



Bidang Ilmu : MIPA

## USUL PENELITIAN

Hibah

PENELITIAN KERJASAMA ANTAR PERGURUAN TINGGI  
(HIBAH PEKERTI) Angkatan II – 2004  
Tahun Kedua

**MODIFIKASI PORI ZEOLIT ALAM WONOSARI MENGGUNAKAN  
MOLEKUL PENGARAH STRUKTUR DAN APLIKASINYA  
SEBAGAI PADATAN PENDUKUNG IMOBILISASI SEL KHAMIR  
*Phaffia rhodozyma* PENGHASIL KAROTENOID  
UNTUK DIVERSIFIKASI METODE KONSERVASI SEL**

Peneliti Utama  
Drs. Ahmad Suseno, Msi  
Dr. Endang Kusdiyantini, DEA

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Diponegoro Semarang  
2004

## II. LEMBAR PENGESAHAN

Judul Penelitian : Modifikasi Pori Zeolit Alam Wonosari Menggunakan Molekul Pengarah Struktur dan Aplikasinya Sebagai Padatan Pendukung Imobilisasi Sel Khamir *Phaffia rhodozyma* Penghasil Karotenoid untuk Diversifikasi Metode Konservasi Sel.

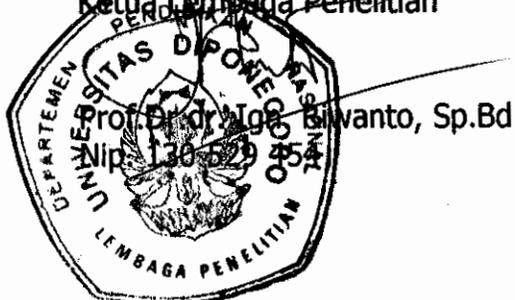
Nama Peneliti (TPP) : 1. Drs. Ahmad Suseno, MSi  
2. Dr. Endang Kusdiyantini, DEA  
Alamat Instansi Peneliti : Fakultas MIPA Universitas Diponegoro  
Kampus Tembalang – Semarang  
Telp : (024) 7474754  
Fax : (024) 7460013

Tim Peneliti Mitra (TPM) : Laboratorium Kimia Analitik, FMIPA-UGM  
Ketua TPM : Drs. Mudasir, M.Eng, Ph.D  
: Dr.rer.nat. Karna Wijaya, M.Eng (anggota)  
Alamat TPM : Fakultas MIPA-UGM  
Sekip Utara Kotak Pos BLS 21, Yogyakarta 55281  
Telp : (0274) 545188  
Fax : (0274) 513339

Jangka Waktu Penelitian : 2 Tahun  
Anggaran Total : Rp 138.048.290,-  
Anggaran Tahun I (2004/2005) : Rp 65.000.000,-  
Anggaran Tahun II (2005/2006) : Rp 73.048.290,-



Mengetahui,  
Ketua Lembaga Penelitian



Semarang, 2 Nopember 2004  
Ketua TPP

Drs. Ahmad Suseno, MSi  
Nip. 131918802

Ketua TPM

Drs. Mudasir, M.Eng, Ph.D  
Nip.131864866

UPT-PUSTAK-UNDIP

No. Daft: 184/KI/MIPA/01

21/3 05

### III. LEMBAR ENDORSEMENT

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Drs. Mudasir, M. Eng, Ph.D  
Jabatan : Ketua Tim Peneliti Mitra (TPM)  
Alamat : Laboratorium Kimia Analitik, Jurusan Kimia- Fakultas MIPA-UGM  
Sekip Utara Kotak Pos BLS 21, Yogyakarta 55281  
Telp : (0274) 545188  
Fax : (0274) 513339

Menyatakan bahwa :

1. Kami bersedia menjadi mitra dalam pelaksanaan penelitian seperti yang diusulkan Tim Peneliti Pengusul (TPP) dengan judul **Modifikasi Pori Zeolit Alam Wonosari Menggunakan Molekul Pengarah Struktur dan Aplikasinya sebagai Padatan Pendukung Imobilisasi Sel Khamir *Phaffia rhodozyma* Penghasil Karotenoid untuk Diversifikasi Metode Konservasi Sel.**
2. Kondisi dan kapasitas laboratorium Kimia Analitik di Jurusan Kimia Universitas Gadjah Mada Yogyakarta cukup memadai dan masih dapat menerima TPP selama pelaksanaan penelitian.

