunakan mekanisme kombinasi yaitu mekanisme engkol peluncur dan mekanisme empat penghubung. Gambar mekanisme Mesin Powell Serti ditunjukkan pada Gambar 2-10 di bawah ini:



Gambar 2-10 Mesin powell (Holowenko, 1985)

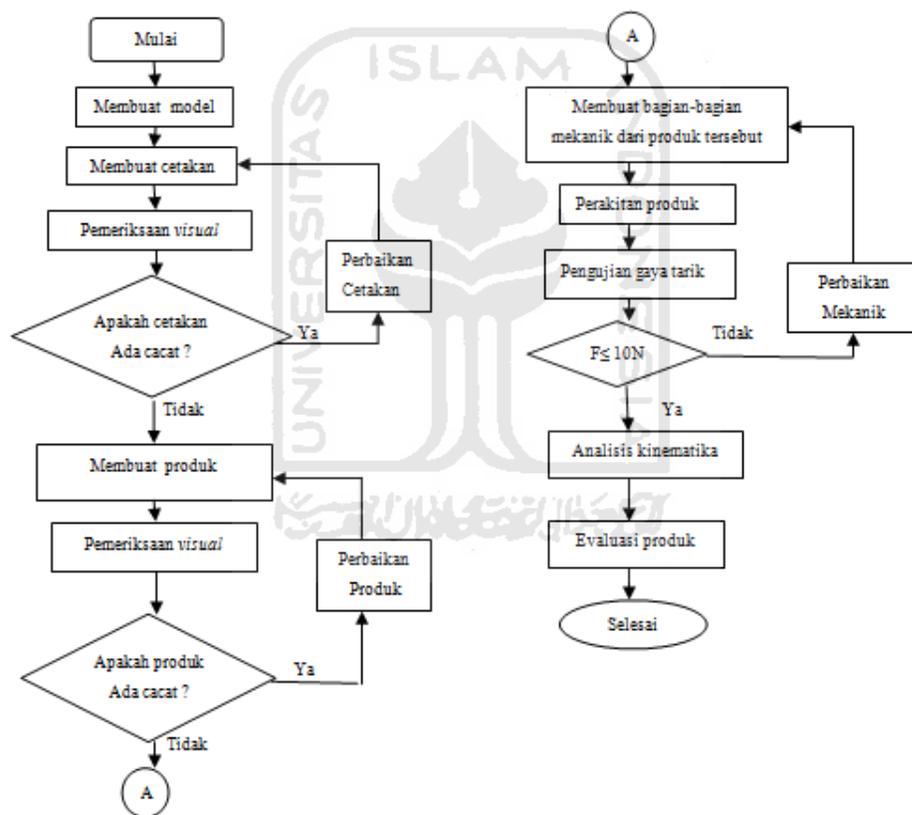


Bab 3

PERANCANGAN

3.1 Tahapan-Tahapan Perancangan

Tahapan-tahapan yang dilakukan dalam pendesainan tangan palsu, dapat dilihat pada Gambar 3-1 diagram alir di bawah ini:



Gambar 3-1 Diagram alir.

3.2 Alat dan Bahan

Dalam perencanaan pembuatan Tangan Palsu ini alat dan bahan yang digunakan adalah sebagai berikut:

Alat

1. Ember.
2. Jangka sorong.
3. Timbangan digital.
4. Kunci pas.
5. Ampelas.
6. Kuas.
7. Gergaji besi.
8. Gerinda listrik.
9. Bor listrik.
10. Gunting.
11. Penggaris.
12. Obeng.
13. Mur & Baut.
14. Solasi.
15. Timbangan digital.
16. Timbangan pegas gantung.

Bahan

1. Tanah liat.
2. Serat.
3. Resin.
4. Talek (tepung).
5. Katalis MEKPO (*Methyl Ethyl Keton Peroksida*).
6. *Silicon rubber* RTV-586.
7. Kain tebal.
8. Benang jahit.
9. Perekat kain.
10. *Webbing tape* (tali tas, ikat pinggang).
11. Tali tenis.
12. Selang tali rem sepeda.

3.3 Pembuatan Model

Pembuatan model tangan manusia menggunakan bahan tanah liat, bahan ini dipilih karena mudah dibentuk. Pertama yang disiapkan adalah gambar model tangan kanan yang berupa foto dengan berbagai proyeksi tampak atas, bawah dan samping. Pembuatan model menggunakan jasa perajin tanah liat yang dibuat di Jalan Parangtritis km 10,5 Dusun Gabusanan, Bantul, Yogyakarta.

3.4 Pembuatan Cetakan

Setelah model tangan dibuat dari tanah liat maka akan memasuki langkah selanjutnya yaitu membuat cetakan. Cetakan terdiri dari dua lapisan yaitu :

- a. Lapisan utama (dalam).

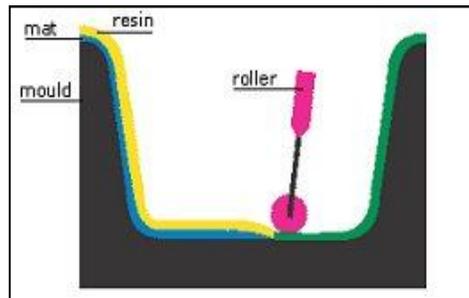
Menggunakan material silikon, dipilih karena silikon mempunyai detail yang tinggi jika dibuat cetakan. Untuk mempermudah pelepasan produk dari cetakan lapisan utama ini dibagi menjadi dua bagian, bagian atas dan bagian bawah.

- b. Lapisan kedua (*backing*).

