

**RANCANG BANGUN ALAT PERAGA OPERASI BEDAH
SESAR**

TUGAS AKHIR

**Diajukan sebagai Salah Satu Syarat
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Mesin**



Disusun Oleh :

Nama : Dowy Pratama Sita

No. Mahasiswa : 14525060

NIRM : 2014070684

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

2021

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

**RANCANG BANGUN ALAT PERAGA OPERASI BEDAH
SESAR**

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

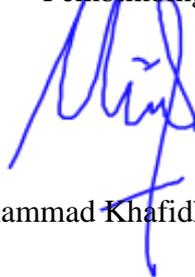
Nama : Dowy Pratama Sita

No. Mahasiswa : 14525060

NIRM : 2014070684

Yogyakarta, 18 Agustus 2021

Pembimbing



Dr. Muhammad Khafidh, S.T., M.T.

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

RANCANG BANGUN ALAT PERAGA OPERASI BEDAH SESAR

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Dowy Pratama Sita

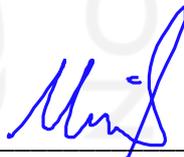
No. Mahasiswa : 14525060

NIRM : 2014070684

Tim Penguji

Dr. Muhammad Khafidh, S.T., M.T.

Ketua



Tanggal : 2 September 2021

Agung Nugroho Adi, S.T., M.T.

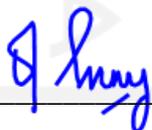
Anggota I



Tanggal : 31 Agustus 2021

Finny Pratama Putera, S.T., M.Eng.

Anggota II



Tanggal : 30 Agustus 2021

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Mesin




Dr. Eng. Risdiyono, S.T., M.Eng.

PERNYATAAN KEASLIAN

“Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam laporan tugas akhir tidak dapat karya yang pernah diajukan orang lain untuk memperoleh gelar sarjana disuatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali secara tertulis diacu didalam penulisan naskah ini dan disebutkan sebagai preferensi. Apabila dikemudian hari ada terbukti pernyataan ini tidak benar saya sanggup menerima sanksi atau hukuman sesuai hukum yang berlaku”.

Yogyakarta, 2 September 2021

Penulis



Dowy Pratama Sita

NIM: 14525060

HALAMAN PERSEMBAHAN

Saya persembahkan hasil tugas akhir ini kepada diri saya sendiri
yang selalu berusaha dan kuat,

Kedua Orang tua yaitu Ayah dan Ibu yang tidak pernah berhenti
mendoakan dan mencintai saya dengan cinta yang tulus dan tidak
tergantikan oleh apapun.

Adik saya satu-satunya yang selalu menjadi seorang yang membuat
saya bisa berusaha dan belajar menjadi kakak dan manusia yang
berpola pikir dewasa.

Dosen pembimbing Tugas Akhir Dr. Muhammad Khafidh, ST., M.T.
yang selalu meberikan arahan dan dorongan yang memotivasi
dalam mengerjakan Tugas Akhir.

Serta teman-teman Teknik Mesin angkatan 2014 yang memberikan
canda tawa dan keceriaan serta menjadi teman berdebat yang asik.

HALAMAN MOTTO

Bukanlah ilmu yang semestinya mendatangimu, tetapi kamulah yang seharusnya mendatangi ilmu itu.

(Imam Malik)

Ilmu pengetahuan itu bukanlah yang dihafal, melainkan yang memberi manfaat.

(Imam Syafi'i)

“Ambil baiknya saja, selalu memikirkan hal kebaikan.”

(Ibunda)

Berjalan tak sesuai rencana adalah jalan yang sudah biasa, jalan satu-satunya jalani sebaik yang kamu bisa.

(Farid Stevy)

Maju tak gentar mundur takremmm.

(Doy)

KATA PENGANTAR ATAU UCAPAN TERIMA KASIH

Assalamu'alaikum warahmatullahi wa barokatuhu

Puji syukur atas kehadiran Allah Subhanahu wata'ala yang telah memberikan rahmat dan hidayahNya sehingga dengan izinNya laporan tugas akhir yang berjudul Rancang Bangun Alat Peraga Operasi Bedah Sesar ini dapat diselesaikan.

Sholawat serta salam kita haturkan kepada nabi kita Muhammad shallallohu 'alaihi wassalam yang telah membawa manusia dari jurang kegelapan menuju dunia yang terang benderang seperti hari ini.

Tugas akhir ini merupakan salah satu syarat yang wajib bagi mahasiswa jurusan Teknik Mesin. Tugas akhir ini dilaksanakan sebagai syarat untuk mendapat gelar sarjana S-1 pada Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.

Dengan bimbingan, dorongan serta dari berbagai pihak, akhirnya Tugas Akhir ini dapat terselesaikan. Pada kesempatan ini penulis dengan segenap kerendahan hati penulis mengucapkan terimakasih sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Eng. Risdiyono, S.T.,M.Eng selaku ketua jurusan Tekni Mesin Universitas Islam Indonesia
2. Bapak Dr. Muhammad Khafidh, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing dalam Tugas Akhir
3. Seluruh dosen dan staff karyawan Jurusan Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia
4. Kedua Orang Tua, adik serta keluarga yang telah mendukung penuh dan selalu memberikan doa.
5. Semua teman-teman Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia yang tidak dapat disebutkan satu persatu. Terimakasih atas segala bantuannya.
6. Teman kontrakan pusing dan kontrakan Curug soleh yang sudah seperti saudara dan keluarga sendiri.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan di Tugas Akhir ini. Segala saran dan kritikan yang membangun sangat akan diharapkan untuk

menyempurnakan dikemudian hari. Akhir kata, semoga Tugas akhir ini dapat bermanfaat untuk kita semua.

Wassalamu 'alaikum warahmatullahi wa barokatuhu.

Yogyakarta, 16 Agustus 2021

Penulis



Dowy Pratama Sita



ABSTRAK

Operasi bedah sesar adalah tindakan pembedahan yang bertujuan melahirkan bayi dengan membuka dinding perut dan rahim. Pengetahuan bedah sesar menjadi hal yang penting dalam pendidikan yang berfokus pada kandungan dan melahirkan, terutama pada calon dokter yang mengambil gelar Spesialis Obstetri dan Ginekologi (SpOG). Untuk melatih dan meningkatkan keterampilan dalam operasi bedah sesar diperlukan kompetensi pembelajaran praktik bedah, yang membutuhkan alat bantu berupa *simulator* atau alat peraga untuk mempermudah siswa atau praktikan memahami metode dan prosedur operasi sesar. Alat peraga dapat dibuat dengan material *Silicone Rubber* dan *Polyurethane Foam* sebagai penguat dengan metode pembuatan menggunakan cetakan. Dalam penelitian ini cetakan dibuat menggunakan komposit fiberglass dengan metode *Hand Lay-UP* dan master produk adalah 3D *printing* material filamen PLA. Hasil penelitian adalah produk alat peraga berbentuk perut ibu hamil, dengan material *silicone rubber* pada bagian luar dan diperkuat dengan *foam* pada rongga dalam yang dapat digunakan untuk pembelajaran praktik bedah sesar. Alat peraga dapat memberikan gambaran prosedur bedah sesar secara umum dengan 6 lapisan perut abdomen yang memiliki warna dan ketebalan yang berbeda.

Kata kunci: Alat peraga, Bedah sesar, *Silicone rubber*

Abstract

Sectio Cesarea is a surgical procedure that aims to give birth to a baby by opening the abdominal wall and uterus. Knowledge of Sectio Cesarea is significant in education that focuses on obstetrics and childbirth, especially for prospective doctors who take the title Specialist in Obstetrics and Gynecology (SpOG). To train and develop skills in cesarean surgery, surgical practice learning competencies are needed, which require aids in the form of simulators or props to make it easier for students or practitioners to understand Sectio Cesarea methods and procedures. The Props can be made with silicone rubber and polyurethane foam materials as reinforcement by using a mold manufacturing method. In this research, the mold was made using fiberglass composite with the Hand Lay-UP method which the master product was 3D printing with PLA filament material. The result of the research is a teaching aid product in the form of a pregnant woman's stomach, with silicone rubber material on the outside and reinforced with foam in the inner cavity that can use for learning the practice of cesarean surgery. The visual aids can provide an overview of a general cesarean procedure with the six layers of the abdomen of different colors and thicknesses.

Keywords: Props, Sectio Cesarea, Silicone rubber

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Lembar Pengesahan Dosen Pembimbing	ii
Lembar Pengesahan Dosen Penguji	iii
Pernyataan Keaslian	iv
Halaman Persembahan	v
Halaman Motto	vi
Kata Pengantar atau Ucapan Terima Kasih	vii
Abstrak	ix
<i>Abstract</i>	x
Daftar Isi	xi
Daftar Tabel.....	xiii
Daftar Gambar	xiv
Daftar Notasi.....	xvi
Bab 1 Pendahuluan	17
1.1 Latar Belakang	17
1.2 Rumusan Masalah	18
1.3 Batasan Masalah	19
1.4 Tujuan Penelitian atau Perancangan	19
1.5 Manfaat Penelitian atau Perancangan	19
1.6 Sistematika Penulisan	20
Bab 2 Tinjauan Pustaka	21
2.1 Kajian Pustaka	21
2.2 Dasar Teori	22
2.2.1 Proses Persalinan	22
2.2.2 Proses Persalinan Sesar	23
2.2.3 Alat Peraga (<i>Simulator</i>)	25
2.2.4 <i>3D Printing</i>	26
2.2.5 Komposit	27
2.2.6 <i>Hand Lay-UP</i>	27
2.2.7 <i>Silicone rubber</i> dan Katalis	28

2.2.8	<i>Software</i> CAD Rhinoceros	29
Bab 3	Metode Penelitian	31
3.1	Alur Penelitian	31
3.2	Mengidentifikasi Masalah dan Tujuan Perancangan Alat	32
3.3	Observasi	32
3.4	Kriteria Desain Alat peraga	33
3.4.1	Kriteria Desain Bodi Perut	34
3.4.2	Kriteria Desain Lapisan Perut.....	34
3.5	Konsep Pengembangan Desain dan Perancangan Alat.....	35
3.6	Desain Alat Peraga Operasi Bedah Sesar	36
3.7	Alat dan Bahan.....	38
3.7.1	Alat	38
3.7.2	Bahan	38
3.8	Pembuatan Alat Peraga	38
3.8.1	Pembuatan Master Bodi Perut	39
3.8.2	Pembuatan cetakan	40
3.8.3	Proses Pengecoran <i>Polyurethane Foam</i>	41
3.8.4	Proses Pencetakan <i>Silicone</i> Bodi Perut dan Rahim	42
3.8.5	Proses Pencetakan Lapisan Perut	43
Bab 4	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	47
4.1	Hasil Pembuatan Master Bodi Cetakan	47
4.2	Hasil Pembuatan Cetakan	48
4.2.1	Hasil Cetakan Bodi Perut dan Rahim	48
4.2.2	Hasil Cetakan Lapisan Perut.....	50
4.3	Hasil Produk <i>Silicone</i> Alat Peraga Bedah Sesar	51
4.4	Analisis dan Pembahasan.....	52
4.5	Biaya investasi Alat	55
Bab 5	Penutup.....	56
5.1	Kesimpulan	56
5.2	Saran atau Penelitian Selanjutnya	56
Daftar	Pustaka	57
LAMPIRAN	60

DAFTAR TABEL

Tabel 2-1	Tinggi Fundus Uteri Sumber: (Mufdlilah, 2017)	23
Tabel 3-1	Tabel bagian lapisan perut bedah sesar	44
Tabel 3-2	Massa setiap lapisan <i>silicone</i> yang dibedah.....	46
Tabel 4-1	Biaya investasi Alat peraga	55



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2-1	Sayatan perut vertikal dan horisontal.....	24
Gambar 2-2	3D <i>Printing Anycubic Mega</i>	26
Gambar 2-3	Proses <i>Hand Lay-Up</i> Sumber: (Gibson, 1994)	28
Gambar 2-4	Tampilan logo Rhinoceros 5 (a), Tampilan penggunaan Rhinoceros (b).....	30
Gambar 3-1	Diagram alur penelitian.....	31
Gambar 3-2	Blog fungsi alat peraga bedah sesar.....	32
Gambar 3-3	Diagram konsep pengembangan desain.....	35
Gambar 3-4	Desain bodi perut	36
Gambar 3-5	Desain rahim tempat bayi buatan.....	37
Gambar 3-6	Desain cetakan lapisan perut bedah	37
Gambar 3-7	Tampilan <i>slicing</i> menggunakan Ultimaker Cura	39
Gambar 3-8	Tampilan monitor 3D <i>printing</i> (a), Proses pencetakan dengan 3D print (b)	40
Gambar 3-9	Proses pencetakan <i>Polyurethane foam</i>	41
Gambar 3-10	Pengukuran massa <i>silicone</i> (a), Pengukuran massa katalis (b), Proses pembuatan produk <i>silicone</i> bodi perut (c), Proses menunggu kering <i>silicone</i> (d).	43
Gambar 3-11	Tampilan <i>Software</i> untuk luas alas cetakan.....	45
Gambar 3-12	Proses pencetakan lapisan <i>silicone</i> (a), Proses pengolesan <i>wax</i> antar lapisan (b).....	45
Gambar 4-1	Hasil produk 3D sebelum diampas dan <i>finishing</i> (a), Hasil 3D setelah <i>finishing</i> (b), Produk bodi setelah perakitan dengan lem G (c), Produk rahim (d).....	48
Gambar 4-2	Cetakan Rusak	49
Gambar 4-3	Penampakan kerusakan pada cetakan	49
Gambar 4-4	Hasil cetakan bodi perut (a), Hasil cetakan rahim(b)	50
Gambar 4-5	Hasil Cetakan lapisan perut dengan 3D <i>Printing</i>	51
Gambar 4-6	Hasil Produk bodi perut	52
Gambar 4-7	Hasil pengecoran <i>silicone</i> lapisan perut.....	52



DAFTAR NOTASI

ρ = Massa jenis

V = Volume

m = massa

t = Tinggi



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara kepulauan yang sangat luas dengan populasi penduduknya lebih dari 270 juta jiwa (Badan Pusat Statistik, 2020). Jumlah ini akan bertambah seiring bergantinya waktu. Salah satu yang mempengaruhi pertambahan jumlah penduduk setiap tahunnya adalah proses melahirkan.

