



**PENGARUH VARIASI TEMPERATUR DAN
WAKTU TAHAN PADA PROSES *ARTIFICIAL AGING*
TERHADAP MIKROSTRUKTUR DAN KEKERASAN
MATERIAL *ALUMINIUM ALLOY 6063***

SKRIPSI

ANAND RIFALDI

2110311045

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK MESIN

2026



**PENGARUH VARIASI TEMPERATUR DAN
WAKTU TAHAN PADA PROSES *ARTIFICIAL AGING*
TERHADAP MIKROSTRUKTUR DAN KEKERASAN
MATERIAL *ALUMINIUM ALLOY 6063***

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
sarjana teknik**

ANAND RIFALDI

2110311045

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK MESIN

2026

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Anand Rifaldi
NIM : 2110311045
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : PENGARUH VARIASI TEMPERATUR DAN
DURASI WAKTU TAHAN PADA PROSES
ARTIFICIAL AGING TERHADAP
MIKROSTRUKTUR DAN KEKERASAN
MATERIAL *ALUMINIUM ALLOY 6063*

Telah berhasil dipertahankan dihadapan para penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.



Dr. Eng. Riki Hendra Purba, S.T., M.Eng

Penguji Utama



Sigit Pradana, S.T., M.T.

Penguji Lembaga



Nicky Yongki Mandalan, S.T., M.M., M.T

Penguji III (Pembimbing)



Dr. Eng. Ir. Teguh Firmansyah, S.T., M.T., IPM

Dekan Fakultas Teknik



Ir. Fahrudin, S.T., M.T.

Kepala Program Studi Teknik Mesin

Ditetapkan di : Jakarta

Tanggal Ujian : 8 Januari 2026

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

Skripsi diajukan oleh:

Nama : Anand Rifaldi
NIM : 2110311045
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : PENGARUH VARIASI TEMPERATUR DAN
DURASI WAKTU TAHAN PADA PROSES
ARTIFICIAL AGING TERHADAP
MIKROSTRUKTUR DAN KEKERASAN
MATERIAL *ALUMINIUM ALLOY 6063*

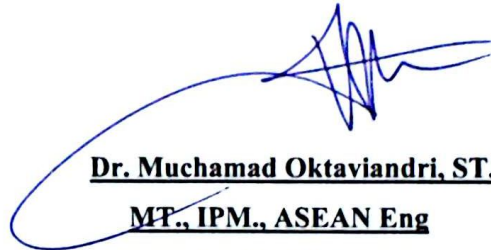
Telah dikoreksi atau diperbaiki oleh penulis sesuai arahan dari dosen pembimbing dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.

Menyetujui,



Nicky Yongki Mandalan, S.T., M.M., M.T

Pembimbing 1



Dr. Muchamad Oktaviandri, ST.,
MT., IPM., ASEAN Eng

Pembimbing 2

Mengetahui,



Ir. Fahrudin, S.T., M.T.

Kepala Program Studi Teknik Mesin

LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil pemikiran serta penelitian saya sendiri, dan dan sumber yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Anand Rifaldi

NIM : 2110311045

Program Studi : SI Teknik Mesin

Bilamana dikemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan saya ini, maka saya bersedia dituntut dan diproses sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Jakarta, 8 Januari 2026



Anand Rifaldi

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademik Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.

Saya yang akan bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Anand Rifaldi

NIM : 2110311045

Fakultas : Teknik

Program studi : S.1 Teknik Mesin

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non Exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

"PENGARUH VARIASI TEMPERATUR DAN DURASI WAKTU TAHAN PADA PROSES *ARTIFICIAL AGING* TERHADAP MIKROSTRUKTUR DAN KEKERASAN MATERIAL *ALUMINIUM ALLOY 6063*"

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan) Dengan Hak Bebas Royalti ini, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan Skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya

Jakarta, 8 Januari 2026

Yang Menyatakan



(Anand Rifaldi)

**PENGARUH VARIASI TEMPERATUR DAN DURASI WAKTU
TAHAN PADA PROSES *ARTIFICIAL AGING* TERHADAP
MIKROSTRUKTUR DAN KEKERASAN MATERIAL
*ALUMINIUM ALLOY 6063***

