

Analisis Material Isolator Busi Panas Dengan Busi Dingin Menggunakan Perangkat Lunak Match Powder Diffraction

Deny Poniman K

Dosen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Subang

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi struktur kristal serbuk material isolator busi komersial (busi panas dengan merk NGK tipe BP7HS dan busi dingin dengan merk NGK Iridium Power) dengan cara ditembak menggunakan sinar-X (X-Ray Diffraction) dan dianalisa menggunakan perangkat lunak Match Powder Diffraction, tujuannya untuk mengetahui struktur kristal material yang paling tinggi intensitas cahayanya dari serbuk isolator busi tersebut. Dalam penelitian ini terdapat fasa kristalin dan fasa Amorphous. Fasa kristalin yaitu fasa yang memiliki kandungan kristal murni yang tinggi yang dapat memantulkan sinar-X, sedangkan fasa Amorphous yaitu fasa yang tidak memiliki kandungan kristal yang tinggi, sehingga ketika ditumbuk sinar-X tidak akan memantulkan sinar-X.

Difraksi sinar-X merupakan suatu teknik karakterisasi yang dapat digunakan untuk identifikasi fasa kristalin yang tidak diketahui dari suatu material. Sinar-X dihasilkan akibat tumbukan antara elektron dengan material target. Saat sinar-X monokromatik menumbuk sampel kristalin, maka akan berlaku hukum Bragg. Pada sampel akan terjadi difraksi sinar-X, dimana berkas-berkas sinar-X yang datang akan dibelokkan lalu berinterferensi maksimum sehingga diperoleh peak pada sudut dengan nilai 2θ tertentu. Penelitian ini merupakan penelitian yang pertama kali dilakukan di Fakultas Teknik Universitas Subang.

Kata kunci.: isolator, busi, sinar X.

1. Pendahuluan

Busi merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari suatu mesin yang membutuhkan sistem pengapian. Dengan semakin meningkatnya performa mesin-mesin tersebut berarti dibutuhkan system pengapian yang tangguh pula. Di pasaran, dapat kita lihat akan beragamnya jenis dan merk busi yang beredar dengan menawarkan keunggulan masing-masing baik dari segi harga maupun aspek yang lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa busi bukan lagi sebagai komponen sampingan dari suatu system mesin secara keseluruhan. Dan penelitian insentif pun terus dilakukan untuk mendapatkan busi dengan kualitas terbaik.

Indonesia merupakan pasar yang cukup menjanjikan bagi produk otomotif. Dan sampai saat ini pun belum ada produk busi kendaraan bermotor buatan dan rancangan dalam negeri. Dengan demikian, kiranya perlu untuk mendapat perhatian adanya suatu penelitian mengenai proses pembuatan busi kendaraan bermotor.

Komponen yang terpenting pada busi adalah isolator. Dari kebanyakan terjadinya kerusakan

pada busi adalah terjadinya kebocoran pada isolator yang mengakibatkan terjadinya hubungan singkat antara elektroda dengan bodi. Adapun latar belakang dilakukan penelitian ini adalah mengidentifikasi material keramik isolator busi dengan metoda X-Ray Diffraction dan menganalisisnya menggunakan perangkat lunak Match Powder Diffraction.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Sejarah Perkembangan Busi

Bagi sebagian orang secara sederhana busi adalah komponen yang hanya menjadi pembicaraan saat mereka melakukan servis pada kendaraannya. Padahal jauh mendalam lagi busi memiliki sejarah yang cukup panjang. Busi lahir bersamaan dengan diperlukannya pengapian pada mesin kendaraan empat langkah yang ditemukan oleh Jean J. E. Lenoir (1860) dan selanjutnya Nikolaus Otto (1876) yang menemukan mesin dengan konsep yang terus digunakan sampai sekarang.

Sejak awal sejarah busi para peneliti telah melakukan pemilihan bahan baku dan jalur pemrosesan untuk menghasilkan busi dengan kualitas seperti yang diinginkan. Bahan baku isolator busi telah banyak menjadi alternatif sesuai karakteristiknya masing-masing mulai dari mullite sampai dengan komposisi yang mengandung Al_2O_3 (alumina) yang tinggi. Proses pembuatan isolator busi pun terus berkembang mulai dari throwing sampai dengan isostatic pressing yang sampai sekarang umum digunakan dalam produksi busi kendaraan.

2.2 Prinsip Kerja dan Kondisi Operasi Busi

Busi adalah salah satu komponen didalam mesin kendaraan bermotor yang berfungsi untuk memberikan percikan api diruang bakar dalam mesin setelah langkah kompresi.

Fungsi utama busi adalah menyalakan campuran homogen bahan bakar-udara (oksigen) dan melepaskan panas keluar dari ruang bakar. Busi mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Percikan api terjadi di ujung-ujung elektroda busi yaitu elektroda positif dibagian inti dan elektroda negative atau ground. Percikan terjadi karena adanya tegangan tinggi antara kedua elektroda yang dihasilkan koil dan arus memercik dibagian terdekat pada rangkaian keseluruhan yaitu pada celah antara ujung-ujung elektroda busi disebut celah busi. Besar tegangan yang disuplai harus mencukupi agar busur api dapat memercik dicelah busi.

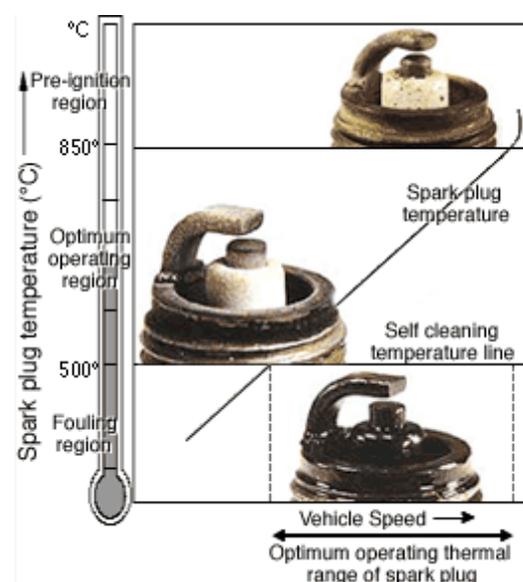
Temperatur diujung celah harus dijaga cukup rendah agar tidak terjadi detonasi awal tetapi juga harus dijaga cukup tinggi agar terjadi proses pembersihan deposit (self cleaning). Busi menjadi pengalir panas, mengeluarkan energi panas keluar ruang bakar dan mentransfernya ke sistem pendingin mesin.

Sebagai contoh kondisi operasional dari busi dapat dilihat pada mesin empat langkah empat silinder dengan rasio kompresi 9:1 yang berjalan sampai kecepatan 5000 putaran/menit.

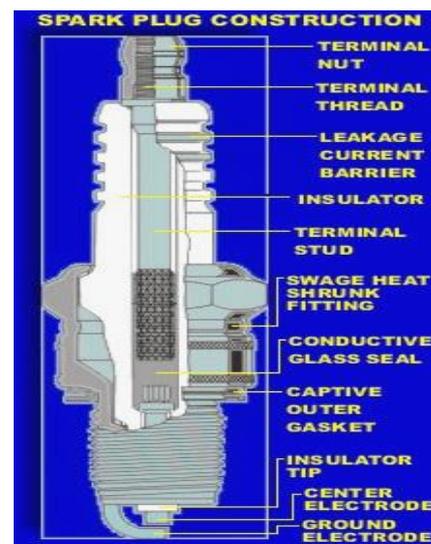
Pada kecepatan tersebut siklus empat langkah akan berulang setiap 24 ms, kondisi ruang bakar:

- Akhir langkah hisap 0,9 bar pada $65^{\circ}C$
- Titik penyalan 9 bar pada $350^{\circ}C$
- Langkah kerja tertinggi 45 bar pada $3000^{\circ}C$
- Langkah buang 4 bar pada $1100^{\circ}C$

Berikut ini menunjukkan temperature operasional busi dan skema dari elektroda dan isolatornya.