Dalam proses melahirkan ada beberapa cara, itu semua dipengaruhi oleh kondisi maupun kesehatan ibu dan janin bayi. Salah satu yang banyak dipilih untuk proses melahirkan adalah dengan metode bedah Sesar atau *sectio cesarea*. Istilah tersebut berasal dari Bahasa latin *caedere* yang berarti memotong atau menyayat (Todman, 2007). Dalam ilmu obstetrik, istilah tersebut mengacu pada tindakan pembedahan yang bertujuan melahirkan bayi dengan membuka dinding perut dan Rahim ibu (Lia, et al., 2010).

Operasi sesar pada zaman dahulu selalu dipandang sebagai usaha terakhir untuk menyelamatkan bayi dan mengesampingkan keselamatan sang ibu (Pratama, 2020). Metode bedah sesar ini akan dilakukan apabila proses melahirkan secara normal tidak memungkinkan karena faktor keselamatan dan kesehatan ibu dan janin. Faktor-faktor yang menyebabkan operasi sesar perlu dilakukan diantaranya gawat janin, jalan lahir tertutup plasenta, persalinan macet, ibu mengalami hipertensi, bayi sungsang atau melintang, pinggul sempit, serta terjadi pendarahan sebelum proses persalinan. Operasi *sectio cesarea* ini merupakan pilihan persalinan yang terakhir setelah dipertimbangkan cara-cara persalinan normal tidak layak untuk dilakukan.

Pengetahuan bedah sesar menjadi hal yang penting dalam pendidikan yang berfokus pada kandungan dan melahirkan, terutama pada calon dokter yang mengambil gelar Spesialis Obstetri dan Ginekologi (SpOG). Pengetahuan dasar yang paling utama adalah mengerti dan memahami proses yang harus dilakukan pada operasi bedah sesar. Memberikan gambaran secara umum mengenai bedah

sesar menjadi hal yang utama diberikan untuk pendalaman teknis proses bedah sesar.

Untuk melatih dan meningkatkan keterampilan dalam operasi bedah sesar tentunya diperlukan kompetensi pembelajaran praktik bedah. Dalam mendukung peningkatan kompetensi tersebut dibutuhkan alat bantu berupa *simulator* atau peraga bedah sesar untuk mempermudah siswa atau praktikan. Peraga bedah sesar sebenarnya sudah terdapat banyak dipasaran dengan fitur dan fungsi kegunaan yang beraneka ragam. Harga alat beraneka ragam, namun rata-rata mahal untuk dibeli pemakaiannya. Penggunaanya rata-rata memerlukan pengadaan yang membutuhkan biaya tinggi. Untuk itu perlu dikembangkan sebuah alat *simulator* bedah sesar yang penggunaannya tidak memerlukan pengadaan dan biaya yang cukup tinggi. *Simulator* yang dikembangkan akan dibuat menjadi dua bagian yaitu part bodi perut dan lapisan bedah perut. *User* atau pengguna dapat membuat bodi perut yang permanen seperti maneken boneka, kemudian bagian lapisan perut dapat dibuat secara terpisah yang bisa dipasang pada bodi dan hanya sekali pemakaian. Ketika akan digunakan kembali pengguna hanya membutuhkan pencetakan atau pembuatan lapisan perut karena bodi tetap bisa digunakan.

Pada penelitian ini, akan dirancang dan diproduksi alat peraga yang menggunakan material propertis yang mirip dengan kulit perut yaitu *silicone rubber*, dan dapat digunakan untuk memberikan gambaran secara umum bagaimana operasi bedah sesar dilakukan. Alat ini akan memberikan gambaran bagaimana saat pembedahan dilakukan, posisi dan panjang sayatan serta proses pengeluaran bayi. Alat peraga bedah sesar akan mempermudah memberikan pemahaman gambaran bagaimana proses operasi pembedahan dilakukan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang diatas maka dapat dirumuskan permasalahan dalam penelitian ini, yaitu:

1. Bagaimana rancangan alat peraga operasi bedah sesar yang dapat digunakan untuk memberikan pemahaman proses operasi bedah sesar?

2. Bagaimana merancang desain alat peraga operasi bedah sesar yang hampir mendekati secara nyata terkait masalah dimensi, visual bentuk dan karakteristiknya?
3. Bagaimana proses pembuatan alat peraga bedah sesar?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah yang diambil dalam penelitian ini antara lain:

1. Pembuatan prototipe alat peraga hanya sebatas bagian perut dan paha atas.
2. Alat peraga hanya memberikan gambaran prosedur bedah sesar secara umum
3. Proses pembuatan master alat peraga menggunakan proses *3D printing filament* dengan material PLA.
4. Tidak membahas realitas anatomi organ-organ perut/abdomen.
5. Pada penelitian ini *silicone* yang digunakan RTV – 48.
6. Proses perancangan alat peraga menggunakan *software* Rhinoceros 5.

1.4 Tujuan Penelitian atau Perancangan

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah yang telah disajikan maka tujuan penelitian ini adalah:

1. Membuat prototipe alat peraga operasi bedah sesar yang dapat dibuat dengan mudah.
2. Membuat prototipe alat peraga operasi bedah sesar yang dapat digunakan dan memberikan gambaran proses bedah sesar secara umum.
3. Membuat prototipe alat peraga yang mendekati secara aktual proses persalinan metode bedah sesar.
4. Membuat lapisan perut sintesis yang memiliki enam lapisan untuk penggunaan alat peraga bedah sesar dan dapat diganti setelah digunakan.

1.5 Manfaat Penelitian atau Perancangan

Dari penelitian ini didapatkan manfaat sebagai berikut:

1. Mampu membuat prototipe alat peraga yang dapat dijadikan solusi untuk metode pembelajaran praktik proses bedah sesar.
2. Perancangan ini dapat dijadikan alat bantu pemahaman dan pelatihan untuk calon dokter dan residen medis yang membutuhkan pemahaman bedah sesar.
3. Pembuatan prototipe alat peraga ini akan memberikan fasilitas pemahaman yang aman dan mudah dalam penggunaan.
4. Perancangan dan pembuatan prototipe alat peraga ini dapat menjadi salah satu referensi pada penelitian selanjutnya.

1.6 Sistematika Penulisan

Pada penulisan tugas akhir ini diuraikan dalam 5 bab yang berurutan untuk mempermudah pembahasan dan pemahamannya. Urutan penulisannya adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Menjelaskan tentang latar belakang perancangan dan pembuatan alat, perumusan masalah, pembatasan masalah, tujuan, manfaat, dan sistematika penulisan laporan perancangan dan pembuatan alat peraga bedah sesar.

BAB II DASAR TEORI

Berisi tentang perkembangan terkini topik penelitian yang berupa hasil-hasil yang telah dicapai oleh penelitian sebelumnya yang sejenis, dan teori atau data informasi yang menjadi dasar identifikasi maupun penjelasan yang mendukung perancangan dan pembuatan alat peraga bedah sesar.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Berisi tentang alur perancangan yang didukung oleh diagram alir, serta penjelasan tentang alat dan bahan yang digunakan, konsep dan kriteria desain, metode pembuatan alat, metode pengujian alat peraga bedah sesar.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Berisi Tentang hasil pembuatan alat peraga bedah sesar yang telah dilakukan, dan pembahasan hasil dari pembuatan alat peraga bedah sesar.

BAB V PENUTUP

Berisi tentang kesimpulan dan saran yang diperoleh dari penelitian.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Pustaka

Bedah sesar atau *sectio cesarea* (SC) merupakan rangkaian proses operasi melahirkan bayi yang paling sering dilakukan oleh ahli obstetri di seluruh dunia (Mohammer Pasha., 2018). Bedah sesar menjadi hal yang menakutkan dimasa lalu, namun seiring berkembangnya kecanggihan pada bidang ilmu kedokteran dan kebidanan membuat pandangan tersebut mulai bergeser. Meskipun merupakan metode persalinan dengan melakukan pembedahan besar pada perut dan merupakan proses persalinan yang sulit dan berbahaya bagi calon ibu dan bayinya, namun persalinan sesar cenderung disukai daripada persalinan melalui jalan lahir (pervaginam) (Fitri, 2018).

Secara tradisional, keterampilan bedah telah diajarkan dengan model magang, dimana residen pertama kali mengamati dan kemudian melakukan prosedur dibawah pengawasan dokter senior yang lebih berpengalaman (John L. Cameron & Haisted, 1997). Model pemagangan dikritik karena metodenya tidak memiliki struktur dan penilaian kompetensi yang obyektif. Pengetahuan, pengalaman, dan pengawasan yang tidak memadai dapat menyebabkan kesalahan dan mengancam keselamatan pasien. Oleh karena itu, telah dikemukakan bahwa pengajaran keterampilan klinis harus mengintegrasikan strategi pendidikan seperti pelatihan berbasis simulasi (Rodriguez-Paz, et al., 2009).

Penelitian pendidikan bedah telah mengeksplorasi metode alternatif untuk mengajarkan keterampilan bedah yang dapat meningkatkan atau mempercepat pembelajaran. Dengan semakin majunya teknik bedah, isi pelatihan bedah dalam kebidanan dan ginekologi menjadi semakin kompleks. Operasi bedah minimal mengharuskan peserta pelatihan untuk mengembangkan keterampilan hubungan spasial dan keterampilan psikomotor terkait agar dapat memanipulasi instrumen bedah dalam bidang operasi 3 dimensi. Oleh karena itu, pelatihan kebidanan dan ginekologi yang efektif membutuhkan penguasaan keterampilan dalam teknik bedah dasar dan kompleks. (Vellanki & Gillellamudi, 2010).

Ada 2 jenis *simulator* bedah, yaitu *simulator* dengan ketelitian rendah menggunakan bahan dan peralatan yang kurang mirip dengan lingkungan bedah sebenarnya. Model dengan ketelitian rendah mengorbankan realisme untuk portabilitas, biaya lebih rendah, dan potensi pengulangan. Model dengan ketelitian tinggi memberikan realisme melalui karakteristik seperti isyarat visual, fitur sentuhan, dan kemampuan umpan balik. Kekurangan model ini adalah biaya tinggi, ketersediaan terbatas, dan masalah moral dan etika (Vellanki & Gillellamudi, 2010).

Untuk pelatihan keterampilan residen medis kebidanan dan ginekologi sekarang banyak yang memilih pelatihan berbasis simulasi dengan alasan dapat menyediakan metode pelatihan lingkungan yang aman dan terkendali. Pelatihan dengan metode simulasi diruang operasi langsung dinilai dapat menyebabkan kesalahan dan mengancam keselamatan pasien (Zetner, MD Diana, Iben, Konge, & Thinggard, 2019). *Simulator* dengan ketelitian tinggi atau canggih dan realistis tetapi mahal sangat direkomendasikan, namun *simulator* ketelitian rendah dan berbiaya rendah mungkin lebih cocok digunakan untuk melatih keterampilan bedah sesar.

2.2 Dasar Teori

Perancangan dan pembuatan alat peraga bedah sesar ini membutuhkan beberapa teori untuk melandasi rangkaian proses yang dilakukan. Berikut ini beberapa teori yang melandasi perancangan dan pembuatan alat peraga bedah sesar.

2.2.1 Proses Persalinan

Persalinan diartikan sebagai peregangan dan pelebaran mulut rahim yang berguna untuk mengeluarkan bayi (Danuatmaja & Meiliasari, 2004). Proses persalinan merupakan rangkaian tindakan yang dinantikan oleh seorang ibu yang sedang mengandung. Dalam proses persalinan atau yang umum dikenal dengan melahirkan memiliki resiko yang terjadi, yaitu komplikasi atau perubahan kondisi kesehatan yang tidak dihendaki pada ibu yang melahirkan (Amalia & Evicienna,

2017). Resiko terburuk yang terjadi adalah kematian ibu melahirkan atau bayi yang baru dilahirkan.

