

# Rekombinasi Genetik

*by* Toha Abdul

---

**Submission date:** 20-Apr-2022 12:54PM (UTC+0900)

**Submission ID:** 1815141541

**File name:** Toha\_et\_al.\_2015\_Rekombinasi\_Genetik\_removed.pdf (453.05K)

**Word count:** 1997

**Character count:** 13017

# Rekombinasi Genetik

Abdul Hamid A. Toha, Nashi Widodo, Luchman Hakim, Sutiman B. Sumitro

## Abstrak

Variasi genetik terjadi karena dua proses utama, yaitu mutasi dan rekombinasi. Rekombinasi adalah pertukaran atau penyisipan urutan DNA antara molekul-molekul yang berbeda. Rekombinasi terjadi secara alami maupun secara manipulasi melalui rekayasa genetika. Dikenal berbagai tipe rekombinasi genetik. Rekombinasi ini penting dan dapat berguna bagi makhluk hidup untuk berbagai keperluan. Edisi kali ini mengulas aspek-aspek rekombinasi genetik.

Kata kunci: Rekombinasi, materi genetik, variasi genetik

## Pendahuluan

Rekombinasi merupakan salah satu dasar terjadinya variabilitas genetik makhluk hidup. Rekombinasi pada tingkat genetik adalah proses pertukaran dan penyisipan elemen genetik yang dapat terjadi antara rantai DNA (atau materi genetik RNA) yang berlainan, atau antara bagian-bagian gen yang terletak dalam satu rantai DNA atau RNA.

Rekombinasi genetik didefinisikan sebagai penggabungan gen dari satu atau lebih sel ke sel target. Rekombinasi genetik juga merupakan penggabungan gen, serangkaian gen atau bagian dari gen ke dalam kombinasi baru, baik secara biologis atau melalui manipulasi laboratorium. Penyusunan kembali informasi genetik dalam dan antara molekul materi genetik meliputi berbagai macam proses.

Rekombinasi genetik alami adalah proses pertukaran atau penyisipan elemen genetik yang dapat terjadi antara untaian materi genetik yang berlainan (*interstrand*), atau antara bagian-bagian gen yang terletak dalam satu untaian materi genetik (*intrastrand*). Pada eukariot, rekombinasi biasanya terjadi selama meiosis sebagai pindah silang kromosom antara kromosom yang berpasangan.

Proses ini menyebabkan keturunan suatu makhluk hidup memiliki kombinasi gen yang berbeda dari induknya, dan dapat menghasilkan alel kimerik yang baru.

Rekombinasi genetik melalui manipulasi terdiri atas proses pemutusan rantai materi genetik (biasanya DNA, namun juga bisa RNA), diikuti oleh penggabungan dengan molekul DNA atau RNA lainnya. Proses penggabungan ini menghasilkan DNA rekombinan. Proses menghasilkan DNA rekombinan disebut DNA atau RNA rekombinasi. Proses selanjutnya adalah menyisipkan DNA/RNA rekombinan ke sel target. Sel yang disisipi atau dimasuki gen dari luar disebut sel kompeten. Sel ini dapat tumbuh dan berkembang biak secara alami.

Pada biologi evolusioner, perombakan gen ini diperkirakan memiliki banyak keuntungan yang memungkinkan organisme yang bereproduksi secara seksual menghindari *Ratchet Muller* (kecenderungan mutasi merusak). Dalam biologi molekuler, rekombinasi genetik dapat menghasilkan produk yang diinginkan misalnya gen target tahan penyakit, gen target sesuai jenis penyakit tertentu dan lain-lain.

## Tipe

Ada tiga tipe rekombinasi genetik yaitu 1) rekombinasi homolog atau rekombinasi umum, 2) rekombinasi khusus, dan 3) rekombinasi transposisi atau rekombinasi replikatif.

**Rekombinasi umum** atau rekombinasi homolog memiliki ciri khusus yaitu DNA homolog dibentangkan dengan mekanisme umum lalu salah satu rantai dirusak dan digabung dengan yang lain untuk membentuk struktur pindah silang (*cross over*)-*Holliday intermediate*; kemudian daerah rantai molekul DNA yang berbeda diperbaiki-hetero duplex DNA, diperluas oleh cabang migrasi dan terakhir dua rantai *Holliday intermediate* dibelah dan yang rusak diperbaiki untuk membentuk produk rekombinan.

