

4. PENGUMPULAN, PENGOLAHAN DAN ANALISA DATA

Dalam membuat model sistim banjir dengan menggunakan *software* Vensim, diperlukan data-data untuk setiap *element* faktor penyebab banjir yang didapatkan dari berbagai sumber. Setelah data-data yang diperlukan terkumpul, kemudian dilakukan pengolahan data untuk menentukan *equation* yang akan digunakan sebagai *input*-an dari model simulasi sistim banjir. Sebelum melakukan pengumpulan dan pengolahan data, yang harus dilakukan terlebih dahulu ialah membuat *causal diagram* serta membuat *causal loop diagram*. *Causal diagram* bertujuan untuk mengetahui faktor-faktor apa saja yang menjadi penyebab terjadinya banjir, sedangkan *causal loop diagram* bertujuan untuk melihat hubungan sebab akibat dari masing-masing *element* faktor yang ada.

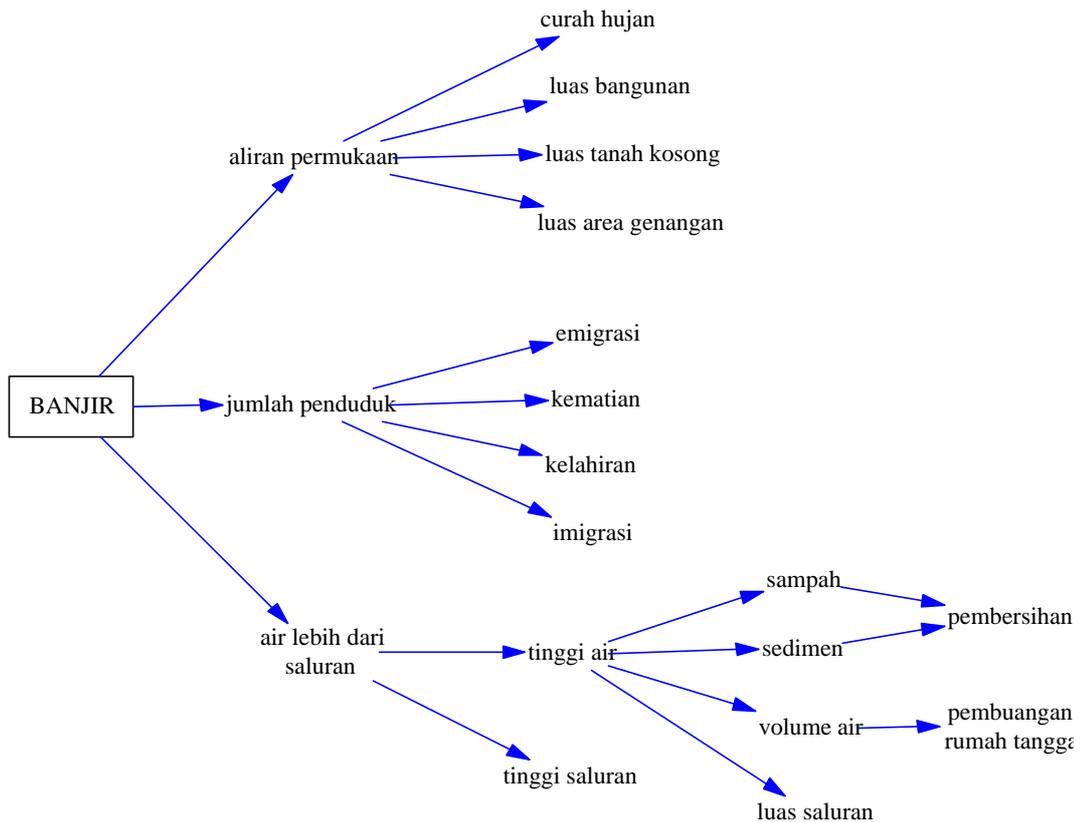
4.1. *Causal Diagram*

Faktor yang menjadi penyebab terjadinya banjir dapat diklasifikasikan menjadi 2 kategori, yaitu penyebab alami dan penyebab karena tindakan manusia. Penyebab alami terjadinya banjir ialah curah hujan, letak geografis, pengaruh fisiografi, sedimentasi, kapasitas sungai, kapasitas saluran dan pengaruh air pasang laut. Penyebab banjir karena tindakan manusia ialah perubahan kondisi daerah pengaliran sungai, kawasan kumuh, sampah, kemampuan tanah menyerap air dan kerusakan bangunan pengendali banjir.

Faktor-faktor penyebab terjadinya banjir baik secara alami maupun karena tindakan manusia yang tidak digunakan dalam model ialah pengaruh air pasang laut, kawasan kumuh dan kerusakan bangunan pengendali banjir. Air pasang laut tidak digunakan dalam model karena Surabaya pusat berada jauh dari laut sehingga pengaruh air pasang laut terhadap aliran air sungai yang ada di Surabaya pusat kecil sekali. Kawasan kumuh tidak digunakan dalam model karena pengaruh dari kawasan kumuh hampir sama dengan pengaruh dari sampah yaitu menghambat aliran air sungai dan juga banyaknya kawasan kumuh yang ada di sepanjang sungai yang ada di Surabaya pusat jumlah kecil sekali. Kerusakan

bangunan pengendali banjir tidak digunakan dalam model karena di daerah Surabaya pusat tidak ada bangunan pengendali banjir.

Faktor-faktor penyebab terjadinya banjir baik secara alami maupun karena tindakan manusia yang digunakan dalam model dapat dilihat pada *causal diagram* seperti yang ada pada gambar 4.1.



Gambar 4.1. *Causal Diagram Banjir*

Banyak faktor yang menjadi penyebab terjadinya banjir di daerah Surabaya pusat, tetapi hanya ada tiga faktor yang menjadi penyebab utama terjadinya banjir di daerah Surabaya pusat, seperti yang terlihat pada gambar 4.1. Ketiga penyebab utama terjadinya banjir di daerah Surabaya pusat ialah aliran permukaan, jumlah penduduk dan air lebih dari saluran (kapasitas saluran tidak mencukupi). Penyebab utama terjadinya banjir di daerah Surabaya pusat ternyata dapat dibagi lagi menjadi faktor-faktor yang mempengaruhi faktor utama tersebut. Aliran permukaan dipengaruhi oleh curah hujan, luas bangunan, luas tanah kosong serta luas area genangan. Jumlah penduduk dipengaruhi oleh emigrasi dan

imigrasi, serta kelahiran dan kematian. Air lebih dari saluran dipengaruhi oleh tinggi air dan tinggi saluran. Tinggi air dipengaruhi oleh volume air, volume sampah dan tinggi sedimen yang ada di saluran serta luas saluran. Volume air dipengaruhi oleh pembuangan rumah tangga, sedangkan volume sampah dan tinggi sedimen yang ada di saluran dipengaruhi oleh pembersihan yang dilakukan terhadap saluran tersebut.

Tanah kosong di daerah Surabaya pusat hampir tidak ada lagi, hal ini disebabkan karena banyak dibangunnya gedung-gedung di Surabaya pusat. Pembangunan gedung-gedung di Surabaya pusat ini dilakukan karena Surabaya pusat merupakan pusat perekonomian dan perdagangan dari kota Surabaya.

4.2. *Causal Loop Diagram*

Faktor-faktor penyebab terjadinya banjir yang terdapat pada gambar 4.1. ternyata mempunyai hubungan sebab akibat antara faktor yang satu dengan faktor yang lain. Faktor-faktor penyebab terjadinya banjir di daerah Surabaya pusat yang saling berhubungan antara lain jumlah penduduk dengan volume air yang berasal dari pembuangan rumah tangga, jumlah penduduk dengan volume sampah, aliran permukaan dengan volume air pada saluran, dll. Hubungan sebab akibat secara keseluruhan antara faktor penyebab terjadinya banjir yang satu dengan faktor yang lain dapat dilihat pada gambar 4.2.

jumlah penduduk dan jika jumlah penduduk bertambah maka kematian juga akan bertambah.

- Emigrasi dan imigrasi masing-masing mempunyai hubungan *open loop* dengan jumlah penduduk. Imigrasi yang terjadi akan menambah jumlah penduduk sedangkan emigrasi yang terjadi akan mengurangi jumlah penduduk.
- Volume sampah dan pembuangan rumah tangga dipengaruhi oleh jumlah penduduk. Jika jumlah penduduk bertambah maka volume sampah dan pembuangan rumah tangga juga akan bertambah.
- Waktu pembersihan saluran mempengaruhi volume sampah dan sedimen. Jika waktu pembersihan bertambah maka volume sampah dan sedimen juga akan bertambah.
- Tinggi air dipengaruhi oleh volume sampah, sedimen, volume air saluran dan luas saluran. Jika volume air saluran bertambah maka tinggi air juga akan bertambah. Jika volume sampah bertambah maka tinggi air juga akan bertambah. Jika sedimen bertambah maka tinggi air juga akan bertambah. Jika luas saluran bertambah maka tinggi air akan berkurang.
- Perbedaan tinggi air dan tinggi saluran dipengaruhi oleh tinggi air dan tinggi saluran. Jika tinggi air bertambah maka perbedaan tinggi air dan tinggi saluran akan berkurang. Jika tinggi saluran bertambah maka perbedaan tinggi air dan tinggi saluran juga akan bertambah.
- Aliran air dipengaruhi oleh lebar saluran, kemiringan saluran dan tinggi air. Jika lebar saluran bertambah maka aliran air juga akan bertambah. Jika kemiringan saluran bertambah maka aliran air juga akan bertambah. Jika tinggi air bertambah maka aliran air juga akan bertambah.
- Air lebih dari saluran ke banjir dipengaruhi oleh luas saluran dan perbedaan tinggi air dan tinggi saluran. Jika luas saluran bertambah maka air lebih dari saluran ke banjir juga akan bertambah. Jika perbedaan tinggi air dan tinggi saluran bertambah maka air lebih dari saluran ke banjir akan berkurang.
- Air ke sungai dipengaruhi oleh aliran air dan pompa air. Jika aliran air bertambah maka air ke sungai juga akan bertambah. Jika pompa air bertambah maka air ke sungai juga akan bertambah.

- Air dari banjir ke saluran dipengaruhi oleh aliran air. Jika aliran air bertambah maka air dari banjir ke saluran juga akan bertambah.
- Aliran permukaan dipengaruhi oleh luas area Surabaya pusat dan curah hujan. Jika luas area Surabaya pusat bertambah maka aliran permukaan juga akan bertambah. Jika curah hujan bertambah maka aliran permukaan juga akan bertambah.
- Volume air saluran dipengaruhi oleh pembuangan rumah tangga, aliran permukaan, air dari banjir ke saluran, air ke sungai dan air lebih dari saluran ke banjir. Volume pembuangan dari rumah tangga akan menambah volume air saluran. Aliran permukaan akan menambah volume air saluran. Air dari banjir ke saluran akan menambah volume air saluran. Air ke sungai akan mengurangi volume air saluran. Air lebih dari saluran ke banjir akan mengurangi volume air saluran.
- Aliran permukaan banjir dipengaruhi oleh curah hujan dan luas area genangan banjir. Jika curah hujan bertambah maka aliran permukaan banjir juga akan bertambah. Jika luas area genangan banjir bertambah maka aliran permukaan banjir juga akan bertambah.
- Volume air banjir dipengaruhi oleh aliran permukaan banjir, air lebih dari saluran ke banjir dan air dari banjir ke saluran. Aliran permukaan banjir akan menambah volume air banjir. Air lebih dari saluran ke banjir akan menambah volume air banjir. Air dari banjir ke saluran akan mengurangi volume air banjir.
- Tinggi banjir dipengaruhi oleh volume air banjir dan luas area genangan banjir. Jika volume air banjir bertambah maka tinggi banjir juga akan bertambah. Jika luas area genangan banjir bertambah maka tinggi banjir akan berkurang.

