

## PEMBUATAN BERAS INSULIN MELALUI REKAYASA GENETIKA SEBAGAI ALTERNATIF PENCEGAHAN PENYAKIT *DIABETES MILITUS*

Oleh:

I Putu Edy Purnawijaya

### Abstrak

Rekayasa genetika adalah suatu proses manipulasi gen yang bertujuan untuk mendapatkan organisme yang unggul. Secara ilmiah, rekayasa genetika adalah manipulasi genetik atau perubahan dalam susunan genetik dari suatu organisme. Rekayasa genetika merupakan proses buatan/sintetis dengan menggunakan Teknologi DNA rekombinan. Hasil dari rekayasa genetika adalah sebuah organisme yang memiliki sifat yang diinginkan atau organisme dengan sifat unggul, organisme tersebut sering disebut sebagai organisme transgenik.

Padi merupakan tanaman pangan yang sangat penting di dunia terutama di Indonesia. Hal ini disebabkan padi merupakan sumber karbohidrat utama. Jika nasi dimakan maka karbohidratnya dalam tubuh akan dirubah menjadi glukosa. Glukosa dalam tubuh manusia digunakan sebagai sumber energi. Glukosa yang tidak digunakan akan menyebabkan kandungan gula dalam darah akan meningkat dan menyebabkan kadar gula tinggi atau biasa disebut sebagai penyakit diabetes mellitus. Insulin adalah hormon yang mengubah glukosa menjadi glikogen, dan berfungsi mengatur kadar gula darah.

Teknologi yang berkembang saat ini memanfaatkan *Escherichia coli* untuk memproduksi insulin. Teknologi rekayasa genetika dalam proses ini menggunakan teknik plasmid, adapun langkah-langkahnya yaitu mengisolasi plasmid dari bakteri *E.coli* lalu memotong plasmid yang telah diisolir dengan enzim restriksi, DNA yang dari sel pankreas dipotong pada suatu segmen pengkodean insulin, rekombinan yang terbentuk lalu disisipkan ke bakteri *E.coli* sehingga bakteri membawa gen DNA insulin yang selanjutnya disisipkan ke dalam bakteri *Agrobacterium tumefaciens* yang digunakan sebagai sektor. Bioteknologi pertanian merupakan salah satu cabang ilmu yang penting dalam pengembangan bioteknologi yang diarahkan untuk pemenuhan kebutuhan manusia akan pangan. Salah satunya adalah melalui rekayasa genetika yang merekombinasi gen *Escherichia coli* dengan gen tanaman padi sehingga dihasilkan varietas baru berupa beras berinsulin. Bakteri *Agrobacterium tumefaciens* digunakan sebagai sektor untuk disisipkan pada tanaman padi sehingga menghasilkan padi berinsulin.

**Kata kunci:** rekayasa genetika, insulin, bakteri *E. Coli*, bakteri *Agrobacterium tumefaciens*, teknik plasmid.



## PENDAHULUAN

Padi merupakan tanaman pangan yang sangat penting di dunia terutama di Indonesia. Hal ini disebabkan padi merupakan sumber karbohidrat utama. Jika nasi dimakan maka karbohidratnya dalam tubuh akan dirubah menjadi glukosa. Glukosa dalam tubuh manusia digunakan sebagai sumber energi. Glukosa yang tidak digunakan akan menyebabkan kandungan gula dalam darah akan meningkat dan menyebabkan kadar gula tinggi atau biasa disebut sebagai penyakit diabetes mellitus. Insulin adalah hormon yang mengubah glukosa menjadi glikogen, dan berfungsi mengatur kadar gula darah. Teknologi yang berkembang saat ini memanfaatkan *Escherichia coli* untuk memproduksi insulin. Teknologi rekayasa genetika dalam proses ini menggunakan teknik plasmid, adapun langkah-langkahnya yaitu : mengisolasi plasmid dari bakteri *E.coli* lalu memotong plasmid yang telah diisolir dengan enzim restriksi, DNA yang dari sel pankreas dipotong pada suatu segmen pengkodean insulin, DNA rekombinan yang terbentuk lalu disisipkan ke bakteri *E.coli* sehingga bakteri membawa gen DNA insulin yang selanjutnya disisipkan ke dalam bakteri *Agrobacterium tumefaciens* yang digunakan sebagai sektor. bioteknologi pertanian merupakan salah satu cabang ilmu yang penting dalam pengembangan bioteknologi

