

# **MASALAH OPTIMASI DALAM PENGENDALIAN PENYEBARAN HIV/AIDS DENGAN TERAPI METADON DI KOTA BANDUNG**

## **TESIS**

Karya tulis sebagai salah satu syarat  
untuk memperoleh gelar Magister dari  
Institut Teknologi Bandung

Oleh

**RIRIN SISPIYATI**

**NIM : 20106003**

**Program Studi Matematika**



**INSTITUT TEKNOLOGI BANDUNG**

**2009**

# ABSTRAK

## MASALAH OPTIMASI DALAM PENGENDALIAN PENYEBARAN HIV/AIDS DENGAN TERAPI METADON

### DI KOTA BANDUNG

Oleh

**RIRIN SISPIYATI**

**NIM : 20106003**

AIDS (*Acquired Immune Deficiency Syndrome*) merupakan kumpulan gejala penyakit akibat menurunnya sistem kekebalan tubuh yang disebabkan oleh virus HIV (*Human Immunodeficiency Virus*) yang mengancam kelangsungan hidup manusia di seluruh dunia. Berdasarkan data dari Dinas kesehatan Kota Bandung jumlah kasus HIV/AIDS di kota Bandung menduduki peringkat pertama di Jawa Barat. Sebanyak 63% penderita HIV/AIDS berasal dari pengguna narkotika dan obat terlarang yang menggunakan jarum suntik atau IDU (*Injecting Drug User*) secara bergantian. Untuk mengurangi resiko penularan HIV/AIDS pemerintah kota Bandung telah menjalankan program pengurangan dampak buruk narkoba suntik, salah satunya melalui terapi metadon. Pada tesis ini disajikan masalah optimasi pengendalian penyebaran HIV/AIDS dengan terapi metadon. Permasalahan optimasi dalam penelitian ini difokuskan untuk mengkaji *seberapa jauh basic reproduction number dapat diturunkan dengan kendala anggaran biaya yang ada*. Dengan mengasumsikan bahwa dinamik berada pada kondisi stasioner endemik maka dikonstruksi fungsi objektif, yaitu  $R_0(\delta, M)$  dan fungsi kendala,  $T(\delta, M) \leq T_{krit}$ . Selanjutnya diperoleh hasil simulasi numerik yang merepresentasikan daerah yang memenuhi kondisi  $R_0(\delta, M) < R_{0krit}$  dan  $T(\delta, M) \leq T_{krit}$  dengan memperhatikan batasan-batasan untuk laju pertambahan IDU yang mengikuti terapi metadon dan laju pertambahan IDU sehat. Hasil ini diharapkan dapat memberikan informasi bagi pemerintah dalam memilih strategi yang tepat untuk mengendalikan penyebaran HIV/AIDS.

**Kata kunci.** HIV, terapi metadon, *basic reproduction number*, optimasi.

# ABSTRACT

## OPTIMIZATION PROBLEM IN HIV/AIDS TRANSMISSION MODEL WITH METHADON THERAPY IN BANDUNG

By

**RIRIN SISPIYATI**

**NIM : 20106003**

HIV/AIDS is a disease in which the body's immune system breaks down and is unable to fight off infections. Based on the data from the Health Department, Bandung is indicated as one of the first leading number of HIV/AIDS cases. About 63 percent of them are contributed by Injecting Drug User (IDU) due to needle sharing. One of the Harm Reduction Program being implemented in Indonesia to reduce HIV/AIDS infection is the methadone therapy. In this thesis, an optimization problem of HIV / AIDS spread with methadone therapy is discussed. The main objective is to reduce the basic reproduction number within the available budget. The objective function here is the basic reproductive number  $R_0$  as a function of the rate of incoming IDU in therapy and the IDU recruitment rate  $M$ . The constraint is given by the limitation of the total budget  $T \leq T_{crit}$ . It is assumed that the dynamic is already nearing the endemic equilibrium, in which the total number of IDUs in the therapy is fixed at the equilibrium. Numerical simulation representing the region satisfying  $R_0(\delta, M) < R_{0crit}$  and  $T(\delta, M) \leq T_{crit}$  based on the data from the field is shown. This result is expected to give information for the government to choose the appropriate strategy in controlling the spread of HIV/AIDS.

