

BAB 4

VERIFIKASI DAN VALIDASI MODEL

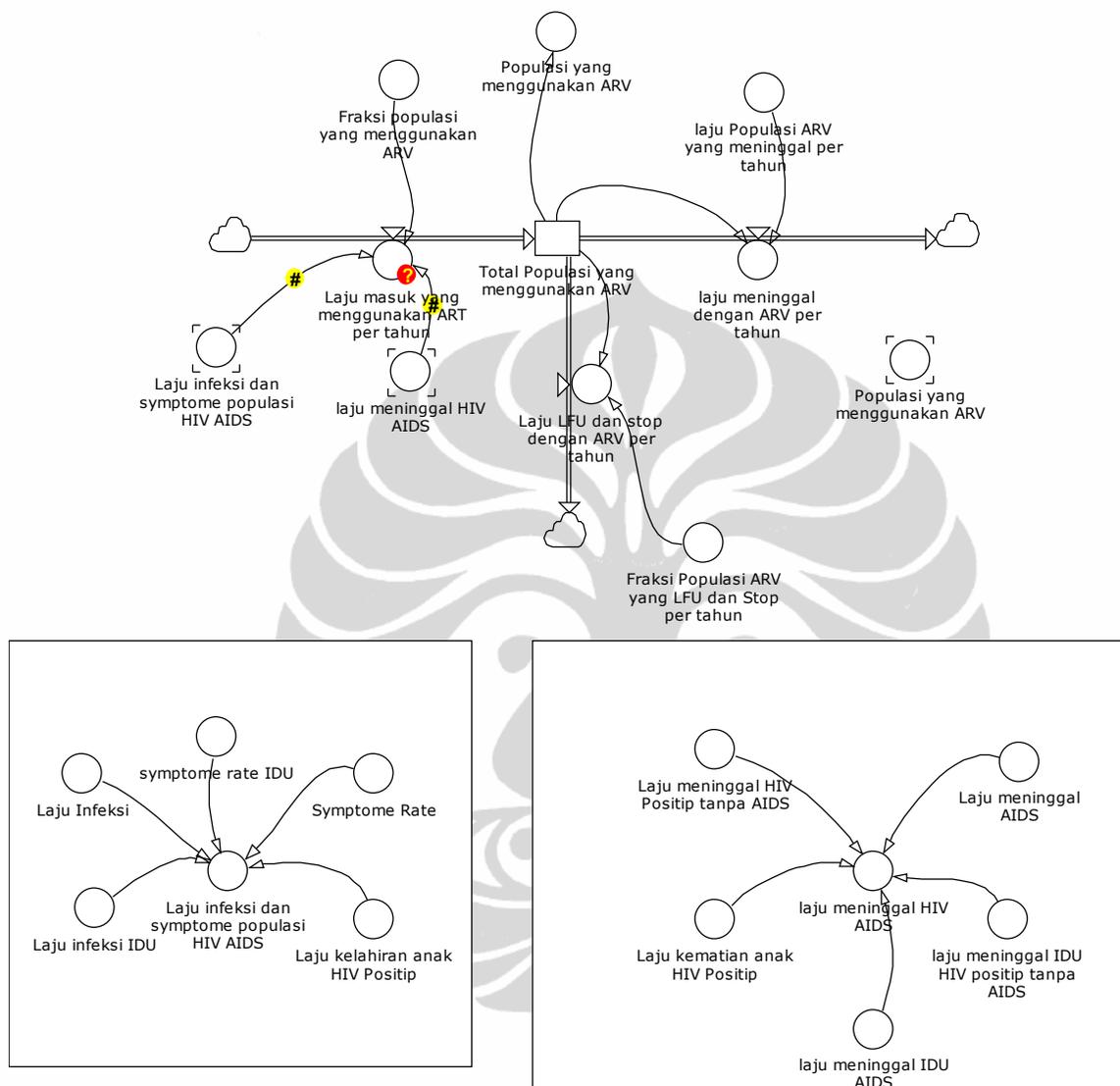
1.1 Verifikasi Model

Verifikasi model diperlukan untuk mengetahui apakah model telah dikodekan dengan benar dan konsisten. Berbeda dengan validasi, tes ini tidak memerlukan perbandingan antara model dan sistem nyata. Verifikasi ditujukan untuk menjawab pertanyaan apakah model telah dibuat dengan transisi yang benar dari konsep ke spesifikasi. Verifikasi model digunakan untuk memastikan apakah model yang dibuat sudah berjalan sesuai dengan perspesi modeler. Suatu model dapat dikatakan "verified" ketika model tersebut dapat dijalankan secara independent oleh kelompok yang berbeda pada komputer yang berbeda untuk mengetahui apakah hasil dari simulasi model sesuai dengan hasil yang diperoleh. Tujuan dari tes verifikasi ini adalah untuk mengetahui apakah model simulasi komputer "berjalan sebagaimana yang diinginkan" (house dan Mcleod, 1997 p.66). Greenberger et al.,(1976 p.70) menjelaskan verifikasi sebagai test "apakah model telah disintesis persis sebagaimana yang diharapkan". Tiga jenis tes akan dijelaskan: (i) pengkodean model (ii) dimensi analisis, dan (iii) pemeriksaan kesalahan numerik.

4.1.1 Pengujian Pengkodean Model

Tujuan dari pengujian pengkodean model adalah untuk membuat model mudah untuk dimengerti oleh siapapun baik ketika membuat model atau pengembangan model. Salah satu cara yang dilakukan adalah dengan mengambil satu bagian dari model yang output nya diketahui berasal dari input yang telah diketahui. Dalam hal ini, penulis mengambil bagian dari model kebutuhan obat ARV. Laju infeksi dan symptome HIV AIDS serta laju meninggal HIV AIDS adalah variabel model epidemi penyakit HIV AIDS merupakan input laju masuk populasi yang menggunakan ARV per tahun pada model kebutuhan obat ARV. Jika input tersebut dipisahkan dari model kebutuhan obat

ARV , maka terjadi link yang tidak berjalan, dengan demikian pengkodeaan dalam model ini sudah benar.



Gambar 4.1 Pengujian pengkodean model

4.1.2 Analisa Dimensi

Dalam analisa dimensi , penulis melakukan verifikasi dengan melihat apakah unit dimensi yang digunakan sudah sesuai dengan variabel yang diwakilinya, sebagai contoh untuk model penyakit HIV AIDS , dimensi laju infeksi ,symptome rate dan laju aids yang digunakan adalah (ppl/year) . Dalam model inventory , variabel pemberian obat di rumah sakit adalah botol/mo, untuk inventory di rumah sakit, gudang propinsi dan gudang pusat

adalah botol. Dimensi tersebut sesuai dengan dimensi variabel dari sistem yang sebenarnya.

4.1.3 Numerical Method Dependent Error

Pengujian dilakukan dengan menguji metode yang digunakan. Metode yang digunakan dalam simulasi ini adalah *3rd Order Runge Kuta (Fixed Step)*. Simulasi dengan *2nd order Runge Kuta (Fixed Step)* dan *4th order Runge Kuta (fixed step)* tidak menghasilkan perubahan yang significant. Pengujian dengan *timestep*. *Timestep* yang digunakan adalah 30 (da). Dengan merubah *timestep* menjadi 45 (da) dan 60 (da) tidak menghasilkan perubahan yang significant. Hasil dari pengujian ini menunjukkan model telah *robust*.