Demikian surat pernyataan ini dibuat dengan sebenar-benarnya untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, 2 Nopember 2004  
Ketua TPM



Drs. Mudasir, M.Eng, Ph.D  
Nip. 131864866

## V. SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Drs. Ahmad Suseno, MSi

NIP : 131 918 802

Jabatan : Ketua Tim Peneliti Pengusul

Alamat : Jurusan Kimia- Fakultas MIPA Universitas Diponegoro

Kampus Tembalang – Semarang

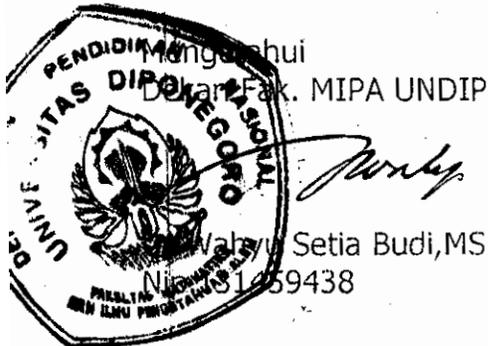
Telp : (024) 7474754

Fax : (024) 7460013

Dengan ini menyatakan bersedia untuk melaksanakan program penelitian kerjasama antar perguruan tinggi yang berjudul **Modifikasi Pori Zeolit Alam Wonosari Menggunakan Molekul Pengarah Struktur dan Aplikasinya sebagai Padatan Pendukung Imobilisasi Sel Khamir *Phaffia rhodozyma* Penghasil Karotenoid untuk Diversifikasi Metode Konservasi Sel** dengan ketentuan sebagai berikut :

1. Bersedia melaksanakan program paruh waktu selama 4 bulan sesuai dengan penjadualan program dalam perjanjian yang ditetapkan.
2. Bersedia berada di Laboratorium Kimia Analitik, Jurusan Kimia Universitas Gadjah Mada Yogyakarta untuk melaksanakan penelitian secara penuh selama waktu yang ditetapkan dalam surat perjanjian.

Demikian surat pernyataan ini dibuat dengan sebenar-benarnya untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.



Semarang, 2 Nopember 2004  
Ketua Tim Peneliti Pengusul

Drs. Ahmad Suseno, MSi  
Nip. 131918802

## V. SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Dr. Endang Kusdiyantini, DEA  
NIP : 131 802 978  
Jabatan : Anggota Tim Peneliti Pengusul  
Alamat : Jurusan Biologi- Fakultas MIPA Universitas Diponegoro  
Kampus Tembalang – Semarang  
Telp : (024) 7474754  
Fax : (024) 7460013

Dengan ini menyatakan bersedia untuk melaksanakan program penelitian kerjasama antar perguruan tinggi yang berjudul **Modifikasi Pori Zeolit Alam Wonosari Menggunakan Molekul Pengarah Struktur dan Aplikasinya sebagai Padatan Pendukung Imobilisasi Sel Khamir *Phaffia rhodozyma* Penghasil Karotenoid untuk Diversifikasi Metode Konservasi Sel** dengan ketentuan sebagai berikut :

1. Bersedia melaksanakan program paruh waktu selama 4 bulan sesuai dengan penjadualan program dalam perjanjian yang ditetapkan.
2. Bersedia berada di Laboratorium Kimia Analitik, Jurusan Kimia Universitas Gadjah Mada Yogyakarta untuk melaksanakan penelitian secara penuh selama waktu yang ditetapkan dalam surat perjanjian.