Gambar 2.1 Temperatur operasional busi



Gambar 2.2 Elektroda dan isolator busi pada kondisi operasional

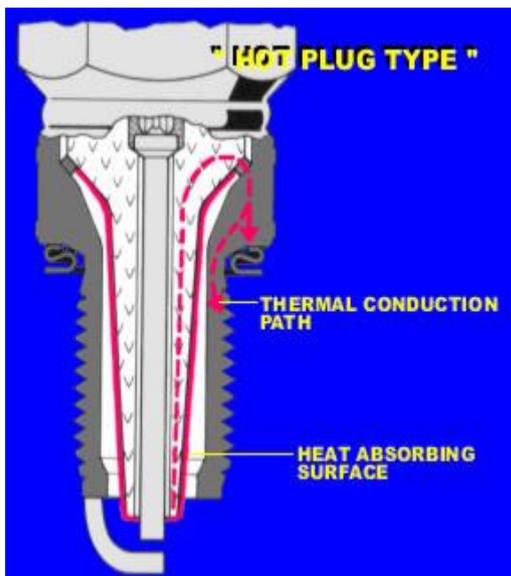
2.3 Jenis-Jenis Busi

Ada tiga tipe busi, yakni busi panas, busi sedang dan busi dingin. Tingkat panas ini menunjukkan sampai berapa tinggi panasnya busi dapat bekerja. Busi dingin pada umumnya digunakan pada musim panas dan untuk mesin yang berputaran tinggi dengan beban berat. Pada musim dingin dan untuk mesin putaran rendah serta pada kondisi biasa umumnya digunakan busi panas. Tanpa adanya tingkat panas pada busi yang disesuaikan dengan keadaan kerja mesin maka akan terjadi endapan karbon pada elektroda-elektroda yang dapat mengurangi loncatan api dan tenaga mesin menjadi rendah, selain itu busi-busi kemungkinan dapat memijar dan menyebabkan terjadi pembakaran pendahuluan, yang mana campuran akan terbakar sebelum busi mengeluarkan loncatan api.

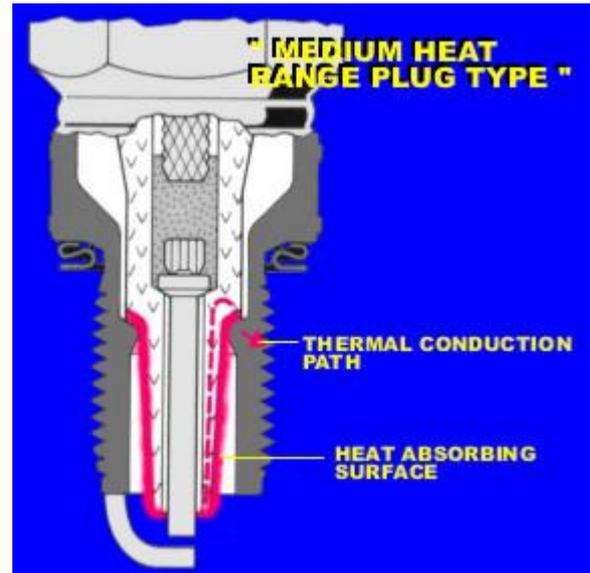
Busi-busi juga akan segera menjadi kotor disebabkan gas-gas pembakaran, oleh sebab itu elektroda-elektroda busi ini harus dibersihkan pada waktu-waktu tertentu supaya kondisi busi tetap normal.

Berikut ini ada tiga contoh dari jenis busi yang ada dipasaran :

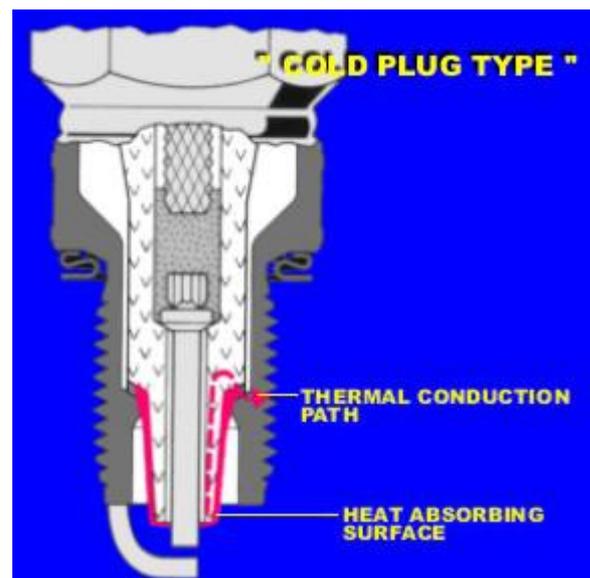
1. Hot plug type
2. Medium heat range plug type
3. Cold plug type



Gambar 2.3 Busi panas



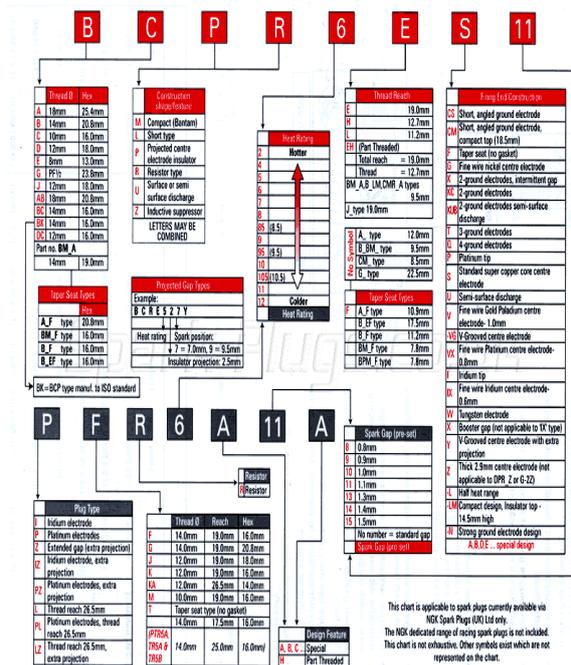
Gambar 2.4 Busi sedang



Gambar 2.5 Busi dingin

2.4 Standar Busi

Busi diberi kode dengan huruf dan angka. Sistem kode yang digunakan berbeda-beda bergantung pabrik pembuatnya. Sistem kode busi yang dibuat oleh NGK yang digunakan pada mesin kendaraan.



Gambar 2.6 Kodefikasi Standar Busi NGK

2.4 Elektroda Busi

Elektroda busi bekerja pada kondisi yang ekstrim, kualitas dan lama pemakaian elektroda busi dibuat sedemikian rupa agar bisa menjadi tahan lama dan dapat memberikan kinerja yang baik bagi mesin.

Busi terdiri dari empat komponen utama: cangkang/dudukan busi dengan material logam yang diliris, isolator, dan elektroda logam positif dan negatif. Kedua elektroda ini merupakan elektroda inti dan elektroda massa/ground. Elektroda massa dilas pada cangkang, elektroda inti dan elektroda massa dipisahkan oleh isolator keramik.

Kebutuhan teknis dari suatu elektroda berdasar atas suatu kondisi mekanik, kimiawi, listrik, dan thermal. Elektroda diekspos pada proses *periodic* dalam ruang bakar (120-3000°C, 1-150 bar) dan kondisi umum lain dari lingkungan disekeliling mesin. Selain itu elektroda dihadapkan pada kondisi kimiawi berupa muatan udara/bahan bakar dan gas buang yang agresif. Untuk kondisi pemakaian terbaik busi harus bekerja pada temperatur yang telah ditentukan (500-800°C) untuk mencegah cold fouling (<500°C) dan overheating (>850°C). Busi didesain dalam berbagai selang temperatur untuk pemakaian

diberbagai jenis mesin dan berbagai kondisi pemakaian.