4.1.4 Model Dependent Error

Kesalahan dalam formulasi model menyebabkan model sangat bergantung pada *integration method* dan *timestep*. Dengan menguji perubahan *integration method* dan *timestep*, model tetap menunjukkan behaviour (struktur perilaku) yang sama.

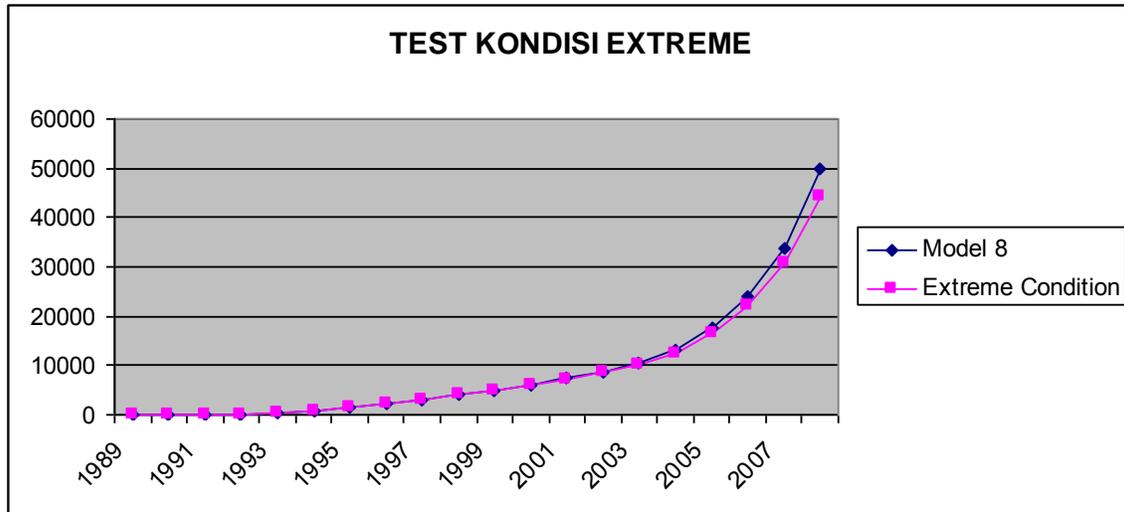
4.2 Validasi Model

Validasi model digunakan untuk menguji apakah output dari simulasi yang dihasilkan sudah sesuai dengan persepsi modeler atau sesuai dengan keadaan yang sebenarnya atau perilaku struktur dari sistem mempunyai karakteristik yang sama dengan keadaan nyata.

4.2.1 Direct Structure Test

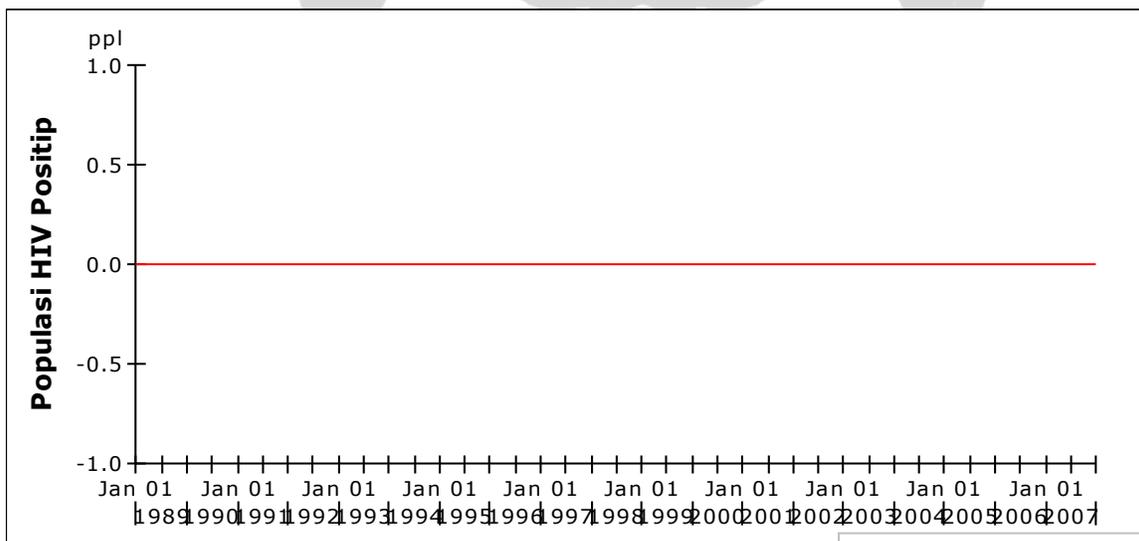
4.2.1.1 Direct Extreme Condition

Direct Extreme Condition dilakukan dengan mengubah jumlah awal populasi rentan pada model epidemi penyakit HIV AIDS menjadi 0. Hasil dari running powersim menunjukkan pertumbuhan populasi HIV/AIDS yang dihasilkan lebih rendah dibandingkan dengan model 8, tetapi struktur perilaku sistem tetap sama yaitu tumbuh secara exponential.



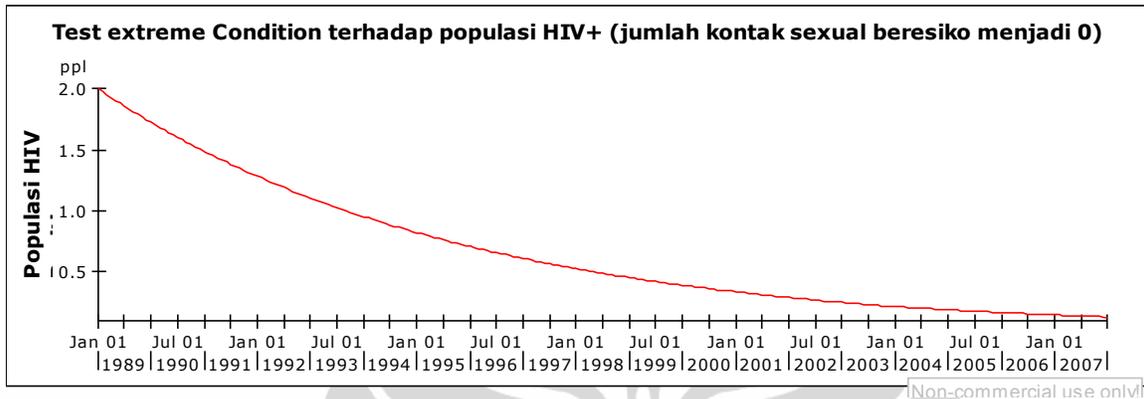
Grafik 4.1 Test kondisi extreme dengan jumlah awal populasi rentan = 0 pada model epidemi penyakit HIV/AIDS

Selanjutnya dilakukan juga pengujian dengan mengubah jumlah awal dari populasi HIV+ menjadi 0. Jika tidak ada orang yang terinfeksi HIV+ maka diharapkan stok populasi HIV+ tetap 0 sepanjang waktu, begitu juga dengan populasi AIDS.

