

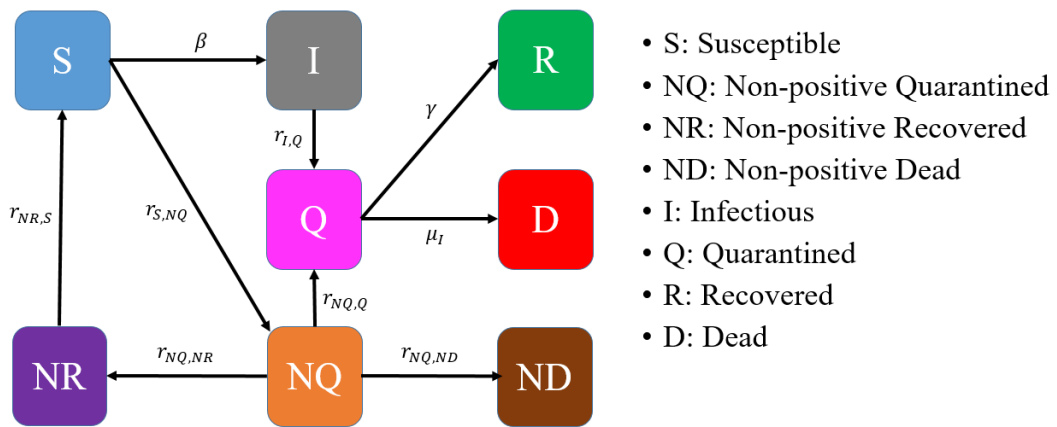
Perbandingan Variasi Model SIRQN

Dalam percobaan ini, dilakukan fitting dan simulasi kasus COVID-19 DKI Jakarta pada kebijakan PSBB Transisi & PSBB Total dengan menggunakan beberapa variasi model SIRQN. Setelah itu, model divalidasi dengan menghitung *root mean square error* (RMSE) antara:

1. Data Fitting dan Prediksi (17 Juli – 28 September 2020)
2. Data Non-Fitting dan Prediksi Masa Depan (29 September – 6 Oktober 2020)

Model akan dipilih berdasarkan RMSE terkecil dan trend kurva yang sesuai.

1 Model SIRQN



$$\frac{dS}{dt} = -\beta \cdot \frac{S \cdot I}{N_{pop}} - r_{S,NQ} \cdot S + r_{NR,S} \cdot NR \quad (1)$$

$$\frac{dNQ}{dt} = r_{S,NQ} \cdot S - r_{NQ,NR} \cdot NQ - r_{NQ,ND} \cdot NQ - r_{NQ,Q} \cdot NQ \quad (2)$$

$$\frac{dNR}{dt} = -r_{NR,S} \cdot NR + r_{NQ,NR} \cdot NQ \quad (3)$$

$$\frac{dND}{dt} = r_{NQ,ND} \cdot NQ \quad (4)$$

$$\frac{dI}{dt} = \beta \cdot \frac{S \cdot I}{N_{pop}} - r_{I,Q} \cdot I \quad (5)$$

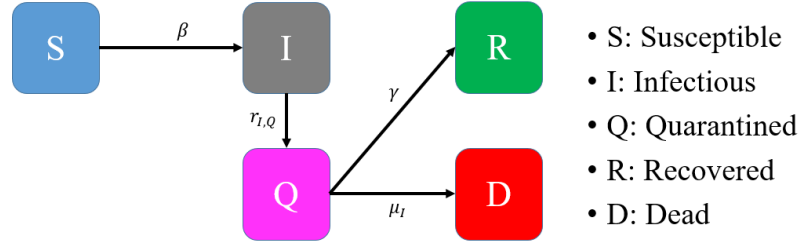
$$\frac{dQ}{dt} = r_{NQ,Q} \cdot NQ + r_{I,Q} \cdot I - \gamma \cdot Q - \mu_I \cdot Q \quad (6)$$

$$\frac{dR}{dt} = \gamma \cdot Q \quad (7)$$

$$\frac{dD}{dt} = \mu_I \cdot Q \quad (8)$$

Fitting dilakukan pada kompartemen NQ, NR, Q, R, dan D.