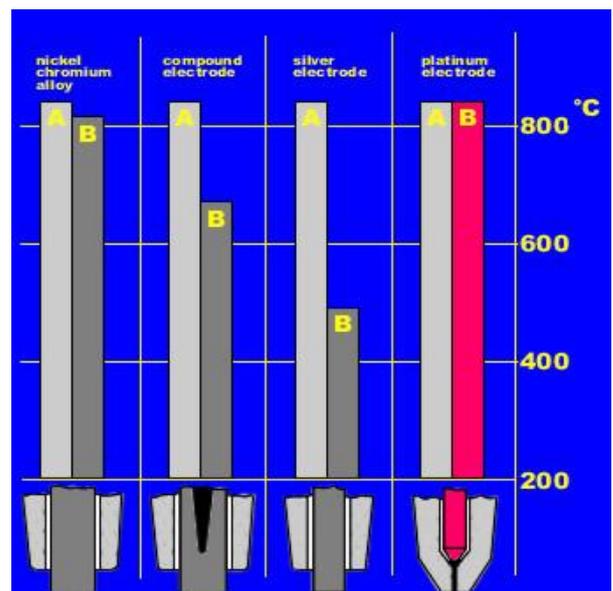
Material untuk elektroda busi harus memenuhi kriteria yang diperlukan agar dapat digunakan sebagai elektroda busi, yaitu konduktivitas termal dan listrik, ketahanan korosi dan ketahanan terhadap erosi percikan listrik (*spark*). Penelitian yang dilakukan oleh G. Posch (TU-Graz), menunjukkan bahwa konduktivitas termal, kapasitas termal, konduktivitas listrik dan ketahanan korosi adalah faktor paling penting, selanjutnya lama pemakaian, ekspansi termal, selang temperatur tinggi, kekuatan mekanik, dan kekerasan merupakan faktor selanjutnya yang penting.

Besi dan khususnya paduan nikel hampir memenuhi secara sempurna kriteria yang diperlukan. Lebih jauh lagi perak (*silver*) dan platinum juga mulai mendapat peranan dalam aplikasi ini.

Pada akhirnya, pemilihan material lebih terpusat pada paduan nikel, perak dan platinum karena besi dan tembaga memberikan resistansi yang kurang baik terhadap erosi percikan listrik dibandingkan paduan nikel, serta temperatur leleh yang rendah dari aluminium.

Dibawah ini beberapa model elektroda diantaranya :

1. Nickel chrom alloy
2. Compound elektroda
3. Silver elektroda
4. Platinum elektroda



Gambar 2.7 Macam-macam bahan elektroda

2.5 ISOLATOR

2.5.1 Syarat Keramik Isolator Busi

Saat ini desain mesin mengalami perkembangan yang pesat sehingga diperlukan sifat yang lebih baik dari isolator busi.

- Kekuatan tinggi. Isolator harus memiliki kekuatan yang tinggi untuk menahan tegangan mekanik saat pembuatan dan pemasangan dan juga tegangan mekanik dan termal yang terjadi sangat ekstrim diruang bakar. Selain itu isolator harus memiliki kekerasan permukaan yang tinggi yang mampu menahan abrasi.
- Resistansi listrik yang tinggi. Isolator harus memiliki resistansi listrik yang tinggi pada selang temperatur operasi yang besar untuk mencegah kehilangan daya (*power loss*) akibat kebocoran listrik.
- Kekuatan dielektrik yang tinggi. Keramik busi bertindak sebagai isolator yang memiliki kekuatan dielektrik yang tinggi untuk mencegah *electrical breakdown* pada voltase yang dapat mencapai 20.000 V lebih.
- Tahan temperatur tinggi. Isolator busi bekerja diruang bakar yang temperaturnya dapat mencapai titik leleh beberapa jenis keramik karenanya harus tahan temperatur tinggi (*refractoriness*).
- Konduktivitas panas yang tinggi. Isolator busi harus dapat mendisipasi panas dengan cepat sehingga tidak menjadi sumber pembakaran awal (*preignition*). Sifat ini juga diperlukan agar tidak terjadi penumpukan deposit konduktif diujung isolator (*nose*) selain untuk mendukung ketahanan tinggi terhadap *thermal shock*.
- Ketahanan kimiawi. Campuran bahan bakar dan aditif pelumas saat ini melibatkan proses termokimia sehingga menuntut isolator busi tahan terhadap serangan kimiawi semisal serangan kimiawi akibat adanya timbal.
- Ketahanan tinggi terhadap *thermal shock*. Dalam operasi mesin sesungguhnya isolator dapat mengalami perubahan temperatur yang besar dalam waktu tidak sampai satu menit. Kondisi ruang bakar dengan temperatur sekitar 4500°F (2482°C) saat pembakaran campuran bahan bakar berubah drastis turun sampai temperature cukup rendah saat campuran bahan bakar yang jauh lebih dingin memasuki ruang bakar, dialami isolator busi sehingga

diperlukan isolator yang tahan terhadap *thermal shock*.

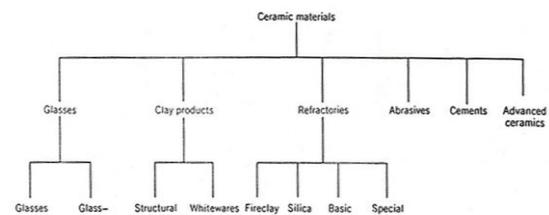
2.5.2 Keramik

Istilah keramik berasal dari bahasa Yunani yaitu *keramos* yang berarti barang yang dibakar. Hal tersebut mengindikasikan bahwa sifat-sifat yang diharapkan dari keramik didapat dari perlakuan panas pada temperatur tinggi yang disebut *firing*. Oleh karena itu, maka keramik dapat didefinisikan sebagai campuran padat yang terbentuk karena aplikasi panas, terkadang panas dan tekanan, yang terdiri dari minimal satu unsur logam dan satu unsur non logam.

Keramik juga dapat didefinisikan sebagai seni dan ilmu dalam membuat dan menggunakan benda solid sesuai dengan fungsinya, dengan komposisinya sebagian besar tersusun atas material-material anorganik nonlogam.

Definisi keramik yang disebutkan terakhir memiliki makna yang lebih luas daripada pembuatan dan penggunaan benda padat yang dibentuk dari bahan baku material dari tanah yang dibakar. Oleh karena itu, jenis-jenis material yang dapat digolongkan sebagai keramik tidak hanya gerabah, porselen, refraktori, dan produk lempung struktural, namun termasuk didalamnya semen, gelas, material magnetik nonlogam, ferroelektrik, dan keramik-gelas.

Dari beberapa pendefinisian keramik diatas, dapat disimpulkan bahwa secara umum keramik adalah material yang tersusun atas zat-zat anorganik non logam yang mengalami proses perlakuan panas dengan cara pembakaran untuk mendapatkan sifat-sifat tertentu sesuai dengan aplikasi yang diinginkan. Gambar 2.1 menunjukkan salah satu pengklasifikasian material keramik berdasarkan jenis aplikasi.



Gambar 2.8 Klasifikasi material keramik berdasarkan aplikasi

Berdasarkan definisi tersebut maka keramik dapat berupa oksida (MgO , SiO_2 , Al_2O_3 , ZrO_2 , dan TiO_2), nitrida (AlN , Si_3N_4), fluorida (SrF_2), dan karbida (SiC).

2.5.3 Alumina

Alumina atau aluminium oksida merupakan senyawa kimia dari aluminium dan oksigen dengan rumus kimia Al_2O_3 . Alumina merupakan salah satu oksida keramik yang penggunaannya sangat luas dan tersedia dengan ukuran yang beragam, mulai dari yang berukuran halus (sub-mikron) sampai yang berukuran milimeter dan juga terdapat dalam bentuk serat dan single crystal.

Sifat umum yang dimiliki alumina yaitu mempunyai kekuatan, kekerasan dan kekakuan yang tinggi, ketahanan korosi yang baik, konduktivitas termal tinggi, dan tahan terhadap thermal shock. Penggunaan alumina selain untuk material refraktori antara lain digunakan juga sebagai wear parts, abrasives, insulator, seals, armor plates, IC substrates, cutting tools, spark plugs, artificial joints, dan lainnya.

2.5.4 Silika

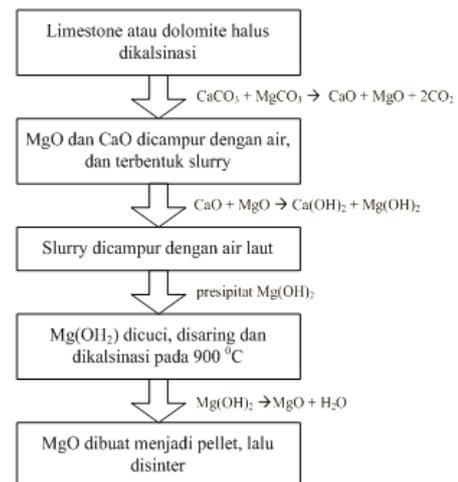
Seperti halnya alumina, silika adalah keramik yang penggunaannya sangat luas. Meskipun silika dijumpai dalam tiga bentuk kristalin utama (quartz, tridimite dan crysobalite), akan tetapi silika dalam jumlah besar ditemukan dalam bentuk alumina-silicate. Silika murni dapat diperoleh dari pasir quartz. Seringkali terdapat dalam bentuk *glassy* (seperti kaca), misalnya kaca jendela dan fiber optic. Silika dalam bentuk *glassy* memiliki koefisien ekspansi thermal yang rendah, sedangkan koefisien ekspansi untuk silika dalam bentuk kristalin lebih kurang sepuluh kali lebih besar. Oleh karena itu, *glassy silica* tahan terhadap thermal shock, sedangkan *crystalline silica* tidak.