Proses persalinan terdapat dua jenis, yaitu secara normal dan sesar. Salah satu proses persalinan akan dilakukan melihat pertimbangan faktor keselamatan dan kesehatan ibu dan janin. Proses persalinan normal adalah persalinan atau mengeluarkan bayi melalui jalan lahir (pervaginam) (Fitri, 2018). Proses persalinan dapat dilakukan pada umumnya di usia 36 minggu saat kepala bayi masuk pintu atas panggul. Ukuran perut akan dilakukan pengecekan di atas 18 minggu dengan mengukur fundus uteri. Fundus uteri merupakan titik tertinggi dari rahim, sedangkan tinggi fundus uteri adalah jarak antara puncak tulang panggul hingga ke bagian paling atas perut ibu hamil. Ukuran ketinggian fundus uteri dapat dilihat pada Tabel 2-1.

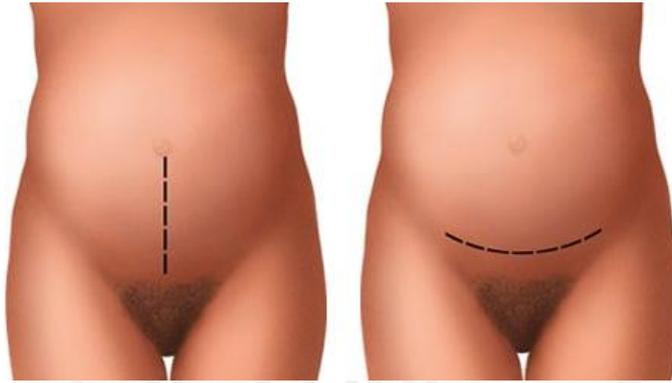
Tabel 2-1 Tinggi Fundus Uteri

Sumber: (Mufdlilah, 2017)

Umur kehamilan	Tinggi fundus uteri
20 Minggu	20 cm
24 Minggu	24 cm
28 Minggu	28 cm
32 Minggu	32 cm
36 Minggu	34-36 cm

2.2.2 Proses Persalinan Sesar

Sayatan perut yang digunakan selama operasi sesar adalah sayatan perut dinding abdomen (Laparotomi) dan sayatan dinding uterus (Histerektomi) (Shahar, 2016). Sayatan perut dibuat terlebih dahulu berupa sayatan vertikal antara pusar dan rambut kemaluan atau yang umum dilakukan sayatan secara horisontal dibawah perut seperti terlihat pada Gambar 2-1.



Gambar 2-1 Sayatan perut vertikal dan horisontal

Sumber: (Mayo Foundation for medical education and research all rights reserved)

Teknik pembedahan yang dilakukan dapat berbeda-beda sesuai kondisi masing-masing pasien, namun prosedur bedah sesar umumnya terbagi ke dalam beberapa fase yaitu Laparotomi, Histerotomi, proses persalinan atau *delivery*, reparasi uterus, dan penutupan abdomen (Cunningham, et al., 2011).

1. Laparotomi membuka lapisan abdomen untuk memberikan akses ke rongga peritoneum dan uterus. Lapisan abdomen:
 - a. Insisi Kulit
 - b. Lapisan Subkutan
 - c. Lapisan *fascia*
 - d. Lapisan Otot *Rektus*
 - e. Membuka Rongga Peritoneum
2. Histerotomi adalah prosedur membuka uterus dengan insisi.
3. Persalinan atau *Delivery*
 - a. Melahirkan kepala bayi
 - b. Pemeriksaan tali pusat
 - c. Mengeluarkan plasenta
4. Reparasi Uterus
5. Penutupan Abdomen
 - a. Membersihkan darah (Irigasi)

- b. Menutup lapisan abdomen secara berurutan (Lapisan *peritoneum visceral*, otot rektus abdominis, Lapisan *Fascia*, Lapisan subkutan, Kulit ditutup dengan jahitan).

2.2.3 Alat Peraga (*Simulator*)

Alat peraga adalah suatu alat yang dapat digunakan untuk menyampaikan pesan sehingga dapat merangsang pikiran, perasaan, minat serta perhatian agar proses belajar mengajar terjadi (Juwairiah, 2013). Alat peraga merupakan sarana komunikasi dan interaksi antara ahli atau pengajar dengan siswa dalam proses pembelajaran. Tujuan alat peraga yaitu untuk proses pembelajaran menjadi efektif dan efisien.

Fungsi utama alat peraga adalah untuk menjelaskan keabstrakan dari konsep menjadi lebih sederhana untuk dipahami, agar siswa mampu menangkap arti sebenarnya dari konsep tersebut (Anas, 2021). Penyampaian konsep secara verbal sering memunculkan salah persepsi dari sudut pandang masing-masing siswa. Selain itu, alat peraga memberikan siswa lebih mudah menangkap dan semangat karena dapat meraba, melihat dan mengaplikasikannya.

Alat peraga yang digunakan hendaknya memiliki karakteristik tertentu. Karakteristik dari alat peraga adalah alat terbuat dari bahan sederhana, mudah digunakan, ukurannya sesuai dengan ukuran fisik, dan memudahkan penyampaian informasi untuk memahami konsep pembelajaran (Nasaruddin, 2015).

Alat peraga dapat dibagi menjadi 2 macam, yaitu alat peraga jadi dan alat peraga buatan sendiri (Muhammad, 2014). Alat peraga jadi yaitu alat peraga yang dibuat oleh suatu perusahaan yang dapat di beli, dan siswa maupun guru tinggal menggunakan saja. Alat peraga buatan sendiri adalah alat peraga yang dibuat sendiri oleh siswa maupun guru. Tidak semua sekolah mampu menyediakan alat peraga sendiri karena harganya yang mahal. Oleh karena itu, dapat disiasati dengan membuat alat peraga sendiri sehingga materi mampu disampaikan dan diterima dengan baik.

2.2.4 3D Printing

3D *printing* merupakan salah satu teknologi yang berkembang sebagai mesin pembuat produk yang bisa dilakukan dengan mudah, cepat, dan mendetail. Dalam proses pengembangan produk baru 3D *printing* memegang peranan besar proses kreasi 2 dan 3 dimensi ilmu desain produk. 3D printer ini bisa digunakan untuk mencetak, modelling, purwarupa atau pemodelan, alat-alat peraga untuk pendidikan, model perhiasan, alat-alat penunjang kesehatan, desain produk, mainan anak-anak dan berbagai kebutuhan untuk mencetak bentuk dalam 3 dimensi. Teknologi ini menjadi salah satu tren teknologi informasi dan komunikasi masa kini (Kumara Sadana Putra & Ulin Ranicarfita Sari, 2018).

3D *printing* memiliki beberapa macam jenis yang berkembang dan digunakan secara luas, baik dalam dunia industri, otomotif, arsitektur, ataupun medis. Jenis-jenis 3D *printing* tersebut diantaranya *Stereolithography* (SLA), *Selective Laser Sintering* (SLS), *Selective Laser Melting* (SLM), *Digital Light Processing* (DLP), dan *Fused Deposition Modelling* (FDM). Beberapa jenis printer tersebut bisa digunakan sesuai kebutuhan dan spesifikasi alat. Jenis FDM adalah salah satu 3D *printing* yang paling banak digunakan baik skala individu ataupun industri besar. 3D *printing* jenis ini biasanya digunakan dalam pengembangan prototipe, pembuatan *molding*, ataupun model produk. Selain itu printer jenis ini mudah digunakan dan lebih ramah lingkungan dibandingkan 3D *printing* yang lain. Salah satu mesin 3D yang biasa digunakan adalah 3D *printing Anycubic Mega* dengan 3 *axis X,Y,Z* dengan kemampuan maksimal mencetak 20cm x 20cm x 20cm seperti terlihat pada gambar Gambar 2-2.



Gambar 2-2 3D Printing Anycubic Mega

Sumber : (ALEXEYGREKStudio, 2021)

2.2.5 Komposit

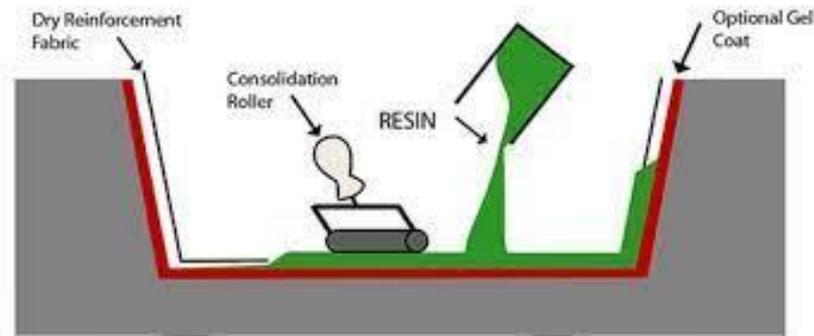
Bahan komposit adalah bahan yang terdiri dari dua atau lebih bahan yang digabung atau dicampur secara makroskopis menjadi satu bahan yang berguna (Jones, 1975). Komposit merupakan bahan gabungan secara makro, sehingga bahan komposit dapat didefinisikan sebagai suatu material yang tergabung dari campuran atau kombinasi dua atau lebih unsur-unsur utama yang secara makro berada di dalam bentuk atau komposisi material yang pada dasarnya tidak dapat dipisahkan (Schwartz, 1984). Bahan komposit secara umum terdiri dari penguat dan matriks. Sifat-sifat komposit tidak dapat dilepaskan dari pengaruh kekuatan serat sebagai salah satu penyusun utama komposit, dengan kandungan serat yang tinggi maka kekuatan tariknya akan tinggi, tetapi dengan kekuatan tarik yang tinggi belum tentu sifat-sifat yang lain akan lebih baik. Oleh karena itu perbandingan jumlah resin dan serat merupakan faktor yang sangat penting dalam menentukan sifat-sifat material komposit (Lukkassen & Meidell, 2007).

Tujuan pembuatan komposit yaitu:

1. Memperbaiki sifat mekanik atau sifat spesifik benda tertentu
2. Mempermudah membuat bentuk yang sulit pada proses manufaktur
3. Keleluasaan dalam bentuk untuk dapat menghemat biaya
4. Membuat suatu bahan menjadi lebih ringan

2.2.6 Hand Lay-UP

Proses *Hand Lay-Up* merupakan proses laminasi serat secara manual, dimana merupakan penemuan metode pertama dalam pembuatan komposit. Metode ini lebih ditekankan untuk pembuatan produk sederhana dan hanya menuntut satu sisi saja yang memiliki permukaan halus (Gibson, 1994). Proses *Hand Lay-Up* dapat dilihat pada Gambar 2-3.



Gambar 2-3 Proses *Hand Lay-Up*

Sumber: (Gibson, 1994)

Keunggulan dan kelemahan metode *Hand Lay-Up* adalah sebagai berikut:

- a. Keunggulan:
 - a. Peralatan yang diperlukan sedikit dan harga murah
 - b. Kemudahan dalam bentuk dan desain produk
 - c. Variasi ketebalan dan komposisi serat dapat diatur dengan mudah
- b. Kelemahan:
 - a. Ketebalan tidak konsisten
 - b. Distribusi resin tidak merata ke permukaan
 - c. Lebih boros penggunaan resin

2.2.7 *Silicone rubber* dan Katalis

Silicone rubber merupakan salah satu alternatif pembuatan produk dan cetakan dengan material karet sintetis yang murah dalam biaya produksi (Rahmati, Akbari, & Barati, 2007). *Silicone rubber* merupakan material berbahan dasar karet yang telah dilakukan proses pengolahan sedemikian rupa untuk dapat memiliki keadaan dasar bersifat liquid atau menyerupai cairan. RTV (*Room Temperature Vulcanization*) adalah pengolahan karet yang terjadi pada suhu ruangan dan rtv merupakan salah satu tipe *silicone rubber*. *Silicone rubber* merupakan salah satu yang biasa digunakan untuk membuat cetakan dalam proses manufaktur dan bisa digunakan untuk membuat produk seperti peralatan rumah tangga, alat medis, mainan, dan perlengkapan elektronik.

Katalis merupakan senyawa polimer dengan bentuk cairan berwarna bening. Fungsi katalis adalah untuk mempercepat proses pengeringan atau *curing* pada bahan *silicone rubber*. Perbandingan katalis yang digunakan adalah sebesar 3-4% dari jumlah *silicone rubber* yang digunakan (Homogenitas & Phantom, 2018). Semakin banyak katalis yang diberikan pada *silicone rubber* maka akan mempercepat proses laju pengeringan, tetapi dengan memberikan katalis yang terlalu banyak akan mengakibatkan *silicone* menjadi banyak gelembung udara dan mudah sobek.