Anand Rifaldi

ABSTRAK

Perlakuan panas merupakan metode efektif untuk meningkatkan sifat mekanik paduan aluminium seri 6xxx melalui mekanisme *precipitation hardening*. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi temperatur dan durasi waktu tahan *artificial aging* terhadap mikrostruktur dan kekerasan *Aluminium Alloy 6063* serta mengidentifikasi korelasi antara keduanya. Metode penelitian yang digunakan adalah eksperimental dengan tahapan *solution treatment* pada temperatur 530 °C selama 120 menit, dilanjutkan *quenching* air, dan *artificial aging* pada temperatur 195 °C dan 210 °C dengan durasi 160 dan 190 menit. Metode pengujian meliputi pengamatan mikrostruktur dan analisis presipitat menggunakan SEM-EDS , pengujian kekerasan menggunakan metode Vickers, serta analisis presipitat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi parameter *artificial aging* berpengaruh signifikan terhadap jumlah partikel, ukuran dan distribusi presipitat Mg₂Si. Kondisi *artificial aging* pada 210 °C selama 160 menit menghasilkan presipitat halus dan *homogen* dengan nilai kekerasan tertinggi sebesar 73,14 HV, sedangkan pada temperatur 210 °C selama 190 menit menyebabkan *over-aging* yang menurunkan kekerasan menjadi 66,50 HV.

Kata Kunci: *Aluminium Alloy 6063, Artificial Aging*, Mikrostruktur, Kekerasan Vickers.

**THE EFFECT OF TEMPERATURE AND HOLDING TIME
VARIATIONS DURING THE ARTIFICIAL AGING PROCESS ON
THE MICROSTRUCTURE AND HARDNESS OF ALUMINIUM
ALLOY 6063**

Anand Rifaldi

ABSTRACT

Heat treatment is an effective method to improve the mechanical properties of 6xxx-series aluminum alloys through the precipitation hardening mechanism. This study aims to analyze the effect of variations in artificial-aging temperature and holding time on the microstructure and hardness of aluminium alloy 6063 and to identify the correlation between them. The research method employed was experimental, consisting of solution treatment at 530 °C for 120 minutes, followed by water quenching and artificial aging at temperatures of 195 °C and 210 °C for durations of 160 and 190 minutes. The testing methods included microstructural observation and precipitate analysis using SEM-EDS, hardness testing using the Vickers method, and quantitative precipitate analysis. The results indicate that variations in artificial-aging parameters significantly affect the number, size, and distribution of Mg₂Si precipitates. Artificial aging at 210 °C for 160 minutes produced fine and homogeneously distributed precipitates, resulting in the highest hardness value of 73.14 HV, whereas aging at 210 °C for 190 minutes led to over-aging, reducing the hardness to 66.50 HV.

Keywords: *Aluminium Alloy 6063, Artificial Aging, Microstructure, Vickers Hardness.*

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan atas kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, karena atas rahmat, hidayah, dan karunia-Nya, penulis telah menyelesaikan skripsi berjudul **“PENGARUH VARIASI TEMPERATUR DAN DURASI WAKTU TAHAN PADA PROSES *ARTIFICIAL AGING* TERHADAP MIKROSTRUKTUR DAN KEKERASAN MATERIAL *ALUMINIUM ALLOY 6063*”**. Adapun penulisan skripsi ini bertujuan untuk memenuhi persyaratan akademis untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik, Program Studi S1 Teknik Mesin.

Dalam penyelesaiannya, penulis menyadari bahwa Skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik dengan bantuan berupa materi, informasi, bimbingan, serta dorongan dari berbagai pihak baik secara langsung dan tidak langsung. Oleh karena itu, pada kesempatan kali ini penulis ingin mengucapkan rasa terima kasih kepada:

1. Allah SWT Tuhan Yang Maha Esa yang senantiasa melimpahkan rahmat, petunjuk, dan kelancaran dalam setiap perjalanan langkah penulis. Tanpa karunia-Nya, penulis tidak akan mampu menyelesaikan tugas akhir yang penulis laksanakan.
2. Keluarga penulis yaitu Ibu serta kakak-kakak yang selalu memberikan doa, semangat serta dukungan kepada penulis. Doa, semangat dan dorongan dari keluarga menjadi motivasi dan kekuatan bagi penulis untuk tidak berhenti berjuang dalam menjalankan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Nicky Yongki mandalan, S.T., M.M., M.T. selaku dosen pembimbing yang senantiasa meluangkan waktu baik secara daring maupun luring untuk memberikan panduan dan arahan selama proses penyusunan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Dr. Muchamad Oktaviandri, ST., MT., IPM., ASEAN Eng selaku dosen pembimbing kedua yang telah membantu penulis dalam penyusunan Tugas Akhir ini.