2 Model SIRQ



$$\frac{dS}{dt} = -\beta \cdot \frac{S \cdot I}{N_{pop}} \quad (9)$$

$$\frac{dI}{dt} = \beta \cdot \frac{S \cdot I}{N_{pop}} - r_{I,Q} \cdot I \quad (10)$$

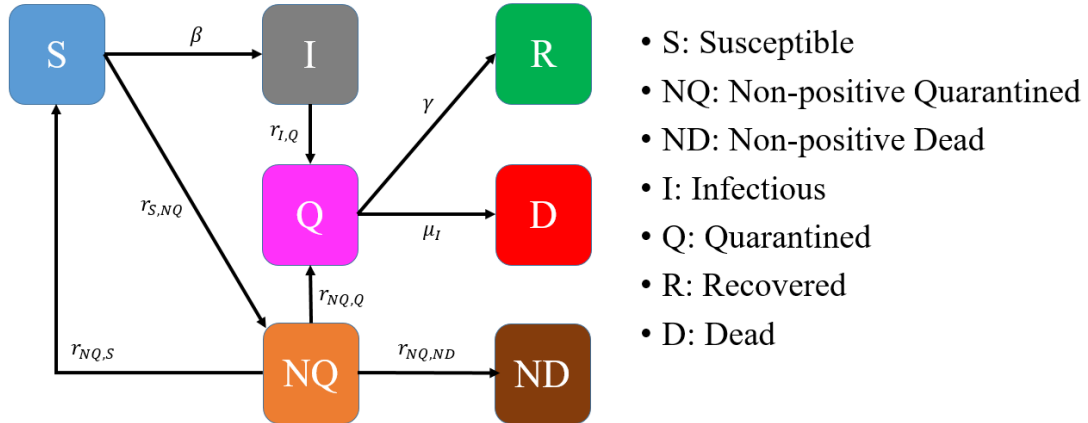
$$\frac{dQ}{dt} = r_{I,Q} \cdot I - \gamma \cdot Q - \mu_I \cdot Q \quad (11)$$

$$\frac{dR}{dt} = \gamma \cdot Q \quad (12)$$

$$\frac{dD}{dt} = \mu_I \cdot Q \quad (13)$$

Fitting dilakukan pada kompartemen Q, R, dan D.

3 Model SIRQN tanpa NR



Dasar dihilangkannya kompartemen NR adalah karena orang yang non-positif selesai isolasi sebenarnya menjadi Susceptible lagi.

$$\frac{dS}{dt} = -\beta \cdot \frac{S \cdot I}{N_{pop}} - r_{S,NQ} \cdot S + r_{NQ,S} \cdot NQ \quad (14)$$

$$\frac{dNQ}{dt} = r_{S,NQ} \cdot S - r_{NQ,S} \cdot NQ - r_{NQ,ND} \cdot NQ - r_{NQ,Q} \cdot NQ \quad (15)$$

$$\frac{dND}{dt} = r_{NQ,ND} \cdot NQ \quad (16)$$

$$\frac{dI}{dt} = \beta \cdot \frac{S \cdot I}{N_{pop}} - r_{I,Q} \cdot I \quad (17)$$

$$\frac{dQ}{dt} = r_{NQ,Q} \cdot NQ + r_{I,Q} \cdot I - \gamma \cdot Q - \mu_I \cdot Q \quad (18)$$

$$\frac{dR}{dt} = \gamma \cdot Q \quad (19)$$

$$\frac{dD}{dt} = \mu_I \cdot Q \quad (20)$$

Fitting dilakukan pada kompartemen NQ, ND, Q, R, dan D.

4 Model SIRQN Tanpa NR Proporsional Terhadap NQ

Secara blok diagram sama, namun terdapat perbedaan pada persamaan ODE, yaitu perpindahan dari kompartemen S menuju NQ dibuat proporsional terhadap jumlah S dan NQ.

$$\frac{dS}{dt} = -\beta \cdot \frac{S \cdot I}{N_{pop}} - r_{S,NQ} \cdot \frac{S \cdot NQ}{N_{pop}} + r_{NQ,S} \cdot NQ \quad (21)$$

$$\frac{dNQ}{dt} = r_{S,NQ} \cdot \frac{S \cdot NQ}{N_{pop}} - r_{NQ,S} \cdot NQ - r_{NQ,ND} \cdot NQ - r_{NQ,Q} \cdot NQ \quad (22)$$

$$\frac{dND}{dt} = r_{NQ,ND} \cdot NQ \quad (23)$$

$$\frac{dI}{dt} = \beta \cdot \frac{S \cdot I}{N_{pop}} - r_{I,Q} \cdot I \quad (24)$$