Proses rekombinasi homolog dapat terjadi pada setiap titik di daerah homolog. Tahapan rekombinasi ini mulai dari pemotongan rantai DNA kemudian diikuti proses penggabungan kembali. Rekombinasi antarkromosom melibatkan proses pertukaran secara fisik antara bagian-bagian kromosom. Proses terjadi secara akurat sehingga tidak ada satupun pasangan nukleotida yang hilang atau ditambahkan ke dalam kromosom rekombinan. Proses pertukaran menyebabkan terbentuknya struktur yang dapat terlihat sebagai kiasma (chiasma) pada waktu meiosis.

Rekombinasi homolog dimulai ketika dua kromosom homolog terletak berdekatan satu sama lain sehingga urutan nukleotida yang homolog dapat dipertukarkan. Kontak antara dua pasang kromosom tersebut, disebut sebagai proses sinapsis, terjadi pada awal meiosis yaitu pada profase.

Rekombinasi genetik homolog melibatkan pertukaran genetik antara dua molekul DNA (atau segmen molekul yang sama) yang mendiami wilayah yang luas dengan susunan homolog. Susunan basa yang sebenarnya pada DNA tidak sesuai sepanjang susunan dua DNA yang sama. Daerah rekombinasi khusus berbeda dalam hal pertukaran yang hanya terjadi pada susunan DNA yang terdefinisi. Perubahan DNA adalah berbeda dalam hal perubahan ini melibatkan bagian pendek DNA dengan kapasitas yang luar biasa untuk berpindah dari satu lokasi kromosom ke lokasi yang lain.

Pada rekombinasi genetik homolog, dua molekul DNA berinteraksi dan meluruskan susunannya yang sama pada beberapa tahapan reaksi. Proses pelurusan dapat melibatkan formasi DNA menengah baru dimana tiga atau bahkan empat rantai dilepaskan. Cabang struktur DNA juga ditemukan sebagai rekombinan menengah. Pertukaran informasi antara dua makromolekul heliks besar sering melibatkan jalinan rantai kompleks.

Rekombinasi homolog dikendalikan oleh enzim –enzim RecA,B, dan RecC yang mempertukarkan semua bagian materi genetik yang homolog. Mula-

mula enzim RecBC membuat potongan *nick* dan menghasilkan rantai tunggal. Kemudian enzim RecA mempertukarkan pasangan rantai tunggal hasil pemotongan enzim RecBC dengan rantai DNA homolognya.

**Rekombinasi transposisi** atau replikatif berlangsung karena proses transposisi. Transposisi adalah proses perpindahan elemen genetik dari satu lokus dalam suatu kromosom, plasmid, atau genom virus, ke bagian lain kromosom yang sama, atau bahkan ke suatu lokus dalam kromosom lain (Yuwono 2011).

Rekombinasi ini tidak memerlukan kehomologan antara sisi yang berekombinasi. Akibat rekombinasi ini terjadi perpindahan lokasi fragmen pada DNA. Rekombinasi transposisi dikendalikan oleh enzim transposase dengan mengenali sisi-sisi elemen dan sisi sasaran perpindahan elemen.

Dalam beberapa hal, proses transposisi mirip dengan proses rekombinasi khusus, yaitu melibatkan proses pemotongan untai DNA baik pada molekul DNA donor maupun DNA target pada tempat khusus. Proses tersebut kemudian diikuti dengan penggabungan ujung-ujung transposon ke molekul DNA target yang sudah terpotong. Walaupun demikian, ada perbedaan mendasar antara proses transposisi dengan proses rekombinasi khusus. Ciri penting transposisi adalah proses transposisi tidak tergantung pada ada atau tidaknya hubungan antara urutan nukleotida pada DNA donor dengan DNA target, baik hubungan fungsional maupun, misalnya, hubungan asal-usul. proses transposisi melibatkan sintesis molekul DNA baru yang dikendalikan oleh sistem reparasi atau replikasi. Selain itu, selama transposisi, molekul DNA donor tidak disusun kembali seperti bentuk tipe alami pra-transposisi (Yuwono, 2011)