Menggunakan resin, tepung dan serat yang bertujuan untuk menambah kekuatan dari silikon itu sendiri. Dan sama seperti lapisan utama, pada lapisan kedua ini *backing* juga dibagi menjadi beberapa bagian.

3.5 Metode Pembuatan Cetakan

Metode yang digunakan dalam proses pembuatan cetakan adalah dengan cara pencetakan tangan (*Hand Lay-Up*) yaitu silikon atau resin langsung dituangkan kemudian diberi tekanan sekaligus meratakannya menggunakan kuas seperti pada Gambar 3-2. Proses tersebut dilakukan berulang-ulang hingga ketebalan yang diinginkan tercapai. Membiarkannya mengeras pada kondisi atmosfer standar. (Ultracki, 1990)



Gambar 3-2 *Hand Lay-Up* (Ultracki, 1990).

3.6 Pembuatan Produk

Setelah cetakan silikon dan backing jadi maka produk siap dibuat. Produk tangan palsu menggunakan bahan resin, serat dan tepung (kanji). Adapun cara pembuatannya sama dengan proses pembuatan cetakan yaitu dengan menggunakan metode *Hand Lay-Up* seperti pada Gambar 3-2.

3.7 Membuat Bagian- Bagian Mekanik Produk

Setelah produk jadi dilakukan pemisahan dan pembagian mekanik dengan penambahan alat dan bahan yaitu mur, baut dan tali sebagai alat bantu gerak mekanik. Adapun cara yang digunakan hanya dengan pemotongan *manual* dengan gergaji dan las karbit untuk penyambungan batang penggerak.

3.8 Pengujian Gaya Tarik

Setelah mekanik jadi dan bisa digerakkan maka dilakukanlah pengujian gaya tarik, untuk mengetahui gaya (F) pada produk tangan palsu dengan menggunakan alat timbangan pegas gantung dengan satuan kg dan lbs.

Adapun prosesnya adalah tangan dibiarkan pada posisi diam (tangan menutup) lalu tali penggerak pada tangan palsu ditarik dengan timbangan pegas gantung sampai tangan palsu mekaniknya membuka maksimal, seperti pada Gambar 3-3.



Gambar 3-3 Pengujian tarik dengan timbangan pegas gantung.



Bab 4

PROSES PEMBUATAN

4.1 Pembuatan Model

Pembuatan model tangan manusia menggunakan bahan tanah liat, bahan ini dipilih karena mudah dibentuk sehingga pada saat pembuatannya bisa lebih fokus pada bentuk dan detail-detail tangan yang diinginkan, seperti telapak tangan bawah yang sedikit lebih tebal dan posisi keempat jari yang sedikit berbeda dengan tujuan agar mudah dalam pemasangan mekaniknya.

4.1.1 Gambar Model

Pertama yang disiapkan dalam membuat model dari tanah liat adalah gambar tangan kanan yang berupa foto dengan berbagai proyeksi yaitu tampak atas, bawah dan samping sebagai contoh yang akan ditiru untuk dijadikan model tangan seperti pada Gambar 4-1 di bawah ini.



Gambar 4-1 Foto tangan kanan dengan berbagai proyeksi.

4.1.2 Proses Pembuatan

Untuk selanjutnya menyiapkan tanah liat yang sudah diproses *kneading* (adonan) dimaksudkan agar tingkat keplastisan dan homogenitas merata serta bebas dari gelembung udara. Dan proses pemotongan yang bertujuan untuk mempermudah dalam proses pembentukan.

Adapun metode pembuatannya adalah :

- a. Teknik menambal artinya pertama membuat bentuk kasar dulu tanpa detail dengan membuat rangka mengikuti bentuk tangan dari kawat agar mudah dalam membentuk pola yang diinginkan. Setelah itu baru ditambal dengan potongan kecil tanah liat sambil ditekan hingga terbentuk seperti harapan.
- b. Setelah pola jadi dilanjutkan dengan teknik kerok atau mengurangi. Artinya bongkahan tanah liat dibentuk kasar dan lebih besar kemudian dikurangi sedikit demi sedikit sehingga terbentuk yang diinginkan.

Pada saat prosesnya model tangan dari tanah liat yang dihasilkan pertama bentuknya kurang memuaskan yaitu telapak tangan yang terlalu besar, sehingga dilakukan perubahan tanpa harus membuat ulang lagi dari awal dengan syarat model masih dalam keadaan lembab.

Karena kelebihan tanah liat jika dalam pengerjaan terjadi kesalahan bentuk masih bisa diperbaiki dengan syarat tanah liat harus terlindung dari sinar matahari untuk menjaga kelembabannya. Sehingga jika suatu saat terjadi kesalahan dalam bentuk masih bisa diperbaiki. Jika model sudah sesuai keinginan seperti Gambar 4-2 maka model tangan tanah liat bisa dijemur agar kering dan kaku untuk proses pembuatan cetaknya.



Gambar 4-2 (a) Gambar model tampak depan (b) Gambar model tampak samping

4.2 Pembuatan Cetakan

Setelah model tangan dibuat dari tanah liat maka akan memasuki langkah selanjutnya yaitu membuat cetakan dari silikon, bahan ini dipilih karena silikon mempunyai detail yang tinggi jika dibuat cetakan seperti pori-pori atau garis tangan akan nampak pada cetakan. Gambar 4-3 di bawah ini adalah cetakan silikon.



Gambar 4-3 Cetakan silikon

Sebelum model dilapisi dengan silikon pertama-tama model tangan diberikan PVA (Polyvinyl alkohol) supaya saat model dan cetakan silikon dipisahkan pelepasan silikon akan mudah karena permukaan cetakan sudah diberi PVA dan pada saat pengangkatan cetakan silikon, model dan cetakan tidak rusak.

