

IR-PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS AIRLANGGA

**ANALISIS DESAIN MODEL *SHORT ARM CAST* UNTUK
KASUS *DISTAL RADIUS FRACTURE* MENGGUNAKAN
PROGRAM SIMULASI NUMERIK**

SKRIPSI



NUR RAHMAH ABDULLAH

**PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK BIOMEDIS
DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS AIRLANGGA
2022**

**ANALISIS DESAIN MODEL *SHORT ARM CAST* UNTUK KASUS *DISTAL
RADIUS FRACTURE* MENGGUNAKAN PROGRAM SIMULASI
NUMERIK**

SKRIPSI

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Bidang Teknik Biomedis
pada Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Airlangga

Nur Rahmah Abdullah
NIM. 081811733017

Disetujui oleh :

Pembimbing I,



Drs. Pujiyanto, M.S.
NIP. 196103251987101001

Pembimbing II,

Alfian Pramudita Putra, S.T., M.Sc
NIP.199207232019031014

LEMBAR PENGESAHAN NASKAH SKRIPSI

Judul : Analisis Desain Model *Short Arm Cast* Untuk Kasus *Distal Radius Fracture* Menggunakan Program Simulasi Numerik

Penyusun : Nur Rahmah Abdullah

NIM : 081811733017

Pembimbing I : Drs. Pujiyanto, M.S.

Pembimbing II : Alfian Pramudita Putra, S.T., M.Sc.

Tanggal Ujian : 15 September 2022

Disetujui oleh,

Pembimbing I,

Pembimbing II,



Drs. Pujiyanto, M.S.
NIP. 196103251987101001

Alfian Pramudita Putra, S.T., M.Sc
NIP.199207232019031014

Mengetahui,

Ketua Departemen Fisika
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Airlangga

Ketua Program Studi S1 Teknik Biomedis
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Airlangga

Herri Trilaksana, S.Si., M.Si., Ph.D.
NIP. 197712282003121003

Dr. Riries Rulaningtyas, S.T., M.T.
NIP. 197903152003122002

PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI

Skripsi ini tidak dipublikasikan, namun tersedia di perpustakaan dalam lingkungan Universitas Airlangga, diperkenankan untuk dipakai sebagai referensi kepustakaan, tetapi pengutipan harus seizin penyusun dan harus menyebutkan sumbernya sesuai kebiasaan ilmiah.

Dokumen skripsi ini merupakan hak milik Universitas Airlangga.

SURAT PERNYATAAN TENTANG ORISINALITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini, saya :

Nama : Nur Rahmah Abdullah
NIM : 081811733017
Program Studi : Teknik Biomedis
Fakultas : Sains dan Teknologi
Jenjang : Sarjana (S1)

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan tindak plagiat dalam penulisan skripsi saya yang berjudul :

ANALISIS DESAIN MODEL *SHORT ARM CAST* UNTUK KASUS *DISTAL RADIUS FRACTURE* MENGGUNAKAN PROGRAM SIMULASI NUMERIK

Apabila suatu saat nanti terbukti melakukan tindakan plagiat, maka saya menerima sanksi yang telah ditetapkan.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya

Surabaya, 15 September 2022

Yang membuat pernyataan



Nur Rahmah Abdullah

NIM. 081811733017

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT atas limpahan rahmat, karunia, dan hidayah-Nya, skripsi yang berjudul “Analisis Desain Model *Short Arm Cast* untuk Kasus *Distal Radius Fracture* Menggunakan Program Simulasi Numerik” ini dapat diselesaikan. Naskah skripsi ini disusun sebagai acuan penyusunan skripsi yang merupakan salah satu syarat akademik guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Biomedis, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga.

Dalam penulisan skripsi ini, penulis mendapatkan banyak bantuan, bimbingan serta arahan dari berbagai pihak. Oleh karenanya, pada kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih yang tulus kepada :

1. Kedua orang tua, adik, nenek dan keluarga besar yang telah memberikan doa, dan dukungan sepenuhnya kepada penulis baik moral dan materiil.
2. Bapak Herri Trilaksana S.Si., M.Si. selaku Ketua Departemen Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga.
3. Ibu Dr. Riries Rulaningtyas, S.T., M.Si. selaku Ketua Program Studi S-1 Teknik Biomedis Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga yang telah membantu proses kelancaran penulisan skripsi.
4. Bapak Fadli Ama, S.T., M.T. selaku Dosen Wali yang senantiasa memberikan bimbingan dan bantuan demi kelancaran urusan akademik di perkuliahan.
5. Bapak Drs. Pujiyanto, M.S. dan Bapak Alfian Pramudita Putra, S.T., M.Sc selaku Dosen Pembimbing I dan II yang senantiasa memberikan ilmu dan nasihat kepada penulis serta meluangkan waktu dan tenaga selama proses konsultasi.

6. Teman-teman Teknik Biomedis Universitas Airlangga angkatan 2018, Beatin yang selalu menemani proses berkembang selama perkuliahan.
7. Kepada teman-teman “Ganti Eldig” Alma, Lina, Ria, Cakra, Amel dan Alif yang selalu menemani, mendukung, menghibur dan dengan sabar mendengarkan keluh kesah penulis selama masa perkuliahan.
8. Kepada Cyber dan Melly yang telah membantu penulis dalam penyelesaian permasalahan seputar skripsi selama satu tahun ini.
9. Pihak-pihak lain yang telah membantu melancarkan proses penyusunan skripsi ini.

Penulis berharap, skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi seluruh pihak. Namun, penulis juga menyadari bahwa skripsi ini masih belum sempurna, oleh karena itu penulis mengharapkan adanya kritik dan saran yang membangun sehingga penulis mampu menghasilkan tulisan yang lebih baik lagi.

Surabaya, 6 September 2022

Penulis,

Nur Rahmah Abdullah

Abdullah, Nur Rahmah 2022. **Desain Model *Short Arm Cast* untuk Kasus *Distal Radius Fracture* Menggunakan Program Simulasi Numerik**. Skripsi ini dibawah bimbingan Drs. Pujiyanto, M.S. dan Alfian Pramudita Putra, S.T., M.Sc., Program Studi S1 Teknik Biomedis, Departemen Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga.