Demikian surat pernyataan ini dibuat dengan sebenar-benarnya untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Semarang, 2 Nopember 2004  
Anggota Tim Peneliti Pengusul



Dr. Endang Kusdiyantini, DEA  
Nip. 131802978



## VI. RINGKASAN PENELITIAN

Dalam rangka meningkatkan daya guna zeolit alam Indonesia sebagai material berpori, maka dalam penelitian ini akan dilakukan modifikasi pori zeolit dari bahan zeolit alam Wonosari-Yogyakarta untuk selanjutnya digunakan sebagai padatan pendukung pada imobilisasi sel Khamir *P. rhodozyma* penghasil pigmen karotenoid penting dalam akuakultur. Tujuan khusus penelitian adalah untuk mendapatkan suatu padatan yang merupakan hasil modifikasi zeolit alam serta mempelajari secara langsung pengaruh penambahan senyawa pengarah struktur terhadap karakter mikrostruktur yang meliputi jari-jari pori, volume pori, distribusi ukuran pori dan luas permukaan. Dengan metoda dan kondisi preparasi yang tepat serta digunakannya molekul pengarah tersebut akan diperoleh padatan pendukung dengan luas permukaan lebih besar, sehingga dapat digunakan untuk imobilisasi sel Khamir *P.rhodozyma* yang merupakan sumber pigmen karotenoid untuk diversifikasi metode konservasi sel mikroorganisme. Proses imobilisasi terhadap sel khamir dilakukan dengan maksud untuk menyimpan (preservasi) kultur kerja (stock culture) sel khamir sebelum digunakan untuk proses fermentasi.

Penelitian tahun pertama yang telah dilakukan berhasil memperoleh modifikasi zeolit alam dengan penambahan molekul pengarah struktur (Tetrametilamonium; Tetrabutylamonium; Cetyltrimetilamonium) secara hidrotermal. Hasil karakterisasi zeolit termodifikasi menunjukkan bahwa luas permukaan, volume pori dan kristalinitas dapat ditingkatkan. Uji coba proses imobilisasi telah dilakukan zeolit alam sebagai langkah awal (kontrol) dari aplikasi zeolit untuk konservasi, ternyata mampu mengimobilisasi sel khamir *P.rhodozyma* dimana untuk kurun waktu 1 bulan sel tersebut masih hidup. Dengan dasar hasil penelitian tersebut, maka penelitian tahun kedua mempunyai tujuan khusus yaitu menggunakan zeolit hasil modifikasi untuk diaplikasikan pada proses imobilisasi sel khamir *P.rhodozyma* pada variasi kondisi berupa

pengaruh variasi pH, rasio khamir/zeolit, serta lama penggabungan imobilisasi. Pada tahap ini akan diuji kinetika pertumbuhan dan produksi karotenoid sel khamir terimobilisasi.

Dari penelitian ini diharapkan dapat diungkapkan korelasi fisis dan kimiawi antara (i) variabel kondisi modifikasi luas permukaan padatan zeolit dan proses imobilisasi dengan parameter keberhasilan proses preparasi (ii) antara keberhasilan proses preparasi dengan unjuk kerja viabilitas sel khamir dan produksi karotenoid. Teknik ini akan menghasilkan metode konservasi kultur mikroorganisme yang ekonomis dan sederhana. Selain itu diharapkan dapat meningkatkan kemampuan peneliti dalam riset khususnya pembuatan bahan-bahan anorganik dengan karakter pori besar dari karakter pori zeolit tradisional serta mendorong perintisan penelitian sejenis di tempat TPP.

