

Daftar Pustaka

- Amran. (2011). *Model Bayesian Hirarki Spatio-Temporal Nonstasioner Berbasis Kopula*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Bartolucci, F. F. (2012). *Latent Markov models for Longitudinal Data*. Boca Raton: Chapman & Hall/CRC.
- Bilmes, J. A. (1998). *A Gentle Tutorial of the EM Algorithm and its Application to Parameter Estimation for Gaussian Mixture and Hidden Markov Models*. Retrieved November 2, 2016, from <http://www.melodi.ee.washingto.edu/people/bilmes/mypapers/em.pdf>
- Bilonick, R.A. (1983). Risk qualified maps of hidrogen ion contentration for the New York Stat area for 1966–1978. *Atmospheric Environment*, 2513–2524.
- Cressie, N. A. (1993). *Statistics for Spatial Data*. New York: John Wiley & Sons.
- Cressie, N., & Wikle, C. (2002). Space-time kalman filter. *Encyclopedia of environmetrics*, 2045-2049.
- Durbin, J., & Koopman, S. (2001). *Time series analysis by state space methods*. New York: Oxford University Press.
- Efron, B., & J. Tibshirani, R. (1993). *An Introduction to the Bootstrap*. Washington: Chapman & Hall/Crc.
- Fasso, A., & Cameletti, M. (2017). *A general spatio-temporal model for environmental data*. Bergamo: GRASPA.
- Hamilton, J. D. (1994). *Time series analysis*. New Jersey: Priceton University Press.
- Henderson, H. V. (1978). *On Deriving The Inverse Of A Sun Of Matrices*. New York: Cornell University.
- Hidayati, N. (2011). *Estimasi Parameter Kelas Laten Menggunakan Algoritma Expectazion-Maximization*. Surakarta.
- Kharis, M. N. (2014). *Analisis Peramalan Pendaftaran Siswa Baru Menggunakan Metode Seasonal ARIMA dan Metode Dekomposisi*. Jakarta: Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah.
- LeSage, J. (1998). *Spatial econometrics*. United States: Department of Economics university of Toledo.

J., & Rubin, D. B. (1987). *Statistical Analysis with Missing Data*. New York: John Wiley & Sons.



- Mardia, K. a. (1993). Spatial-temporal analysis of multivariate environmental monitoring data. *Multivariate Environmental Statistics*, 347–386.
- Maybeck, P. (1979). *Stochastic Models, Estimation, and Control*. New York: Academic Press.
- Pfeiffer, d. (2008). *Spatial Analysis in Epidemiologi*. New York: Oxford University Press.
- Rochmad. (2013). Aplikasi Metode Newton Raphson untuk Menghapiri Solusi Persamaan Non Linear. *Jurnal MIPA*, 193-200.
- Rosadi, D. (2014). *Analisis Runtun Waktu dan Aplikasinya dengan R*. Yogyakarta: Gadjah Mada Univesity Press.
- Samsiah, D. N. (2008). *analisis data runtun waktu menggunakan model ARIMA (p,d,q)*. Yogyakarta: UIN Sunan Kalijaga.
- Shumway, R. H., & Stoffer, D. S. (1982). An approach to time series smoothing and forecasting using the EM algorithm. *Journal of Time Series Analysis, Wiley Blackwell*, 253-264.
- Taufik, I. (2017). *Pemodelah Multilevel Survival Spasial dengan Pendekatan Bayesian*. Makassar: Universitas Hasanuddin.
- Vazquez, A., & Syversveen, A. (2006). *the Ensemble Kalman Filter*. Norwegia: Norsk Regnesentral.
- Webster, R. &. (2007). *Geostatistics for Environmental Scientists, 2nd Edition*. United Kingdom: John Willey and Sons.
- Weleh, G. &. (2006). *An Introduction To the Kalman Filter*. North Carolina: Department of Computer Science. University of North Carolina.
- Welling, M. (2010). *The Kalman Filter*. California: California Institute of Technology.
- Wuryandari, T. d. (2014). Identifikasi Autokorelasi Spasial pada Jumlah Pengangguran di Jawa Tengah menggunakan Indeks Moran. *Media Statistika*, 1-10.
- Zucchini, W., & Mac Donald, I. (2009). *Hidden Markov Models for Time Series- an Introduction Using R*. London: Chapman & Hall.