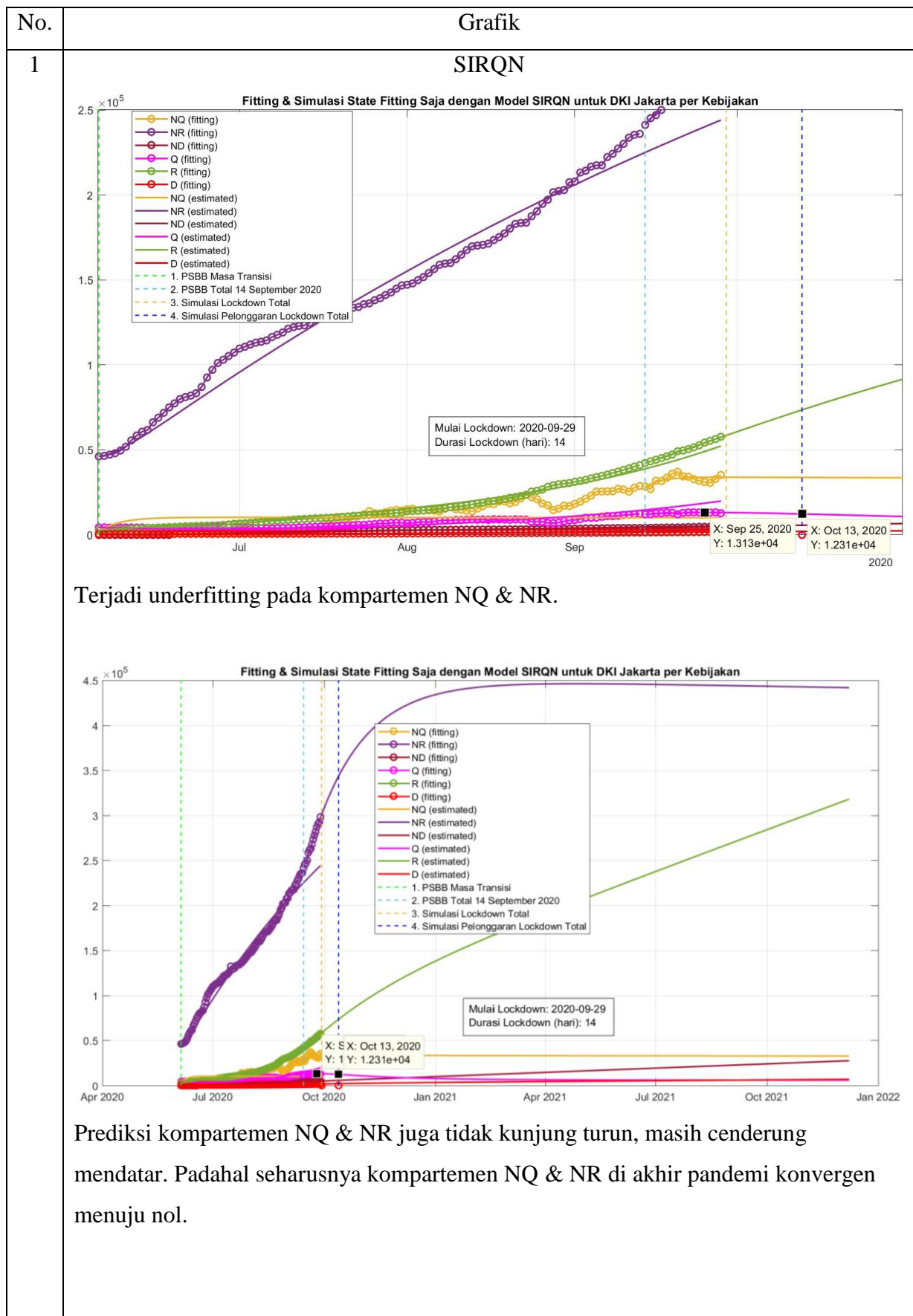
$$\frac{dQ}{dt} = r_{NQ,Q} \cdot NQ + r_{I,Q} \cdot I - \gamma \cdot Q - \mu_I \cdot Q \quad (25)$$

$$\frac{dR}{dt} = \gamma \cdot Q \quad (26)$$

$$\frac{dD}{dt} = \mu_I \cdot Q \quad (27)$$

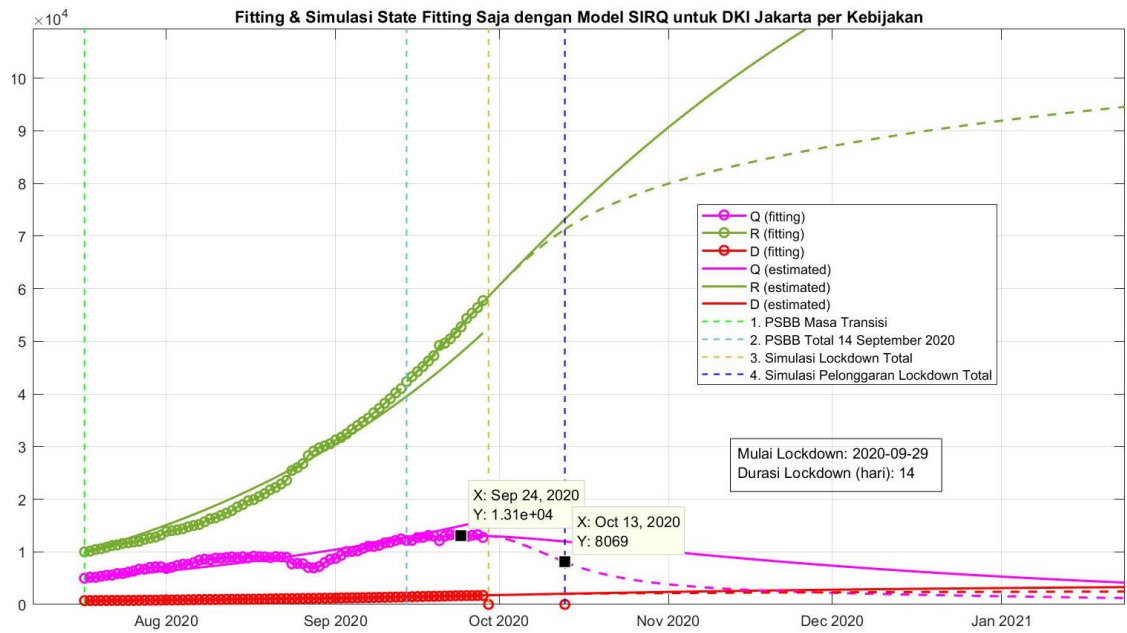
Fitting dilakukan pada kompartemen NQ, ND, Q, R, dan D.