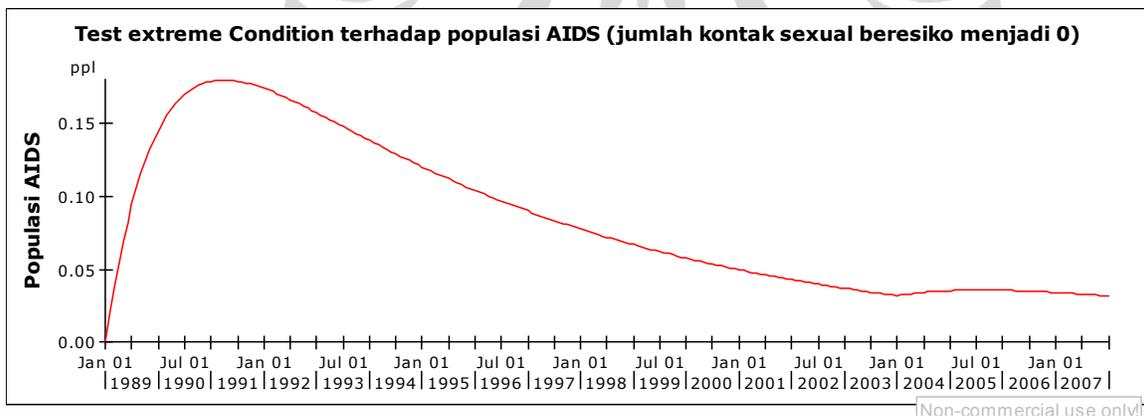


Grafik 4.2 Tes kondisi extreme jumlah awal populasi HIV+ = 0 pada model epidemi penyakit HIV/AIDS

Jika jumlah kontak seksual beresiko berubah menjadi 0, maka populasi HIV+ akan tumbuh menurun dan mengalami penurunan menuju titik 0, sedangkan populasi AIDS tumbuh diawal kemudian selanjutnya akan mengalami penurunan dan pada akhirnya tetap.



Grafik 4.3 Tes kondisi extreme jumlah kontak seksual beresiko menjadi 0 terhadap populasi HIV+ pada model epidemi penyakit HIV/AIDS



Grafik 4.4 Test kondisi extreme jumlah kontak seksual beresiko menjadi 0 terhadap populasi AIDS pada model epidemi penyakit HIV/AIDS

1.2.1.2 *Boundary Adequacy*

Pengujian *boundary adequacy* dalam model ini dilakukan pada model epidemi penyakit HIV AIDS yaitu dengan mengubah jumlah awal populasi HIV+ yang merupakan faktor yang mempengaruhi model. Jika tidak ada populasi awal orang yang

HIV+ maka model tidak mengalami perubahan apapun, tetapi dengan adanya populasi awal orang yang HIV+ maka model mengalami perubahan yang significant.

4.2.1.3 Uji Konfirmasi Dan Parameter Struktur Empiris

Dalam uji konfirmasi dan parameter struktur empiris, struktur model dibandingkan secara kuantitatif atau kualitatif dengan informasi yang berkaitan dengan sistem nyata. Bentuk struktur model dan persamaan dibandingkan dengan struktur dan hubungannya di dunia nyata. Penulis telah melakukan hal tersebut pada tahap pembuatan model epidemi penyakit HIV AIDS, model kebutuhan ARV dan model inventory. Model dibandingkan dengan referensi mode dan data dari keadaan yang sebenarnya, sehingga uji konfirmasi dan parameter empiris sudah sesuai.

4.2.1.4 Face Validity

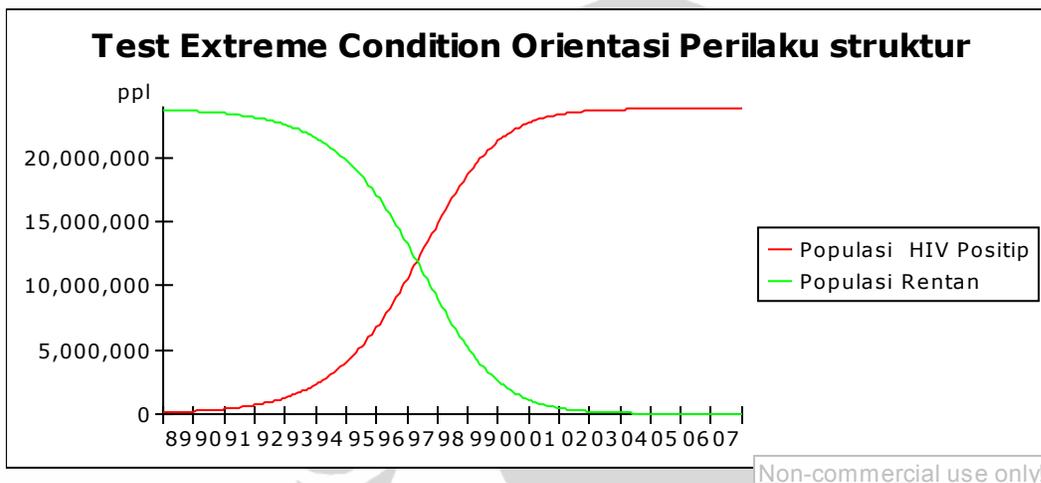
Ford menggambarkan test *face validity* sebagai uji akal sehat (Ford, 1999). Kami telah melakukan tes *face validity* untuk melihat apakah parameter dan struktur model masuk akal. Semua variabel yang digunakan dalam model seperti populasi rentan, populasi HIV+, populasi AIDS, populasi anak HIV+, populasi HIV+ IDU, populasi HIV AIDS yang eligible ARV, populasi yang menggunakan ARV, inventory di rumah sakit, inventory di gudang propinsi dan inventory di gudang pusat merupakan variabel utama dalam model epidemi penyakit HIV AIDS, model kebutuhan ARV dan model inventory. Semua mengalir menuju ke arah yang tepat, parameter yang harus positif seperti laju kelahiran, laju infeksi, laju meninggal memiliki nilai positif di seluruh simulasi, begitu juga laju pemberian obat di rumah sakit, laju pengiriman DO dari gudang propinsi dan laju pengiriman QO di gudang pusat.

1.2.2 Test Orientasi Perilaku Struktur

4.2.2.1 Test Extreme Condition

Extreme condition juga dapat dipelajari dalam test perilaku struktur. Model yang diuji untuk test *extreme condition* ini adalah Model 1 pada model epidemi penyakit HIV AIDS yang terdiri dari stok populasi rentan dan stok populasi HIV+. Perilaku struktur

dari model 1 adalah Populasi rentan akan menurun dengan semakin bertambahnya populasi HIV+. Test ini ditujukan untuk mengetahui pengaruh perubahan angka variable terhadap terhadap perilaku struktur. Test dilakukan dengan mengubah jumlah awal populasi HIV+ dari 2 penderita menjadi 100,000 penderita, hasil dari running simulasi model, titik equilibrium antara populasi rentan dan populasi HIV+ didapatkan pada tahun 1997. Pada test ini populasi rentan akan menurun dan mendekati 0. Dengan test ini diperoleh kesimpulan bahwa semakin banyak populasi HIV+, maka semakin sedikit populasi rentan.