yang diarahkan untuk pemenuhan kebutuhan manusia akan pangan. Salah satunya adalah melalui rekayasa genetika yang merekombinasi gen *Escherichia coli* dengan gen tanaman padi sehingga dihasilkan varietas baru berupa beras berinsulin. Bakteri *Agrobacterium tumefaciens* digunakan sebagai sektor untuk disisipkan pada tanaman padi sehingga menghasilkan padi berinsulin

## PEMBAHASAN

### Rekayasa Genetika

Rekayasa genetika adalah suatu proses manipulasi gen yang bertujuan untuk mendapatkan organisme yang unggul. Secara ilmiah, rekayasa genetika adalah manipulasi genetik atau perubahan dalam susunan genetik dari suatu organisme. Rekayasa genetika merupakan proses buatan/sintetis dengan menggunakan Teknologi DNA rekombinan. Hasil dari rekayasa genetika adalah sebuah organisme yang memiliki sifat yang diinginkan atau organisme dengan sifat unggul, organisme tersebut sering disebut sebagai organisme transgenik.

Prinsip dasar teknologi rekayasa genetika adalah memanipulasi atau melakukan perubahan susunan asam nukleat dari DNA (gen) atau menyelipkan gen baru ke dalam struktur DNA organisme penerima. Gen yang diselipkan dan organisme penerima dapat berasal dari organisme apa saja. Misalnya, gen dari



bakteri bisa diselipkan di kromosom tanaman. Teknologi yang dikenal sebagai teknologi DNA rekombinan, atau dengan istilah yang lebih populer rekayasa genetika, ini melibatkan upaya perbanyakan gen tertentu di dalam suatu sel yang bukan sel alaminya. 'anyak definisi telah diberikan untuk mendeskripsikan pengertian teknologi DNA rekombinan. Salah satunya yang mungkin paling representatif, menyebutkan bahwa teknologi DNA rekombinan adalah pembentukan kombinasi materi genetik yang baru dengan cara penyisipan molekul DNA ke dalam suatu vektor sehingga memungkinkan untuk terintegrasi dan mengalami perbanyakan di dalam suatu sel organisme lain yang berperan sebagai sel inang (Budiyanto,2001).

Pada dasarnya upaya untuk mendapatkan suatu produk yang diinginkan melalui teknologi DNA rekombinan melibatkan beberapa tahapan tertentu. Tahapan-tahapan tersebut adalah isolasi DNA kromosom yang akan diklon, pemotongan molekul DNA menjadi sejumlah fragmen dengan berbagai ukuran, isolasi DNA vektor, penyisipan fragmen DNA ke dalam vektor untuk menghasilkan molekul DNA rekombinan, transformasi sel inang menggunakan molekul DNA rekombinan, reisolasi molekul DNA rekombinan dari sel inang, dan analisis DNA rekombinan.

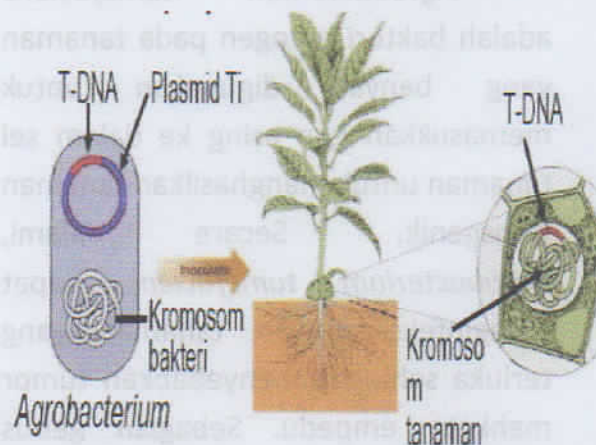
### **Bakteri *Agrobacterium tumefaciens***

*Agrobacterium tumefaciens* adalah bakteri patogen pada tanaman yang banyak digunakan untuk memasukkan gen asing ke dalam sel tanaman untuk menghasilkan tanaman transgenik. Secara alami, *Agrobacterium tumefaciens* dapat menginfeksi bagian tanaman yang terluka sehingga menyebabkan tumor mahkota empedu. Sebagian genus *Agrobacterium tumefaciens* menyebabkan tumor pada tanaman dikotil dan bisa juga pada tanaman monokotil.