**Keyword.** HIV, metadon therapy, *basic reproduction number*, optimization.

**MASALAH OPTIMASI DALAM PENGENDALIAN PENYEBARAN  
HIV/AIDS DENGAN TERAPI METADON  
DI KOTA BANDUNG**

Oleh

**RIRIN SISPIYATI**

**NIM : 20106003**

Program Studi Matematika

Institut Teknologi Bandung

Menyetujui

Tanggal Juni 2009

Pembimbing

Prof. Edy Soewono

## **PEDOMAN PENGGUNAAN TESIS**

Tesis S2 yang tidak dipublikasikan terdaftar dan tersedia di Perpustakaan Institut Teknologi Bandung, dan terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta ada pada pengarang dengan mengikuti aturan HaKI yang berlaku di Institut Teknologi Bandung. Referensi kepustakaan diperkenankan dicatat, tetapi pengutipan atau peringkasan hanya dapat dilakukan seizin pengarang dan harus disertai dengan kebiasaan ilmiah untuk menyebutkan sumbernya.

Memperbanyak atau menerbitkan sebagian atau seluruh tesis haruslah seizin Direktur Program Pascasarjan, Institut Teknologi Bandung.

/ Ilmu dari Bapak dan Ibu Dosen serta Pembimbing,

Ilmu dan dorongan sahabat dan rekan,

Dukungan dan bantuan Saudara dan handai taulan.

*K*arena cinta dan ketulusan hati merakalah sebagian dari maksud karya ini kupersembahkan.

*U*ntuk yang tercinta dan selalu di hati,

*Allah SWT, Rasulullah Muhammad saw, Suamiku Denny Prayitno DR dan anakku 'Azizah Namiah DR  
serta orang tua dan saudaraku, terima kasih atas setiap cinta dan dukungan yang senantiasa tercurah semoga syurga akan menjadi  
tempat persinggahan terakhir cinta ini... Amiin*

## **KATA PENGANTAR**

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan kasih sayang hingga selesainya tesis ini, shalawat serta salam semoga senantiasa tercurah kepada tauladan terbaik Rasulullah Muhammad saw.

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada:

1. Bapak Prof. Edy Soewono, yang telah mencurahkan ilmu dan pemikiran yang sangat berharga dalam membimbing dan memotivasi penulis.
2. Ibu Dr. Nuning Nuraini dan Ibu Dr. Sri Rejeki sebagai penguji yang dengan profesionalisme dan keilmuannya, memberikan masukan yang sangat berarti kepada penulis.
3. Ibu Dr. Hilda Assiyatun selaku dosen wali akademik yang telah memberi pengarahan kepada penulis selama menempuh Program Magister di ITB.
4. Bapak dan Ibu dosen Program Studi Matematika FMIPA ITB, yang dengan kebesaran hati dan keikhlasannya senantiasa mencurahkan ilmunya selama proses perkuliahan.
5. Seluruh Staf Perpustakaan, Tata Usaha dan Laboratorium Penelitian Program Studi Matematika atas dukungannya.
6. Rekan-rekan S2 Matematika atas kebersamaan dan dukungannya dalam diskusi keilmuan.

Semoga setiap bantuan yang diberikan menjadi jalan ilmu dan kebaikan yang lebih luas.