4.2.1 Pelepasan Cetakan

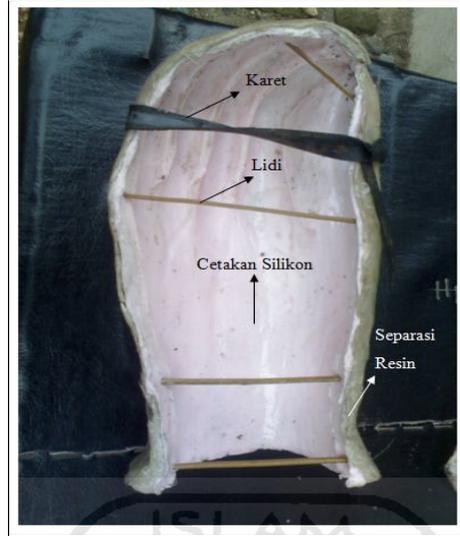
Saat melepaskan cetakan silikon dari model, pelepasan tidak langsung dilepaskan sebelumnya harus membuat pola potongan pada cetakan, ini berguna pada saat cetakan dilepas dari model untuk penyatuan kembali akan mudah. Gambar 4-4 di bawah ini menunjukkan cetakan silikon yang sudah dipotong menurut pola.



Gambar 4-4 *Cup* dan *Drug* cetakan silikon.

4.2.2 Pembuatan *Backing* Untuk Cetakan Silikon

Pembuatan *backing* untuk cetakan silikon ini bertujuan, pada saat akan mencetak produk menggunakan cetakan silikon produk tidak berubah bentuk karena cetakan silikon yang lembek. Pembuatan *backing* untuk cetakan silikon ini menggunakan bahan resin, serat dan tepung (kanji). Pada Gambar 4-5 di bawah ini cetakan silikon diberikan penyangga menggunakan lidi dan karet supaya tetap presisi antara *backing* dan cetakan silikon agar tidak berubah bentuk yang berakibat pada perubahan bentuk produk, hal ini dilakukan dikarenakan silikon masih belum benar-benar kering sebelum dipakai untuk membuat produk.



Gambar 4-5 Cetakan silikon dan *backing*.

Hasil dari *backing* cetakan setelah kering dapat dilihat pada Gambar 4-6 di bawah ini. Setelah *backing* cetakan jadi maka ditambahkan sisi tempat baut yang berfungsi untuk menggabungkan antara cetakan satu dengan yang lain.



Gambar 4-6 *Backing* cetakan.

4.3 Pembuatan Produk

Setelah cetakan silikon dan *backing* jadi maka produk siap dibuat. Produk tangan palsu menggunakan bahan resin. Adapun tahapan-tahapan pencetakan adalah sebagai berikut:

a. Pencampuran resin

Mencampurkan resin, talek dan katalis dengan perbandingan volume 95% adonan resin dan 5% katalis. Setelah itu dicampurkan dengan pewarna. Gambar 4-7 di bawah ini adalah gambar adonan resin, katalis dan pewarna setelah dicampur.



Gambar 4-7 Campuran komposit.

b. Penyatuan cetakan

Sebelum campuran resin, katalis dan pewarna dicetak maka terlebih dahulu ditambahkan PVA pada permukaan silikon supaya hasil produk mudah dilepas. Setelah itu cetakan silikon dan *backing* digabungkan menjadi satu yang dapat dilihat pada Gambar 4-8.



Gambar 4-8 Cetakan silikon dan *backing* yang telah disatukan

c. Pengisian cetakan

Pada tahapan ini campuran resin siap dituang ke dalam cetakan. Proses pencetakan dengan cara memasukkan campuran resin ke dalam cetakan sambil memutar cetakan ke arah kiri dan kanan, yang terlihat pada Gambar 4-9. Jika sudah dianggap merata campuran resinnya pada cetakan, maka segera cetakan diposisikan berdiri (Gambar 4-8) sebelum kering supaya campuran resin merata dan tidak terjadi penumpukan pada permukaan cetakan silikon. Dengan cara ini maka didapatkan produk yang mempunyai rongga.

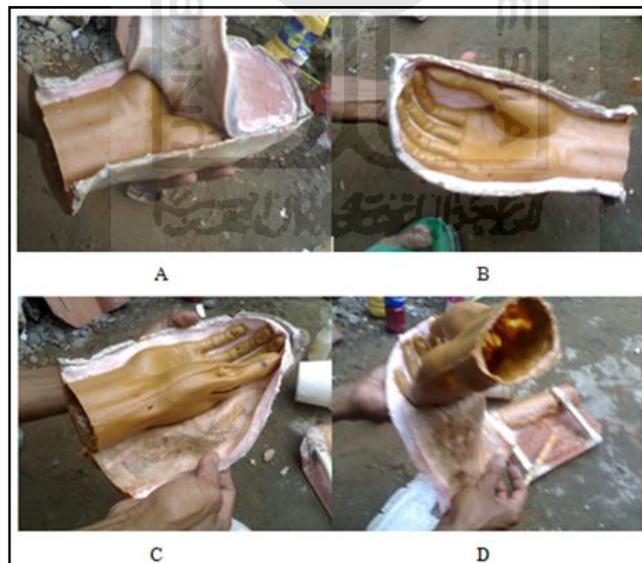


Gambar 4-9 Penuangan campuran resin.

d. Pelepasan produk dari cetakan

Setelah campuran resin dituangkan ke dalam cetakan maka tinggal menunggu produk mengering. Proses pengeringan dapat dilakukan dengan menjemur di bawah sinar matahari atau dikeringkan di ruangan terbuka tapi jangan sampai terkena air atau ditempat yang lembab. Untuk pengeringan di bawah sinar matahari memerlukan waktu kurang lebih selama 30 menit dan untuk pengeringan di dalam ruangan memerlukan waktu kurang lebih 60 menit.

