

## BAB V

### SIMULASI NUMERIK

Pada bab ini akan dibahas mengenai simulasi numerik, baik dari model pertumbuhan populasi pecandu narkoba sebelum adanya program rehabilitasi maupun dengan program rehabilitasi, dengan syarat batas awal. Simulasi dilakukan dengan menggunakan bantuan aplikasi *Matlab*, sedangkan metode yang digunakan adalah metode runge kutta orde 4.

#### 5.1 Model Matematika Pertumbuhan Populasi Pecandu Narkoba Sebelum Adanya Program Rehabilitasi

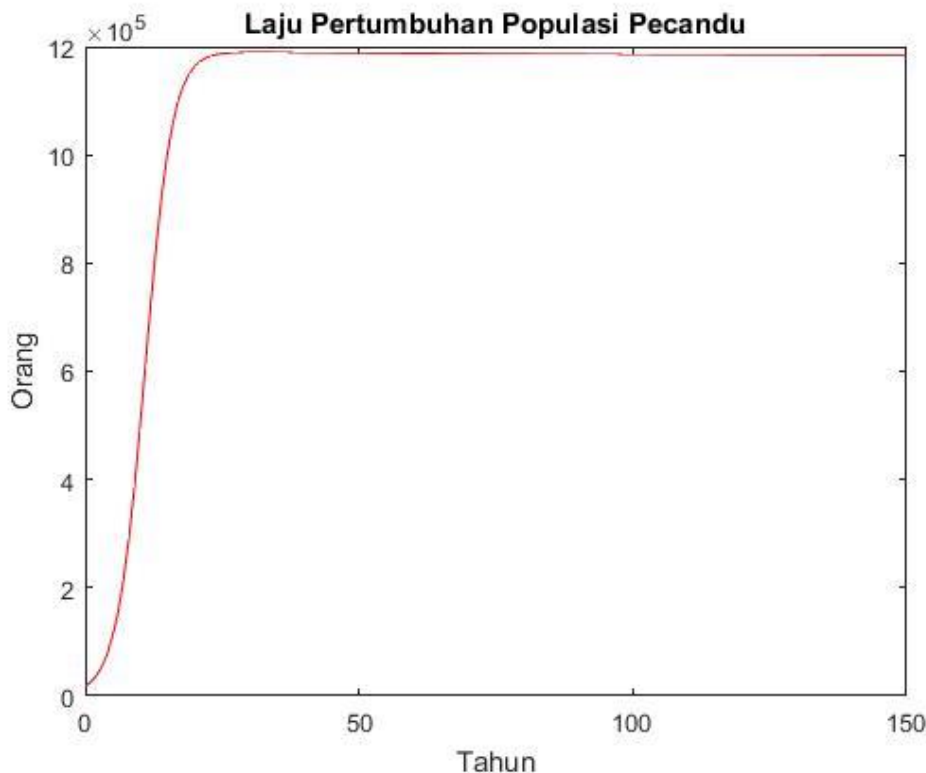
Pada bagian ini akan dilakukan simulasi secara numerik untuk mengetahui perilaku sistem. Untuk melakukan simulasi, langkah pertama yang harus dilakukan adalah menentukan nilai-nilai parameter dan nilai awal variabel dari model.

Adapun nilai-nilai parameter dan nilai awal variabel disediakan dalam Tabel 5.1 berikut:

*Tabel 5. 1 Nilai awal dan nilai parameter untuk model sebelum adanya program rehabilitasi*

Variabel	Nilai	Satuan	Parameter	Nilai	Satuan
$X(0)$	1.704.196	orang	$\alpha$	0,5	/ tahun
$Y(0)$	25.427	orang	$\delta$	0,0137	/ tahun
$Z(0)$	3.125	orang	$\gamma$	0,8	/ tahun
$N$	1.732.748	orang	$\beta$	0,1	/ tahun
			$\mu$	0,0137	/ tahun
			$m$	0,0001	/ tahun

Berdasarkan nilai awal dan nilai parameter pada Tabel 5.1 di atas, dapat ditentukan nilai  $R_0$ , yaitu  $R_0 = \frac{\alpha}{\beta + \mu + m} = \frac{0,5}{0,1138} = 4,3937$ . Karena  $R_0 > 1$  maka titik ekuilibrium tak endemik pecandu narkoba tidak stabil sedangkan titik ekuilibrium endemik pecandu narkoba stabil asimptotik secara lokal, sehingga populasi pecandu narkoba tidak akan pernah hilang dari sistem walaupun untuk waktu yang lama. Adapun grafiknya dapat dilihat pada Gambar 5.1 berikut.