Saran dan kritik sangat penulis harapkan untuk perbaikan lebih lanjut. Semoga tesis ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Bandung, Juni 2009

Penulis

# DAFTAR ISI

<b>ABSTRAK</b>	i
<b>ABSTRACT</b>	ii
<b>Lembar Pengesahan</b>	iii
<b>PEDOMAN PENGGUNAAN TESIS</b>	iv
<b>KATA PENGANTAR</b>	vi
<b>DAFTAR ISI</b>	vii
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	viii
<b>DAFTAR TABEL</b>	ix
<b>Bab I    Pendahuluan</b>	1
<b>Bab II    HIV/AIDS</b>	3
II.1    Tahapan Perjalanan HIV/AIDS	4
II.2    HIV/AIDS di Kota Bandung	5
II.3    Terapi Metadon	6
<b>Bab III   Model Pengendalian Penyebaran HIV/AIDS melalui           Terapi Metadon di Kota Bandung</b>	8
III.1    Model Pengendalian Penyebaran HIV/AIDS melalui Terapi Metadon	8
III.2    Titik Kesetimbangan	18
III.3    Basic Reproduction Number	23
III.4    Simulasi Numerik	24
<b>Bab IV    Masalah Optimasi</b>	28
IV.1    Fungsi Biaya	28
IV.2    Masalah Optimasi	29
IV.3    Simulasi Numerik	30
<b>Bab V    Kesimpulan</b>	37
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Proporsi penderita HIV/AIDS berdasarkan factor resiko di Kota Bandung	1
Gambar 2.1 Struktur Virus HIV	4
Gambar 3.1 Diagram transmisi penularan HIV/AIDS pada kompartemen IDU	10
Gambar 3.2 Diagram transmisi penularan HIV/AIDS pada kompartemen jarum suntik	15
Gambar 3.3 Grafik jumlah IDU HIV terhadap waktu dengan $\delta = 0$	25
Gambar 3.4 Grafik jumlah IDU HIV terhadap waktu dengan $\delta = 1/(205,5 \times 365)$ per hari	25
Gambar 3.5 Grafik jumlah IDU HIV terhadap waktu dengan $\delta$ yang berbeda	26
Gambar 4.1 Grafik fungsi $R_0(\delta, M) = 0,5$ , $R_0(\delta, M) = 1$ , $R_0(\delta, M) = 2$	30
Gambar 4.2 Grafik fungsi $T(\delta, M) = \text{Rp.}800.000,00$ , $T(\delta, M) = \text{Rp.}901.265,00$ $T(\delta, M) = \text{Rp.}1.100.000,00$	31
Gambar 4.3 Grafik fungsi $R_0(\delta, M) = 1$ , $T(\delta, M) = \text{Rp.}901.265,00$	32
Gambar 4.4 Grafik fungsi $R_0(\delta, M)$ yang berbeda, $T(\delta, M) = \text{Rp.}901.265,00$	33
Gambar 4.5 Grafik fungsi $R_0(\delta, M)$ yang berbeda, $T(\delta, M) = \text{Rp.}1.802.530,00$	34
Gambar 4.6 Grafik fungsi $R_0(\delta, M)$ yang berbeda, $T(\delta, M) = \text{Rp.}2.703.795,00$	35

