

**PENGARUH RAPAT ARUS PULSA
ELEKTRODEPOSISI TERHADAP SIFAT DAN
KARAKTERISTIK LAPISAN NIKEL**

Skripsi

**Disusun untuk memenuhi salah satu syarat
memperoleh gelar Sarjana Sains**



**Bayyinah
1306620004**

**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
2024**

ABSTRAK

BAYYINAH. Pengaruh Rapat Arus Pulsa Elektrodeposisi terhadap Sifat dan Karakteristik Lapisan Nikel. Skripsi, Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta. Juli 2024

Dalam penelitian ini, telah dilakukan pembentukan dan analisis lapisan Ni pada variasi rapat arus $0,35 \text{ mA/mm}^2$, $0,4 \text{ mA/mm}^2$, dan $0,45 \text{ mA/mm}^2$. Pelapisan elektrodeposisi menggunakan rangkaian *Pulse Width Modulation* (PWM) pada temperatur 40°C selama 30 menit. Sampel dianalisis morfologi dan komposisinya menggunakan SEM-EDS. Peningkatan rapat arus pulsa menunjukkan penghalusan morfologi permukaan lapisan Ni dan kenaikan komposisi nikel. Selanjutnya sampel dianalisis struktur kristal dan ukuran kristal menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD). Struktur kristal yang terbentuk pada lapisan Ni dengan fasa Ni adalah Kubik. Peningkatan rapat arus menyebabkan perubahan ukuran kristal fasa Ni. Pada rapat arus pulsa $0,4 \text{ mA/mm}^2$ terjadi pertumbuhan kristal dan pada rapat arus pulsa $0,45 \text{ mA/mm}^2$ terjadi penurunan kristal, sehingga ukuran kristal kembali turun. Lalu sampel dianalisis kekerasannya menggunakan Vickers dan terjadi peningkatan kekerasan seiring dengan peningkatan rapat arus pulsa. Kekerasan optimum sebesar $1841,3957 \text{ kgf/mm}^2$ didapatkan pada lapisan Ni dengan rapat arus pulsa $0,45 \text{ mA/mm}^2$.

Kata kunci: Elektrodeposisi, lapisan nikel, rapat arus pulsa, kekerasan

ABSTRACT

BAYYINAH. The Influence of Pulse Current Density in Electrodeposition on the Properties and Characteristics of Nickel Layers. Thesis, Physics Study Program, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Universitas Negeri Jakarta. July 2024.


In this study, the formation and analysis of Ni layers were carried out with current density variations of 0,35 mA/mm², 0,4 mA/mm², and 0,45 mA/mm². The electrodeposition coating used an Pulse Width Modulation (PWM) circuit at a temperature of 40°C for 30 minutes. The samples were analyzed for morphology and composition using SEM-EDS. An increase in pulse current density showed a refinement in the surface morphology of the Ni layer and an increase in nickel composition. Furthermore, the samples were analyzed for crystal structure and crystal size using X-Ray Diffraction (XRD). The crystal structure formed in the Ni layer with the Ni phase is cubic. The increase in current density caused changes in the crystallite size of the Ni phase. At a pulse current density of 0,4 mA/mm², crystal growth occurred, and at a pulse current density of 0,45 mA/mm², a reduction in crystallite size occurred, thus reducing the crystal size again. The samples were then analyzed for hardness using Vickers, and there was an increase in hardness with increasing pulse current density. The optimum hardness of 1841,3957 kgf/mm² was obtained in the Ni layer with a pulse current density of 0,45 mA/mm².

Keywords: Electrodeposition, nickel layer, pulse current density, hardness.