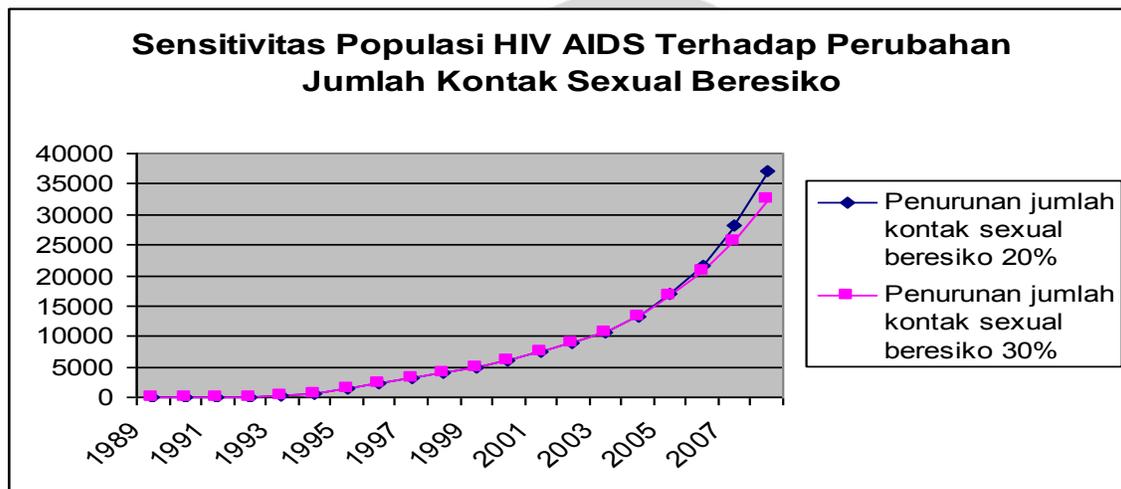
Grafik 4.5 Test *extreme condition* orientasi perilaku struktur model 1

4.2.2.2 Analisa Sensitivitas

Analisa sensitivitas digunakan untuk menentukan variabel yang sensitif terhadap model yaitu yang memiliki pengaruh besar pada perilaku sistem ketika ada variable yang sedikit berubah. Analisa sensitivitas penting baik dalam validasi model dan dalam penggunaan model. Dalam validasi model, tujuan dari analisa sensitivitas adalah untuk menentukan seberapa sensitif model terhadap perubahan data. Sedangkan dalam penggunaan model, analisa sensitivitas bertujuan untuk menemukan perubahan dalam sistem yang memiliki pengaruh yang diinginkan pada perilaku sistem. Richardson dan Pugh (1981) menyebutkan tiga jenis model sensitivitas (bukan tiga jenis analisis, tapi tiga jenis hasil): 1) *Sensitivitas Numerik*, terjadi jika ada perubahan dalam asumsi perubahan nilai numerik. 2) *Sensitivitas Perilaku*, terjadi jika ada perubahan dalam asumsi akan mengubah pola perilaku model. 3) *Sensitivitas Policy*, terjadi jika ada asumsi berbeda menyebabkan rekomendasi kebijakan yang berbeda.

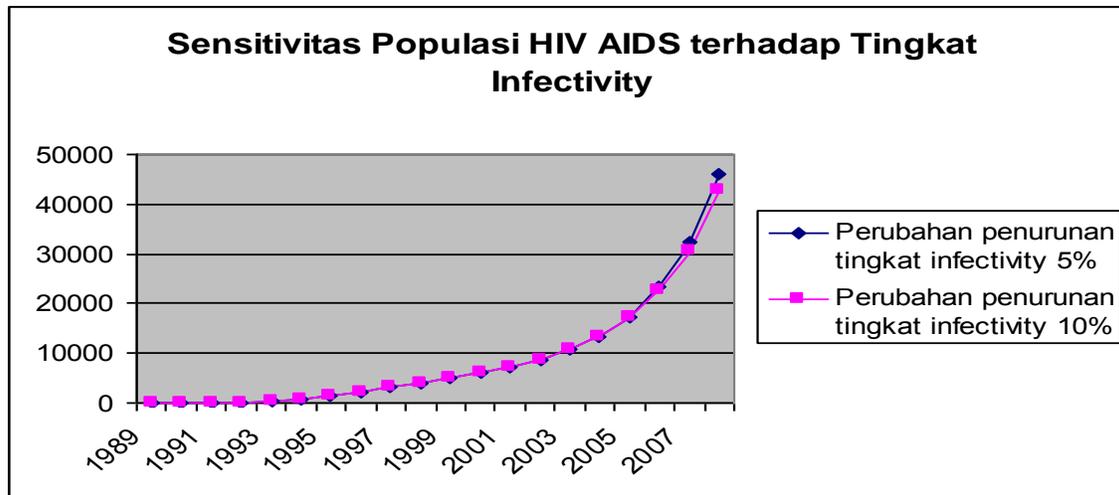
4.2.2.2.1 Sensitivitas Numerik

Tes *sensitivitas numerik* dilakukan pada total populasi HIV/AIDS dalam model epidemi penyakit HIV/AIDS jika terdapat perubahan pada jumlah kontak seksual beresiko dan tingkat infectivity. Dengan adanya perubahan penurunan jumlah kontak seksual beresiko pada tahun 2004- 2008 sebesar 20% ,maka total populasi HIV/AIDS tumbuh mencapai 37,073 orang pada tahun 2008. Sedangkan jika perubahan penurunan jumlah kontak seksual beresiko sebesar 30% pada tahun 2004 - 2008, maka populasi HIV AIDS tumbuh mencapai 32,399 pada tahun 2008.



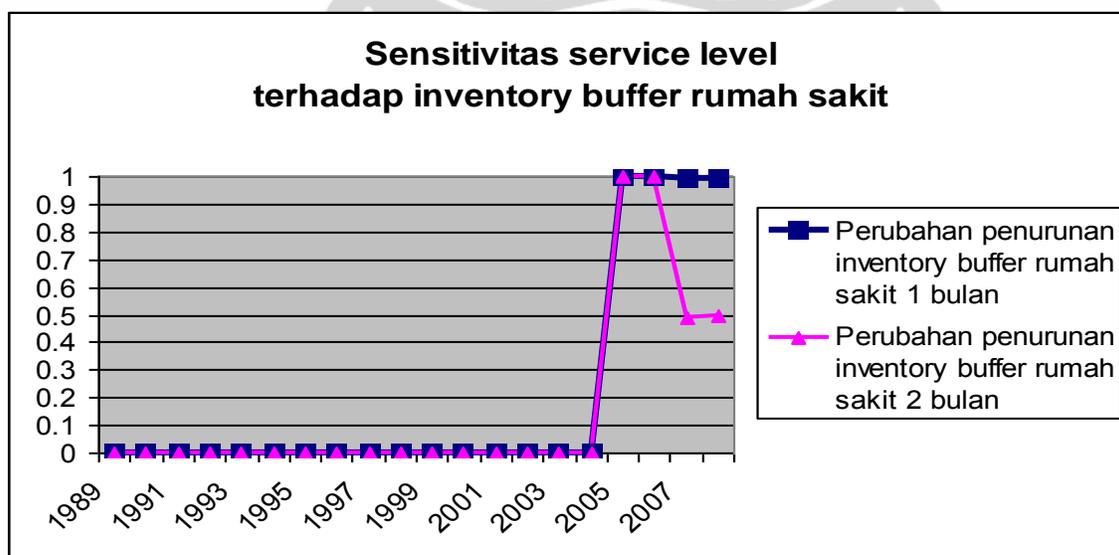
Grafik 4.6 Sensitivitas Populasi HIV/AIDS terhadap perubahan jumlah kontak seksual beresiko