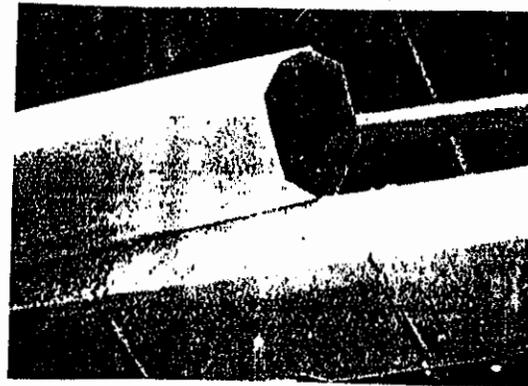
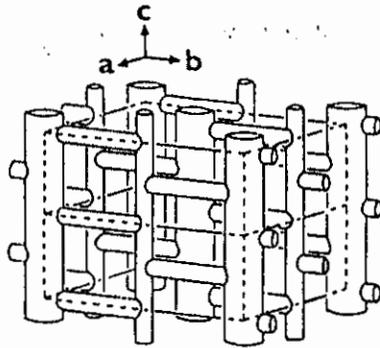
Informasi korelasi di atas memberikan kontribusi pada ilmu pengetahuan maupun pembangunan nasional karena Indonesia memiliki mineral zeolit yang melimpah dan belum banyak dieksplorasi secara profesional. Dengan melakukan modifikasi terhadap pori zeolit alam ini diharapkan akan terjadi perubahan pada sifat-sifat geometrinya, sehingga diperoleh zeolit terimobilisasi yang cocok untuk padatan pendukung imobilisasi sel khamir. Penelitian semacam ini jarang dilakukan sebelumnya khususnya yang menggunakan bahan dasar zeolit alam Indonesia, sehingga memiliki peluang untuk dipatenkan. Inovasi ini akan meningkatkan nilai ekonomis dan nilai guna zeolit alam lokal dengan kualitas yang meningkat serta dapat diterapkan dalam industri fermentasi sebagai salah satu cara penyimpanan kultur kerja sebelum digunakan untuk proses fermentasi.

## DAFTAR ISI

	Halaman
1. Judul Penelitian	
2. Lembar Pengesahan	i
3. Lembar Indorsement	ii
4. Surat Keterangan	iii
5. Surat Pernyataan	iv
6. Ringkasan	vi
7. Daftar Isi	viii
8. Konteks	1
9. Metode	6
10. Indikator Keberhasilan	11
11. Jadwal Kegiatan	12
12. Pelaksanaan Kerjasama	13
13. Rincian Anggaran	16
14. Biodata TPM	23
15. Biodata Peneliti	27

## VII.1. KONTEKS

Sifat kimia zeolit yang sangat penting adalah kemampuan daya serap tinggi dan sebagai penukar ion yang baik. Sifat penyerapan disebabkan karena zeolit merupakan padatan yang memiliki luas permukaan yang besar dan banyak pori. Distribusi ukuran pori zeolit alam Wonosari sebagian besar masih pada kisaran dibawah  $20 \text{ \AA}$  sehingga kemampuan penyerapan terhadap molekul yang berukuran lebih besar dari  $20 \text{ \AA}$  tidak berlangsung secara optimal. Hasil penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penyusun mayoritas zeolit alam asal Wonosari adalah zeolit jenis mordenit (Suseno,2003). Mordenit dikenal memiliki stabilitas termal yang tinggi seperti pada gambar.1 , mineral ini mampu untuk mempertahankan strukturnya sampai temperatur  $800\text{-}900^{\circ}\text{C}$  dan juga memiliki stabilitas yang cukup tinggi terhadap asam (Tritsivili, G.V. and Androni, T.G., 1992).