**Rekombinasi khusus** adalah rekombinasi yang terjadi bukan antara kromosom homolog. Rekombinasi khusus hanya terjadi pada tempat khusus di dalam segmen molekul DNA. Rekombinasi masih memerlukan sisi khusus yang homolog misalnya integrasi dan disintegrasi fag  $\lambda$ , integrasi plasmid F ke dalam kromosom *Escherichia coli*, serta delesi dan insersi.

Pertukaran materi genetik dilakukan oleh protein khusus yang mengkatalisis pemotongan dan penggabungan molekul DNA secara tepat pada tempat terjadinya rekombinasi. Ciri jenis rekombinasi ini adalah: proses rekombinasi terjadi di tempat khusus pada kedua fragmen DNA, rekombinasi berlangsung timbal-balik (kedua hasil pertukaran genetik dapat diperoleh kembali), rekombinasi terjadi secara konservatif (proses pertukaran genetik dilakukan melalui pemotongan dan penyambungan kembali bagian DNA yang berekombinasi tanpa ada sintesis nukleotida baru), dan bagian yang mengalami rekombinasi tersebut mempunyai homologi dalam hal urutan nukleotida.

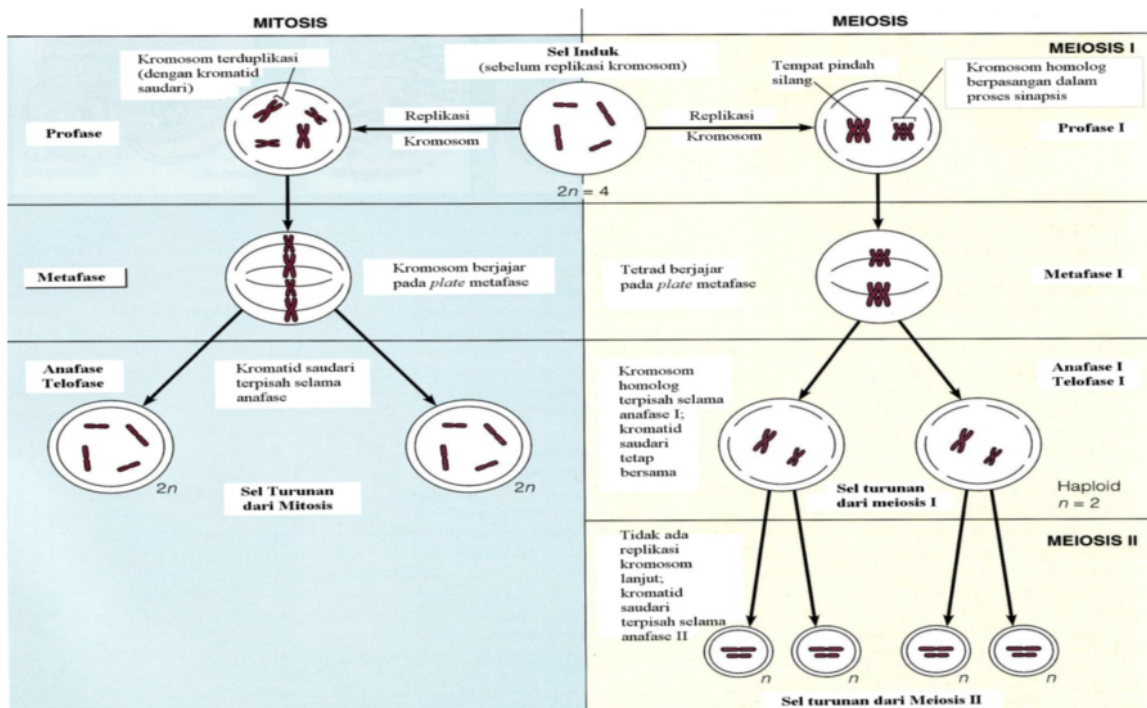
Rekombinasi khusus mulai dengan pemotongan bagian DNA yang akan berekombinasi pada daerah yang mempunyai homologi sehingga dihasilkan ujung lekat (*sticky end*). Kedua ujung lekat pada kedua fragmen DNA yang berekombinasi tersebut kemudian mengalami pertukaran rantai DNA sehingga akan terbentuk konfigurasi rekombinan.