2.2.8 *Software* CAD Rhinoceros

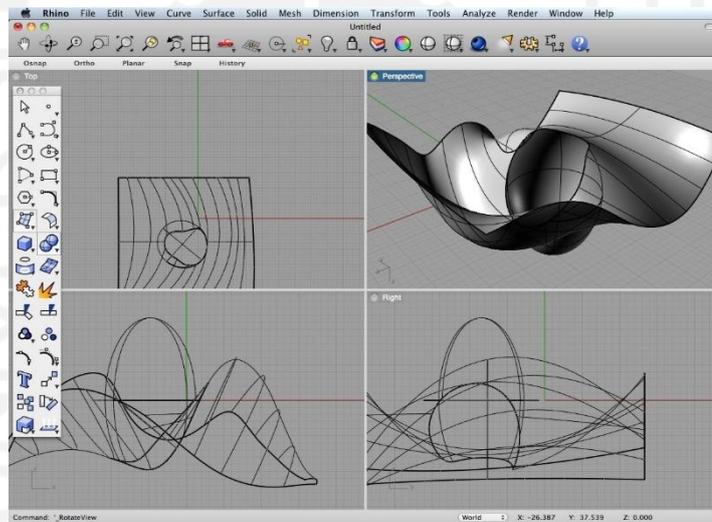
CAD (*Computer Aided Design*) adalah sebuah program komputer yang membantu dalam membuat, memodifikasi, menganalisis dan mengembangkan sebuah desain. Dengan menggunakan CAD memungkinkan seseorang perancang untuk mendesain gambar dengan mentransformasikan secara cepat. Program CAD dapat melakukan *Finite Element Analysis*, *Heat Transfer Analysis*, *Stress Analysis*, *Dynamic Simulation of Mechanisms*, *Fluid Dynamic Analysis* dan lain-lain. Berbagai macam program CAD akan berbeda satu dengan yang lain karena *product line*, *manufacturing proses*, dan *customer market* yang berbeda (Groover & Zimmers, 1984)

Rhinoceros adalah salah satu *software* grafis desain 3D yang membantu dalam program desain CAD. Rhinoceros dikembangkan oleh Robert McNeel dan Associates. *Software* dengan logo yaitu kepala badak, biasa digunakan untuk desain industri arsitektur, desain kelautan, desain perhiasan, desain otomotif, CAD/CAM, prototipe cepat, serta industri multimedia dan desain grafis. Aplikasi Rhinoceros 3D memiliki kapasitas untuk membuat, mengedit, menganalisis, mendokumentasikan, merender, menganimasikan, dan menerjemahkan NURBS (Non Uniform Rational B-Splines), yang merupakan matematika representasi geometri 3D yang dapat secara akurat menggambarkan bentuk apapun dari elemen 2D sederhana (garis, lingkaran, busur, atau kurva) hingga yang kompleks yaitu desai 3D (Samuel, Noble, & John, 2015). Rhinoceros memiliki kemampuan untuk mengimpor dan mengekspor lebih dari 30 format file yang berbeda. Dengan berbagai format file yang tersedia memungkinkan untuk dijadikan sebagai

jembatan konverter dalam alur kerja desain misalnya objek dapat dimodelkan di Rhinoceros kemudian diekspor ke *software* CAD lainnya untuk rendering. *Software* Rhinoceros dapat dilihat pada Gambar 2-4.



(a)



(b)

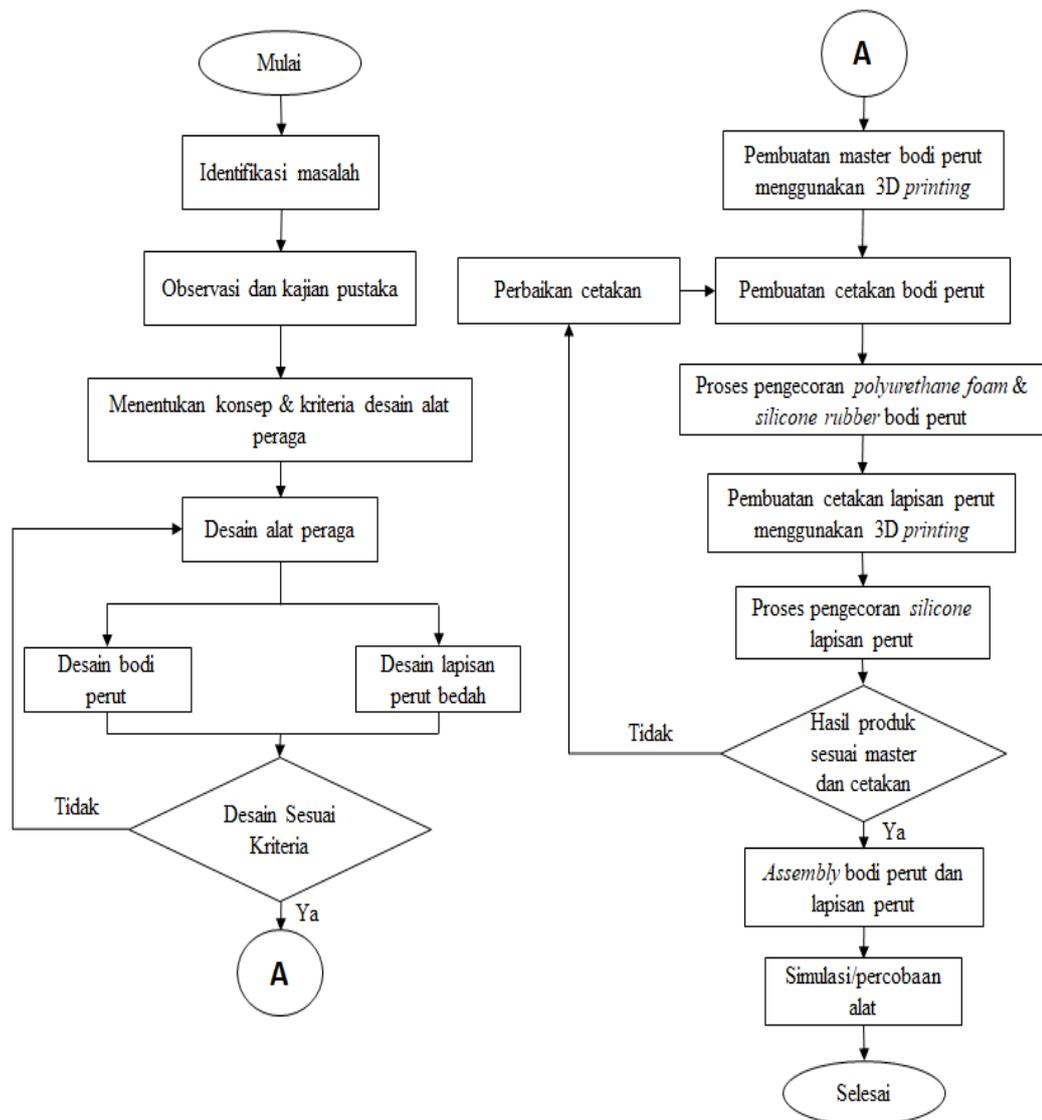
Gambar 2-4 Tampilan logo Rhinoceros 5 (a), Tampilan penggunaan Rhinoceros

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Alur Penelitian

Alur penelitian pada pembuatan alat ini dapat dilihat pada diagram Gambar 3-1 berikut ini:



Gambar 3-1 Diagram alur penelitian

3.2 Mengidentifikasi Masalah dan Tujuan Perancangan Alat

Di dalam pendidikan kedokteran yang berfokus pada Obstetri dan Ginekologi (Kebidanan dan Kandungan) diperlukan kompetensi pembelajaran praktik bedah untuk meningkatkan keterampilan dalam operasi bedah sesar. *Simulator* bedah sesar sebenarnya sudah terdapat banyak dipasaran dengan fitur dan fungsi kegunaan yang beraneka ragam.

Dibuatnya sebuah produk peraga operasi bedah sesar yang sederhana dan mudah namun bisa memberikan umpan balik kepada penggunaannya sehingga mempermudah pengguna mempelajari fokus ilmu mengenai bedah sesar. Namun untuk realitas anatomi jaringan perut pada alat ini tidak terlalu diperhitungkan terlebih dahulu. Alat ini dibuat untuk pembelajaran mengenai gambaran umum bedah sesar dan sedikit gambaran melakukannya dari awal sampai selesai. Alat peraga yang dirancang bisa digunakan untuk satu orang atau personal dan kelompok sebagai *simulator* tenaga pendidik di dunia kedokteran di bidang ini. Gambar 3-2 menunjukkan blog fungsi dari alat peraga bedah sesar.



Gambar 3-2 Blog fungsi alat peraga bedah sesar

3.3 Observasi

Sebelum membuat alat peraga sesar telah dilakukan observasi untuk mendapatkan dasar dari perancangan dan pembuatan alat. Observasi dilakukan secara literatur jurnal atau buku dan survei alat peraga yang sudah ada di pasaran. Langkah awal melakukan survei dan memahami konsep alat yang sudah ada di pasar. Hasil dari survei didapatkan beberapa alat peraga yang sudah ada di negara Indonesia rata-rata masih peraga bedah lapisan kulit *silicone* untuk pelatihan jahit luka dan peraga persalinan normal.

Dari survei secara literatur didapatkan beberapa penelitian yang menyajikan beberapa alat peraga bedah sesar yang ada. Alat-alat peraga yang sudah ada mempunyai variasi yang berbeda-beda sesuai kegunaannya. Salah satu alat peraga bedah yang ada, yaitu produk dari produsen teknologi medis *Gaumard Scientific* yang dibuat di negara Amerika Serikat. Alat peraga ini memiliki ketelitian tinggi dengan menampilkan realisme karakteristik seperti isyarat visual dan kemampuan umpan balik kepada penggunanya. Selanjutnya mencari beberapa literatur yang ada di Indonesia yang menghasilkan salah satu prototipe yang dibuat secara sederhana dengan ketelitian yang cukup baik dan memberikan umpan balik kepada penggunanya. Dari penelitian memiliki kekurangan secara visual karena masih menggunakan bahan-bahan sederhana berupa kain untuk material pembuatannya.

Studi lebih lanjut didapatkan bagaimana membuat sebuah produk alat peraga yang bisa memberikan gambaran visual serta umpan balik yang baik kepada penggunanya. Dalam proses pembuatan bodi dan bagian kulit dan lapisan yang di jahit menggunakan karet sintetis atau *silicone rubber* karena material ini yang biasa digunakan untuk membuat peraga medis serta mempunyai sifat elastisitas dan kelenturan yang hampir mirip dengan sifat jaringan kulit perut. Selain itu dimensi ukuran yang harus dibuat sesuai dengan ukuran asli yang didapatkan dari jurnal yaitu pada ketinggian fundus uteri maksimal 36 cm pada usia kehamilan 36 Minggu.

3.4 Kriteria Desain Alat peraga

Dalam perancangan pembuatan prototipe alat peraga operasi bedah sesar ini, ada beberapa kriteria yang harus dipenuhi untuk dapat menentukan konsep alat peraga sesar. Secara umum kriteria yang harus dipenuhi adalah mampu memberikan informasi sesuai dengan kegunaannya yaitu memberikan gambaran proses bedah sesar secara umum. Penentuan kriteria desain dibagi menjadi dua bagian penting yaitu kriteria desain bodi perut dan kriteria desain lapisan perut yang akan dibedah. Adapun kriteria desainnya adalah:

3.4.1 Kriteria Desain Bodi Perut

Kriteria dari desain bodi perut adalah:

1. Bentuk bodi perut akan dibuat dengan konsep maneken menyerupai perut ibu hamil yang akan membentuk perut dan paha atas, dengan tujuan untuk memberikan gambaran umpan balik visual untuk pengguna.
2. Karakteristik bodi perut bagian keseluruhan akan memperagakan bodi perut manusia hamil dengan permukaan keseluruhan bodi menggunakan material propertis yang mirip dengan kulit manusia dan aman ketika digunakan. Aman diartikan sebagai tidak akan melukai dan membahayakan penggunaanya.
3. Dimensi ukuran dari bodi perut dibuat menyerupai ukuran sebenarnya pada usia kehamilan 36 minggu yaitu pada ketinggian fundus uteri 36 cm, sehingga antara bentuk dan dimensi ukuran akan memberikan umpan balik visual yang baik sesuai dengan kondisi sebenarnya.
4. Pemilihan material bodi dipilih yang dapat mempertahankan bentuk aslinya ketika digunakan untuk proses memperagakan bedah sesar karena kemungkinan akan terkena tekanan pengguna ketika digunakan. Pemilihan material harus mempertimbangkan ringan beratnya sehingga mudah untuk dipindah-pindahkan. Selain itu material yang digunakan dapat dicari dengan mudah dipasaran dan harganya yang tidak terlalu mahal.
5. Desain alat peraga dapat dibuat dengan proses fabrikasi atau dibangun dengan mudah.
6. Desain bodi dibuat tempat rahim yang berlubang dan berongga sehingga dapat dijadikan tempat untuk bayi dan plasenta buatan akan diletakkan.
7. Desain bodi dibuat lubang akses ke rahim atau tampungan bayi dan dudukan untuk bagian yang berlubang sebagai tempat posisi lapisan perut dipasang pada saat digunakan.