ABSTRAK

Distal Radius Fracture (DRF) adalah kasus patah tulang pada pergelangan tangan yang paling sering ditemui di dunia dengan prevalensi kejadian sebesar 15% dari seluruh kasus fraktur tulang yang terjadi. Penanganan DRF tanpa pergeseran tulang radius dapat dilakukan menggunakan *short arm cast* untuk membatasi pergerakan dan kontraksi otot pada pergelangan tangan. Penggunaan *short arm cast* tradisional dengan menggunakan gips berbahan *plaster of paris* berpotensi menyebabkan iritasi dalam penggunaan. Untuk menjawab permasalahan tersebut, dibentuk dua belas jenis model yang terdiri atas tiga variasi ketebalan (4 mm, 6 mm dan 8 mm), dua variasi diameter lubang-lubang ventilasi (10 mm dan 13 mm), dua variasi jarak antar lubang-lubang ventilasi (20 mm dan 40 mm) dan menggunakan tiga jenis material berupa *Acrylonitrile Butadiene Styrene* (ABS), *Polylactic Acid* (PLA) dan *Polypropylene* (PP). Simulasi model *short arm cast* dilakukan dengan bantuan metode elemen hingga. Pada proses simulasi mekanik, model dikenai pembebanan sebesar 100 N dengan arah gaya Anterior-Posterior (AP), Posterior-Anterior (PA), Medial-Lateral (ML), Lateral-Medial (LM) dan momen rotasi (R) sebesar 1 Nm, sehingga menghasilkan nilai deformasi, sudut defleksi, *bending stiffness*, *strain*, *stress* dan *safety factor* yang digunakan dalam proses analisis. Simulasi fluida dinamis dilakukan untuk mengetahui suhu udara, kecepatan udara, *Predicted Mean Vote* (PMV), *Predicted Percentage Dissatisfied* (PPD) dan *thermal comfort*. Model *short arm cast* yang dinilai sesuai untuk kasus DRF adalah model variasi 9 dengan nilai rerata *safety factor* pada keseluruhan arah gaya sebesar 7039%, serta sensasi *thermal comfort* yang dirasakan adalah sedikit hangat.

Kata kunci : *Distal Radius Fracture, Finite Element Metode, Thermal Comfort*

Abdullah, Nur Rahmah 2022. **Design of a Short Arm Cast Model for a Distal Radius Fracture Case Using a Numerical Simulation Program**. This thesis is under the guidance of Drs. Pujiyanto, M.S. and Alfian Pramudita Putra, S.T., M.Sc., Biomedical Engineering Undergraduate Study Program, Department of Physics, Faculty of Science and Technology, Airlangga University.

ABSTRACT

Distal Radius Fracture (DRF) is the most common wrist fracture in the world with an incidence prevalence of 15% of all bone fractures that occur. Treatment of DRF without shifting the radius can be done using a short arm cast to limit movement and muscle contraction at the wrist. The use of traditional short arm cast using plaster of paris plaster has the potential to cause irritation in use. To answer these problems, twelve types of models were formed consisting of three variations in thickness (4 mm, 6 mm and 8 mm), two variations in the diameter of the ventilation holes (10 mm and 13 mm), two variations in the distance between the ventilation holes. (20 mm and 40 mm) and using three types of materials namely Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS), Polylactic Acid (PLA) and Polypropylene (PP). Simulation of the short arm cast model was carried out with the help of the finite element method. In the mechanical simulation process, the model is subjected to a loading of 100 N with the direction of Anterior-Posterior (AP), Posterior-Anterior (PA), Medial-Lateral (ML), Lateral-Medial (LM) and rotational moment (R) of 1 Nm. , resulting in the value of deformation, deflection angle, bending stiffness, strain, stress and safety factor used in the analysis process. Dynamic fluid simulation was carried out to determine air temperature, air velocity, Predicted Mean Vote (PMV), Predicted Percentage Dissatisfied (PPD) and thermal comfort. The short arm cast model that is considered suitable for the DRF case is the variation 9 model with an average safety factor value of 7039% in the overall direction of the force, and the sensation of thermal comfort that is felt is slightly warm.

Keywords : *Distal Radius Fracture, Finite Element Metode, Thermal Comfort*

DAFTAR ISI

LEMBAR JUDUL	i
LEMBAR PERNYATAAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN NASKAH SKRIPSI	iii
PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI	iv
SURAT PERNYATAAN TENTANG ORISINALITAS	v
KATA PENGANTAR.....	vi
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xxi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Anatomi Tangan dan Lengan Bawah	6
2.2 <i>Distal Radius Fracture</i>	7
2.3 Fase Penyembuhan Tulang.....	9
2.4 <i>Wrist and Hand Orthosis</i>	11

2.5	<i>Arm Cast</i>	12
2.4.1	<i>Long Arm Cast</i>	13
2.4.2	<i>Short Arm Cast</i>	13
2.6	<i>Computer Aided Design (CAD)</i>	15
2.7	<i>Computer Aided Manufacture (CAM)</i>	15
2.8	<i>Simulasi Numerik</i>	16
2.7.1	<i>Finite Element Method (FEM)</i>	16
2.7.2	<i>Finite Volume Method (FVM)</i>	17
2.7.3	<i>Prosedur Dasar FEM dan FVM</i>	18
2.7.4	<i>Evaluasi Pada FEM dan FVM</i>	20
2.9	<i>Acrylonitrile Butadiene Styrene</i>	28
2.10	<i>Polylactic Acid</i>	29
2.11	<i>Polypropylene</i>	29
BAB III METODE PENELITIAN		30
3.1	<i>Waktu dan Tempat Penelitian</i>	30
3.2	<i>Alat dan Bahan Penelitian</i>	30
3.3	<i>Prosedur Penelitian</i>	31
3.4	<i>Proses Perancangan</i>	31
3.4.1	<i>Pengumpulan Data Sekunder</i>	31
3.4.2	<i>Perancangan Desain 3D Short Arm Cast</i>	33
3.4.3	<i>Simulasi Model 3D Short Arm Cast</i>	34
3.4.3.1	<i>Pengaturan Material Penyusun Model Short Arm Cast</i>	34
3.4.3.2	<i>Penentuan dan Pemberian Boundary Condition</i>	36
3.4.3.3	<i>Pengaplikasian Convergence Study dan Grid Independence Study</i>	40
3.5	<i>Simulasi Uji Mekanik dan Uji Fluida Dinamis</i>	41
3.5.1	<i>Analisis Syarat Model 3D Short Arm Cast</i>	41