Sementara itu jika ada perubahan penurunan tingkat *infectivity* dari tahun 2004 - 2008 sebesar 5% maka populasi HIV/AIDS akan tumbuh mencapai 46,091 penderita pada tahun 2008 sedangkan jika penurunan tingkat *infectivity* sebesar 10% maka populasi HIV AIDS akan tumbuh mencapai 42,784 pada tahun 2008.



Grafik 4.7 Sensitivitas populasi HIV/AIDS terhadap perubahan tingkat infectivity

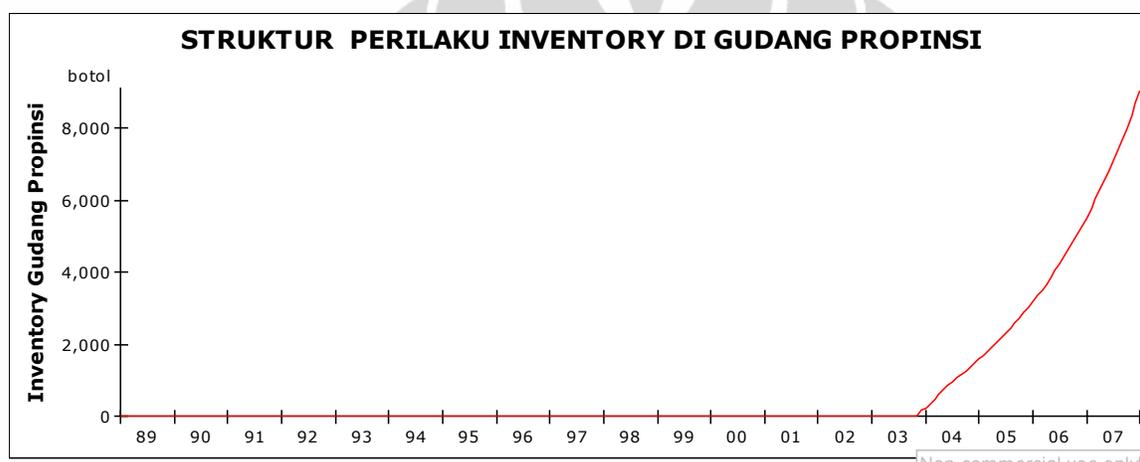
Pengujian sensitivitas numerik dilakukan juga untuk service level di rumah sakit jika terdapat perubahan penurunan inventory buffer rumah sakit sebesar 1 bulan dan 2 bulan dari tahun 2006 – 2008. Dengan penurunan inventory buffer rumah sakit sebesar 1 bulan maka service level akan berubah menjadi 0.99 pada tahun 2007 dan 2008. sedangkan dengan penurunan sebesar 2 bulan, maka service level akan berubah menjadi 0.49 dan 0.50.



Grafik 4.8 Sensitivitas service level rumah sakit terhadap perubahan inventory buffer rumah sakit

4.2.2.2.2 Sensitivitas Perilaku

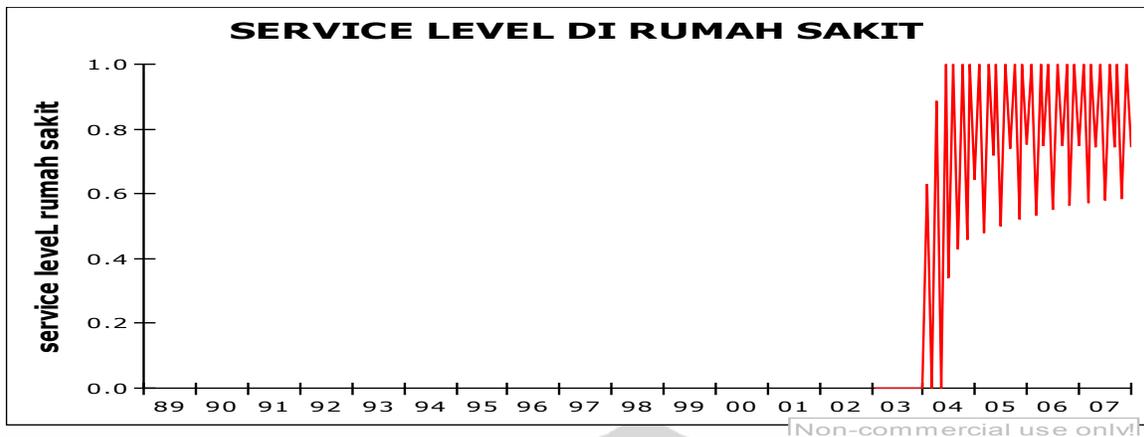
Pengujian sensitivitas perilaku dilakukan dengan mengubah periode QO (Quarterly Order) oleh Subdit AIDS untuk pengisian obat ARV ke gudang propinsi dari 3 bulan menjadi 1 bulan. Hasil running powersim menunjukkan perubahan perilaku inventory gudang propinsi menjadi seperti perilaku inventory di rumah sakit



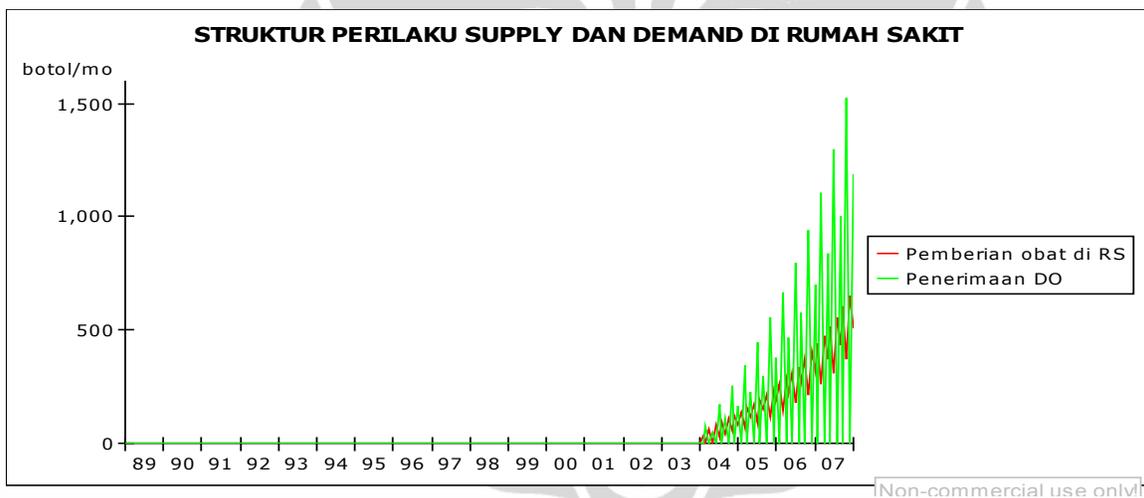
Grafik 4.9 Sensitivitas perilaku *inventory* di gudang propinsi terhadap perubahan QO

