

**ANALISIS SUPERKONDUKTOR  $YBa_2Cu_3O_{7-x}$   
UNTUK APLIKASI RANCANG BANGUN SIKLOTRON  
DI PUSAT SAINS DAN TEKNOLOGI AKSELERATOR  
BADAN TENAGA NUKLIR NASIONAL (PSTA – BATAN)**

**YOGYAKARTA**

**SKRIPSI**

**Untuk memenuhi sebagian persyaratan  
Mencapai derajat Sarjana S-1**

**Program Studi Fisika**



Disusun oleh :

**SUSI SUSANTI**  
**11620011**

**Kepada**

**PROGRAM STUDI FISIKA**

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**

**UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA**

**YOGYAKARTA**

**2015**



## **SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR**

Hal : pengajuan Munaqosyah

Lamp : -

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

di Yogyakarta

*Assalamu'alaikum wr. wb.*

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Susi Susanti

NIM : 11620011

Judul Skripsi : ANALISIS SUPERKONDUKTOR  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$  UNTUK APLIKASI RANCANG  
BANGUN SIKLOTRON DI PSTA – BATAN YOGYAKARTA

sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam Fisika

Dengan ini kami mengharap agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqsyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

*Wassalamu'alaikum wr. wb.*

Yogyakarta, September 2015

Pembimbing I

Prof. Dr. Rer. Nat. Tri Mardji Atmono  
NIP. 19580614 198103 1 004



## **SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR**

Hal : pengajuan Munaqosyah

Lamp : -

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

di Yogyakarta

*Assalamu'alaikum wr. wb.*

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Susi Susanti

NIM : 11620011

Judul Skripsi : ANALISIS SUPERKONDUKTOR  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$  UNTUK APLIKASI RANCANG  
BANGUN SIKLOTRON DI PSTA – BATAN YOGYAKARTA

sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam Fisika

Dengan ini kami mengharap agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqsyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

*Wassalamu'alaikum wr. wb.*

Yogyakarta, September 2015

Pembimbing II

Asih Melati, M.Sc

NIP. 19841110 201101 2 017



**PENGESAHAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR**

Nomor : UIN.02/D.ST/PP.01.1/3041/2015

Skripsi/Tugas Akhir dengan judul : Analisis Superkonduktor  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$  Untuk Aplikasi Rancang Bangun Siklotron di Pusat Sains dan Teknologi Akselerator Badan Tenaga Nuklir Nasional (PSTA – BATAN) Yogyakarta

Yang dipersiapkan dan disusun oleh :  
Nama : Susi Susanti  
NIM : 11620011  
Telah dimunaqasyahkan pada : 28 September 2015  
Nilai Munaqasyah : A  
Dan dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga

**TIM MUNAQASYAH :**

Ketua Sidang

Prof. Dr. Rer. Nat. Tri Mardji Atmono  
NIP. 195806141981031004

Penguji I

Asih Melati, S.Si., M.Sc.  
NIP. 198411102011012017

Penguji II

Karmanto, S.Si., M.Sc.  
NIP. 19820504 200912 1 005

Yogyakarta, 30 September 2015  
UIN Sunan Kalijaga  
Fakultas Sains dan Teknologi  
Dekan



Dr. Hj. Maizer Said Nahdi, M.Si  
NIP. 19550427 198403 2 001

**HALAMAN PERSETUJUAN PSTA –BATAN**

**SKRIPSI**

**ANALISIS SUPERKONDUKTOR  $YBa_2Cu_3O_{7-x}$   
UNTUK APLIKASI RANCANG BANGUN SIKLOTRON  
DI PUSAT SAINS DAN TEKNOLOGI AKSELERATOR  
BADAN TENAGA NUKLIR NASIONAL (PSTA – BATAN)  
YOGYAKARTA**

Disusun oleh:

Susi Susanti

11620011

Telah disetujui dan disahkan oleh

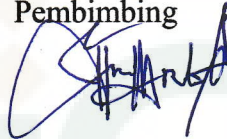
Pusat Sains dan Teknologi Akselerator  
(PSTA – BATAN Yogyakarta)

Kepala BFP PSTA – BATAN



Ir. Slamet Santoso, M.Sc  
NIP 19580223 197903 1 003

Pembimbing



Prof. Dr. Rer. Nat. Tri Mardji Atmono  
NIP. 19580614 198103 1 004

Yogyakarta, Oktober 2015  
Mengetahui,

Kepala PSTA – BATAN



Dr. Susilo Widodo

NIP. 19580414 198003 1 005



## PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah dan etika penulisan ilmiah. Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya sesuai dengan peraturan yang berlaku, apabila dikemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.

Yogyakarta, 15 September 2015



1: Susi Susanti

NIM: 11620011

## **MOTTO DAN PERSEMBAHAN**

### **MOTTO**

*Dunia ini tiada jaminan melainkan satu peluang*

### **PERSEMBAHAN**

Karya sederhana ini saya persembahkan untuk Ayah ,Ibu dan kakak tercinta yang telah mendukungku, memberikan motivasi dalam segala hal serta memberikan kasih sayang yang tiada terhingga.

## **KATA PENGANTAR**

Segala puji bagi Allah SWT yang telah memelihara seluruh alam semesta beserta isinya. Shalawat serta salam atas junjungan Nabi Muhammad SAW., keluarga, para sahabat dan orang – orang yang senantiasa mengikuti sunah – sunahnya. Semoga Allah SWT meridhoi orang – orang yang selalu berada di jalan-Nya.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini tidak lepas dari adanya kerjasama dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu dengan segenap kerendahan hati pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak berikut.

1. Bapak Dr.Susilo Widodo selaku kepala PSTA Pusat Sains dan Teknologi Akselerator Badan Tenaga Nuklir Nasional (PSTA – BATAN).
2. Bapak Ir. Slamet Santosa, M.Sc, selaku kepala BFP PSTA BATAN yang senantiasa memberikan semangat, arahan serta bimbingan kepada penulis dalam menyelesaikan laporan ini.
3. Bapak Agung Frida Rohmadi M, Sc selaku Ketua Program Studi Jurusan Fisika UIN Sunan Kalijaga yang telah memberikan izin dalam penyusunan skripsi.
4. Bapak Prof. Dr. Rer. Nat Trimardji Atmono selaku pembimbing pertama yang telah meluangkan waktu dan pemikirannya dalam membimbing penulis sehingga skripsi ini dapat dilaksanakan dengan baik.
5. Ibu Asih Melati, M.Sc selaku pembimbing kedua.
6. Bapak Karmanto, S.Si, M.Sc selaku penguji.

7. Ibu Retno Rahmawati, M.Si selaku penasihat Akademik penulis.
8. Semua staf Tata Usaha dan Karyawan dilingkungan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga yang secara langsung maupun tidak langsung telah membantu terselesaikannya skripsi ini.
9. Keluarga tercinta yang telah melimpahkan kasih sayangnya kepada penulis.
10. Saudara dan sahabatku Fisika 2011 seta semua pihak yang tidak mungkin disebutkan satu persatu.

Semoga segala bantuan yang telah diberikan kepada penulis menjadi amalan yang akan mendapatkan balasan dari Allah SWT. Di akhir kata, penulis berharap semoga laporan kerja praktek ini dapat memberikan manfaat bagi berbagai pihak.

Yogyakarta, September 2015

Penulis

**ANALISIS SUPERKONDUKTOR  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$   
UNTUK APLIKASI RANCANG BANGUN SIKLOTRON  
DI PUSAT SAINS DAN TEKNOLOGI AKSELERATOR  
BADAN TENAGA NUKLIR NASIONAL  
(PSTA – BATAN) YOGYAKARTA**

**Susi Susanti**

**11620011**

**INTISARI**

$\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$  (YBCO) merupakan jenis superkonduktor suhu tinggi dengan temperatur kritis sekitar 93,8K yang dapat didinginkan menggunakan nitrogen cair (77K). Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji karakteristik bahan superkonduktor YBCO menggunakan *X-Ray Diffraction* dan memperoleh kandungan oksigen pada disk superkonduktor YBCO dengan analisis software Rietica serta memperoleh besarnya medan magnet dengan melakukan kajian bahan superkonduktor YBCO untuk aplikasi rancang bangun siklotron. Sampel YBCO diuji dengan karakterisasi XRD dan dianalisa menggunakan software Rietica serta dilanjutkan kajian aplikasi medan magnet untuk aplikasi rancang bangun siklotron DECY-13 MeV di Pusat Sains Dan Teknologi Akselerator Badan Tenaga Nuklir Nasional (PSTA – BATAN). Hasil difraktogram XRD dilanjutkan pencocokan dengan database COD (*Crystallography Open Database*) versi 20150107 menggunakan program match. Sample YBCO memiliki struktur kristal orthorombik dan *space group* pmmm (47). Hasil refinement dengan software Rietica memberikan informasi bahwa superkonduktor YBCO yang diperoleh secara komersial memiliki oksigen – content 6,97. Pada kajian aplikasinya, superkonduktor YBCO dapat digunakan sebagai koil yang dililitkan pada *pole iron* magnet yang berdiameter 0,99 m. Untuk memperoleh energi proton 205 MeV diperlukan medan magnet 5,84 T dengan menggunakan kabel YBCO produksi AMSC. Kriteria desain untuk instalasi siklotron yang disesuaikan dengan PSTA – BATAN mengacu pada tiga referensi, yaitu siklotron VECC, Cyclone 235 IBA dan Sumitomo. Masalah lain yang muncul pada sistem elektromagnet menggunakan superkonduktor adalah terjadinya penyebaran berkas yang diakibatkan oleh efek isokronus.

**Kata kunci:**, medan magnet, rietica, siklotron, superkonduktor  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$  (YBCO), XRD

**ANALISYS OF SUPERCONDUCTING  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$   
FOR THE CYCLOTRON DESIGN APPLICATIONS  
IN NATIONAL NUCLEAR ENERGY AGENCY (PSTA - BATAN)  
YOGYAKARTA**

**Susi Susanti**

11620011

**ABSTRACT**

$\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$  (YBCO) is a kind of high temperature superconductor it has critical temperature 93,8K which can be cooled using liquid nitrogen (77K). This study aims to determine the characteristics of YBCO superconductor materials using *X-Ray Diffraction* and obtain to oxygen content analisys by Rietica software and determine the magnetic field magnitude by conducting studies YBCO material for design cyclotron application. YBCO superconducting characterization has been performed by XRD's test and analysis by Rietica software then continued with studying magnetic fields application for cyclotron design application Decy-13 MeV in PSTA - BATAN. The result of diffractogram XRD continued by fitting COD database (*Crystallography Open Database*) 20150107 versions using Match program. Sample YBCO has orthorhombic crystalline structure and space group pmmm (47). The result of refinement with Rietica software provide information that the YBCO superconductor obtained commercially have oxygen - content 6,97. The study of that applications, YBCO superconductors can be used as a coil that wrapped around a pole iron magnet 0,99 m diameter. To obtain a 205 MeV proton energy required 5.84 T magnetic field with YBCO superconductor cable AMSC production. The design criteria for the installation of the cyclotron adapted to PSTA - BATAN based on the three references, cyclotron VECC, Cyclone 235 IBA and Sumintomo. Another problem that occurs in electromagnet system with superconductor is the spread of the beam caused by the effects of isochronous.

**Keywords:**  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$  (YBCO) superconductor, XRD, rietica, magnetic field, cyclotron.

## DAFTAR ISI

|                                            |      |
|--------------------------------------------|------|
| HALAMAN JUDUL .....                        | i    |
| HALAMAN PERSETUJUAN PEMBIMBING .....       | ii   |
| HALAMAN PENGESAHAN.....                    | iv   |
| HALAMAN PERSETUJUAN PSTA – BATAN .....     | v    |
| HALAMAN PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME ..... | vi   |
| MOTTO DAN PERSEMBAHAN .....                | vii  |
| KATA PENGANTAR .....                       | viii |
| INTISARI.....                              | x    |
| ABSTRACT .....                             | xi   |
| DAFTAR ISI.....                            | xii  |
| DAFTAR TABEL .....                         | xiv  |
| DAFTAR GAMBAR .....                        | xv   |
| DAFTAR LAMPIRAN.....                       | xvi  |
| DAFTAR LAMBANG DAN SINGKATAN .....         | xvii |
| BAB I PENDAHULUAN .....                    | 1    |
| 1.1.Latar Belakang .....                   | 1    |
| 1.2.Rumusan Masalah .....                  | 5    |
| 1.3.Tujuan Penelitian .....                | 6    |
| 1.4.Batasan Masalah.....                   | 6    |
| 1.5.Manfaat Penelitian .....               | 7    |
| Bab II TINJAUAN PUSTAKA .....              | 8    |
| 2.1.Landasan Pustaka .....                 | 8    |
| 2.2.Landasan Teori.....                    | 11   |
| 2.2.1. Superkonduktor .....                | 11   |
| 2.2.2. Superkonduktor YBCO.....            | 18   |
| 2.2.3. Siklotron.....                      | 21   |
| 2.2.4. XRD .....                           | 24   |

|                                                                                                                     |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.2.5. Rietica .....                                                                                                | 26 |
| BAB III METODE PENELITIAN.....                                                                                      | 31 |
| 3.1.Waktu dan Tempat .....                                                                                          | 31 |
| 3.2.Alat dan Bahan.....                                                                                             | 31 |
| 3.3.Prosedur Kerja.....                                                                                             | 33 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....                                                                                   | 35 |
| 4.1. Karakterisasi XRD ( <i>X-Ray Diffraction</i> ).....                                                            | 35 |
| 4.2. Analisis Material $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ menggunakan software Rietica .....                   | 37 |
| 4.3. Kajian superkonduktor $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ untuk aplikasi rancang bangun<br>siklotron ..... | 41 |
| BAB V PENUTUP.....                                                                                                  | 50 |
| 5.1. Kesimpulan .....                                                                                               | 50 |
| 5.2. Saran.....                                                                                                     | 51 |
| DAFTAR PUSTAKA .....                                                                                                | 52 |
| LAMPIRAN.....                                                                                                       | 58 |

## DAFTAR TABEL

|                                                                                    |    |
|------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabel 2.1 Parameter lattice a,b,c, dari produksi pada tekanan 3, 5 dan 9 ton ..... | 8  |
| Tabel 2.2 Parameter dari sektor magnet.....                                        | 9  |
| Tabel 2.3 Parameter KIRAMS – 30 Magnet.....                                        | 10 |
| Tabel 2.4 Karakteristik YBCO dari peneliti sebelumnya .....                        | 20 |
| Tabel 4.1 parameter kisi sampel $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ .....      | 37 |
| Tabel 4.2 Nilai FOM hasil penghalusan dengan software Rietica.....                 | 39 |
| Tabel 4.3. Parameter kerangka siklotron.....                                       | 48 |
| Tabel 4.4 Jenis isotop pada energi > 30 MeV .....                                  | 49 |

## DAFTAR GAMBAR

|                                                                                         |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 1.1 Superkomputer .....                                                          | 2  |
| Gambar 2.1 Hubungan antara suhu terhadap resistivitas listrik.....                      | 13 |
| Gambar 2.2 Efek Meissner.....                                                           | 15 |
| Gambar 2.3 Bahan superkonduktor yang melayangkan medan magnet diatasnya .....           | 15 |
| Gambar 2.4 Fluks magnet pada jangkauan medan kritis .....                               | 17 |
| Gambar 2.5 Struktur Perovskite $ABX_3$ .....                                            | 18 |
| Gambar 2.6 Struktur perovskite dari YBCO.....                                           | 19 |
| Gambar 2.7 Variasi kekosongan oksigen x terhadap temperatur TC $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ ..... | 20 |
| Gambar 2.8 Skema percepatan partikel didalam siklotron .....                            | 21 |
| Gambar 2.9 Difraksi sinar-x oleh atom-atom pada bidang .....                            | 25 |
| Gambar 2.10 Tampilan Rietica ketika di buka.....                                        | 27 |
| Gambar 2.11 Tampilan Rietica ketika dipilih File- New .....                             | 27 |
| Gambar 2.12 Tampilan Rietica yang berisi informasi umum .....                           | 28 |
| Gambar 2.13 Tampilan Rietica untuk Histogram .....                                      | 28 |
| Gambar 2.14 Tampilan Rietica yang berisi data kristalografi .....                       | 29 |
| Gambar 2.15 Tampilan Rietica untuk langkah pencocokan pola difraksi .....               | 29 |
| Gambar 2.16 Output software Rietica.....                                                | 30 |
| Gambar 3.1 Skema alat karakterisasi XRD .....                                           | 31 |
| Gambar 3.2 Diagram alir Penelitian.....                                                 | 33 |
| Gambar 3.3 Prosedur analisa pola difraksi menggunakan software Rietica .....            | 34 |
| Gambar 4.1 Difaktogram XRD dari suprkonduktor $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ .....                  | 35 |
| Gambar 4.2 Fitting hasil XRD menggunakan software Match.....                            | 36 |
| Gambar 4.3 Hasil penghalusan dengan software Rietica.....                               | 38 |
| Gambar 4.4 Variasi temperatur kritis ( $T_c$ ) dengan oksigen – <i>content</i> .....    | 40 |
| Gambar 4.5 Grafik hubungan antara medan magnet (B) terhadap energi ekstraksi .....      | 41 |
| Gambar 4.6 Tampang lintang kabel superkonduktor YBCO.....                               | 42 |
| Gambar 4.7 Sistem cryostat VECC siklotron superkonduktor .....                          | 43 |

|                                                                                     |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 4.8 Siklotron superkonduktor K500 .....                                      | 44 |
| Gambar 4.9 Skema siklotron IBA C235 .....                                           | 45 |
| Gamar 4.10 Siklotron superkonduktor sumitomo (a) dan Cryostat superkonduktor (b) 46 |    |
| Gambar 4.11 Design siklotron dan b) cross section aliran cryogenic.....             | 47 |