Faktor pengeringan juga dipengaruhi oleh banyak sedikitnya katalis yang diberikan pada campuran resin. Jika katalis yang diberikan terlalu banyak maka komposit akan cepat kering tapi produk yang dihasilkan getas atau gampang patah, sedangkan jika katalis yang diberikan terlalu sedikit maka komposit akan sangat lama keringnya. Gambar 4-10 di bawah ini menunjukkan tahapan pelepasan produk dari cetakan.



Gambar 4-10 Alur pelepasan produk.

4.4 Hasil Pembuatan Produk

Produk yang dihasilkan dari proses pencetakan ini terkadang tidak sempurna dikarenakan proses pencetakannya yang masih manual. Hal ini menyebabkan produk terkadang mengalami cacat. Gambar 4-11 di bawah ini menunjukkan ada beberapa macam cacat pada produk.



Gambar 4-11 Cacat produk

Keterangan Gambar 4-11 :

Bagian A : Permukaan yang lebih, dikarenakan diantara *cup and drug* terdapat sela-sela kecil sehingga saat resin dituang resin masuk melalui sela-sela tersebut. Produk dapat diperbaiki dengan proses pemotongan dan pengamplasan.

Bagian B : Permukaan yang tidak rata, dikarenakan proses pengabungan *cup and drug* yang kurang tepat sehingga permukaan cetakan tidak rata diantara *cup and drug*. Produk dapat diperbaiki dengan cara pendempulan dan pengamplasan.

Bagian C : Permukaan yang berlubang, dikarenakan kurang meratanya distribusi resin pada saat penuangan ke dalam cetakan. Produk dapat diperbaiki dengan cara pendempulan dan pengamplasan.

Setelah dilakukan analisis mengenai penyebab terjadinya cacat pada produk maka selanjutnya dibuat produk yang dapat dikurangi cacat atau kerusakannya. Gambar 4-12 di bawah ini menunjukkan produk hasil yang telah diperbaiki cacatnya.



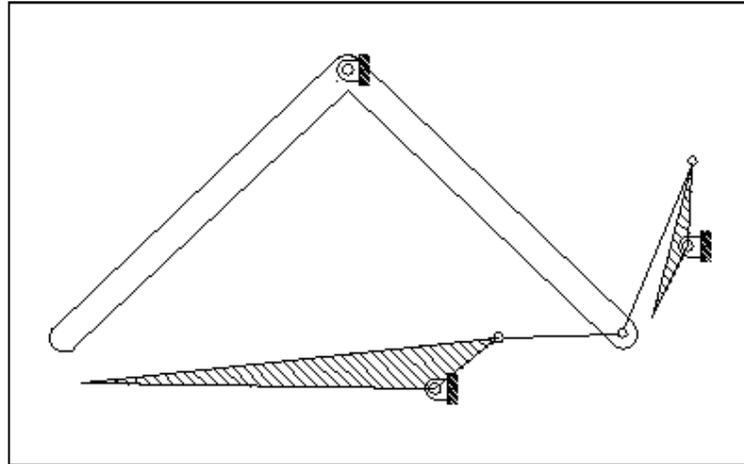
Gambar 4-12 Produk setelah diperbaiki.

4.5 Memasang Mekanik

Setelah produk diperbaiki dari cacat maka produk siap untuk dipasang mekanik supaya tangan palsu dapat digerakkan. Tahapan-tahapan pemasangan mekanik pada tangan palsu adalah sebagai berikut :

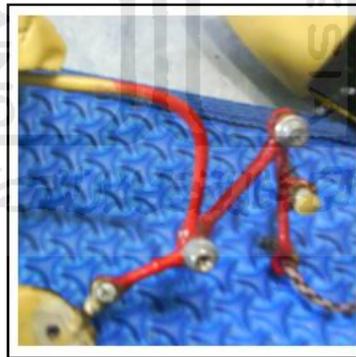
a. Rancangan Mekanik

Perancangan mekanik ini bertujuan sebagai bahan acuan menentukan letak titik potong produk supaya tidak terjadi kesalahan saat pemasangan mekanik pada produk tangan palsu. Di bawah ini adalah Gambar 4-13 rancangan mekanik menggunakan Auto CAD.



Gambar 4-13 Rancangan mekanik.

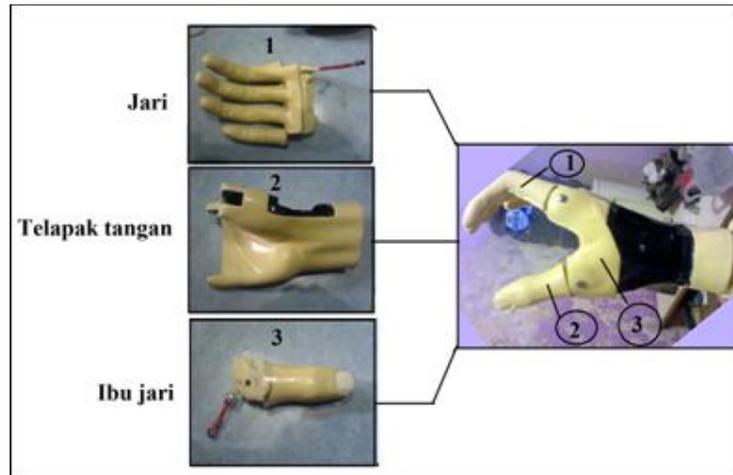
Setelah pembuatan desain jadi masuk pada tahap pembuatan mekanik. Mekanik berbahan dasar logam dan untuk penyatuan dilakukan proses pengelasan. Hasil dari pembuatan mekanik dapat dilihat pada Gambar 4-14 di bawah ini.