LAMPIRAN



Lampiran 1. Hasil Uji *Augmented Dickley-Fuller* (ADF)

	lokasi	hitung
1	lokasi1	2.424
2	lokasi2	2.564
3	lokasi3	2.505
4	lokasi4	2.412
5	lokasi5	2.896
6	lokasi6	2.753
7	lokasi7	2.583
8	lokasi8	2.614
9	lokasi9	2.627
10	lokasi10	2.525
11	lokasi11	2.909
12	lokasi12	2.873
13	lokasi13	2.735
14	lokasi14	2.557
15	lokasi15	2.604
16	lokasi16	2.736
17	lokasi17	2.423
18	lokasi18	2.325
19	lokasi19	2.683
20	lokasi20	3.027
21	lokasi21	2.630
22	lokasi22	2.540
	lokasi23	2.930
	lokasi24	2.662



Lampiran 2. Syntax index moran

```

y=dat1$y
a=as.matrix(dat1)
w=a[,2:15]
ybar<-mean(y)
for (i in 1:length(y)){
  for (j in 1:length(y)){
    Ia1<-w[i,j]*(y[i]-ybar)*(y[j]-ybar)
    Iaa=Iaa+Ia1
  }
}
Ia=length(y)*Iaa
for(i in 1:length(y)){
  for(j in 1:length(y)){
    wa<-w[i,j]
    wsum<-wsum+wa
  }
}
for(i in 1:length(y)){
  yv0<-(y[i]-ybar)*(y[i]-ybar)
  yv<-yv+yv0
}
Ib<-wsum*yv
I<-Ia/Ib
EI<- -(1/(length(y)-1))
s0<-wsum
for(i in 1:length(y)){
  for(j in 1:length(y)){
    ww<-(w[i,j]+w[j,i])*(w[i,j]+w[j,i])
    s10<-s10+ww
  }
}

y=dat1$y
a=as.matrix(dat1)
w=a[,2:15]
ybar<-mean(y)
for (i in 1:length(y)){
  for (j in 1:length(y)){
    Ia1<-w[i,j]*(y[i]-ybar)*(y[j]-ybar)
    Iaa=Iaa+Ia1
  }
}
Ia=length(y)*Iaa
for(i in 1:length(y)){
  for(j in 1:length(y)){

```



```
for(j in 1:length(y)){
  wa<-w[i,j]
  wsum<-wsum+wa
}
}
for(i in 1:length(y)){
  yv0<-(y[i]-ybar)*(y[i]-ybar)
  yv<-yv+yv0
}
Ib<-wsum*yv
I<-Ia/Ib
EI<- -(1/(length(y)-1))
s0<-wsum
for(i in 1:length(y)){
  for(j in 1:length(y)){
    ww<-(w[i,j]+w[j,i])*(w[i,j]+w[j,i])
    s10<-s10+ww
```



Lampiran 3. Syntax estimasi parameter

```

library(Stem)
z <- as.matrix(read.csv(choose.files(),row.names = 1, header = T))
covariates <- as.matrix(read.csv(choose.files(),row.names = 1, header = T))
coordinates <- as.matrix(read.csv(choose.files(),row.names = 1, header = T))
rain <- structure(list(coorinates=coordinates,covariates=covariates, z=z))
#build parameter list
phi <- list(beta=matrix(c(3.65,0.046,-0.904),3,1), sigma2eps=0.1,
sigma2omega=0.2, theta=0.01, G=matrix(0.77,1,0), Sigmaeta=matrix(0.3,1,1),
m0=as.matrix(0), C0=as.matrix(1))
K <-matrix(1,col(z),1)

mod1 <- Stem.Model(z=z,cvariates=covariates,
coordinates=coordinates,phi=phi,K=K)
class(mod1)
is.Stem.Model(mod1)

#Stem.simulation
simulateddata = Stem.Simulation(mod1)
mod1 <- Stem.Model(z=simulateddata,covariates=covariates,
coordinates=coordinates,phi=phi,K=K)
class(mod1)
is.Stem.Model(mod1)

#mod1 is given as output by the Stem.Model function
mod1.est <- Stem.Estimation(mod1)
phi.estimates <- unlist(mod1.est$estimates$phi.hat)
View(phi.estimates)

#bootstrap
mod1.boot <- Stem.Bootstrap(StemModel=mod1.est, B=400)
names(mod1.boot)
#the first element of the output list
names(mod1.boot$boot.output[[1]])