## DAFTAR LAMPIRAN

### Lampian 1

- A. Hasil XRDdi fitted menggunakan sotware Match! ..... 58
- B. Fitting data XRD dengan database kode vesi 20150107 menggunakan software Match..... 58
- C. Perhitungan ideks Miller ..... 60

### Lampian 2..... 61

- A. Output Rietica untuk oksige content 6,97 ..... 61
- B. Data hasil anaisa dengan sftwae Rietca ..... 64

### Lampiran 3 Design Siklotron ..... 71

- A. Perhitngan medan magnet ..... 71
- B. Data dimensi kawat Superkonduktor ..... 72

## DAFTAR LAMBANG DAN SINGKATAN

### Lambang

| <u>Lambang</u> | <u>kuantitas</u>   | <u>Satuan</u>     |
|----------------|--------------------|-------------------|
| B              | Medan magnet       | Tesla (T)         |
| Jc             | Densitas arus      | A/cm <sup>2</sup> |
| Tc             | Temperature Kritis | K                 |
| $\rho$         | Resistivitas       | ohm meter         |

### Lambang      Definisi

|    |               |
|----|---------------|
| Cd | Cadmium       |
| Fe | Ferrum (Besi) |
| Ga | Galium        |

### Singkatan

|        |                                                              |
|--------|--------------------------------------------------------------|
| AMSC   | <i>American Superconductor Corp</i>                          |
| ANSTO  | <i>Australian Nuclear Science and Tecnology Organization</i> |
| BATAN  | Badan Tenaga Nuklir Naional                                  |
| FWHM   | <i>Full Width at Half Maximum</i>                            |
| FOM    | <i>Figure Of Merit</i>                                       |
| GOF    | <i>Goodnes of fit</i>                                        |
| HTS    | <i>High Temperature Supercnducting</i>                       |
| IBA    | <i>Ion Beam Apication</i>                                    |
| ICSD   | <i>Inorganic Crystal Structure Database</i>                  |
| IAEA   | <i>International Atomic Energy Agency</i>                    |
| Maglev | <i>Magnetic LevitationTrain</i>                              |
| PITM   | <i>Power-in-tube-methode</i>                                 |
| PSTA   | Pusat Sains dan Teknologi Aselerator                         |
| SQQ    | <i>Solenod-Quadrupole-Quadrupole</i>                         |
| VECC   | <i>Variable Energy Cyclotron Center</i>                      |
| XRD    | <i>X-Ray Difrraction</i>                                     |

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Latar Belakang**

Siklotron merupakan piranti untuk mempercepat gerak partikel bermuatan listrik. Siklotron dikembangkan pada tahun 1930 oleh E. O. Lawrence (1901-1958), dengan menggunakan sebuah medan magnetik untuk menjaga agar ion-ion bermuatan (biasanya proton) bergerak dalam lintasan melingkar. Dalam piranti siklotron, percepatan gerak partikel dipengaruhi oleh medan listrik dan induksi medan magnet yang timbul dari kumparan.

Selama siklotron beroperasi akan terjadi kenaikan temperatur pada penampang arus kumparan yang diakibatkan oleh adanya hambatan arus listrik. Oleh karena itu, diperlukan suatu bahan untuk meminimalkan hambatan. Bahan penghantar yang lebih menjanjikan dan dikembangkan para ilmuwan adalah superkonduktor. Superkonduktor yang dikaji dalam penelitian adalah superkonduktor YBCO.

Superkonduktor adalah suatu material yang tidak memiliki hambatan di bawah suatu nilai suhu tertentu, sehingga superkonduktor dapat menghantarkan arus walaupun tanpa adanya sumber tegangan. Karakteristik dari bahan superkonduktor adalah medan magnet dalam superkonduktor bernilai nol dan mengalami efek meissner. Superkonduktor kini telah banyak digunakan dalam berbagai bidang. Dibidang komputer, superkonduktor digunakan untuk membuat suatu

superkomputer dengan kemampuan berhitung hingga 33,86 petaflops (kalkulasi 1000 triliun) per detik (Deulisno, 2013).



**Gambar 2.1** Superkomputer (Deulisno, 2013)

Superkonduktor  $YBa_2Cu_3O_{7-x}$  merupakan salah satu magnet permanen yang diklasifikasikan kedalam superkonduktor suhu tinggi (HTS) yang dapat menghasilkan medan magnet sekitar 17 T (Qiu-Liang, 2013). Suhu kritis superkonduktor  $YBa_2Cu_3O_{7-x}$  yaitu sekitar 92K.  $YBa_2Cu_3O_{7-x}$  terdiri atas *yttrium – barium – copper – oxide* merupakan superkonduktor yang memiliki kristal banyak lapisan.

Salah satu aplikasi superkonduktor Tc tinggi yaitu pada kereta magnet / Maglev (*Magnetic Levitation Train*) di Jepang. Kereta api supercepat ini dapat melayang diatas magnet superkonduktor. Dengan melayang, maka gesekan antara roda dengan rel dapat dihilangkan dan akibatnya kereta dapat berjalan dengan sangat cepat. Kereta Maglev mampu melaju dengan kecepatan 603 Km/jam yang dieksperimenkan dijalur rel Yamanashi pada hari Selasa, 21 April 2015. (Yusuf HA, 2015)

Manusia diciptakan oleh Allah s.w.t pada dasarnya memiliki dua peran atau fungsi, yaitu sebagai hamba Allah serta Khalifah di muka bumi. Firman Allah s.w.t dalam surah al-baqarah ayat 30:

وَإِذْ قَالَ رَبُّكَ لِلْمَلَائِكَةِ إِنِّي جَاعِلٌ فِي الْأَرْضِ خَلِيفَةً ۖ قَالُوا أَتَجْعَلُ فِيهَا مَن يُفْسِدُ فِيهَا وَيَسْفِكُ الدِّمَاءَ وَنَحْنُ نُسَبِّحُ بِحَمْدِكَ وَنُقَدِّسُ لَكَ ۗ قَالَ إِنِّي أَعْلَمُ مَا لَا تَعْلَمُونَ ﴿٣٠﴾

Artunya: “Ingatlah ketika Tuhanmu berfirman kepada para Malaikat: “Sesungguhnya Aku hendak menjadikan seorang khalifah di muka bumi”. Mereka berkata: “Mengapa Engkau hendak menjadikan (khalifah) di bumi itu orang yang akan membuat kerusakan padanya dan menumpahkan darah, padahal kami senantiasa bertasbih dengan memuji Engkau dan mensucikan Engkau?” Tuhan berfirman: “Sesungguhnya Aku mengetahui apa yang tidak kamu ketahui”. (QS Al Baqarah:30).

Menurut tafsir Ijmali ayat di atas menjelaskan ketetapan Allah menjadikan manusia sebagai khalifah Allah di muka bumi. Yang dimaksud dengan khalifah ialah makhluk Allah yang mendapat kepercayaan untuk menjalankan kehendak Allah dan menerapkan ketetapan-ketetapan-Nya di muka bumi. Untuk menjalankan fungsi kekhalifahan itu Allah mengajarkan kepada manusia ilmu pengetahuan. Dengan ilmu pengetahuan manusia mempunyai kemampuan memelihara dan melestarikan alam, mengambil manfaat, serta mengelola kekayaan alamnya sehingga terwujud kedamaian dan kesejahteraan segenap manusia (Mu’thi, 2012)

Kata Al-Asma’, secara harfiah berarti “nama-nama”, yang dimaksud ialah al-asyya’ al-musammayat (benda-benda yang diberi nama). Mengajarkan nama-nama artinya mengajarkan pengetahuan

tentang benda-benda, sifatnya, fungsinya, kegunaannya dan sebagainya. Ayat al-Quran memerintahkan manusia untuk merenungi kejadian-kejadian di alam semesta. Perenungan itu di satu sisi akan mengantarkannya kepada pengenalan yang semakin baik dan di sisi lain, kepada penguasaan ilmu dan teknologi bagi kesejahteraan dan kelestarian manusia di bumi. Allah SWT berfirman:

مَرَجَ الْبَحْرَيْنِ يَلْتَقِيَانِ ﴿١٩﴾ بَيْنَهُمَا بَرْزَخٌ لَا يَبْغِيَانِ ﴿٢٠﴾ فَبِأَيِّ آلَاءِ رَبِّكُمَا تُكَذِّبَانِ ﴿٢١﴾

Artinya: “Dia membiarkan dua lautan mengalir yang keduanya kemudian bertemu. Antara keduanya ada batas yang tidak dilampaui masing-masing. Maka nikmat Tuhan kamu yang manakah yang kamu dustakan”.

Berdasarkan tafsir Fi Zhilalil-Qur'an yang dimaksud dengan dua lautan ialah lautan yang asin dan yang tawar. Yang asin meliputi laut dan samudra, sedangkan yang tawar mencakup berbagai sungai. Marajal Bahrain berarti keduanya bertemu, tetapi keduanya tidak saling melampaui. Masing-masing tidak melampaui batas yang telah ditakdirkan baginya dan tidak melampaui fungsi yang dimilikinya. Diantara keduanya terdapat pemisah yang merupakan ciptaan Allah yang maha kuasa.

Dua lautan yang tidak pernah bertemu yaitu arus panas (Kuroshio) dan arus dingin (Oyashio). Arus panas (Kuroshio) suhunya mencapai  $30^{\circ}\text{C}$ , sedangkan arus dingin (Oyashio) suhunya sekitar  $-1,7^{\circ}\text{C}$  (waterenciclopedia, 2015). Pertemuan arus panas dan arus dingin yang sejuk merupakan perumpamaan pembatas yang tidak saling melampaui.

Akal manusia tidak akan mampu (terbatas/ dibatasi oleh Allah) mencerna hal-hal yang ghoib (tersembunyi) dan yang harus digunakan adalah cahaya yaitu Al-Quran.

Penelitian ini akan dilakukan kajian perhitungan dengan bahan superkonduktor  $YBa_2Cu_3O_{7-x}$  pada suhu kritis sekitar  $-181^{\circ}\text{C}$  untuk menghasilkan medan magnet yang besar, sehingga nantinya diperoleh tenaga siklotron  $>13$  MeV atau mungkin bisa mencapai lebih besar 30 MeV. Pengamatan dari sifat superkonduktor  $YBa_2Cu_3O_{7-x}$  menggunakan bahan superkonduktor komersial dari perusahaan *can-superconductors.s.r.o.* Uji bahan dilakukan dengan karakterisasi XRD yang kemudian dilanjutkan dengan analisis struktur kristal menggunakan software Rietica.

## 1.2 Rumusan Masalah

Masalah yang menjadi dasar penelitian ini adalah:

1. Bagaimana karakteristik superkonduktor  $YBa_2Cu_3O_{7-x}$  yang diidentifikasi menggunakan *X-Ray Diffraction*?
2. Berapa kandungan oksigen dari sampel superkonduktor  $YBa_2Cu_3O_{7-x}$  yang dimodelkan dengan software Rietica ?
3. Berapa besarnya medan magnet yang dihasilkan bahan superkonduktor  $YBa_2Cu_3O_{7-x}$  untuk dapat diaplikasikan pada rancang bangun siklotron?

### 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengkaji karakteristik bahan superkonduktor  $YBa_2Cu_3O_{7-x}$  produksi dari *can-superconductors.s.r.o* menggunakan *X-Ray Diffraction*.
2. Memperoleh kandungan oksigen pada disk superkonduktor  $YBa_2Cu_3O_{7-x}$  produksi dari *can-superconductors.s.r.o* yang dimodelkan dengan software *Rietica*.
3. Memperoleh besarnya medan magnet dengan melakukan kajian bahan superkonduktor  $YBa_2Cu_3O_{7-x}$  untuk aplikasi rancang bangun siklotron.

### 1.4 Batasan Masalah

Penelitian ini dalam pengerjaan, pembahasan dan penulisannya dibatasi oleh beberapa hal, yaitu sebagai berikut:

1. Bahan yang digunakan adalah  $YBa_2Cu_3O_{7-x}$  yang diperoleh secara komersial. Bahan ini tidak memiliki dokumentasi mengenai spesifikasi struktur kristalnya, sehingga pada penelitian ini difokuskan pada uji karakterisasi bahan menggunakan *X-Ray Diffraction*.
2. Karakterisasi XRD digunakan untuk mengetahui fasa, struktur Kristal, system Kristal dan *space group* secara kualitatif.
3. Penelitian ini akan dilakukan refinement dengan menggunakan software *Rietica* untuk menghasilkan data kuantitatif yang akurat.

4. Kajian superkonduktor untuk menghasilkan medan magnet dilakukan dengan perhitungan pada koil solenoida.
5. Perhitungan medan magnet digunakan untuk menghasilkan energi 30 MeV – 205 MeV.
6. Penelitian ini dilakukan sebagai studi awal pendahuluan untuk penelitian selanjutnya.

### 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui perbandingan antara pola difraksi terukur dan yang terhitung dari bahan superkonduktor  $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ .
2. Memberikan informasi terkait superkonduktor  $YBa_2Cu_3O_{7-x}$  yang dikaji untuk aplikasi rancang bangun siklotron.
3. Menjadi referensi untuk penelitian lebih lanjut mengenai rancang bangun siklotron pada aplikasi produksi radioisotop.

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan karakterisasi XRD dan analisis Rietica serta kajian aplikasi medan magnet untuk rancang bangun siklotron di PSTA – BATAN dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Puncak – puncak hasil XRD dari sampel YBCO yang diperoleh secara komersial menunjukkan kecocokan antara hasil uji dengan database COD versi 20150107. Sampel YBCO memiliki struktur Kristal orthorombik dan *space group*  $pmmm(47)$  yang kemudian dapat dieksekusi menggunakan Rietica.
2. Hasil analisis menggunakan software Rietica menunjukkan data kuantitatif yang ditandai dengan kesesuaian nilai Figure Of Merit (FOM). Berdasarkan analisis Rietica, sampel yang diperoleh secara komersial memiliki phase Yttrium Barium Oxide dengan kandungan oksigen 6,97. Hal ini ditunjukkan dengan parameter pada *Figure Of Merit*.
3. Untuk rancang bangun siklotron di PSTA dengan menggunakan bahan superkonduktor YBCO yang dililitkan pada pole iron magnet dengan diameter 0,99 m maka dibutuhkan medan magnet  $>2,3T$  untuk menghasilkan energi  $>30$  MeV dan 5,84 T untuk energi 205 MeV. Adapun perhitungan medan

magnet disesuaikan dengan konduktor YBCO yang berada dipasaran yaitu dengan operasi arus 170 A produksi dari AMSC.

4. Kriteria desain untuk instalasi siklotron yang disesuaikan dengan dimensi di PSTA – BATAN mengacu pada 3 referensi diantaranya siklotron VECC, Cyclone 235 IBA dan Sumitomo, hal ini karena dokumen – dokumen yang memuat informasi tekniknya relatif banyak serta ketiga jenis siklotron tersebut juga digunakan untuk produksi radioisotop yang digunakan untuk aplikasi medis.

## **5.2. Saran**

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka penulis memiliki saran untuk penelitian selanjutnya agar dilakukan kajian lanjutan terkait parameter desain, bentuk siklotron dan keefektifan terhadap pemanfaatan energi yang dihasilkan. Adapun yang perlu diperhatikan dalam penelitian selanjutnya yaitu memperhitungkan efek isokronus, simulasi kinerja cyclotron sebelum diaplikasikan, pengaruh radiasi terhadap lingkungan siklotron. Dengan adanya penelitian lanjutan diharapkan siklotron di PSTA – BATAN dapat terealisasi secara maksimal.

## DAFTAR PUSTAKA

- A.I. Papash et al. 2008. *Commercial Cyclotron. Part I: Commercial Cyclotrons in the energy range 10 – 30 MeV for isotope production*. Fizika Elementarnykh Chastits I Atomnogo Yadra Vol 39 No 4. Joint Institute for Nuclear Research: Dubna, Rusia.
- Anonim. [http://www-naweb.iaea.org/napc/iachem/trainingmodules/Cyclo\\_targeto/o5CCyclotron%20Operations%5CCyclotron\\_basicspptx](http://www-naweb.iaea.org/napc/iachem/trainingmodules/Cyclo_targeto/o5CCyclotron%20Operations%5CCyclotron_basicspptx). Diakses 6 April 2015.
- Bkash Sinha dan R.K. Bhandari. 2004. *Status of the superconducting cyclotron project at VECC*. Proceeding of APAC 2004, Gyeongju: Korea.
- Chapman, Piers. 2007. *Ocean Currents*. <http://www.waterencyclopedia.com/Mi-Oc/Ocean-Currents.html>. Diakses 11 mei 2015.
- Cyrot M, and Pavuna, D. 1992. *Introduction To Superconductivity and Hight-Tc Material*. Singapore; World scientific.
- Danny R. Graves, PE, MSEE. 2008. *Introduction to High Temperature Superconductors*. <http://www.pdhonline.org/courses/e168/e168content.pdf>. Diakses 3 april 2015.
- Deulisno. 2013. *Inilah 10 Super-Komputer Tercepat di Dunia*. Kompas 19 juni 2013. <http://tekno.kompas.com/read/2013/06/19/18324881/Inilah.10.Super-Komputer.Tercepat.di.Dunia>. Diakses 2 mei 2015
- Dull, R.W, et al. 1994. *A teacher guide to Superconductivity to High School Students*. Largo Florida: 1994.
- FR Sumardi. 2013. *Tinjauan Pustaka*. <http://digilib.unila.ac.id/76/8/BAB%20II.pdf>. Diakses 30 april 2015.
- G, Blatter et al. 1994. *Vortices in high-temperature superconductors*. *Rev. Mod. Phys*, 66.