(a)

(b)

Gambar 1. (a) Ilustrasi dan (b) Kristal Zeolit Mordenit

Keterbatasan dalam ukuran pori zeolit alam Wonosari memberi peluang bagi dilakukannya perubahan sifat zeolit dalam rangka lebih mengoptimalkan kegunaannya. Perubahan sifat yang dimaksud berkaitan dengan sifat geometri batuan zeolit alam yaitu ukuran pori, volume pori dan

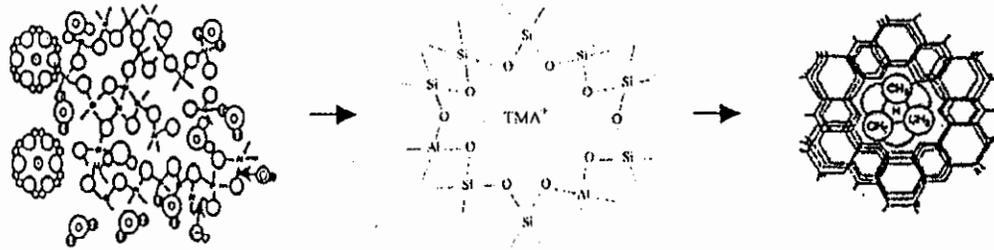
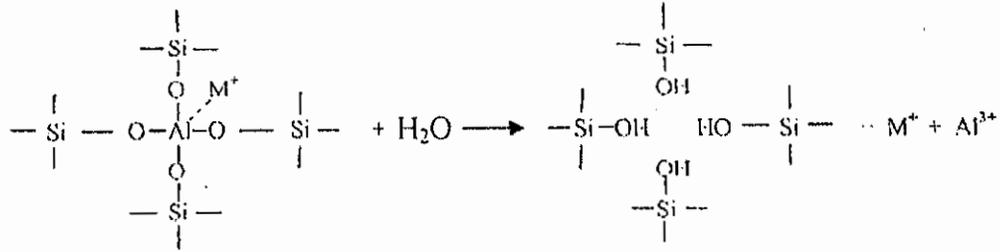
luas permukaan. Sebelumnya modifikasi pori zeolit alam Wonosari telah dilakukan dengan metode dealuminasi, tetapi hanya mampu meningkatkan ukuran pori dari 81% berukuran dibawah 20°A menjadi 96% berukuran 20–60°A. Hasil uji adsorpsi zeolit terhadap molekul fenol memperlihatkan adanya peningkatan kemampuan penyerapan dari 0% menjadi 40% (Suseno, 2003).

Riset ke arah pengembangan ukuran pori material jenis zeolit dari yang berukuran kecil menjadi lebih besar pada dasarnya didorong oleh upaya untuk lebih meningkatkan pemakaian bahan anorganik berukuran pori besar oleh kalangan industri akan (Jacobsen, 2001; Abe *et al.*, 1995). Material-material dengan ukuran pori besar telah dikenal sebagai salah satu padatan pendukung pada imobilisasi sel mikroorganisme untuk berbagai tujuan (Tampion and Tampion, 1980). Menurut Suhardi (1990) sifat padatan pendukung untuk imobilisasi sel mikroorganisme adalah: mempunyai permukaan luas, bersifat tidak larut, stabil terhadap reaksi kimia, resisten terhadap mikrobia, mudah dilakukan regenerasi serta memiliki pori-pori. Padatan yang tidak berpori kurang menguntungkan bila digunakan untuk imobilisasi sel, karena sifat permukaannya kurang dapat mengikat sel. Persyaratan-persyaratan sifat padatan imobilisasi di atas dapat dipenuhi secara tepat oleh zeolit alam Wonosari setelah dilakukannya modifikasi pori zeolit sesuai dengan ukuran sel mikroorganisme yang akan di imobilkan.

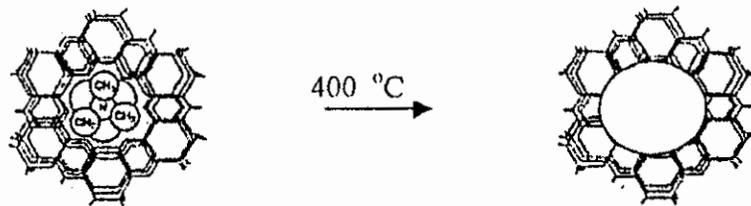
Hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Kusdiyantini (2001) menunjukkan bahwa *Phaffia rhodozyma* merupakan khamir yang potensial dalam akuakultur dan proses pertumbuhannya dilakukan secara fermentasi (Fang, T.J. and Y-S Cheng, 1993). Mengingat pentingnya khamir ini dalam industri maka proses penyimpanan kultur kerja menjadi sangat penting sebelum dilakukan fermentasi guna menghindari adanya penurunan viabilitas dan menghindari terjadinya mutasi alamiah. Pendekatan metode imobilisasi sel dimana sel khamir diimobilkan ke padatan pendukung merupakan upaya