4.3. Pengumpulan dan Pengolahan Data

Data yang diperlukan untuk pengolahan data didapat dari data masa lalu dan dokumentasi yang diperoleh dari berbagai sumber seperti Biro Pusat Statistik (BPS), Badan Perencanaan dan Pembangunan Kota (BAPPEKO), Dinas

Kebersihan, Badan Meteorologi dan Geofisika (BMG). Periode waktu masing-masing data disesuaikan dengan data yang diperoleh.

4.3.1. Data Curah Hujan

Salah satu penyebab terjadinya banjir ialah curah hujan yang tinggi. Data mengenai curah hujan diperoleh dari Badan Meteorologi dan Geofisika (BMG). Data mengenai banyaknya hari hujan dan curah hujan yang terjadi di Surabaya pusat setiap bulannya selama lima tahun dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1. Banyaknya Hari Hujan dan Curah Hujan

Bulan	Hari hujan (hari)					Curah hujan (mm)				
	1997	1998	1999	2000	2001	1997	1998	1999	2000	2001
Januari	27	21	28	28	24	360	116	607	474	245
Februari	19	21	23	20	19	265	412	178	268	354
Maret	23	25	24	28	26	203	160	374	191	316
April	24	21	21	18	15	173	215	239	132	243
Mei	13	14	12	14	7	65	200	58	143	53
Juni	7	17	2	9	11	145	116	0	90	89
Juli	1	18	6	2	11	0	155	47	19	152
Agustus	0	7	0	2	0	0	9	0	2	0
September	0	6	0	0	0	0	38	0	0	0
Oktober	0	19	18	17	18	0	184	82	164	163
November	6	21	22	24	21	153	263	160	94	223
Desember	20	23	25	15	24	125	414	322	147	339

Sumber : Surabaya dalam angka 2001 (Stasiun BMG Perak I Surabaya)

Setelah memperoleh data mengenai curah hujan seperti yang terdapat pada tabel 4.1., kemudian dilakukan pengolahan data untuk mendapatkan rata-rata curah hujan perhari dan rata-rata hari hujan perbulan. Data hasil olahan mengenai rata-rata curah hujan perhari dan rata-rata hari hujan perbulan dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2. Rata-rata Curah Hujan Perhari dan Hari Hujan Perbulan

Bulan	Rata-rata Curah Hujan Perhari (mm)					Rata-rata Hari Hujan Perbulan
	1997	1998	1999	2000	2001	
Januari	13,33	5,52	21,68	16,93	10,21	26
Februari	13,95	19,62	7,74	13,40	18,63	20
Maret	8,83	6,40	15,58	6,82	12,15	25
April	7,21	10,24	11,38	7,33	16,20	20
Mei	5,00	14,29	4,83	10,21	7,57	12
Juni	20,71	6,82	0	10,00	8,09	9
Juli	0	8,61	7,83	9,50	13,82	8
Agustus	0	1,29	0	1,00	0	2
September	0	6,33	0	0	0	1
Oktober	0	9,68	4,56	9,65	9,06	14
November	25,50	12,52	7,27	3,92	10,62	19
Desember	6,25	18,00	12,88	9,80	14,13	21
Total hari hujan pertahun						177

Data perkiraan mengenai curah hujan harian maksimum pertahun yang terjadi di Surabaya pusat selama 30 tahun dari tahun 1997 sampai tahun 2026 dapat dilihat pada tabel 4.3.

Tabel 4.3. Data Perkiraan Curah Hujan Harian Maksimum Pertahun

Tahun	Curah Hujan Harian Maksimum (mm)	Tahun	Curah Hujan Harian Maksimum (mm)	Tahun	Curah Hujan Harian Maksimum (mm)
1997	120	2007	53	2017	94
1998	84	2008	127	2018	125
1999	108	2009	107	2019	145
2000	115	2010	105	2020	138
2001	123	2011	82	2021	127
2002	250	2012	120	2022	182
2003	155	2013	115	2023	199
2004	86	2014	72	2024	121
2005	75	2015	65	2025	101
2006	85	2016	76	2026	109

Sumber : Stasiun BMG Perak I Surabaya

4.3.2. Data Jumlah Penduduk

Jumlah penduduk merupakan salah satu faktor penyebab yang tidak berhubungan secara langsung terhadap terjadinya banjir. Data mengenai luas area Surabaya pusat, jumlah penduduk tahun 1997 dan 2001 serta banyaknya kelahiran dan kematian yang terjadi pada tahun 2001 dan volume sampah yang dihasilkan untuk daerah Surabaya pusat selama satu tahun (tahun 2001) dapat dilihat pada tabel 4.4.

Tabel 4.4. Data Luas Area, Kelahiran, Kematian dan Volume Sampah

Data	Surabaya Pusat
Luas area (km ²)	14,78
Jumlah penduduk tahun 1997 (orang)	393.419
Jumlah penduduk tahun 2001 (orang)	390.091
Kelahiran tahun 2001 (orang)	5173
Kematian tahun 2001 (orang)	1893
Volume sampah tahun 2001 (m ³ / hari)	1710

Sumber : Surabaya dalam Angka 2001 (BPS) dan Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Surabaya 2013 (BAPPEKO)

Pengolahan data yang dilakukan terhadap data-data yang terdapat pada tabel 4.4. bertujuan untuk mendapatkan data rate kelahiran dan kematian pertahun serta data volume sampah yang dihasilkan oleh satu orang selama satu tahun. Adapun pengolahan data tersebut ialah :

- Rate kelahiran = kelahiran / jumlah penduduk
 $= 5173 / 390091$
 $= 0,01326100833$ pertahun
- Rate kematian = kematian / jumlah penduduk
 $= 1893 / 390091$
 $= 0,004852713854$ pertahun
- Volume sampah = 365 x volume sampah / jumlah penduduk
 $= 365 \times 1710 / 390091$
 $= 1,600015381$ m³/tahun / orang

Banyaknya penduduk yang berada di daerah Surabaya pusat dipengaruhi oleh beberapa faktor. Faktor-faktor yang mempengaruhi jumlah penduduk di daerah Surabaya pusat yaitu kelahiran dan kematian yang terjadi serta banyaknya penduduk yang masuk dan keluar Surabaya pusat. Data mengenai banyaknya penduduk yang masuk dan keluar Surabaya pusat selama lima tahun dapat dilihat pada tabel 4.5.

Tabel 4.5. Data Jumlah Penduduk Masuk dan Penduduk Keluar Surabaya Pusat

Tahun	Surabaya Pusat	
	Penduduk Masuk (orang)	Penduduk Keluar (orang)
1997	4.965	9.518
1998	4.714	10.093
1999	4.487	8.192
2000	5.156	8.628
2001	5.017	10.252

Sumber : Surabaya dalam Angka 2001 (Badan Pusat Statistik Kota Surabaya)

Pengolahan data dengan menggunakan metode regresi linier yang dilakukan terhadap data penduduk masuk dan penduduk keluar yang terdapat pada tabel 4.5. bertujuan untuk mendapatkan *slope*/kemiringan dari data penduduk masuk dan penduduk keluar Surabaya pusat. Adapun *slope* dari data penduduk masuk dan penduduk keluar Surabaya pusat. ialah :

- Jumlah penduduk masuk Surabaya pusat

$$Y = 4704 + 54,6X$$

dimana : Y = jumlah penduduk masuk

X = tahun

- Jumlah penduduk keluar Surabaya pusat

$$Y = 9335,7 + 0,3X$$

dimana : Y = jumlah penduduk keluar

X = tahun

Adapun banyaknya air pembuangan rumah tangga yang dibuang oleh satu orang selama satu hari ialah 75 liter.

4.3.3. Data Kawasan Genangan yang ada di Surabaya Pusat

Banjir merupakan kumpulan air yang menggenang dalam waktu yang cukup lama pada suatu daerah tertentu. Genangan air ini biasanya terjadi pada saat hujan. Data karakteristik dari masing-masing kawasan genangan air yang ada di Surabaya pusat dapat dilihat pada tabel 4.6.

Tabel 4.6. Data Karakteristik Kawasan Genangan Air di Surabaya Pusat

No	Nama Kawasan Genangan	Besaran Genangan			Saluran di Kawasan Genangan
		Luas (ha)	Lama (jam)	Kedalaman (cm)	
1	Jl. Raden Saleh	15,95	2 – 4	10 – 30	Semarang
2	Kp. Maspati	7,96	2 – 4	10 – 30	Semarang
3	Jl. Semarang	10,35	2 – 4	10 – 30	Semarang
4	Kp. Sumber Mulia	7,21	2 – 4	30 – 50	Sumber Mulyo
5	Jl. Dupak	35,34	4 – 6	10 – 30	Dupak
6	Jl. Embong Kenongo	4,01	1 – 2	10 – 30	Embong Kenongo
7	Jl. Basuki Rahmat	3,44	1 – 2	10 – 30	Embong Sawo
8	Kp. Kedung Turi	35,86	2 – 4	30 – 50	Embong Malang
9	Jl. Untung Suropati	23,59	2 – 4	30 – 50	Primer Kupang
10	Jl. Kartini	13,59	4 – 6	50 – 70	Kartini
11	Kp. Tempel Sukorejo	20,01	1 – 2	10 – 30	Tempel Sukorejo
12	Kp. Dinoyo	28,62	2 – 4	30 – 50	Jenggolo
13	Jl. Kombes Pol.	4,14	1 – 2	10 – 30	Kedung Anyar
14	Kp. Malang	17,11	1 – 2	10 – 30	Kedung Anyar
15	Jl. Tegal Sari	4,04	2 – 4	10 – 30	Surabayan

Sumber : Surabaya *Drainage Master Plan* 2018 Jilid 2

4.3.4. Data Saluran Air di Surabaya Pusat

Saluran air merupakan salah satu faktor penyebab terjadinya banjir. Saluran air yang kapasitasnya tidak mencukupi akan menambah volume air banjir yang ada di sekitar saluran tersebut. Surabaya pusat memiliki sekitar 30 saluran

air, dimana setiap saluran air mempunyai dimensi yang berbeda-beda. Data mengenai saluran air yang ada di Surabaya pusat beserta dengan dimensinya dapat dilihat pada tabel 4.7.

Tabel 4.7. Data Saluran Air di Surabaya Pusat

No	Nama Saluran Air	Luas (Ha)	Lebar (m)	Tinggi (m)	Kemiringan Saluran	Sedimen (m/tahun)
1	Margo Rukun	39,3	1,40	1,65	0,11	0,06
2	Sumber Mulyo	17,2	2,40	1,30	0,11	0,14
3	Semarang	26,5	1,13	1,90	0,03	0,06
4	Dupak	121,9	3,55	1,80	0,04	0,10
5	Demak Timur	38,7	1,00	1,10	0,11	0,06
6	Tempel Sukorejo	69,2	6,80	2,34	0,05	0,20
7	Kedung Anyar	66,2	4,00	1,20	0,03	0,04
8	Surabayan	30,16	1,60	1,50	0,03	0,04
9	Primer Greges	217,5	7,60	1,75	0,04	0,35
10	Kemuning	46,3	1,55	1,23	0,14	0,04
11	Kalisari	36,1	2,20	2,65	0,14	0,05
12	Gembong	46,0	2,00	2,00	0,01	0,09
13	Sidodadi Simolawang	56,7	2,70	1,04	0,05	0,07
14	Donorejo	32,8	3,50	2,10	0,03	0,10
15	Simolawang Simokerto	81,2	4,90	1,90	0,05	0,19
16	Simolawang	43,3	3,00	1,95	0,05	0,15
17	Sidotopo Wetan	34,5	2,30	1,61	0,02	0,15
18	Primer Pegirian	152,2	7,61	1,95	0,05	0,24
19	Embong Sawo	24,8	1,20	1,25	0,03	0,01
20	Embong Kenongo	27,7	1,20	1,95	0,03	0,08
21	Primer Grahadi	65,8	0,85	1,90	0,03	0,08
22	Embong Malang	46,9	1,80	1,35	0,05	0,01
23	Primer Genteng	63,3	2,10	1,50	0,05	0,01
24	Jenggolo	50,1	1,70	1,80	0,07	0,02
25	Sambas	69,7	3,50	1,30	0,03	0,02
26	Kupang Panjaan	41,1	2,00	1,40	0,17	0,10
27	Keputran	37,5	2,80	1,30	0,09	0,02
28	Kartini	16,7	2,00	1,50	0,15	0,06
29	Primer Kupang	45,7	3,20	1,70	0,04	0,08
30	Sungai Kalimas	1577,8	15,00	3,00	0,09	0,50

Sumber : Surabaya *Drainage Master Plan* 2018 Jilid 2.