```

there is no convergence for some bootstrap iteration

```

th(mod1.boot$boot.output)
sum (unlist (lapply(mod1.boot$boot.output,function(x)
StemModel)==1)

```



```

pos.null <- which((unlist (lapply(mod1.boot$boot.output, function(x)
length(x$StemModel)==1)) )
cat("-----B non null =", B - n.null,"\n")
if(length(pos.null)>0) boot1.mod = mod1.boot[-pos.null]

#put the bootstrap utput in a matrix
npar <- legth(unlist((od1.boot$boot.output[[1]]$estimates$phi.hat))-1
boot.estimates <- matrix(NA, nrow = (B - n.null), ncol = npar)

for (b in 1:(B - n.null)) {
  phi.estimated <- mod1.boot$boot.output[[b]]$estimates$phi.hat
  boot.estimates[b,] <- c(phi.estimated$beta, phi.estimated$sigma2eps,
phi.estiated$sigma2omea, phi.estimated$theta, phi.estimated$G,
phi.estimated$Sigmaeta, phi.estimated$m0 )

#compute the parameter standard errors
se <- sqrt(diag(var(na.omit(boot.estimates))))
#create a summary table with Estimates, Standard Errors (SE) and T-statistics.
phi.hat <- mod1.est$estimates$phi.hat
MLE <- c(phi.hat$beta, phi.hat$sigma2eps, phi.hat$sigma2omega, phi.hat$theta,
phi.hat$G, phi.hat$Sigmaeta,phi.hat$m0)
output1 <- cbind(MLE, se, MLE/se)
colnames(output1)<- c("Estimate", "SE", "T-stat.")
output1

#menghitung interval kepercayaan 95%
IC <- matrix(NA, nrow = npar, ncol = 2)
for (i in 1:9) {
  IC[i,]<- c(quantile(boot.estimates[,i], 0.025), quantile(boot.estimates[,i],0.975))
}

#membuat tabel rangkuman estimasi, standar error, statistik T dan interval
kepercayaan
output2 <- cbind(output1,IC)
colnames(output2) <- c("Estimasi", "Standar eror", "Statistik T", "Batas bawah
IC", "Batas atas IC")
rownames(output2) <-
c("beta0","beta1","beta2","sigma2eps","sigma2omega","theta","G","Sigmaeta","
m0")