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

PENGARUH RAPAT ARUS PULSA ELEKTRODEPOSISI TERHADAP SIFAT DAN KARAKTERISTIK LAPISAN NIKEL

Nama : Bayyinah
No. Registrasi : 1306620004

	Nama	Tanda Tangan	Tanggal
Penanggung Jawab			
Dekan	: Prof. Dr. Muktiningsih N., M.Si NIP. 196405111989032001		31/24 107
Wakil Penanggung Jawab			
Wakil Dekan I	: Dr. Esmar Budi, M.T NIP. 197207281999031002		24/24 107
Ketua	: Dr. Anggara Budi Susila, M.Si NIP. 196010011992031001		24/24 107
Sekretaris	: Syafrima Wahyu, M.Si NIP. 199110132023211021		24/07 24
Anggota			
Pembimbing I	: Dr. Esmar Budi, M.T NIP. 197207281999031002		24/24 107
Pembimbing II	: Dr. Teguh Budi Prayitno, M.Si NIP. 198205262008121001		24/24 107
Penguji	: Prof. Dr. Iwan Sugihartono, M.Si NIP. 197910102008011018		24/24 107

Dinyatakan lulus ujian skripsi tanggal 17 Juli 2024.

LEMBAR ORISINALITAS

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul **“Pengaruh Rapat Arus Pulsa Elektrodeposisi terhadap Sifat dan Karakteristik Lapisan Nikel”** yang disusun sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains dari Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta adalah karya ilmiah saya dengan arahan dari dosen pembimbing.

Sumber informasi yang diperoleh dari penulis lain yang telah dipublikasikan yang disebutkan dalam teks skripsi ini, telah dicantumkan dalam Daftar Pustaka sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah.

Jika dikemudian hari ditemukan sebagian besar skripsi ini bukan hasil karya saya sendiri dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya sanding dan sanksi-sanksi lainnya sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Jakarta, 12 Juli 2024





KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
UPT PERPUSTAKAAN

Jalan Rawamangun Muka Jakarta 13220
Telepon/Faksimili: 021-4894221
Laman: lib.unj.ac.id

**LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademika Universitas Negeri Jakarta, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Bayyinah
NIM : 1306620004
Fakultas/Prodi : FMIPA / Fisika
Alamat email : iin28bayyinah@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada UPT Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah:

Skripsi Tesis Disertasi Lain-lain (.....)

yang berjudul :

**Pengaruh Rapat Arus Pulsa Elektrodeposisi terhadap Sifat dan Karakteristik
Lapisan Nikel**

Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini UPT Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta berhak menyimpan, mengalihmediakan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (*database*), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di internet atau media lain secara *fulltext* untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Jakarta, 3 Agustus 2024
Penulis

(Bayyinah)

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kehadiran Allah SWT karena berkat rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengaruh Rapat Arus Pulsa Elektrodeposisi terhadap Sifat dan Karakteristik Lapisan Nikel”. Skripsi ini disusun untuk memperoleh gelar Sarjana Sains dari Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta. Penulis menyadari bahwa selesainya penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Dr. Esmar Budi, M.T. selaku dosen pembimbing I yang telah memberikan wawasan, nasihat, dan arahan dalam kegiatan penelitian
2. Dr. Teguh Budi Prayitno, M.Si. selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan wawasan dan arahan dalam kegiatan penelitian.
3. Dr. Umiatin, M.Si. selaku Koordinator Program Studi Fisika FMIPA Universitas Negeri Jakarta yang telah memberi pengarahan akademis.
4. Seluruh dosen, tenaga pendidik, serta staf Laboratorium Material Program Studi Fisika, FMIPA Universitas Negeri Jakarta atas ilmu yang bermanfaat.
5. Orang tua, adik-adik (Shofi & Fida), serta seluruh keluarga yang selalu mendoakan, mendukung, dan memotivasi penulis dalam keadaan apapun.
6. Sahabat (Shafa Rahma Cyrilla dan Shifa Markhamah) serta teman perjuangan (BPH LDUA 2023 dan BPH LDK-QI UNJ 2024) yang telah mendukung dan mendoakan selama penyusunan tugas akhir ini.
7. Teman fisika angkatan 2020 yang senantiasa kebersamai selama masa studi.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam skripsi ini, sehingga penulis sangat terbuka jika ada kritik dan saran yang membangun untuk perbaikan dimasa mendatang. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Jakarta, 12 Juli 2024