## DAFTAR TABEL

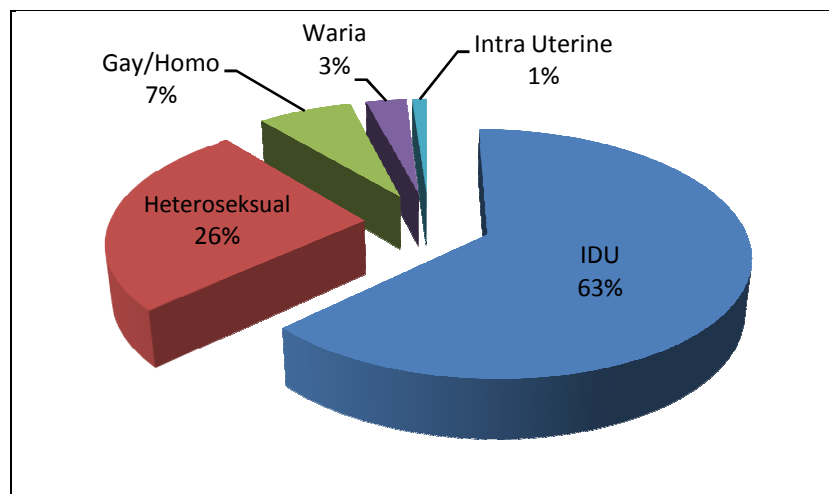
Tabel 3.1 Variabel yang digunakan untuk membuat model	9
Tabel 3.2 Parameter yang digunakan untuk membuat model	9
Tabel 3.3 Parameter yang digunakan untuk simulasi	24
Tabel 3.4 Keadaan awal tiap kompartemen IDU dan jarum suntik	24
Tabel 3.5 Titik kritis untuk model terapi metadon	27
Tabel 4.1 Parameter yang digunakan untuk simulasi	30
Tabel 4.2 Daerah dan batas-batas grafik $R_0(\delta, M)$ dan $T(\delta, M)$	32

# Bab 1

## Pendahuluan

AIDS (*Acquired Immune Deficiency Syndrome*) merupakan kumpulan gejala penyakit akibat menurunnya sistem kekebalan tubuh yang disebabkan oleh HIV (*Human Immunodeficiency Virus*).

Gejala awal infeksi HIV yang sulit dikenali menyebabkan virus ini cepat menyebar. Kota Bandung merupakan salah satu wilayah dengan penyebaran dan persentase penderita HIV/AIDS yang tinggi di Jawa Barat. Berdasarkan data dari Departemen Kesehatan Kota Bandung pada tahun 1991 hingga 2005 diperoleh data proporsi penderita HIV/AIDS berdasarkan faktor resiko di Kota Bandung sebagai berikut:



**Gambar 1. 1** Proporsi penderita HIV/AIDS berdasarkan faktor resiko di Kota Bandung.

Berdasarkan Gambar 1.1, resiko terbesar tertular HIV dimiliki oleh pemakai narkoba suntik (IDU=*Injecting Drug Users*) dengan proporsi sebesar 63% dibandingkan dengan *heterosexual* (26%), *gay/homo* (7%), *waria* (3%) dan *intra uterine* (1%). Jumlah pengguna narkoba jarum suntik di Kota Bandung sampai Agustus 2005 diperkirakan mencapai 6.000 orang. Dari pemakai sebanyak itu, baru 2.280 orang yang terjangkau pelayanan lembaga swadaya masyarakat (LSM) yang menangani korban narkoba jarum suntik. Sebagian besar atau

85% pengguna narkoba jarum suntik ini berusia 20-26 tahun. Hampir seluruhnya laki-laki dan kemampuan ekonominya rendah. Sedangkan tingkat pendidikan mereka, rata-rata SMA atau *drop out* perguruan tinggi. Pada umumnya mereka terkena HIV positif setelah menjadi pengguna narkoba jarum suntik, minimal selama tiga tahun.

Rendahnya pengetahuan yang dimiliki tentang bahaya narkoba menjadikan pengguna jarum suntik pun semakin bertambah dan tidak terbatas pada segi usia, jenis kelamin dan ras. Perilaku IDU yang seringkali menggunakan jarum suntik secara bersamaan menjadikan mereka sebagai salah satu komunitas resiko tinggi bagi prevalensi HIV/AIDS.

Kurangnya persediaan jarum suntik steril merupakan faktor utama penggunaan jarum secara bergantian. Sebagai antisipasi perilaku IDU tersebut, pemerintah melakukan program pertukaran jarum suntik yang meliputi penyuluhan, penukaran jarum suntik yang telah digunakan hingga mempermudah akses untuk mendapatkan jarum suntik. Namun hal tersebut memiliki kendala khususnya dalam pendistribusian dan efektifitasnya dalam mengurangi pengguna narkoba karena sulit untuk dikontrol. Terapi metadon dapat menjadi salah satu alternatif mengantisipasi ketergantungan IDU pada jarum suntik.