2.5.5 Magnesia

Magnesia merupakan material refraktori utama dalam pemrosesan logam (khususnya baja) terbentuk dari ikatan ionik antara satu atom magnesium dan satu atom oksigen. Magnesia tersusun dalam struktur cubic close packing dan memiliki rumus empiris MgO . Magnesia dihasilkan dari magnesite (MgCO_3), yang juga mengandung

jumlah besi karbonat, calcite, dolomite, dan magnesium silicates.

Produk *magnesite* diproduksi dari mineral breunnerite yang ditemukan di Austria. Mineral tersebut merupakan larutan padat MgCO_3 dan FeCO_3 yang pada proses pembakaran akan menghasilkan magnesia kristalin (*periclase-MgO* murni) dengan oksida besi sisa tersebar halus di dalamnya. Material tersebut, jika dibakar secara bagus, relatif bebas dari hidrasi di atmosfer, dan mudah untuk disinter. Hal ini yang menjadikan, baik pembuatan bata dan konstruksi *refraktori monolithic*, lebih mudah. Magnesia juga dapat diproduksi dari air laut. Air laut mengandung ~ 0,5% magnesium klorida (MgCl_2) dan magnesium sulfat (MgSO_4). Ada dua proses yang dapat dilakukan untuk mengekstraksi MgO .



Gambar 2.9 Produksi magnesia dari air laut

Proses lainnya adalah dengan menggunakan proses Amann [16]. Air garam yang mengandung MgCl_2 dipanaskan hingga 600 – 800 °C di dalam reaktor. MgCl_2 bereaksi dengan air membentuk Mg(OH)_2 dan HCl . Proses ini menghasilkan kemurnian MgO yang tinggi (>98% MgO).

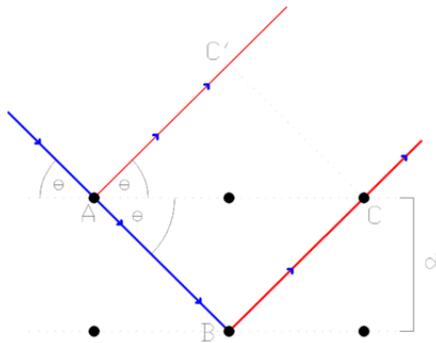
2.6 X-Ray Diffraction (XRD)

Difraksi sinar-X merupakan suatu teknik karakterisasi yang dapat digunakan untuk identifikasi fasa kristalin yang tidak diketahui dari suatu material. Aplikasi XRD yang digunakan pada penulisan tugas akhir ini adalah untuk mengidentifikasi fasa-fasa yang terdapat pada lapisan oksida sampel.

2.6.1 Prinsip Difraksi Sinar X

Sinar X merupakan bentuk dari radiasi gelombang elektromagnetik yang dihasilkan dari benda ketika ditumbuk oleh elektron. Saat sinar-x monokromatik menumbuk sampel kristalin, akan berlaku hukum Bragg. Pada sampel akan terjadi difraksi sinar-x, dimana berkas-berkas sinar x yang datang akan dibelokkan lalu berinterferensi maksimum sehingga diperoleh peak pada sudut dengan nilai 2θ tertentu.

Panjang gelombang sinar X berkisar antara 10-10 sampai 10-8 m, dan hanya 0,3-2,5 Å yang digunakan untuk difraksi sinar X. Sinar X memiliki daya penetrasi yang besar, sehingga sinar X dapat mengetahui periodisitas kristal.



Gambar 2.10 Difraksi Sinar X Pada Kristal⁹

Apabila sebuah gelombang sinar X diarahkan pada material kristalin, maka fenomena yang dapat teramati adalah difraksi dari sinar X dengan sudut bervariasi tergantung pada gelombang pertama. Hukum yang digunakan pada difraksi sinar X adalah hukum Bragg, yaitu:

$$(AB + BC) - (AC')$$

$$(AB + BC) - (AC') = n\lambda$$

$$AB = \frac{d}{\sin \theta} \quad BC = \frac{d}{\sin \theta} \quad AC = \frac{2d}{\tan \theta}$$

$$AC' = AC \cdot \cos \theta = \frac{2d}{\tan \theta} \cos \theta$$

$$n\lambda = \frac{2d}{\sin \theta} - \frac{2d}{\tan \theta} \cos \theta = \frac{2d}{\sin \theta} (1 - \cos^2 \theta) = \frac{2d}{\sin \theta} \sin^2 \theta$$

$$n\lambda = 2d \cdot \sin \theta$$

Hukum Bragg menyatakan bahwa panjang gelombang sinar sama dengan dua kali jarak interplanar dalam struktur kristal dikalikan sin teta.

$$n\lambda = 2d \sin \theta \dots\dots\dots(2.3)$$

dimana:

- n = order of reflection (n = 1, 2, 3,)
- λ = panjang gelombang sinar X
- d = jarak interplanar
- θ = setengah dari sudut difraksi

Informasi 2θ yang diperoleh menunjukkan jarak antar kisi (*d-spacing*) pada struktur kristal yang ditembakkan tersebut. Setiap senyawa memiliki nilai d. Apabila sebuah gelombang sinar-X diarahkan pada material kristalin, maka fenomena yang dapat teramati adalah difraksi dari sinar-X dengan sudut bervariasi tergantung pada gelombang pertama.

Secara eksperimen hukum Bragg dapat diamati melalui dua cara. Dengan menggunakan sinar X dengan panjang gelombang (λ) tertentu dan mengukur θ , sehingga kita dapat menentukan lebar d dari beberapa bidang kristal, metoda ini disebut dengan analisa struktur. Metoda yang lain adalah menggunakan kristal dengan lebar (d) bidang diketahui, lalu mengukur θ , sehingga dapat menentukan panjang gelombang (λ) dari radiasi yang digunakan, metoda tersebut dinamakan X-ray spectroscopy.

Pola sinar X dari bahan-bahan kristalin dapat disebut sebagai sidik jari (finger print), setiap material (secara terbatas) memiliki pola difraksi yang unik. Dengan menggunakan metoda difraksi serbuk ini, sebenarnya parameter yang diukur adalah lebar dari kisi-kisi mineral yang diketahui dari pada menentukan struktur dari mineral tersebut.

2.6.2 Analisa Kualitatif Menggunakan Difraksi Sinar-X

Analisa kualitatif untuk menentukan struktur kristal dari suatu material menggunakan difraksi sinar X dilakukan dengan cara membandingkan pola difraksi senyawa yang tidak diketahui dengan pola difraksi material yang kita miliki.

Permasalahan yang dihadapi adalah dibutuhkan suatu sistem klasifikasi dari pola difraksi yang diketahui sehingga pola difraksi yang tidak diketahui dapat diidentifikasi dengan cepat.

Pada tahun 1936 Hanawalt mengembangkan sistem yang digunakan untuk mengidentifikasi pola difraksi dari kristal tersebut. Setiap pola serbuk dikarakterisasi berdasarkan posisi garis 2θ dan posisi relatif dari garis intensitas I. Karena lebih dari satu material memiliki nilai d yang sama atau hampir sama untuk garis terkuat atau terkuat kedua. Hanawalt memutuskan untuk melakukan karakterisasi pada setiap material untuk nilai d dari tiga garis terkuat, sehingga dinamakan d1, d2, dan d3. Garis d1, d2, dan d3 secara berurutan adalah garis terkuat, kedua terkuat, dan ketiga terkuat. Dengan menggunakan data tambahan yaitu intensitas relatif sudah dapat dilakukan karakterisasi pada pola yang tidak diketahui dan menggunakan hubungan dengan pola yang sudah dapat.