4.2.2.2.3 Sensitivitas Policy

Sensitivitas policy terjadi jika perubahan asumsi menyebabkan rekomendasi policy yang berbeda. Dalam hal ini pengujian dilakukan dengan merubah periode pemesanan rumah sakit dari setiap bulan menjadi 2 bulan dan periode pengisian gudang propinsi dari 3 bulan menjadi 4 bulan. Perubahan asumsi tersebut mempengaruhi service level policy yang dihasilkan rumah sakit.



Grafik 4.10 Sensitivitas policy service level akibat perubahan periode pengisian gudang propinsi



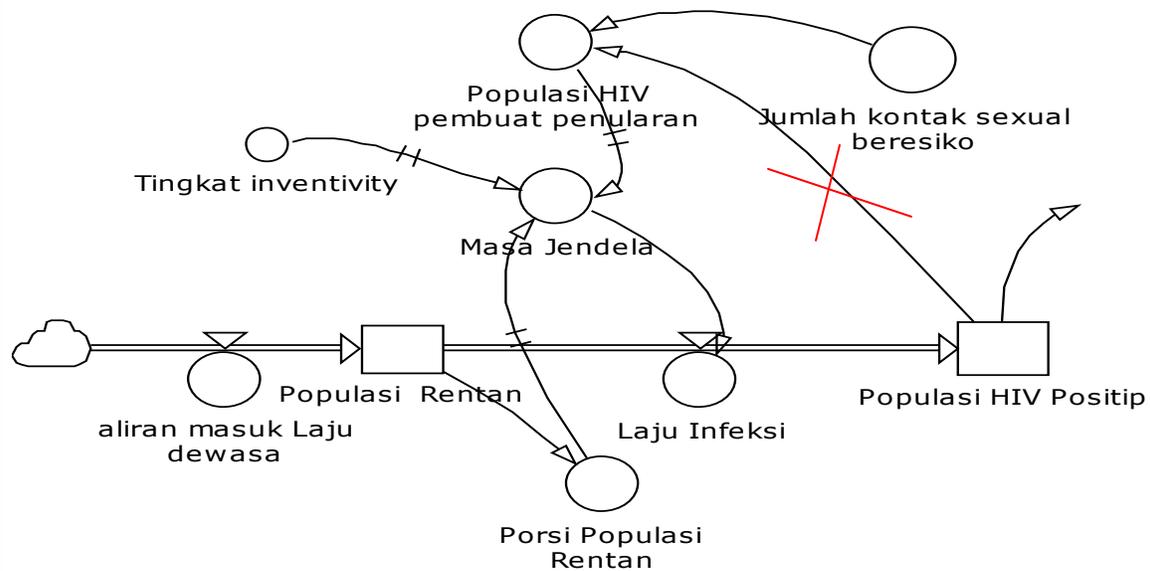
Grafik 4.11 Sensitivitas policy supply dan demand di rumah sakit akibat perubahan periode pengisian gudang propinsi

4.2.2.3 Test Struktur Perilaku

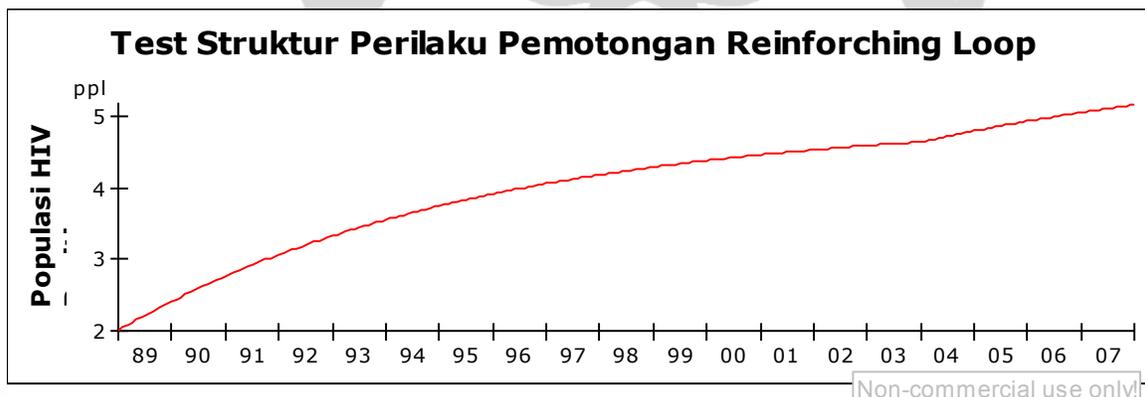
4.2.2.3.1 Memotong *Reinforcing Loop*

Dengan memotong reinforcing loop dari Populasi HIV+ ke Populasi HIV pembuat penularan seperti gambar dibawah ini, menyebabkan populasi HIV pembuat

penularan hanya dipengaruhi oleh jumlah kontak seksual beresiko, sehingga struktur perilaku dari populasi HIV+ akan berubah.