Pemerintah memiliki anggaran per tahun dalam melaksanakan program terapi metadon. Dengan anggaran yang telah tersedia, belum tentu menjangkau seluruh IDU yang ada, seiring dengan semakin banyaknya IDU yang mengikuti terapi metadon.

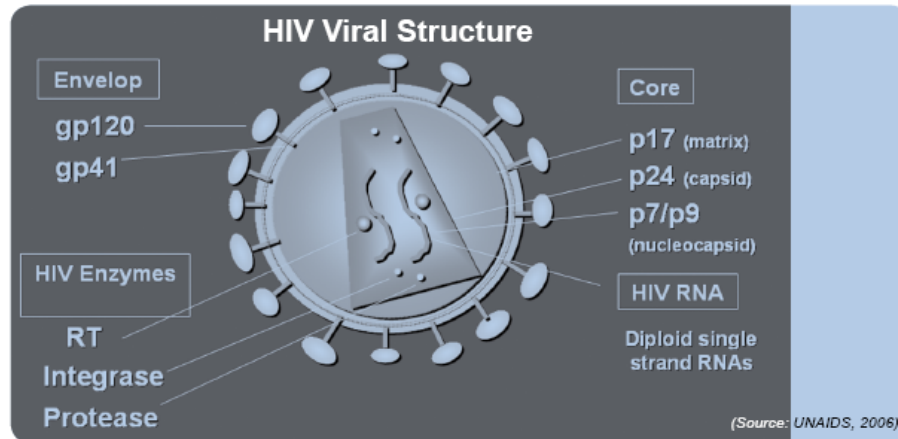
Tesis ini akan menyajikan masalah optimasi mengenai pengendalian penyebaran HIV/AIDS dengan terapi metadon dengan kendala jumlah anggaran yang ada dalam pelaksanaan terapi metadon.

## **Bab II**

### **HIV/AIDS**

Penemuan kasus HIV/AIDS pertama kali terjadi sekitar 1981 oleh ahli kesehatan di Kota Los Angeles, Amerika Serikat, ketika sedang melakukan sebuah penelitian kasus seri terhadap empat pemuda/mahasiswa. Di dalam tubuh ke-empat pemuda tadi ditemukan penyakit pneumonia (*Pneumonic Carinii*) yang disertai dengan penurunan kekebalan tubuh (imunitas). Dari hasil penelitian, para ahli kesehatan menemukan jalan untuk penemuan penyakit AIDS. Virus HIV sendiri baru diketahui sekitar 1983 oleh Luc Montaigneur - seorang ahli mikrobiologi Perancis. Pada 1984, mikrobiolog asal Amerika Serikat, Robert Gallo mengumumkan pula penemuan yang sama. Di Indonesia penemuan kasus HIV/AIDS diperkirakan baru diketahui pada 1987, yaitu pada seorang turis asal Belanda.

HIV (*Human Immunodeficiency Virus*) adalah virus yang menyerang sistem kekebalan tubuh manusia. Pada dasarnya, HIV adalah jenis parasit obligat yaitu virus yang hanya dapat hidup dalam sel atau media hidup. HIV menyerang sel darah putih yang bertugas menangkal infeksi yang biasa disebut “sel T-4” atau “sel CD-4”. Seperti virus-virus lainnya HIV hanya mampu memperbanyak dirinya di dalam sel dari orang yang terinfeksi. Walaupun virus-virus tersebut mengandung zat genetik untuk membuat virus baru, namun mereka kekurangan perlengkapan untuk melakukannya. Berbeda dengan virus lainnya, zat genetik ini menjadi bagian dari zat genetik sel yang dihuninya. Ketika sel inang yang terinfeksi melakukan pembelahan, setiap sel baru yang terbentuk sudah mengandung materi genetik HIV. Oleh sebab itu, HIV membangun infeksi yang permanen. Ketika sel-sel yang terinfeksi ini terangsang, mereka akan memproduksi virus-virus baru.