Spesies *Agrobacterium tumefaciens* tergolong bakteri gram negatif yang tergolong bakteri aerob dan mampu hidup baik sebagai saprofit maupun parasit. *Agrobacterium tumefaciens* berbentuk batang, berukuran 0,6 – 1,0 µm sampai 1,5 – 3,0 µm dalam bentuk tunggal atau berpasangan. Bakteri *Agrobacterium tumefaciens* dapat digunakan dalam teknik rekombinasi pada padi. bakteri ini digunakan untuk menyisipkan gen kedalam genom tanaman. *Agrobacterium tumefaciens* strain liar (galur alami) memiliki plasmid Ti. Pada plasmid Ti terdapat T-DNA yang mengandung gen penyebab tumor. Pada waktu meninfeksi tanaman,



*Agrobacterium tumefaciens* menyisipkan T-DNA kedalam kromosom sel tanaman sehingga sel-sel tanaman yang terinfeksi membentuk tumor.



**Gambar 1.** Pembentukan tumor pada tanaman

Gen yang diinginkan dimasukkan kedalam sel tanaman dengan cara menitipkannya atau menyisipkan pada T-DNA. *Agrobacterium* yang digunakan untuk menginfeksi sel tanaman adalah *Agrobacterium* yang sudah tidak patogen

### Insulin

Insulin adalah hormon yang diproduksi oleh organ pankreas yang dilepaskan ke dalam aliran darah oleh beta sel yang ditemukan di daerah pulau Langerhans. Insulin dibentuk dari proinsulin yang bila kemudian distimulasi, terutama oleh peningkatan kadar glukosa darah akan terbelah untuk menghasilkan insulin dan peptide penghubung (C-peptide) yang masuk dalam aliran darah dalam

jumlah ekuimolar. Sejumlah proinsulin juga akan masuk kedalam aliran darah. Kadar C-peptide dapat digunakan untuk memantau insulin produksi insulin endogen dan dapat digunakan untuk menyingkirkan penggunaan insulin secara faktisia sebagai penyebab hipoglikemia yang tidak dapat dijelaskan. Karena insulin dan C-peptide mempunyai jangka waktu yang berbeda, maka kadar C-peptide tidak seluruhnya mencerminkan secara akurat kadar insulin endogen.

Insulin mempunyai beberapa pengaruh dalam jaringan tubuh. Insulin menstimulasi pemasukan asam amino kedalam sel kemudian meningkatkan sintesa protein. Insulin meningkatkan penyimpanan lemak dan mencegah penggunaan lemak sebagai bahan energi. Insulin menstimulasi pemasukan glukosa kedalam sel untuk digunakan sebagai sumber energi dan membantu menyimpan glikogen didalam sel otot dan hati. Insulin adalah hormon yang mengendalikan gula darah. Tubuh menyerap mayoritas karbohidrat sebagai glukosa (gula darah). Dengan meningkatnya gula darah setelah makan, pankreas melepaskan insulin yang membantu membawa gula darah ke dalam sel untuk digunakan sebagai bahan bakar dalam proses metabolisme atau disimpan sebagai lemak apabila kelebihan. Orang-orang yang punya kelebihan berat badan



atau mereka yang tidak berolahraga seringkali menderita resistensi insulin.

Insulin menjaga keseimbangan glukosa dalam darah dan bertindak meningkatkan pengambilan glukosa oleh sel badan. Kegagalan badan untuk menghasilkan insulin, atau jumlah insulin yang tidak mencukupi akan menyebabkan glukosa tidak dapat masuk ke dalam sel untuk proses metabolisme. Sehingga glukosa di dalam darah meningkat dan menyebabkan diabetes melitus.