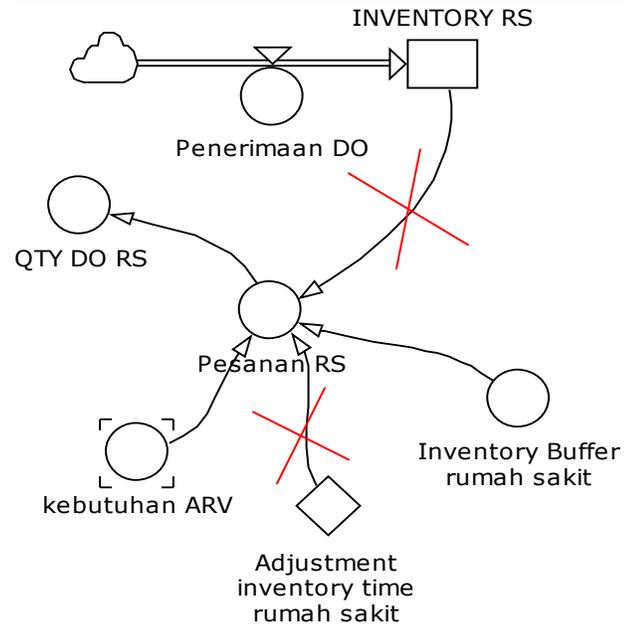


Gambar 4.2 Test perilaku struktur pemotongan reinforcing loop populasi HIV+

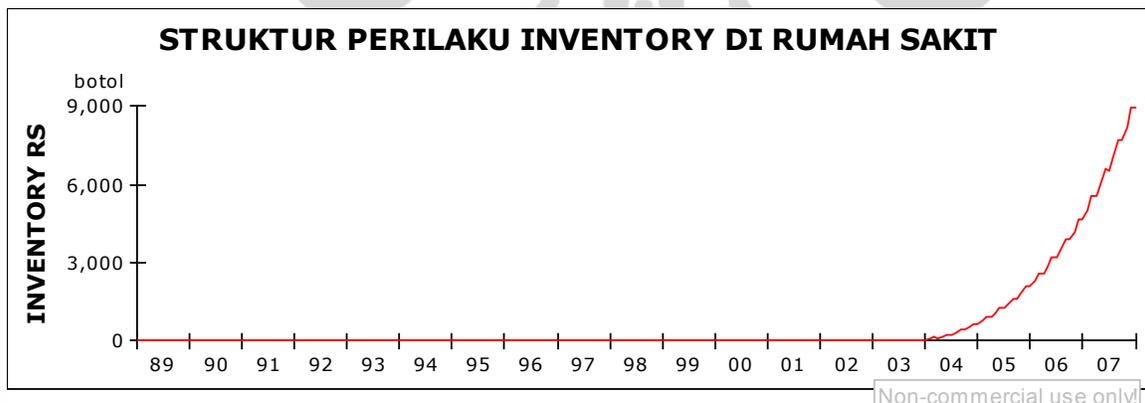


Grafik 4.12 Perilaku struktur populasi HIV+ akibat pemotongan reinforcing loop

Pengujian test perilaku struktur juga dilakukan dengan memotong reinforcing loop Inventory RS ke DO RS, hal ini menyebabkan perubahan perilaku struktur dari inventory rumah sakit.



Gambar 4.3 Tes perilaku struktur pemotongan reinforcing loop inventory RS



Grafik 4.13 Perilaku struktur inventory RS akibat pemotongan reinforcing loop

1.3 Analisa Kebijakan

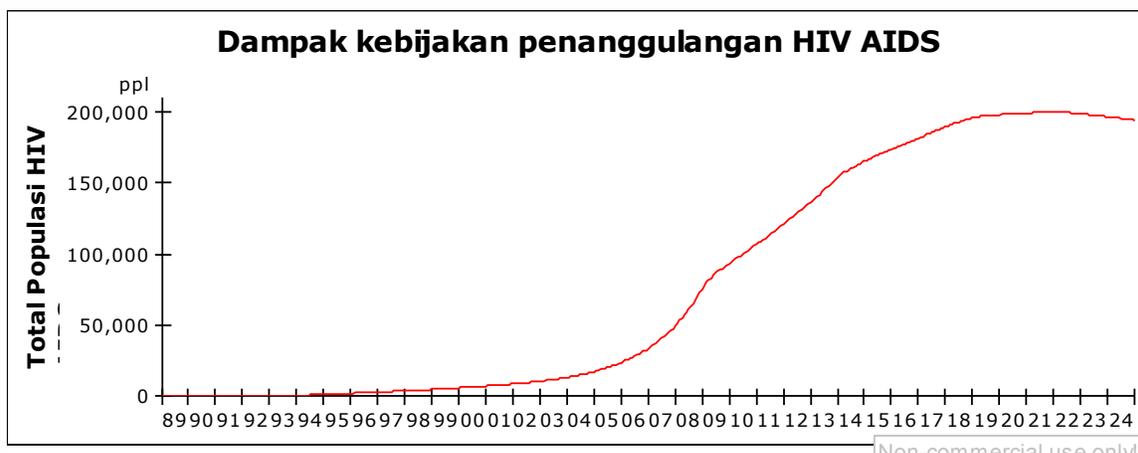
Dengan memperpanjang simulasi sampai tahun 2025 sebagai perencanaan kebijakan dimasa depan untuk pengambilan keputusan baik perencanaan program penanggulangan HIV AIDS maupun kebijakan inventory desentralisasi obat ARV

4.3.1 Analisa Program Penanggulangan HIV/AIDS

Analisa kebijakan berhubungan dengan kebijakan yang diambil dimasa yang akan datang. Berdasarkan pengalaman dari Kamboja dan Thailand, keberhasilan program penanggulangan HIV/AIDS khususnya dalam kebijakan penggunaan kondom mampu mengurangi tingkat *infectivity* lebih dari 75%. Sedangkan berdasarkan pengalaman Uganda, keberhasilan program pengendalian penyakit HIV/AIDS dapat menurunkan jumlah kontak seksual beresiko sebesar 50%. Dalam hal ini untuk Propinsi Jawa Timur diasumsikan tingkat *infectivity* menurun dari tahun 2009 sampai tahun 2013 sebesar 50%, tahun 2014 sampai tahun 2017 menurun sebesar 60%, tahun 2018 sampai tahun 2021 menurun sebesar 65% dan dari tahun 2022 sampai tahun 2025 menurun sebesar 70%. Sedangkan jumlah kontak seksual beresiko diasumsikan turun sebesar 30% dari tahun 2009 sampai tahun 2013, tahun 2014 sampai tahun 2018 turun sebesar 40%, tahun 2019 sampai tahun 2025 turun sebesar 25% . Variabel dampak program penanggulangan HIV AIDS kemudian ditambahkan kedalam model epidemi penyakit HIV AIDS sehingga formula dari tingkat *infectivity* menjadi $(0.002165 - (0.002165 \times \text{dampak program terhadap tingkat infectivity}))$. Sedangkan formula jumlah kontak seksual beresiko berubah menjadi $(340 \llbracket \text{ppl/ppl/yr} \rrbracket - (340 \llbracket \text{ppl/ppl/yr} \rrbracket \times \text{dampak program terhadap Jumlah kontak seksual beresiko}))$.

Fraksi ibu hamil HIV+ diasumsikan masih mengalami peningkatan dari dari tahun 2009 sampai tahun 2014. begitu juga dengan HIV Prevalance IDU dan fraksi populasi IDU. Pengaruh program PMTCT (*Prevention Mother to Child Transmission*) mempunyai dampak terhadap fraksi ibu hamil HIV+ dari tahun 2015 - 2025. Diasumsikan fraksi ibu hamil HIV+ mengalami penurunan sebesar 25% dari tahun 2015 - 2019 dan dari tahun 2020 – 2025 mengalami penurunan sebesar 30%. Sedangkan penanggulangan pada kelompok IDU, diasumsikan menurunkan HIV prevalance dikelompok IDU dan fraksi populasi IDU sebesar 25% dari tahun 2015-2019. dan penurunan sebesar 30% dari tahun 2020-2025. Dampak program penanggulangan HIV/AIDS tersebut kemudian ditambahkan sebagai variabel baru dalam model epidemi penyakit HIV/AIDS. Hasil dari running powersim menghasilkan jumlah populasi