Gambar 4-14 Hasil mekanik.

b. Pemisahan bagian

Sebelum tangan palsu dipasang dengan mekanik, tangan palsu dipisahkan berdasarkan alur gerak hal ini dilakukan supaya mempermudah pemasangan mekanik. Pemisahan dibagi menjadi tiga komponen yaitu jari, ibu jari dan telapak tangan seperti terlihat pada Gambar 4-15 di bawah ini.



Gambar 4-15 Pemisahan bagian mekanik.

c. Pemasangan mekanik

Setelah dilakukan pemisahan jari, ibu jari dan telapak tangan maka mekanik penggerak dapat dipasangkan. Gambar *assembling* dari tangan palsu yang sudah dirangkai dengan mekanik dapat dilihat pada Gambar 4-16.



Gambar 4-16 Gambar *assembling*

d. Pengujian gaya tarik

Setelah pemasangan mekanik selesai dan bisa digerakkan maka dilakukanlah pengujian gaya tarik, untuk mengetahui gaya (F) pada produk tangan palsu

dengan menggunakan alat timbangan pegas gantung dengan satuan kg dan lbs. Hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 4-17 di bawah ini.



Gambar 4-17 Pengujian beban tarik

Hasil pengujian yang didapatkan sebesar sebesar 2.5 kg lalu dikonversikan ke F (gaya) = massa \times percepatan gravitasi = $2.5 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 = 24.5 \text{ N}$. Dan ini tidak sesuai dengan standar, menurut ahli orthopedi standar beban tarik untuk tangan palsu maksimal $F \leq 10 \text{ N}$.

e. Evaluasi dan perbaikan

Setelah pengujian dilakukan perbaikan mekanik, beberapa perbaikan dapat dilihat pada Tabel 4-1 di bawah ini.

Tabel 4-1 Evaluasi perbaikan mekanik.

Pengujian Ke	Perbaikan Mekanik	Beban $F \leq 1,02 \text{ Kg.}$	Gaya tarik $F \leq 10 \text{ N.}$
1	—	2.5 Kg	24.5 N
2	Mengganti pegas dengan karet karena gaya tariknya lebih ringan, tidak korosi, harga terjangkau dan mudah didapat.	1.5 Kg	14.7 N
3	<ul style="list-style-type: none"> • Melepas roll untuk mengurangi gesekan. • Perubahan posisi tali untuk mempermudah pemasangan 	0.8 Kg	7.8 N

Perubahan yang terjadi pada mekanik dapat dilihat pada Gambar 4-18 dibawah ini.



Gambar 4-18 Perubahan mekanik.

4.6 Produk Jadi

Setelah melakukan pengujian dan perbaikan maka hasil pembuatan tangan palsu dapat dilihat pada Gambar 4-19 di bawah ini



Gambar 4-19 Produk Jadi

Keterangan Gambar 4-19:

- A. Tangan palsu.
- B. Lengan palsu.
- C. Tali penggerak mekanik.
- D. Sabuk perekat.
- E. Sabuk penarik tali.

4.7 Gambar Proyeksi Produk Jadi

Berikut adalah gambar proyeksi produk jadi pandangan tampak bawah yang terlihat pada Gambar 4-20 di bawah ini.



Gambar 4-20 Gambar produk pandangan bawah

Selanjutnya gambar tangan palsu pandangan samping kanan tangan kanan yang terlihat pada Gambar 4-21 di bawah ini.



Gambar 4-21 Produk jadi pandangan samping

Dan yang terakhir adalah gambar tangan pandangan samping kiri tangan kanan terlihat pada Gambar 4-22 di bawah ini.



Gambar 4-22 Produk jadi pandangan samping

4.8 Contoh Penggunaan Tangan Palsu

Setelah produk tangan palsu jadi, maka dilakukan dua kali pengujian pengambilan barang. Pertama adalah mengambil peralatan dapur yaitu botol merica yang terlihat pada Gambar 4-23 dan kedua tempat *cutton bud* pada Gambar 4-24.



Gambar 4-23 Tangan palsu memegang botol merica



Gambar 4-24 Tangan palsu memegang tempat *cutton bud*

Bab 5

ANALISA DAN PEMBAHASAN

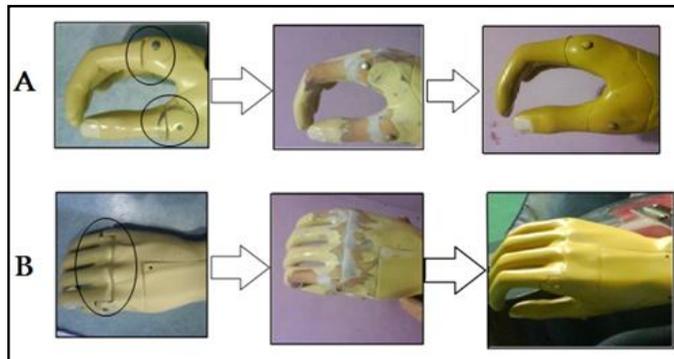
5.1 Evaluasi Perancangan Tangan Palsu

Dalam evaluasi pembuatan rancangan tangan palsu, setelah produk jadi produk dilakukan evaluasi ke ahli ortopedi dan prostetik di Solo, untuk diminta pendapat mengenai produk. Dari hasil evaluasi banyak masukan-masukan dari ahli prostetik mengenai tangan palsu, mulai dari bentuk tangan, berat dan mekaniknya.