Sejak tahun 1969 dibentuk Joint Committee in Powder Diffraction Standards (JCPDS) yang bertugas untuk mengumpulkan data difraksi dari material-material yang ada. Sampai dengan tahun 1976 telah dikumpulkan sebanyak 26.000 pola difraksi dalam bentuk Powder Diffraction File (PDF).

Material-material yang termasuk dalam PDF tersebut adalah unsur, paduan, senyawa anorganik, mineral, senyawa organik dan senyawa organometalik. Lembaga yang lain yaitu International Center for Diffraction Data telah menerbitkan pola difraksi serbuk sebanyak 60.000 senyawa, dan sekarang tersedia dalam bentuk CD.

3. Metoda Penelitian

Pada penelitian identifikasi serbuk isolator busi panas dan busi dingin ini, penulis menggunakan metoda Difraksi Sinar-X untuk mengidentifikasi fasa kristalin yang tidak diketahui dari suatu material, yang kemudian dianalisa menggunakan perangkat lunak Match Powder Diffraction untuk mengetahui struktur kristal dari suatu material yang mempunyai tinggi kisi, sehingga ketika

ditembak oleh sinar-X maka akan memantulkan sinar kembali.

Analisa yang teridentifikasi dari perangkat lunak *Match Powder Diffraction* ini berupa data kualitatif, yaitu hanya dapat mengidentifikasi kandungan struktur kristal dari materialnya saja, sedangkan data kuantitatif/ besarnya nilai dari kandungan struktur kristal tersebut tidak dapat teridentifikasi oleh perangkat lunak ini. Garis besar dari prinsip kerja penelitian ini adalah mengidentifikasi struktur kristal serbuk isolator busi panas dan busi dingin menggunakan Difraksi Sinar-X dan perangkat lunak *Match Powder Diffraction* dan dibandingkan dengan data yang telah ada pada penelitian sebelumnya.

3.1 Peralatan Dan Bahan Yang Digunakan

3.1.1 Peralatan

a. Peralatan yang digunakan untuk mengidentifikasi serbuk isolator busi panas dan busi dingin tersebut adalah :

- Philips Analytical X-Ray B.V
- Satu unit PC
- Perangkat lunak / Software Match Powder Diffraction

b. Peralatan yang digunakan untuk persiapan sampel isolator busi :

- Piston penumbuk dan silinder

3.1.2 Bahan

- Serbuk isolator busi panas dengan merk NGK tipe BP 7 HS dan busi dingin dengan merk NGK Iridium IX

3.2 Diagram Alir Penelitian

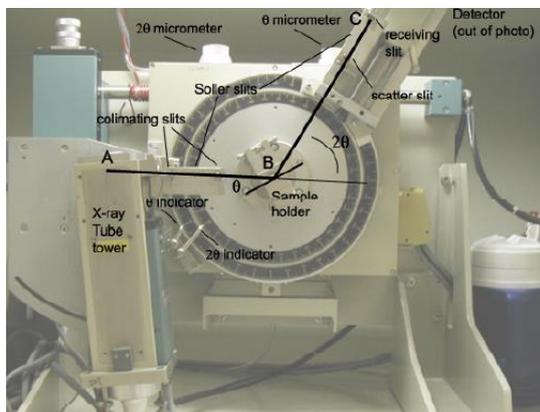
Proses pengerjaan penelitian ini adalah mengikuti alur dari diagram alir berikut ini :



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.3 Proses Penelitian

3.2.3 Karakterisasi dengan X-Ray Diffraction (XRD)



Gambar 3.2 Skema Peralatan XRD

Penelitian ini dimulai dengan proses karakterisasi dengan menggunakan metoda X-ray Diffraction dilakukan dengan preparasi sampel berupa serbuk isolator busi panas dan busi dingin minimal 2 gr. Proses pengerjaannya dilakukan oleh teknisi di Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Ilmu Kebumihan dan teknologi Mineral, Institut Teknologi Bandung. Alat yang digunakan adalah Philips Analytical X-Ray B.V. Tujuan pengkarakterisasian ini yaitu untuk mengidentifikasi fasa kristalin yang tidak diketahui dari suatu material. Analisa ini meliputi aspek sifat fisik, proses pengidentifikasian dan komposisi kimianya. Dari proses ini akan ditarik suatu hipotesa yang kemudian akan dibuktikan kebenarannya pada akhir penelitian ini.

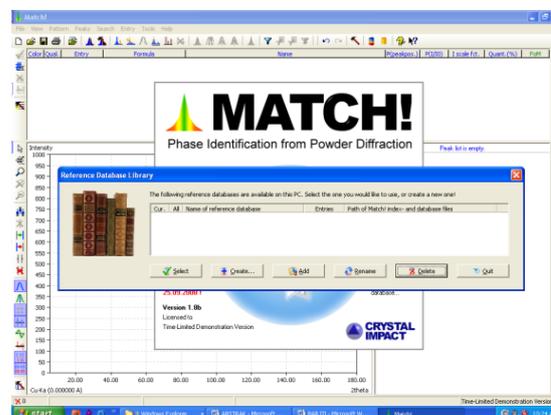
Kemudian file Microsoft Excel yang dihasilkan dari X-Ray Diffraction dianalisa menggunakan perangkat lunak Match Powder Diffraction. Agar program ini dapat running / dapat menganalisa struktur kristal yang terdapat pada serbuk isolator busi, maka terlebih dahulu kita harus memasukan data base JCPDS (Joint Committee in Powder Diffraction Standards) yang bertugas untuk mengumpulkan data difraksi dari material-material yang ada. Pola dari data difraksi ini berbentuk Powder Diffraction File (PDF). Material-material yang termasuk dalam PDF tersebut adalah unsur, paduan, senyawa

anorganik, mineral, senyawa organik dan senyawa organometalik. Lembaga yang lain yaitu International Center for Diffraction Data telah menerbitkan pola difraksi serbuk sebanyak 60.000 senyawa, dan sekarang tersedia dalam bentuk CD.

Setelah itu kita masukan data file difraksi untuk program Match, data ini berupa file Excel dari hasil identifikasi X-Ray. Setelah itu kita searching file tersebut sehingga muncul beberapa kandidat dari struktur material busi tersebut dengan tinggi intensitas cahaya yang bervariasi.

Kemudian kita amati kandidat apa yang paling dominan terdapat pada serbuk isolator busi tersebut dengan cara melihat kandidat struktur material apa yang paling tinggi intensitas cahaya yang dipantulkannya. Dalam analisa ini, struktur material yang paling tinggi intensitasnya yaitu Alumina (Al_2O_3)/Corundum.

Berikut gambar dibawah ini adalah contoh dari perangkat lunak Match Powder Diffraction :



Gambar 3.3 perangkat lunak Match Powder Diffraction

4. Data Dan Analisa

4.1 Bahan Material Isolator

Bahan material yang digunakan pada penelitian ini yaitu serbuk isolator busi panas dengan merk NGK tipe BP7HS dan busi dingin dengan merk NGK Iridium Power. Semuanya itu merupakan bahan utama dalam penelitian ini.

1. Data Busi Panas

Merk Busi : NGK
 Tipe : BP7HS
 Jenis : Cold Type

Keterangan BP7HS:

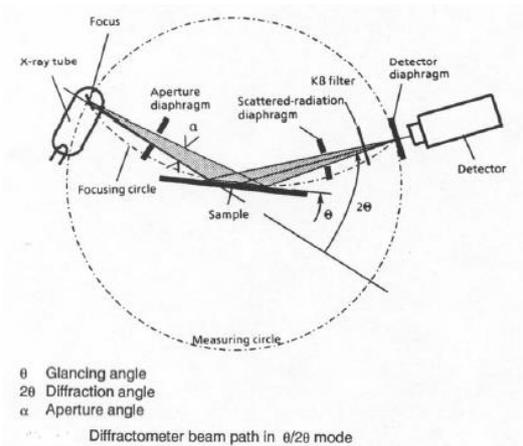
B : Diameter Ulir 14 mm
 P : Senter Elektroda Isolator
 7 : Tipe Busi Panas
 H : Diameter Kaki 12, 7 mm
 S : Standar Center Elektroda Tembaga



Gambar 4.1 Busi NGK BP7HS

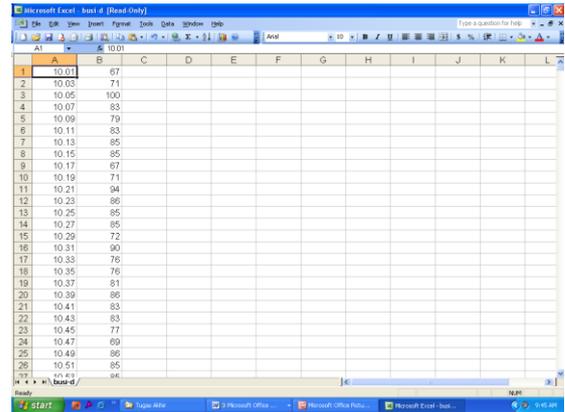
4.2 Data Hasil Karakterisasi XRD

Setelah isolator busi dibuat menjadi serbuk, kemudian dilakukan proses pengkarakterisasian XRD.