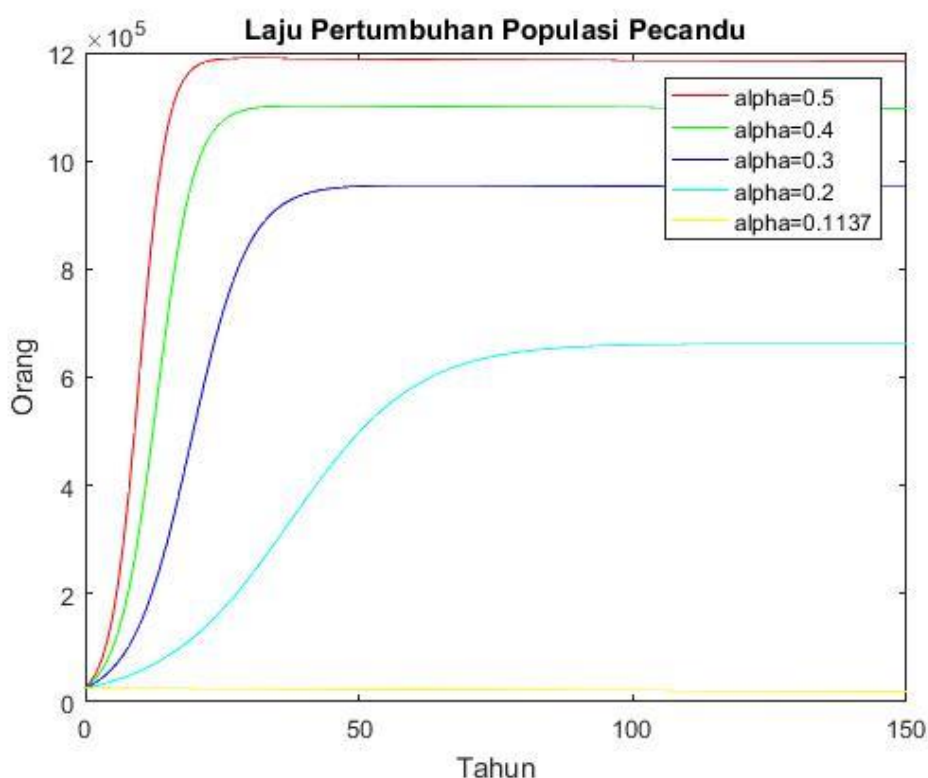


*Gambar 5. 1 Grafik jumlah populasi pecandu narkoba (Y) terhadap waktu (tahun) sebelum adanya program rehabilitasi*

Dari Gambar 5.1 di atas, dapat dilihat bahwa populasi pecandu meningkat, tetapi ternyata nilai tersebut tidak meningkat secara terus menerus, dan untuk waktu yang stasioner populasi pecandu narkoba selalu ada, sehingga dapat disimpulkan bahwa populasi pecandu narkoba tidak akan pernah menghilang dari sistem walaupun untuk waktu yang lama. Saat memasuki tahun ke-40 populasi pecandu narkoba akan konstan jumlahnya menuju 1.183.275 orang.

Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk menurunkan nilai  $R_0$  adalah dengan mengendalikan parameter  $\alpha$  (tingkat terjadinya interaksi antara individu

rentan untuk memakai narkoba dengan individu pecandu narkoba) agar tidak semakin meningkat, upaya yang bisa dilakukan salah satunya adalah individu yang rentan untuk memakai narkoba diberi penyuluhan tentang bahaya narkoba sehingga individu tersebut memiliki tingkat kewaspadaan yang tinggi terhadap lingkungannya dan tidak mudah terpengaruh untuk memakai narkoba, adapun penyuluhan tentang bahaya narkoba dapat dilakukan misalnya di lingkungan akademik. Dengan menurunkan nilai  $\alpha$  maka akan menurunkan  $R_0$  juga. Simulasi grafik dari model dapat ditunjukkan oleh Gambar 5.2 berikut.