3.5.2 Analisis Hasil Akhir	42
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	46
4.1 Desain Model <i>Short Arm Cast</i>	46
4.2 <i>Convergence Study</i> pada Model 3D <i>Short Arm Cast</i>	48
4.2.1 <i>Convergence Study</i> untuk Model 3D <i>Short Arm Cast</i> Variasi 1	48
4.2.2 <i>Convergence Study</i> untuk Model 3D <i>Short Arm Cast</i> Variasi 2	49
4.2.3 <i>Convergence Study</i> untuk Model 3D <i>Short Arm Cast</i> Variasi 3	50
4.2.4 <i>Convergence Study</i> untuk Model 3D <i>Short Arm Cast</i> Variasi 4	51
4.2.5 <i>Convergence Study</i> untuk Model 3D <i>Short Arm Cast</i> Variasi 5	53
4.2.6 <i>Convergence Study</i> untuk Model 3D <i>Short Arm Cast</i> Variasi 6	54
4.2.7 <i>Convergence Study</i> untuk Model 3D <i>Short Arm Cast</i> Variasi 7	55
4.2.8 <i>Convergence Study</i> untuk Model 3D <i>Short Arm Cast</i> Variasi 8	56
4.2.9 <i>Convergence Study</i> untuk Model 3D <i>Short Arm Cast</i> Variasi 9	58
4.2.10 <i>Convergence Study</i> untuk Model 3D <i>Short Arm Cast</i> Variasi 10	59
4.2.11 <i>Convergence Study</i> untuk Model 3D <i>Short Arm Cast</i> Variasi 11	60
4.2.12 <i>Convergence Study</i> untuk Model 3D <i>Short Arm Cast</i> Variasi 12	61
4.3 Hasil Simulasi Uji Mekanik Model <i>Short Arm Cast</i>	64
4.3.1 Hasil Simulasi Deformasi <i>Short Arm Cast</i>	64
4.3.2 Hasil Simulasi <i>Strain Short Arm Cast</i>	71
4.3.3 Hasil Simulasi <i>Stress Short Arm Cast</i>	74
4.3.4 Hasil Perhitungan <i>Safety Factor</i>	77
4.3.5 Hasil Perhitungan <i>Average Life</i>	79
4.4 Pengaruh Variasi Model <i>Short Arm Cast</i> Terhadap Nilai Deformasi, Sudut Defleksi, <i>Bending Stiffness</i> , <i>Stress</i> , <i>Strain</i> dan <i>Safety Factor</i>	81

4.4.1	Pengaruh Variasi Ketebalan pada Model <i>Short Arm Cast</i> Terhadap Nilai Deformasi, Sudut Defleksi, <i>Bending Stiffness</i> , <i>Stress</i> , <i>Strain</i> Dan <i>Safety Factor</i>	81
4.4.2	Pengaruh Variasi Diameter Lubang-Lubang Ventilasi pada Model <i>Short Arm Cast</i> Terhadap Nilai Deformasi, Sudut Defleksi, <i>Bending Stiffness</i> , <i>Stress</i> , <i>Strain</i> dan <i>Safety Factor</i>	86
4.4.3	Pengaruh Variasi Jarak antara Lubang-Lubang Ventilasi pada Model <i>Short Arm Cast</i> Terhadap Nilai Deformasi, Sudut Defleksi, <i>Bending Stiffness</i> , <i>Stress</i> , <i>Strain</i> dan <i>Safety Factor</i>	90
4.4.4	Pengaruh Variasi Material pada Model <i>Short Arm Cast</i> Terhadap Nilai Deformasi, Sudut Defleksi, <i>Bending Stiffness</i> , <i>Stress</i> , <i>Strain</i> , <i>Safety Factor</i> dan <i>Average Life</i>	94
4.5	<i>Grid Independence Study</i> untuk Model 3D <i>Short Arm Cast</i>	99
4.5.1	<i>Grid Independence Study</i> untuk Model 3D <i>Short Arm Cast</i> Variasi 9.....	100
4.5.2	<i>Grid Independence Study</i> untuk Model 3D <i>Short Arm Cast</i> Variasi 10.....	100
4.5.3	<i>Grid Independence Study</i> untuk Model 3D <i>Short Arm Cast</i> Variasi 11.....	101
4.5.4	<i>Grid Independence Study</i> untuk Model 3D <i>Short Arm Cast</i> Variasi 12.....	102
4.6	Hasil Simulasi Uji Fluida Dinamis pada Model <i>Short Arm Cast</i>	103
4.6.1	Hasil Simulasi Suhu Ruang yang Terbentuk antara Model <i>Short Arm Cast</i> dengan Lengan Bawah.....	104
4.6.2	Hasil Simulasi Kecepatan Udara Maksimum yang Terbentuk pada Rongga antara Model <i>Short Arm Cast</i> dengan Lengan Bawah.....	105
4.7	Pengaruh Variasi Model <i>Short Arm Cast</i> Terhadap Suhu Rongga dan Kecepatan Udara Maksimum pada Rongga antara <i>Cast</i> dengan Tangan.....	106

4.7.1	Pengaruh Variasi Diameter Lubang-Lubang Ventilasi pada Model <i>Short Arm Cast</i> Terhadap Suhu Ruangan dan Kecepatan Udara Maksimum pada Rongga antara <i>Cast</i> dengan Tangan.....	106
4.7.2	Pengaruh Variasi Jarak antara Lubang-Lubang Ventilasi pada Model <i>Short Arm Cast</i> Terhadap Suhu Ruangan dan Kecepatan Udara Maksimum pada Rongga antara <i>Cast</i> dengan Tangan.....	107
4.8	Hasil <i>Thermal Comfort</i> pada Model <i>Short Arm Cast</i>	108
4.8.1	Hasil Perhitungan PMV dan PPD pada Model <i>Short Arm Cast</i>	108
4.9	Analisis <i>Thermal Comfort</i> pada Model <i>Short Arm Cast</i>	110
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		111
5.1	Kesimpulan.....	111
5.2	Saran.....	112
DAFTAR PUSTAKA.....		113
LAMPIRAN.....		119