Saluran-saluran air yang ada di Surabaya pusat selalu dibersihkan setiap beberapa tahun sekali. Pembersihan yang dilakukan terhadap saluran-saluran air bertujuan agar saluran dapat menampung seluruh air yang mengalir ke masing-

masing saluran. Adapun waktu pembersihan untuk masing-masing saluran dibedakan berdasarkan jenis saluran. Untuk saluran sekunder, pembersihan saluran dilakukan tiga tahun sekali sedangkan untuk saluran primer, pembersihan saluran dilakukan dua tahun sekali dan untuk sungai, pembersihannya dilakukan setahun sekali.

Volume air yang ada di setiap saluran selalu mengalami perubahan seiring dengan perubahan waktu. Perubahan volume air yang ada di saluran ini dipengaruhi oleh volume air yang masuk ke saluran serta volume air yang keluar dari saluran. Perubahan volume ini mengakibatkan volume air yang ada di setiap saluran tidak dapat diketahui secara pasti sehingga *initial value* dari volume air yang ada di setiap saluran diasumsikan sebanyak setengah dari kapasitas masing-masing saluran.

4.3.5. Data Pompa Air di Surabaya Pusat

Pompa air merupakan salah satu alat bantu yang digunakan untuk mempercepat perpindahan air dari satu saluran ke saluran lain. Pompa air tidak selalu ada pada setiap saluran. Pompa air hanya dipasang pada saluran-saluran yang kapasitasnya hampir atau sudah tidak mencukupi lagi untuk menampung seluruh air yang mengalir ke saluran tersebut. Data mengenai pompa air yang ada di Surabaya pusat beserta kapasitas dan saluran yang berhubungan dengan pompa air tersebut dapat dilihat pada tabel 4.8.

Tabel 4.8. Data Pompa Air di Surabaya Pusat

No.	Nama Pompa Air	Kapasitas (m ³ /detik)	Aliran Air Dari Saluran	Aliran Air Ke
1	Dinoyo	8,47	Primer Kupang	Sungai Kalimas
2	Donorejo	1,00	Donorejo	Sal Simolawang Simokerto
3	Kenari	0,81	Primer Genteng	Sungai Kalimas
4	Keputran	0,12	Keputran	Sungai Kalimas
5	Simolawang	1,39	Simolawang	Sal Simolawang Simokerto

Sumber : Surabaya *Drainage Master Plan* 2018 Jilid 1.

4.4. Model Simulasi Sistem Banjir

Model simulasi sistem banjir dibuat setelah pengumpulan dan pengolahan data selesai dilakukan. Pembuatan model simulasi sistem banjir dilakukan dengan menggunakan bantuan *software* Vensim versi 5.0b. Ada dua macam model simulasi sistem banjir yang dibuat, dimana kedua model tersebut dibuat berdasarkan data curah hujan yang digunakan pada masing-masing model. Model simulasi sistem banjir yang pertama menggunakan data rata-rata curah hujan perhari, sedangkan model yang kedua menggunakan data curah hujan harian maksimum pertahun. Gambaran model simulasi sistem banjir yang menggunakan data rata-rata curah hujan perhari dapat dilihat pada lampiran 1, sedangkan gambaran model simulasi sistem banjir yang menggunakan data curah hujan harian maksimum pertahun dapat dilihat pada lampiran 2.

Model simulasi sistem banjir dibuat dengan menggunakan data-data yang telah dikumpulkan dan diolah sebelumnya. Data-data yang telah dikumpulkan dan diolah tersebut digunakan sebagai *input-an* untuk model simulasi sistem banjir. Penggunaan data-data yang ada harus disesuaikan terlebih dahulu dengan setiap jenis *equation* yang akan digunakan sehingga satuan dari data yang ada juga akan mengalami perubahan. *Equation* dari setiap jenis variabel yang ada pada model simulasi yang menggunakan data rata-rata curah hujan perhari dapat dilihat pada lampiran 3, sedangkan *equation* dari setiap jenis variabel yang ada pada model simulasi yang menggunakan data curah hujan harian maksimum pertahun dapat dilihat pada lampiran 4.

4.5. Verifikasi Model Simulasi

Verifikasi model dilakukan untuk mengetahui kebenaran dari model simulasi sistem banjir yang telah dibuat. Verifikasi model dilakukan dengan cara melakukan cek model, cek unit dan peng-*input-an* nilai ekstrim kedalam model simulasi sistem banjir yang telah dibuat.

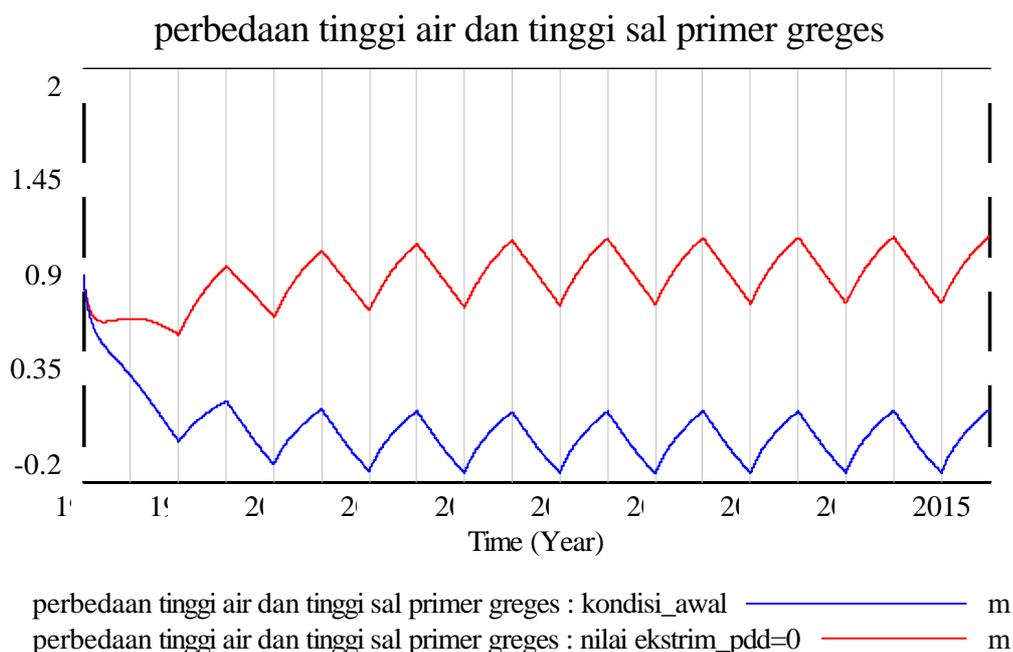
4.5.1. Cek Model dan Cek Unit.

Cek model dan cek unit yang dilakukan terhadap model simulasi bertujuan untuk mengetahui apakah terdapat *error* pada model simulasi sistem

banjir yang telah dibuat. Hasil dari cek unit yang dilakukan terhadap model simulasi ternyata tidak menghasilkan *error*, hal ini menunjukkan bahwa unit yang di-*input*-kan pada setiap variabel sudah cocok dengan unit hasil perhitungan *equation* oleh *software* Vensim. Hasil dari cek model yang dilakukan terhadap model simulasi ternyata menghasilkan *error* karena adanya variabel yang tidak mempengaruhi variabel lain pada model, yaitu variabel tinggi banjir. Hasil dari cek model dan cek unit yang dilakukan terhadap model simulasi tidak mempengaruhi jalannya simulasi dari model sistem banjir tersebut.

4.5.2. Peng-*input*-an Nilai Ekstrim kedalam Model Simulasi Sistem Banjir

Peng-*input*-an nilai ekstrim kedalam model simulasi bertujuan untuk mengetahui apakah model simulasi yang dibuat telah benar dan juga untuk mengetahui apakah terdapat kekeliruan pada model simulasi sistem banjir yang telah dibuat. Nilai ekstrim yang di-*input*-kan kedalam model simulasi sistem banjir ialah curah hujan sama dengan nol dan jumlah penduduk sama dengan nol. Verifikasi model simulasi sistem banjir dengan meng-*input*-kan nilai ekstrim curah hujan sama dengan nol menghasilkan volume air banjir yang juga sama dengan nol. Berdasarkan hasil verifikasi model dengan meng-*input*-kan nilai ekstrim curah hujan sama dengan nol dapat diketahui bahwa volume air banjir yang terjadi di daerah Surabaya pusat sangat dipengaruhi oleh banyaknya curah hujan yang terjadi. Proses verifikasi model simulasi sistem banjir dengan meng-*input*-kan nilai ekstrim jumlah penduduk sama dengan nol menghasilkan volume air yang berasal dari pembuangan rumah tangga juga sama dengan nol. Dari hasil verifikasi model dengan meng-*input*-kan nilai ekstrim jumlah penduduk sama dengan nol mengakibatkan volume air yang ada di saluran-saluran air menjadi berkurang karena tidak adanya air yang berasal dari pembuangan rumah tangga. Berkurangnya volume air yang ada di saluran dapat dilihat pada gambar 4.3.



Gambar 4.3. Grafik Perbedaan Tinggi Air dan Tinggi Saluran – Proses Verifikasi

Gambar 4.3. menunjukkan grafik perbedaan tinggi air dan tinggi saluran dari hasil verifikasi model simulasi sistim banjir dengan meng-*input*-kan nilai ekstrim jumlah penduduk Surabaya pusat sama dengan nol. Dari grafik di atas dapat dilihat bahwa adanya peningkatan perbedaan tinggi air dan tinggi saluran ketika verifikasi model simulasi dengan meng-*input*-kan nilai ekstrim jumlah penduduk sama dengan nol dilakukan (grafik atas) dan ketika kondisi awal (grafik bawah). Peningkatan perbedaan tinggi air dan tinggi saluran ini disebabkan karena jumlah penduduk yang ada di Surabaya pusat sama dengan nol (verifikasi model) yang mengakibatkan tidak adanya lagi pembuangan air yang berasal dari rumah tangga ke saluran sehingga mengurangi volume air yang ada di saluran.