### Rekombinasi pada sel

Rekombinasi terjadi pada sel somatik (non-reproduksi) dan sel reproduksi. Pada sel somatik, proses rekombinasi terjadi melalui mitosis. Sedangkan pada sel reproduksi (kelamin), rekombinasi terjadi melalui meiosis.

Kebanyakan individu memulai hidup sebagai sel tunggal, kemudian sel ini tumbuh menjadi banyak sel, jaringan, dan organ serta terus berkembang menjadi organisme. Pada organisme sel tunggal hanya terjadi pertumbuhan sel. Jenis replikasi ini dikenal sebagai mitosis, dan melibatkan duplikasi seluruh komplemen individu kromosom - dengan kata lain sel anak mengandung jumlah dan jenis kromosom sama seperti sel orangtua.

Replikasi sel yang hanya ditemukan pada sel benih atau *germ* adalah meiosis. Dalam spesies diploid, meiosis berperan pada gamet yang hanya satu set kromosom ( $n$ ) dan bila keduanya bergabung membentuk sebuah embrio diploid ( $2n$ ). Selama meiosis, rekombinasi terjadi bila kromosom homolog mempertukarkan materi genetik.



Sumber: Cambell NA, Lawrence GM, Jane BR (1997) Biology. Concepts & Connections. Second Edition. Benjamin Cummings. Menlo Park, etc.



Hal ini berperan pada kombinasi gen baru sepanjang kromosom tunggal dan menjadi contributor penting untuk keragaman genetik dalam taksa yang melakukan reproduksi secara seksual.

### Meiosis

Meiosis adalah suatu jenis pembelahan sel yang menghasilkan sel anakan dengan jumlah kromosom separuh dari jumlah kromosom sel induk. Pembelahan meiosis hanya dilakukan oleh sel-sel gamet atau sel kelamin. Meiosis dapat dipandang sebagai dua siklus sel yang amat termodifikasi dan berlangsung secara berurutan.

Rekombinasi meiosis adalah proses rekombinasi yang terjadi pada sel eukariot saat terjadi proses meiosis. Dalam beberapa hal mekanisme rekombinasi meiosis menunjukkan kemiripan dengan proses rekombinasi homolog pada bakteri meskipun beberapa tahapan awalnya berbeda. Proses rekombinasi meiosis pada eukariot dimulai dengan adanya pemotongan dua rantai DNA (*double-strand break*) yang ada pada salah satu kromosom.

Dua siklus meiosis disebut sebagai meiosis I dan meiosis II. Meiosis I merupakan pembelahan reduksi karena terjadi pengurangan jumlah kromosom, sedangkan meiosis II merupakan pembelahan penyamaan. Masing-masing siklus memiliki fase profase, metafase, anafase, dan telofase. Dalam satu siklus meiosis terjadi dua kali replikasi DNA dan dua kali pembelahan sitoplasma sehingga akan dihasilkan empat produk haploid yang tak satupun identik secara genetik.

Tahapan awal meiosis mirip dengan tahapan awal mitosis yaitu tiap kromosom membuat salinan dirinya sendiri, membran inti menghilang, dan benang-benang spindle (gelendong) terbentuk di dalam sel. Meskipun demikian secara keseluruhan tahapan meiosis lebih panjang dan lama dibandingkan dengan mitosis. Secara lengkap pembelahan sel dalam meiosis memerlukan waktu sehari-hari atau berminggu-minggu, sedangkan dalam mitosis hanya berlangsung dalam hitungan jam.

Selama profase I meiosis, kromosom homolog akan berpasangan dalam proses sinapsis.