5. Bapak Ir. Fahrudin ST., M.T. selaku Kepala Prodi Teknik Mesin Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta atas persetujuan untuk pelaksanaan Seminar hasil .
6. Seluruh jajaran dosen maupun staff di Fakultas Teknik Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta yang telah membantu dalam semua proses penyusunan tugas akhir .
7. Teman-teman Teknik Mesin angkatan 2021 yang sudah saling mendukung, dan berbagi suka duka selama perjalanan akademik dan dalam penyelesaian Tugas Akhir.
8. Teman-teman konsentrasi material, yaitu Murdhoko Rizki Arkan, Daffa Febriansyah, Arbhi Maulana, Fauzi Taufiq Raysadi, Ahmad Baihaqi, Zidan Galik yang sudah membantu dan memberikan arahan kepada penulis selama proses pengujian.
9. Muhammad Zakky Makarim dan Adrian Arthur Wills Louis Moa Balla atas kebersamaan, dukungan, dan semangat yang tak pernah putus selama menjalani setiap tantangan di masa PKL.
10. Fitria Maharani sebagai kekasih yang telah menemani, memberikan dorongan, serta membantu penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa penyusunan Skripsi ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun untuk kelancaran Tugas Akhir ini. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Jakarta, Januari 2026

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	iii
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS	iv
LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	v
ABSTRAK	vi
<i>ABSTRACT</i>	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR TABEL	xvi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Batasan Masalah.....	5
1.5 Sistematika Penulisan	6
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Penelitian Terdahulu	7
2.2 Aluminium	10
2.2.1 Proses Bayer.....	11
2.2.2 Proses Halt-Heroult	11
2.3 Paduan Aluminium.....	12
2.3.1 Seri 1xxx (Aluminium Murni)	13
2.3.2 Seri 2xxx ((Al–Cu))	13
2.3.3 Seri 3xxx (Al–Mn)	14
2.3.4 Seri 4xxx (Al–Si)	14
2.3.5 Seri 5xxx (Al–Mg).....	14
2.3.6 Seri 6xxx (Al–Mg–Si)	14

2.3.7 Seri 7xxx (Al–Zn)	15
2.3.8 Seri 8xxx (Paduan Khusus).....	15
2.4 <i>Aluminium Alloy 6063</i>	15
2.5 <i>Heat Treatment</i>	17
2.5.1 <i>Annealing</i>	18
2.5.2 <i>Normalizing</i>	19
2.5.3 <i>Hardening</i>	20
2.5.4 <i>Tempering</i>	20
2.6 <i>Precipitation Hardening</i>	21
2.6.1 <i>Solution Heat Treatment</i>	22
2.6.2 <i>Quenching</i>	23
2.6.3 <i>Aging</i>	24
2.6.3.1 <i>Natural Aging</i>	25
2.6.3.2 <i>Artificial Aging</i>	25
2.7 <i>Stages in Precipitation Life</i>	26
2.7.1 <i>Nukleasi</i>	26
2.7.2 <i>Growth</i>	27
2.7.3 <i>Coarsening</i>	27
2.8 <i>Ukuran Presipitat</i>	27
2.9 <i>Sifat Mekanik</i>	29
2.9.1 <i>Kekerasan</i>	30
2.10 <i>Pengujian Kekerasan</i>	30
2.10.1 <i>Uji Vickers</i>	31
2.10.2 <i>Uji Brinell</i>	32
2.10.3 <i>Uji Rockwell</i>	33
2.11 <i>Struktur Mikro</i>	34
2.11.1 <i>Scanning Electron Microscopy (SEM)</i>	35
BAB 3 METODE PENELITIAN	36
3.1 <i>Diagram Alir Penelitian</i>	36
3.2 <i>Waktu dan Tempat Penelitian</i>	37
3.3 <i>Prosedur Penelitian</i>	37