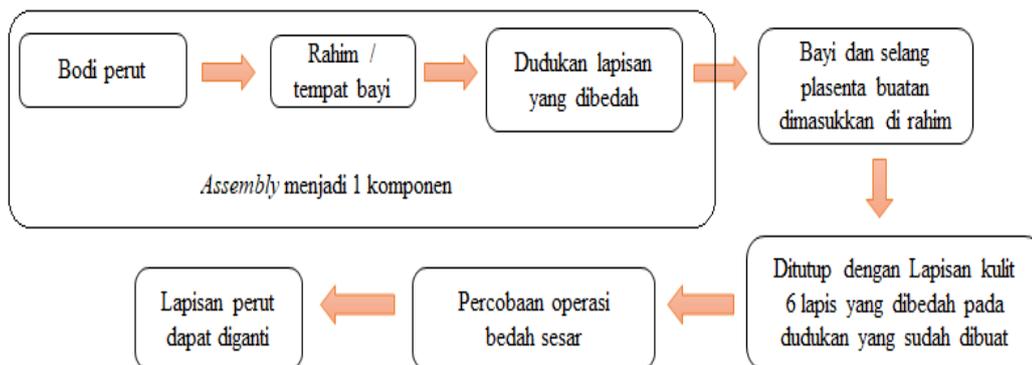
3.4.2 Kriteria Desain Lapisan Perut

Kriteria desain lapisan perut adalah:

1. Lapisan dibuat menjadi satu komponen atau bagian yang utuh.

2. Lapisan perut dibuat dengan gabungan 6 lapisan dengan warna dan ketebalan yang berbeda untuk memberikan gambaran mendekati secara aktual dengan yang sebenarnya.
3. Desain lapisan perut dapat dibuat dengan proses fabrikasi atau dibangun dengan mudah.
4. Pemilihan material menggunakan material propertis yang mirip dengan kulit manusia sehingga bisa diperagakan proses bedah sesar sesuai dengan fungsinya.
5. Lapisan perut yang akan dibangun memiliki dimensi ukuran sesuai dengan dudukan lapisan perut yang sudah dibuat pada bodi perut dan ketika dipasang tepat dan akurat sesuai ukuran lubang pada bodi.
6. Hasil produk lapisan perut dapat dibedah atau disayat secara vertikal dan horizontal dengan panjang sayatan antara 10-19cm.
7. Setiap lapisan dibedakan ketebalannya untuk memberikan gambaran proses sayatan menekankan bagian yang lama dan sulit adalah yang bagian tebal sampai yang termudah yang tipis.

3.5 Konsep Pengembangan Desain dan Perancangan Alat



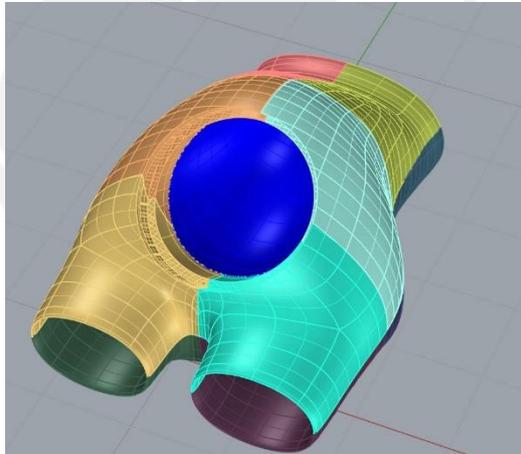
Gambar 3-3 Diagram konsep pengembangan desain

Konsep perancangan alat peraga seperti digambarkan oleh diagram Gambar 3-3. Bodi perut akan dilakukan proses *assembly* dengan Rahim di dalamnya dan dudukan lapisan untuk bagian yang dibedah. Sebelum digunakan bayi dimasukkan kedalam Rahim penampungan bayi. Kemudian ditutup bagian lubang masuk bayi

menggunakan lapisan perut yang akan dibedah. Setelah semua komponen terpasang alat siap untuk dioperasikan untuk percobaan bedah sesar.

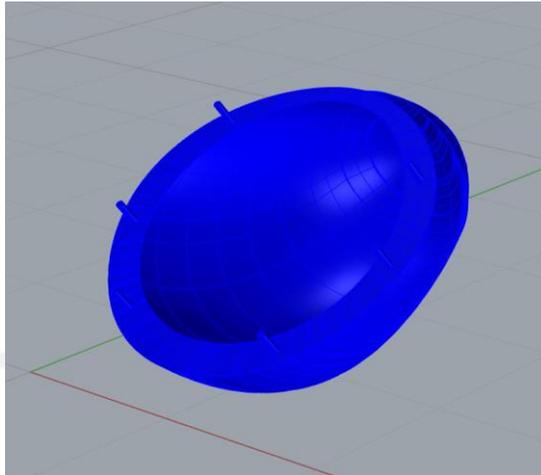
3.6 Desain Alat Peraga Operasi Bedah Sesar

Pembuatan desain alat peraga dibuat menggunakan *software Rhinoceros 5*. Pembuatan desain ini akan dijadikan sebagai master cetakan dari produk asli yaitu *silicone*. Dalam penelitian ini dibuat beberapa komponen untuk pembuatan master cetakan. Pertama-tama mendesain bodi perut yang menggambarkan bentuk sesuai bentuk sebenarnya. Pada penelitian ini dibuat desain sederhana untuk bagian perut dan paha atas untuk menggambarkan potongan dari bentuk sebenarnya. Tujuannya untuk memotong biaya pembuatan agar lebih ekonomis, desain bodi alat ini dapat dilihat pada Gambar 3-4.



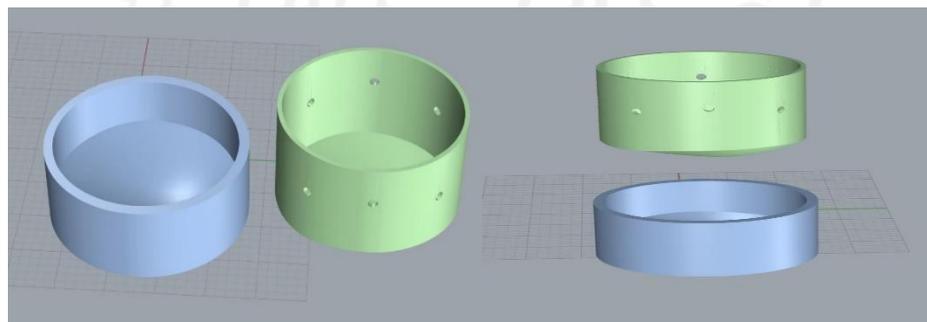
Gambar 3-4 Desain bodi perut

Desain berikutnya setelah bodi perut bagian luar adalah mendesain komponen rahim atau wadah bayi. Komponen ini akan dibuat kemudian digabungkan dengan bodi yang sudah diberikan part untuk penggabungan seperti terlihat pada Gambar 3-5.



Gambar 3-5 Desain rahim tempat bayi buatan

Setelah komponen bodi dan rahim kemudian mendesain cetakan untuk bagian yang dibedah. Cetakan didesain untuk bisa mencetak lapisan perut yang terdiri dari 6 lapis sebagai proyeksi dari kulit, lapisan lemak, *fascia*, lapisan otot, Peritoneum, dan lapisan rahim atau uterus. Cetakan akan dibuat bagian permukaan produknya menyesuaikan bentuk perut yang cembung mengikuti bentuk bodi perut. Cetakan dibuat dengan mekanisme bisa diatur ketebalan untuk proses pembuatannya. Tujuannya untuk bisa memproduksi lapisan perut dengan ketebalan yang bisa disesuaikan. Pengaturan tinggi rendahnya menggunakan mekanisme cetakan atas dan bawah, untuk cetakan atas akan dibuat lubang-lubang disisi samping untuk penyangga yang akan menyangga cetakan atas dengan bawah sesuai ketebalan produk. Dudukan penyangga akan dilubangi pada cetakan atas sesuai perhitungan ketebalan produk. Ketika penyangga dipindahkan pada lubang yang berbeda akan memberikan ketebalan berbeda sesuai tebal lapisan yang dipakai. Desain dari cetakan lapisan perut dapat dilihat pada Gambar 3-6



Gambar 3-6 Desain cetakan lapisan perut bedah

3.7 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam perancangan alat ini adalah sebagai berikut:

3.7.1 Alat

1. Laptop untuk mendesain master
2. *3D printing* untuk membuat master
3. Amplas untuk menghaluskan cetakan
4. Baut dan mur untuk menyatukan cetakan atas dan bawah
5. Bor sebagai alat untuk melubangi pinggir cetakan tempat baut
6. Gergaji besi untuk merapikan cetakan
7. Kuas ukuran 2,5 cm untuk mengoles resin

3.7.2 Bahan

1. Filamen PLA
2. Resin
3. Serat Fiberglass Matt
4. *Mirrorglaze (Wax)*
5. Aerosil dan talk
6. *Pholyurethane foam (PU A + PU B liquid)*
7. *Silicone rubber RTV-48*
8. Plastisin
9. Pewarna
10. Lem G

3.8 Pembuatan Alat Peraga

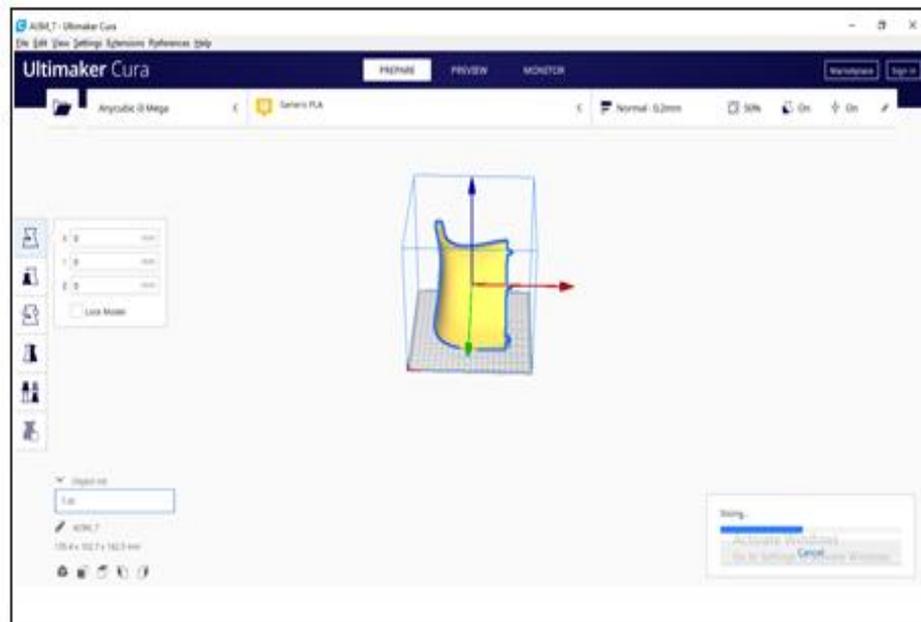
Setelah alat dan bahan tersedia tahap selanjutnya adalah pembuatan alat peraga bedah sesar. Pembuatan alat dibagi menjadi beberapa tahap. Tahap pertama adalah pembuatan master cetakan, kemudian membuat cetakan dan selanjutnya adalah proses pengecoran produk *silicone* atau produk alat. Penjelasan dari setiap tahap akan dibahas sebagai berikut:

3.8.1 Pembuatan Master Bodi Perut

Pembuatan master bodi perut menggunakan 3D *printing* *Anycubic Mega – S*. Dalam pembuatan master bodi perut dibagi menjadi beberapa langkah, diantaranya adalah:

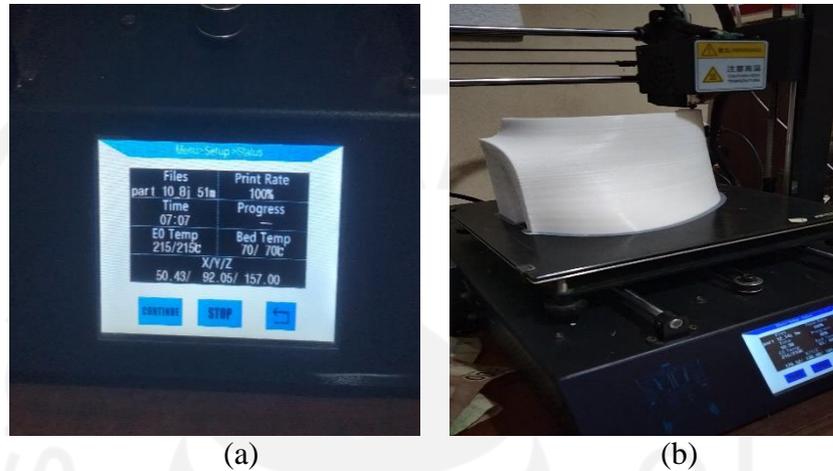
1. Menyiapkan desain yang sudah dibuat dalam format *file stl*.
2. *Software* Ultimaker Cura yang telah terinstal pada laptop.
3. Alat 3D *printing* dan Filamen PLA.