Bayyinah

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	iii
LEMBAR ORISINALITAS	iv
SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR SINGKATAN	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Perumusan Masalah	3
C. Tujuan Penelitian	4
D. Manfaat Penelitian	4
BAB II	5
TINJAUAN PUSTAKA	5
A. Lapisan Nikel	5
B. Substrat Tungsten Karbida (WC)	6
C. Pelapisan Elektrodeposisi	7
D. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Elektrodeposisi	9
E. Arus Pulsa	11
F. Karakterisasi Material	13
G. Penelitian Relevan	16
BAB III	20
METODOLOGI PENELITIAN	20
A. Waktu dan Tempat Penelitian	20
B. Metode Penelitian	20
C. Teknik Pengumpulan dan Analisis Data	34
BAB IV	35

HASIL DAN PEMBAHASAN.....	35
A. Analisis Karakterisasi <i>Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive Spectroscopy</i> (SEM-EDS)	35
B. Analisis Struktur Kristal	38
C. Analisis Karakterisasi Kekerasan Vickers.....	43
D. Peta Hasil Penelitian	48
E. Kelebihan dan Kekurangan Penelitian	50
BAB V.....	51
KESIMPULAN DAN SARAN.....	51
A. Kesimpulan.....	51
B. Saran	51
DAFTAR PUSTAKA	52
LAMPIRAN.....	61
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	82