DAFTAR TABEL

Nomor	Judul Tabel	Halaman
2.1	Klasifikasi DRF Frykman	8
2.2	Insulasi pakaian	24
2.3	Skala sensasi termal	27
2.4	Sifat mekanik <i>Acrylonitrile Butadiene Styrene</i> (ABS)	28
2.5	Sifat mekanik <i>Polylactic Acid</i> (PLA)	29
2.6	Sifat mekanik <i>Polypropylene</i> (PP)	29
3.1	Data antropometri tangan dan lengan bawah subjek penelitian	32
3.2	Parameter yang digunakan dalam proses desain model <i>short arm cast</i> .	33
3.3	Karakteristik termal material	36
3.4	Skala sensasi termal	45
4.1	Data <i>convergence study</i> model <i>short arm cast</i> variasi 1	48
4.2	Data <i>convergence study</i> model <i>short arm cast</i> variasi 2	49
4.3	Data <i>convergence study</i> model <i>short arm cast</i> variasi 3	50
4.4	Data <i>convergence study</i> model <i>short arm cast</i> variasi 4	52
4.5	Data <i>convergence study</i> model <i>short arm cast</i> variasi 5	53
4.6	Data <i>convergence study</i> model <i>short arm cast</i> variasi 6	54
4.7	Data <i>convergence study</i> model <i>short arm cast</i> variasi 7	55
4.8	Data <i>convergence study</i> model <i>short arm cast</i> variasi 8	57
4.9	Data <i>convergence study</i> model <i>short arm cast</i> variasi 9	58
4.10	Data <i>convergence study</i> model <i>short arm cast</i> variasi 10	59
4.11	Data <i>convergence study</i> model <i>short arm cast</i> variasi 11	60
4.12	Data <i>convergence study</i> model <i>short arm cast</i> variasi 12.	62
4.13	Data hasil deformasi pada simulasi <i>short arm cast</i> akibat pembebanan.	66
4.14	Data sudut defleksi <i>short arm cast</i> akibat pembebanan.	68
4.15	Data hasil <i>bending stiffness short arm cast</i> akibat pembebanan.	70

4.16	Data hasil <i>strain</i> pada simulasi <i>short arm cast</i> akibat pembebanan.	73
4.17	Data hasil <i>stress</i> pada simulasi <i>short arm cast</i> akibat pembebanan.	76
4.18	Data hasil <i>safety factor</i> pada simulasi <i>short arm cast</i> akibat pembebanan.	78
4.19	Data hasil <i>average life</i> dengan pemberian gaya 200 N.	80
4.20	Data hasil <i>average life</i> dengan pemberian gaya 400 N.	80
4.21	Data <i>grid independence study</i> model <i>short arm cast</i> variasi 9.	100
4.22	Data <i>grid independence study</i> model 3D <i>short arm cast</i> variasi 10.	101
4.23	Data <i>grid independence study</i> model 3D <i>short arm cast</i> variasi 11.	102
4.24	Data <i>grid independence study</i> model 3D <i>short arm cast</i> variasi 12.	103
4.25	Data hasil simulasi suhu ruangan pada titik pertama pengujian.	104
4.26	Data hasil simulasi suhu ruangan pada titik kedua pengujian.	104
4.27	Data hasil simulasi kecepatan udara pada titik pertama pengujian.	105
4.28	Data hasil simulasi kecepatan udara pada titik kedua pengujian.	105
4.29	Data hasil perhitungan <i>thermal comfort</i> pada titik pertama pengujian.	108
4.30	Data hasil perhitungan <i>thermal comfort</i> pada titik kedua pengujian.	108

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Judul Gambar	Halaman
2.1	Tulang-tulang pada tangan	6
2.2	<i>Distal radius fracture</i>	7
2.3	Tipe fraktur pada sistem klasifikasi Frykman	8
2.4	Tipe fraktur pada sistem klasifikasi universal (I) <i>non-articular</i> tidak ada pergeseran (II) <i>non-articular</i> ada pergeseran (III) <i>articular</i> tidak ada pergeseran (IV) <i>articular</i> ada pergeseran	9
2.5	Tahapan penyembuhan tulang	11
2.6	(a) <i>cast</i> ,(b) <i>splint</i> ,(c) <i>finger orthoses</i>	12
2.7	<i>Long arm cast</i>	13
2.8	<i>Short arm cast</i> konvensional dengan menggunakan <i>plaster of Paris</i>	14
2.9	<i>3D-printed short arm cast</i>	14
2.10	Bagan kerja ruang lingkup <i>Computer Aided Design</i> (CAD)	15
2.11	Representasi proses <i>meshing</i> dari (a) FEM (b) FVM	19
2.12	Gaya tekanan Von mises yang bekerja pada objek 3D	21
2.13	Grafik deformasi. (1) Zona <i>elastic deformation</i> , (2) Zona <i>plastic</i> deformasi, (3) Zona <i>collapse</i> (4) Zona <i>fracture</i>	22
2.14	Hubungan antara indeks PPD dengan PMV	28
3.1	Diagram alir penelitian	31
3.2	Ilustrasi parameter pada <i>short arm cast</i> (a) Panjang telapak tangan, (b) Kedalaman tangan (c) Lingkaran metacarpal (d) lingkaran pergelangan tangan dan lengan bawah	32
3.3	Desain model <i>short arm cast</i>	33
3.4	<i>S-N Curve polypropylene</i>	35
3.5	<i>S-N Curve polylactide acid</i>	35
3.6	<i>S-N Curve acrylonitrile butadiene styrene</i>	35
3.7	Area pembebanan (merah) dan <i>fixed support</i> (biru) pada pembebanan AP.	37