Sebelum mencetak dalam mesin 3D dilakukan segmentasi atau dipotong menjadi beberapa part pada desain yang sudah dibuat untuk menyesuaikan dengan kemampuan dimensi pencetakan 3D printer. Kemudian masing-masing segmentasi desain dirubah menjadi *file stl* untuk selanjutnya akan dibuat sebuah program *G-code* melalui proses *slicing* menggunakan *software* Ultimaker Cura seperti terlihat pada Gambar 3-7.



Gambar 3-7 Tampilan *slicing* menggunakan Ultimaker Cura

Tahapan selanjutnya setelah didapatkan programnya adalah melakukan kalibrasi bed kemudian dilakukan proses *printing* master menggunakan filamen PLA. Pencetakan menggunakan temperature *nozzle* 215°C sesuai dengan titik leleh material PLA yaitu dari suhu 190 – 230 °C dan suhu bed 70°C. Proses pencetakan 3D *printing* dapat dilihat pada tampilan Gambar 3-8.



Gambar 3-8 Tampilan monitor 3D *printing* (a), Proses pencetakan dengan 3D print (b)

3.8.2 Pembuatan cetakan

Pembuatan cetakan dibagi menjadi dua, yaitu pembuatan cetakan bodi perut dan cetakan lapisan perut yang dibedah. Pembuatan cetakan bodi perut menggunakan komposit serat fiberglass dengan metode pembuatan *Hand Lay-Up*. Teknis pembuatannya untuk mempermudah dibagi menjadi 3 part, yaitu bodi perut atas bodi perut bawah dan rahim. Sebelum tahap pengolesan resin dan fiberglass jenis Matt, master produk diolesi *mirroglaze (wax)* terlebih dahulu yang bertujuan agar cetakan komposit dapat dilepas dari master dengan mudah. Setelah tahapan pengolesan *wax* ditunggu kering sekitar 30 menit. Kemudian setelah kering dilakukan proses awal untuk membuat halus permukaan cetakan adalah dengan memakai *gel coat*. Pelapisan *gel coat* dilakukan memakai kuas dengan 3 lapisan. Proses yang dilakukan yaitu mencampur *gel coat* dengan katalis atau *hardner* untuk pengerasnya. Perbandingan yang dipakai antara katalis dengan resin *gelcoat* adalah 1/40. Setelah tahap pengolesan *gel coat* dilakukan penempelan fiberglass matt yang direkatkan dengan penambahan pengolesan resin yang dicampur katalis

dengan perbandingan sama 1/40. Proses ini dilakukan berlapis-lapis sesuai metode yang digunakan. Lapisan dilakukann sebanyak 3 lapis dengan tujuan cetakan yang dibuat tebal dan kuat. Cetakan dilakukan finishing dan pengecekan kembali apakah sudah sesuai dengan master dan kriteria cetakan yang baik. Cetakan harus rapi dan halus yang bertujuan agar produk *silicone* yang dibuat nantinya memiliki permukaan yang halus menyesuaikan cetakan.

Pembuatan cetakan lapisan perut menggunakan *3D printing* dengan proses yang dilakukan sama seperti pembuatan master cetakan bodi perut. Cetakan atau *molding* dibagi menjadi dua komponen yaitu *cavity* dan *core*. Material yang dipakai menggunakan filamen PLA. Pencetakan menggunakan temperature *nozzle* 215°C sesuai dengan titik leleh material PLA yaitu dari suhu 190 – 230 °C dan suhu bed 70°C.

3.8.3 Proses Pengecoran *Polyurethane Foam*

Pada proses pengecoran *polyurethane foam* (PU) dilakukan ketika cetakan yang dibuat sudah sesuai dengan kriteria yang dibuat. Hasil dari produk foam akan digunakan sebagai cetakan pengecoran *silicone* dan bagian dalam produk alat bedah sesar ini. Penambahan *foam* ini dilakukan untuk memangkas biaya pengeluaran ketika produk memakai *silicone* seluruhnya, tanpa mengorbankan konsep dan kriteria yang sudah ada. *Foam* dicetak menggunakan master bodi hasil *3D printing* sehingga ketika dicopot dari cetakan akan menghasilkan dimensi ruang pengecoran *silicone* saat ditutup dengan cetakan komposit. Pada proses pencetakan *foam* pada bagian bodi atas disatukan dengan master bodi rahim sehingga hasilnya nanti akan membentuk bulatan rahim tempat bayi. dalam Perbandingan larutan PU A dan PU B adalah 1/1. Proses pencetakan *foam* dapat dilihat pada Gambar 3-9.



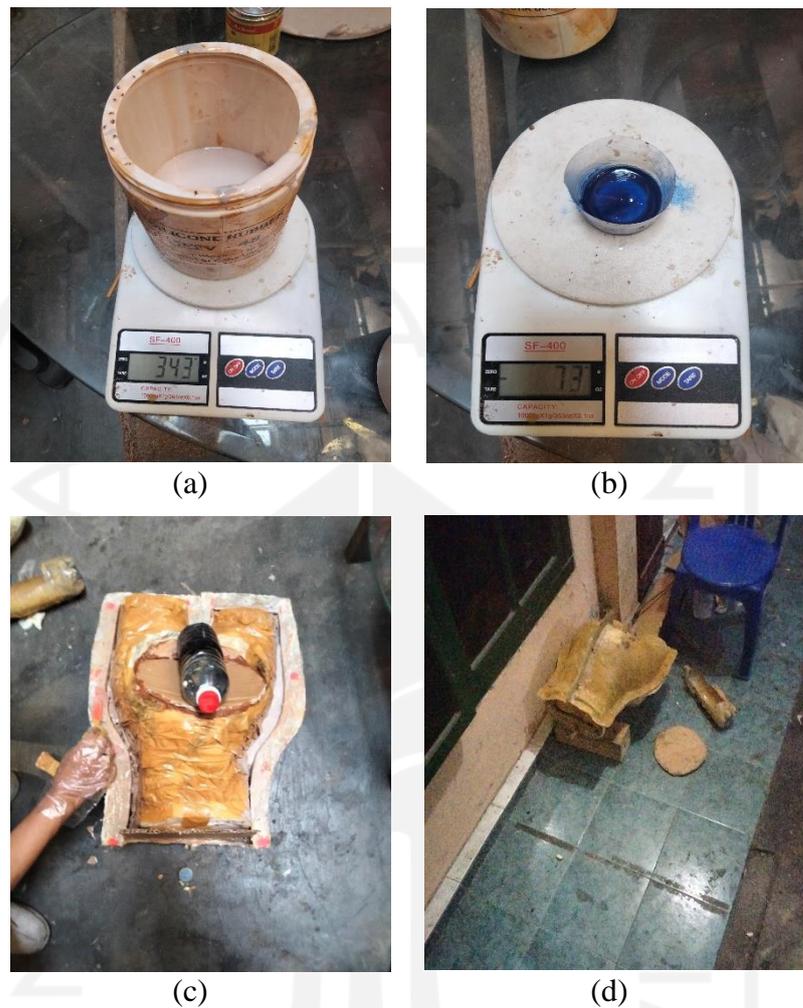
Gambar 3-9 Proses pencetakan *Polyurethane foam*

3.8.4 Proses Pencetakan *Silicone* Bodi Perut dan Rahim

Sebelum melakukan pengecoran *silicone*, *silicone rubber* RTV-48 dimasukkan kedalam wadah kemudian dicampur dengan katalis/ *hardner* dan pewarna. Tahapan pertama dilakukan pengukuran masa berat *silicone* dan dilakukan pengukuran massa berat katalis. Masa katalis yang dicampurkan sebesar 4% dari *silicone rubber* yang akan dicampur. Cara perhitungannya yaitu jumlah massa *silicone rubber* dikali 4 dibagi 100 sehingga katalis yang dicampur memiliki massa sesuai hasil yang didapat. Kemudian menyiapkan cetakan yang sudah dibagi menjadi dua bagian, bagian bodi atas dan bodi bawah untuk bagian bodi perut dan cetakan rahim tempat bayi. Pengecoran dilakukan dengan menuangkan *silicone rubber* yang sudah di tuang katalis kedalam masing-masing cetakan. Mekanismenya adalah dituangkan kemudian diratakan sehingga tidak ada yang tidak terkena *silicone rubber* pada masing-masing cetakan. Tujuan menggunakan metode ini agar semua bagian permukaan dapat tertutup *silicone* semua. Kemudian ditunggu sampai *silicone* mengeras sekitar 12 sampai 24 jam. Urutan pencetakannya adalah mencetak *silicone* bagian rahim karena terpisah kemudian bodi atas dan bodi bawah. Cetakan *silicone* bagian rahim menggunakan hasil dari *foam* bodi atas yang dioleskan pada bagian lubang rahim.

Tahap selanjutnya adalah menyiapkan hasil cetakan *foam* yang sudah dibuat. *Foam* dibagi atau dibelah menjadi dua bagian atas dan bawah sesuai bentuk cetakan. Masing-masing dari *foam* diletakkan kedalam cetakan bodi yang sudah di beri *silicone* dengan ketebalan 5 – 10 mm. Kemudian melakukan pengecekan disetiap sisi yang belum terisi *silicone* atau masih kosong, yang selanjutnya apabila masih ada yg belum terisi ditambah dengan dituangkan *silicone* yang sudah diberi katalis dan pewarna. Untuk bodi bagian atas prosesnya sama karena pencetakan dibagi dua. Setelah proses pencetakan masing-masing bodi bagian atas dan bawah selesai kemudian disatukan dengan mengoles *silicone rubber* pada sisi-sisi sambungan cetakan komposit dengan ketebalan 2,5 mm pada setiap sisi cetakan atas dan bawah. Untuk membuat *silicone* cair tidak merembes atau bocor ditambah plastisin terlebih dahulu pada ujung sisinya. Ketika sudah selesai dari pengolesan jangan ditunggu kering tetapi langsung disatukan cetakan menggunakan baut dan mur. Selanjutnya menunggu sampai sambungan *silicone* menjadi satu dan kering

sekitar 24 jam. Proses pembuatan produk bodi *silicone* dapat dilihat pada Gambar 3-10.



Gambar 3-10 Pengukuran massa *silicone* (a), Pengukuran massa katalis (b), Proses pembuatan produk *silicone* bodi perut (c), Proses menunggu kering *silicone* (d).

3.8.5 Proses Pencetakan Lapisan Perut

Proses pencetakan lapisan perut menggunakan *silicone rubber* RTV-48 dicampur dengan katalis dan pewarna. Proses pencetakan dilakukan menggunakan satu sistem cetakan dengan teknis pencetakan setiap lapis yang sudah dicetak akan ditunggu sampai kering kemudian ditimpa dengan pengolesan *wax*, ditunggu kering dan ditimpa lagi menggunakan *silicone* dengan warna lapisan berikutnya. Lapisan perut yang akan dibuat terdiri dari 6 lapisan untuk menggambarkan 6

bagian atau lapisan dengan ketebalan dan warna yang berbeda. Tebal lapisan perut dan pemilihan warna terdapat pada Tabel 3-1.