- H Tsutsui et al. 2013. *Design a Superconducting AVF Cyclotron For Proton Therapy*. Sumitomo Heavy Industries, Ltd, Jepang.
- Hakola, Antti. 2008. *HTS Material YBCO*.  
<http://tfy.tkk.fi/aes/AES/projects/prlaser/material.htm>. Diakses 18 april 2015.
- Heri Sudarmanto, dkk. 2011. *Rancangan Sistem Catu Daya DC 2 kV/ 2A untuk Katoda Sumber Ion Siklotron 13 MeV Berbasis Transformator*. Prosiding Seminar Penelitian dan Pengelolaan Perangkat Nuklir Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan.
- IAEA. 2008. *Cyclotron Produced Radionuclide: Principles and Practice*. Technical Report Series no 465. IAEA: Vienna.
- Ismunandar. 2006. *Padatan Oksida Logam*. Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Ismunandar & cun Sen. 2004. *Mengenal Superkonduktor*.  
<http://www.fisikanet.lipi.go.id/utama.cgi?artikel&1100396563>. Diakses 10 April 2015.
- Ismunandar dan Sen Cun. 2002. *Mengenal Superkonduktor*.  
<http://www.fisikanet.lipi.go.id/utama.cgi?cetakartikel&1100396563>. Diakses 3 april 2015.
- J kang, et al. *Design Of The 30 MeV Cyclotron Magnet*. Proceedings of EPAC 2006. Edinburgh, Scotlandia.
- Joonsun Kang and Yu Seok Kim. 2008. Magnetic Field Design of a KIRAMS –K120 Superconducting Cyclotron. Journal of the Korea Institute of Applied Superconductivity and Cryogenics. Korea
- Kurniawan, MY. 2009. *Analisis Struktur Kristal Superkonduktor BSCCO2212 dengan Menggunakan Metode Rietveld*. Skripsi. Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga. Surabaya.

- Leng, Yang. 2008. *Materials Characterization Introduction to Microscopic and Spectroscopic Methods*. HongKong Universitu of Science and Technology. John Willey: Singapore
- L.E. MURR, A.W. HARE and N.G.EROR, *Introduction The Metal Matrix High Temperature Superconductor*. Advanced Material and Process. 1987.
- Li Chun Liang. 2008. YBCO Superconductor Research Progress. New York: Nova Science Publishers Inc
- M.Parans Paranthaman danTeruo Izumi. 2004. *High – performance YBCO – Coated Superconductor Wire*. Mrs Buletin:DOA.
- Mu'thi Wahib. 2012. *Penciptaan Manusia Sebagai Khalifah Allah Di Muka Bumi*. <http://psq.or.id/artikel/penciptaan-manusia-sebagai-khalifah-allah-di-muka-bumi/>. Diakses 2 Mei 2015.
- Pal g, dkk. 2008. *Cryogenic system for VECC K500 Superconducting cyclotron*. Proceedings of ICEC 22-ICMC, The Korea Institute of Applied Superconductivity and Cryogenics. Kolkata, India.
- Pratapa S dan Dewi Linda K. 2014. Sintesis  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  dari pasir Besi dengan metode Logam terlarur Asam Klorida. Jurnal Sains dan Seni POMITS Vol 3, No 2. ITS: Surabaya
- Purwanto, Joko. 2012. *Nalar Ayat-ayat Semesta*. Bandung:Mizan.
- R. Baquero. *Brief Introduction to Superconductiyity*. Departamento de Fisica, cinvestav. july 2005.

- R.Liang dkk. 2006. *Evaluation of CuO<sub>2</sub> plane hole doping in YBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>6+x</sub> single crystals*. Department of physics and Astronomy, University of British Columbia, 6224 Agricultural Road, Canada.
- Sartono, A. A. 2006. *Difraksi Sinar-X (XRD)*. Tugas Akhir Matakuliah Proyek Laboratorium. Departemen Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia. Depok.
- Saxena, A.K. 2010. *High – Temperature Superconductors*. Springer:Tokyo.
- Sebastian. 2012. *Scanning Electron Microscopy (SEM)*. <http://materialcerdas.wordpress.com/teori-dasar/scanning-electronmicroscopy/feed>.
- Sears and Zemansky. 1985. *Fisika Untuk Universitas 2 Listrik Magnet*. Jakarta: Bina Cipta.
- Serkan ALGAOZ. 2008. *Production of YBCO Superconductor Sample by Powder-In\_Tube Method (PITM) and Effect of Cd an Ga Doping on the system*. Inonu University, Departement of Physics, Malatya- TURKEY.
- Silakhudin, 2010. *Penentuan Kriteria Desain Komponen Utama Siklotron 13 MeV*. Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan, BATAN , Yogyakarta
- Silakhudin, dkk. 2012. *Penentuan Parameter Komponen Perangkat Uji Sumber Ion Siklotron. Prosiding Pertemuan Ilmiah dan Presentasi Ilmiah Teknologi Akse HKL Technology*.2005. Improving The Processing Of High Temperature Superconductors By Texture Control.
- Soedjo, Peter. 1998. *Azas-azas ilmu fisika jilid 2 listrik magnet*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Sudjatmoko, dkk. 2000. *Kajian Perkembangan Teknologi Akselerator Untuk Radioterapi Kanker*. P3TM- BATAN, Yogyakarta

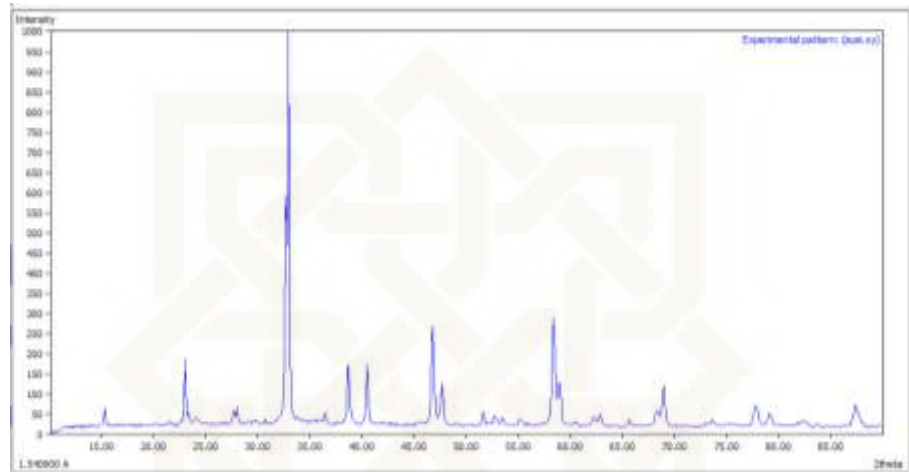
- Sukirman, dkk. 2003. *Review Kegiatan Litbang Superkonduktor Tc tinggi di P3IB-BATAN*. Jurnal Sains Materi Indonesia, Vol.4 No.2 hal 30-39. BATAN: Serpong
- Sukirman, E. W. A. Adi, D.S. Winatapura, dan G.Tj. Sulungbudi. 2003. *Review Kegiatan Litbang Superkonduktor Tc Tinggi di P3IB-BATAN*. Jurnal Sains Materi Indonesia Vol. 4 No. 2, Februari 2003. Hal 30-39.
- Sunarhadijoso. 2010. *Pekembangan Siklotron dan Aspek Teknis Dalam Program Pembangunan Laboratorium Berbasis Akselerator*. Proseding Seminar Nasional Teknologi Akselerator dan Aplikasinya. Vol.2 No.1 1 November 2000.
- Suprihatin. 2002. *Sintesis Superkonduktor Bi-2212 dengan Kehadiran KCL (tesis)*. ITB. Bandung. 34 hlm.
- Stark, Glen. 2014. *X-Ray Radiation Beam*. <http://www.britannica.com/EBchecked/topic/650351/X-ray>. Diakses 11 mei 2015.
- S Takayama, dkk. 2014. *Superconducting properties of experimental YBCO coil for FFAG accelerator magnets*. Journal Of Physics. 11th European on Applied Superconductivity (EUCAS2013)
- Suyamto. 2009. Fisika Bahan Listrik. Pustaka Pelajar: Yogyakarta.
- Suryanarayana, C and Norton, M.G. 1998. *X-Ray diffraction A Practical Approach*. New York: Plenum Press: 5 -24
- U.E., Frida.2010. *Chapter V:X-Ray Diffraction*. <http://fisikaunesa.net/ChapterV:X-RayDiffraction.pdf>.
- Waldran JR. 1996. *Superconductivity of metals and cuprates*. Institute of Physics: Bristol.

- Wang Qiu-Liang. 2013. *High Field Superconducting Magnet: Science, Technology and Applications*. Progress in Physics. 2013. Vol.33 No 1.
- Widdi, Usada. 2011. *Perhitungan Parameter Fisis Sistem Eksternalor Siklotron 13 MeV Untuk PET*. Jurnal IptekNuklir Ganendra. Vol 14, No 2.
- Widodo, Henry. 2009. *Nanokristalisasi superkonduktor  $Bi_2Sr_2Ca_2Cu_3O_{10+\delta}$  dan  $Bi_{1,6}Pb_{0,4}Sr_2Ca_2Cu_3O_{10+\delta}$  dengan Metode Kopresipitasi dan Pencampuran Basah*. ITS. Surabaya.
- Williams et al. 1978. *Journal of Publication Physics Review*. Vol 37 dipublikasikan tahun 1988. <http://www.crystallography.net/cod/1000030.html>. Diakses 2 Mei 2015. Akselerator dan Aplikasinya .Vol 14 hal22-27 14 November 2012.
- Windartun. 2008. *Superkonduktor*. Universitas Pendidikan Indonesia. Bandung.
- Winkler, Dag. 2007. *High Temperature Superconductors (I). Microtechnology and nanoscience, MC2*. Chalmers University of Technology and Goteborg University. Sweden.
- Yusuf, HA. 2015. *Pecahkan Rekor Dunia, Kereta Ini Lebih Cepat dari Shinkansen*. <http://www.tempo.co/read/news/2015/04/23/061660057/Pecahkan-Rekor-Dunia-Kereta-Ini-Lebih-Cepat-dari-Shinkansen>. Diakses 2 Mei 2015.
- Y. Suyama, dkk. 1991. *Effect of Oxygen Deficiency on the Superconducting Properties of YBCO*. *Advances in Superconductivity III*. Springer: Verlag Tokyo.
- Zaremba, S. 2005. *Magnet For Cyclotrons*. Accelerator Physicist, IBA. Zeegse, Netherlands.

## LAMPIRAN

### Lampiran 1

#### A. Hasil XRD di *fitted* menggunakan software Match!

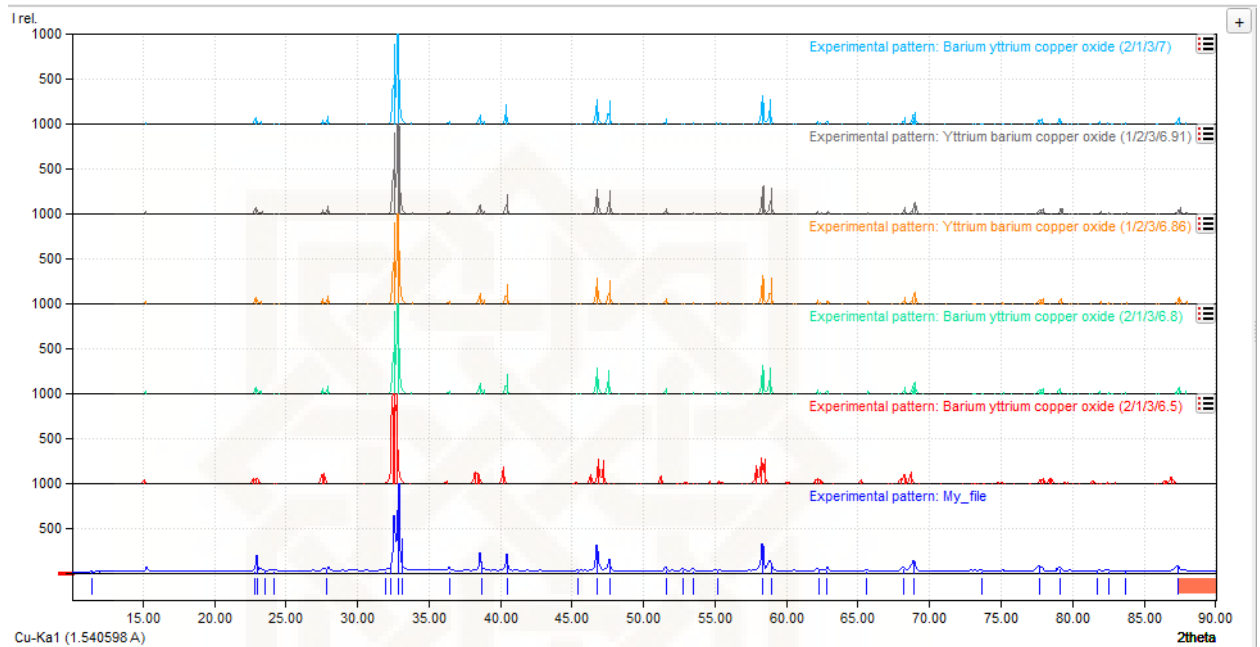


Gambar 1. Difaktogram hasil XRD

| No. | 2theta [°] | d [Å]  | INT     | FWHM   |
|-----|------------|--------|---------|--------|
| 1   | 11.41      | 7.7516 | 19.97   | 0.3422 |
| 2   | 11.69      | 7.5619 | 19.46   | 0.3422 |
| 3   | 12.36      | 7.1554 | 19.31   | 0.3422 |
| 4   | 13.58      | 6.5136 | 16.09   | 0.3422 |
| 5   | 13.67      | 6.3801 | 15.11   | 0.3422 |
| 6   | 15.21      | 5.8188 | 38.52   | 0.3422 |
| 7   | 22.75      | 3.9064 | 15.70   | 0.3422 |
| 8   | 22.97      | 3.8680 | 113.69  | 0.3422 |
| 9   | 23.50      | 3.7829 | 17.01   | 0.3422 |
| 10  | 24.10      | 3.6904 | 21.60   | 0.3422 |
| 11  | 27.82      | 3.2042 | 47.04   | 0.3422 |
| 12  | 31.95      | 2.7987 | 18.48   | 0.3422 |
| 13  | 32.33      | 2.7672 | 75.39   | 0.3422 |
| 14  | 32.81      | 2.7273 | 1000.00 | 0.3422 |
| 15  | 36.41      | 2.4854 | 26.28   | 0.3422 |
| 16  | 38.64      | 2.3282 | 134.61  | 0.3422 |
| 17  | 40.46      | 2.2274 | 123.30  | 0.3422 |
| 18  | 46.78      | 1.9405 | 250.13  | 0.3422 |
| 19  | 47.63      | 1.9078 | 104.39  | 0.3422 |
| 20  | 51.61      | 1.7695 | 34.27   | 0.3422 |
| 21  | 52.77      | 1.7334 | 32.54   | 0.3422 |
| 22  | 53.47      | 1.7122 | 19.57   | 0.3422 |
| 23  | 55.19      | 1.6633 | 20.59   | 0.3422 |
| 24  | 58.34      | 1.5805 | 295.09  | 0.3422 |
| 25  | 59.01      | 1.5640 | 37.30   | 0.3422 |
| 26  | 62.25      | 1.4903 | 29.82   | 0.3422 |
| 27  | 62.85      | 1.4772 | 31.19   | 0.3422 |
| 28  | 65.53      | 1.4213 | 17.50   | 0.3422 |
| 29  | 68.91      | 1.3515 | 120.65  | 0.3422 |
| 30  | 73.69      | 1.2846 | 17.45   | 0.3422 |
| 31  | 77.76      | 1.2272 | 68.57   | 0.3422 |
| 32  | 79.16      | 1.2090 | 37.60   | 0.3422 |
| 33  | 82.50      | 1.1682 | 19.06   | 0.3422 |
| 34  | 87.36      | 1.1153 | 72.10   | 0.3422 |

Gambar 2. Peak List hasil fitted data XRD menggunakan software Match!