Gambar 5. 2 Grafik jumlah populasi pecandu narkoba (Y) terhadap waktu (tahun) sebelum adanya program rehabilitasi dengan nilai  $\alpha$  yang berbeda

Gambar 5.2 di atas adalah grafik jumlah populasi pecandu narkoba ( $Y$ ) terhadap waktu (tahun), setiap warna pada grafik menunjukkan jumlah populasi pecandu narkoba terhadap waktu yang dipengaruhi oleh  $\alpha$  yang berbeda. Pada grafik, ketika nilai  $\alpha$  diturunkan maka jumlah pecandu narkoba akan menurun, dilihat dari titik kesetimbangan dan juga memperlambat waktu ketika mencapai titik kesetimbangan tersebut. Perubahan  $\alpha$ , titik kesetimbangan dan nilai  $R_0$  untuk setiap grafik diberikan dalam Tabel 5.2 berikut.

Tabel 5. 2 Perubahan  $\alpha$ , titik kesetimbangan dan nilai  $R_0$ 

$\alpha$	Titik Kesetimbangan	$R_0$
0,5	1183275	4,3937
0,4	1096107	3,5149
0,3	950828	2,6362
0,2	660267	1,7475
0,1137	0	0,9991

Dari Tabel 5.2 di atas, dapat disimpulkan bahwa penurunan tingkat terjadinya interaksi antara individu rentan untuk memakai narkoba dengan individu pecandu narkoba dapat menurunkan jumlah pecandu narkoba. Untuk menurunkan nilai  $R_0$  agar kurang dari satu, maka nilai  $\alpha$  harus diturunkan menjadi 0,1137.

## 5.2 Model Matematika Pertumbuhan Populasi Pecandu Narkoba dengan Program Rehabilitasi

Karena ada penambahan sub populasi  $B$ , maka total popuasi  $N$  yang awalnya dibagi menjadi tiga populasi, kini dibagi menjadi empat populasi dan parameter yang dibutuhkan juga bertambah. Adapun nilai-nilai parameter pada model ini sama dengan nilai parameter sebelumnya, hanya ditambah parameter  $\tau$  yaitu tingkat individu pecandu narkoba menjadi individu yang direhabilitasi dan  $\sigma$  yaitu tingkat individu yang direhabilitasi menjadi individu yang berhenti memakai narkoba.

Adapun nilai awal dan tambahan nilai parameter tersebut disediakan dalam Tabel 5.1 berikut:

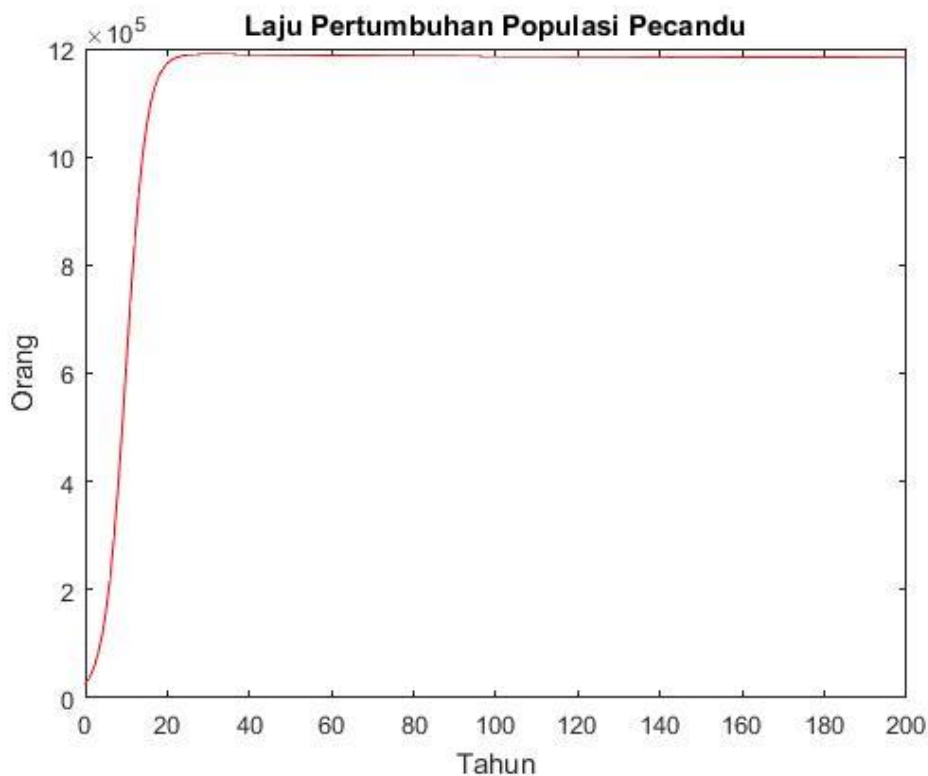
Tabel 5. 3 Nilai awal dan nilai parameter untuk model dengan program rehabilitasi