### **Teknik Plasmid**

Plasmid adalah molekul DNA berantai rangkap dan berbentuk cincin. Plasmid ditemukan didalam sel bakteri dan dapat berbiak secara bebas, lepas dari kromosom induk. Dalam rekayasa genetika, plasmid berperan sebagai vektor yang digunakan untuk mentransfer dan memperbanyak gen asing. Keuntungan penggunaan plasmid adalah dapat dipindahkan dari satu sel ke sel yang lain, misalnya melalui cara transformasi. Ketika satu gen "asing" (biasanya diekstrak dari satu kromosom sel eukariotik) telah disisipkan ke dalam satu plasmid, ia akan bertindak seperti kendaraan yang mengangkut gen ke dalam sel bakteri. Plasmid yang membawa gen tersebut siap di absorpsi dan di replikasikan oleh bakteri sehingga setiap anakan sel yang dihasilkan akan mewarisi gen- gen baru. Selanjutnya,

setiap bakteri didalam kultur gen- gen akan menginstruksi, misalnya "hasilkan hormon insulin manusia".

### **Pembuatan Beras Insulin**

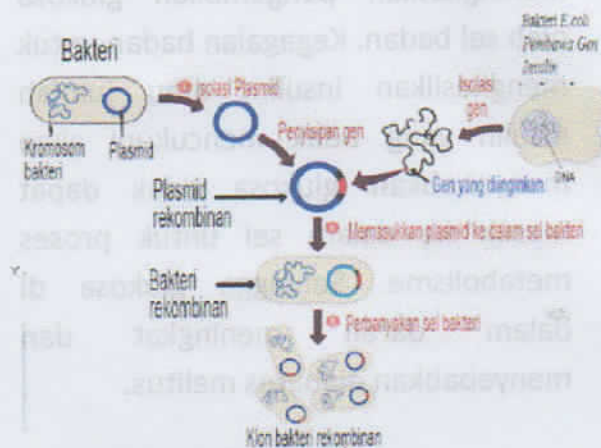
Dalam pembentukan beras insulin membutuhkan suatu proses yang sangat panjang dan sambung menyambung dalam menyisipkan gen insulin ke bakteri yang digunakan sebagai vektor yaitu *Agrobacterium tumefaciens*. Dalam pembentukan ini menggunakan bakteri *E. Coli* sebagai penghasil gen insulin sehingga tidak perlu berkali-kali mengambil gen insulin ke pankreas. Jadi peran *E. Coli* yaitu sebagai suplayer gen insulin yang ada di dalam pankreas manusia. Bakteri *Agrobacterium tumefaciens* kurang aktif dalam menghasilkan insulin sehingga *E. Coli* sangat berperan penting dalam menghasilkan insulin ini, sehingga bakteri *Agrobacterium tumefaciens* hanya sebagai vektor untuk menyisipkan gen insulin ke dalam tubuh. Yang memungkinkan *Agrobacterium tumefaciens* bisa bekerja dengan baik untuk menghasilkan produk yaitu dengan beras insulin. Ada 3 proses yang perlu dilakukan dalam memproduksi beras insulin yaitu:

**a. Proses pembuatan insulin pada *E. Coli* dengan menggunakan teknologi DNA Rekombinan Sebagai suplayer insulin dari bakteri *E. Coli***



Langkah pertama adalah dengan mengisolasi plasmid *E.Coli*. Plasmid adalah salah satu bahan genetik bakteri yang berupa untai DNA berbentuk lingkaran kecil. Selain plasmid, bakteri juga memiliki kromosom. Langkah kedua, plasmid yang telah diisolir dipotong pada segmen tertentu menggunakan enzim restriksi endonuklease. Sementara itu DNA yang di isolasi dari sel pankreas dipotong pada suatu segmen untuk mengambil segmen pengkode insulin. Pemotongan dilakukan dengan enzim yang sama yaitu enzim restriksi. Langkah ketiga, DNA kode insulin dari pankreas tersebut disambungkan pada plasmid menggunakan bantuan enzim DNA ligase. Hasilnya adalah kombinasi DNA kode insulin dengan plasmid bakteri yang disebut DNA rekombinan. Langkah keempat, plasmid yang sudah mengandung DNA insulin disisipkan kembali ke sel bakteri. Bakteri *E. Coli* mengandung insulin dari teknik plasmid yang menggunakan teknologi DNA rekombinan.