3.3.1 Studi Literatur	37
3.3.2 Persiapan Alat dan Bahan	37
3.3.3 Pemotongan Spesimen	38
3.3.4 Uji Komposisi	38
3.3.5 <i>Solution Heat Treatment</i>	38
3.3.6 <i>Quenching</i>	38
3.3.7 <i>Artificial Aging</i>	39
3.3.8 <i>Grinding</i> dan <i>Polishing</i>	39
3.3.9 Pengujian Kekerasan	39
3.3.10 Analisis Mikrostruktur	39
3.3.11 Analisis Presipitat	40
3.3.12 Pengumpulan Data Pengujian	40
3.3.13 Analisa Data	40
3.3.14 Kesimpulan dan Saran.....	40
3.4 Bahan	41
3.5 Alat.....	41
3.6 Uji Kekerasan Menggunakan Metode <i>Vickers Hardness</i>	46
3.7 Analisa Mikrostruktur Menggunakan SEM/EDS	48
3.8 Analisa Presipitat Menggunakan Perangkat Lunak ImageJ.....	49
3.9 Desain Spesimen Pengujian	51
3.9.1 Spesimen Uji Kekerasan Vickers dan Uji Mikrostruktur	51
3.10 Jumlah Spesimen dan Variasi Spesimen.....	52
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	53
4.1 Uji Komposisi	53
4.2 Hasil SEM Pada <i>As-Cast Aluminium Alloy 6063</i>	54
4.3 Analisa Presipitat	55
4.3.1 <i>Artificial Aging</i> 195°C – 160 menit	56
4.3.2 <i>Artificial Aging</i> 195°C – 190 menit	57
4.3.3 <i>Artificial Aging</i> 210°C – 160 menit	58
4.3.4 <i>Artificial Aging</i> 210°C – 190 menit	60
4.3.5 Jumlah Presipitat	61

4.3.6 Ukuran Rata-Rata Ukuran Presipitat.....	63
4.3.7 Persentase Presipitat dalam Matriks.....	64
4.4 Kekerasan.....	65
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	68
5.1 Kesimpulan	68
5.2 Saran.....	69
DAFTAR PUSTAKA	
RIWAYAT HIDUP	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 <i>Bibliograph Penelitian Aluminium Alloy 6063</i>	10
Gambar 2. 2 <i>Halt-Heroult Electrolytic Cell</i>	12
Gambar 2. 3 <i>Aluminium Alloy 6063</i>	16
Gambar 2. 4 <i>Proses Annealing Berdasarkan Klasifikasi Temperaturnya</i>	19
Gambar 2. 5 (a) diagram fasa biner A–B, (b) Rute <i>Thermal Proses Aging</i>	21
Gambar 2. 6 <i>TTP Curves pada Aluminium Alloy 6063</i>	23
Gambar 2. 7 <i>Mekanisme Shearing dan Bowing & bypass</i>	28
Gambar 2. 8 <i>Pengaruh Shearing dan Bowing & Bypass Pada Kekuatan AA 6063</i>	28
Gambar 2. 9 <i>Alat Uji Vickers Hardness</i>	31
Gambar 2. 10 <i>Bentuk Indentor Diamond</i>	31
Gambar 2. 11 <i>Uji Brinell</i>	33
Gambar 2. 12 <i>Hasil Pengujian Rockwell</i>	34
Gambar 3. 1 <i>Diagram Alir Penelitian</i>	36
Gambar 3. 2 <i>Laboratorium Manufaktur Fakultas Teknik UPNVJ</i>	37
Gambar 3. 3 <i>Spesimen Aluminium Alloy 6063</i>	41
Gambar 3. 4 <i>Gerinda Tangan</i>	41
Gambar 3. 5 <i>Jangka Sorong</i>	41
Gambar 3. 6 <i>Amplas</i>	42
Gambar 3. 7 <i>Grinding & Polishing Machine</i>	42
Gambar 3. 8 <i>Crucible (Cawan)</i>	42
Gambar 3. 9 <i>Furnace</i>	43
Gambar 3. 10 <i>Stopwatch</i>	43
Gambar 3. 11 <i>Penjepit</i>	43
Gambar 3. 12 <i>Bak Stainless Steel</i>	44
Gambar 3. 13 <i>JEOL JSM-IT 200</i>	44
Gambar 3. 14 <i>Vickers Hardness Tester HVM 50</i>	44
Gambar 3. 15 <i>Ragum</i>	45
Gambar 3. 16 <i>Kikir Segitiga</i>	45
Gambar 3. 17 <i>Sarung tangan</i>	45
Gambar 3. 18 <i>Olympus Vanta XRF Analyzer</i>	46
Gambar 3. 19 <i>Hasil Indentasi</i>	47
Gambar 3. 20 <i>Hasil Indentasi Melalui Mikroskop</i>	47
Gambar 3. 21 <i>Nilai d₁, d₂ dan HV Dari Skala Digital Mikroskop</i>	48
Gambar 3. 22 <i>Mechanical Drawing Spesimen Uji</i>	51
Gambar 3. 23 <i>Spesimen Sebelum dan Sesudah di Grinding dan Polishing</i>	51
Gambar 4. 1 <i>Komposisi Aluminium Alloy 6063 (Olympus Alloy Analyzer)</i>	53
Gambar 4. 2 <i>Hasil Pengamatan SEM dari As-Cast Aluminium Alloy 6063</i>	54