Parameter dan Variabel	Nilai	Satuan
$\sigma$	0,44	/ tahun
$\tau$	0	/ tahun
$B(0)$	1.322	orang
$X(0)$	1.702.874	orang
$Y(0)$	25.427	orang
$Z(0)$	3.125	orang
$N$	1.732.748	orang

Berdasarkan nilai awal dan nilai parameter pada Tabel 5.1 dan Tabel 5.3, dapat ditentukan nilai  $R_c$ , yaitu  $R_c = \frac{\alpha}{\beta + \mu + m + \tau} = \frac{0,5}{0,1638} = 3,0525$ . Karena  $R_c > 1$  maka titik ekuilibrium tak endemik pecandu narkoba tidak stabil sedangkan titik ekuilibrium endemik pecandu narkoba stabil asimptotik secara lokal, sehingga populasi pecandu narkoba tidak akan pernah hilang dari sistem walaupun untuk waktu yang lama. Nilai  $R_c$  dapat diturunkan dengan cara mengendalikan parameter tingkat terjadinya interaksi antara individu rentan untuk memakai narkoba dengan individu pecandu narkoba ( $\alpha$ ) dan tingkat individu pecandu narkoba menjadi individu yang direhabilitasi ( $\tau$ ).

Pada saat program rehabilitasi belum dilaksanakan, maka pada model ini ditunjukkan dengan tidak adanya tingkat individu pecandu pecandu narkoba menjadi individu yang direhabilitasi atau  $\tau = 0$ .

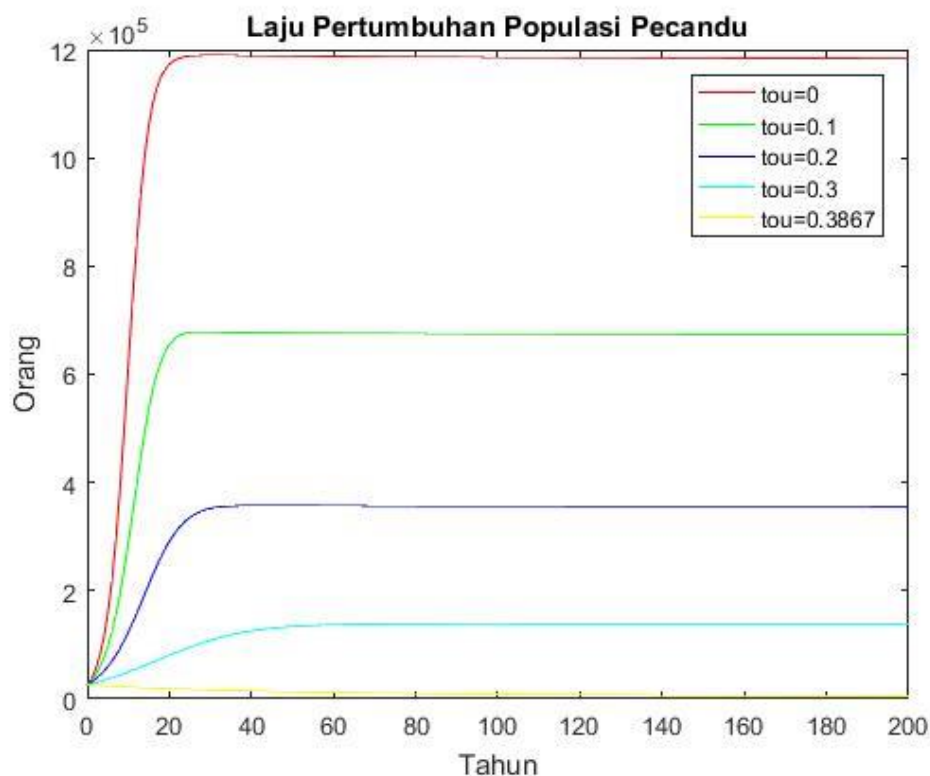
Adapun simulasi saat program rehabilitasi belum dilaksanakan dapat dilihat pada gambar berikut.