3.8	Area pembebanan (merah) dan <i>fixed support</i> (biru) pada pembebanan PA	37
3.9	Area pembebanan (merah) dan <i>fixed support</i> (biru) pada pembebanan ML	38
3.10	Area pembebanan (merah) dan <i>fixed support</i> (biru) pada pembebanan LM	38
3.11	Area pembebanan (merah) dan <i>fixed support</i> (biru) pada pembebanan R	39
3.12	Area <i>boundary condition</i> pada pengujian fluida dinamis (a) <i>inlet</i> (b) <i>outlet</i> (c) <i>wall</i> (d) <i>cast</i> (e) lengan bawah.	40
3.13	Titik-titik yang digunakan pada uji nilai defleksi.	43
3.14	Hasil pengujian <i>thermal comfort</i> pada CBE <i>Thermal Comfort Tool</i>	45
3.15	Zona <i>thermal comfort</i>	45
4.1	Model <i>short arm cast</i>	46
4.2	Tahapan desain model <i>short arm cast</i> menggunakan Autodesk Fusion 360	47
4.3	Model <i>short arm cast</i> variasi 1 setelah melalui proses <i>meshing</i>	49
4.4	Model <i>short arm cast</i> variasi 2 setelah melalui proses <i>meshing</i>	50
4.5	Model <i>short arm cast</i> variasi 3 setelah melalui proses <i>meshing</i>	51
4.6	Model <i>short arm cast</i> variasi 4 setelah melalui proses <i>meshing</i>	52
4.7	Model <i>short arm cast</i> variasi 5 setelah melalui proses <i>meshing</i>	54
4.8	Model <i>short arm cast</i> variasi 6 setelah melalui proses <i>meshing</i>	55
4.9	Model <i>short arm cast</i> variasi 7 setelah melalui proses <i>meshing</i>	56
4.10	Model <i>short arm cast</i> variasi 8 setelah melalui proses <i>meshing</i>	57
4.11	Model <i>short arm cast</i> variasi 9 setelah melalui proses <i>meshing</i>	59
4.12	Model <i>short arm cast</i> variasi 10 setelah melalui proses <i>meshing</i>	60
4.13	Model <i>short arm cast</i> variasi 11 setelah melalui proses <i>meshing</i>	61
4.14	Model <i>short arm cast</i> variasi 12 setelah melalui proses <i>meshing</i>	62
4.15	<i>Convergence study</i> model <i>short arm cast</i> variasi 1-4	63
4.16	<i>Convergence study</i> model <i>short arm cast</i> variasi 5-8	63

4.17	<i>Convergence study</i> model <i>short arm cast</i> variasi 9-12	64
4.18	Hasil deformasi pada model <i>short arm cast</i> variasi 9 dengan material PLA akibat pembebanan (a) AP, (b) PA, (c) ML, (d) LM dan (e) R	65
4.19	Hasil strain pada model <i>short arm cast</i> variasi 9 dengan material PLA akibat pembebanan (a) AP, (b) PA, (c) ML, (d) LM dan (e) R	72
4.20	Hasil stress pada model <i>short arm cast</i> variasi 9 dengan material PLA akibat pembebanan (a) AP, (b) PA, (c) ML, (d) LM dan (e) R	75
4.21	Hasil <i>average life</i> akibat pembebanan (a) 200 N dan (b) 400 N	80
4.22	Hasil distribusi deformasi akibat pembebanan ML pada model <i>short arm cast</i> dengan variasi ketebalan <i>cast</i> (a) 4 mm (b) 6 mm dan (c) 8 mm	82
4.23	Hasil distribusi <i>strain</i> akibat pembebanan ML pada model <i>short arm cast</i> dengan variasi ketebalan <i>cast</i> (a) 4 mm (b) 6 mm dan (c) 8 mm	84
4.24	Hasil distribusi <i>stress</i> akibat pembebanan ML pada model <i>short arm cast</i> dengan variasi ketebalan <i>cast</i> (a) 4 mm (b) 6 mm dan (c) 8 mm.	85
4.25	Hasil deformasi akibat pembebanan ML pada model <i>short arm cast</i> dengan variasi diameter lubang-lubang ventilasi sebesar (a) 10 mm dan (b) 13 mm.	87
4.26	Hasil i akibat pembebanan ML pada model <i>short arm cast</i> dengan variasi diameter lubang-lubang ventilasi sebesar (a) 10 mm dan (b) 13 mm	89
4.27	Hasil <i>stress</i> akibat pembebanan ML pada model <i>short arm cast</i> dengan variasi diameter lubang-lubang ventilasi sebesar (a) 10 mm dan (b) 13 mm	90

4.28	Hasil deformasi akibat pembebanan ML pada model <i>short arm cast</i> dengan variasi jarak lubang-lubang ventilasi sebesar (a) 20 mm dan (b) 40 mm	91
4.29	Hasil <i>strain</i> akibat pembebanan ML pada model <i>short arm cast</i> dengan variasi jarak lubang-lubang ventilasi sebesar (a) 20 mm dan (b) 40 mm	93
4.30	Hasil <i>stress</i> akibat pembebanan ML pada model <i>short arm cast</i> dengan variasi jarak lubang-lubang ventilasi sebesar (a) 20 mm dan (b) 40 mm	94
4.31	Hasil distribusi deformasi akibat pembebanan ML pada model <i>short arm cast</i> dengan variasi material cast (a) ABS (b) PLA dan (c) PP	95
4.32	Hasil distribusi <i>strain</i> akibat pembebanan ML pada model <i>short arm cast</i> dengan variasi material cast (a) ABS (b) PLA dan (c) PP	97
4.33	Hasil distribusi <i>stress</i> akibat pembebanan ML pada model <i>short arm cast</i> dengan variasi material cast (a) ABS (b) PLA dan (c) PP	98
4.34	<i>Grid independence study</i> model <i>short arm cast</i> variasi 9-12	103
4.35	Contoh titik uji pengujian fluida dinamis (a) titik pertama uji fluida dinamis (b) titik kedua uji fluida dinamis	104
4.36	(a) <i>Streamline</i> kecepatan aliran udara, (b) Arah kecepatan aliran udara	105
4.37	Grafik hubungan indeks PMV dan PPD pada model <i>short arm cast</i> variasi 9	109
4.38	Grafik hubungan indeks PMV dan PPD pada model <i>short arm cast</i> variasi 10	109
4.39	Grafik hubungan indeks PMV dan PPD pada model <i>short arm cast</i> variasi 11	109
4.40	Grafik hubungan indeks PMV dan PPD pada model <i>short arm cast</i> variasi 12	110