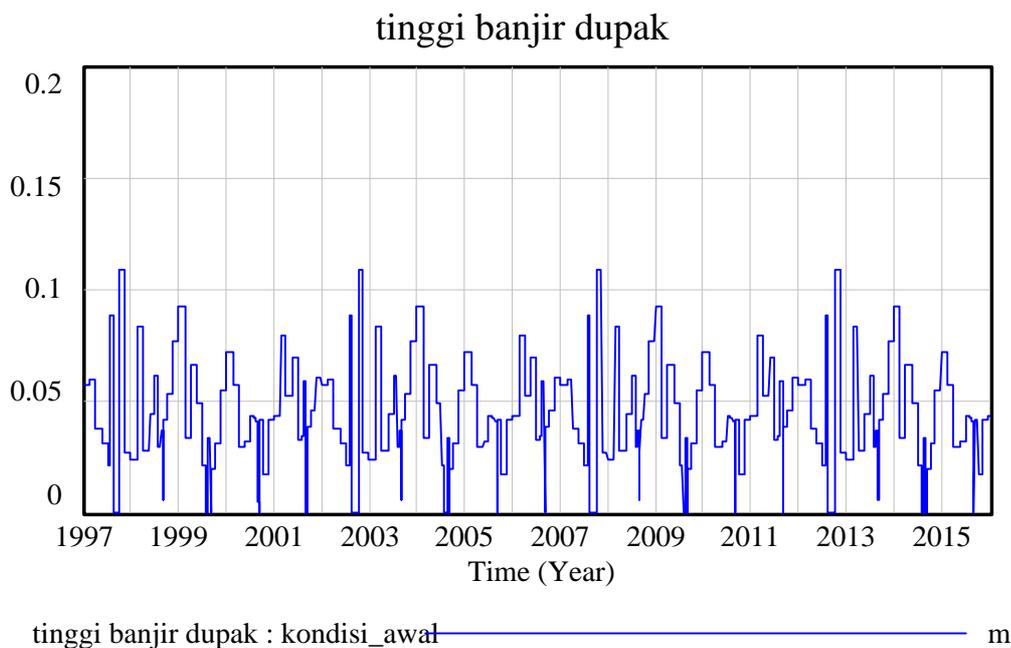
Hasil verifikasi model simulasi dengan meng-*input*-kan nilai ekstrim curah hujan sama dengan nol dan jumlah penduduk sama dengan nol kedalam model simulasi sistim banjir menunjukkan bahwa model simulasi yang telah dibuat sudah benar dan tidak adanya kekeliruan pada model simulasi.

Hasil verifikasi model yang telah dilakukan terhadap model simulasi sistim banjir di Surabaya pusat menunjukkan bahwa model simulasi yang telah dibuat sudah benar dan tidak adanya kekeliruan pada model simulasi walaupun terdapat *error* ketika dilakukan cek model. *Error* yang terjadi pada saat cek model

dilakukan disebabkan karena adanya variabel yang tidak mempengaruhi variabel lain pada model yaitu variabel tinggi banjir, namun *error* yang terjadi ini tidak mempengaruhi jalannya simulasi model sistim banjir di Surabaya pusat.

4.6. Validasi Model Simulasi

Validasi model dilakukan untuk mengetahui apakah model simulasi sistim banjir yang telah dibuat dapat menggambarkan keadaan banjir sesungguhnya yang terjadi di daerah Surabaya pusat. Validasi model simulasi sistim banjir dilakukan dengan cara mencocokkan grafik hasil dari simulasi model sistim banjir di Surabaya pusat seperti yang terdapat pada gambar 4.4. dengan keadaan sesungguhnya dari banjir yang terjadi di daerah Surabaya pusat seperti yang terdapat pada tabel 4.6.



Gambar 4.4. Grafik Tinggi Banjir Dupak – Proses Validasi

Gambar 4.4. menunjukkan grafik tinggi banjir Dupak dari hasil simulasi model sistim banjir di Surabaya pusat. Pada gambar 4.4. dapat dilihat bahwa tinggi banjir Dupak ± 10 cm, hal ini sesuai dengan tabel 4.6. untuk kedalaman banjir di jalan Dupak yang berkisar antara 10 – 30 cm. Pada gambar 4.4. dapat dilihat juga bahwa ada ketinggian banjir Dupak yang kurang dari 10 cm, hal ini

disebabkan karena ketinggian dari banjir yang terjadi di daerah Surabaya pusat sangat dipengaruhi oleh intensitas hujan pada hari terjadinya banjir tersebut.

4.7. Simulasi Model Sistik Banjir

Simulasi dari model sistim banjir di Surabaya pusat ini terdiri dari dua macam model simulasi sistim banjir yang mencakup seluruh wilayah yang ada di Surabaya Pusat. Simulasi model sistim banjir yang pertama yaitu simulasi dari model sistim banjir yang menggunakan data rata-rata curah hujan perhari. Simulasi model sistim banjir yang pertama ini dijalankan selama dua puluh tahun, yaitu dari tahun 1997 sampai tahun 2016. Simulasi model sistim banjir yang kedua yaitu simulasi dari model sistim banjir yang menggunakan data curah hujan harian maksimum pertahun. Simulasi model sistim banjir yang kedua ini dijalankan selama tiga puluh tahun, yaitu dari tahun 1997 sampai tahun 2026. Simulasi model sistim banjir di Surabaya pusat ini dilakukan dengan menggunakan *software* Vensim versi 5.0b.

4.8. Analisa Hasil Simulasi Model Sistik Banjir

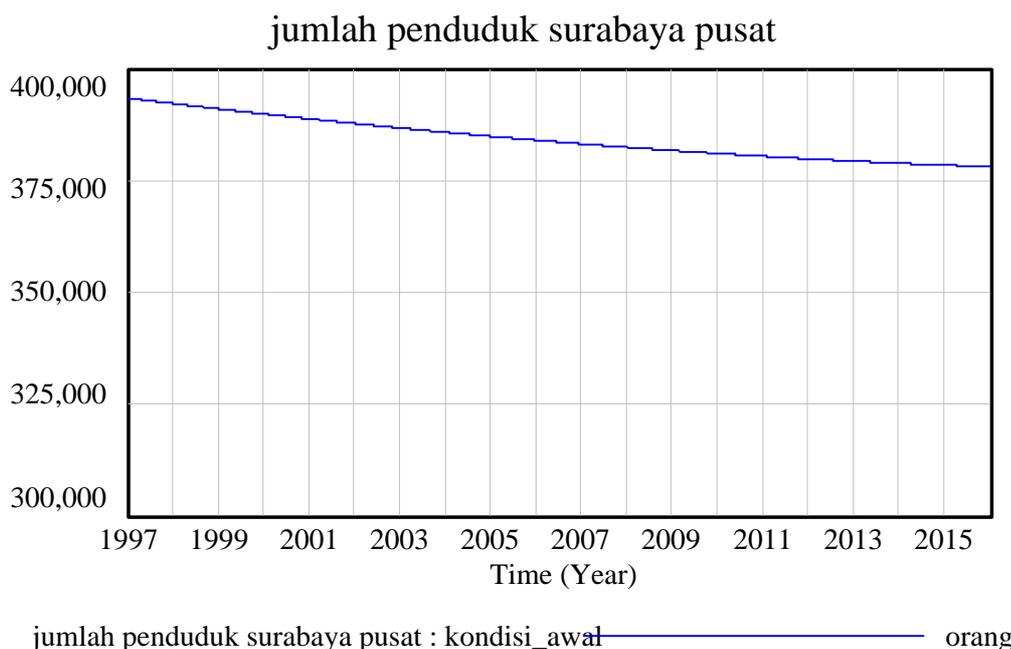
Simulasi model yang dilakukan dengan menggunakan *software* Vensim ini menghasilkan grafik-grafik yang berbeda untuk setiap variabel yang ada pada model sistim banjir. Analisa hasil simulasi model sistim banjir di Surabaya pusat ini dibedakan menjadi dua berdasarkan model simulasi sistim banjir yang telah dibuat. Model simulasi sistim banjir yang pertama ialah model sistim banjir yang menggunakan data rata-rata curah hujan perhari sedangkan model simulasi sistim banjir yang kedua ialah model sistim banjir yang menggunakan data curah hujan harian maksimum pertahun.

4.8.1. Model yang Menggunakan Data Rata-rata Curah Hujan Perhari

Hasil simulasi model sistim banjir kondisi awal yang akan dianalisa meliputi variabel : jumlah penduduk Surabaya pusat, curah hujan, volume air banjir, tinggi banjir dan perbedaan tinggi air dan tinggi saluran.

4.8.1.1. Jumlah Penduduk Surabaya Pusat

Jumlah penduduk merupakan salah satu faktor penyebab yang tidak berhubungan secara langsung terhadap terjadinya banjir. Grafik jumlah penduduk yang ada di daerah Surabaya pusat hasil dari simulasi model sistim banjir yang menggunakan data rata-rata curah hujan perhari tanpa disertai kebijakan apapun dapat dilihat pada gambar 4.5.



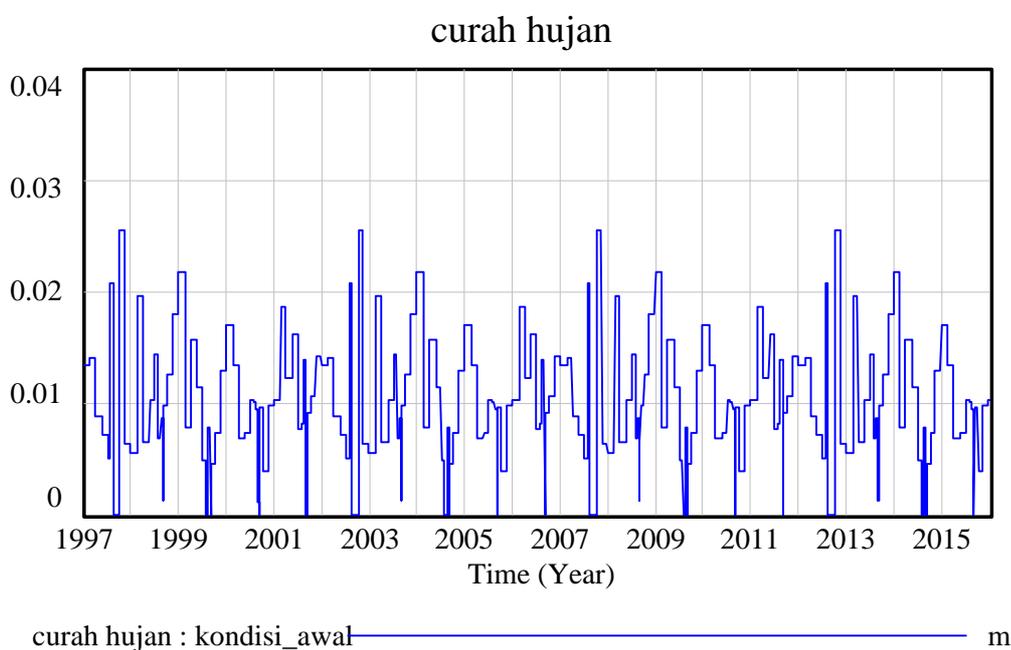
Gambar 4.5. Grafik Jumlah Penduduk Surabaya Pusat

Pada gambar 4.5., dapat terlihat adanya suatu pola perilaku “jumlah penduduk surabaya pusat” yang semakin menurun, dimana pada tahun 2016 jumlah penduduk Surabaya pusat diperkirakan berjumlah ± 380.000 orang. Pola perilaku “jumlah penduduk surabaya pusat” yang semakin menurun ini disebabkan karena jumlah penduduk yang keluar dari Surabaya pusat untuk pindah ke daerah lain jauh lebih besar dari pada jumlah penduduk yang masuk ke Surabaya pusat seperti yang terlihat pada tabel 4.5.

4.8.1.2. Rata-rata Curah Hujan Perhari

Curah hujan merupakan faktor penyebab utama terhadap terjadinya banjir. Grafik curah hujan yang terjadi di Surabaya pusat hasil dari simulasi model

sistim banjir yang menggunakan data rata-rata curah hujan perhari tanpa disertai kebijakan apapun dapat dilihat pada gambar 4.6.