## B. Fitted data XRD dengan database kode 20150107 menggunakan software match



Gambar 3. Difaktogram XRD sample uji dengan XRD database

Table. Parameter kisi

| O-content           | a (Å)   | b (Å)   | c (Å)    |
|---------------------|---------|---------|----------|
| $YBa_2Cu_3O_7$      | 3,8178  | 3,8839  | 11,6828  |
| $YBa_2Cu_3O_{6,91}$ | 3,8121  | 3,8798  | 11,6542  |
| $YBa_2Cu_3O_{6,86}$ | 3,81242 | 3,8807  | 11,6527  |
| $YBa_2Cu_3O_{6,8}$  | 3,82140 | 3,88490 | 11,67580 |
| $YBa_2Cu_3O_{6,5}$  | 3,8468  | 3,8747  | 11,7466  |

(sumber : database COD versi 20150107)

| O-content           | a (Å)   | a (Å)   | c (Å)   |
|---------------------|---------|---------|---------|
| $YBa_2Cu_3O_{6,97}$ | 3.81550 | 3.88203 | 11.6458 |

(sumber : database ICSD dengan kode koleksi 83086)

### C. PERHITUNGAN INDEKS MILLER

Persamaan Hukum Bragg

$$n\lambda = 2.d.\sin \theta \quad (1)$$

Kristal  $YBa_2Cu_3O_{7-x}$  memiliki Kristal orthorombik dan untuk parameter kisi dapat dihitung dengan rumus jarak antar bidang sebagai berikut:

$$\frac{1}{d^2} = \frac{h^2}{a^2} + \frac{k^2}{b^2} + \frac{l^2}{c^2} \quad (2)$$

Dengan menerapkan persamaan hukum Bragg (1) dan mensubstitusikan ke persamaan (2), maka didapatkan persamaan:

$$\sin^2 \theta = \frac{\lambda^2}{4a^2} (h^2) + \frac{\lambda^2}{4b^2} (k^2) + \frac{\lambda^2}{4c^2} (l^2) \quad (3)$$

Diketahui:  $\lambda_{Cu} = 0,15406 \text{ nm}$

**Tabel 1.** Bidang HKL untuk sampel  $YBa_2Cu_3O_{7-x}$

| $2\theta (^{\circ})$ | O-content           | a(A)    | b (A)   | c(A)     | hkl |
|----------------------|---------------------|---------|---------|----------|-----|
| 32,9274              | $YBa_2Cu_3O_7$      | 3,8178  | 3,8839  | 11,6828  | 110 |
|                      | $YBa_2Cu_3O_{6,97}$ | 3.82290 | 3.88640 | 11.68050 | 110 |
|                      | $YBa_2Cu_3O_{6,8}$  | 3.82140 | 3.88490 | 11.67580 | 110 |

## Lampiran 2

### Analisis Rietica

#### A. Output Rietica

Hasil output Rietica untuk O-content 6,97

```

View Output: C:\Users\BIRU\Documents\Temp\Output\less.txt
File Edit View Options Help
*** FULL-RIETVELD ANALYSIS PROGRAM LB-RIET 7.20C ***
YBAJOW306,67
NUMBER OF PHASES = 1
NUMBER OF HISTOGRAMS = 1
NUMBER OF PARAMETER LIMITS = 0
NUMBER OF BOND RESTRAINTS = 0

*** HISTOGRAM 1 ***
FOR X-RAY DATA
MONTON-HANFORD ALGORITHM
BACKGROUND TO BE DEFINED (HGN & PARAMETERS)
POLYNOMIAL BACKGROUND
THE PSEUDO-VOIGT PROFILE FUNCTION WAS SELECTED
USING THE HANFORD, HGN OF 2 PHASE, ASYMMETRY
WAVELENGTHS = 1.54061 1.54455
ALPHA2:ALPHA1 RATIO = 0.4000
BASE OF PEAK = 1.0*HWH* 7.00
NONSCATTERING CORRECTION = 1.0000
ABSORPTION CORRECTION FOR CYLINDER SAMPLE
USING ALGORITHM OF SABINE (1996)/TWIGGINS (1972) WITH m0 = 0.0000
NO ILLUMINATION CORRECTION
PREFERRED ORIENTATION USING MARX MODEL - NO SUMMING OF EQUIVALENTS
HISTOGRAM WEIGHTING = 1.0000
USING DRAGO-DEWITT SAMPLE DISPLACEMENT

OUTPUT STRUCTURE FACTORS
OUTPUT CORRELATION MATRICES
GENERATE NEW INPUT FILE
NUMBER OF CYCLES = 30
RELAXATION FACTORS:
FOR COORDINATES, ISOTROPIC B, SIZE OCCUPANCY = 0.90
FOR ANISOTROPIC TEMPERATURE FACTORS = 0.90
FOR SCALE, ZERO, B OVERALL, UNIT CELL, PREFERRED ORIENTATION BACKGROUND = 0.90
FOR PEAK WIDTH, ASYMMETRY, SHAPE PARAMETERS = 0.90
REF-VALUE = 0.100

NUMBER OF PARAMETERS VARIED = 14

GLOBAL PARAMETERS AND CODEWORDS:
ZEROPOINT (1) = 0.00 0.00
SAMPLE DISPLACEMENT (1) = -0.1200 11.00
WYTHOFFIAN SCALE TO AN ISOTROPIC TEMPERATURE
HISTOGRAM 1 FROM 10.000000 TO 20.000000 IN STEPS OF 0.000040 DEGREES

BACKGROUND PARAMETERS AND CODEWORDS (1):
223.010000 24.331001 -0.002000 0.002000 0.000000 0.000000
21.000000 21.000000 41.000000 21.000000 0.000000 0.000000

***** PHASE 1 *****
A NEW PHASE
PHASE IS CALCULATED USING STRUCTURAL INPUT
NUMBER OF FORMULA PER UNIT CELL = 1
NUMBER OF ATOMS = 6
PREFERRED ORIENTATION VECTOR (1) = 0.0000 0.0000 0.0000
THE SPACE GROUP IS P 63/M 2

***INITIAL PARAMETERS***
ATOM TYPE X Y Z B12 B13 B23
Y Y+2 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.12500 0.00000
RA RA+2 0.00000 0.00000 0.00000 0.18410 0.00000 0.28000 0.00000
CU1 CU+2 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000
CU2 CU+2 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000
O1 O-2 0.00000 0.00000 0.18410 0.00000 0.28000 0.00000
O2 O-2 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.28000 0.00000
O3 O-2 0.00000 0.00000 0.27780 0.00000 0.28000 0.00000
O4 O-2 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.12500 0.00000

***** PHASE INFORMATION *****
OVERALL SCALE FACTOR = 0.002000-03
OVERALL TEMP. FACTOR = -0.04000
DIRECT CELL PARAMETERS = 3.0230 9.8864 11.4006 90.0000 90.0000 90.0000

*** HISTOGRAM 1 ***
PREFERRED ORIENTATION PARAMETER = 0.0112 0.00
ABSORPTION A = 0.0000
ASYMMETRY PARAMETERS = 0.021000 0.000000
GAUSSIAN HALF-WIDTH PARAMETERS = 0.0000 -0.0000 0.0000
ANISOTROPIC PARAMETER = 0.000000
PSEUDO-VOIGT PEAK SHAPE =
EXTINCTION PARAMETER = 0.000000 * TWOPI * 0.000000 * TWOPI * TWOPI
The Line Symmetry is: 6mm

***CODING OF VARIABLES***
ATOM X Y Z B12 B13 B23
Y 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
RA 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
CU1 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
CU2 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
O1 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
O2 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
O3 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
O4 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00

```



| AVERAGE INTENSITY DIFFERENCE FOR PATTERN,<br>GIVEN FOR BLOCKS OF 20 OBSERVATIONS.                                                                                                                                |      |   |   |   |       |       |        |        |        |         |      |  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|---|---|---|-------|-------|--------|--------|--------|---------|------|--|
| 11 -9.5 12 31.7 13 22.6 4 13.9 8 8.9 6 6.0 7 9.2 8 28.2 9 1<br>21 -26.7 22 29.4 23 -20.2 24 -27.2 25 -19.2 26 -11.8 27 -21.8 28 8.0 29 4<br>31 28.8 32 -8.7 33 -2.8 34 14.7 35 -16.4 36 18.4 37 0.8 38 17.2 39 4 |      |   |   |   |       |       |        |        |        |         |      |  |
| NO.                                                                                                                                                                                                              | CODE | H | K | L | HW    | SHAPE | POSH   | ICALC  | COBS   | DIFF    | ESD  |  |
| 1                                                                                                                                                                                                                | 1    | 0 | 0 | 2 | 0.143 | 0.749 | 15.163 | 1010.  | 1023.  | 12.8    | 16.6 |  |
| 2                                                                                                                                                                                                                | 2    | 0 | 0 | 2 | 0.143 | 0.749 | 15.201 | 503.   | 497.   | -5.2    | 9.1  |  |
| 3                                                                                                                                                                                                                | 1    | 0 | 0 | 3 | 0.146 | 0.743 | 22.829 | 2241.  | 2555.  | 114.2   | 26.4 |  |
| 4                                                                                                                                                                                                                | 1    | 0 | 1 | 0 | 0.148 | 0.748 | 22.872 | 1139.  | 1207.  | 68.0    | 15.2 |  |
| 5                                                                                                                                                                                                                | 2    | 0 | 0 | 3 | 0.148 | 0.743 | 22.857 | 1114.  | 1177.  | 62.8    | 12.9 |  |
| 6                                                                                                                                                                                                                | 2    | 0 | 1 | 0 | 0.146 | 0.749 | 22.829 | 866.   | 889.   | 22.7    | 7.2  |  |
| 7                                                                                                                                                                                                                | 1    | 1 | 0 | 0 | 0.146 | 0.749 | 23.284 | 380.   | 404.   | 24.3    | 8.8  |  |
| 8                                                                                                                                                                                                                | 2    | 1 | 0 | 0 | 0.146 | 0.749 | 23.318 | 288.   | 288.   | 0.0     | 4.8  |  |
| 9                                                                                                                                                                                                                | 1    | 0 | 1 | 1 | 0.146 | 0.749 | 24.122 | 82.    | 108.   | 26.8    | 2.0  |  |
| 10                                                                                                                                                                                                               | 2    | 0 | 1 | 1 | 0.148 | 0.749 | 24.183 | 46.    | 33.    | -13.3   | 2.0  |  |
| 11                                                                                                                                                                                                               | 1    | 1 | 0 | 3 | 0.147 | 0.749 | 24.488 | 38.    | 89.    | 51.2    | 0.8  |  |
| 12                                                                                                                                                                                                               | 2    | 1 | 0 | 3 | 0.147 | 0.749 | 24.550 | 19.    | 20.    | 0.8     | 0.4  |  |
| 13                                                                                                                                                                                                               | 1    | 0 | 1 | 2 | 0.149 | 0.749 | 27.556 | 601.   | 637.   | 36.5    | 10.5 |  |
| 14                                                                                                                                                                                                               | 2    | 0 | 1 | 2 | 0.149 | 0.749 | 27.628 | 299.   | 322.   | 23.2    | 5.3  |  |
| 15                                                                                                                                                                                                               | 1    | 1 | 0 | 2 | 0.149 | 0.749 | 27.879 | 1255.  | 1357.  | -97.3   | 17.4 |  |
| 16                                                                                                                                                                                                               | 2    | 1 | 0 | 2 | 0.149 | 0.743 | 27.900 | 624.   | 576.   | -48.0   | 8.9  |  |
| 17                                                                                                                                                                                                               | 1    | 0 | 0 | 4 | 0.151 | 0.749 | 30.600 | 278.   | 271.   | -7.8    | 5.0  |  |
| 18                                                                                                                                                                                                               | 2    | 0 | 0 | 4 | 0.151 | 0.749 | 30.678 | 137.   | 133.   | -4.2    | 2.8  |  |
| 19                                                                                                                                                                                                               | 1    | 0 | 1 | 3 | 0.152 | 0.749 | 32.517 | 13481. | 14162. | -681.8  | 88.7 |  |
| 20                                                                                                                                                                                                               | 2    | 0 | 1 | 3 | 0.152 | 0.749 | 32.628 | 8788.  | 7134.  | -1654.7 | 43.0 |  |
| 21                                                                                                                                                                                                               | 1    | 0 | 0 | 5 | 0.158 | 0.749 | 32.814 | 13221. | 13221. | -202.7  | 78.8 |  |
| 22                                                                                                                                                                                                               | 1    | 1 | 1 | 0 | 0.158 | 0.749 | 32.841 | 8011.  | 8778.  | -767.4  | 46.4 |  |
| 23                                                                                                                                                                                                               | 2    | 1 | 0 | 0 | 0.153 | 0.749 | 32.900 | 7718.  | 7822.  | -103.0  | 39.7 |  |
| 24                                                                                                                                                                                                               | 2    | 1 | 1 | 0 | 0.152 | 0.749 | 32.930 | 4928.  | 4732.  | -196.3  | 27.6 |  |
| 25                                                                                                                                                                                                               | 1    | 1 | 1 | 1 | 0.152 | 0.749 | 32.755 | 27.    | 37.    | 10.2    | 1.5  |  |
| 26                                                                                                                                                                                                               | 2    | 1 | 1 | 1 | 0.153 | 0.743 | 33.841 | 134.   | 139.   | 4.7     | 2.4  |  |
| 27                                                                                                                                                                                                               | 1    | 1 | 1 | 2 | 0.156 | 0.749 | 36.360 | 623.   | 657.   | 33.4    | 10.8 |  |
| 28                                                                                                                                                                                                               | 2    | 1 | 1 | 2 | 0.158 | 0.743 | 36.453 | 513.   | 517.   | 4.8     | 5.4  |  |
| 29                                                                                                                                                                                                               | 1    | 0 | 0 | 5 | 0.158 | 0.749 | 36.515 | 8176.  | 8011.  | -165.5  | 35.3 |  |
| 30                                                                                                                                                                                                               | 1    | 0 | 1 | 4 | 0.158 | 0.749 | 36.545 | 1144.  | 1120.  | -24.8   | 11.8 |  |
| 31                                                                                                                                                                                                               | 2    | 0 | 0 | 5 | 0.158 | 0.749 | 36.618 | 1608.  | 1519.  | -88.8   | 18.8 |  |
| 32                                                                                                                                                                                                               | 2    | 0 | 1 | 4 | 0.158 | 0.749 | 36.648 | 888.   | 830.   | -58.8   | 8.1  |  |
|                                                                                                                                                                                                                  |      |   |   |   |       |       |        |        |        |         |      |  |
| 32                                                                                                                                                                                                               | 2    | 0 | 1 | 4 | 0.158 | 0.749 | 36.648 | 569.   | 530.   | -38.9   | 6.1  |  |
| 33                                                                                                                                                                                                               | 1    | 1 | 0 | 4 | 0.158 | 0.749 | 36.756 | 467.   | 419.   | -47.4   | 9.1  |  |
| 34                                                                                                                                                                                                               | 2    | 1 | 0 | 4 | 0.158 | 0.749 | 36.806 | 331.   | 310.   | -21.2   | 5.0  |  |
| 35                                                                                                                                                                                                               | 1    | 1 | 1 | 3 | 0.160 | 0.749 | 40.378 | 4142.  | 4112.  | -30.2   | 43.8 |  |
| 36                                                                                                                                                                                                               | 2    | 1 | 1 | 3 | 0.160 | 0.749 | 40.482 | 2039.  | 1890.  | -149.0  | 23.0 |  |
| 37                                                                                                                                                                                                               | 1    | 0 | 1 | 5 | 0.166 | 0.749 | 45.269 | 169.   | 164.   | -4.3    | 3.1  |  |
| 38                                                                                                                                                                                                               | 2    | 0 | 1 | 5 | 0.166 | 0.749 | 45.307 | 54.    | 50.    | -3.4    | 1.5  |  |
| 39                                                                                                                                                                                                               | 1    | 1 | 0 | 8 | 0.166 | 0.749 | 45.480 | 71.    | 67.    | -4.3    | 1.2  |  |
| 40                                                                                                                                                                                                               | 1    | 1 | 1 | 4 | 0.168 | 0.749 | 48.803 | 113.   | 106.   | -7.1    | 1.8  |  |
| 41                                                                                                                                                                                                               | 2    | 1 | 0 | 8 | 0.168 | 0.749 | 48.899 | 56.    | 54.    | -2.4    | 0.8  |  |
| 42                                                                                                                                                                                                               | 2    | 1 | 1 | 4 | 0.166 | 0.749 | 45.623 | 56.    | 54.    | -2.4    | 1.0  |  |
| 43                                                                                                                                                                                                               | 1    | 0 | 0 | 6 | 0.167 | 0.749 | 46.633 | 4723.  | 4917.  | 194.2   | 43.7 |  |
| 44                                                                                                                                                                                                               | 1    | 0 | 2 | 0 | 0.168 | 0.749 | 46.724 | 3301.  | 3408.  | 107.3   | 28.1 |  |
| 45                                                                                                                                                                                                               | 0    | 0 | 0 | 6 | 0.168 | 0.749 | 46.756 | 2348.  | 2408.  | 60.2    | 20.3 |  |
| 46                                                                                                                                                                                                               | 2    | 0 | 2 | 0 | 0.168 | 0.749 | 46.847 | 1481.  | 1685.  | 204.2   | 17.5 |  |
| 47                                                                                                                                                                                                               | 1    | 0 | 2 | 1 | 0.168 | 0.749 | 47.405 | 6.     | 6.     | 0.0     | 0.1  |  |
| 48                                                                                                                                                                                                               | 2    | 0 | 2 | 1 | 0.169 | 0.749 | 47.530 | 3.     | 3.     | 0.0     | 0.0  |  |
| 49                                                                                                                                                                                                               | 1    | 2 | 0 | 0 | 0.169 | 0.749 | 47.846 | 3120.  | 3118.  | -2.2    | 38.8 |  |
| 50                                                                                                                                                                                                               | 2    | 2 | 0 | 0 | 0.169 | 0.749 | 47.871 | 1851.  | 1874.  | 23.8    | 18.7 |  |
|                                                                                                                                                                                                                  |      |   |   |   |       |       |        |        |        |         |      |  |
| 51                                                                                                                                                                                                               | 1    | 2 | 0 | 1 | 0.170 | 0.749 | 48.219 | 6.     | 5.     | -0.4    | 0.1  |  |
| 52                                                                                                                                                                                                               | 2    | 2 | 0 | 1 | 0.170 | 0.749 | 48.348 | 3.     | 3.     | -0.2    | 0.1  |  |
| 53                                                                                                                                                                                                               | 1    | 0 | 2 | 2 | 0.171 | 0.749 | 48.406 | 48.    | 42.    | -6.0    | 0.8  |  |
| 54                                                                                                                                                                                                               | 2    | 0 | 2 | 2 | 0.171 | 0.749 | 48.537 | 22.    | 20.    | -2.2    | 0.4  |  |
| 55                                                                                                                                                                                                               | 1    | 2 | 0 | 2 | 0.172 | 0.749 | 50.195 | 43.    | 41.    | -2.0    | 0.6  |  |
| 56                                                                                                                                                                                                               | 2    | 2 | 0 | 2 | 0.173 | 0.749 | 50.328 | 21.    | 20.    | -1.4    | 0.4  |  |
| 57                                                                                                                                                                                                               | 1    | 1 | 1 | 5 | 0.174 | 0.749 | 51.489 | 1074.  | 1088.  | 14.2    | 16.3 |  |
| 58                                                                                                                                                                                                               | 2    | 1 | 1 | 5 | 0.174 | 0.749 | 51.636 | 934.   | 814.   | -120.2  | 4.3  |  |
| 59                                                                                                                                                                                                               | 1    | 0 | 1 | 6 | 0.176 | 0.749 | 52.552 | 446.   | 425.   | -20.6   | 7.0  |  |
| 60                                                                                                                                                                                                               | 1    | 0 | 2 | 3 | 0.176 | 0.749 | 52.614 | 263.   | 252.   | -10.6   | 4.1  |  |
| 61                                                                                                                                                                                                               | 2    | 0 | 1 | 6 | 0.176 | 0.749 | 52.692 | 221.   | 212.   | -9.4    | 3.3  |  |
| 62                                                                                                                                                                                                               | 1    | 1 | 0 | 6 | 0.176 | 0.749 | 52.742 | 287.   | 276.   | -11.3   | 4.4  |  |
| 63                                                                                                                                                                                                               | 2    | 0 | 2 | 3 | 0.176 | 0.749 | 52.755 | 121.   | 126.   | 4.8     | 2.0  |  |
| 64                                                                                                                                                                                                               | 1    | 1 | 2 | 0 | 0.176 | 0.749 | 52.824 | 105.   | 102.   | -3.7    | 2.0  |  |
| 65                                                                                                                                                                                                               | 2    | 1 | 0 | 6 | 0.176 | 0.749 | 52.852 | 143.   | 141.   | -2.2    | 2.4  |  |
| 66                                                                                                                                                                                                               | 2    | 1 | 2 | 0 | 0.176 | 0.749 | 52.966 | 92.    | 91.    | -1.4    | 1.6  |  |
| 67                                                                                                                                                                                                               | 1    | 2 | 0 | 3 | 0.177 | 0.749 | 53.368 | 283.   | 284.   | 1.0     | 4.3  |  |
| 68                                                                                                                                                                                                               | 1    | 2 | 1 | 0 | 0.177 | 0.749 | 53.389 | 264.   | 265.   | 1.0     | 4.5  |  |
| 69                                                                                                                                                                                                               | 1    | 1 | 2 | 1 | 0.177 | 0.749 | 53.440 | 6.     | 6.     | 0.0     | 0.1  |  |
| 70                                                                                                                                                                                                               | 2    | 2 | 0 | 3 | 0.177 | 0.749 | 53.512 | 126.   | 124.   | -1.3    | 2.2  |  |
|                                                                                                                                                                                                                  |      |   |   |   |       |       |        |        |        |         |      |  |
| 71                                                                                                                                                                                                               | 2    | 2 | 1 | 0 | 0.177 | 0.749 | 53.532 | 131.   | 128.   | -3.0    | 2.3  |  |
| 72                                                                                                                                                                                                               | 2    | 2 | 1 | 1 | 0.177 | 0.749 | 53.581 | 8.     | 8.     | -0.1    | 0.1  |  |
| 73                                                                                                                                                                                                               | 1    | 2 | 1 | 1 | 0.178 | 0.749 | 54.008 | 20.    | 20.    | 0.0     | 0.4  |  |
| 74                                                                                                                                                                                                               | 2    | 2 | 1 | 1 | 0.178 | 0.749 | 54.152 | 10.    | 9.     | -0.2    | 0.2  |  |
| 75                                                                                                                                                                                                               | 1    | 0 | 0 | 7 | 0.180 | 0.749 | 55.004 | 553.   | 539.   | -14.0   | 9.2  |  |
| 76                                                                                                                                                                                                               | 2    | 0 | 0 | 7 | 0.180 | 0.749 | 55.152 | 278.   | 260.   | -18.7   | 4.6  |  |
| 77                                                                                                                                                                                                               | 1    | 1 | 1 | 6 | 0.180 | 0.749 | 55.256 | 296.   | 292.   | -4.2    | 8.0  |  |
| 78                                                                                                                                                                                                               | 2    | 1 | 2 | 2 | 0.180 | 0.749 | 55.437 | 187.   | 188.   | 1.1     | 2.4  |  |
| 79                                                                                                                                                                                                               | 1    | 2 | 1 | 2 | 0.181 | 0.749 | 55.836 | 272.   | 268.   | -4.2    | 8.1  |  |
| 80                                                                                                                                                                                                               | 2    | 2 | 1 | 2 | 0.181 | 0.749 | 55.987 | 381.   | 373.   | -8.2    | 3.6  |  |
| 81                                                                                                                                                                                                               | 1    | 0 | 2 | 4 | 0.183 | 0.749 | 56.896 | 17.    | 17.    | 0.0     | 0.3  |  |
| 82                                                                                                                                                                                                               | 2    | 0 | 2 | 4 | 0.183 | 0.749 | 57.044 | 8.     | 8.     | 0.0     | 0.2  |  |
| 83                                                                                                                                                                                                               | 1    | 2 | 0 | 4 | 0.184 | 0.749 | 57.608 | 16.    | 16.    | 0.0     | 0.3  |  |
| 84                                                                                                                                                                                                               | 2    | 2 | 0 | 4 | 0.184 | 0.749 | 57.763 | 8.     | 8.     | 0.0     | 0.1  |  |
| 85                                                                                                                                                                                                               | 1    | 1 | 2 | 3 | 0.185 | 0.749 | 58.211 | 446.   | 438.   | -8.2    | 3.4  |  |
| 86                                                                                                                                                                                                               | 1    | 1 | 2 | 3 | 0.185 | 0.749 | 58.366 | 291.   | 290.   | -1.0    | 2.4  |  |
| 87                                                                                                                                                                                                               | 2    | 1 | 1 | 6 | 0.185 | 0.749 | 58.389 | 291.   | 290.   | -1.0    | 2.4  |  |
| 88                                                                                                                                                                                                               | 2    | 1 | 2 | 3 | 0.185 | 0.749 | 58.438 | 220.   | 220.   | 0.0     | 2.4  |  |
| 89                                                                                                                                                                                                               | 1    | 2 | 1 | 3 | 0.186 | 0.749 | 58.798 | 383.   | 383.   | 0.0     | 40.0 |  |
| 90                                                                                                                                                                                                               | 2    | 2 | 1 | 3 | 0.186 | 0.749 | 58.938 | 1905.  | 1905.  | 0.0     | 22.9 |  |
| 91                                                                                                                                                                                                               | 1    | 0 | 1 | 7 | 0.188 | 0.749 | 60.337 | 158.   | 158.   | 0.0     | 2.8  |  |
| 92                                                                                                                                                                                                               | 2    | 0 | 1 | 7 | 0.188 | 0.749 | 60.388 | 77.    | 78.    | 1.0     | 1.8  |  |
| 93                                                                                                                                                                                                               | 1    | 1 | 0 | 7 | 0.188 | 0.749 | 60.511 | 247.   | 245.   | -2.2    | 4.3  |  |
| 94                                                                                                                                                                                                               | 2    | 1 | 0 | 7 | 0.189 | 0.749 | 60.676 | 122.   | 120.   | -2.2    | 2.2  |  |
| 95                                                                                                                                                                                                               | 1    | 0 | 2 | 0 | 0.192 | 0.749 | 62.101 | 711.   | 750.   | 38.7    | 11.7 |  |
| 96                                                                                                                                                                                                               | 2    | 0 | 2 | 0 | 0.192 | 0.749 | 62.172 | 353.   | 367.   | 13.8    | 5.7  |  |
| 97                                                                                                                                                                                                               | 1    | 0 | 2 | 0 | 0.192 | 0.749 | 62.192 | 353.   | 367.   | 13.8    | 5.7  |  |
| 98                                                                                                                                                                                                               | 2    | 1 | 2 | 0 | 0.193 | 0.749 | 62.462 | 1078.  | 1138.  | 60.2    | 18.0 |  |
| 99                                                                                                                                                                                                               | 1    | 1 | 2 | 0 | 0.193 | 0.749 | 62.791 | 281.   | 288.   | 7.7     | 3.8  |  |
| 100                                                                                                                                                                                                              | 1    | 1 | 2 | 0 | 0.193 | 0.749 | 62.798 | 281.   | 288.   | 7.7     | 3.8  |  |
| NO.                                                                                                                                                                                                              | CODE | H | K | L | HW    | SHAPE | POSH   | ICALC  | COBS   | DIFF    | ESD  |  |
| 101                                                                                                                                                                                                              | 2    | 2 | 0 | 5 | 0.194 | 0.749 | 62.954 | 538.   | 537.   | -1.5    | 5.8  |  |
| 102                                                                                                                                                                                                              | 2    | 2 | 1 | 4 | 0.194 | 0.749 | 62.978 | 337.   | 337.   | 0.0     | 2.8  |  |
| 103                                                                                                                                                                                                              | 1    | 0 | 0 | 8 | 0.196 | 0.749 | 65.757 | 22.    | 22.    | -0.7    | 0.4  |  |
| 104                                                                                                                                                                                                              | 2    | 0 | 0 | 8 | 0.196 | 0.749 | 65.884 | 13.    | 13.    | -0.8    | 0.2  |  |
| 105                                                                                                                                                                                                              | 1    | 1 | 1 | 7 | 0.199 | 0.749 | 68.846 | 820.   | 823.   | 3.3     | 10.3 |  |
| 106                                                                                                                                                                                                              | 2    | 1 | 1 | 7 | 0.199 | 0.749 | 68.973 | 508.   | 508.   | 0.0     | 4.8  |  |
| 107                                                                                                                                                                                                              | 1    | 1 | 2 | 5 | 0.202 | 0.749 | 67.253 | 47.    | 47.    | 0.0     | 0.9  |  |