Produk ini belum dapat diuji coba ke pasien karena tangan palsu ini masih prototipe atau bentuk awal untuk pengembangan ilmu tangan palsu, sehingga diperlukan pengembangan-pengembangan untuk proses selanjutnya. Berikut evaluasi rancangan tangan palsu sebagai alat bantu untuk penderita cacat.

5.1.1 Perbaikan

Pemisahan antara jari dengan telapak tangan kurang rapi hal ini menyebabkan nilai estetika produk kurang. Perbaikannya dengan cara pemotongan manual dan penambahan resin pada bagian yang tidak rapi. Seperti yang tampak terlihat pada Gambar 5-1 di bawah ini, bagian yang dilingkar adalah bagian yang diperbaiki.



Gambar 5-1 Perbaikan pada tangan.

Keterangan Gambar 5-1:

- A. Perbaiki pada engsel.
- B. Perbaiki pada ruas jari.

5.1.2 Berat Tangan Palsu

Adapun berat standar tangan palsu menurut ahli ortopedi dan prostetik, adalah maksimum 1 kg untuk jenis tangan kerja, jika semakin ringan yaitu dibawah 1 kg semakin baik. Adapun berat dari tangan palsu ini adalah 1,085 kg dapat dilihat pada Gambar 5-2 di bawah ini.



Gambar 5-2 Massa tangan palsu.

Tangan palsu ini sebenarnya bisa lebih ringan lagi dengan pemakaian resin secukupnya, seperti pada bagian tangan palsu yang seharusnya tidak diberi resin yaitu pada bagian penempatan mekanik yang terlihat pada Gambar 5-3.



Gambar 5-3 Bagian tangan yang tidak perlu.

5.1.3 Gaya Tarik Mekanik

Sebelumnya gaya tarik terlalu berat yaitu $F=2,5$ kg atau 24,5 N dengan menggunakan pegas, menurut ahli ortopedi beban standar tarik tangan palsu maksimal $F \leq 1\text{kg}$ (10 N) sehingga dilakukan perbaikan dan hasil akhir dari beberapa perubahan mekanik adalah $F = 0,8\text{kg}$ atau 7,8 N dengan menggunakan karet sebagai pengganti pegas.

Berdasarkan pengamatan terdapat kelebihan dan kekurangan saat $F= 24,5$ N dengan $F= 7,8$ N dari hasil percobaan, dan terlihat pada Tabel 5-1 di bawah ini.

Tabel 5-1 Perbandingan perubahan mekanik.

F	Kelebihan	Kekurangan
24,5 N	Kekuatan cengkram lebih kuat saat memegang benda, mampu memegang benda dengan berat 1 kg	Terlalu berat karena tangan palsu ini dirancang untuk digunakan pasien, sehingga kenyamanan tidak memenuhi syarat.
7,8 N	Ringan, tidak berat saat menggerakkan mekanik tangan palsu, sehingga memenuhi syarat yaitu kenyamanan.	Kekuatan cengkram kurang baik, hanya mampu mengangkat benda maksimal dengan berat 0,5 kg

5.2 Analisis Kinematika Mekanik Penggerak

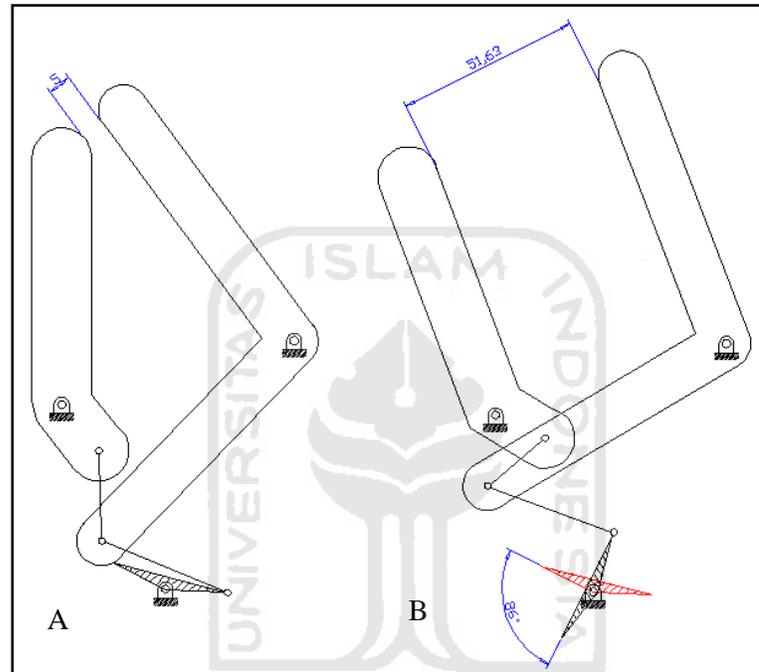
Hasil perbandingan panjang penarikan tali senar pada tangan palsu dengan analisa dengan software AutoCAD. Di bawah ini adalah Tabel 5-2 hasil penarikan terhadap lebar buka tangan palsu dengan sudut buka.

Tabel 5-2 Sudut buka terhadap jarak buka tangan.

NO	Sudut Buka	Jarak tarikan tali	Lebar buka tangan
1	0°	0	5 mm
2	86°	23 mm	52 mm

5.2.1 Perbandingan Pengukuran Langsung Dengan AutoCAD

Perbandingan ini meliputi perbandingan lebar buka tangan langsung dengan lebar buka tangan melalui AutoCAD. Yang digunakan sebagai acuan adalah besar sudut buka. Besar lebar buka tangan pada AutoCAD dapat dilihat pada Gambar 5-4 di bawah ini.