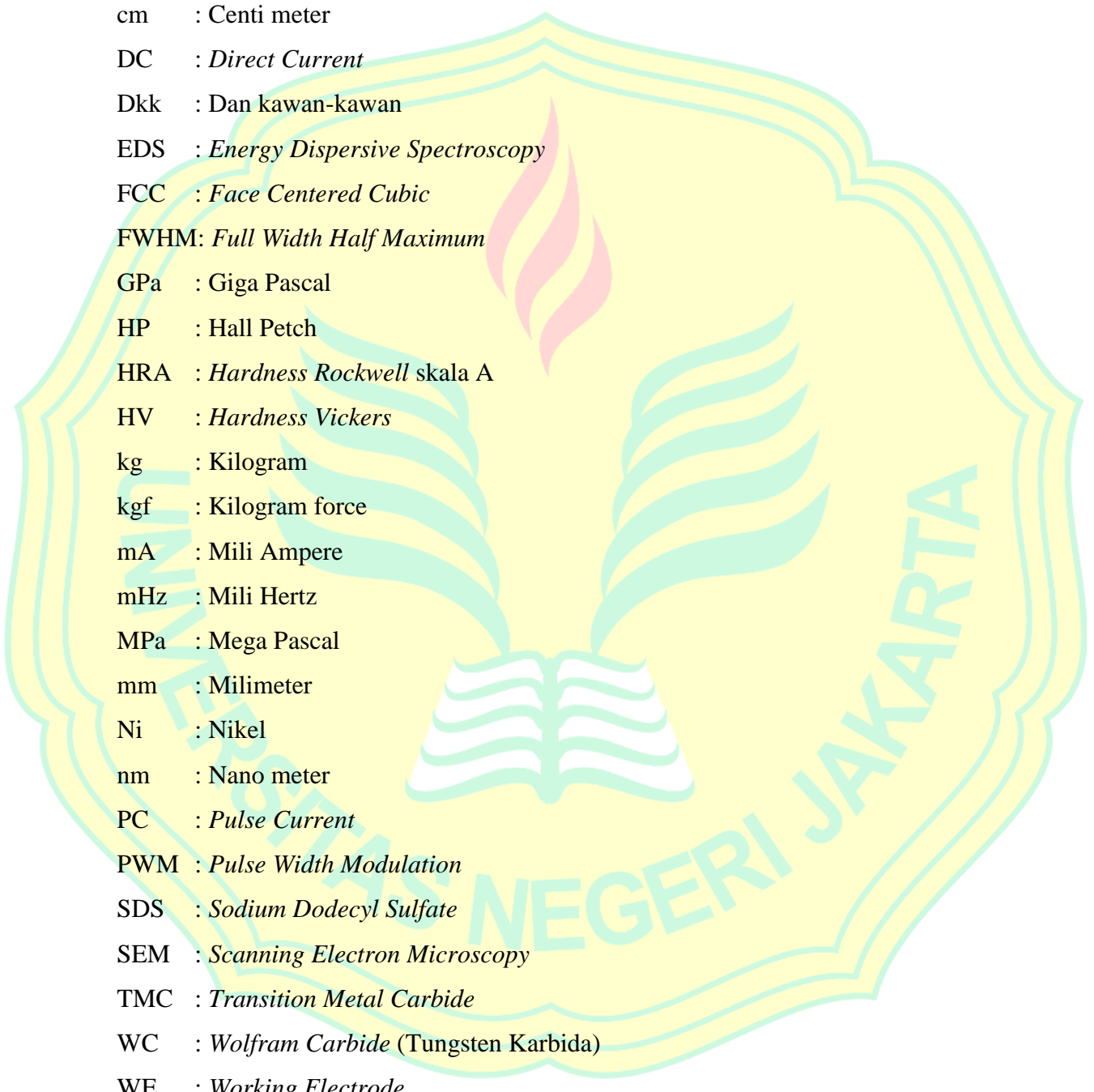
DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Struktur Kristal Nikel (Saifullah, 2015)	6
Gambar 2.2. Struktur Kristal Tungsten Karbida (Kurlov & Gusev, 2013)	7
Gambar 2.3. Rapat arus: (a) arus searah & (b) arus pulsa (Brooks dkk, 2011)	12
Gambar 2.4. Rangkaian Osilator dengan IC-555 (Triono, 2017)	12
Gambar 2.5. Diagram Mekanisme XRD (Callister & Rethwisch, 2010).....	14
Gambar 2.6. Skema Prinsip Uji Kekerasan dengan Metode Vickers (ASM, 2000).	15
Gambar 3.1. Rangkaian elektrodposisi pelapisan substrat WC dengan Ni.....	22
Gambar 3.2. Magnetic stirrer	22
Gambar 3.3. <i>Magnetic bar</i>	22
Gambar 3.4. Ultrasonic Cleaner.....	23
Gambar 3.5. Neraca Digital	23
Gambar 3.6. <i>Hot Plate</i>	23
Gambar 3.7. Botol larutan.....	24
Gambar 3.8. Gelas Kimia.....	24
Gambar 3.9. Gelas ukuran.....	24
Gambar 3.10. Pinset	24
Gambar 3.11. Spatula.....	25
Gambar 3.12. Multimeter digital.....	25
Gambar 3.13. Tungsten Karbida.....	26
Gambar 3.14. Platina.....	26
Gambar 3.15. Aquades.....	26
Gambar 3.16. Alkohol.....	26
Gambar 3.17. Kertas amplas <i>grade</i> 500-3000 mesh.....	27
Gambar 3.18. Kertas timbang	27
Gambar 3.19. Nikel diklorida.....	27
Gambar 3.20. Nikel sulfat	28
Gambar 3.21. Asam borat	28
Gambar 3.22. Sodium dodecyl sulfate	28
Gambar 3.23. (a) Rangkaian <i>PWM</i> (b) <i>Output</i> Gelombang Pulsa	29
Gambar 3.24. Skema pelapisan elektrodposisi dua elektroda	31

Gambar 3.25. Substrat tungsten karbida: (a) sebelum pelapisan dan (b) setelah pelapisan.....	31
Gambar 4.1. Morfologi permukaan lapisan Ni pada rapat arus (a) 0,35 mA/mm ² , (b) 0,4 mA/mm ² , dan (c) 0,45 mA/mm ²	35
Gambar 4.2. Grafik persentase komposisi atom unsur terhadap rapat arus elektrodeposisi	37
Gambar 4.3. Difraktogram lapisan Ni saat rapat arus pulsa 0,35 mA/mm ²	38
Gambar 4.4. Difraktogram lapisan Ni saat rapat arus pulsa 0,4 mA/mm ²	39
Gambar 4.5. Difraktogram lapisan Ni saat rapat arus pulsa 0,45 mA/mm ²	39
Gambar 4.6. Difraktogram lapisan Ni dengan variasi rapat arus pulsa	40
Gambar 4.7. Ukuran kristal Nikel variasi rapat arus pulsa	43
Gambar 4.8. Grafik nilai kekerasan pada lapisan Nikel	45
Gambar 4.9. Grafik ukuran kristal terhadap kekerasan lapisan Ni	45
Gambar 4.10. Grafik pengaruh rapat arus pulsa terhadap komposisi, ukuran kristal, kekerasan dan ketebalan.....	47