Tabel 3-1 Tabel bagian lapisan perut bedah sesar

No	Nama Bagian	Tebal lapisan	Warna
1	Kulit	1 mm	
2	Lemak	15mm	
3	<i>Fascia</i>	1mm	
4	Otot	5mm	
5	Peritoneum	3mm	
6	Rahim/Uterus	5mm	

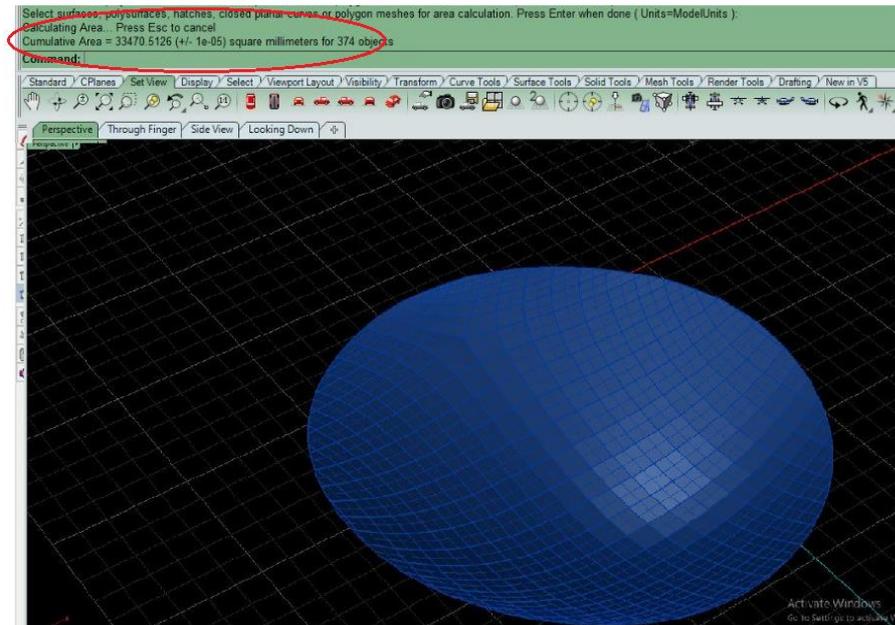
Sebelum melakukan pencetakan dilakukan proses melapisi *wax* pada cetakan yang sudah dibuat. Setelah cetakan dilapisi *wax* didiamkan sekitar 15 menit dengan tujuan *wax* kering dan menempel dicetakan. Kemudian menyiapkan *silicone rubber* RTV-48 yang sudah ditimbang masanya dan diberi pewarna. Masa dari *silicone* yang akan dibuat setiap lapisan dilakukan perhitungan sehingga didapat jumlah *silicone* yang akan dicetak kedalam cetakan. Penggunaan katalis sama dengan pembuatan bodi *silicone* yaitu 4% dari massa *silicone rubber* yang akan dicampur. Karena pencetakan yang dilakukan menggunakan cetakan pada penelitian ini akan membutuhkan jumlah massa *silicone* yang diketahui untuk dipakai pada setiap lapisan. Jumlahnya dapat dihitung dengan mencari massa jenis (ρ) *silicone* RTV-48. Massa jenis dapat dicari menggunakan rumus:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad 3.1$$

Dimana ρ menunjukkan massa jenis dalam g/cm^3 , m adalah massa dalam gram, dan V adalah Volume dalam cm^3 . Massa jenis dapat dihitung dengan massa *silicone* yang sudah ditimbang seberat 1000g dan volume dihitung pada wadah kemasan yang berbentuk tabung dengan mengukur jari-jari dan tinggi cairan *silicone* dalam wadah. Hasil dari perhitungan massa jenis adalah $1,06 g/cm^3$. Volume dapat dicari dengan rumus:

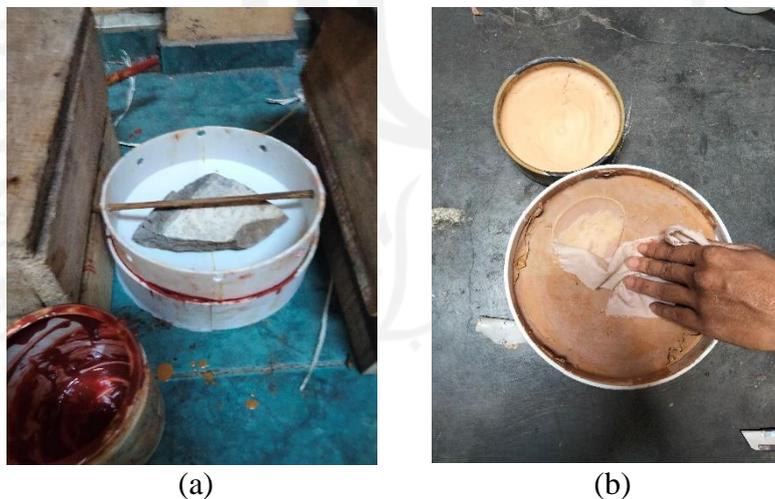
$$V = Luas\ alas \times t \quad 3.2$$

Dimana Luas alas dicari dengan menggunakan *software* desain *Rhinceros* dalam cm^2 , dan t adalah tinggi dalam cm . Luas alas didapatkan $33.470,5 mm^2$ seperti terlihat pada Gambar 3-11 kemudian dirubah menjadi $334,7 cm^2$.



Gambar 3-11 Tampilan *Software* untuk luas alas cetakan

Ketika massa jenis sudah didapat massa *silicone* yang dicetak bisa diketahui dengan menghitung masa jenis (ρ) dikalikan dengan volume penampang lapisan yang dihitung dengan rumus volume. Proses pencetakan dapat dilihat pada Gambar 3-12.



Gambar 3-12 Proses pencetakan lapisan *silicone* (a), Proses pengolesan *wax* antar lapisan (b)

Dari perhitungan massa dengan menggunakan rumus masa jenis dikalikan dengan volume produk lapisan kulit yang akan dibuat, didapat untuk setiap lapisan dapat dilihat pada Tabel 3-2. massa ini digunakan untuk acuan pencampuran *silicone* yang dibutuhkan setiap lapisan dengan katalis.

Tabel 3-2 Massa setiap lapisan *silicone* yang dibedah

No	Nama Bagian	Massa <i>silicone</i>
1	Kulit	35,5g
2	Lemak	532,2g
3	<i>Fascia</i>	35,5g
4	Otot	177,4g
5	Peritoneum	106,4g
6	Rahim/Uterus	177,4g

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pembuatan Master Bodi Cetakan

Pembuatan master bodi perut menggunakan 3D *printing* dengan tujuan dimensi ukuran produk bisa dibuat akurat sesuai dengan desain dan kriteria dari pembuatan alat ini. Penggunaan 3D *printing* dinilai lebih efektif untuk pembuatan master alat ini. Dapat dilihat hasil dari pembuatan berhasil dibuat sesuai desain yang ada. Bodi hasil printer dibagi menjadi 12 bagian part bodi yang akan disambung atau digabung dengan lem G. Hasil dari pencetakan master 3D *printing* bisa dilakukan penyambungan, namun masih terdapat beberapa part yang mengalami kendala perekatan dikarenakan dudukan dan lubang penguat sambungan tidak tepat dengan toleransi yang diberikan. Hal ini juga dipengaruhi pada peletakan *support* ketika melakukan proses pencetakan dengan printer. *Support* yang dibuat dan tidak bisa dibersihkan secara rapi mempengaruhi pada saat penggabungan part.

Support dapat diatur pada saat pembuatan program pada *software* Ultimaker Cura. Pemilihan peletakan *support* yang baik akan mempengaruhi hasil pencetakan. Solusi yang dibuat adalah membersihkan *support* secara perlahan sampai benar-benar bersih dan rapi, kemudian melakukan penghalusan kembali dengan amplas. Untuk dudukan yang tidak sesuai dilakukan pelubangan untuk memperbesar lubang dengan bor. Hasil dari pencetakan master bodi dan rahim dapat dilihat pada Gambar 4-1.



(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar 4-1 Hasil produk 3D sebelum diampelas dan *finishing* (a), Hasil 3D setelah *finishing* (b), Produk bodi setelah perakitan dengan lem G (c), Produk rahim (d)

4.2 Hasil Pembuatan Cetakan

Hasil cetakan yang dibuat dibedakan menjadi dua yaitu cetakan bodi perut dengan rahim dan cetakan lapisan perut yang dibedah. Hasil dari cetakan adalah sebagai berikut:

4.2.1 Hasil Cetakan Bodi Perut dan Rahim

Cetakan produk *silicone* dibuat menggunakan komposit serat fiberglass dengan metode pembuatan *Hand Lay-Up*. Penggunaan komposit bertujuan untuk cetakan bisa digunakan lagi memproduksi alat berulang kembali. Hasil dari pembuatan cetakan komposit bergantung pada ketelitian dan kejelian pengamatan waktu proses pelapisan resin dan fiberglass dilakukan. Tahap pelapisan *gel coat* adalah tahap yang harus dilakukan dengan ketelitian dan pengamatan yang baik, hal ini dikarenakan hasil kehalusan permukaan cetakan bergantung pada proses pelapisan *gel coat*. Pada penelitian ini dilakukan pemberian warna cetakan komposit kuning untuk memberikan perbedaan dengan master cetakan yang berwarna putih.

Hasil yang diperoleh dari cetakan berhasil dibuat sesuai bentuk master, namun ada beberapa kendala permasalahan yang terjadi yaitu kegagalan produk cetakan komposit pertama dikarenakan proses pelapisan *wax* yang tidak merata

dan melapisi seluruh permukaan master sehingga produk cetakan rusak ketika dilepas dari master seperti terlihat pada Gambar 4-2.



Gambar 4-2 Cetakan Rusak

Kemudian dilakukan pencetakan ulang, pada saat pelepasan cetakan produk proses ini cetakan mengalami sedikit kerusakan seperti terlihat pada Gambar 4-3. Solusi untuk kerusakan ini dilakukan penutupan lubang-lubang kerusakan dengan plastisin yang dibuat rata dengan penampang disekelilingnya tanpa merubah bentuk cetakan sesuai master.



Gambar 4-3 Penampakan kerusakan pada cetakan

Setelah dilakukan penambalan plastisin cetakan dilakukan proses *finishing* yaitu pengamplasan permukaan yang kurang halus dan pemotongan sisa-sisa fiberglass yang berlebih disisi cetakan menggunakan gunting atau gergaji besi. Proses *finishing* cetakan ini bertujuan membuat hasil produk *silicone* rapi dan halus pada sisi permukaan luar. Ketika sudah rapi cetakan siap digunakan untuk mencetak produk alat peraga. Hasil dari cetakan bodi perut dan rahim dapat dilihat pada Gambar 4-4.

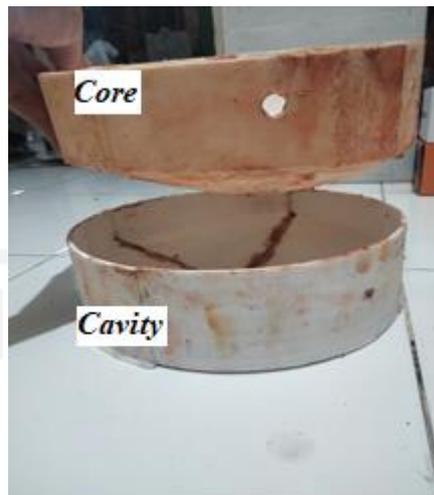


Gambar 4-4 Hasil cetakan bodi perut (a), Hasil cetakan rahim(b)

4.2.2 Hasil Cetakan Lapisan Perut

Cetakan lapisan perut dibuat menggunakan 3D *printing* dengan material filamen PLA. Hasil cetakan dibagi menjadi dua yaitu *Cavity* dan *Core*. Hasil dari cetakan dilakukan proses *finishing* yaitu penggabungan part dari masing-masing cetakan *Cavity* dan *Core* menggunakan lem dan proses penghalusan permukaan dengan menggunakan amplas untuk menghasilkan cetakan yang rapi pada saat proses pengecoran *silicone* lapisan perut. Hasil cetakan dapat dibuat sesuai desain namun terdapat celah tipis pada sambungan antar part yang memungkinkan terjadinya *silicone* merembes pada saat pencetakan. Penutupan celah dengan

plastisin menjadi solusi untuk mencegah rembesan saat cetakan digunakan. Hasil dari cetakan lapisan perut dapat dilihat pada Gambar 4-5.



Gambar 4-5 Hasil Cetakan lapisan perut dengan 3D *Printing*

4.3 Hasil Produk *Silicone* Alat Peraga Bedah Sesar

Hasil produk alat peraga bedah sesar merupakan gabungan dari bodi perut dengan rahim didalamnya dan bagian lapisan kulit yang dibedah. Pencetakan dilakukan dengan pemisahan dua bagian yaitu bodi atas dan bawah kemudian disatukan dengan *silicone* pada sambungannya untuk bagian bodi perut. Sambungan *silicone* setelah kering akan dipotong dan dirapikan. Hasil produk pencetakan berupa *silicone* bagian bodi terluar dengan *foam* mengisi rongga dalam *silicone*. Ketebalan *silicone* setiap sisi pada kriteria yang diinginkan adalah sama yaitu 1 cm, namun pada kenyataan hasilnya setelah kering dan dicopot dari cetakan ada beberapa bagian sisi yang tidak sesuai dengan kriteria, yaitu ada bagian yang memiliki rongga udara karena proses pengecoran yang tidak merata. Bentuk yang dihasilkan tetap sama sesuai dengan cetakan karena strategi pengolesan *silicone* dengan cetakan bodi dapat membuat hasil tampilan fisik merata pada permukaan alat peraga. Hasil dari produk bodi alat bedah sesar dapat dilihat pada Gambar 4-6.



Gambar 4-6 Hasil Produk bodi perut

Hasil pencetakan lapisan perut dengan cetakan 3D *printing* dapat dibuat sesuai dengan mekanisme perancangan cetakan. Proses pencetakan dengan cetakan ini menghasilkan produk lapisan perut bedah dengan 6 lapis dan warna yang berbeda. Masing-masing ketebalan akan dilakukan proses pengecoran dengan *silicone* yang massanya sudah dihitung sehingga dapat diperkirakan kebutuhan *silicone* pada setiap ketebalan lapisan. Proses pengecoran pada cetakan terdapat permasalahan untuk dimensi ketebalan tidak merata sesuai dengan kriteria dimana terdapat ketebalan yang berlebih dibagian terdalam cetakan atau bagian tengah sehingga sedikit mengurangi ketebalan pada bagian pinggir lapisan. Hasil pengecoran *silicone* lapisan kulit dapat dilihat pada Gambar 4-7.