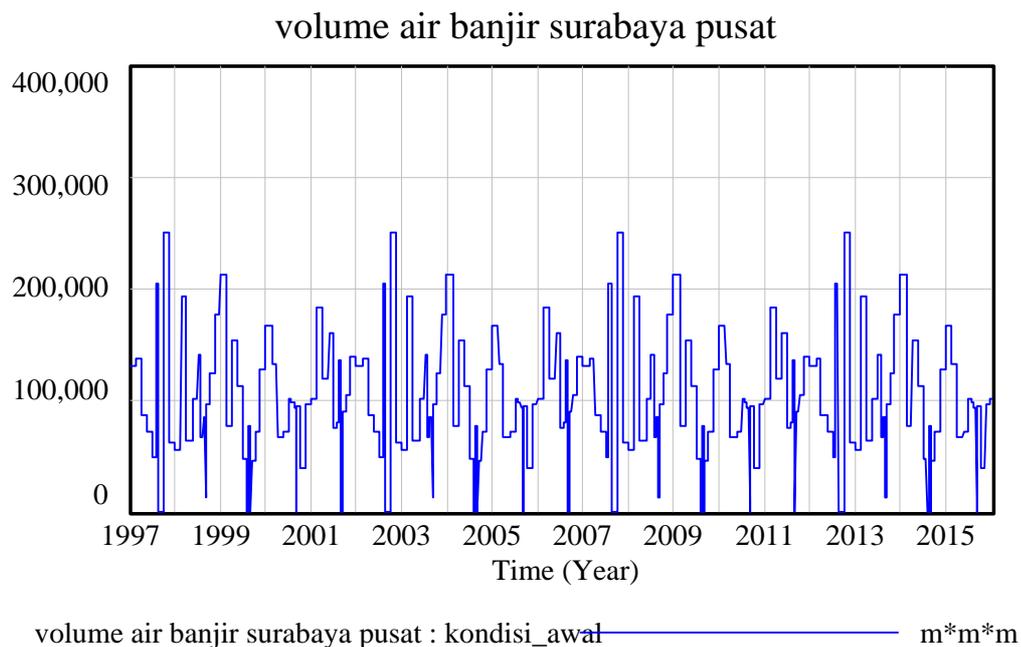


Gambar 4.6. Grafik Rata-rata Curah Hujan Perhari

Pada gambar 4.6., dapat terlihat adanya pola perilaku “curah hujan” yang random, dimana untuk setiap harinya curah hujan yang terjadi tidak selalu sama besarnya. Pola perilaku “curah hujan” yang random ini sangat dipengaruhi oleh keadaan alami geografis Indonesia yang terletak di daerah khatulistiwa seperti musim hujan dan musim kemarau yang berlangsung selama enam bulan setiap tahunnya.

4.8.1.3. Volume Air Banjir

Grafik volume air banjir yang ada di daerah Surabaya pusat hasil dari simulasi model sistim banjir yang menggunakan data rata-rata curah hujan perhari tanpa disertai kebijakan apapun dapat dilihat pada gambar 4.7.

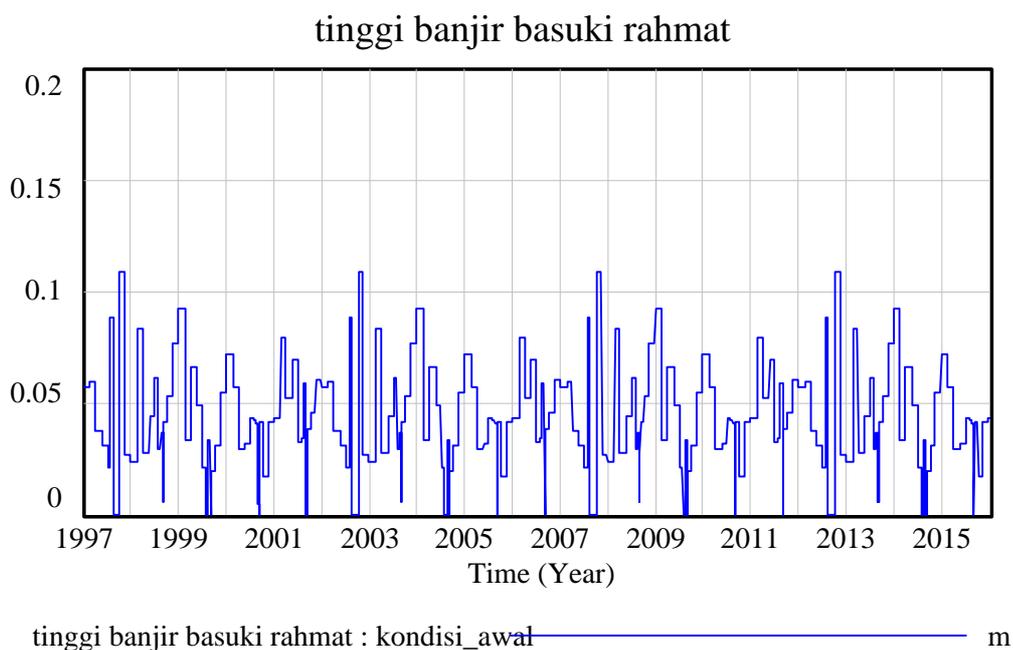


Gambar 4.7. Grafik Volume Air Banjir di Surabaya Pusat

Pada gambar 4.7., dapat terlihat adanya pola perilaku “volume air banjir surabaya pusat” yang random, dimana untuk setiap harinya volume air banjir yang ada di Surabaya pusat tidak selalu sama besarnya. Pola perilaku “volume air banjir surabaya pusat” yang random ini sangat dipengaruhi oleh banyaknya curah hujan yang terjadi pada hari tersebut.

4.8.1.4. Tinggi Banjir

Grafik tinggi banjir yang terjadi di jalan Basuki Rahmat hasil dari simulasi model sistim banjir yang menggunakan data rata-rata curah hujan perhari tanpa disertai kebijakan apapun dapat dilihat pada gambar 4.8.

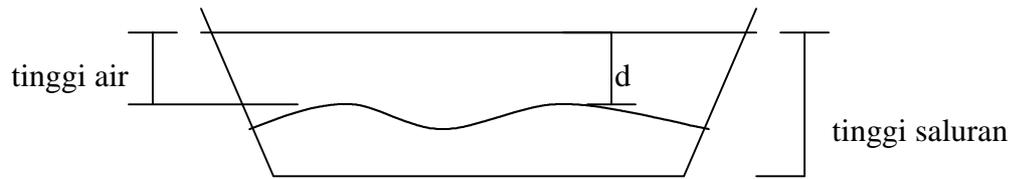


Gambar 4.8. Grafik Tinggi Banjir Jalan Basuki Rahmat

Pada gambar 4.8., dapat terlihat adanya pola perilaku “tinggi banjir basuki rahmat” yang random, dimana untuk setiap harinya ketinggian dari banjir di jalan Basuk Rahmat tidak selalu sama tingginya. Pola perilaku “tinggi banjir basuki rahmat” yang random ini sangat dipengaruhi oleh banyaknya curah hujan yang terjadi pada hari tersebut. Grafik tinggi banjir di setiap kawasan genangan air yang ada di daerah Surabaya pusat dapat dilihat pada lampiran 5.

4.8.1.5. Perbedaan Tinggi Air dan Tinggi Saluran

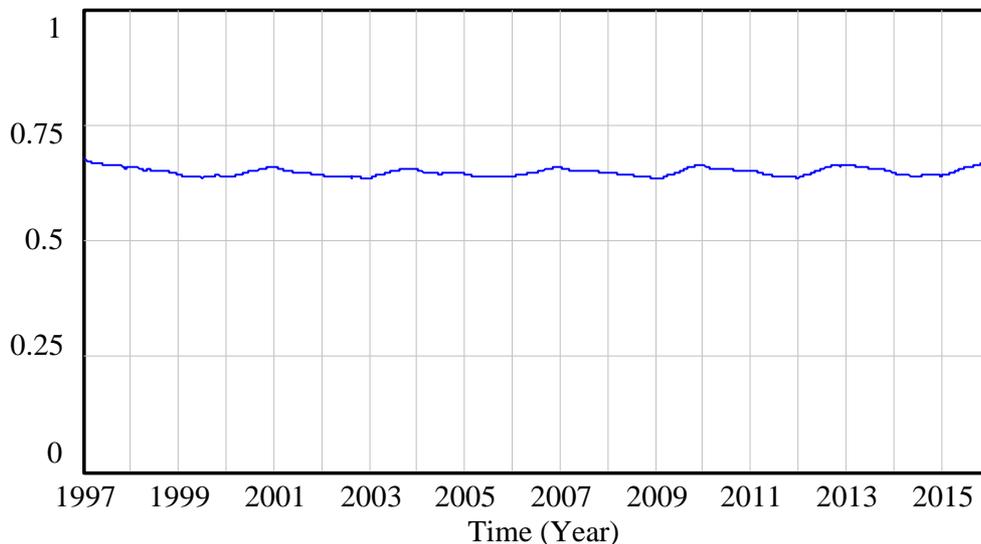
Perbedaan tinggi air dan tinggi saluran merupakan salah satu faktor penyebab terjadinya banjir, perbedaan tinggi air dan tinggi saluran ini berpengaruh terhadap banjir bila tinggi air yang ada di saluran lebih tinggi dari pada tinggi saluran dimana air tersebut berada. Perbedaan tinggi air dan tinggi saluran ialah selisih antara tinggi saluran dengan tinggi air yang berada pada saluran tersebut. Perbedaan tinggi air dan tinggi saluran tersebut dapat dicari dengan cara tinggi saluran dikurangi tinggi air yang ada pada saluran tersebut, seperti yang ditunjukkan oleh huruf d pada gambar 4.9.



Gambar 4.9. Penampang Saluran Air

Grafik perbedaan tinggi air dan tinggi saluran yang ada di daerah Surabaya pusat hasil dari simulasi model sistim banjir yang menggunakan data rata-rata curah hujan perhari tanpa disertai kebijakan apapun dapat dilihat dari gambar 4.10. sampai gambar 4.13.