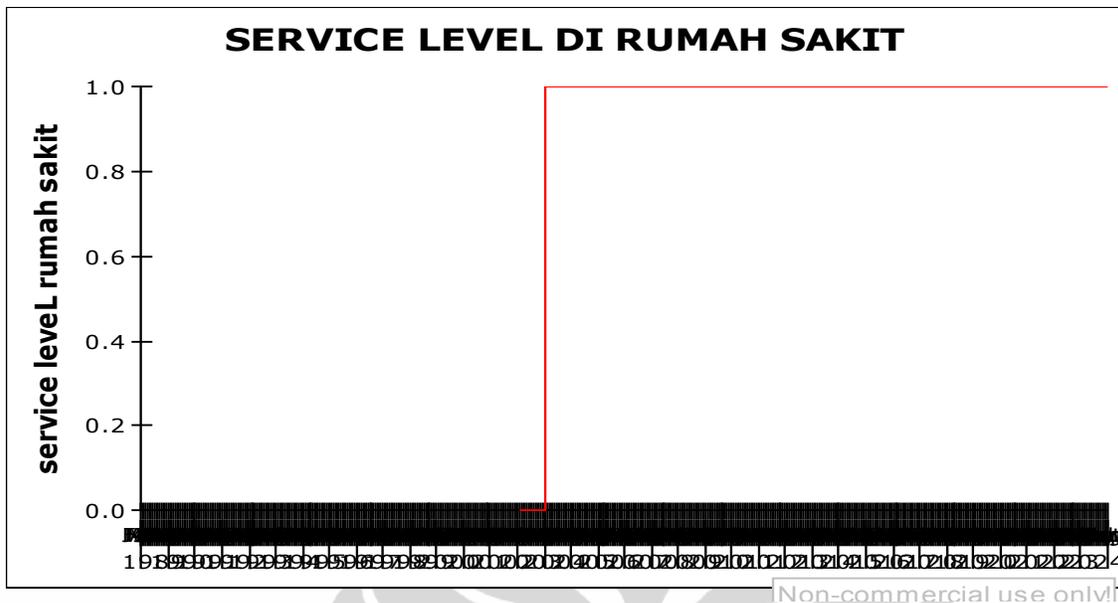
HIV/AIDS pada tahun 2025 sebanyak 194,441 penderita dan mengalami titik tertinggi pada tahun 2022 sebanyak 200,191 penderita.



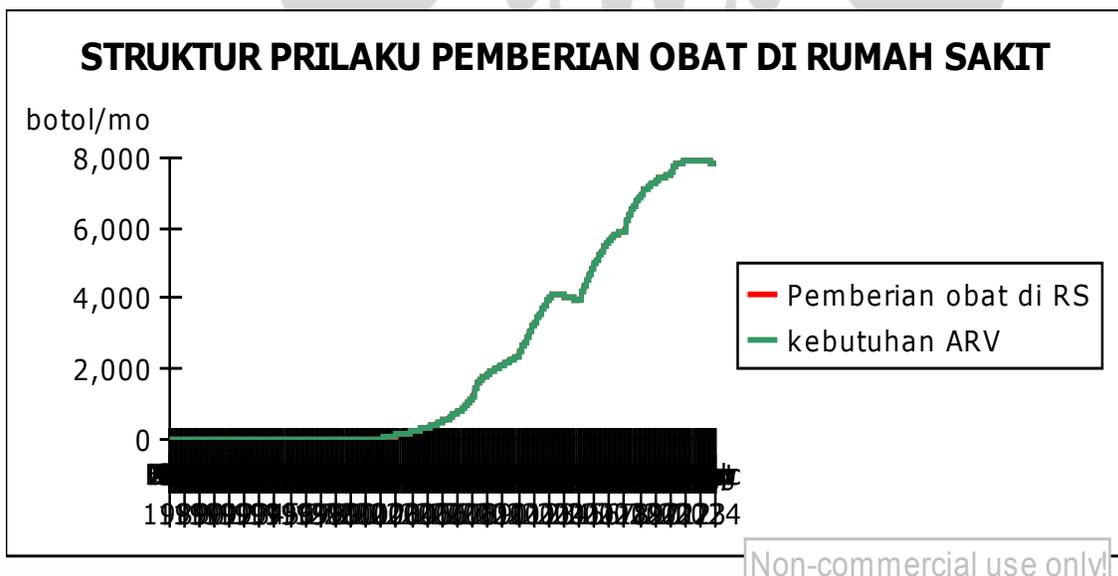
Grafik 4.14 Dampak kebijakan penanggulangan HIV/AIDS terhadap Populasi HIV/AIDS di Propinsi Jawa Timur (1989- 2025)

4.3.1 Analisa Kebijakan Inventory

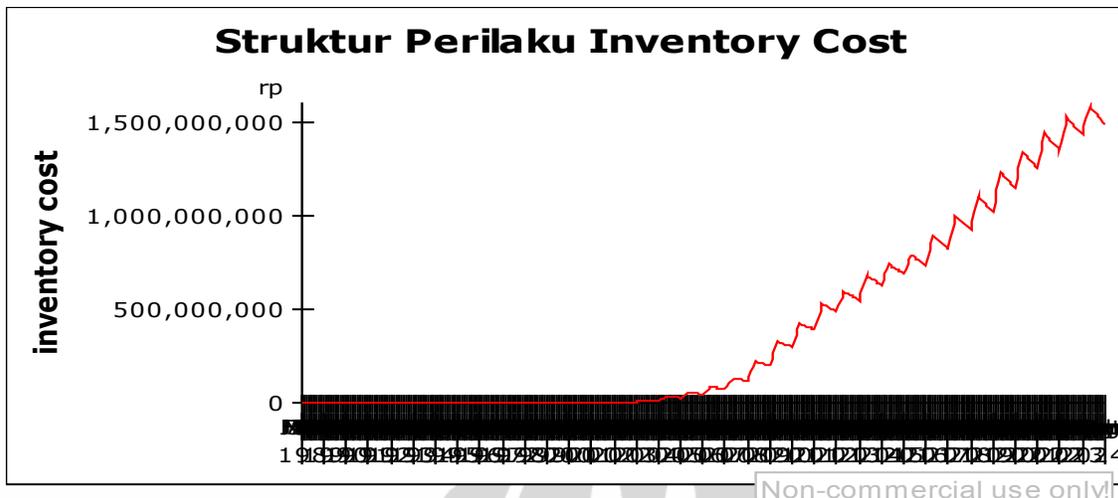
Berdasarkan hasil program penanggulangan penyakit kemudian dilakukan perubahan kebijakan inventory buffer pada tahun 2013 untuk rumah sakit menjadi 2.5 bulan, inventory gudang propinsi 4 bulan dan inventory gudang pusat 15 bulan tetap menghasilkan service level rumah sakit 100% dan menghasilkan biaya inventory yang minimum.



Grafik 4.15 Service Level di rumah sakit dengan perubahan kebijakan buffer inventory



Grafik 4.16 Struktur pemberian obat di rumah sakit setelah perubahan kebijakan buffer inventory



Grafik 4.17 Struktur perilaku inventory cost setelah perubahan kebijakan buffer inventory