Satu pasang kromosom yang telah bersinapsis terdiri atas empat kromatid. Tiap kromosom biasanya mempunyai satu daerah atau lebih tempat berpisah dan bersatunya kembali kromatid tersebut dinamakan pindah silang, yang dapat menyebabkan variasi genetik. Pada anafase I, kromosom-kromosom homolog akan berpisah dan menghasilkan dua sel haploid pada akhir tahap pertama meiosis. Pada anafase II, kromatid-kromatid saudara (sister chromatids) akan berpisah, seperti pada anafase pembelahan mitosis. Hasil akhirnya adalah empat sel haploid yang berbeda secara genetik.

### Mitosis

Mitosis adalah penggandaan kromosom sel eukariot dalam sel somatiknya. Mitosis juga didefinisikan sebagai suatu jenis pembelahan sel yang menghasilkan dua sel anakan, masing-masing membawa set kromosom yang identik satu sama lain dengan sel induknya. Pembelahan ini terjadi pada sel somatik atau sel tubuh yaitu semua sel di tubuh selain sel gamet atau sel kelamin.

Beberapa ahli mengelompokkan proses mitosis ke dalam empat tahap yaitu profase, metafase, anafase, dan telofase. Bahkan keempat tahapan ini diperinci lagi seperti yang ditampilkan dalam gambar. Selama profase, tiap kromosom akan memendek dan menebal melalui supercoiling secara berulang-ulang. Membran inti menghilang dan terbentuk gelendong mikrotubulus dari satu kutub sel ke kutub lainnya. Selama metaphase, kromosom akan berjajar di bagian tengah gelendong mikrotubulus.

Ketika anaphase, dua kromatid setiap kromosom yang telah direplikasi akan ditarik ke kutub-kutub sel yang berbeda akibat adanya depolimerisasi mikrotubulus pada apparatus gelendong yang menempel di sentromer. Selanjutnya kromatid anakan ini akan menjadi kromosom-kromosom baru. Pada tahap telofase, terjadi pembelahan sitoplasma, yaitu pada saat kromosom melepaskan lilitannya dan terbentuk membran inti baru mengelilingi kromosom pada setiap kutub sel. Setelah proses mitosis selesai, dua sel anakan yang terbentuk mempunyai kromosom yang identik.

Ahli lain menyebut bahwa tahapan pembagian ini tidak perlu karena mitosis terjadi sebagai suatu proses yang bersinambung.

### Pemanfaatan

Fungsi rekombinasi genetik bervariasi tergantung mekanismenya. Beberapa fungsi rekombinasi genetik adalah memelihara perbedaan genetik, sistem perbaikan DNA khusus, regulasi ekspresi gen tertentu, dan penyusunan kembali genetik yang diprogram selama perkembangan.

Pada biologi evolusioner, perombakan gen ini diperkirakan memiliki banyak keuntungan yang memungkinkan organisme yang bereproduksi secara seksual menghindari kecenderungan mutasi merusak (*Ratchet Muller*) untuk menumpuk tanpa dapat berkurang pada populasi yang tidak memiliki rekombinasi genetik. Dalam biologi molekuler, rekombinasi genetik dapat menghasilkan produk yang diinginkan misalnya gen target tahan penyakit, gen target sesuai jenis penyakit tertentu dan lain-lain.

### Untuk sitasi artikel ini:

Toha, AHA, Widodo N, Hakim L, Sumitro SB (2015) Rekombinasi Genetik. *Kons. Biod. Raja Ampat* 4 (11): 9-13.

### Rujukan

Cambell NA, Lawrence GM, Jane BR (1997) *Biology. Concepts & Connections*. Second Edition. Benjamin Cummings. Menlo Park, etc.

Goodenough U (1984) *Genetics*. Third Edition. CBS. College Publishing.

Yuwono T (2011) *Biologi Molekuler*. Penerbit Erlangga, Jakarta.

# Rekombinasi Genetik

---

## ORIGINALITY REPORT

---

0%

SIMILARITY INDEX

0%

INTERNET SOURCES

0%

PUBLICATIONS

0%

STUDENT PAPERS

---

## PRIMARY SOURCES

---

Exclude quotes Off

Exclude bibliography On

Exclude assignment template Off

Exclude matches Off