Gambar 5-4 mekanik dengan AutoCAD

Keterangan Gambar 5-4:

A : Gerakan pada saat tidak diberi rotasi (0°) lebar buka tangan 5 mm.

B : Gerakan pada saat diberi rotasi 86° lebar buka tangan 51,62 mm.

5.3 Biaya Pembuatan

Untuk membuat model tangan palsu sebagai master cetakan yang pengerjaannya dibuat oleh pekerja seni tanah liat biaya pembuatannya satu unit adalah Rp 150.000,00. Pada pembuatan cetakan menggunakan *silicone rubber*

RTV-586 yang digunakan sebagai bahan pembuat molding. Dan penggunaan resin Yakulac 157-BQTN-EX series dengan campuran *talk haichen* dan katalis yang digunakan untuk pembuatan backing. Di bawah ini adalah biaya pemakaian bahan pembuatan cetakan yang terlihat pada Tabel 5-3.

Tabel 5-3 Biaya pemakaian bahan pembuatan cetakan.

no	Bahan	Jumlah	Harga satuan (Rp)	Total (Rp)
1	Silikon	0,6 kg	125,000/kg	75.000
2	Resin	0,4 kg	21,000/kg	8.400
3	Talek	0,4 kg	3000/kg	1.200
4	Serat Kaca	0,1 kg	30,000/kg	3.000
5	Katalis	4 ml	3500/50 ml	280
Jumlah				87.670

Selanjutnya adalah biaya pemakaian bahan untuk membuat produk tangan palsu terlihat pada Tabel 5-4 di bawah ini.

Tabel 5-4 Biaya pemakaian bahan untuk membuat produk tangan palsu.

NO	Bahan	Jumlah	Harga persatuan (Rp)	Total biaya (Rp)
1	Resin	0,4kg	21.000/kg	8.400
2	Talek	0,4kg	3000/kg	1.200
3	Katalis	5 ml	3500/50ml	350
4	Serat	0,1kg	30.000/kg	3.000
5	Mur	9	400/buah	3.600
6	Baut	11	300/buah	3.300
7	Tali tenis	75 cm	1500/meter	1.125
8	Jeruji motor	3 buah	2500/buah	7.500
9	Cat semprot	¼ kaleng	20000/kaleng	5.000
10	Amplas	3 lembar	1500/lembar	4.500
jumlah				37.975

Dan yang terakhir adalah tabel biaya alat tambahan pendukung tangan berupa *arm* lengan palsu, sabuk perekat beserta komponennya. Dapat dilihat pada Tabel 5-5 di bawah ini.

Tabel 5-5 Biaya alat tambahan pendukung.

no	Bahan	Jumlah	Harga persatuan (Rp)	Biaya Total (Rp)
1	Resin	0,3 kg	21.000/kg	6.300
2	Talek	0,3 kg	3000/kg	900
3	Serat	0,1 kg	30.000/kg	3.000
4	Katalis	4 ml	3500/50ml	280
5	Selang rem sepeda	50 cm	10.000/meter	5.000
6	Mur	2	300/mur	600
7	Baut	4	300/baut	1.200
jumlah				17.280

Sedangkan biaya pembuatan sabuk perekat adalah Rp 20.000. Jadi biaya total pembuatan produk tangan palsu bawah siku secara keseluruhan adalah Rp 150.000 + Rp 87.670 + Rp 37.975 + Rp 17.280 + Rp 20.000 = Rp 312.925.

5.4 Spesifikasi Tangan Palsu

Spesifikasi tangan palsu dapat dilihat pada Tabel 5-6 dan Gambar 5-5 di bawah ini.

Tabel 5-6 Spesifikasi tangan palsu.

No	Nama	Keterangan
1	Berat	1,085 Kg
2	Kapasitas lebar buka tangan	52 mm
3	Maksimal berat yang di angkat	500 Gram
4	Bahan	GFRP
5	Panjang	350 mm
6	Bahan mekanik	Besi
7	Gaya tarik	7.8 N
8	Panjang tarikan tali	23 mm



Gambar 5-5 Spesifikasi produk

5.5 Kelebihan dan Kekurangan

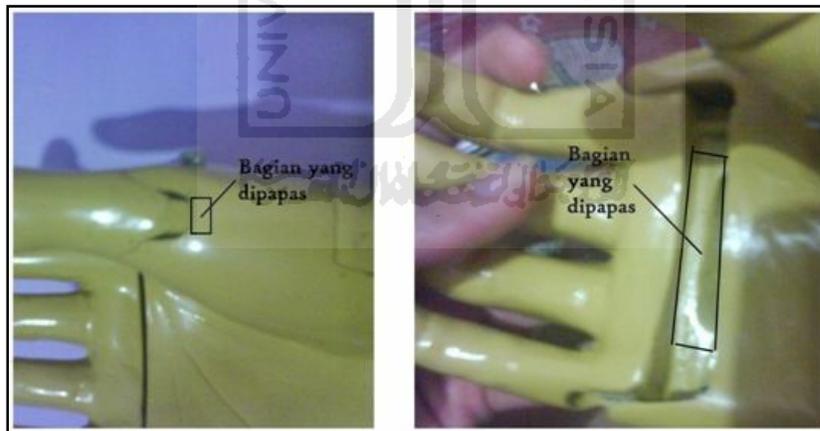
Tidak ada alat yang sempurna semua alat mempunyai kelebihan dan kekurangan masing-masing di bawah ini berberapa kelebihan dan kekuranganya.