```



Lampiran 4. Hasil Bootstrap 500 kali

	beta0	beta1	beta2	sigma2eps	sigmaomega	theta	G	sigmaeta	m0
1	4.4700133	0.0286656	1.3630603	0.1005932	0.202501	0.0005759	0.787196	0.3084989	1.7555589
2	3.6784592	0.0479296	1.0092193	0.100757	0.2024618	0.0005141	0.7345636	0.3348855	-1.1099258
3	4.2589707	0.0360976	1.3541361	0.0958326	0.1910097	8.09E-05	0.7546936	0.3311597	2.3998397
4	3.718345	0.0462864	1.0055042	0.1024022	0.2049718	9.47E-05	0.8159601	0.2562678	3.0206254
5	3.9687483	0.0377432	1.0333634	0.1021283	0.2035736	8.30E-05	0.7363499	0.2948149	1.2352133
6	4.3837996	0.0287232	-1.254348	0.0977031	0.1955913	9.60E-05	0.7179734	0.3196145	2.4221025
7	3.2355252	0.0559737	0.7133791	0.0980431	0.1961885	9.46E-05	0.7931521	0.3157563	1.8201875
8	3.7503351	0.0428498	0.9267663	0.0988231	0.1972906	8.84E-05	0.8092197	0.3413576	2.0180735
9	4.2290689	0.0345668	1.2618779	0.1016341	0.2026924	7.97E-05	0.7530875	0.2900461	2.7635933
10	3.3296662	0.0541953	0.7746124	0.0990671	0.1978646	8.53E-05	0.7837194	0.3204317	4.1040792
11	3.0557583	0.0642197	0.7675696	0.0970775	0.1953629	0.0005633	0.8221095	0.2748031	-0.0836632
12	3.6583477	0.0398702	0.7077576	0.0955874	0.1907871	9.36E-05	0.8091528	0.2821034	0.6429319
13	4.3626081	0.0309379	1.3040316	0.1021748	0.2041349	8.70E-05	0.7680663	0.3409679	-1.1262596
14	3.7919286	0.0472355	1.1310272	0.1003406	0.2004255	9.23E-05	0.7167895	0.2796718	2.2747182
15	4.3992429	0.022729	1.0716855	0.1004476	0.199407	7.49E-05	0.7936705	0.2701754	1.659201
16	3.2890936	0.056403	0.7995624	0.0995434	0.1980524	8.07E-05	0.7938401	0.3060298	2.9097777
17	4.1081181	0.0354324	1.1333869	0.1002064	0.2008718	0.0001139	0.7773149	0.3699162	1.6353004
18	4.0273683	0.0353063	1.0244384	0.1069863	0.214619	0.0001151	0.8181448	0.3165771	2.0434084
19	4.3829905	0.0286718	-1.254471	0.0956108	0.1906466	8.39E-05	0.7510456	0.2519247	2.5678466
20	3.1167572	0.0550323	0.5300723	0.1009526	0.2003286	7.35E-05	0.73486	0.3602596	2.3345925
21	3.660938	0.0449591	-0.885963	0.0995943	0.1992456	0.0001006	0.6643495	0.2898699	2.0926948
		0.0415706	1.0451612	0.0993835	0.1991503	0.0001049	0.870357	0.2642366	1.1963313
		0.0449251	1.0206857	0.0984407	0.1971675	9.85E-05	0.7329625	0.3234982	3.347563
		0.0392538	0.7499487	0.1004528	0.20057	8.75E-05	0.7281926	0.3661242	2.2881744