*Gambar 5. 3 Grafik jumlah populasi pecandu narkoba (Y) terhadap waktu (tahun) dengan program rehabilitasi, saat  $\tau = 0$*

Dari Gambar 5.3 di atas, dapat dilihat bahwa populasi pecandu meningkat, tetapi ternyata nilai tersebut tidak meningkat secara terus menerus, dan untuk waktu yang stasioner populasi pecandu narkoba selalu ada, sehingga dapat disimpulkan bahwa populasi pecandu narkoba tidak akan pernah menghilang dari sistem walaupun untuk waktu yang lama. Nilai  $R_c$  berdasarkan data-data yang ada dan  $\tau = 0$  adalah 4,3937. Saat memasuki sekitar tahun ke-40 populasi pecandu narkoba akan konstan jumlahnya menuju 1.183.275 orang.

Program rehabilitasi bertujuan agar menghilangkan keinginan seseorang yang telah memakai narkoba untuk memakai narkoba lagi, bahkan tidak akan memakai narkoba lagi. Berikut simulasi grafik dari model dengan nilai  $\tau$  yang berbeda.



Gambar 5. 4 Grafik jumlah populasi pecandu narkoba ( $Y$ ) terhadap waktu (tahun) dengan program rehabilitasi dengan nilai  $\tau$  yang berbeda

Gambar 5.4 di atas adalah grafik jumlah populasi pecandu narkoba ( $Y$ ) terhadap waktu (tahun), setiap warna pada grafik menunjukkan jumlah populasi pecandu narkoba terhadap waktu yang dipengaruhi oleh  $\tau$  yang berbeda. Pada grafik, ketika nilai  $\tau$  dinaikkan maka jumlah pecandu narkoba akan menurun, dilihat dari titik kesetimbangan dan juga memperlambat waktu ketika mencapai titik kesetimbangan tersebut. Perubahan  $\tau$ , titik kesetimbangan dan nilai  $R_c$  untuk setiap grafik diberikan dalam Tabel 5.4 berikut.

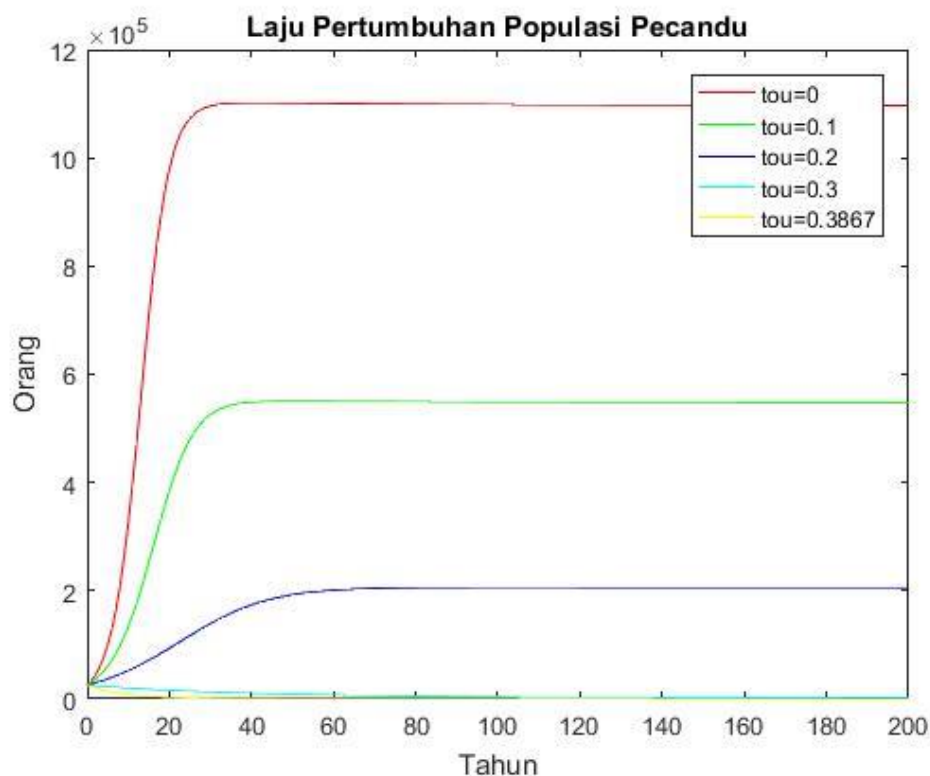


Tabel 5. 4 Perubahan  $\tau$ , titik kesetimbangan dan nilai  $R_c$ , dengan  $\alpha = 0,5$

$\tau$	Titik Kesetimbangan	$R_c$
0	1.183.275	4,3937
0,1	673.309	2,3386
0,2	355.515	1,5934
0,3	138.490	1,2083
0,3867	0	0,9918

Dari Tabel 5.4 di atas, dapat disimpulkan bahwa kenaikan tingkat individu pecandu narkoba menjadi individu yang direhabilitasi dapat menurunkan jumlah pecandu narkoba. Untuk menurunkan nilai  $R_c$  agar kurang dari satu, maka nilai  $\tau$  harus dinaikkan menjadi 0,3867.