|      |   |   |   |   |        |        |         |       |       |       |      |
|------|---|---|---|---|--------|--------|---------|-------|-------|-------|------|
| 1507 | 1 | 1 | 2 | 5 | 0.1000 | 0.7459 | 67.1353 | 47.   | 40.   | 1.4   | 0.9  |
| 1508 | 2 | 1 | 2 | 5 | 0.1000 | 0.7459 | 67.1442 | 24.   | 24.   | 1.0   | 0.4  |
| 1509 | 1 | 2 | 1 | 5 | 0.1002 | 0.7459 | 67.7442 | 81.   | 82.   | 0.8   | 1.4  |
| 1510 | 2 | 2 | 1 | 5 | 0.1004 | 0.7459 | 67.9353 | 90.   | 92.   | 1.2   | 0.7  |
| 1511 | 2 | 0 | 2 | 5 | 0.1004 | 0.7459 | 68.1353 | 184.1 | 184.1 | 22.1  | 1.4  |
| 1512 | 2 | 0 | 2 | 6 | 0.1005 | 0.7459 | 68.5442 | 209.  | 209.  | 26.0  | 1.7  |
| 1513 | 1 | 2 | 1 | 6 | 0.1006 | 0.7459 | 68.8442 | 817.  | 820.  | 3.8   | 10.8 |
| 1514 | 1 | 1 | 0 | 6 | 0.1006 | 0.7459 | 68.9353 | 858.  | 862.  | -26.2 | 9.4  |
| 1515 | 1 | 2 | 0 | 6 | 0.1006 | 0.7459 | 68.9442 | 1800. | 1800. | -89.0 | 18.5 |
| 1516 | 2 | 0 | 1 | 6 | 0.1006 | 0.7459 | 68.9527 | 404.  | 404.  | -25.4 | 4.0  |
| 1517 | 1 | 2 | 2 | 5 | 0.1006 | 0.7459 | 68.9609 | 1029. | 1029. | -88.7 | 18.0 |
| 1518 | 2 | 1 | 0 | 6 | 0.1006 | 0.7459 | 68.9690 | 474.  | 489.  | -16.8 | 3.2  |
| 1519 | 2 | 2 | 0 | 6 | 0.1006 | 0.7459 | 68.9759 | 775.  | 748.  | -27.1 | 0.5  |
| 1520 | 2 | 2 | 2 | 5 | 0.1006 | 0.7459 | 68.9844 | 807.  | 888.  | -23.7 | 11.1 |
| 1521 | 1 | 2 | 2 | 1 | 0.1007 | 0.7459 | 69.4005 | 8.    | 8.    | 0.0   | 0.1  |
| 1522 | 2 | 2 | 2 | 1 | 0.1007 | 0.7459 | 69.4089 | 2.    | 2.    | 0.0   | 0.0  |
| 1523 | 1 | 2 | 2 | 2 | 0.1011 | 0.7459 | 69.4899 | 38.   | 38.   | 1.1   | 8.7  |
| 1524 | 2 | 2 | 2 | 2 | 0.1011 | 0.7459 | 71.1955 | 17.   | 17.   | 0.0   | 0.5  |
| 1525 | 1 | 0 | 0 | 6 | 0.1013 | 0.7459 | 72.8453 | 184.  | 187.  | 0.9   | 3.2  |
| 1526 | 1 | 0 | 0 | 6 | 0.1015 | 0.7459 | 72.8998 | 62.   | 62.   | -0.1  | 1.0  |
| 1527 | 2 | 0 | 0 | 6 | 0.1015 | 0.7459 | 73.0453 | 93.   | 93.   | 0.8   | 1.8  |
| 1528 | 1 | 1 | 0 | 6 | 0.1016 | 0.7459 | 73.0877 | 202.  | 203.  | 2.4   | 2.5  |
| 1529 | 2 | 0 | 0 | 6 | 0.1016 | 0.7459 | 73.1009 | 31.   | 31.   | 0.3   | 0.5  |
| 1530 | 2 | 1 | 2 | 6 | 0.1016 | 0.7459 | 73.1877 | 101.  | 102.  | 1.2   | 1.7  |
| 1531 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0.1017 | 0.7459 | 73.5119 | 4.    | 4.    | 0.1   | 0.1  |
| 1532 | 1 | 1 | 1 | 6 | 0.1017 | 0.7459 | 73.5346 | 221.  | 223.  | 8.8   | 3.4  |
| 1533 | 1 | 2 | 1 | 6 | 0.1017 | 0.7459 | 73.5358 | 270.  | 273.  | 4.8   | 4.2  |
| 1534 | 1 | 2 | 2 | 6 | 0.1017 | 0.7459 | 73.6119 | 226.  | 226.  | 3.8   | 3.6  |
| 1535 | 2 | 0 | 0 | 6 | 0.1017 | 0.7459 | 73.7353 | 2.    | 2.    | 0.0   | 0.0  |
| 1536 | 2 | 1 | 1 | 6 | 0.1017 | 0.7459 | 73.7655 | 110.  | 119.  | 1.8   | 1.8  |
| 1537 | 2 | 2 | 1 | 6 | 0.1017 | 0.7459 | 73.7771 | 184.  | 187.  | 2.4   | 2.2  |
| 1538 | 2 | 2 | 2 | 6 | 0.1017 | 0.7459 | 73.8273 | 112.  | 112.  | 1.9   | 1.9  |
| 1539 | 1 | 5 | 0 | 5 | 0.1019 | 0.7459 | 74.4111 | 49.   | 48.   | 2.8   | 0.8  |
| 1540 | 2 | 2 | 0 | 5 | 0.1019 | 0.7459 | 74.4627 | 23.   | 23.   | 0.8   | 0.4  |
| 1541 | 1 | 5 | 0 | 1 | 0.1020 | 0.7459 | 74.9225 | 1.    | 1.    | 0.1   | 0.0  |
| 1542 | 1 | 2 | 0 | 5 | 0.1020 | 0.7459 | 74.9225 | 288.  | 288.  | 14.   | 4.4  |
| 1543 | 1 | 0 | 0 | 5 | 0.1020 | 0.7459 | 75.0709 | 30.   | 31.   | 2.8   | 0.7  |
| 1544 | 2 | 8 | 0 | 1 | 0.1021 | 0.7459 | 75.1446 | 1.    | 1.    | 0.0   | 0.0  |
| 1545 | 2 | 2 | 0 | 5 | 0.1021 | 0.7459 | 75.2046 | 132.  | 132.  | 7.    | 7    |
| 1546 | 2 | 0 | 0 | 5 | 0.1021 | 0.7459 | 75.2369 | 19.   | 20.   | 1.1   | 0.3  |
| 1547 | 2 | 2 | 0 | 5 | 0.1023 | 0.7459 | 75.4311 | 254.  | 272.  | 23.8  | 4.8  |
| 1548 | 2 | 0 | 0 | 5 | 0.1023 | 0.7459 | 75.4311 | 254.  | 272.  | 23.8  | 4.8  |
| 1549 | 2 | 0 | 0 | 5 | 0.1023 | 0.7459 | 75.4311 | 254.  | 272.  | 23.8  | 4.8  |
| 1550 | 2 | 0 | 0 | 5 | 0.1023 | 0.7459 | 75.4311 | 254.  | 272.  | 23.8  | 4.8  |
| 1551 | 2 | 0 | 0 | 5 | 0.1023 | 0.7459 | 75.4311 | 254.  | 272.  | 23.8  | 4.8  |
| 1552 | 2 | 0 | 0 | 5 | 0.1023 | 0.7459 | 75.4311 | 254.  | 272.  | 23.8  | 4.8  |
| 1553 | 2 | 0 | 0 | 5 | 0.1023 | 0.7459 | 75.4311 | 254.  | 272.  | 23.8  | 4.8  |
| 1554 | 2 | 0 | 0 | 5 | 0.1023 | 0.7459 | 75.4311 | 254.  | 272.  | 23.8  | 4.8  |
| 1555 | 2 | 0 | 0 | 5 | 0.1023 | 0.7459 | 75.4311 | 254.  | 272.  | 23.8  | 4.8  |
| 1556 | 2 | 0 | 0 | 5 | 0.1023 | 0.7459 | 75.4311 | 254.  | 272.  | 23.8  | 4.8  |
| 1557 | 2 | 0 | 0 | 5 | 0.1023 | 0.7459 | 75.4311 | 254.  | 272.  | 23.8  | 4.8  |
| 1558 | 2 | 0 | 0 | 5 | 0.1023 | 0.7459 | 75.4311 | 254.  | 272.  | 23.8  | 4.8  |
| 1559 | 2 | 0 | 0 | 5 | 0.1023 | 0.7459 | 75.4311 | 254.  | 272.  | 23.8  | 4.8  |
| 1560 | 2 | 0 | 0 | 5 | 0.1023 | 0.7459 | 75.4311 | 254.  | 272.  | 23.8  | 4.8  |
| 1561 | 2 | 0 | 0 | 5 | 0.1023 | 0.7459 | 75.4311 | 254.  | 272.  | 23.8  | 4.8  |
| 1562 | 2 | 0 | 0 | 5 | 0.1023 | 0.7459 | 75.4311 | 254.  | 272.  | 23.8  | 4.8  |
| 1563 | 2 | 0 | 0 | 5 | 0.1023 | 0.7459 | 75.4311 | 254.  | 272.  | 23.8  | 4.8  |
| 1564 | 2 | 0 | 0 | 5 | 0.1023 | 0.7459 | 75.4311 | 254.  | 272.  | 23.8  | 4.8  |
| 1565 | 2 | 0 | 0 | 5 | 0.1023 | 0.7459 | 75.4311 | 254.  | 272.  | 23.8  | 4.8  |
| 1566 | 2 | 0 | 0 | 5 | 0.1023 | 0.7459 | 75.4311 | 254.  | 272.  | 23.8  | 4.8  |
| 1567 | 2 | 0 | 0 | 5 | 0.1023 | 0.7459 | 75.4311 | 254.  | 272.  | 23.8  | 4.8  |
| 1568 | 2 | 0 | 0 | 5 | 0.1023 | 0.7459 | 75.4311 | 254.  | 272.  | 23.8  | 4.8  |
| 1569 | 2 | 0 | 0 | 5 | 0.1023 | 0.7459 | 75.4311 | 254.  | 272.  | 23.8  | 4.8  |
| 1570 | 2 | 0 | 0 | 5 | 0.1023 | 0.7459 | 75.4311 | 254.  | 272.  | 23.8  | 4.8  |
| 1571 | 2 | 0 | 0 | 5 | 0.1023 | 0.7459 | 75.4311 | 254.  | 272.  | 23.8  | 4.8  |
| 1572 | 2 | 0 | 0 | 5 | 0.1023 | 0.7459 | 75.4311 | 254.  | 272.  | 23.8  | 4.8  |
| 1573 | 2 | 0 | 0 | 5 | 0.1023 | 0.7459 | 75.4311 | 254.  | 272.  | 23.8  | 4.8  |
| 1574 | 2 | 0 | 0 | 5 | 0.1023 | 0.7459 | 75.4311 | 254.  | 272.  | 23.8  | 4.8  |
| 1575 | 2 | 0 | 0 | 5 | 0.1023 | 0.7459 | 75.4311 | 254.  | 272.  | 23.8  | 4.8  |
| 1576 | 2 | 0 | 0 | 5 | 0.1023 | 0.7459 | 75.4311 | 254.  | 272.  | 23.8  | 4.8  |
| 1577 | 2 | 0 | 0 | 5 | 0.1023 | 0.7459 | 75.4311 | 254.  | 272.  | 23.8  | 4.8  |
| 1578 | 2 | 0 | 0 | 5 | 0.1023 | 0.7459 | 75.4311 | 254.  | 272.  | 23.8  | 4.8  |
| 1579 | 2 | 0 | 0 | 5 | 0.1023 | 0.7459 | 75.4311 | 254.  | 272.  | 23.8  | 4.8  |
| 1580 | 2 | 0 | 0 | 5 | 0.1023 | 0.7459 | 75.4311 | 254.  | 272.  | 23.8  | 4.8  |
| 1581 | 2 | 0 | 0 | 5 | 0.1023 | 0.7459 | 75.4311 | 254.  | 272.  | 23.8  | 4.8  |
| 1582 | 2 | 0 | 0 | 5 | 0.1023 | 0.7459 | 75.4311 | 254.  | 272.  | 23.8  | 4.8  |
| 1583 | 2 | 0 | 0 | 5 | 0.1023 | 0.7459 | 75.4311 | 254.  | 272.  | 23.8  | 4.8  |
| 1584 | 2 | 0 | 0 | 5 | 0.1023 | 0.7459 | 75.4311 | 254.  | 272.  | 23.8  | 4.8  |
| 1585 | 2 | 0 | 0 | 5 | 0.1023 | 0.7459 | 75.4311 | 254.  | 272.  | 23.8  | 4.8  |
| 1586 | 2 | 0 | 0 | 5 | 0.1023 | 0.7459 | 75.4311 | 254.  | 272.  | 23.8  | 4.8  |
| 1587 | 2 | 0 | 0 | 5 | 0.1023 | 0.7459 | 75.4311 | 254.  | 272.  | 23.8  | 4.8  |
| 1588 | 2 | 0 | 0 | 5 | 0.1023 | 0.7459 | 75.4311 | 254.  | 272.  | 23.8  | 4.8  |
| 1589 | 2 | 0 | 0 | 5 | 0.1023 | 0.7459 | 75.4311 | 254.  | 272.  | 23.8  | 4.8  |
| 1590 | 2 | 0 | 0 | 5 | 0.1023 | 0.7459 | 75.4311 | 254.  | 272.  | 23.8  | 4.8  |
| 1591 | 2 | 0 | 0 | 5 | 0.1023 | 0.7459 | 75.4311 | 254.  | 272.  | 23.8  | 4.8  |
| 1592 | 2 | 0 | 0 | 5 | 0.1023 | 0.7459 | 75.4311 | 254.  | 272.  | 23.8  | 4.8  |
| 1593 | 2 | 0 | 0 | 5 | 0.1023 | 0.7459 | 75.4311 | 254.  | 272.  | 23.8  | 4.8  |
| 1594 | 2 | 0 | 0 | 5 | 0.1023 | 0.7459 | 75.4311 | 254.  | 272.  | 23.8  | 4.8  |
| 1595 | 2 | 0 | 0 | 5 | 0.1023 | 0.7459 | 75.4311 | 254.  | 272.  | 23.8  | 4.8  |
| 1596 | 2 | 0 | 0 | 5 | 0.1023 | 0.7459 | 75.4311 | 254.  | 272.  | 23.8  | 4.8  |
| 1597 | 2 | 0 | 0 | 5 | 0.1023 | 0.7459 | 75.4311 | 254.  | 272.  | 23.8  | 4.8  |
| 1598 | 2 | 0 | 0 | 5 | 0.1023 | 0.7459 | 75.4311 | 254.  | 272.  | 23.8  | 4.8  |
| 1599 | 2 | 0 | 0 | 5 | 0.1023 | 0.7459 | 75.4311 | 254.  | 272.  | 23.8  | 4.8  |
| 1600 | 2 | 0 | 0 | 5 | 0.1023 | 0.7459 | 75.4311 | 254.  | 272.  | 23.8  | 4.8  |
| 1601 | 2 | 0 | 0 | 5 | 0.1023 | 0.7459 | 75.4311 | 254.  | 272.  | 23.8  | 4.8  |
| 1602 | 2 | 0 | 0 | 5 | 0.1023 | 0.7459 | 75.4311 | 254.  | 272.  | 23.8  | 4.8  |
| 1603 | 2 | 0 | 0 | 5 | 0.1023 | 0.7459 | 75.4311 | 254.  | 272.  | 23.8  | 4.8  |
| 1604 | 2 | 0 | 0 | 5 | 0.1023 | 0.7459 | 75.4311 | 254.  | 272.  | 23.8  | 4.8  |
| 1605 | 2 | 0 | 0 | 5 | 0.1023 | 0.7459 | 75.4311 | 254.  | 272.  | 23.8  | 4.8  |
| 1606 | 2 | 0 | 0 | 5 | 0.1023 | 0.7459 | 75.4311 | 254.  | 272.  | 23.8  | 4.8  |
| 1607 | 2 | 0 | 0 | 5 | 0.1023 | 0.7459 | 75.4311 | 254.  | 272.  | 23.8  | 4.8  |
| 1608 | 2 | 0 | 0 | 5 | 0.1023 | 0.7459 | 75.4311 | 254.  | 272.  | 23.8  | 4.8  |
| 1609 | 2 | 0 | 0 | 5 | 0.1023 | 0.7459 | 75.4311 | 254.  | 272.  | 23.8  | 4.8  |
| 1610 | 2 | 0 | 0 | 5 | 0.1023 | 0.7459 | 75.4311 | 254.  | 272.  | 23.8  | 4.8  |
| 1611 | 2 | 0 | 0 | 5 | 0.1023 | 0.7459 | 75.4311 | 254.  | 272.  | 23.8  | 4.8  |
| 1612 | 2 | 0 | 0 | 5 | 0.1023 | 0.7459 | 75.4311 | 254.  | 272.  | 23.8  | 4.8  |
| 1613 | 2 | 0 | 0 | 5 | 0.1023 | 0.7459 | 75.4311 | 254.  | 272.  | 23.8  | 4.8  |
| 1614 | 2 | 0 | 0 | 5 | 0.1023 | 0.7459 | 75.4311 | 254.  | 272.  | 23.8  | 4.8  |
| 1615 | 2 | 0 | 0 | 5 | 0.1023 | 0.7459 | 75.4311 | 254.  | 272.  | 23.8  | 4.8  |
| 1616 | 2 | 0 | 0 | 5 | 0.1023 | 0.7459 | 75.4311 | 254.  | 272.  | 23.8  | 4.8  |
| 1617 | 2 | 0 | 0 | 5 | 0.1023 | 0.7459 | 75.4311 | 254.  | 272.  | 23.8  | 4.8  |
| 1618 | 2 | 0 | 0 | 5 | 0.1023 | 0.7459 | 75.4311 | 254.  | 272.  | 23.8  | 4.8  |
| 1619 | 2 | 0 | 0 | 5 | 0.1023 | 0.7459 | 75.4311 | 254.  | 272.  | 23.8  | 4.8  |
| 1620 | 2 | 0 | 0 | 5 | 0.1023 | 0.7459 | 75.4311 | 254.  | 272.  | 23.8  | 4.8  |
| 1621 | 2 | 0 | 0 | 5 | 0.1023 | 0.7459 | 75.4311 | 254.  | 272.  | 23.8  | 4.8  |
| 1622 | 2 | 0 | 0 | 5 | 0.1023 | 0.7459 | 75.4311 | 254.  | 272.  | 23.8  | 4.8  |
| 1623 | 2 | 0 | 0 | 5 | 0.1023 | 0.7459 | 75.4311 | 254.  | 272.  | 23.8  | 4.8  |
| 1624 | 2 | 0 | 0 | 5 | 0.1023 | 0.7459 | 75.4311 | 254.  | 272.  | 23.8  | 4.8  |
| 16   |   |   |   |   |        |        |         |       |       |       |      |