dalam mengatasi permasalahan tersebut. Gugus fungsi sel mikroorganisme yang telah diimobilkan pada padatan pendukung berpori dengan metoda adsorpsi, dimana sel akan terselubungi oleh pendukung sehingga tidak mudah mengalami degradasi (Flegel, T.W.,*et.al.*,1982). Hal ini didukung oleh pendapat Gadd (1990) yang mengatakan bahwa adsorpsi sel ke pendukung mempunyai efisiensi yang tinggi.

Untuk menyediakan padatan pendukung sebagaimana dipersyaratkan di atas, zeolit alam merupakan bahan yang cocok bilamana telah dimodifikasi dengan melakukan rekayasa terhadap ukuran pori menggunakan senyawa-senyawa organo-kation sebagai molekul pengarah struktur. Modifikasi biasanya dilakukan dengan proses hidrotermal sehingga zeolit akan memiliki ukuran pori sebagaimana ukuran pori yang dimiliki oleh zeolit sintetis (Beck, 1991; Beck, 1992; Vansant, 1997; Vansant,2000; Li *et al*, 2000). Tetrametil-ammonium (TMA) merupakan kation yang telah banyak digunakan dalam modifikasi pori zeolit. Secara spesifik senyawa ini berfungsi mengarahkan terbentuknya struktur tertentu, misalnya tetraasetil ammonium (TEA) mengarah untuk ZSM-8, tetrapropil ammonium (TPA) untuk ZSM-5 dan tetra-butilammonium (TBA) untuk ZSM-11. Menurut Lok, *et.al.*(1983) dan Barrer (1982), selama proses hidrotermal terdapat dua faktor yang sangat berpengaruh dalam pembentukan suatu struktur, yaitu jenis senyawa pengarah dan waktu proses hidrotermal. Konsep pengarah dimaksudkan sebagai fenomena yang terjadi pada saat proses pembentukan gel atau inti dimana molekul pengarah struktur akan mengatur kerangka tetrahedral ke bentuk bentuk geometri tertentu. Setelah kristalisasi tercapai molekul pengarah struktur akan terperangkap dalam rongga, saluran atau lapisan struktur yang terbentuk (Vansant, 1990; Zones,1994; Ishizaki, 1998,Li *et.al*, 1998).



(a)



(b)

Gambar.2 (a) Mekanisme proses pembentukan pori zeolit melalui reaksi hidrotermal dengan adanya molekul pengarah struktur (b) perlakuan kalsinasi pada suhu 400 °C.

Berdasarkan pada kaidah-kaidah umum di atas, dalam penelitian ini akan dilakukan modifikasi zeolit alam Wonosari sebagai bahan anorganik berukuran pori besar yang berbasis silika-alumina dengan cara menambahkan molekul pengarah struktur TMA. Pemilihan molekul pengarah tersebut dengan pertimbangan (i) ukuran molekul TMA adalah yang terkecil dalam deret garam ammonium tersebut, sehingga dengan ukuran pori zeolit alam yang mayoritas dibawah 20 °A diharapkan dapat masuk ke sistem mikropori zeolit, (ii) TMA

termasuk jenis molekul pengarah organo kation yang diharapkan dapat melakukan pertukaran kation dengan kation penyeimbang yang dimiliki zeolit alam, sehingga memudahkan masuknya molekul pengarah dalam sistem *framework* zeolit. Masuknya molekul pengarah dalam sistem pori zeolit seperti pada gambar.2 dengan melalui proses hidrotermal dan kalsinasi diharapkan akan terjadi perubahan terhadap sifat-sifat zeolit alam, khususnya sifat geometrinya sehingga akan diperoleh zeolit dengan ukuran pori yang baru sesuai dengan ukuran sel khamir *Phaffia rhodozyma*.