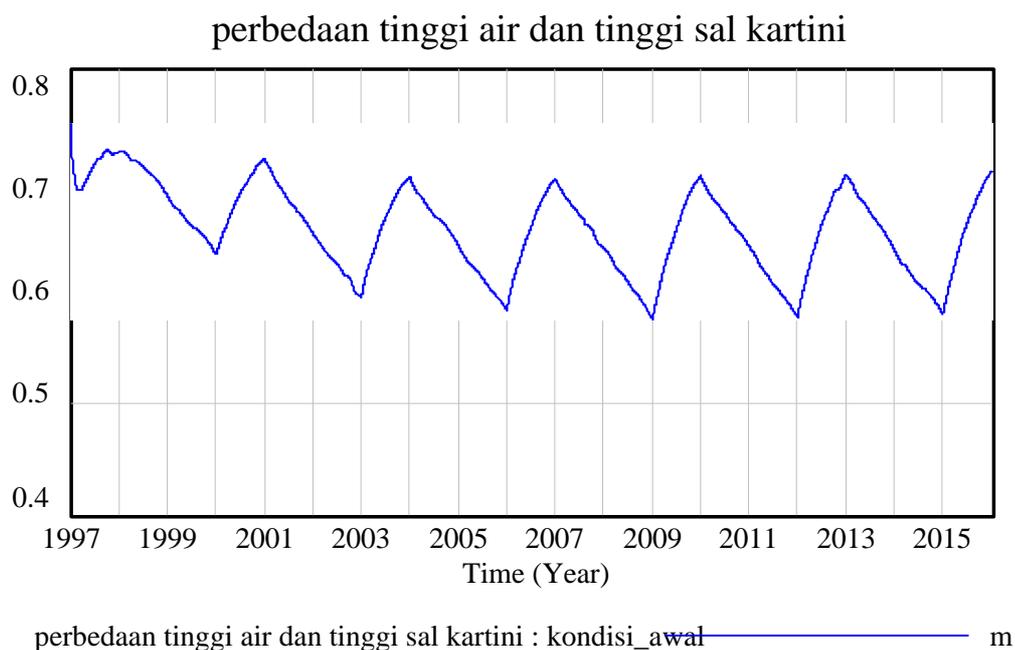
perbedaan tinggi air dan tinggi sal embong malang



perbedaan tinggi air dan tinggi sal embong malang : kondisi_awal — m

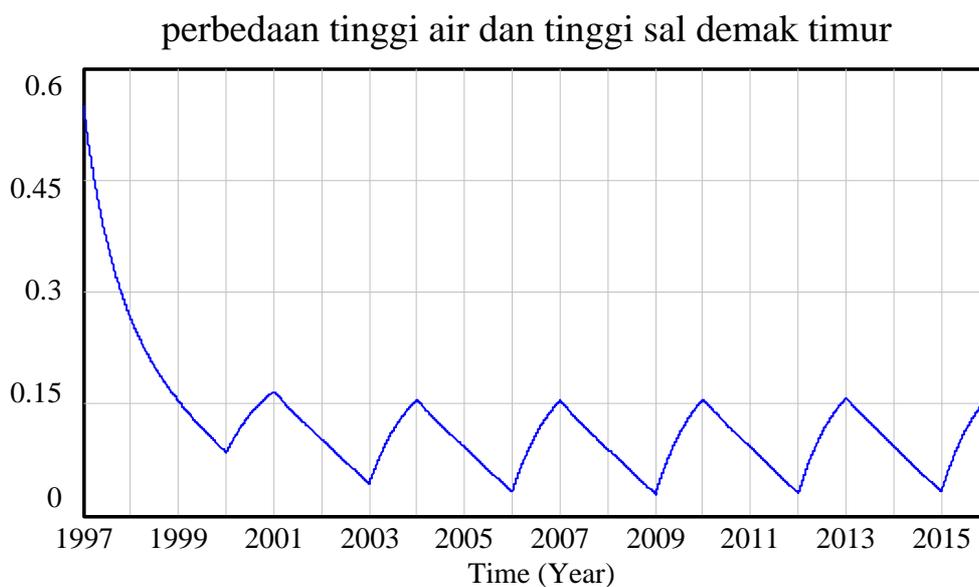
Gambar 4.10. Grafik Perbedaan Tinggi Air dan Tinggi Saluran Embong Malang

Pada gambar 4.10., dapat terlihat adanya pola perilaku “tinggi air dan tinggi saluran embong malang” yang cenderung konstan, hal ini berarti volume air yang berasal hujan dan volume air yang berasal dari pembuangan rumah tangga serta tinggi sedimen dan volume sampah mempunyai pengaruh yang kecil terhadap ketinggian air di saluran Embong Malang. Grafik perbedaan tinggi air dan tinggi saluran yang mempunyai pola perilaku yang cenderung konstan seperti grafik pada gambar 4.10. dapat dilihat pada lampiran 6.



Gambar 4.11. Grafik Perbedaan Tinggi Air dan Tinggi Saluran Kartini

Pada gambar 4.11., dapat terlihat adanya pola perilaku “tinggi air dan tinggi saluran kartini” yang semakin menurun walaupun penurunannya tersebut sangatlah landai. Dari grafik pada gambar 4.11., dapat dilihat bahwa kapasitas dari saluran Kartini masih mencukupi untuk jangka waktu yang cukup lama. Tinggi sedimen berpengaruh terhadap perbedaan tinggi air dan tinggi saluran Kartini, hal ini dapat dilihat pada puncak dan lembah grafik. Grafik akan mencapai lembah bila tinggi dari sedimen yang ada di saluran Kartini mencapai tinggi maksimum karena belum dilakukannya pembersihan terhadap saluran Kartini, sedangkan grafik akan mencapai puncak bila tinggi sedimen yang ada di saluran Kartini mencapai tinggi minimum karena telah dilakukannya pembersihan terhadap saluran Kartini. Grafik perbedaan tinggi air dan tinggi saluran yang mempunyai pola perilaku yang semakin menurun secara landai seperti grafik pada gambar 4.11. dapat dilihat pada lampiran 7.

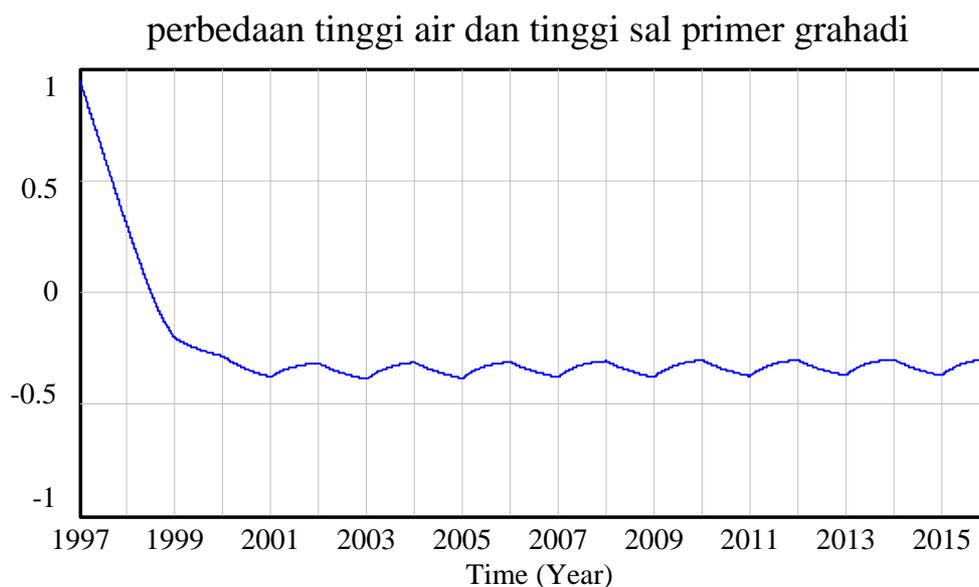


perbedaan tinggi air dan tinggi sal demak timur : kondisi_awal ————— m

Gambar 4.12. Grafik Perbedaan Tinggi Air dan Tinggi Saluran Demak Timur

Pada gambar 4.12., dapat terlihat adanya pola perilaku “tinggi air dan tinggi saluran demak timur” yang semakin menurun. Dari grafik pada gambar 4.12., dapat dilihat bahwa perbedaan tinggi air dan tinggi saluran Demak Timur hampir mencapai titik nol pada tahun-tahun tertentu, hal ini berarti bahwa kapasitas dari saluran Demak Timur hampir tidak mencukupi lagi. Bila hujan yang terjadi mempunyai intensitas hujan yang tinggi, maka kapasitas dari saluran Demak Timur tidak akan mencukupi lagi, yang mengakibatkan air melebihi saluran Demak Timur. Dari grafik pada gambar 4.12., dapat terlihat juga adanya lonjakan perbedaan tinggi air dan tinggi saluran yang terjadi pada tahun 1997 sampai tahun 2000. Lonjakan ini terjadi karena *initial value* dari volume air saluran Demak Timur yang di-*input*-kan berjumlah setengah dari kapasitas saluran Demak Timur sehingga diperlukan penyesuaian terlebih dahulu terhadap volume air yang ada di saluran Demak Timur, hal ini dapat terlihat dimana pada tahun-tahun selanjutnya tidak terdapat lonjakan lagi. Tinggi sedimen berpengaruh terhadap perbedaan tinggi air dan tinggi saluran Demak Timur, hal ini dapat dilihat pada puncak dan lembah grafik. Grafik akan mencapai lembah bila tinggi dari sedimen yang ada di saluran Demak Timur mencapai tinggi maksimum karena belum dilakukannya pembersihan terhadap saluran Demak Timur,

sedangkan grafik akan mencapai puncak bila tinggi sedimen yang ada di saluran Demak Timur mencapai tinggi minimum karena telah dilakukannya pembersihan terhadap saluran Demak Timur. Grafik perbedaan tinggi air dan tinggi saluran yang mempunyai pola perilaku yang semakin menurun dan hampir mencapai titik nol pada tahun-tahun tertentu seperti grafik pada gambar 4.12. dapat dilihat pada lampiran 8.



perbedaan tinggi air dan tinggi sal primer grahadi : kondisi_awal — m

Gambar 4.13. Grafik Perbedaan Tinggi Air dan Tinggi Saluran Primer Grahadi

Pada gambar 4.13., dapat terlihat adanya pola perilaku “tinggi air dan tinggi saluran primer grahadi” yang semakin menurun dan dapat dilihat pada tahun 1998 perbedaan tinggi air dan tinggi saluran telah melewati titik nol yang berarti kapasitas saluran Primer Grahadi sudah tidak mencukupi lagi. Dari grafik pada gambar 4.13., dapat terlihat juga adanya lonjakan perbedaan tinggi air dan tinggi saluran yang terjadi pada tahun 1997 sampai tahun 2001. Lonjakan ini terjadi karena *initial value* dari volume air saluran Primer Grahadi yang di-inputkan hanya berjumlah setengah dari kapasitas saluran Demak Timur sehingga diperlukan penyesuaian terlebih dahulu terhadap volume air yang ada di saluran Primer Grahadi, hal ini dapat terlihat dimana pada tahun-tahun selanjutnya tidak terdapat lonjakan lagi. Tinggi sedimen berpengaruh terhadap perbedaan tinggi air dan tinggi saluran Primer Grahadi, hal ini dapat dilihat pada puncak dan lembah

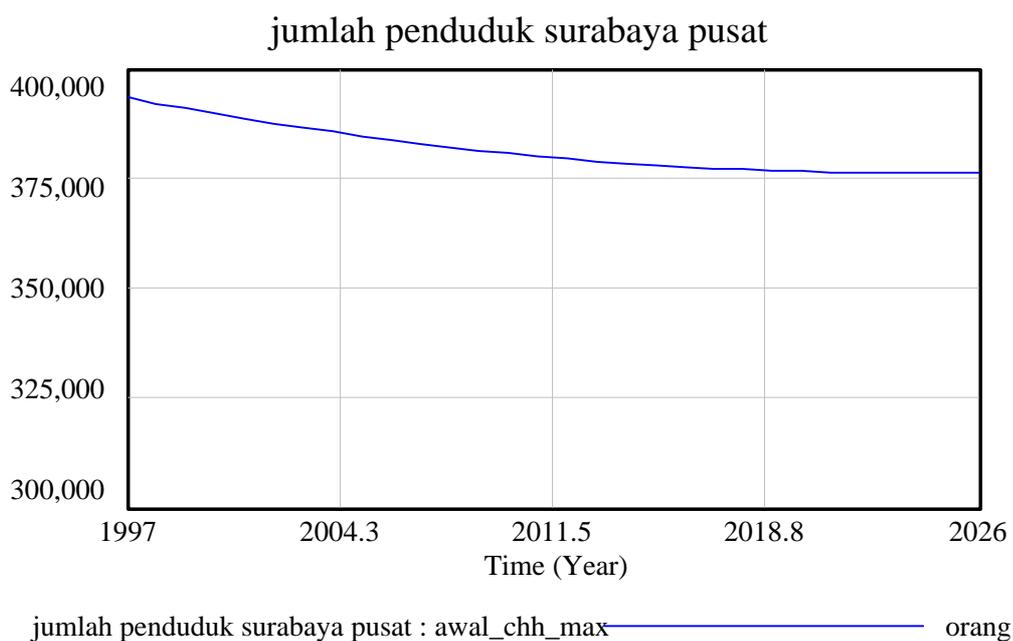
grafik. Grafik akan mencapai lembah bila tinggi dari sedimen yang ada di saluran Primer Grahadi mencapai tinggi maksimum karena belum dilakukannya pembersihan terhadap saluran Primer Grahadi, sedangkan grafik akan mencapai puncak bila tinggi sedimen yang ada di saluran Primer Grahadi mencapai tinggi minimum karena telah dilakukannya pembersihan terhadap saluran Primer Grahadi. Grafik perbedaan tinggi air dan tinggi saluran yang mempunyai pola perilaku yang semakin menurun dan pada tahun tertentu telah melewati titik nol seperti grafik pada gambar 4.13. dapat dilihat pada lampiran 9.