5 Perbandingan Fitting



2

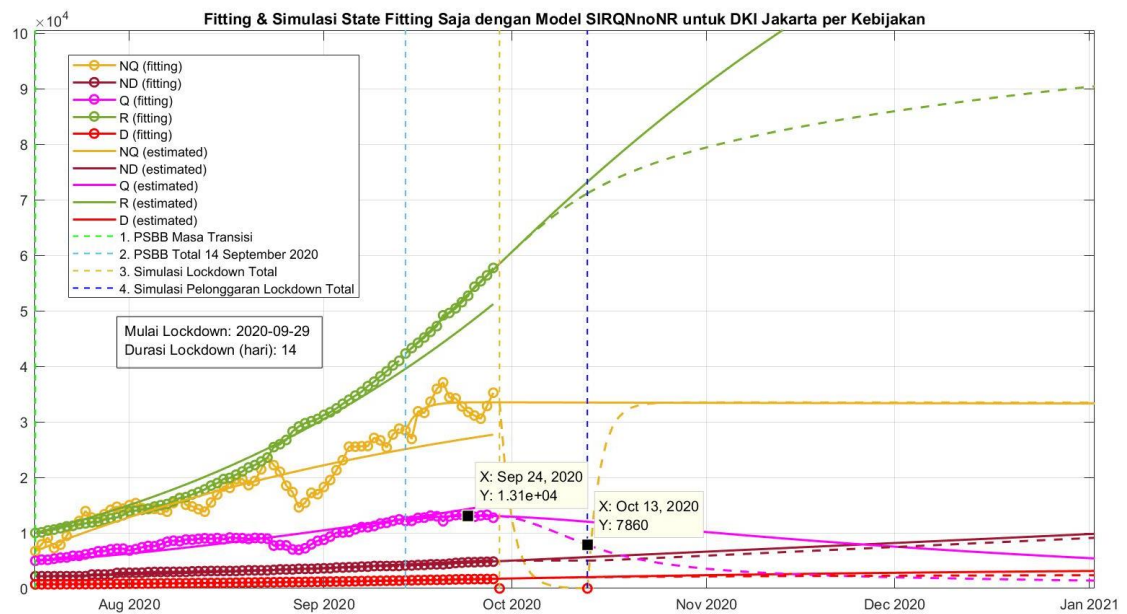
SIRQ



Fitting terlihat lebih baik namun tidak mempertimbangkan kasus non-positif.