Gambar 4.2 Skema Karakterisasi XRD

Data yang dihasilkan dari proses pengkarakterisasian adalah berupa tabel antara intensitas (I) dengan sudut (2θ), yang biasanya dalam bentuk file microsoft excel.

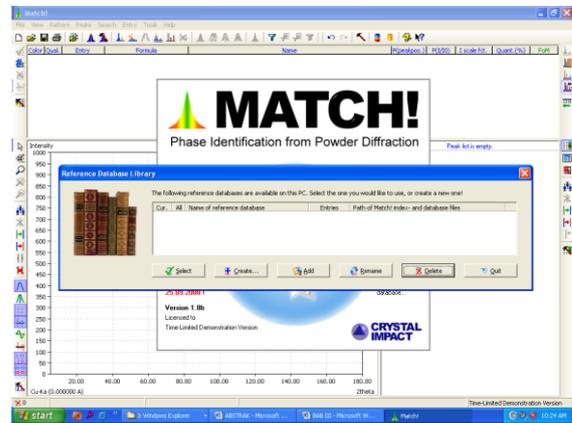


Gambar 4.3 File Data Dalam Format Microsoft Excel

Setelah mendapatkan data tersebut kemudian dilakukan proses pengolahan data tersebut dengan cara menggunakan perangkat lunak Match Powder Diffraction.

4.3 Langkah-langkah menggunakan software Match Powder Diffraction

1. Masukan data base JCPDS yang berbentuk PDF (Powder Diffraction) dengan cara mengklik tombol Create, seperti yang ditampilkan pada Gambar 4.4.



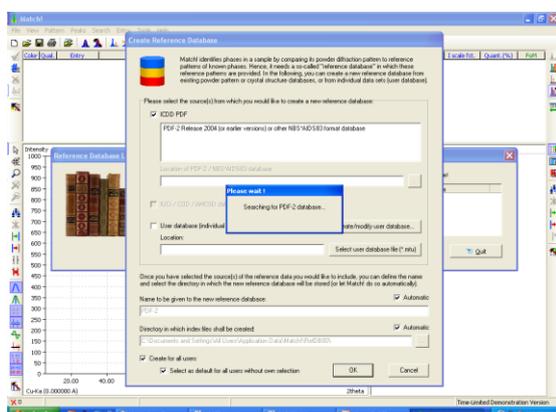
Gambar 4.4. Memasukan data base JCPDS

Agar program ini dapat running/dapat menganalisa struktur kristal yang terdapat pada serbuk isolator busi, maka terlebih dahulu kita harus memasukan data base JCPDS (Joint Committee in Powder Diffraction Standards) yang bertugas untuk mengumpulkan data difraksi dari material-material yang ada.

Pola dari data difraksi ini berbentuk Powder Diffraction File (PDF). Material-material yang

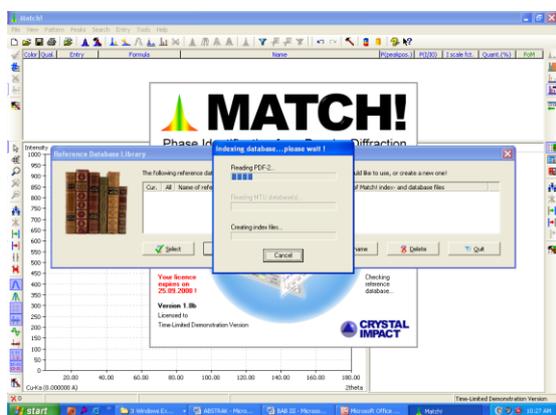
termasuk dalam PDF tersebut adalah unsur, paduan, senyawa anorganik, mineral, senyawa organik dan senyawa organometalik.

- Langkah selanjutnya yaitu kita pilih referensi data base yang baru dengan cara mengklik ikon yang terdapat nama ICDD PDF, yang mana databasenya berbentuk PDF-2. Kemudian kita klik OK, pilih tombol Manual Selection, kemudian klik OK. Selanjutnya kita masukkan data pcdpdf / PDF-2 nya, klik Open, klik Yes kemudian klik OK. Maka dengan sendirinya Match akan mensearching untuk database PDF-2 tersebut, seperti yang ditampilkan pada gambar 4.5.



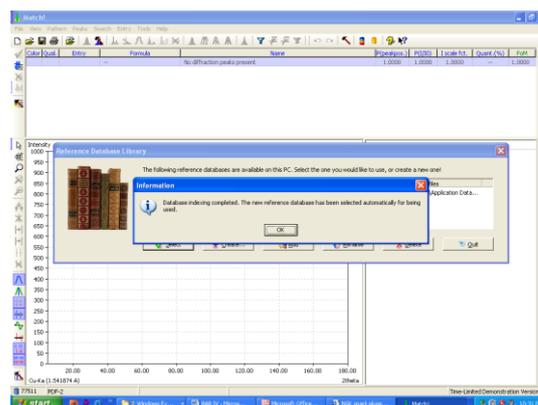
Gambar 4.3.2 Searching untuk database PDF-2

- Kemudian secara otomatis Match akan membaca database PDF-2 tersebut seperti yang ditampilkan pada gambar 4.6.



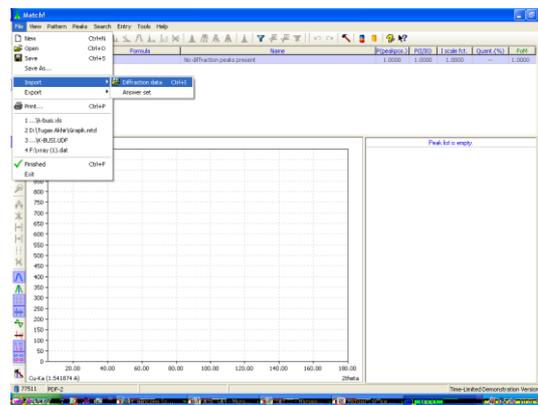
Gambar 4.6 Proses pembacaan database PDF-2

- Selanjutnya setelah indeks database itu lengkap, maka untuk referensi database yang baru akan terpilih secara otomatis untuk penggunaan data base yang lainnya. Setelah itu klik OK, kemudian klik Quit. Seperti terlihat pada gambar 4.7.



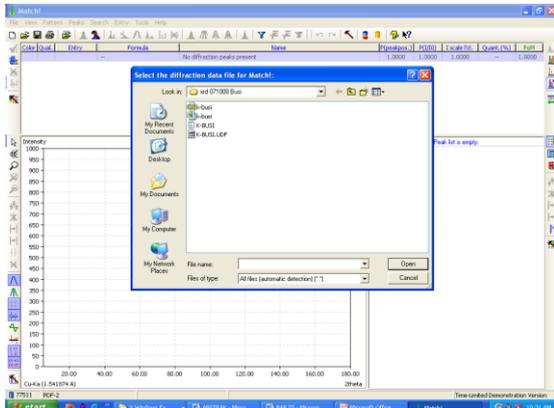
Gambar 4.7 Indeks database telah lengkap

- Langkah selanjutnya klik File, pilih Import kemudian klik Diffraction Data. Pada langkah ini, indeks database yang telah lengkap tersebut di impor ke File Diffraction data, tujuannya untuk mengumpulkan data difraksi dari material-material yang ada. Seperti diperlihatkan pada gambar dibawah ini.