## b. Proses penyisipan gen bakteri *E. Coli* (pembawa gen insulin) ke bakteri *Agrobacterium tumefaciens* (sebagai vektor)



**Gambar 2. Proses menyisipkan, memperbanyak dan mengekspresikan informasi genetik**

Pada proses penyisipan gen DNA berinsulin pada bakteri *E. Coli* ke bakteri *Agrobacterium tumefaciens* harus memperhatikan ukuran dari jenis bakteri. Pada bakteri *E. Coli* memiliki bentuk badan dan plasmid yang hampir sama dengan *Agrobacterium tumefaciens*, serta memiliki bentuk tubuh yang berbentuk batang. Dari ukuran mereka yang hampir sama tersebut maka gen pembawa insulin dari bakteri *E.coli* dapat disisipkan ke dalam plasmid bakteri *Agrobacterium tumefaciens*. Adapun langkah-langkahnya sebagai berikut. Pertama, mengeluarkan plasmid bakteri *Agrobacterium tumefaciens*. Kedua, mengisolasi gen DNA insulin yang ada pada bakteri *E. Coli*. Ketiga, memotong



plasmid pada segmen tertentu menggunakan enzim restriksi endonuklease. *Keempat*, gen DNA dari bakteri *E. Coli* tersebut disambungkan pada plasmid Ti pada bakteri *Agrobacterium tumefaciens* menggunakan enzim DNA ligase. Hasilnya adalah kombinasi DNA insulin dengan plasmid bakteri yang disebut DNA rekombinan. *Kelima*, DNA Rekombinan terbentuk disisipkan kembali ke sel bakteri *Agrobacterium tumefaciens*. *Keenam*, bakteri *Agrobacterium tumefaciens* mengandung insulin dari teknik plasmid yang menggunakan teknologi DNA rekombinan .

### **c. Penyisipan Gen *Agrobacterium tumefaciens* Berinsulin ke dalam Gen Padi (*Oriza sativa*)**

Ada beberapa langkah yang harus dilakukan dalam tahapan ini antara lain sebagai berikut. *Pertama*, melakukan sekuensing pada DNA tanaman untuk gen yang akan diubah diidentifikasinya dan diperoleh dari organism donor /bakteri *Agrobacterium tumefaciens*. Sekuensing ini dapat dilakukan dengan mengacu pada informasi yang diketahui berkaitan dengan urutan dari gen yang akan dipilih, selanjutnya diikuti dengan pemindahan gen bakteri *Agrobacterium tumefaciens*. *Kedua*, gen yang diinginkan dikeluarkan dari bakteri *Agrobacterium tumefaciens* melalui

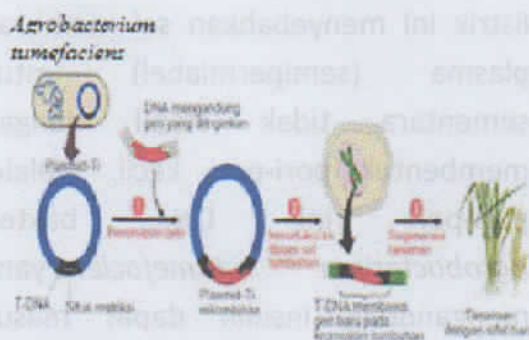
penggunaan enzim spesifik yang dikenal dengan enzim restriksi. *Langkah ketiga*, gen yang diinginkan kemudian di polimer melalui polymerase (chain reaction), yaitu metode untuk memperkuat DNA dan menghasilkan sejumlah gen yang bisa diterapkan ke tanaman. *Langkah Keempat*, melakukan metode elektroporasi yaitu dikejutkan dengan listrik tegangan tinggi melalui larutan yang mengandung protoplas. Kejutan listrik ini menyebabkan sel membran plasma (semipermeabel) untuk sementara tidak stabil dengan membentuk pori-pori kecil, melalui pori-pori ini, DNA bakteri *Agrobacterium tumefaciens* yang mengandung insulin dapat masuk melalui proses difusi.