Apabila program rehabilitasi dikombinasikan dengan penyuluhan tentang bahaya narkoba kepada individu yang rentan untuk memakai narkoba, misalkan penyuluhan berdampak sehingga nilai  $\alpha$  yang tadinya 0,5 menjadi 0,4 maka pengaruh  $\alpha$  dan perubahan parameter  $\tau$  terhadap jumlah pecandu narkoba diperlihatkan oleh Gambar 5.5 berikut.



Gambar 5. 5 Grafik jumlah populasi pecandu narkoba ( $Y$ ) terhadap waktu (tahun) dengan program rehabilitasi dengan nilai  $\tau$  yang berbeda dan  $\alpha = 0,4$

Gambar 5.5 di atas adalah grafik jumlah populasi pecandu narkoba ( $Y$ ) terhadap waktu (tahun), setiap warna pada grafik menunjukkan jumlah populasi pecandu narkoba terhadap waktu yang dipengaruhi oleh  $\tau$  yang berbeda dan  $\alpha = 0,4$ . Pada grafik, ketika nilai  $\tau$  dinaikkan maka jumlah pecandu narkoba akan menurun, dilihat dari titik kesetimbangan dan juga memperlambat waktu ketika mencapai titik kesetimbangan tersebut. Perubahan  $\tau$ , titik kesetimbangan dan nilai  $R_c$  untuk setiap grafik diberikan dalam Tabel 5.5 berikut.

Tabel 5. 5 Perubahan  $\tau$ , titik kesetimbangan dan nilai  $R_c$ , dengan  $\alpha = 0,4$ 

$\tau$	Titik Kesetimbangan	$R_c$
0	1.096.107	3,5149
0,1	547.564	1,8079
0,2	205.729	1,2747
0,3	0	0,9667
0,3867	0	0,7992

Dari Tabel 5.5 di atas, dapat disimpulkan bahwa kenaikan tingkat individu pecandu narkoba menjadi individu yang direhabilitasi dan penurunan nilai  $\alpha$  menjadi 0,4 dapat menurunkan jumlah pecandu narkoba. Untuk menurunkan nilai  $R_c$  agar kurang dari satu, maka nilai  $\tau$  harus dinaikkan menjadi 0,3.

Dari Tabel 5.4 dan Tabel 5.5, dapat dilihat bahwa penurunan nilai  $\alpha$  dan peningkatan nilai  $\tau$  sekaligus, dapat menurunkan nilai  $R_c$  lebih cepat. Ketika nilai  $\alpha = 0,5$ , maka agar nilai  $R_c$  kurang dari satu maka nilai  $\tau$  harus dinaikkan menjadi 0,3867. Sedangkan ketika nilai  $\alpha = 0,4$ , maka agar nilai  $R_c$  kurang dari satu maka nilai  $\tau$  cukup dinaikkan menjadi 0,3.

### 5.3 Perbandingan Model

Pada bagian ini akan dilihat bagaimana perbandingan kedua model serta perubahan apa saja yang terjadi dari model sebelum adanya program rehabilitasi ke model dengan program rehabilitasi.

Pada model sebelum adanya program rehabilitasi, diperoleh hasil bahwa populasi pecandu narkoba dapat ditekan dengan cara menurunkan nilai  $\alpha$  yaitu tingkat terjadinya interaksi antara individu rentan untuk memakai narkoba dengan individu pecandu narkoba. Selanjutnya pada model dengan program rehabilitasi,

terdapat penambahan asumsi yaitu tingkat individu pecandu narkoba menjadi individu yang direhabilitasi ( $\tau$ ) dan tingkat individu yang direhabilitasi menjadi individu yang berhenti memakai narkoba ( $\sigma$ ). Hasil yang diperoleh adalah populasi pecandu narkoba dapat ditekan dengan menurunkan nilai  $\alpha$  dan meningkatkan nilai  $\tau$  sekaligus.