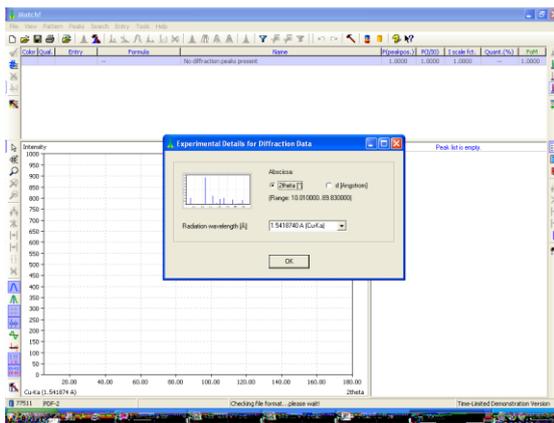
Gambar 4.8 Impor database ke file diffraksi data

- Langkah selanjutnya masukkan file diffraction data yang dihasilkan dari proses difraksi sinar-X, yaitu berupa file Excel dengan nama k-busi. Seperti yang ditampilkan pada gambar berikut ini.



Gambar 4.9 Memasukkan file Excel yang dihasilkan dari proses difraksi sinar-X

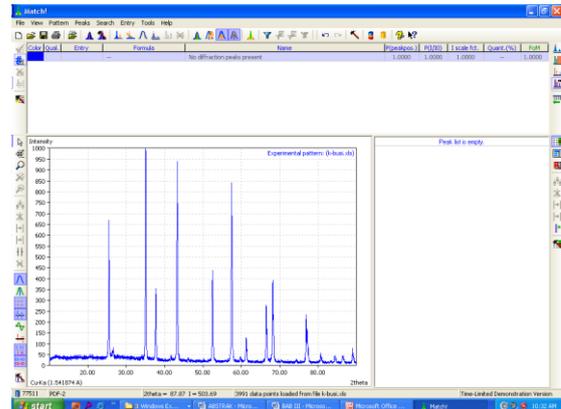
- Selanjutnya klik Open, kemudian kita pilih 2θ untuk besarnya sudut, karena setiap pola serbuk dikarakterisasi berdasarkan posisi garis 2θ dan posisi relatif dari garis intensitas (I). Sedangkan senyawa yang digunakan sebagai pembangkit gelombang menggunakan senyawa Cu dan Ka.. Seperti diperlihatkan pada gambar 4.10 dibawah ini.



Gambar 4.10 Penentuan posisi garis 2θ terhadap posisi relatif garis intensitas (I)

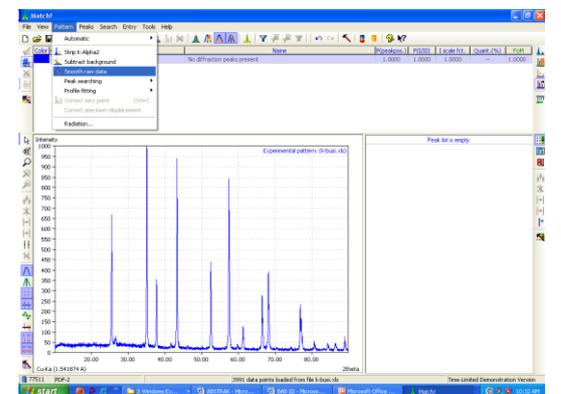
- Setelah ditentukan posisi garis 2θ terhadap posisi relatif garis intensitas (I), maka akan terlihat spektrum pantulan cahaya dari struktur kristal

yang telah ditumbuk oleh difraksi sinar-X tersebut. Jadi pada gambar ini yang ditampilkan hanya berupa Diffractogram fasa kristalin dari hasil penumbukan menggunakan X-Ray Diffraction saja, belum diketahui struktur material apa saja yang mengandung fasa kristalin tersebut. Gambar dibawah ini menunjukkan tingginya intensitas cahaya dari struktur fasa kristalin terhadap sudut 2θ .



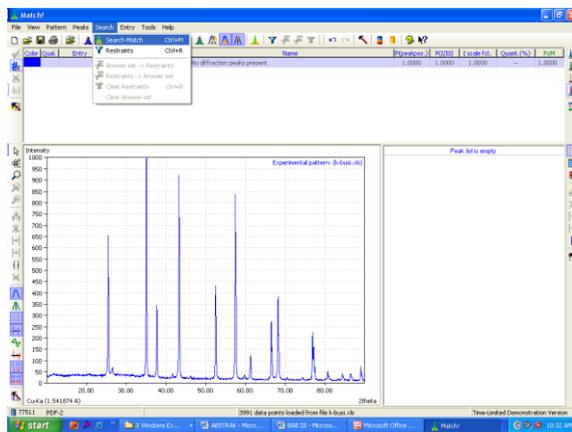
Gambar 4.11 Diffractogram dari fasa kristalin

- Setelah terlihat tampilan spektrum cahaya yang dipantulkan dari fasa kristalin, selanjutnya tampilan dari spektrum cahaya itu kita Smooth raw data, tujuannya agar tampilan dari gambar spektrumnya lebih halus.. Seperti yang ditampilkan pada gambar 4.12 dibawah ini.



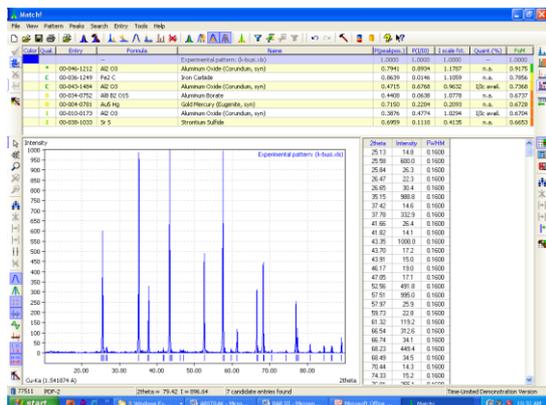
Gambar 4.12 Smooth raw data Diffractogram fasa kristalin

10. Langkah berikutnya kita cari kandidat dari material apa saja yang mengandung fasa kristalin tersebut. Caranya dengan klik Search, kemudian kita pilih Search Match.



Gambar 4.13. Proses pencarian kandidat material yang mengandung fasa kristalin

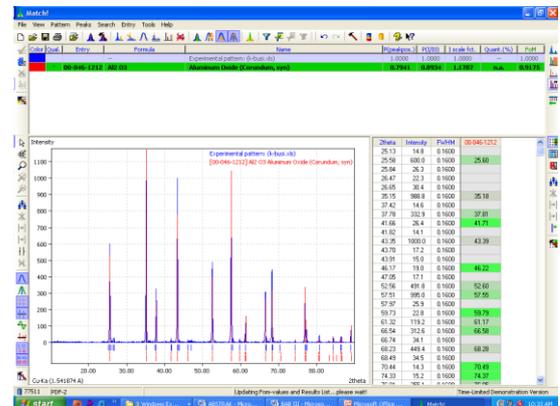
11. Setelah kita Searching, maka akan terlihat tampilan dari beberapa kandidat dari struktur material yang mengandung fasa kristalin, dan akan terlihat kandidat dari struktur material yang paling tinggi kandungan kristalnya.



Gambar 4.14 Tampilan dari beberapa kandidat yang mengandung fasa kristalin

12. Setelah tampilan dari beberapa kandidat material yang mengandung fasa kristalin terlihat, selanjutnya kita pilih satu kandidat saja dari fasa kristalin yang paling tinggi kandungan kristalnya, dengan cara men-Delete

entries kandidat yang lainnya. Seperti terlihat pada gambar 4.15 dibawah ini.

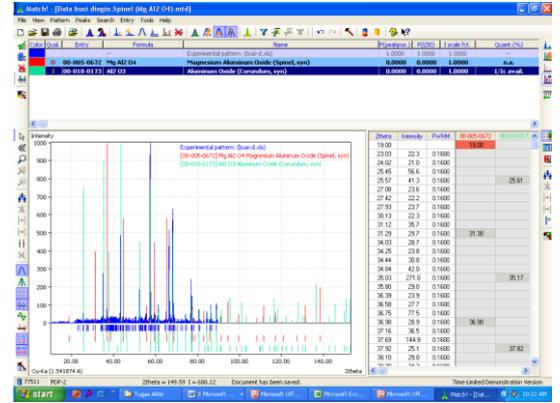


Gambar 4.15 Proses pemilihan kandidat yang paling tinggi kandungan fasa kristalinnya

Dari data pada gambar 4.15 maka kita dapat melihat puncak-puncak dari grafik tersebut dan senyawa yang terkandung dalam material isolator. Garis merah menunjukkan bahwa senyawa yang memiliki fasa kristalin adalah Alumina (Al₂O₃) dengan nomor Powder Diffraction File (PDF), oleh karena itu secara garis besar material yang dijadikan bahan dasar isolator busi NGK BP7HS adalah keramik alumina (Al₂O₃).