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Judul
1.	Distribusi deformasi dengan pembebanan AP pada model short arm cast berbahan ABS (a) variasi 1, (b) variasi 2, (c) variasi 3, (d) variasi 4, (e) variasi 5, (f) variasi 6 (g) variasi 7, (h) variasi 8, (i) variasi 9, (j) variasi 10, (k) variasi 11 dan (l) variasi 12
2.	Distribusi <i>strain</i> dengan pembebanan AP pada model short arm cast berbahan ABS (a) variasi 1, (b) variasi 2, (c) variasi 3, (d) variasi 4, (e) variasi 5, (f) variasi 6 (g) variasi 7, (h) variasi 8, (i) variasi 9, (j) variasi 10, (k) variasi 11 dan (l) variasi 12
3.	Distribusi <i>stress</i> dengan pembebanan AP pada model short arm cast berbahan ABS (a) variasi 1, (b) variasi 2, (c) variasi 3, (d) variasi 4, (e) variasi 5, (f) variasi 6 (g) variasi 7, (h) variasi 8, (i) variasi 9, (j) variasi 10, (k) variasi 11 dan (l) variasi 12
4.	Distribusi deformasi dengan pembebanan AP pada model short arm cast berbahan PLA (a) variasi 1, (b) variasi 2, (c) variasi 3, (d) variasi 4, (e) variasi 5, (f) variasi 6 (g) variasi 7, (h) variasi 8, (i) variasi 9, (j) variasi 10, (k) variasi 11 dan (l) variasi 12
5.	Distribusi <i>strain</i> dengan pembebanan AP pada model short arm cast berbahan PLA (a) variasi 1, (b) variasi 2, (c) variasi 3, (d) variasi 4, (e) variasi 5, (f) variasi 6 (g) variasi 7, (h) variasi 8, (i) variasi 9, (j) variasi 10, (k) variasi 11 dan (l) variasi 12
6.	Distribusi <i>stress</i> dengan pembebanan AP pada model short arm cast berbahan PLA (a) variasi 1, (b) variasi 2, (c) variasi 3, (d) variasi 4, (e) variasi 5, (f) variasi 6 (g) variasi 7, (h) variasi 8, (i) variasi 9, (j) variasi 10, (k) variasi 11 dan (l) variasi 12
7.	Distribusi deformasi dengan pembebanan AP pada model short arm cast berbahan PP (a) variasi 1, (b) variasi 2, (c) variasi 3, (d) variasi 4, (e)

- variasi 5, (f) variasi 6 (g) variasi 7, (h) variasi 8, (i) variasi 9, (j) variasi 10, (k) variasi 11 dan (l) variasi 12
8. Distribusi *strain* dengan pembebanan AP pada model short arm cast berbahan PP (a) variasi 1, (b) variasi 2, (c) variasi 3, (d) variasi 4, (e) variasi 5, (f) variasi 6 (g) variasi 7, (h) variasi 8, (i) variasi 9, (j) variasi 10, (k) variasi 11 dan (l) variasi 12
 9. Distribusi *stress* dengan pembebanan AP pada model short arm cast berbahan PP (a) variasi 1, (b) variasi 2, (c) variasi 3, (d) variasi 4, (e) variasi 5, (f) variasi 6 (g) variasi 7, (h) variasi 8, (i) variasi 9, (j) variasi 10, (k) variasi 11 dan (l) variasi 12
 10. Distribusi deformasi dengan pembebanan PA pada model short arm cast berbahan ABS (a) variasi 1, (b) variasi 2, (c) variasi 3, (d) variasi 4, (e) variasi 5, (f) variasi 6 (g) variasi 7, (h) variasi 8, (i) variasi 9, (j) variasi 10, (k) variasi 11 dan (l) variasi 12
 11. Distribusi strain dengan pembebanan PA pada model short arm cast berbahan ABS (a) variasi 1, (b) variasi 2, (c) variasi 3, (d) variasi 4, (e) variasi 5, (f) variasi 6 (g) variasi 7, (h) variasi 8, (i) variasi 9, (j) variasi 10, (k) variasi 11 dan (l) variasi 12
 12. Distribusi *stress* dengan pembebanan PA pada model short arm cast berbahan ABS (a) variasi 1, (b) variasi 2, (c) variasi 3, (d) variasi 4, (e) variasi 5, (f) variasi 6 (g) variasi 7, (h) variasi 8, (i) variasi 9, (j) variasi 10, (k) variasi 11 dan (l) variasi 12
 13. Distribusi deformasi dengan pembebanan PA pada model short arm cast berbahan PLA (a) variasi 1, (b) variasi 2, (c) variasi 3, (d) variasi 4, (e) variasi 5, (f) variasi 6 (g) variasi 7, (h) variasi 8, (i) variasi 9, (j) variasi 10, (k) variasi 11 dan (l) variasi 12
 14. Distribusi *strain* dengan pembebanan PA pada model short arm cast berbahan PLA (a) variasi 1, (b) variasi 2, (c) variasi 3, (d) variasi 4, (e) variasi 5, (f) variasi 6 (g) variasi 7, (h) variasi 8, (i) variasi 9, (j) variasi 10, (k) variasi 11 dan (l) variasi 12