Kelebihan dibandingkan dengan tangan palsu Hook :

1. Dari nilai estetika bentuk dari tangan palsu lebih baik daripada tangan palsu Hook.
2. Bisa digunakan untuk mengangkat produk berbentuk bulat lonjong.
3. Bisa digunakan untuk mengangkat gelas.
4. Harga lebih murah dibandingkan dengan tangan palsu Hook.
5. Jika terjadi kerusakan pada mekanik *spare part* mudah didapatkan.
6. Mudah dalam perawatannya.

Kekurangan dibanding dengan tangan palsu Hook :

1. Beban maksimal yang mampu diangkat 500 gram ini dikarenakan daya cengkram kurang kuat.
2. Ukuran maksimal benda yang dapat diangkat berdiameter 52 mm. Untuk solusinya dapat dilakukan dengan mengurangi beberapa bagian pada komponen yang dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



3. Belum dapat memegang benda yang tebalnya kurang dari 5 mm seperti kertas, buku tulis dan sebagainya.
4. Mudah pecah/patah jika tangan palsu terjatuh dari permukaan yang tinggi.
5. Tidak bisa memegang benda yang permukaannya terlalu licin.
6. Berat tangan masih sedikit berat yaitu 1,085 kg dari standar berat tangan palsu menurut ahli ortopedi yaitu 1 kg.

Bab 6

KESIMPULAN

6.1 Kesimpulan

Dalam melakukan perancangan dan pembuatan tangan palsu sebagai alat bantu orang cacat ada beberapa hal yang dapat ditarik kesimpulan. Yaitu rancangan model tangan palsu sebatas pergelangan tangan yang dapat digunakan untuk membantu orang cacat berhasil dibuat.

Dari nilai estetika model tangan palsu sudah lebih baik daripada tangan palsu hook yaitu sudah mirip dengan tangan manusia dan memiliki unsur keindahan dibanding hook yang bentuknya tidak mempunyai unsur keindahan. Dari hasil percobaan tangan palsu ini bisa memegang dan mengangkat benda yang bentuknya bulat atau lonjong seperti gelas, yang tidak bisa dilakukan oleh hook. Kapasitas lebar buka tangan palsu ini sebesar 52 mm dengan panjang tarikan tali 23 mm dan mampu mengangkat beban maksimal 500 gram dengan gaya tarik sebesar 7,8 N.

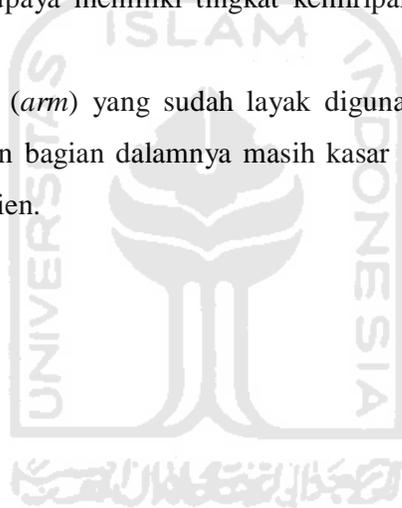
Pengukuran langsung dan pengukuran kinematik dengan analisa gambar AutoCAD, hasilnya hampir mendekati yaitu 52 mm pada pengukuran langsung dan pada pengukuran AutoCAD 51,63 mm terhadap lebar buka tangan dengan acuan sudut buka poros penggerak pada mekanik.

Bahan material pembuatan tangan palsu mudah didapat dan harganya terjangkau, sehingga harga produksi pemembuatan tangan palsu ini lebih murah dibandingkan hook. Karena material yang digunakan mudah didapat maka jika ada kerusakan pada tangan palsu *spare part* mudah didapatkan dan juga mudah dalam perawatannya.

6.2 Saran

Perancangan alat ini masih belum sempurna, masih banyak kekurangan-kekurangannya. Saran-saran berikut diberikan untuk penelitian-penelitian berikutnya :

1. Pemakaian adonan resin diusahakan penggunaannya seperlunya, untuk mengejar berat tangan palsu yang ringan.
2. Sebelum pembuatan model sebaiknya tangan yang akan dibuat model diukur terlebih dahulu supaya mempunyai bentuk yang proporsional.
3. Untuk pengembangannya nanti mungkin dapat ditambahkan sarung tangan silikon supaya memiliki tingkat kemiripan dengan tangan lebih baik.
4. Membuat lengan (*arm*) yang sudah layak digunakan ke pasien, karena permukaan lengan bagian dalamnya masih kasar sehingga belum dapat digunakan ke pasien.



DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2001. *Tecnical Data Sheet*. Jakarta : P.T Justus Kimia Raya Jakarta .
- Aylesworth, D. 1992. *Manual Of Upper Extrimity Prosthetics*. California : Penerbit University of California.
- BPS (2009). *Jumlah Penyandang Cacat di Indonesia* (On-line) Available at <http://www.bps.go.id>.
- Brydson (2007). *Hand Anatomy* (On-line) Available at <http://faithanatomyg3.wikispaces.com/Wrist+and+Fingers>.
- Christian (2007). *Kini Tangan Palsu Dapat Dikendalikan Dengan Pikiran* (On-line). Available at <http://mypotik.blogspot.com/2010/06/kini-tangan-palsu-dapat-dikendalikan.html>
- Holowenko, A.R. 1985. *Dinamika Permesinan*. Jakarta : Penerbit Erlangga.
- Schwartz, 1984. *Composite Materials Handbook*. New York: Penerbit McGraw-Hill Book Company.
- Surdia, T. 1999. *Pengetahuan Bahan Teknik*. Jakarta: Penerbit Pradnya Paramita.
- Ultracki (1990). *Composites Material*. Available at http://www.composites.ugent.be/home_made_composites/organizing_your_composite_workshop.html.

LAMPIRAN



Cara Pemasangan Tangan Palsu