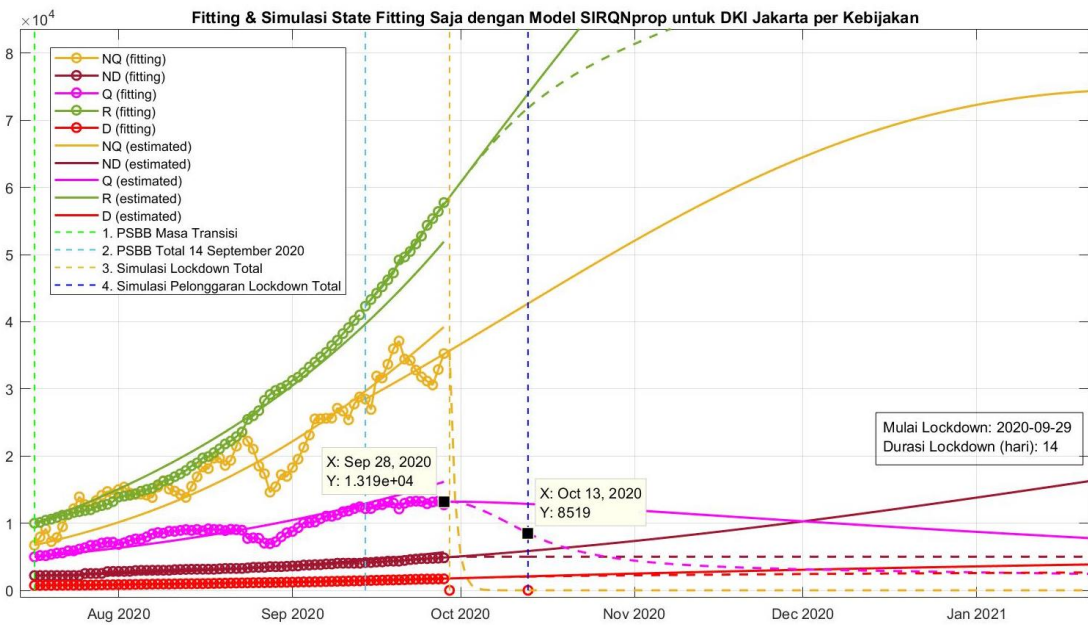
3

SIRQN Tanpa NR

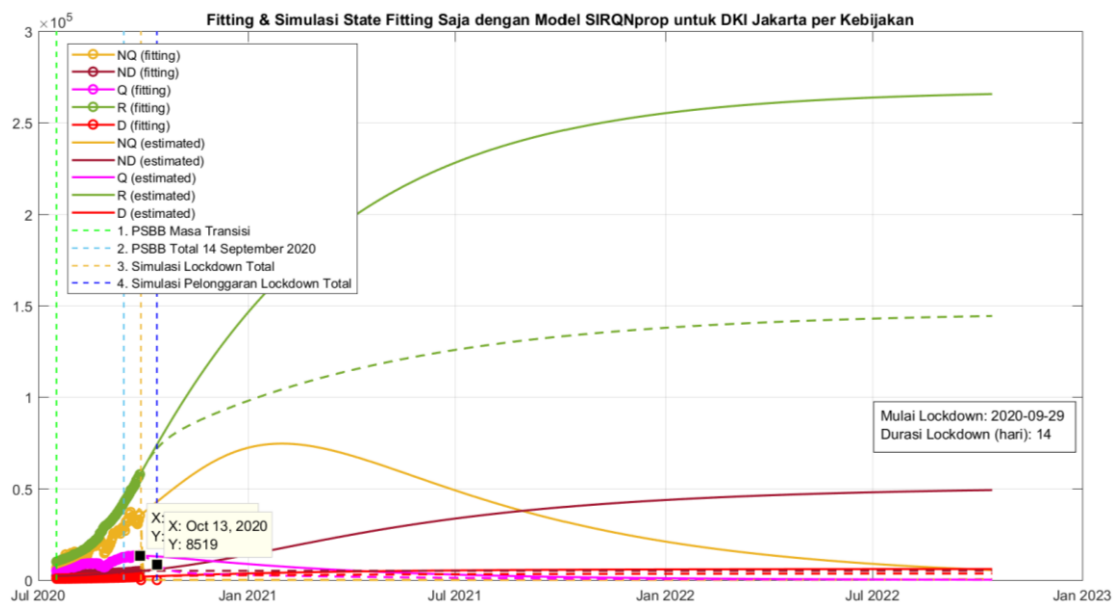


Pada nomor 3 (model SIRQN tanpa NR), fitting pada kompartemen NQ terlihat lebih baik dibandingkan model dengan kompartemen NR. Namun masih muncul masalah prediksi kompartemen NQ yang belum konvergen menuju nol.