DAFTAR SINGKATAN



BCC	: <i>Basic Centered Cubic</i>
CE	: <i>Counter Electrode</i>
cm	: Centi meter
DC	: <i>Direct Current</i>
Dkk	: Dan kawan-kawan
EDS	: <i>Energy Dispersive Spectroscopy</i>
FCC	: <i>Face Centered Cubic</i>
FWHM	: <i>Full Width Half Maximum</i>
GPa	: Giga Pascal
HP	: Hall Petch
HRA	: <i>Hardness Rockwell skala A</i>
HV	: <i>Hardness Vickers</i>
kg	: Kilogram
kgf	: Kilogram force
mA	: Mili Ampere
mHz	: Mili Hertz
MPa	: Mega Pascal
mm	: Milimeter
Ni	: Nikel
nm	: Nano meter
PC	: <i>Pulse Current</i>
PWM	: <i>Pulse Width Modulation</i>
SDS	: <i>Sodium Dodecyl Sulfate</i>
SEM	: <i>Scanning Electron Microscopy</i>
TMC	: <i>Transition Metal Carbide</i>
WC	: <i>Wolfram Carbide (Tungsten Karbida)</i>
WE	: <i>Working Electrode</i>
XRD	: <i>X-Ray Diffraction</i>

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Karakteristik Nikel (Chen & Zhao, 2022)	5
Tabel 2.2. Sifat Fisik dan Mekanik dari Tungsten Karbida (Lansner & Schubert, 1999).....	6
Tabel 3.1. Jadwal Kegiatan Penelitian	20
Tabel 3.2. Komposisi Larutan Watt	30
Tabel 4.1. Komposisi EDS.....	36
Tabel 4.2. Data parameter kisi dan struktur kristal lapisan Ni.....	40
Tabel 4.3. Data FWHM dan Ukuran Kristal Lapisan Ni dengan Variasi Rapat Arus	42
Tabel 4.4. Hasil Kekerasan Vickers Pada Lapisan Ni	44
Tabel 4.5. Perhitungan Ketebalan Lapisan Ni dengan Variasi Rapat Arus Pulsa..	46
Tabel 4.6. Peta Hasil Penelitian	48



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Perhitungan Komposisi Bahan Larutan Elektrolit.....	61
Lampiran 2. Kegiatan Penelitian.....	62
Lampiran 3. Data SEM-EDS lapisan Ni pada rapat arus 0,35 mA/mm ²	63
Lampiran 4. Data SEM-EDS lapisan Ni pada rapat arus 0,4 mA/mm ²	64
Lampiran 5. Data SEM-EDS lapisan Ni pada rapat arus 0,45 mA/mm ²	65
Lampiran 6. Database referensi XRD Ni ICSD 98-016-2279.	66
Lampiran 7. Database referensi XRD Ni ICSD 98-016-2415	71
Lampiran 8. Database referensi XRD Ni COD 96-901-1598	75
Lampiran 9. Hasil pengolahan XRD lapisan Ni pada rapat arus 0,35 mA/mm ²	78
Lampiran 10. Hasil pengolahan XRD lapisan Ni pada rapat arus 0,4 mA/mm ²	79
Lampiran 11. Hasil pengolahan XRD lapisan Ni pada rapat arus 0,45 mA/mm ² ..	80
Lampiran 12. Perhitungan ukuran kristal lapisan Ni menggunakan kalkulator Scherrer Highscore Plus	81