4.8.2. Model yang Menggunakan Data Curah Hujan Harian Maksimum Pertahun

Hasil simulasi model sistim banjir kondisi awal yang akan dianalisa meliputi variabel : jumlah penduduk Surabaya pusat, curah hujan, volume air banjir, tinggi banjir dan perbedaan tinggi air dan tinggi saluran.

4.8.2.1. Jumlah Penduduk Surabaya Pusat

Jumlah penduduk merupakan salah satu faktor penyebab yang tidak berhubungan secara langsung terhadap terjadinya banjir. Grafik jumlah penduduk yang ada di daerah Surabaya pusat hasil dari simulasi model sistim banjir yang menggunakan data curah hujan harian maksimum pertahun tanpa disertai kebijakan apapun dapat dilihat pada gambar 4.14.

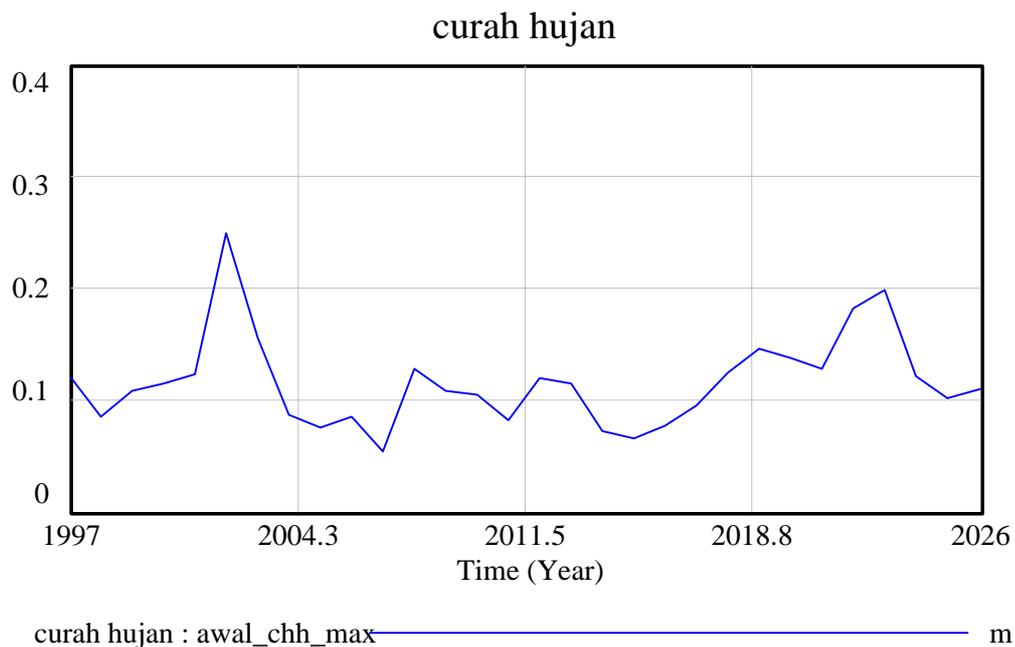


Gambar 4.14. Grafik Jumlah Penduduk Surabaya Pusat

Pada gambar 4.14., dapat terlihat adanya suatu pola perilaku “jumlah penduduk surabaya pusat” yang semakin menurun, dimana pada tahun 2026 jumlah penduduk Surabaya pusat diperkirakan berjumlah ± 375.000 orang. Pola perilaku “jumlah penduduk surabaya pusat” yang semakin menurun ini disebabkan karena jumlah penduduk yang keluar dari Surabaya pusat untuk pindah ke daerah lain jauh lebih besar dari pada jumlah penduduk yang masuk ke Surabaya pusat seperti yang terlihat pada tabel 4.5.

4.8.2.2. Curah Hujan Harian Maksimum Pertahun

Curah hujan merupakan faktor penyebab utama terhadap terjadinya banjir. Grafik curah hujan yang terjadi di Surabaya pusat hasil dari simulasi model sistim banjir yang menggunakan data curah hujan harian maksimum pertahun tanpa disertai kebijakan apapun dapat dilihat pada gambar 4.15.

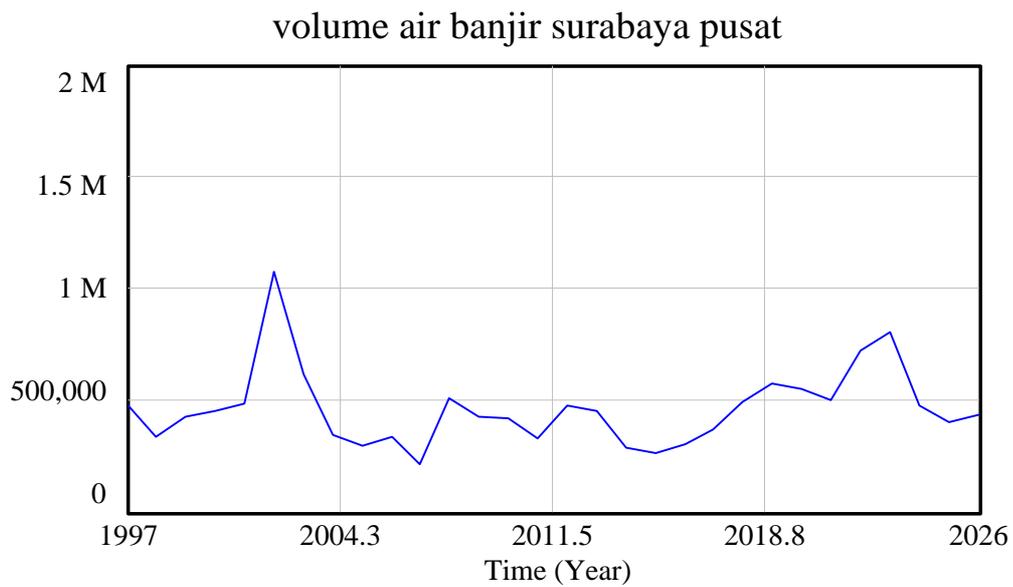


Gambar 4.15. Grafik Curah Hujan Harian Maksimum Pertahun

Pada gambar 4.15., dapat terlihat adanya pola perilaku “curah hujan” yang random, dimana untuk setiap tahunnya curah hujan harian maksimum yang terjadi tidak selalu sama besarnya. Pola perilaku “curah hujan” yang random ini sangat dipengaruhi oleh keadaan alami geografis Indonesia yang terletak di daerah khatulistiwa seperti musim hujan dan musim kemarau yang berlangsung selama enam bulan setiap tahunnya.

4.8.2.3. Volume Air Banjir

Grafik volume air banjir yang ada di daerah Surabaya pusat hasil dari simulasi model sistim banjir yang menggunakan data curah hujan harian maksimum pertahun tanpa disertai kebijakan apapun dapat dilihat pada gambar 4.16.



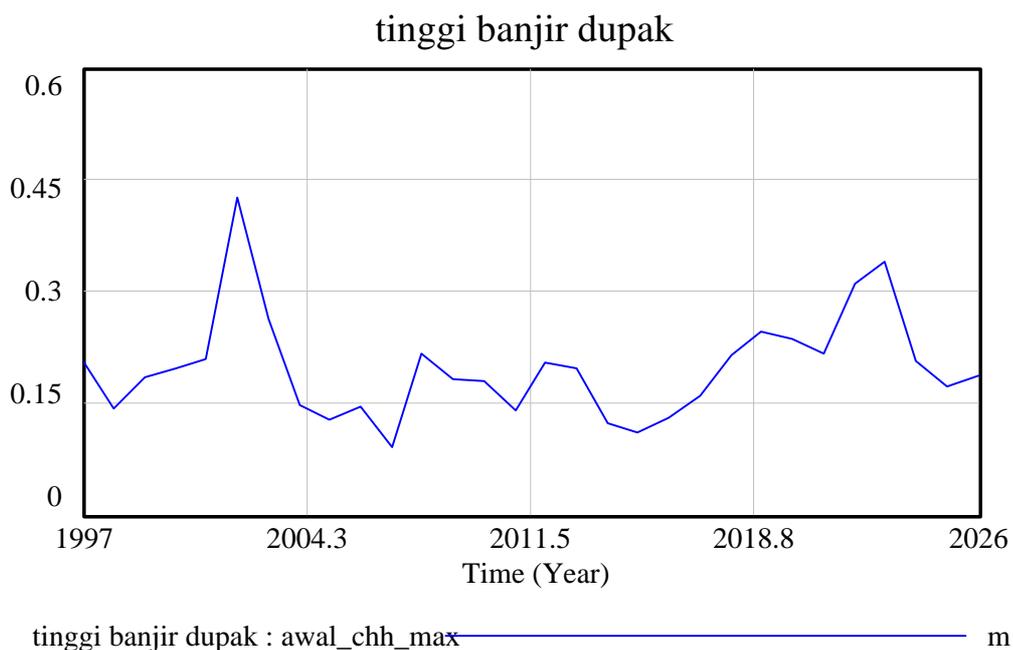
volume air banjir surabaya pusat : awal_chh_max ————— m*m*m

Gambar 4.16. Grafik Volume Air Banjir di Surabaya Pusat

Pada gambar 4.16., dapat terlihat adanya pola perilaku “volume air banjir surabaya pusat” yang random, dimana untuk setiap tahunnya volume air banjir yang ada di Surabaya pusat ketika curah hujan hariannya maksimum tidak selalu sama besarnya. Pola perilaku “volume air banjir surabaya pusat” yang random ini sangat dipengaruhi oleh banyaknya curah hujan yang terjadi pada hari tersebut.

4.8.2.4. Tinggi Banjir

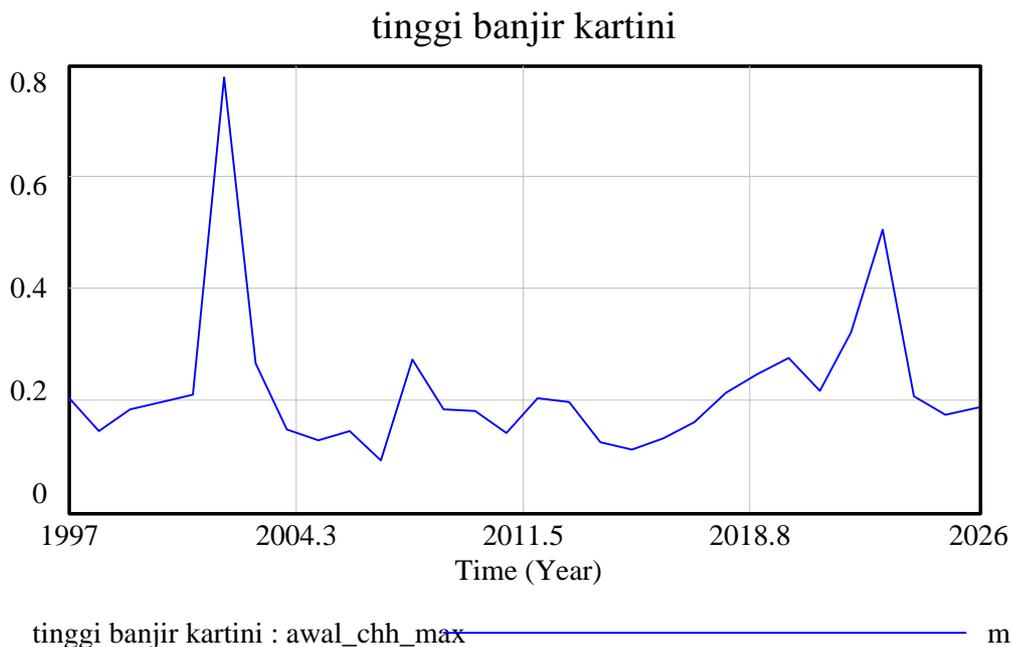
Grafik tinggi banjir yang terjadi di jalan Dupak hasil dari simulasi model sistim banjir yang menggunakan data curah hujan harian maksimum pertahun tanpa disertai kebijakan apapun dapat dilihat pada gambar 4.17.