Sedangkan untuk busi dingin dengan pengolahan data yang sama dapat diketahui senyawa yang menjadi bahan dasar material isolator busi dingin tersebut adalah Alumina (Al₂O₃) dan Spinel Magnesium Aluminat (Mg Al₂O₄).

Gambar 4.16 menunjukkan data hasil pengolahan dengan perangkat lunak Match Powder Diffraction untuk busi dingin Merek NGK Iridium IX.



Gambar 4.16 Data Hasil Pengolahan Match Powder Diffraction Untuk Busi Dingin

4.3 Analisa Hasil Penelitian Serbuk Isolator Busi

Dari hasil penelitian yang dilakukan terhadap serbuk isolator busi panas dengan merk NGK tipe BP7HS dan busi dingin dengan merk NGK Iridium Power menggunakan Difraksi sinar-X yang kemudian dianalisa menggunakan perangkat lunak Match Powder Diffraction, ternyata unsur yang terkandung didalamnya yaitu Alumina atau Aluminium Oksida, yaitu senyawa kimia dari Aluminium dan Oksigen dengan rumus kimia Al_2O_3 .

Sedangkan pada busi dingin merk NGK Iridium Power, selain terdapat kandungan Alumina (Al_2O_3), juga terdapat kandungan Magnesium Aluminium Oksida ($MgAl_2O_4$) /Spinel, yaitu merupakan fasa atau senyawa yang terdapat pada sistem magnesia-alumina dan termasuk jenis keramik refraktori, yaitu keramik yang memiliki ketahanan panas yang tinggi .

Alumina merupakan salah satu oksida keramik yang penggunaannya sangat luas, dan tersedia dengan ukuran yang beragam, mulai dari yang berukuran halus (sub-mikron) sampai yang berukuran milimeter dan juga terdapat dalam bentuk serat dan single crystal. Sifat umum yang dimiliki alumina yaitu mempunyai kekuatan , kekerasan dan kekakuan yang tinggi, ketahanan korosi yang baik, konduktivitas termal tinggi, dan tahan terhadap thermal shock . Jenis alumina yang paling umum dan paling stabil saat alumina lain dipanaskan adalah $\alpha-Al_2O_3$ yang juga dikenal dengan nama corundum.

Penggunaan alumina selain untuk material refraktori antara lain digunakan juga sebagai wear parts, abrasives, insulator, seals, armor plates, IC substrates, cutting tools, spark plugs, artificial joints, dan lainnya.

Hasil pengidentifikasian material keramik isolator busi menggunakan Match Powder Diffraction ini sama dengan pernyataan dari pihak produsen NGK, bahwa isolator busi yang mereka produksi terbuat dari keramik alumina-silika. Dan juga sama dengan hasil penelitian lainnya yang pernah dilakukan di Laboratorium Teknik Pertambangan Institut Teknologi Bandung.

Alasan mengapa isolator busi yang telah dianalisa terbuat dari Alumina (Al_2O_3),

karena memenuhi kriteria syarat isolator keramik busi yaitu :

- Kekuatan tinggi. Isolator harus memiliki kekuatan yang tinggi untuk menahan tegangan mekanik saat pembuatan dan pemasangan dan juga tegangan mekanik dan termal yang terjadi sangat ekstrim diruang bakar. Selain itu isolator harus memiliki kekerasan permukaan yang tinggi yang mampu menahan abrasi.
- Resistansi listrik yang tinggi. Isolator harus memiliki resistansi listrik yang tinggi pada selang temperatur operasi yang besar untuk mencegah kehilangan daya (*power loss*) akibat kebocoran listrik.
- Kekuatan dielektrik yang tinggi. Keramik busi bertindak sebagai isolator yang memiliki kekuatan dielektrik yang tinggi untuk mencegah *electrical breakdown* pada voltase yang dapat mencapai 20.000 V lebih.
- Tahan temperatur tinggi. Isolator busi bekerja diruang bakar yang temperturnya dapat mencapai titik leleh beberapa jenis keramik karenanya harus tahan temperatur tinggi (*refractoriness*).
- Konduktivitas panas yang tinggi. Isolator busi harus dapat mentransfer panas dengan cepat sehingga tidak menjadi sumber pembakaran awal (*preignition*).
- Ketahanan kimiawi. Campuran bahan bakar dan aditif pelumas saat ini melibatkan proses termokimia sehingga menuntut isolator busi tahan terhadap serangan kimiawi semisal serangan kimiawi akibat adanya timbal.
- Ketahanan tinggi terhadap thermal shock. Dalam operasi mesin sesungguhnya isolator dapat mengalami perubahan temperatur yang besar.. Kondisi ruang bakar dengan temperatur sekitar 4500°F (2482°C) saat pembakaran campuran bahan bakar berubah drastis turun sampai temperature cukup rendah saat campuran bahan bakar yang jauh lebih dingin memasuki ruang bakar, dialami isolator busi sehingga diperlukan isolator yang tahan terhadap thermal shock.

5. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Dengan metoda pengkarakterisasian menggunakan X-Ray Diffraction / Difraksi Sinar-X, kita dapat

- mengidentifikasi fasa kristalin yang belum diketahui dari suatu material.
2. Analisa kualitatif fasa kristalin dari hasil Difraksi Sinar-X dapat diketahui menggunakan perangkat lunak Match Powder Diffraction.
 3. Dari hasil analisa menggunakan perangkat lunak Match Powder Diffraction, fasa kristalin yang terkandung dalam serbuk isolator busi panas dengan merk NGK tipe BP7HS dan busi dingin dengan merk NGK Iridium Power adalah Alumina (Al_2O_3) / Corundum dan terdapat sedikit kandungan Silika (SiO_2) / Kuarsa.
 4. Alumina dan Silika digunakan sebagai isolator pada busi, karena memenuhi kriteria syarat keramik isolator busi.
 5. Pada busi dingin terdapat senyawa baru Spinel $MgAl_2O_4$

5.2 SARAN

- Perlu dilakukan pengkajian lebih lanjut untuk busi tipe sedang (Medium Spark Plugs).
- Untuk penelitian selanjutnya perlu dilakukan eksperimen alternative pengganti bahan isolator busi yang dapat diproduksi pada usaha skala kecil dengan mempertimbangkan syarat-syarat dari isolator keramik busi.

Daftar Pustaka

Ahmad A. Abdel-Rehim .2012. Dampak Dari Jumlah Busi Elektroda Pada Stabilitas Mesin.

Arismunandar. W.,2002, Motor Bakar Torak, Edisi 5, ITB, Bandung.

Gunawan,Arie 2008, pengaruh penggunaan busi standart dan busi bermassa tiga jika menggunakan bahan bakar alkohol terhadap kinerja mesin.

Indarto, Muhammad Indiono.2012. Analisa kinerja motor bakar dengan penerapan 2 busi pengaipan dan variasi derajat waktu pengaipan.

Ramdani, Aziz. 2009, Pengaruh Variasi Diameter Venturi Karbulator dan Jenis Busi Terhadap Daya Pada Sepeda Motor Bajaj Pulsar 180 DTS-I Tahun 2009.

Setyawan,Julianto, 2000, Peningkatan Unjuk Kinerja Mesin Bensin 4 Langkah dengan Penggunaan Busi Splitfire SF392D dan Kabel Busi Hurricane, Tugas Akhir, Universitas Kristen Petra.

Setyono. Gatot, 2013, Pengaruh Penggunaan Busi Belerektroda Nikel, Platinum, dan Iridium Terhadap Performa Motor Bensin Torak Spark Ignition Engine (SIE) 4 Langkah Silinder.

Sugianto,Didik.2014. Pengaruh variasi jenis busi dan campuran bensin methanol terhadap kinerja motor 4 tak.

<http://jeffrimachfriandi.blogspot.co.id/berbagai-macam-tipe-busi>

<http://ml.scribd.com/.../Siklus-Termodinamika-Motor>

<http://otorider.net/kode-busi-motor>