SIRQN Tanpa NR Proporsional Terhadap NQ



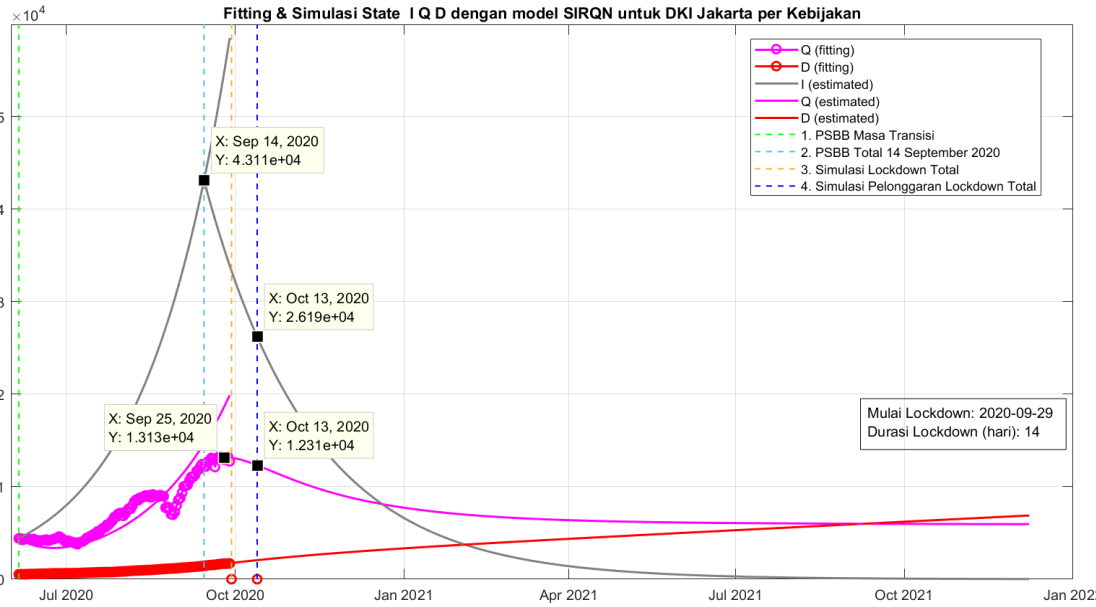
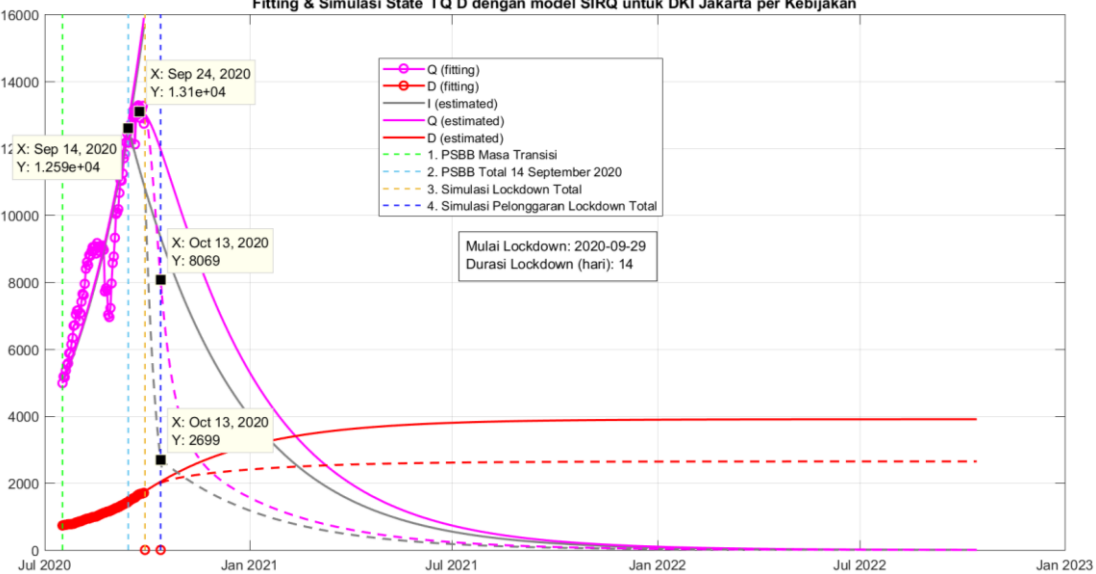
Fitting terlihat lebih baik pada kompartemen NQ.

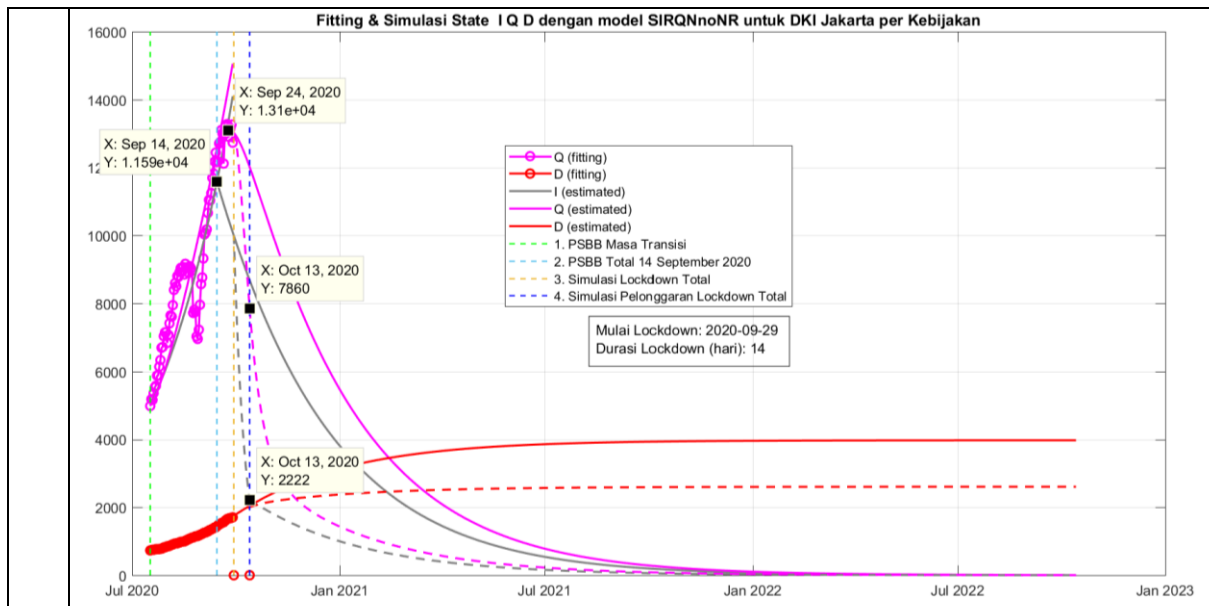


Kurva kompartemen NQ juga menunjukkan puncak kemudian konvergen menuju nol.