|        |       |   |   |   |        |       |   |   |   |        |       |   |   |   |
|--------|-------|---|---|---|--------|-------|---|---|---|--------|-------|---|---|---|
| 15.196 | 0.143 | 0 | 0 | 2 | 15.201 | 0.143 | 0 | 0 | 2 | 15.194 | 0.143 | 0 | 0 | 2 |
| 22.822 | 0.146 | 0 | 0 | 3 | 22.829 | 0.146 | 0 | 0 | 3 | 22.818 | 0.146 | 0 | 0 | 3 |
| 22.863 | 0.146 | 0 | 1 | 0 | 22.872 | 0.146 | 0 | 1 | 0 | 22.861 | 0.146 | 0 | 1 | 0 |
| 22.879 | 0.146 | 0 | 0 | 3 | 22.887 | 0.146 | 0 | 0 | 3 | 22.875 | 0.146 | 0 | 0 | 3 |
| 22.92  | 0.146 | 0 | 1 | 0 | 22.929 | 0.146 | 0 | 1 | 0 | 22.918 | 0.146 | 0 | 1 | 0 |
| 23.249 | 0.146 | 1 | 0 | 0 | 23.256 | 0.146 | 1 | 0 | 0 | 23.245 | 0.146 | 1 | 0 | 0 |
| 23.307 | 0.146 | 1 | 0 | 0 | 23.315 | 0.146 | 1 | 0 | 0 | 23.303 | 0.146 | 1 | 0 | 0 |
| 24.114 | 0.146 | 0 | 1 | 1 | 24.122 | 0.146 | 0 | 1 | 1 | 24.111 | 0.146 | 0 | 1 | 1 |
| 24.174 | 0.147 | 0 | 1 | 1 | 24.183 | 0.146 | 0 | 1 | 1 | 24.172 | 0.146 | 0 | 1 | 1 |
| 24.481 | 0.147 | 1 | 0 | 1 | 24.488 | 0.147 | 1 | 0 | 1 | 24.477 | 0.147 | 1 | 0 | 1 |
| 24.542 | 0.147 | 1 | 0 | 1 | 24.55  | 0.147 | 1 | 0 | 1 | 24.538 | 0.147 | 1 | 0 | 1 |
| 27.546 | 0.149 | 0 | 1 | 2 | 27.556 | 0.149 | 0 | 1 | 2 | 27.543 | 0.149 | 0 | 1 | 2 |
| 27.615 | 0.149 | 0 | 1 | 2 | 27.625 | 0.149 | 0 | 1 | 2 | 27.612 | 0.149 | 0 | 1 | 2 |
| 27.871 | 0.149 | 1 | 0 | 2 | 27.879 | 0.149 | 1 | 0 | 2 | 27.866 | 0.149 | 1 | 0 | 2 |
| 27.941 | 0.149 | 1 | 0 | 2 | 27.95  | 0.149 | 1 | 0 | 2 | 27.936 | 0.149 | 1 | 0 | 2 |
| 30.59  | 0.151 | 0 | 0 | 4 | 30.6   | 0.151 | 0 | 0 | 4 | 30.586 | 0.151 | 0 | 0 | 4 |
| 30.667 | 0.151 | 0 | 0 | 4 | 30.678 | 0.151 | 0 | 0 | 4 | 30.663 | 0.151 | 0 | 0 | 4 |
| 32.526 | 0.152 | 0 | 1 | 3 | 32.537 | 0.152 | 0 | 1 | 3 | 32.522 | 0.152 | 0 | 1 | 3 |
| 32.608 | 0.153 | 0 | 1 | 3 | 32.62  | 0.152 | 0 | 1 | 3 | 32.604 | 0.152 | 0 | 1 | 3 |
| 32.806 | 0.153 | 1 | 0 | 3 | 32.816 | 0.153 | 1 | 0 | 3 | 32.8   | 0.153 | 1 | 0 | 3 |
| 32.835 | 0.153 | 1 | 1 | 0 | 32.847 | 0.153 | 1 | 1 | 0 | 32.831 | 0.153 | 1 | 1 | 0 |
| 32.889 | 0.153 | 1 | 0 | 3 | 32.9   | 0.153 | 1 | 0 | 3 | 32.883 | 0.153 | 1 | 0 | 3 |
| 32.919 | 0.153 | 1 | 1 | 0 | 32.93  | 0.153 | 1 | 1 | 0 | 32.914 | 0.153 | 1 | 1 | 0 |
| 33.743 | 0.154 | 1 | 1 | 1 | 33.755 | 0.153 | 1 | 1 | 1 | 33.739 | 0.153 | 1 | 1 | 1 |
| 33.829 | 0.154 | 1 | 1 | 1 | 33.841 | 0.153 | 1 | 1 | 1 | 33.824 | 0.154 | 1 | 1 | 1 |
| 36.347 | 0.156 | 1 | 1 | 2 | 36.36  | 0.156 | 1 | 1 | 2 | 36.342 | 0.156 | 1 | 1 | 2 |
| 36.44  | 0.156 | 1 | 1 | 2 | 36.453 | 0.156 | 1 | 1 | 2 | 36.435 | 0.156 | 1 | 1 | 2 |
| 38.506 | 0.158 | 0 | 0 | 5 | 38.519 | 0.158 | 0 | 0 | 5 | 38.5   | 0.158 | 0 | 0 | 5 |
| 38.532 | 0.158 | 0 | 1 | 4 | 38.545 | 0.158 | 0 | 1 | 4 | 38.527 | 0.158 | 0 | 1 | 4 |
| 38.604 | 0.158 | 0 | 0 | 5 | 38.618 | 0.158 | 0 | 0 | 5 | 38.598 | 0.158 | 0 | 0 | 5 |
| 38.63  | 0.158 | 0 | 1 | 4 | 38.645 | 0.158 | 0 | 1 | 4 | 38.625 | 0.158 | 0 | 1 | 4 |
| 38.774 | 0.158 | 1 | 0 | 4 | 38.786 | 0.158 | 1 | 0 | 4 | 38.767 | 0.158 | 1 | 0 | 4 |
| 38.873 | 0.158 | 1 | 0 | 4 | 38.886 | 0.158 | 1 | 0 | 4 | 38.867 | 0.158 | 1 | 0 | 4 |
| 40.364 | 0.16  | 1 | 1 | 3 | 40.378 | 0.16  | 1 | 1 | 3 | 40.358 | 0.16  | 1 | 1 | 3 |
| 40.467 | 0.16  | 1 | 1 | 3 | 40.482 | 0.16  | 1 | 1 | 3 | 40.462 | 0.16  | 1 | 1 | 3 |
| 45.253 | 0.166 | 0 | 1 | 5 | 45.269 | 0.166 | 0 | 1 | 5 | 45.247 | 0.166 | 0 | 1 | 5 |
| 45.37  | 0.166 | 0 | 1 | 5 | 45.387 | 0.166 | 0 | 1 | 5 | 45.364 | 0.166 | 0 | 1 | 5 |
| 45.465 | 0.166 | 1 | 0 | 5 | 45.48  | 0.166 | 1 | 0 | 5 | 45.458 | 0.166 | 1 | 0 | 5 |
| 45.488 | 0.166 | 1 | 1 | 4 | 45.504 | 0.166 | 1 | 1 | 4 | 45.481 | 0.166 | 1 | 1 | 4 |