Gambar 4. 3 (a) <i>Set Scale</i> Dalam Ukuran μm , (b) <i>Threshold</i> , (c) <i>Results Sheet</i> , (d) <i>Summary Sheet</i>	55
Gambar 4. 4 (a) Hasil SEM <i>Artificial Aging</i> 195°C – 160 Menit Sebelum dan Sesudah <i>Threshold</i> , (b) EDS <i>Artificial Aging</i> 195°C – 160 Menit, (c) Data Analisis Presipitat.....	56
Gambar 4. 5 (a) Hasil SEM <i>Artificial Aging</i> 195°C – 190 Menit Sebelum dan Sesudah <i>Threshold</i> , (b) EDS <i>Artificial Aging</i> 195°C – 190 Menit, (c) Data Analisis Presipitat.....	58
Gambar 4. 6 (a) Hasil SEM <i>Artificial Aging</i> 210°C – 160 Menit Sebelum dan Sesudah <i>Threshold</i> , (b) EDS <i>Artificial Aging</i> 210°C – 160 Menit, (c) Data Analisis Presipitat.....	59
Gambar 4. 7 (a) Hasil SEM <i>Artificial Aging</i> 210°C – 160 Menit Sebelum dan Sesudah <i>Threshold</i> , (b) EDS <i>Artificial Aging</i> 210°C – 190 Menit, (c) Data Analisis Presipitat.....	60
Gambar 4. 8 Grafik Hubungan Parameter <i>Artificial Aging</i> Terhadap Jumlah Presipitat <i>Aluminium Alloy</i> 6063 Setelah <i>Artificial Aging</i>	61
Gambar 4. 9 Grafik Hubungan Parameter <i>Artificial Aging</i> Terhadap Ukuran Presipitat <i>aluminium alloy</i> 6063 Setelah <i>Artificial Aging</i>	63
Gambar 4. 10 Grafik Hubungan Parameter <i>Artificial Aging</i> Terhadap Persentase Area Presipitat Pada Matriks <i>Aluminium Alloy</i> 6063.....	64
Gambar 4. 11 Grafik Hubungan Parameter <i>Artificial Aging</i> terhadap kekerasan Vickers <i>Aluminium Alloy</i> 6063	66

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Klasifikasi Paduan Aluminium	13
Tabel 2. 2 Komposisi <i>Aluminium Alloy</i> 6063.....	16
Tabel 2. 3 Sifat Mekanikal, <i>Thermal</i> , dan Fisika <i>Aluminium Alloy</i> 6063	17
Tabel 2. 4 <i>Critical Temperature Range</i> dan <i>Nose Temperature Aluminium Alloy</i> 6xxx pada kurva TTP	23
Tabel 2. 5 Skala Kekerasan Rockwell	34
Tabel 3. 1 Parameter Penelitian.....	52
Tabel 4. 1 Densitas Presipitat <i>Aluminium Alloy</i> 6063 pada Variasi Temperatur dan Waktu <i>Artificial Aging</i>	61
Tabel 4. 2 Ukuran Presipitat <i>Aluminium Alloy</i> 6063 pada Variasi Temperatur dan Waktu <i>Artificial Aging</i>	63
Tabel 4. 3 Persentase Presipitat <i>Aluminium Alloy</i> 6063 pada Variasi Temperatur dan Waktu Tahan <i>Artificial Aging</i>	64
Tabel 4. 4 Hasil Uji Vickers Dari Masing- Masing Parameter	65
Tabel 4. 5 Persentase Ukuran Presipitat berdasarkan Rentang Ukurannya.....	66