15. Distribusi *stress* dengan pembebanan PA pada model short arm cast berbahan PLA (a) variasi 1, (b) variasi 2, (c) variasi 3, (d) variasi 4, (e) variasi 5, (f) variasi 6 (g) variasi 7, (h) variasi 8, (i) variasi 9, (j) variasi 10, (k) variasi 11 dan (l) variasi 12
16. Distribusi deformasi dengan pembebanan PA pada model short arm cast berbahan PP (a) variasi 1, (b) variasi 2, (c) variasi 3, (d) variasi 4, (e) variasi 5, (f) variasi 6 (g) variasi 7, (h) variasi 8, (i) variasi 9, (j) variasi 10, (k) variasi 11 dan (l) variasi 12
17. Distribusi *strain* dengan pembebanan PA pada model short arm cast berbahan PP (a) variasi 1, (b) variasi 2, (c) variasi 3, (d) variasi 4, (e) variasi 5, (f) variasi 6 (g) variasi 7, (h) variasi 8, (i) variasi 9, (j) variasi 10, (k) variasi 11 dan (l) variasi 12
18. Distribusi *stress* dengan pembebanan PA pada model short arm cast berbahan PP (a) variasi 1, (b) variasi 2, (c) variasi 3, (d) variasi 4, (e) variasi 5, (f) variasi 6 (g) variasi 7, (h) variasi 8, (i) variasi 9, (j) variasi 10, (k) variasi 11 dan (l) variasi 12
19. Distribusi deformasi dengan pembebanan ML pada model short arm cast berbahan ABS (a) variasi 1, (b) variasi 2, (c) variasi 3, (d) variasi 4, (e) variasi 5, (f) variasi 6 (g) variasi 7, (h) variasi 8, (i) variasi 9, (j) variasi 10, (k) variasi 11 dan (l) variasi 12
20. Distribusi *strain* dengan pembebanan ML pada model short arm cast berbahan ABS (a) variasi 1, (b) variasi 2, (c) variasi 3, (d) variasi 4, (e) variasi 5, (f) variasi 6 (g) variasi 7, (h) variasi 8, (i) variasi 9, (j) variasi 10, (k) variasi 11 dan (l) variasi 12
21. Distribusi *stress* dengan pembebanan ML pada model short arm cast berbahan ABS (a) variasi 1, (b) variasi 2, (c) variasi 3, (d) variasi 4, (e) variasi 5, (f) variasi 6 (g) variasi 7, (h) variasi 8, (i) variasi 9, (j) variasi 10, (k) variasi 11 dan (l) variasi 12
22. Distribusi deformasi dengan pembebanan ML pada model short arm cast berbahan PLA (a) variasi 1, (b) variasi 2, (c) variasi 3, (d) variasi 4, (e)

- variasi 5, (f) variasi 6 (g) variasi 7, (h) variasi 8, (i) variasi 9, (j) variasi 10, (k) variasi 11 dan (l) variasi 12
23. Distribusi *strain* dengan pembebanan ML pada model short arm cast berbahan PLA (a) variasi 1, (b) variasi 2, (c) variasi 3, (d) variasi 4, (e) variasi 5, (f) variasi 6 (g) variasi 7, (h) variasi 8, (i) variasi 9, (j) variasi 10, (k) variasi 11 dan (l) variasi 12
 24. Distribusi *stress* dengan pembebanan ML pada model short arm cast berbahan PLA (a) variasi 1, (b) variasi 2, (c) variasi 3, (d) variasi 4, (e) variasi 5, (f) variasi 6 (g) variasi 7, (h) variasi 8, (i) variasi 9, (j) variasi 10, (k) variasi 11 dan (l) variasi 12
 25. Distribusi deformasi dengan pembebanan ML pada model short arm cast berbahan PP (a) variasi 1, (b) variasi 2, (c) variasi 3, (d) variasi 4, (e) variasi 5, (f) variasi 6 (g) variasi 7, (h) variasi 8, (i) variasi 9, (j) variasi 10, (k) variasi 11 dan (l) variasi 12
 26. Distribusi *strain* dengan pembebanan ML pada model short arm cast berbahan PP (a) variasi 1, (b) variasi 2, (c) variasi 3, (d) variasi 4, (e) variasi 5, (f) variasi 6 (g) variasi 7, (h) variasi 8, (i) variasi 9, (j) variasi 10, (k) variasi 11 dan (l) variasi 12
 27. Distribusi *stress* dengan pembebanan ML pada model short arm cast berbahan PP (a) variasi 1, (b) variasi 2, (c) variasi 3, (d) variasi 4, (e) variasi 5, (f) variasi 6 (g) variasi 7, (h) variasi 8, (i) variasi 9, (j) variasi 10, (k) variasi 11 dan (l) variasi 12
 28. Distribusi deformasi dengan pembebanan LM pada model short arm cast berbahan ABS (a) variasi 1, (b) variasi 2, (c) variasi 3, (d) variasi 4, (e) variasi 5, (f) variasi 6 (g) variasi 7, (h) variasi 8, (i) variasi 9, (j) variasi 10, (k) variasi 11 dan (l) variasi 12
 29. Distribusi *strain* dengan pembebanan LM pada model short arm cast berbahan ABS (a) variasi 1, (b) variasi 2, (c) variasi 3, (d) variasi 4, (e) variasi 5, (f) variasi 6 (g) variasi 7, (h) variasi 8, (i) variasi 9, (j) variasi 10, (k) variasi 11 dan (l) variasi 12

30. Distribusi *stress* dengan pembebanan LM pada model short arm cast berbahan ABS (a) variasi 1, (b) variasi 2, (c) variasi 3, (d) variasi 4, (e) variasi 5, (f) variasi 6 (g) variasi 7, (h) variasi 8, (i) variasi 9, (j) variasi 10, (k) variasi 11 dan (l) variasi 12
31. Distribusi deformasi dengan pembebanan LM pada model short arm cast berbahan PLA (a) variasi 1, (b) variasi 2, (c) variasi 3, (d) variasi 4, (e) variasi 5, (f) variasi 6 (g) variasi 7, (h) variasi 8, (i) variasi 9, (j) variasi 10, (k) variasi 11 dan (l) variasi 12
32. Distribusi *strain* dengan pembebanan LM pada model short arm cast berbahan PLA (a) variasi 1, (b) variasi 2, (c) variasi 3, (d) variasi 4, (e) variasi 5, (f) variasi 6 (g) variasi 7, (h) variasi 8, (i) variasi 9, (j) variasi 10, (k) variasi 11 dan (l) variasi 12
33. Distribusi *stress* dengan pembebanan LM pada model short arm cast berbahan PLA (a) variasi 1, (b) variasi 2, (c) variasi 3, (d) variasi 4, (e) variasi 5, (f) variasi 6 (g) variasi 7, (h) variasi 8, (i) variasi 9, (j) variasi 10, (k) variasi 11 dan (l) variasi 12
34. Distribusi deformasi dengan pembebanan LM pada model short arm cast berbahan PP (a) variasi 1, (b) variasi 2, (c) variasi 3, (d) variasi 4, (e) variasi 5, (f) variasi 6 (g) variasi 7, (h) variasi 8, (i) variasi 9, (j) variasi 10, (k) variasi 11 dan (l) variasi 12
35. Distribusi *strain* dengan pembebanan LM pada model short arm cast berbahan PP (a) variasi 1, (b) variasi 2, (c) variasi 3, (d) variasi 4, (e) variasi 5, (f) variasi 6 (g) variasi 7, (h) variasi 8, (i) variasi 9, (j) variasi 10, (k) variasi 11 dan (l) variasi 12
36. Distribusi *stress* dengan pembebanan LM pada model short arm cast berbahan PP (a) variasi 1, (b) variasi 2, (c) variasi 3, (d) variasi 4, (e) variasi 5, (f) variasi 6 (g) variasi 7, (h) variasi 8, (i) variasi 9, (j) variasi 10, (k) variasi 11 dan (l) variasi 12
37. Distribusi deformasi dengan pembebanan R pada model short arm cast berbahan ABS (a) variasi 1, (b) variasi 2, (c) variasi 3, (d) variasi 4, (e)

variasi 5, (f) variasi 6 (g) variasi 7, (h) variasi 8, (i) variasi 9, (j) variasi 10, (k) variasi 11 dan (l) variasi 12