|        |       |   |   |   |        |       |   |   |   |        |       |   |   |   |
|--------|-------|---|---|---|--------|-------|---|---|---|--------|-------|---|---|---|
| 45.583 | 0.166 | 1 | 0 | 5 | 45.6   | 0.166 | 1 | 0 | 5 | 45.576 | 0.166 | 1 | 0 | 5 |
| 45.606 | 0.166 | 1 | 1 | 4 | 45.623 | 0.166 | 1 | 1 | 4 | 45.599 | 0.166 | 1 | 1 | 4 |
| 46.618 | 0.168 | 0 | 0 | 6 | 46.633 | 0.167 | 0 | 0 | 6 | 46.61  | 0.168 | 0 | 0 | 6 |
| 46.707 | 0.168 | 0 | 2 | 0 | 46.724 | 0.168 | 0 | 2 | 0 | 46.702 | 0.168 | 0 | 2 | 0 |
| 46.739 | 0.168 | 0 | 0 | 6 | 46.756 | 0.168 | 0 | 0 | 6 | 46.732 | 0.168 | 0 | 0 | 6 |
| 46.828 | 0.168 | 0 | 2 | 0 | 46.847 | 0.168 | 0 | 2 | 0 | 46.824 | 0.168 | 0 | 2 | 0 |
| 47.387 | 0.169 | 0 | 2 | 1 | 47.405 | 0.168 | 0 | 2 | 1 | 47.383 | 0.169 | 0 | 2 | 1 |
| 47.511 | 0.169 | 0 | 2 | 1 | 47.53  | 0.169 | 0 | 2 | 1 | 47.507 | 0.169 | 0 | 2 | 1 |
| 47.531 | 0.169 | 2 | 0 | 0 | 47.546 | 0.169 | 2 | 0 | 0 | 47.522 | 0.169 | 2 | 0 | 0 |
| 47.655 | 0.169 | 2 | 0 | 0 | 47.672 | 0.169 | 2 | 0 | 0 | 47.647 | 0.169 | 2 | 0 | 0 |
| 48.203 | 0.17  | 2 | 0 | 1 | 48.219 | 0.17  | 2 | 0 | 1 | 48.194 | 0.17  | 2 | 0 | 1 |
| 48.329 | 0.17  | 2 | 0 | 1 | 48.346 | 0.17  | 2 | 0 | 1 | 48.32  | 0.17  | 2 | 0 | 1 |
| 49.387 | 0.171 | 0 | 2 | 2 | 49.406 | 0.171 | 0 | 2 | 2 | 49.382 | 0.171 | 0 | 2 | 2 |
| 49.517 | 0.172 | 0 | 2 | 2 | 49.537 | 0.171 | 0 | 2 | 2 | 49.512 | 0.172 | 0 | 2 | 2 |
| 50.179 | 0.173 | 2 | 0 | 2 | 50.195 | 0.172 | 2 | 0 | 2 | 50.169 | 0.172 | 2 | 0 | 2 |
| 50.311 | 0.173 | 2 | 0 | 2 | 50.328 | 0.173 | 2 | 0 | 2 | 50.301 | 0.173 | 2 | 0 | 2 |
| 51.481 | 0.174 | 1 | 1 | 5 | 51.499 | 0.174 | 1 | 1 | 5 | 51.473 | 0.174 | 1 | 1 | 5 |
| 51.617 | 0.175 | 1 | 1 | 5 | 51.636 | 0.174 | 1 | 1 | 5 | 51.609 | 0.175 | 1 | 1 | 5 |
| 52.534 | 0.176 | 0 | 1 | 6 | 52.552 | 0.176 | 0 | 1 | 6 | 52.526 | 0.176 | 0 | 1 | 6 |
| 52.595 | 0.176 | 0 | 2 | 3 | 52.614 | 0.176 | 0 | 2 | 3 | 52.589 | 0.176 | 0 | 2 | 3 |
| 52.673 | 0.176 | 0 | 1 | 6 | 52.692 | 0.176 | 0 | 1 | 6 | 52.665 | 0.176 | 0 | 1 | 6 |
| 52.724 | 0.176 | 1 | 0 | 6 | 52.742 | 0.176 | 1 | 0 | 6 | 52.715 | 0.176 | 1 | 0 | 6 |
| 52.734 | 0.176 | 0 | 2 | 3 | 52.755 | 0.176 | 0 | 2 | 3 | 52.728 | 0.176 | 0 | 2 | 3 |
| 52.805 | 0.176 | 1 | 2 | 0 | 52.824 | 0.176 | 1 | 2 | 0 | 52.799 | 0.176 | 1 | 2 | 0 |
| 52.863 | 0.177 | 1 | 0 | 6 | 52.882 | 0.176 | 1 | 0 | 6 | 52.855 | 0.176 | 1 | 0 | 6 |
| 52.945 | 0.177 | 1 | 2 | 0 | 52.966 | 0.176 | 1 | 2 | 0 | 52.939 | 0.177 | 1 | 2 | 0 |
| 53.351 | 0.177 | 2 | 0 | 3 | 53.369 | 0.177 | 2 | 0 | 3 | 53.342 | 0.177 | 2 | 0 | 3 |
| 53.372 | 0.177 | 2 | 1 | 0 | 53.39  | 0.177 | 2 | 1 | 0 | 53.363 | 0.177 | 2 | 1 | 0 |
| 53.428 | 0.177 | 1 | 2 | 1 | 53.448 | 0.177 | 1 | 2 | 1 | 53.422 | 0.177 | 1 | 2 | 1 |
| 53.493 | 0.178 | 2 | 0 | 3 | 53.512 | 0.177 | 2 | 0 | 3 | 53.483 | 0.177 | 2 | 0 | 3 |
| 53.513 | 0.178 | 2 | 1 | 0 | 53.532 | 0.177 | 2 | 1 | 0 | 53.504 | 0.177 | 2 | 1 | 0 |
| 53.57  | 0.178 | 1 | 2 | 1 | 53.591 | 0.177 | 1 | 2 | 1 | 53.563 | 0.178 | 1 | 2 | 1 |
| 53.99  | 0.178 | 2 | 1 | 1 | 54.008 | 0.178 | 2 | 1 | 1 | 53.981 | 0.178 | 2 | 1 | 1 |
| 54.134 | 0.179 | 2 | 1 | 1 | 54.153 | 0.178 | 2 | 1 | 1 | 54.125 | 0.178 | 2 | 1 | 1 |
| 54.985 | 0.18  | 0 | 0 | 7 | 55.004 | 0.18  | 0 | 0 | 7 | 54.976 | 0.18  | 0 | 0 | 7 |
| 55.132 | 0.18  | 0 | 0 | 7 | 55.152 | 0.18  | 0 | 0 | 7 | 55.123 | 0.18  | 0 | 0 | 7 |
| 55.268 | 0.18  | 1 | 2 | 2 | 55.289 | 0.18  | 1 | 2 | 2 | 55.261 | 0.18  | 1 | 2 | 2 |
| 55.416 | 0.181 | 1 | 2 | 2 | 55.437 | 0.18  | 1 | 2 | 2 | 55.409 | 0.181 | 1 | 2 | 2 |
| 55.818 | 0.181 | 2 | 1 | 2 | 55.836 | 0.181 | 2 | 1 | 2 | 55.808 | 0.181 | 2 | 1 | 2 |

|        |       |   |   |   |        |       |   |   |   |        |       |   |   |   |
|--------|-------|---|---|---|--------|-------|---|---|---|--------|-------|---|---|---|
| 55.967 | 0.181 | 2 | 1 | 2 | 55.987 | 0.181 | 2 | 1 | 2 | 55.957 | 0.181 | 2 | 1 | 2 |
| 56.868 | 0.183 | 0 | 2 | 4 | 56.89  | 0.183 | 0 | 2 | 4 | 56.862 | 0.183 | 0 | 2 | 4 |
| 57.021 | 0.183 | 0 | 2 | 4 | 57.044 | 0.183 | 0 | 2 | 4 | 57.014 | 0.183 | 0 | 2 | 4 |
| 57.587 | 0.184 | 2 | 0 | 4 | 57.606 | 0.184 | 2 | 0 | 4 | 57.577 | 0.184 | 2 | 0 | 4 |
| 57.742 | 0.184 | 2 | 0 | 4 | 57.763 | 0.184 | 2 | 0 | 4 | 57.732 | 0.184 | 2 | 0 | 4 |
| 58.191 | 0.185 | 1 | 1 | 6 | 58.211 | 0.185 | 1 | 1 | 6 | 58.181 | 0.185 | 1 | 1 | 6 |
| 58.248 | 0.185 | 1 | 2 | 3 | 58.269 | 0.185 | 1 | 2 | 3 | 58.24  | 0.185 | 1 | 2 | 3 |
| 58.348 | 0.186 | 1 | 1 | 6 | 58.369 | 0.185 | 1 | 1 | 6 | 58.338 | 0.185 | 1 | 1 | 6 |
| 58.405 | 0.186 | 1 | 2 | 3 | 58.428 | 0.185 | 1 | 2 | 3 | 58.397 | 0.186 | 1 | 2 | 3 |
| 58.779 | 0.186 | 2 | 1 | 3 | 58.799 | 0.186 | 2 | 1 | 3 | 58.769 | 0.186 | 2 | 1 | 3 |
| 58.938 | 0.187 | 2 | 1 | 3 | 58.959 | 0.186 | 2 | 1 | 3 | 58.928 | 0.186 | 2 | 1 | 3 |
| 60.316 | 0.189 | 0 | 1 | 7 | 60.337 | 0.189 | 0 | 1 | 7 | 60.306 | 0.189 | 0 | 1 | 7 |
| 60.48  | 0.189 | 0 | 1 | 7 | 60.503 | 0.189 | 0 | 1 | 7 | 60.47  | 0.189 | 0 | 1 | 7 |
| 60.489 | 0.189 | 1 | 0 | 7 | 60.511 | 0.189 | 1 | 0 | 7 | 60.479 | 0.189 | 1 | 0 | 7 |
| 60.654 | 0.19  | 1 | 0 | 7 | 60.676 | 0.189 | 1 | 0 | 7 | 60.644 | 0.19  | 1 | 0 | 7 |
| 62.077 | 0.192 | 0 | 2 | 5 | 62.101 | 0.192 | 0 | 2 | 5 | 62.069 | 0.192 | 0 | 2 | 5 |
| 62.247 | 0.193 | 0 | 2 | 5 | 62.272 | 0.192 | 0 | 2 | 5 | 62.239 | 0.193 | 0 | 2 | 5 |
| 62.266 | 0.193 | 1 | 2 | 4 | 62.29  | 0.192 | 1 | 2 | 4 | 62.258 | 0.193 | 1 | 2 | 4 |
| 62.437 | 0.193 | 1 | 2 | 4 | 62.462 | 0.193 | 1 | 2 | 4 | 62.429 | 0.193 | 1 | 2 | 4 |
| 62.759 | 0.194 | 2 | 0 | 5 | 62.781 | 0.193 | 2 | 0 | 5 | 62.748 | 0.194 | 2 | 0 | 5 |
| 62.777 | 0.194 | 2 | 1 | 4 | 62.799 | 0.193 | 2 | 1 | 4 | 62.766 | 0.194 | 2 | 1 | 4 |
| 62.931 | 0.194 | 2 | 0 | 5 | 62.954 | 0.194 | 2 | 0 | 5 | 62.92  | 0.194 | 2 | 0 | 5 |
| 62.949 | 0.194 | 2 | 1 | 4 | 62.973 | 0.194 | 2 | 1 | 4 | 62.938 | 0.194 | 2 | 1 | 4 |
| 63.685 | 0.195 | 0 | 0 | 8 | 63.707 | 0.195 | 0 | 0 | 8 | 63.674 | 0.195 | 0 | 0 | 8 |
| 63.86  | 0.196 | 0 | 0 | 8 | 63.884 | 0.195 | 0 | 0 | 8 | 63.849 | 0.196 | 0 | 0 | 8 |
| 65.543 | 0.199 | 1 | 1 | 7 | 65.566 | 0.199 | 1 | 1 | 7 | 65.532 | 0.199 | 1 | 1 | 7 |
| 65.724 | 0.2   | 1 | 1 | 7 | 65.749 | 0.199 | 1 | 1 | 7 | 65.713 | 0.199 | 1 | 1 | 7 |
| 67.227 | 0.203 | 1 | 2 | 5 | 67.253 | 0.202 | 1 | 2 | 5 | 67.218 | 0.203 | 1 | 2 | 5 |
| 67.415 | 0.203 | 1 | 2 | 5 | 67.442 | 0.203 | 1 | 2 | 5 | 67.405 | 0.203 | 1 | 2 | 5 |
| 67.718 | 0.204 | 2 | 1 | 5 | 67.742 | 0.203 | 2 | 1 | 5 | 67.706 | 0.204 | 2 | 1 | 5 |
| 67.907 | 0.204 | 2 | 1 | 5 | 67.933 | 0.204 | 2 | 1 | 5 | 67.895 | 0.204 | 2 | 1 | 5 |
| 68.124 | 0.205 | 0 | 2 | 6 | 68.15  | 0.204 | 0 | 2 | 6 | 68.115 | 0.204 | 0 | 2 | 6 |
| 68.315 | 0.205 | 0 | 2 | 6 | 68.343 | 0.205 | 0 | 2 | 6 | 68.305 | 0.205 | 0 | 2 | 6 |
| 68.608 | 0.206 | 0 | 1 | 8 | 68.633 | 0.205 | 0 | 1 | 8 | 68.597 | 0.206 | 0 | 1 | 8 |
| 68.77  | 0.206 | 1 | 0 | 8 | 68.795 | 0.206 | 1 | 0 | 8 | 68.758 | 0.206 | 1 | 0 | 8 |
| 68.774 | 0.206 | 2 | 0 | 6 | 68.798 | 0.206 | 2 | 0 | 6 | 68.761 | 0.206 | 2 | 0 | 6 |
| 68.8   | 0.206 | 0 | 1 | 8 | 68.827 | 0.206 | 0 | 1 | 8 | 68.789 | 0.206 | 0 | 1 | 8 |
| 68.843 | 0.206 | 2 | 2 | 0 | 68.869 | 0.206 | 2 | 2 | 0 | 68.833 | 0.206 | 2 | 2 | 0 |
| 68.963 | 0.206 | 1 | 0 | 8 | 68.99  | 0.206 | 1 | 0 | 8 | 68.951 | 0.206 | 1 | 0 | 8 |