Gambar 4-7 Hasil pengecoran *silicone* lapisan perut

4.4 Analisis dan Pembahasan

Melihat dari hasil penelitian yang sudah dibuat yaitu alat peraga bedah sesar mendapatkan beberapa variasi data yang dapat dibahas sebagai bahan penelitian kedepannya.

1. Bodi Perut Peraga Bedah Sesar

Bodi perut dibuat dengan material *silicone* yang memiliki ketebalan rata-rata 10 mm disetiap permukaan bodi alat. Dimensi bodi menyesuaikan dengan pengukuran *fundus uteri* pada usia kehamilan 36 minggu yaitu 34-36 cm. Bagian dalam berongga sehingga membutuhkan penguat yang berfungsi menopang bodi *silicone* permukaan sehingga bisa mempertahankan bentuk bodi alat. *Polyurethane Foam* (PU) dipilih untuk mengisi bagian rongga dalam alat karena penggunaan yang mudah dan bentuk *foam* bisa menyesuaikan permukaan cetakannya. Foam memiliki sifat yang dapat mempertahankan bentuk ketika terkena tekanan seperti contoh yaitu penggunaannya untuk jok kendaraan bermotor, kasur, jok mobil dan lain-lain. Dari hasil yang didapatkan pada saat pembuatan masih memiliki kekurangan dari segi pengecoran *silicone* dan *foam*. Pada saat pengecoran *silicone* perlu diperhatikan bahwa *silicone* harus bisa mengisi bagian rongga permukaan tanpa ada lapisan yang kosong atau memiliki rongga udara. Untuk pengecoran foam pada saat pencetakan dan pelepasan cetakan harus rapi sehingga sesuai dengan perhitungan awal bisa mengisi rongga dalam *silicone* tepat dan tidak ada rongga lagi. Saran dari penelitian ini untuk pembuatan dengan metode yang dijelaskan pada penelitian adalah pada saat pencetakan bodi lebih baik proses yang dilakukan tahapan pertama adalah pencetakan *silicone* bodi sampai memiliki ketebalan 10 mm disetiap bagian permukaan, kemudian untuk pencetakan PU *Liquid* bisa langsung dituangkan kedalam lapisan *silicone* yang berongga untuk selanjutnya tinggal merapikan bagian yang berlebih atau sisa foam yang keluar dari cetakan dan lapisan permukaan *silicone*. Penggunaan metode ini lebih efektif dan mudah untuk proses *finishing* bodi alat.

2. Lapisan Perut

Hasil dari lapisan perut pada penelitian ini dengan penggunaan cetakan yang dibuat dapat memberikan gambaran lapisan perut dengan warna yang dibedakan untuk membedakan setiap lapisannya. Metode yang digunakan menggunakan perhitungan massa *silicone* yang akan dituang kedalam cetakan *cavity* yang kemudian akan ditekan dengan cetakan core untuk

meratakan kesetiap permukaan sesuai bentuk. Namun terdapat kelemahan dengan metode cetakan/ *molding* pada penelitian ini, *cavity & core* pengaturan ketebalan lapisan tidak bisa dilihat sudah sesuai belum. Pencetakan tiap lapisan masih dengan metode perhitungan masa *silicone* yang dicetak. Saran untuk cetakan bisa dibuat dengan menggunakan metode ini, namun part-part yang digunakan harus kuat dan tidak mudah bergerak ketika tergeser atau terkena sentuhan benda lain.

3. Percobaan Alat

Percobaan alat dilakukan untuk menampilkan dan menguji hasil penelitian. Dilakukan beberapa langkah dari pemasangan, kemudian dilakukan pembedahan lapisan perut untuk menunjukkan hasil lapisan, dan gambaran hasil penjahitan kembali menggunakan perlengkapan sederhana (bukan perlengkapan medis sebenarnya). Pada penelitian ini pengujian masih belum dilakukan oleh tenaga medis yang mempunyai kewenangan untuk melakukan operasi bedah sesar. Percobaan prototipe alat sebagai pengujian masih dilakukan oleh peneliti dan hanya berfokus pada hasil prototipe alat peraga bisa digunakan untuk memberikan gambaran bedah sesar secara umum sesuai dengan teori yang diperoleh dari penelitian. Dari hasil percobaan yang telah dilakukan masih memiliki kekurangan pada dudukan lapisan perut. Dudukan yang dibuat tidak bisa kuat menahan lapisan tetap berada pada posisinya saat proses penjahitan setiap lapisan. Untuk tahapan pembuatan selanjutnya perlu menambahkan dudukan part yang bisa menahan lapisan *silicone* agar tidak terangkat saat penggunaan alat peraga. Penggunaan alat bisa berulang kali yang harus dilakukan hanya mencetak bagian lapisan perut yang dibedah. Hasil percobaan alat dapat dilihat pada Gambar 4-8.





Gambar 4-8 Hasil simulasi/percobaan alat

4.5 Biaya investasi Alat

Biaya investasi alat bertujuan untuk mengetahui seberapa besar biaya untuk membuat alat peraga bedah sesar dengan menggunakan metode pada penelitian ini. Biaya investasi alat peraga operasi bedah sesar dapat dilihat pada Tabel 4-1.

Tabel 4-1 Biaya investasi Alat peraga

No	Nama Barang	Banyak		Harga satuan (Rp)	Jumlah (Rp)
1	Filamen PLA	4	kg	180.000	720.000
2	Resin + Katalis	4	kg	35.000	140.000
3	Serat Fiberglass Matt	1	kg	40.000	40.000
4	Silicone Rubber RTV-48	6	kg	155.000	930.000
5	Kuas	2	buah	3.000	6.000
6	Plastisin	1	bungkus	5.000	5.000
7	Amplas	1	meter	7.500	7.500
8	Pewarna	3	warna	15.000	45.000
9	Mirrorglaze(WAX)	1	wadah	120.000	120.000
10	PU Foam	1	kg	170.000	170.000
11	Baut + mur	12	buah	750	9.000
12	Lem G	1	buah	7.500	7.500
Total biaya pembuatan					2.200.000

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Prototipe alat peraga bedah sesar dapat dibuat dengan menggunakan material *silicone rubber* RTV-48 dan *Polyurethane foam* sebagai penguat rongga bodi alat.
2. Prototipe alat peraga bedah sesar dapat digunakan untuk menggambarkan rangkaian operasi bedah sesar secara umum.
3. Alat peraga dapat memberikan umpan balik dengan dimensi, bentuk, dan karakteristik lapisan perut sintetis yang mendekati aktual bagian perut ibu hamil.
4. Lapisan perut sintetis dapat dibuat dengan material *silicone rubber* RTV-48 dengan gabungan 6 lapisan yang memiliki warna dan ketebalan yang berbeda dan dapat diganti setelah digunakan.

5.2 Saran atau Penelitian Selanjutnya

Dari hasil penelitian yang dilakukan, sebaiknya disarankan untuk dilakukan perkembangan dan perbaikan untuk penelitian selanjutnya, diantaranya adalah:

1. Mencari *silicone rubber* yang lebih elastis lagi pada bagian lapisan perut yang dibedah serta dilakukan pengujian oleh praktisi dokter bedah yang memiliki wewenang melakukan operasi bedah sesar.
2. Membuat dudukan untuk lapisan perut yang bisa digunakan menahan bagian lapisan perut agar tidak terangkat pada saat alat peraga digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

- ALEXEYGREKStudio. (2021). *3ddevice.com*. Retrieved July 6, 2021, from 3ddevice: <https://3ddevice.com.ua/en/product/3d-printer-anycubic-i3-mega-s/>
- Amalia, H., & Evicienna. (2017, October 26). Komparasi Metode Data Mining Untuk Penentuan Proses Persalinan Ibu Melahirkan. *13*, 103-109.
- Anas, M. (2021). *Alat Peraga dan Media Pembelajaran*. Muhammad Anas. Retrieved July 4, 2021, from https://books.google.co.id/books?id=nSgaCgAAQBAJ&dq=alat+peraga&lr=&source=gbs_navlinks_s
- Badan Pusat Statistik. (2020, January 21). *Badan Pusat Statistik*. Retrieved from Badan Pusat Statistik Web site: <https://www.bps.go.id/pressrelease/2021/01/21/1854/hasil-sensus-penduduk-2020.html>
- Cunningham, F., K, L., S, B., C, S., J, D., & B, H. (2011). *Cesarean Delivery and Peripartum Hysterectomy*. William's Obstetrics. 24th ed. New York: Mc Graw Hill. Retrieved from <https://obgyn.mhmedical.com/content.aspx?bookid=1057§ionid=59789171>
- Danuatmaja, B., & Meiliasari, M. (2004). *Persalinan Normal Tanpa Rasa Sakit* (Vol. I). (Y. Harlinawati, Ed.) Jakarta: Puspa Swara, Anggota Ikapi.
- Fitri, N. (2018). HUBUNGAN JENIS PERSALINAN DENGAN STATUS KESEHATAN BAYI BARU LAHIR DI KOTA BUKITTINGGI TAHUN 2018. 73-74.
- Gibson, R. (1994). *Principle Of Composite Material Mechanic*. Company, *Mc Graw Hill International Book* .
- Groover, M. P., & Zimmers. (1984). *CAD/CAM Computer-aided design and manufacturig*.

- Homogenitas, A., & Phantom, R. (2018). Analisis Homogenitas Citra Ultrasonografi Berbasis Silicone Rubber Phantom dengan GLCM. *Jurnal Fisika*, 18–27.
- John L. Cameron, M. F., & Haisted, W. S. (1997). Our Surgical Heritage. 225, 445-458.
- Jones, M. (1975). Mechanics of Composite Material. *Mc Graww Hill Kogakusha, Ltd.*
- Juwairiah, S. M. (2013, January). Alat Peraga Dan Media Pembelajaran Kimia. *IV*, 1–13. doi:10.46244/85
- Kumara Sadana Putra, S. M., & Ulin Ranicarfita Sari, S. (2018, July). Pemanfaatan Teknologi 3D Printing Dalam Proses Desain Produk Gaya Hidup. 1-2. doi:http://www.stmikpontianak.ac.id/
- Lia, X., Zhua, J., Dai, L., Li, M., Miao, L., Liang, J., & Wang, Y. (2010). Trends in Maternal Mortality Due to Obstetric Hemorrhage in Urban, and Rural China, 1996–2005.
- Lukkassen, D., & Meidell, A. (2007). Advanced Material and Structures and Their. *HiN: Narvik University College, Norway, III.*
- Mohammer Pasha., A. H. (2018). Perbandingan antara Pemberian Diet Oral Dini dan Tunda terhadap Bising Usus Pascabedah Sesar dengan Anestesi Spinal. 73-79.
- Mufdlilah, S. S. (2017). *PANDUAN ASUHAN KEBIDANAN IBU HAMIL* (Vol. III). (M. Ari Stiawan, Ed.) NUMED Offset.
- Muhammad, A. (2014). Alat Peraga dan Media Pembelajaran.
- Nasaruddin, N. (2015). Media Dan Alat Peraga Dalam Pembelajaran Matematika. 3, 21–30. doi:10.24256/232
- Pratama, M. I. (2020). Tinjauan Hukum Islam Terhadap Mempercepat Kelahiran Melalui Operasi Caesar (Sectio Cesarea) Dengan Alasan Memilih Tanggal Khusus.
- Rahmati, S., Akbari, J., & Barati, E. (2007). Dimensional accuracy analysis of wax patterns created by RTV silicone rubber molding using the Taguchi approach. *Rapid Prototyping Journal*, 115–122.

- Rodriguez-Paz, J. M., Kennedy, M., Salas, E., Wu, A. W., Sexton, J. B., Hunt, E. A., & Pronovost, P. J. (2009, february 9). Beyond “see one, do one, teach one”: toward a different training paradigm. 63–68.
- Samuel, K., Noble, K. D., & John, C. L. (2015, February). The Use of Computer-Based Tutorial to Augment Teaching and Learning of Computer Software Application: A Case Study of Rhinoceros 3d Software. *International Journal of innovatif research and development*, 4(2), 209-210.
- Schwartz, M. (1984). Composite Material Handbook, Singapore. *Mc Graw Hill*.
- Shahar, N. R. (2016). ANALISIS FAKTOR-FAKTOR PENYEBAB PROSES PERSALINAN SECARA CAESAR MENGGUNAKAN ALGORITMA ID3 DENGAN METODE DECISION TREE. *PROGRAM STUDI INFORMATIKA FAKULTAS KOMUNIKASI DAN INFORMATIKA UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA*.
- Todman, D. (2007). *A History of Caesarean Section: From Ancient World to The Modern Era*. *Australian and New Zealand Journal of Obstet and Gynaecol*, 47(5): 357-361.
- Vellanki, V. S., & Gillellamudi, S. B. (2010, december 6). Teaching surgical skills in obstetrics using a cesarean section simulator – bringing simulation to life. 85–88.
- Zetner, MD Diana, B., Iben, P., Konge, L. M., & Thinggard, E. M. (2019, August). Training Cesarean Section A Scoping Review. *14(4)*, 264-270.

LAMPIRAN

PERCOBAAN ALAT