Model yang paling sesuai secara visual adalah nomor 4 (SIRQN Tanpa NR Proporsional Terhadap NQ) dikarenakan tetap mempertimbangkan kompartemen non-positif dan kompartemen non-positif isolasi konvergen menuju nol.

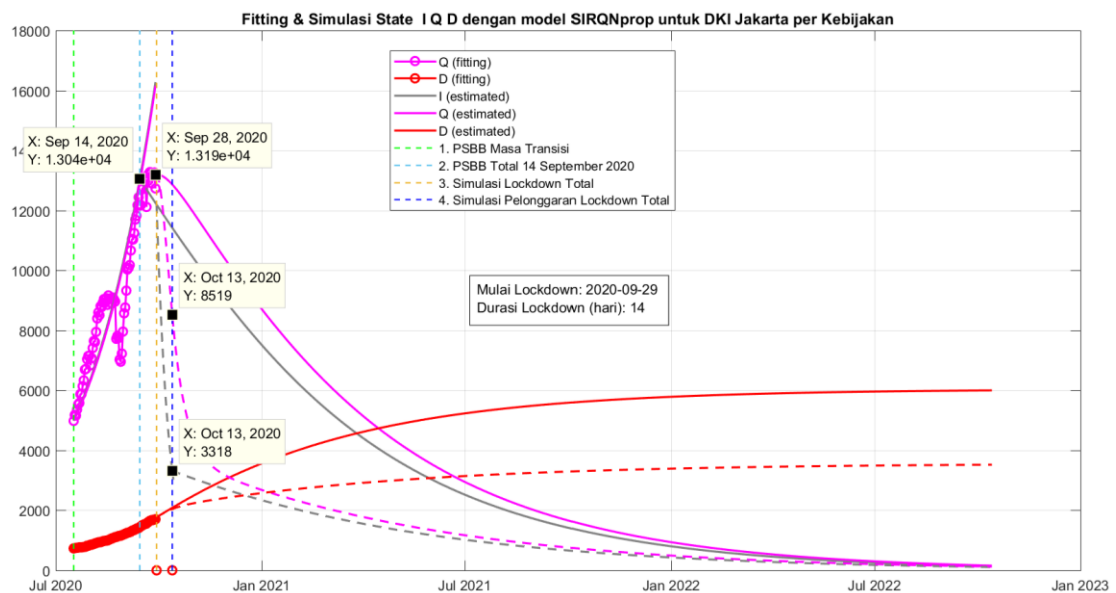
6 Perbandingan Prediksi Kompartemen Terinfeksi

No.	Grafik
1	<p style="text-align: center;">SIRQN</p>  <p>Fitting & Simulasi State I Q D dengan model SIRQN untuk DKI Jakarta per Kebijakan</p> <p>Legend:</p> <ul style="list-style-type: none"> Q (fitting) D (fitting) I (estimated) Q (estimated) D (estimated) 1. PSBB Masa Transisi 2. PSBB Total 14 September 2020 3. Simulasi Lockdown Total 4. Simulasi Pelonggaran Lockdown Total <p>Annotations:</p> <ul style="list-style-type: none"> X: Sep 14, 2020 Y: 4.311e+04 X: Oct 13, 2020 Y: 2.619e+04 X: Sep 25, 2020 Y: 1.313e+04 X: Oct 13, 2020 Y: 1.231e+04 <p>Mulai Lockdown: 2020-09-29 Durasi Lockdown (hari): 14</p> <p>Terdapat masalah kompartemen Q tidak konvergen menuju nol. Hal ini tidak sesuai dengan kenyataan yang seharusnya di akhir pandemi kompartemen Q habis menuju kompartemen R maupun D.</p>
2	<p style="text-align: center;">SIRQ</p>  <p>Fitting & Simulasi State I Q D dengan model SIRQ untuk DKI Jakarta per Kebijakan</p> <p>Legend:</p> <ul style="list-style-type: none"> Q (fitting) D (fitting) I (estimated) Q (estimated) D (estimated) 1. PSBB Masa Transisi 2. PSBB Total 14 September 2020 3. Simulasi Lockdown Total 4. Simulasi Pelonggaran Lockdown Total <p>Annotations:</p> <ul style="list-style-type: none"> X: Sep 14, 2020 Y: 1.259e+04 X: Sep 24, 2020 Y: 1.31e+04 X: Oct 13, 2020 Y: 8069 X: Oct 13, 2020 Y: 2699 <p>Mulai Lockdown: 2020-09-29 Durasi Lockdown (hari): 14</p>
3	<p style="text-align: center;">SIRQN tanpa NR</p>