**Gambar 2.1** Struktur virus HIV

Kerusakan progresif pada sistem kekebalan tubuh menyebabkan orang yang terinfeksi HIV amat rentan dan mudah terjangkit bermacam-macam penyakit yang disebut infeksi oportunistik. Serangan penyakit yang biasanya tidak berbahaya pun lama-kelamaan akan menyebabkan pasien sakit parah, bahkan meninggal. Kumpulan gejala penyakit yang timbul akibat menurunnya sistem kekebalan tubuh disebut AIDS (*Acquired Immuno Deficiency Syndrome*).

Untuk menyebabkan infeksi, konsentrasi virus HIV di dalam cairan yang terinfeksi harus tinggi. HIV berada dalam darah, cairan sperma, cairan vagina dan air susu ibu. HIV menyebar melalui pencampuran cairan sperma atau cairan vagina yang mengandung HIV, seperti hubungan seks dengan pasangan yang terinfeksi HIV, jarum suntik dan alat-alat penusuk (tato, tindik dan cukur) yang tercemar HIV, transfusi darah atau produk darah yang mengandung HIV dan ibu hamil yang terinfeksi HIV kepada janin atau bayinya selama masa menyusui.

## II.1 Tahapan Perjalanan HIV/AIDS

Selama minggu-minggu pertama virus memasuki tubuh, ia akan memperbanyak dirinya dengan cepat. Selama masa awal infeksi ini atau yang disebut *window period*, sebelum tubuh memproduksi antibodi, seseorang sudah dikatakan terinfeksi dan bisa menularkan kepada yang lain, namun mereka mungkin belum sadar sudah terinfeksi. Tes yang dilakukan terhadap antibodi selama *window period* ini mungkin tidak akan mendapatkan hasil yang tepat. Namun setelah tiga

bulan, tubuh akan mulai memproduksi antibodi untuk HIV. Proses ini disebut dengan sero-konversi. Kebanyakan dari antibodi yang diproduksi tubuh ini bukanlah antibodi yang menetralkan dan tidak dapat mengatasi infeksi.

Kebanyakan pasien mengalami masalah yang serius pada saat sero-konversi, seperti demam dan membesarnya kelenjar getah bening. Beberapa ada juga yang mengalami gejala-gejala gangguan saraf. Penyakit tersebut muncul selama 14 hari dan ada yang mengira bahwa hal tersebut adalah demam yang berhubungan dengan kelenjar, demam berdarah atau flu. Banyak juga orang yang tidak sadar bahwa telah terinfeksi HIV dan mereka tidak memiliki gejala apapun selama berbulan-bulan atau bertahun-tahun. Periode diamnya infeksi ini disebut *latency period*. Selama periode ini virus mereplika dirinya secara perlahan dan konsentrasi dalam darah sangat rendah. Jika kita melakukan tes HIV melalui antibodi pada masa ini, maka hasilnya akan positif. Lamanya periode ini bervariasi, mulai dari 4 bulan hingga lebih dari 10 tahun.

Lama-kelamaan jumlah sel T-4 akan menurun dan orang yang terinfeksi tersebut akan mengalami gejala-gejala klinis. Mereka akan menderita dalam waktu yang lama, termasuk kehilangan berat badan, kelelahan, demam, batuk dan diare. HIV/AIDS jelas berbahaya untuk melakukan infeksi terhadap orang, karena gejala yang muncul baru diketahui penderita setelah 2 – 10 tahun terinfeksi HIV. Disaat itulah sangat dimungkinkan penularan terhadap yang lain, padahal belum ada vaksin dan obat penyembuhnya.