Ada beberapa tahapan yang harus dilakukan yaitu sebagai berikut. DNA yang masuk ke nukleus akan diinjeksikan dalam bentuk transfer plasmid-Ti yang dipindah ke kromosom dan menjadi satu dalam DNA tanaman padi. Selanjutnya pemberian kejutan listrik dan injeksi, sel membran plasma terbentuk kembali. dinding sel juga terbentuk kembali melalui proses pembalikan. Kemudian sel - sel yang baru saja diubah tersebut kemudian menghasilkan jenis sel yang unik yang membentuk padi dengan terdapat gen insulin didalamnya. Sel baru yang menjadi tanaman padi berinsulin, dapat terbentuk ketika sel tanaman



padi sudah terinfeksi oleh bakteri yang telah membawa DNA rekombinan baru yang mengandung gen insulin, sehingga DNA yang mengandung gen insulin, berintroduksi ke sel tumbuhan dengan membawa gen baru pada kromosom tumbuhan, kemudian akan terjadi proses regenerasi tanaman dengan sifat baru.

Tahapan selanjutnya akan menghasilkan beras yang mengandung insulin



**Gambar 3. Menyisipkan bakteri *Agrobacterium tumefaciens* pada tanaman**

### Seleksi Klon Padi Unggulan

Untuk dapat menghasilkan padi insulin yang unggul yaitu perlu adanya proses seleksi klon, Proses seleksi klon ini menggunakan proses Sekuensing DNA sekuensing DNA atau pengurutan DNA adalah proses atau teknik penentuan

urutan basa nukleotida pada suatu molekul DNA. Urutan tersebut dikenal sebagai sekuens DNA, , yang merupakan informasi paling mendasar suatu gen atau genom karena

mengandung instruksi yang dibutuhkan untuk pembentukantubuh makhluk hidup. Sekuensing DNA dapat dimanfaatkan untuk menentukan identitas maupun fungsi gen atau fragmen DNA lainnya dengan cara membandingkan sekuensnya dengan sekuens DNA lain yang sudah diketahui. Teknik sekuensing ini dapat membandingkan DNA yang unggul pada bakteri *Agrobacterium tumefaciens*. Dengan menggunakan proses inilah maka hasil bakteri yang membawa gen DNA insulin yang unggul dapat dipakai sehingga menghasilkan produk padi insulin yang unggul antinya. Produk hasil bioteknologi berupa beras yang mengandung insulin, dapat dimanfaatkan bagi konsumen untuk dapat memakan dari beras berinsulin. Penderita diabetes mellitus dapat mengkonsumsi beras yang telah mengandung insulin tersebut sehingga aman bagi penderita untuk mengonsumsinya dalam jumlah yang ditentukan. Insulin dalam beras ini menyebabkan sebagian besar glukosa diabsorbsi langsung dan disimpan didalam hati kedalam bentuk glikogen. Ketika konsentrasi glukosa darah menurun maka sekresi insulin menurun, glikogen dalam hati dipecah menjadi glukosa dan dilepas kembali kedalam darah untuk menjaga kembali agar konsentrasi glukosa tidak terlalu rendah. Akan tetapi mengetahui kadar atau porsi pengonsumsiannya serta



harus mengetahui tingkat dari penyakit diabetesnya sendiri.

### Kajian Proses Budidaya Padi Insulin Unggul

Pengolahan lahan bertujuan untuk mengubah sifat fisik tanah agar lapisan yang semula keras menjadi datar dan melumpur. Dengan begitu gulma akan mati dan membusuk menjadi humus, aerasi tanah menjadi lebih baik, lapisan basah tanah menjadi jenuh air sehingga dapat menghemat air. Persiapan lahan, sebelum padi di tanam dilahan terlebih dahulu tanah sawah di bajak sedalam 20 – 30 cm. Pematang dibersihkan pula dari rumput. Pada saat proses pembajakan awal telah selesai tanah kemudian di garu untuk dihaluskan agar mudah ditanami padi, kemudian diratakan. Buat kemalir air disisi petakan untuk untuk mudah dikendalikan sehingga tidak mengganggu tanaman. Pengendalian hama dan penyakit mulai dilakukan sejak dipersemaian hingga panen, hal yang paling mudah dilakukan adalah pengamatan. beberapa jenis hama yang paling sering menyerang adalah penggerek batang / sundep, (beluk0 HPP), wereng coklat dan hijau pengendalian sesuai rekomendasi PAPT, sedangkan penyakit seperti kresek, blast dan kerdil rumput, pengendalian sesuai rekomendasi PAPT.