4

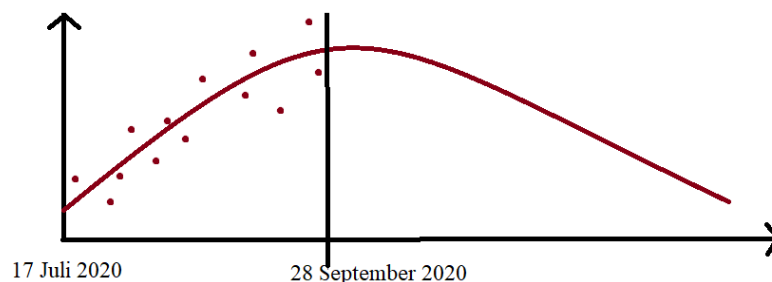
SIRQN Tanpa NR Proporsional Terhadap NQ



Secara sekilas, model nomor 2-4 tidak jauh berbeda. Keempatnya sama-sama menunjukkan puncak kasus terinfeksi pada pertengahan September kemudian konvergen menuju nol.

7 Validasi antara Data Fitting dengan Prediksi pada Tanggal Fitting

Model divalidasi dengan menghitung RMSE pada data tanggal 17 Juli – 28 September 2020. RMSE dihitung untuk masing-masing state (kompartemen) dan rata-rata dari semua state.



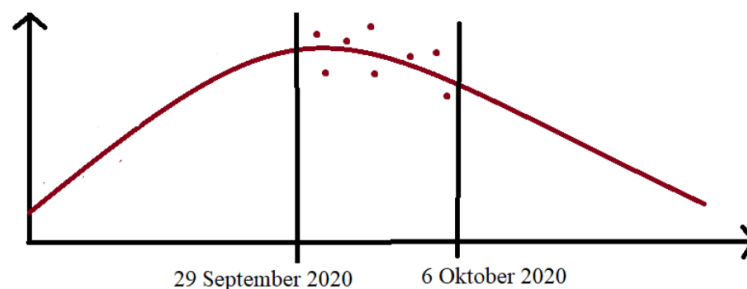
State	Model				Model:
	1	2	3	4	
NQ	3410.2		2328.2	3085.2	1. SIRQN 2. SIRQ 3. SIRQN Tanpa NR 4. SIRQN Tanpa NR Proporsional Terhadap NQ
NR	2516.5				
ND	182.3		149.9	174	
Q	988.7	993.1	1020	1020.8	
R	1361.3	1359.8	1317.8	1340.2	
D	10.9	10.4	10.5	17	
Average	1411.7	787.8	965.3	1127.4	

RMSE rata-rata yang terkecil adalah model nomor 2 (SIRQ). Hal ini dikarenakan kompartemen non-positif tidak dipertimbangkan.

Pada model yang mempertimbangkan kompartemen non-positif, model nomor 3 (SIRQN Tanpa NR) menghasilkan RMSE rata-rata terkecil.

8 Validasi antara Data Non-Fitting dengan Prediksi Masa Depan

Model divalidasi dengan menghitung RMSE pada data tanggal 29 September – 6 Oktober 2020



State	Model				Model:
	1	2	3	4	
NQ	4517.5		4808.4	1689.7	1. SIRQN 2. SIRQ 3. SIRQN Tanpa NR 4. SIRQN Tanpa NR Proporsional Terhadap NQ
NR	5839.9				
ND	80.5		69.3	133.3	
Q	407.9	400.4	400.3	532.7	
R	492.5	527.6	518.1	401.5	
D	87.8	80.1	81.7	103.5	
Average	1904.4	336	1175.6	572.1	

Model nomor 2 (SIRQ) masih menghasilkan RMSE rata-rata terkecil dikarenakan tidak mempertimbangkan kompartemen non-positif.

Namun untuk model yang mempertimbangkan kompartemen non-positif, model nomor 4 (SIRQN Tanpa NR Proporsional Terhadap NQ) menghasilkan RMSE rata-rata terkecil.

9 Kesimpulan Sementara

Dari keempat variasi model SIRQN, model dengan RMSE rata-rata terkecil dan trend kurva yang juga masuk akal adalah model nomor 2 (**SIRQ**).

Namun jika mempertimbangkan kompartemen **non-positif**, model yang paling sesuai adalah model nomor 4 (**SIRQN Tanpa NR Proporsional Terhadap NQ**). Secara trend kurva visual paling masuk akal (kompartemen Q & NQ konvergen menuju nol), dan RMSE rata-rata terkecil ketika divalidasi dengan data prediksi masa depan.