Dengan melihat latar belakang dan perumusan yang sudah diuraikan, penelitian ini mempunyai lima tujuan utama yaitu :

- √ Memodifikasi zeolit alam dengan pengkayaan unsur silikat pada proses hidrotermal.
- √ Melakukan proses imobilisasi sel khamir *Phaffia rhodozyma* pada zeolit hasil termodifikasi dengan variasi waktu imobilisasi dan rasio khamir/zeolit.
- √ Merumuskan korelasi fisis dan kimiawi antara variabel kondisi modifikasi pori dan proses imobilisasi dengan parameter keberhasilan proses preparasi serta korelasi antara keberhasilan proses preparasi dengan unjuk kerja viabilitas sel khamir dan produksi karotenoid.
- √ Meningkatkan nilai ekonomis zeolit alam Indonesia khususnya yang berasal dari Wonosari
- √ Meningkatkan kemampuan peneliti dalam bidang sintesis material anorganik, mendorong perintisan riset material anorganik dan menciptakan lingkungan ilmiah baru di lingkungan TPP setelah pelaksanaan penelitian ini berakhir.

Laboratorium Kimia Analitik Universitas Gadjah Mada kami pilih sebagai mitra kerjasama karena saat ini sedang dikembangkan penelitian-penelitian pemanfaatan zeolit alam untuk berbagai keperluan agar menjadi "Smart Zeolite". Dalam penelitian terdahulu di TPM telah berhasil memanfaatkan zeolit alam untuk berbagai keperluan seperti padatan pendukung katalis logam, ion exchange serta adsorben selektif. TPM juga telah dilakukan penelitian imobilisasi sel khamir *Saccharomyces cerevisiae* ke dalam silika gel untuk Bioakumulasi logam berat Cu dan berhasil dengan baik tetapi harga silika gel relatif lebih mahal dibandingkan zeolit alam (Sri Lesari, dkk., 2003)

Hasil-hasil penelitian yang telah dilakukan oleh TPP (Suseno,1998; Suseno, 2000) dan TPM akan memberikan kontribusi terhadap keberhasilan penelitian yang diusulkan. Pengalaman penelitian yang telah dilakukan TPP maupun TPM dan kesiapan perangkat lunak dan perangkat keras yang dimiliki TPM, merupakan faktor yang sangat mendukung keberhasilan penelitian ini. Tersedianya peralatan karakterisasi seperti difraktometer sinar-X (XRD), spektrofotometer serapan atom (AAS), spektrofotometer Inframerah, *Gas Sorption analyzer*, PAU Bioteknologi serta perpustakaan yang menyediakan jurnal-jurnal terbaru merupakan sarana penting yang mendukung keberhasilan penelitian yang diusulkan. berbekal itu semua diusulkan penelitian kerjasama *Modifikasi Pori Zeolit Alam Wonosari Menggunakan Molekul Pengarah Struktur dan Aplikasinya sebagai Padatan Pendukung Imobilisasi Sel Khamir P.rhodozyma Penghasil Karotenoid untuk Diversifikasi Metode Konservasi Sel.*

Keutamaan penelitian ini adalah peningkatan daya guna zeolit lokal yaitu zeolit alam Wonosari, Yogyakarta. Keunggulan penelitian ini dibanding hasil-hasil penelitian sebelumnya adalah rekayasa terhadap ukuran pori untuk menghasilkan padatan pendukung dengan ukuran pori yang sesuai juga aplikasinya sebagai padatan pendukung imobilisasi sel khamir sehingga ke