## **II.2 HIV/AIDS di Kota Bandung**

Data Dinas Kesehatan Jawa Barat menyebutkan dari sejumlah kasus HIV/AIDS di Jawa Barat, jumlah penderita terbanyak berada di Kota Bandung. Angka penderita HIV/AIDS tersebut terus saja membesar. Berbagai data survei dan studi menunjukkan, angka pembesaran tersebut kini memasuki kelas epidemi terkonsentrasi. Dengan kata lain, terdapat perilaku tertentu yang menjadi dasar pembesaran prevalensi kasus HIV/AIDS. Peningkatan jumlah kasus HIV/AIDS terbanyak terjadi di kelompok pengguna narkotika suntik atau IDU (*Injecting Drug User*). Menurut Departemen Kesehatan, diperkirakan jumlah IDU meningkat. Peningkatan ini sebenarnya makin mencemaskan, bila kita mengaitkan teori fenomena gunung es di dalamnya.

Dimana kemungkinan angka yang ada, baru yang di permukaannya saja. Seperti gunung es di lautan, mungkin saja ada angka yang lebih besar yang tersembunyi di bawah lautan.

Dari tahun ke tahun kasus HIV/AIDS terus meningkat. Untuk menyikapi hal tersebut pemerintah dan LSM berusaha melaksanakan program pencegahan dan penanganan HIV/AIDS bagi IDU dengan menerapkan strategi *harm reduction of IDUs* atau pengurangan dampak buruk penggunaan narkoba suntik. *Harm reduction of IDUs* adalah pendekatan yang aman dan efektif untuk menahan serta mengurangi laju epidemi HIV, sehingga angka infeksi di kalangan IDU lebih rendah. *Harm reduction* yang dimaksud adalah program pertukaran jarum suntik dan terapi metadon. Adapun obat yang digunakan oleh orang dengan HIV/AIDS (ODHA) untuk menekan perkembangbiakan virus HIV sehingga kualitas hidupnya meningkat yang diberi nama obat antiretroviral (terapi ARV).

### **II.3 Terapi Metadon**

Metadon pertama kali dibuat di Jerman pada tahun 1939. Setelah melalui penelitian dan riset dari berbagai macam obat penghilang rasa nyeri, dua ahli farmasi di perusahaan Hoechst, yaitu Bockm dan Ehrhart menemukan obat ini. Pada mulanya obat ini diberi nama Dolophine. Tahun 1947 obat ini dipatenkan oleh Council on Pharmacy and Chemistry of the American Medical Association dengan nama generik Methadone. Metadon pertama kali diuji coba di New York pada pertengahan tahun 1960-an untuk para pencandu narkoba.

Metadon adalah opiat (narkotik) sintetis yang kuat seperti heroin (putau) atau morfin, tetapi tidak menimbulkan efek sedatif yang kuat. Metadon dikhususkan untuk mereka yang ketergantungan narkotika melalui jarum suntik. Metadon ini menjadi terapi agar perlahan-lahan meninggalkan jarum suntik yang rentan terkena HIV/AIDS. Metadon bukan penyembuh untuk ketergantungan opiat. Selama memakai metadon, penggunaanya tetap tergantung pada opiat secara fisik. Tetapi metadon menawarkan kesempatan pada penggunaanya untuk mengubah hidupnya menjadi lebih stabil dan mengurangi resiko terkait dengan penggunaan narkoba suntik dan juga mengurangi kejahatan yang sering terkait dengan kecanduan. Jika seorang IDU mengikuti terapi metadon secara rutin di bawah pengawasan dokter atau pendamping medis, telah terbukti bahwa metadon dapat membuat IDU mengurangi pemakaian narkoba bahkan ada



pula IDU yang pulih dalam artian tidak lagi mengalami ketergantungan pada narkoba, emosi stabil, aktif dan merasa sehat.