25	4.6082612	0.0193333	1.2228318	0.0997435	0.199458	0.0001009	0.7884517	0.270195	0.2147107
26	3.7837783	0.0375647	0.7908796	0.0979224	0.1962333	0.0001036	0.7929672	0.2790657	0.3390183
27	3.15328	0.050472	0.4143712	0.0978542	0.1960211	8.96E-05	0.7622502	0.2804664	1.7349577
28	3.9880684	0.0342485	0.9371199	0.095415	0.1904166	8.43E-05	0.8064199	0.256638	1.540239
29	3.8789086	0.0415306	1.0484602	0.09681	0.1935044	9.24E-05	0.7598348	0.3064347	1.3624351
30	3.8897436	0.0377669	0.9312058	0.1006722	0.2013057	9.73E-05	0.7000185	0.3112123	0.9931425
31	2.9324133	0.0611814	0.5038178	0.0969798	0.1926414	7.65E-05	0.7684192	0.2497126	2.0690506
32	4.2477463	0.0336074	1.2509792	0.1016124	0.2037491	0.0001137	0.7730192	0.3501671	1.8592865
33	4.7264452	0.0183177	-1.342068	0.1007568	0.2009756	8.24E-05	0.770709	0.362538	2.6041206
34	3.9136721	0.0398782	1.0390442	0.1008533	0.2023796	0.0001102	0.8229994	0.3345001	2.9449769
35	4.3045137	0.0300915	1.2171709	0.2791233	0.1916319	8.53E-07	0.7961971	0.2076006	1.9757837
36	3.3197449	0.0494457	0.6026163	0.0988811	0.1978382	0.0001071	0.8041239	0.2669421	2.2527007
37	3.405422	0.0493735	0.7096247	0.1010914	0.2012755	8.40E-05	0.7523135	0.275664	2.0872501
38	3.9322637	0.0405368	-1.081357	0.1028581	0.2047704	8.16E-05	0.8125775	0.2569818	0.0485004
39	3.7272576	0.0413101	0.8446577	0.0984801	0.1967735	8.18E-05	0.7616425	0.2836092	0.8429461
40	3.3231461	0.0495865	0.6087515	0.1004728	0.2010996	0.0001011	0.7785774	0.3268796	1.270913
41	4.0637194	0.037799	1.1553995	0.0987081	0.1967072	8.56E-05	0.8270883	0.305882	1.3975908
42	3.5007664	0.0455831	0.6966469	0.0955681	0.1919842	0.0001615	0.73385	0.3208188	3.6417876
43	3.7925769	0.0438619	1.0157655	0.1019614	0.2040077	9.51E-05	0.8384921	0.2779291	2.2064177
44	4.0276055	0.0413734	1.2341498	0.0995073	0.1982187	8.66E-05	0.8038047	0.3447808	2.2014958
45	4.0132393	0.040616	1.1872789	0.0948269	0.1904071	0.0001302	0.7670531	0.3627545	2.3768479
46	3.8307554	0.0388513	0.8924348	0.0992197	0.1987891	0.0001027	0.7845263	0.3218184	0.6649093
47	5.2125841	0.0116765	1.7394021	0.0986941	0.1976568	0.0001019	0.8364633	0.2878911	2.3166637
48	3.3625803	0.0496795	0.6642192	0.0976316	0.1946645	8.03E-05	0.811005	0.3246788	2.9696692
49	4.3235874	0.0272726	1.1292435	0.0944153	0.1895925	0.0001379	0.8407997	0.2185181	3.9199232
50	3.9815405	0.0374989	1.0401907	0.1003465	0.2000561	8.24E-05	0.7936652	0.261607	0.8801794
51	3.8348376	0.0361127	0.8057483	0.0981174	0.1953701	7.55E-05	0.8188527	0.2399144	1.2822918
		0.0167299	1.5249327	0.0955487	0.1918358	0.0001222	0.7758213	0.3021293	0.5529113
		0.0372383	1.2742241	0.1025654	0.205163	9.86E-05	0.7770328	0.3012016	3.0374663
		0.0234293	1.2150698	0.0993517	0.1985406	9.14E-05	0.7347074	0.3232858	1.4929588