38. Distribusi *strain* dengan pembebanan R pada model short arm cast berbahan ABS (a) variasi 1, (b) variasi 2, (c) variasi 3, (d) variasi 4, (e) variasi 5, (f) variasi 6 (g) variasi 7, (h) variasi 8, (i) variasi 9, (j) variasi 10, (k) variasi 11 dan (l) variasi 12
39. Distribusi *stress* dengan pembebanan R pada model short arm cast berbahan ABS (a) variasi 1, (b) variasi 2, (c) variasi 3, (d) variasi 4, (e) variasi 5, (f) variasi 6 (g) variasi 7, (h) variasi 8, (i) variasi 9, (j) variasi 10, (k) variasi 11 dan (l) variasi 12
40. Distribusi deformasi dengan pembebanan R pada model short arm cast berbahan PLA (a) variasi 1, (b) variasi 2, (c) variasi 3, (d) variasi 4, (e) variasi 5, (f) variasi 6 (g) variasi 7, (h) variasi 8, (i) variasi 9, (j) variasi 10, (k) variasi 11 dan (l) variasi 12
41. Distribusi *strain* dengan pembebanan R pada model short arm cast berbahan PLA (a) variasi 1, (b) variasi 2, (c) variasi 3, (d) variasi 4, (e) variasi 5, (f) variasi 6 (g) variasi 7, (h) variasi 8, (i) variasi 9, (j) variasi 10, (k) variasi 11 dan (l) variasi 12
42. Distribusi *stress* dengan pembebanan R pada model short arm cast berbahan PLA (a) variasi 1, (b) variasi 2, (c) variasi 3, (d) variasi 4, (e) variasi 5, (f) variasi 6 (g) variasi 7, (h) variasi 8, (i) variasi 9, (j) variasi 10, (k) variasi 11 dan (l) variasi 12
43. Distribusi deformasi dengan pembebanan R pada model short arm cast berbahan PP (a) variasi 1, (b) variasi 2, (c) variasi 3, (d) variasi 4, (e) variasi 5, (f) variasi 6 (g) variasi 7, (h) variasi 8, (i) variasi 9, (j) variasi 10, (k) variasi 11 dan (l) variasi 12
44. Distribusi *strain* dengan pembebanan R pada model short arm cast berbahan PP (a) variasi 1, (b) variasi 2, (c) variasi 3, (d) variasi 4, (e) variasi 5, (f) variasi 6 (g) variasi 7, (h) variasi 8, (i) variasi 9, (j) variasi 10, (k) variasi 11 dan (l) variasi 12

45. Distribusi *stress* dengan pembebanan R pada model short arm cast berbahan PP (a) variasi 1, (b) variasi 2, (c) variasi 3, (d) variasi 4, (e) variasi 5, (f) variasi 6 (g) variasi 7, (h) variasi 8, (i) variasi 9, (j) variasi 10, (k) variasi 11 dan (l) variasi 12
46. Distribusi *average life* dengan pembebanan 200N pada model short arm cast berbahan ABS (a) variasi 1, (b) variasi 2, (c) variasi 3, (d) variasi 4, (e) variasi 5, (f) variasi 6 (g) variasi 7, (h) variasi 8, (i) variasi 9, (j) variasi 10, (k) variasi 11 dan (l) variasi 12
47. Distribusi *average life* dengan pembebanan 200N pada model short arm cast berbahan PLA (a) variasi 1, (b) variasi 2, (c) variasi 3, (d) variasi 4, (e) variasi 5, (f) variasi 6 (g) variasi 7, (h) variasi 8, (i) variasi 9, (j) variasi 10, (k) variasi 11 dan (l) variasi 12
48. Distribusi *average life* dengan pembebanan 200N pada model short arm cast berbahan PP (a) variasi 1, (b) variasi 2, (c) variasi 3, (d) variasi 4, (e) variasi 5, (f) variasi 6 (g) variasi 7, (h) variasi 8, (i) variasi 9, (j) variasi 10, (k) variasi 11 dan (l) variasi 12
49. Distribusi *average life* dengan pembebanan 400N pada model short arm cast berbahan ABS (a) variasi 1, (b) variasi 2, (c) variasi 3, (d) variasi 4, (e) variasi 5, (f) variasi 6 (g) variasi 7, (h) variasi 8, (i) variasi 9, (j) variasi 10, (k) variasi 11 dan (l) variasi 12
50. Distribusi *average life* dengan pembebanan 400N pada model short arm cast berbahan ABS (a) variasi 1, (b) variasi 2, (c) variasi 3, (d) variasi 4, (e) variasi 5, (f) variasi 6 (g) variasi 7, (h) variasi 8, (i) variasi 9, (j) variasi 10, (k) variasi 11 dan (l) variasi 12
51. Distribusi *average life* dengan pembebanan 400N pada model short arm cast berbahan PLA (a) variasi 1, (b) variasi 2, (c) variasi 3, (d) variasi 4, (e) variasi 5, (f) variasi 6 (g) variasi 7, (h) variasi 8, (i) variasi 9, (j) variasi 10, (k) variasi 11 dan (l) variasi 12
52. Distribusi suhu udara pada ruangan antara short arm cast dan lengan bawah
53. Distribusi kecepatan udara pada ruangan antara short arm cast dan lengan bawah

54. *Streamline* kecepatan udara pada ruangan antara short arm cast dan lengan bawah