Gambar 4.17. Grafik Tinggi Banjir Jalan Dupak

Pada gambar 4.17., dapat terlihat adanya pola perilaku “tinggi banjir dupak” yang random, dimana untuk setiap tahunnya ketinggian dari banjir di jalan Dupak ketika curah hujan hariannya maksimum tidak selalu sama tingginya. Pola perilaku “tinggi banjir dupak” yang random ini sangat dipengaruhi oleh banyaknya curah hujan yang terjadi pada hari tersebut. Grafik tinggi banjir di setiap kawasan genangan air yang ada di daerah Surabaya pusat dimana volume air banjir yang ada hanya berasal dari curah hujan dapat dilihat pada lampiran 10.

Grafik tinggi banjir yang terjadi di jalan Kartini hasil dari simulasi model sistim banjir yang menggunakan data curah hujan harian maksimum pertahun tanpa disertai kebijakan apapun dapat dilihat pada gambar 4.18.



Gambar 4.18. Grafik Tinggi Banjir Jalan kartini

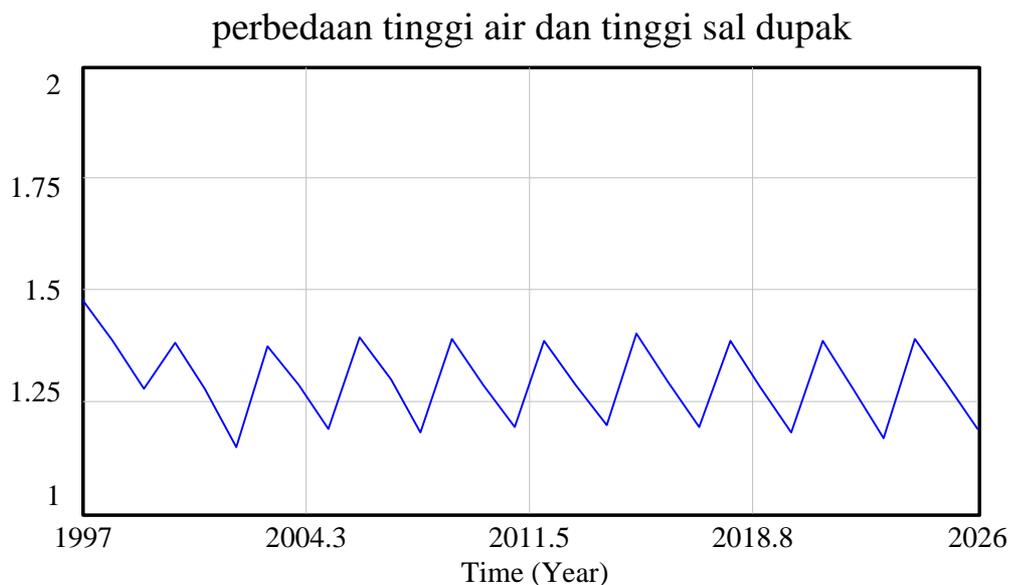
Pada gambar 4.18., dapat terlihat adanya pola perilaku “tinggi banjir kartini” yang random, dimana untuk setiap tahunnya ketinggian dari banjir di jalan Kartini ketika curah hujan hariannya maksimum tidak selalu sama tingginya. Pola perilaku “tinggi banjir kartini” yang random ini sangat dipengaruhi oleh banyaknya curah hujan yang terjadi pada hari tersebut. Pada tahun 2002, tinggi banjir yang terjadi di jalan Kartini mencapai 80 cm, hal ini disebabkan karena pada hari terjadinya hujan, curah hujan yang turun mencapai 250 mm. Curah hujan sebesar 250 mm ini menyebabkan saluran Kartini tidak dapat menampung banyaknya air hujan yang turun, sehingga saluran menjadi penuh dan air yang tidak dapat tertampung pada saluran tersebut menambah volume air banjir di jalan Kartini yang mengakibatkan ketinggian banjir di jalan Kartini menjadi bertambah. Grafik tinggi banjir di setiap kawasan genangan air yang ada di daerah Surabaya pusat dimana volume air banjir yang ada berasal dari curah hujan dan dari air saluran yang tidak tertampung dapat dilihat pada lampiran 11.

4.8.2.5. Perbedaan Tinggi Air dan Tinggi Saluran

Perbedaan tinggi air dan tinggi saluran merupakan salah satu faktor penyebab terjadinya banjir, perbedaan tinggi air dan tinggi saluran ini

berpengaruh terhadap banjir bila tinggi air yang ada di saluran lebih tinggi dari pada tinggi saluran dimana air tersebut berada.

Grafik perbedaan tinggi air dan tinggi saluran yang ada di daerah Surabaya pusat hasil dari simulasi model sistim banjir yang menggunakan data curah hujan harian maksimum pertahun tanpa disertai kebijakan apapun dapat dilihat dari gambar 4.19. sampai gambar 4.20.

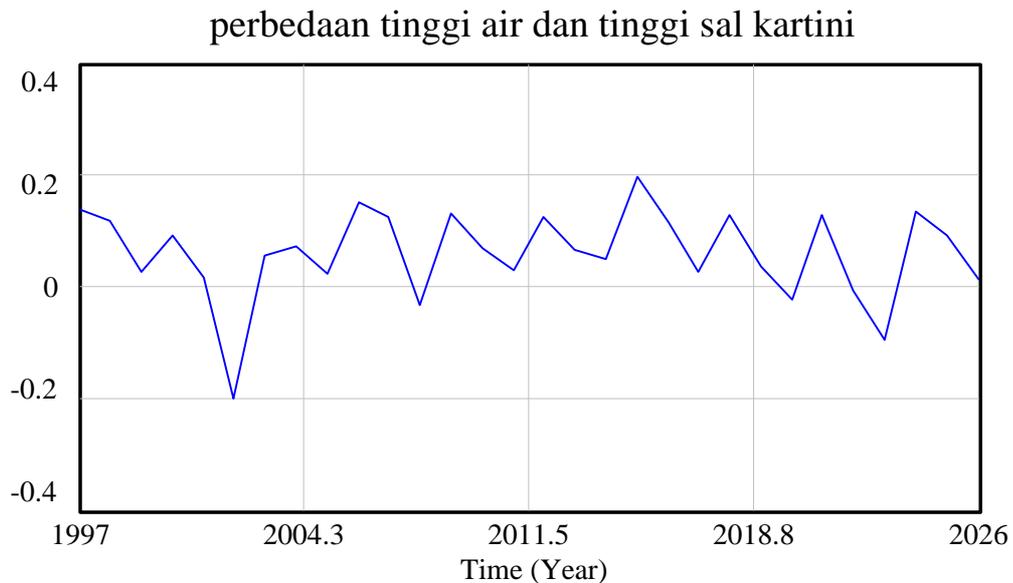


perbedaan tinggi air dan tinggi sal dupak : awal_chh_max ————— m

Gambar 4.19. Grafik Perbedaan Tinggi Air dan Tinggi Saluran Dupak

Pada gambar 4.19., dapat terlihat bahwa kapasitas dari saluran Dupak masih mencukupi walaupun curah hujan yang turun mencapai 250 mm seperti yang terjadi pada tahun 2002. Dari grafik pada gambar 4.19., dapat terlihat juga adanya lonjakan perbedaan tinggi air dan tinggi saluran yang terjadi pada tahun 1997 sampai tahun 2002. Lonjakan ini terjadi karena *initial value* dari volume air saluran Dupak yang di-*input*-kan berjumlah setengah dari kapasitas saluran Dupak sehingga diperlukan penyesuaian terlebih dahulu terhadap volume air yang ada di saluran Dupak, hal ini dapat terlihat dimana pada tahun-tahun selanjutnya tidak terdapat lonjakan lagi. Tinggi sedimen berpengaruh terhadap perbedaan tinggi air dan tinggi saluran Dupak, hal ini dapat dilihat pada puncak dan lembah grafik. Grafik akan mencapai lembah bila tinggi dari sedimen yang ada di saluran Dupak mencapai tinggi maksimum karena belum dilakukannya pembersihan terhadap

saluran Dupak, sedangkan grafik akan mencapai puncak bila tinggi sedimen yang ada di saluran Dupak mencapai tinggi minimum karena telah dilakukannya pembersihan terhadap saluran Dupak. Grafik perbedaan tinggi air dan tinggi saluran yang salurannya masih dapat menampung seluruh air yang mengalir ke saluran tersebut seperti grafik pada gambar 4.19. dapat dilihat pada lampiran 12.



perbedaan tinggi air dan tinggi sal kartini : awal_chh_max ————— m

Gambar 4.20. Grafik Perbedaan Tinggi Air dan Tinggi Saluran Kartini

Pada gambar 4.20., dapat dilihat ketika curah hujan yang terjadi tinggi sekali, seperti pada tahun 2002 dimana curah hujan yang terjadi mencapai 250 mm, maka kapasitas dari saluran Kartini tidak dapat mencukupi lagi sehingga air yang tidak tertampung pada saluran Kartini akan menambah volume air banjir di jalan Kartini. Grafik perbedaan tinggi air dan tinggi saluran yang salurannya tidak menampung seluruh air yang mengalir ke saluran tersebut ketika curah hujan yang terjadi tinggi sekali seperti grafik pada gambar 4.20. dapat dilihat pada lampiran 13.

Volume air banjir yang ada di daerah Surabaya pusat sangat dipengaruhi oleh besarnya curah hujan yang terjadi, walaupun pada beberapa kawasan banjir, terdapat saluran yang kapasitasnya sudah tidak mencukupi lagi sehingga menambah volume air banjir yang ada di sekitar saluran tersebut, namun tidak mencukupinya kapasitas saluran juga disebabkan karena curah hujan yang terjadi

cukup tinggi. Ketinggian banjir dari masing-masing kawasan genangan yang ada di Surabaya pusat juga sangat dipengaruhi oleh besarnya curah hujan yang terjadi. Perbedaan tinggi air dan tinggi saluran yang ada di daerah Surabaya pusat sangat dipengaruhi oleh tinggi sedimen yang ada di masing-masing saluran dan pembuangan air dari rumah tangga ke saluran. Pada saluran air yang ada di daerah Surabaya pusat, terdapat saluran-saluran dimana perbedaan tinggi air dan tinggi saluran yang hampir mencapai titik nol, bahkan ada beberapa saluran dimana perbedaan tinggi air dan tinggi salurannya telah melewati titik nol, yang juga berarti kapasitas dari saluran tersebut sudah tidak mencukupi lagi sehingga perlu adanya kebijakan-kebijakan yang harus dilakukan untuk mengatasi permasalahan-permasalahan yang dihadapi tersebut.