55	3.7496625	0.0407757	0.8552835	0.09869	0.1979334	0.0001116	0.8063446	0.2767794	3.0347025
56	3.8716956	0.0448891	1.1551723	0.0977048	0.1960018	0.0001223	0.7772334	0.3639126	0.4799443
57	3.5825903	0.0489631	0.9224337	0.0998003	0.1999884	0.0001069	0.7438907	0.3532431	4.3298879
58	4.1112215	0.03993	1.2922601	0.0981928	0.1958971	8.27E-05	0.7936148	0.3345353	3.0277893
59	5.60808	0.0024828	1.9333718	0.0991088	0.1983108	9.59E-05	0.8088147	0.3810135	1.520412
60	3.9226983	0.0412582	1.0927881	0.1007889	0.2021004	0.0001118	0.7734432	0.3188418	1.0006914
61	3.5687973	0.0448857	0.7598923	0.0991287	0.1991564	0.0005421	0.8440702	0.2912898	0.8770096
62	4.1817623	0.0315422	1.0975611	0.1007765	0.2012536	8.94E-05	0.8647086	0.2502921	0.6992246
63	4.1336683	0.0338507	1.1112673	0.098365	0.1975315	0.000165	0.7260468	0.3330214	1.4823487
64	3.1846084	0.0555439	-0.640241	0.1044896	0.2096145	0.0001241	0.8252048	0.3374931	-0.045005
65	3.2973755	0.0533319	0.7031408	0.0972929	0.1950392	0.0001015	0.7326299	0.264676	2.6083647
66	3.498185	0.0481645	0.7869515	0.0998497	0.20059	0.0001586	0.7086952	0.2474457	1.3315396
67	5.0453788	0.0118718	1.5348599	0.1009106	0.2013013	8.51E-05	0.8190355	0.2729998	2.139411
68	3.8727075	0.0425802	1.0759671	0.0988784	0.1987174	0.0001949	0.8159659	0.2767428	2.1544249
69	3.9054292	0.0357924	0.8843514	0.1014458	0.2030933	0.0001015	0.8276452	0.3186067	1.101924
70	4.8574284	0.0218819	1.6345431	0.1033933	0.2037636	7.27E-05	0.7860922	0.327111	1.4435831
71	2.889619	0.0625652	0.4994839	0.1007436	0.2013359	8.65E-05	0.8196574	0.328308	2.6908387
72	4.3568206	0.0253492	1.1054574	0.0998294	0.2005563	0.0001495	0.8101351	0.3119501	2.3600479
73	3.6501164	0.0409853	0.7337434	0.0993595	0.199335	0.0001282	0.687826	0.2657544	2.9417232
74	4.0661953	0.0384789	1.1815449	0.1027265	0.2049609	8.69E-05	0.7722772	0.2474304	1.3662586
75	4.0939361	0.0354081	1.1130827	0.0970274	0.1937118	8.47E-05	0.8146704	0.272425	2.0456325
76	3.8998397	0.0382209	0.9612254	0.0968856	0.1934047	8.66E-05	0.7720771	0.3363987	2.1398976
77	3.8151822	0.0390096	0.8773174	0.0982151	0.1963052	9.82E-05	0.8312642	0.3002143	0.1775032
78	4.3250747	0.0324767	-1.309509	0.098569	0.1974711	0.0001044	0.8470847	0.2989779	2.6013974
79	5.7214352	0.0006378	2.0161107	0.1037527	0.2069373	8.70E-05	0.7517035	0.3099943	1.221858
80	3.79235	0.0432224	0.9946331	0.1017428	0.2043763	0.0001276	0.8636888	0.3303828	3.4819188
81	3.6098336	0.0468657	0.8846308	0.1008707	0.2023016	0.0001209	0.8100213	0.2604976	-0.6902385
		0.0368993	1.0973296	0.0959713	0.1925033	0.000124	0.6852656	0.3037409	2.0363597
		0.0313251	1.0057656	0.0971971	0.194946	0.0001239	0.8261162	0.2878218	2.6954179
		0.044178	0.6093275	0.1014589	0.2033175	0.0001048	0.7458301	0.3381761	1.5741663