### KESIMPULAN

Berdasarkan uraian pembahasan di atas mengenai rekayasa genetika padi berinsulin dapat disimpulkan bahwa:

1. Dalam menghasilkan beras insulin, tentunya memerlukan suatu cara yaitu rekayasa genetika yang perlu dibantu dengan adanya bakteri yaitu *E.coli*. Bakteri *E. coli* dipilih karena pertumbuhannya sangat cepat dan mudah dalam penanganannya. Melalui bakteri tersebut insulin dapat dihasilkan sehingga dapat bermanfaat bagi penderita diabetes mellitus. Hasil produk bioteknologi berupa beras yang mengandung insulin, dapat dimanfaatkan bagi konsumen untuk dapat memakan dari beras berinsulin. Penderita diabetes mellitus dapat mengkonsumsi beras yang telah mengandung insulin tersebut sehingga aman bagi penderita untuk mengonsumsinya dalam jumlah yang ditentukan.
2. Langkah-langkah menhasikan beras insulin, sebagai berikut yaitu : mengisolasi plasmid dari bakteri *E.coli* lalu memotong plasmid yang telah diisolir dengan enzim restriksi, DNA yang dari sel pankreas dipotong pada suatu segmen pengkodean insulin, DNA rekombinan yang terbentuk lalu disisipkan ke bakteri *E.coli*. setelah proses ini selesai lalu menyisipkan gen DNA insulin dari



bakteri *E.coli* ke bakteri *Agrobacterium tumefaciens* sehingga bakteri *Agrobacterium tumefaciens* mempunyai gen insulin dan selanjutnya menginfeksi bakteri dengan gen berinsulin ini kedalam sel tanaman sehingga akan menghasilkan &arietas tanaman baru.

3. Hasil produk baru berupa beras berinsulin ini mempunyai segi kelebihan dan kekurangan, dari segi kelebihan pada produk beras berinsulin ini yaitu bagi penderita diabetes mellitus dapat memanfaatkan beras berinsulin ini sebagai alternative untuk dikonsumsi setiap harinya, jadi tidak lagi khawatir dengan cara pengonsumsi makanan yang beda saat ketika mengonsumsi beras biasa. Dari segi kelemahan, hasil dari produk beras berinsulin, belum bisa di pasarkan secara menyeluruh di masyarakat karena produksinya masih belum dapat mencukupi kebutuhan masyarakat. lagi penderita diabetes mellitus aman mengonsumsi tetapi harus dalam jumlah yang ditentukan.
4. Insulin dalam beras ini menyebabkan sebagian besar glukosa diabsorpsi langsung dan disimpa didalam hati kedalam bentuk glikogen. Ketika konsentrasi glukosa darah menurun maka sekresi insulin menurun, glikogen dalam hati dipecah menjadi glukosa

dan dilepas kembali kedalam darah untuk menjaga kembali agar konsentrasi glukosa tidak terlalu rendah. Akan tetapi mengetahui kadar atau porsi pengonsumsiannya serta harus mengetahui tingkat dari penyakit diabetesnya sendiri

## Referensi

1. Apandi, Muchidin. 1985. *Dasar – Dasar Genetika*. Erlangga : Jakarta
2. Edrus, N. 2005. *Pengenalan Teknologi Rekombinan*. [http : // www. Edutraining/ pendidikan/ semester 2/ Teknologi. Htm](http://www.Edutraining/pendidikan/semester2/Teknologi.Htm). Diakses pada tanggal 31 Oktober 2015
3. Moelichan, 2005 *Terapis Gen Bagi Penderita Diabetes*. [http://www.tempo, co.id/ kliniknet / artikel/ 18042001](http://www.tempo.co.id/kliniknet/artikel/18042001). Diakses pada tanggal 31 Oktober 2014