|        |       |   |   |   |        |       |   |   |   |        |       |   |   |   |
|--------|-------|---|---|---|--------|-------|---|---|---|--------|-------|---|---|---|
| 68.967 | 0.206 | 2 | 0 | 6 | 68.993 | 0.206 | 2 | 0 | 6 | 68.954 | 0.206 | 2 | 0 | 6 |
| 69.036 | 0.207 | 2 | 2 | 0 | 69.064 | 0.206 | 2 | 2 | 0 | 69.026 | 0.206 | 2 | 2 | 0 |
| 69.376 | 0.207 | 2 | 2 | 1 | 69.402 | 0.207 | 2 | 2 | 1 | 69.366 | 0.207 | 2 | 2 | 1 |
| 69.572 | 0.208 | 2 | 2 | 1 | 69.599 | 0.207 | 2 | 2 | 1 | 69.561 | 0.208 | 2 | 2 | 1 |
| 70.966 | 0.211 | 2 | 2 | 2 | 70.993 | 0.211 | 2 | 2 | 2 | 70.955 | 0.211 | 2 | 2 | 2 |
| 71.167 | 0.211 | 2 | 2 | 2 | 71.195 | 0.211 | 2 | 2 | 2 | 71.156 | 0.211 | 2 | 2 | 2 |
| 72.816 | 0.215 | 0 | 0 | 9 | 72.843 | 0.215 | 0 | 0 | 9 | 72.803 | 0.215 | 0 | 0 | 9 |
| 72.968 | 0.216 | 0 | 3 | 0 | 72.998 | 0.215 | 0 | 3 | 0 | 72.96  | 0.216 | 0 | 3 | 0 |
| 73.024 | 0.216 | 0 | 0 | 9 | 73.053 | 0.215 | 0 | 0 | 9 | 73.011 | 0.216 | 0 | 0 | 9 |
| 73.058 | 0.216 | 1 | 2 | 6 | 73.087 | 0.215 | 1 | 2 | 6 | 73.048 | 0.216 | 1 | 2 | 6 |
| 73.177 | 0.216 | 0 | 3 | 0 | 73.209 | 0.216 | 0 | 3 | 0 | 73.169 | 0.216 | 0 | 3 | 0 |
| 73.267 | 0.216 | 1 | 2 | 6 | 73.298 | 0.216 | 1 | 2 | 6 | 73.257 | 0.216 | 1 | 2 | 6 |
| 73.489 | 0.217 | 0 | 3 | 1 | 73.519 | 0.217 | 0 | 3 | 1 | 73.481 | 0.217 | 0 | 3 | 1 |
| 73.528 | 0.217 | 1 | 1 | 8 | 73.556 | 0.217 | 1 | 1 | 8 | 73.516 | 0.217 | 1 | 1 | 8 |
| 73.532 | 0.217 | 2 | 1 | 6 | 73.559 | 0.217 | 2 | 1 | 6 | 73.518 | 0.217 | 2 | 1 | 6 |
| 73.582 | 0.217 | 2 | 2 | 3 | 73.61  | 0.217 | 2 | 2 | 3 | 73.571 | 0.217 | 2 | 2 | 3 |
| 73.699 | 0.217 | 0 | 3 | 1 | 73.731 | 0.217 | 0 | 3 | 1 | 73.691 | 0.217 | 0 | 3 | 1 |
| 73.739 | 0.218 | 1 | 1 | 8 | 73.768 | 0.217 | 1 | 1 | 8 | 73.726 | 0.217 | 1 | 1 | 8 |
| 73.742 | 0.218 | 2 | 1 | 6 | 73.771 | 0.217 | 2 | 1 | 6 | 73.729 | 0.217 | 2 | 1 | 6 |
| 73.793 | 0.218 | 2 | 2 | 3 | 73.823 | 0.217 | 2 | 2 | 3 | 73.782 | 0.218 | 2 | 2 | 3 |
| 74.385 | 0.219 | 3 | 0 | 0 | 74.411 | 0.219 | 3 | 0 | 0 | 74.37  | 0.219 | 3 | 0 | 0 |
| 74.599 | 0.22  | 3 | 0 | 0 | 74.627 | 0.219 | 3 | 0 | 0 | 74.584 | 0.219 | 3 | 0 | 0 |
| 74.902 | 0.22  | 3 | 0 | 1 | 74.928 | 0.22  | 3 | 0 | 1 | 74.886 | 0.22  | 3 | 0 | 1 |
| 74.958 | 0.221 | 0 | 2 | 7 | 74.988 | 0.22  | 0 | 2 | 7 | 74.947 | 0.22  | 0 | 2 | 7 |
| 75.042 | 0.221 | 0 | 3 | 2 | 75.073 | 0.22  | 0 | 3 | 2 | 75.034 | 0.221 | 0 | 3 | 2 |
| 75.118 | 0.221 | 3 | 0 | 1 | 75.146 | 0.221 | 3 | 0 | 1 | 75.102 | 0.221 | 3 | 0 | 1 |
| 75.175 | 0.221 | 0 | 2 | 7 | 75.206 | 0.221 | 0 | 2 | 7 | 75.164 | 0.221 | 0 | 2 | 7 |
| 75.259 | 0.221 | 0 | 3 | 2 | 75.292 | 0.221 | 0 | 3 | 2 | 75.25  | 0.221 | 0 | 3 | 2 |
| 75.583 | 0.222 | 2 | 0 | 7 | 75.611 | 0.222 | 2 | 0 | 7 | 75.569 | 0.222 | 2 | 0 | 7 |
| 75.802 | 0.223 | 2 | 0 | 7 | 75.831 | 0.222 | 2 | 0 | 7 | 75.788 | 0.223 | 2 | 0 | 7 |
| 76.445 | 0.224 | 3 | 0 | 2 | 76.472 | 0.224 | 3 | 0 | 2 | 76.429 | 0.224 | 3 | 0 | 2 |
| 76.667 | 0.225 | 3 | 0 | 2 | 76.696 | 0.224 | 3 | 0 | 2 | 76.651 | 0.225 | 3 | 0 | 2 |
| 77.188 | 0.226 | 2 | 2 | 4 | 77.218 | 0.226 | 2 | 2 | 4 | 77.176 | 0.226 | 2 | 2 | 4 |
| 77.413 | 0.227 | 2 | 2 | 4 | 77.445 | 0.226 | 2 | 2 | 4 | 77.401 | 0.227 | 2 | 2 | 4 |
| 77.474 | 0.227 | 0 | 1 | 9 | 77.504 | 0.227 | 0 | 1 | 9 | 77.461 | 0.227 | 0 | 1 | 9 |
| 77.607 | 0.227 | 0 | 3 | 3 | 77.639 | 0.227 | 0 | 3 | 3 | 77.598 | 0.227 | 0 | 3 | 3 |
| 77.629 | 0.227 | 1 | 0 | 9 | 77.658 | 0.227 | 1 | 0 | 9 | 77.615 | 0.227 | 1 | 0 | 9 |
| 77.701 | 0.228 | 0 | 1 | 9 | 77.732 | 0.227 | 0 | 1 | 9 | 77.687 | 0.227 | 0 | 1 | 9 |
| 77.778 | 0.228 | 1 | 3 | 0 | 77.81  | 0.227 | 1 | 3 | 0 | 77.769 | 0.228 | 1 | 3 | 0 |

|        |       |   |   |    |        |       |   |   |    |        |       |   |   |    |
|--------|-------|---|---|----|--------|-------|---|---|----|--------|-------|---|---|----|
| 77.834 | 0.228 | 0 | 3 | 3  | 77.868 | 0.228 | 0 | 3 | 3  | 77.825 | 0.228 | 0 | 3 | 3  |
| 77.856 | 0.228 | 1 | 0 | 9  | 77.887 | 0.228 | 1 | 0 | 9  | 77.842 | 0.228 | 1 | 0 | 9  |
| 78.005 | 0.228 | 1 | 3 | 0  | 78.04  | 0.228 | 1 | 3 | 0  | 77.996 | 0.228 | 1 | 3 | 0  |
| 78.287 | 0.229 | 1 | 3 | 1  | 78.32  | 0.229 | 1 | 3 | 1  | 78.278 | 0.229 | 1 | 3 | 1  |
| 78.517 | 0.23  | 1 | 3 | 1  | 78.552 | 0.229 | 1 | 3 | 1  | 78.508 | 0.23  | 1 | 3 | 1  |
| 78.995 | 0.231 | 3 | 0 | 3  | 79.024 | 0.231 | 3 | 0 | 3  | 78.979 | 0.231 | 3 | 0 | 3  |
| 79.012 | 0.231 | 3 | 1 | 0  | 79.041 | 0.231 | 3 | 1 | 0  | 78.996 | 0.231 | 3 | 1 | 0  |
| 79.228 | 0.232 | 3 | 0 | 3  | 79.258 | 0.231 | 3 | 0 | 3  | 79.212 | 0.232 | 3 | 0 | 3  |
| 79.244 | 0.232 | 3 | 1 | 0  | 79.275 | 0.231 | 3 | 1 | 0  | 79.229 | 0.232 | 3 | 1 | 0  |
| 79.519 | 0.233 | 3 | 1 | 1  | 79.548 | 0.232 | 3 | 1 | 1  | 79.503 | 0.232 | 3 | 1 | 1  |
| 79.728 | 0.233 | 1 | 2 | 7  | 79.76  | 0.233 | 1 | 2 | 7  | 79.716 | 0.233 | 1 | 2 | 7  |
| 79.754 | 0.233 | 3 | 1 | 1  | 79.785 | 0.233 | 3 | 1 | 1  | 79.738 | 0.233 | 3 | 1 | 1  |
| 79.81  | 0.233 | 1 | 3 | 2  | 79.844 | 0.233 | 1 | 3 | 2  | 79.8   | 0.233 | 1 | 3 | 2  |
| 79.964 | 0.234 | 1 | 2 | 7  | 79.998 | 0.233 | 1 | 2 | 7  | 79.951 | 0.234 | 1 | 2 | 7  |
| 80.046 | 0.234 | 1 | 3 | 2  | 80.082 | 0.234 | 1 | 3 | 2  | 80.036 | 0.234 | 1 | 3 | 2  |
| 80.188 | 0.234 | 2 | 1 | 7  | 80.219 | 0.234 | 2 | 1 | 7  | 80.174 | 0.234 | 2 | 1 | 7  |
| 80.426 | 0.235 | 2 | 1 | 7  | 80.458 | 0.235 | 2 | 1 | 7  | 80.411 | 0.235 | 2 | 1 | 7  |
| 81.036 | 0.237 | 3 | 1 | 2  | 81.066 | 0.236 | 3 | 1 | 2  | 81.02  | 0.237 | 3 | 1 | 2  |
| 81.157 | 0.237 | 0 | 3 | 4  | 81.191 | 0.237 | 0 | 3 | 4  | 81.147 | 0.237 | 0 | 3 | 4  |
| 81.277 | 0.237 | 3 | 1 | 2  | 81.309 | 0.237 | 3 | 1 | 2  | 81.261 | 0.237 | 3 | 1 | 2  |
| 81.398 | 0.238 | 0 | 3 | 4  | 81.435 | 0.237 | 0 | 3 | 4  | 81.388 | 0.238 | 0 | 3 | 4  |
| 81.751 | 0.239 | 2 | 2 | 5  | 81.784 | 0.238 | 2 | 2 | 5  | 81.738 | 0.239 | 2 | 2 | 5  |
| 81.996 | 0.24  | 2 | 2 | 5  | 82.03  | 0.239 | 2 | 2 | 5  | 81.982 | 0.239 | 2 | 2 | 5  |
| 82.202 | 0.24  | 1 | 1 | 9  | 82.235 | 0.24  | 1 | 1 | 9  | 82.188 | 0.24  | 1 | 1 | 9  |
| 82.333 | 0.241 | 1 | 3 | 3  | 82.368 | 0.24  | 1 | 3 | 3  | 82.322 | 0.24  | 1 | 3 | 3  |
| 82.449 | 0.241 | 1 | 1 | 9  | 82.483 | 0.24  | 1 | 1 | 9  | 82.434 | 0.241 | 1 | 1 | 9  |
| 82.52  | 0.241 | 0 | 0 | 10 | 82.552 | 0.241 | 0 | 0 | 10 | 82.505 | 0.241 | 0 | 0 | 10 |
| 82.53  | 0.241 | 3 | 0 | 4  | 82.561 | 0.241 | 3 | 0 | 4  | 82.513 | 0.241 | 3 | 0 | 4  |
| 82.58  | 0.241 | 1 | 3 | 3  | 82.617 | 0.241 | 1 | 3 | 3  | 82.569 | 0.241 | 1 | 3 | 3  |
| 82.585 | 0.241 | 0 | 2 | 8  | 82.619 | 0.241 | 0 | 2 | 8  | 82.573 | 0.241 | 0 | 2 | 8  |
| 82.768 | 0.242 | 0 | 0 | 10 | 82.802 | 0.241 | 0 | 0 | 10 | 82.753 | 0.242 | 0 | 0 | 10 |
| 82.778 | 0.242 | 3 | 0 | 4  | 82.81  | 0.241 | 3 | 0 | 4  | 82.761 | 0.242 | 3 | 0 | 4  |
| 82.833 | 0.242 | 0 | 2 | 8  | 82.869 | 0.242 | 0 | 2 | 8  | 82.82  | 0.242 | 0 | 2 | 8  |
| 83.194 | 0.243 | 2 | 0 | 8  | 83.226 | 0.243 | 2 | 0 | 8  | 83.178 | 0.243 | 2 | 0 | 8  |
| 83.445 | 0.244 | 2 | 0 | 8  | 83.479 | 0.243 | 2 | 0 | 8  | 83.429 | 0.244 | 2 | 0 | 8  |
| 83.551 | 0.244 | 3 | 1 | 3  | 83.582 | 0.244 | 3 | 1 | 3  | 83.534 | 0.244 | 3 | 1 | 3  |
| 83.803 | 0.245 | 3 | 1 | 3  | 83.836 | 0.244 | 3 | 1 | 3  | 83.786 | 0.245 | 3 | 1 | 3  |
| 85.673 | 0.251 | 0 | 3 | 5  | 85.71  | 0.25  | 0 | 3 | 5  | 85.662 | 0.251 | 0 | 3 | 5  |
| 85.841 | 0.251 | 1 | 3 | 4  | 85.878 | 0.251 | 1 | 3 | 4  | 85.829 | 0.251 | 1 | 3 | 4  |

|        |       |   |   |    |        |       |   |   |    |        |       |   |   |    |
|--------|-------|---|---|----|--------|-------|---|---|----|--------|-------|---|---|----|
| 85.935 | 0.252 | 0 | 3 | 5  | 85.974 | 0.251 | 0 | 3 | 5  | 85.923 | 0.251 | 0 | 3 | 5  |
| 86.103 | 0.252 | 1 | 3 | 4  | 86.142 | 0.252 | 1 | 3 | 4  | 86.092 | 0.252 | 1 | 3 | 4  |
| 87.035 | 0.255 | 3 | 0 | 5  | 87.069 | 0.254 | 3 | 0 | 5  | 87.017 | 0.255 | 3 | 0 | 5  |
| 87.042 | 0.255 | 0 | 1 | 10 | 87.077 | 0.255 | 0 | 1 | 10 | 87.026 | 0.255 | 0 | 1 | 10 |
| 87.051 | 0.255 | 3 | 1 | 4  | 87.085 | 0.255 | 3 | 1 | 4  | 87.034 | 0.255 | 3 | 1 | 4  |
| 87.193 | 0.256 | 1 | 0 | 10 | 87.228 | 0.255 | 1 | 0 | 10 | 87.176 | 0.255 | 1 | 0 | 10 |
| 87.258 | 0.256 | 1 | 2 | 8  | 87.294 | 0.255 | 1 | 2 | 8  | 87.243 | 0.256 | 1 | 2 | 8  |
| 87.261 | 0.256 | 2 | 2 | 6  | 87.296 | 0.255 | 2 | 2 | 6  | 87.246 | 0.256 | 2 | 2 | 6  |
| 87.303 | 0.256 | 3 | 0 | 5  | 87.339 | 0.255 | 3 | 0 | 5  | 87.285 | 0.256 | 3 | 0 | 5  |
| 87.31  | 0.256 | 0 | 1 | 10 | 87.347 | 0.255 | 0 | 1 | 10 | 87.294 | 0.256 | 0 | 1 | 10 |
| 87.32  | 0.256 | 3 | 1 | 4  | 87.355 | 0.255 | 3 | 1 | 4  | 87.302 | 0.256 | 3 | 1 | 4  |
| 87.462 | 0.256 | 1 | 0 | 10 | 87.499 | 0.256 | 1 | 0 | 10 | 87.445 | 0.256 | 1 | 0 | 10 |
| 87.527 | 0.257 | 1 | 2 | 8  | 87.565 | 0.256 | 1 | 2 | 8  | 87.512 | 0.256 | 1 | 2 | 8  |
| 87.53  | 0.257 | 2 | 2 | 6  | 87.568 | 0.256 | 2 | 2 | 6  | 87.515 | 0.256 | 2 | 2 | 6  |
| 87.711 | 0.257 | 2 | 1 | 8  | 87.746 | 0.257 | 2 | 1 | 8  | 87.694 | 0.257 | 2 | 1 | 8  |
| 87.982 | 0.258 | 2 | 1 | 8  | 88.02  | 0.258 | 2 | 1 | 8  | 87.966 | 0.258 | 2 | 1 | 8  |

### Lampiran 3

#### Design siklotron

##### A. Perhitungan medan magnet (B)

V adalah kecepatan ion ketika bergerak mengikuti lintasan yang radiusnya R

$$v = BR \frac{q}{m} \quad (1)$$

Dan energy kinetiknya adalah

$$\begin{aligned} EK &= \frac{1}{2}mv^2 \\ &= \frac{1}{2}m \left( BR \frac{q}{m} \right)^2 \\ &= \frac{q^2}{2m} B^2 R^2 \end{aligned} \quad (2)$$

$$205 \text{ MeV} = \frac{1,6 \times 10^{-19}}{2 \times (1,67 \times 10^{-27} \text{ kg})} B^2 0,495^2$$

$$3,2841 \times 10^{-11} \text{ joule} = 9,408 \times 10^{-13} B^2$$

$$B^2 = 34,1$$

$$B = 5,84 \text{ T}$$

Besarnya mean magnet solenoid

$$l_n = 2\pi N_n (a + (a + d) + (a + 2d) + \dots + (a + (n - 1)d)) \quad B = \frac{\mu I N}{2l} \quad (3)$$

Menghitung jumlah lilitan erlapisan

$$N_n = \frac{L}{d} \quad (4)$$

Menghitung panjang total untuk n lapisan

$$l_n = 2\pi N_n (a + (a + d) + (a + 2d) + \dots + (a + (n - 1)d)) \quad (5)$$

Dengan

B: Induksi magnetik

$\mu$  : Permeabilitas

I : Arus listrik

q : muatan proton

m : massa proton

a : jari-jari inductor

d : ukuran diameter kawat penyusun induktor

N: jumlah lilitan kawat

n : jumlah lapisan

L: panjang induktor

**B. Data dimensi kawat superkonduktor**

| Energi (MeV) | Medan magnet (T) | Koil A (m) | Koil B (m) |
|--------------|------------------|------------|------------|
| 30           | 2.23             | 154.50     | 309.69     |
| 35           | 2.41             | 166.62     | 334.63     |
| 40           | 2.58             | 178.12     | 357.84     |
| 45           | 2.74             | 189.00     | 379.65     |
| 50           | 2.88             | 199.35     | 384.06     |
| 55           | 3.03             | 209.15     | 384.39     |
| 60           | 3.16             | 218.52     | 384.69     |
| 65           | 3.29             | 227.51     | 384.99     |
| 70           | 3.41             | 236.16     | 385.27     |
| 75           | 3.53             | 244.50     | 385.55     |
| 80           | 3.65             | 252.57     | 385.81     |
| 85           | 3.76             | 260.40     | 386.07     |
| 90           | 3.87             | 267.99     | 386.32     |
| 95           | 3.98             | 275.38     | 386.56     |
| 100          | 4.08             | 282.57     | 386.80     |
| 105          | 4.18             | 289.59     | 396.04     |
| 110          | 4.28             | 296.44     | 409.97     |
| 115          | 4.37             | 303.14     | 423.59     |
| 120          | 4.47             | 309.69     | 436.91     |
| 125          | 4.56             | 316.11     | 449.96     |
| 130          | 4.65             | 322.40     | 462.74     |
| 135          | 4.74             | 328.57     | 475.29     |
| 140          | 4.83             | 334.63     | 487.61     |
| 145          | 4.91             | 340.58     | 499.70     |
| 150          | 5.00             | 346.43     | 511.59     |
| 155          | 5.08             | 352.18     | 523.29     |
| 160          | 5.16             | 357.84     | 534.79     |
| 165          | 5.24             | 363.42     | 546.12     |
| 170          | 5.32             | 368.90     | 557.28     |
| 175          | 5.40             | 374.31     | 568.28     |
| 180          | 5.47             | 379.65     | 579.11     |
| 185          | 5.55             | 383.81     | 584.51     |
| 190          | 5.62             | 383.90     | 584.85     |
| 195          | 5.70             | 383.98     | 585.19     |
| 200          | 5.77             | 384.06     | 585.52     |
| 205          | 5.84             | 384.15     | 585.85     |