85	3.6658843	0.0457767	0.9195679	0.0997331	0.1972261	7.19E-05	0.6845733	0.2858254	1.8068795
86	3.6651291	0.0477172	0.9846217	0.1010658	0.2023202	0.0001005	0.8104632	0.2632801	1.4258797
87	4.6452831	0.0222223	-1.369588	0.097286	0.1951715	0.0001126	0.8628485	0.3027184	4.8320764
88	3.8286152	0.041553	0.9846916	0.0989971	0.197793	9.36E-05	0.8176676	0.3278025	2.2388412
89	3.7801492	0.042183	0.9443687	0.1030475	0.2053498	7.92E-05	0.7271766	0.2742366	0.6967725
90	4.2949652	0.0271992	-1.090603	0.1036131	0.2064584	8.43E-05	0.8495842	0.3140036	1.7113756
91	4.0216948	0.0360537	1.0429755	0.10261	0.2050853	9.65E-05	0.8258365	0.3368114	0.8650979
92	4.5084215	0.021521	1.1662305	0.1040356	0.2082317	0.0001013	0.7470522	0.2889534	1.124431
93	3.73055	0.040196	0.8091954	0.0982254	0.1972209	0.0001341	0.7898598	0.3222816	2.7013889
94	3.9712102	0.036237	-0.986353	0.0971039	0.1946458	0.0001093	0.7760911	0.224713	1.7646697
95	3.3568897	0.0506097	-0.686004	0.1010861	0.2019678	9.25E-05	0.8016493	0.3316224	0.5248965
96	5.2666878	0.0035709	1.5319639	0.1016414	0.2017802	7.58E-05	0.7919112	0.2597139	-0.1367618
97	5.4691078	0.0033187	1.7830106	0.1033024	0.207122	0.0001086	0.8409542	0.2670713	0.3517937
98	3.8724112	0.0397297	0.9786646	0.0987668	0.1983137	0.0001244	0.8319691	0.3148397	1.9920472
99	3.1238898	0.0554351	0.5567219	0.0976226	0.1952326	9.04E-05	0.7857833	0.2255518	0.8057181
100	4.295172	0.0304279	1.2062022	0.100555	0.201139	9.70E-05	0.6667093	0.3229074	3.4593907
101	4.0223462	0.0385051	-1.127053	0.1011386	0.2017281	8.88E-05	0.737052	0.2964385	2.8221359
102	4.0255041	0.0380981	1.1183014	0.0990303	0.198295	9.96E-05	0.7648451	0.2661123	2.6208348
103	3.6232987	0.0464072	0.8890496	0.1052155	0.2071714	6.93E-05	0.7862963	0.3093579	2.0453676
104	3.4277924	0.0489473	0.7198507	0.0972212	0.1947465	0.0001102	0.7971935	0.3154845	2.2367373
105	4.4382298	0.0230977	1.1345448	0.0956209	0.1902632	8.18E-05	0.8238953	0.3681575	3.193198
106	3.4930157	0.0459052	0.7035681	0.0992557	0.1990079	9.51E-05	0.6729165	0.3222739	1.4977093
107	4.6757464	0.0199493	1.3307377	0.1015593	0.2027309	9.36E-05	0.7149453	0.2779474	2.8638257
108	4.823064	0.0146526	1.3376796	0.0998226	0.1997431	0.0001013	0.7503355	0.2919607	2.0690762
109	4.5810899	0.0278429	-1.481237	0.0990007	0.1979529	9.90E-05	0.7848524	0.2527631	0.3482464
110	4.1679351	0.0340386	1.1621081	0.100737	0.2015384	8.21E-05	0.7591993	0.3282412	3.0340598
111	4.3852982	0.0251789	1.1374623	0.1009533	0.2024783	0.0001118	0.674015	0.2688308	3.0741945
112	3.7786935	0.044287	1.0109949	0.0949672	0.1903718	0.0001077	0.8133591	0.2870202	1.3705727
		0.0361109	1.1790676	0.0979061	0.1963332	0.0001106	0.8056041	0.3374116	2.6803579
		0.0458748	0.9767681	0.0974074	0.1958774	0.0004949	0.8185628	0.2957715	2.383386
		0.0377772	1.0121517	0.0979004	0.1925764	7.17E-05	0.7810584	0.2730904	1.5662738
		0.0373195	1.0884357	0.095428	0.1910712	9.67E-05	0.7424899	0.338866	1.6385464



117	3.0277159	0.0534013	0.3565826	0.1041924	0.2079624	8.59E-05	0.8763064	0.2594619	1.8086632
118	4.4095182	0.0246984	1.1506786	0.1014793	0.2027803	9.31E-05	0.8037142	0.2423645	2.5569194
119	4.0429507	0.0322129	0.9395355	0.0981766	0.1960941	9.32E-05	0.7945952	0.2427083	1.7035914
120	4.3188048	0.0260396	1.0824908	0.1016197	0.2032918	9.36E-05	0.7754257	0.2618887	1.9390839
121	2.5299145	0.0692866	0.2615155	0.1005963	0.2004299	7.64E-05	0.8124387	0.2592206	2.6631975
122	4.3057641	0.0286654	1.1562954	0.1013078	0.2027428	9.56E-05	0.7789862	0.367626	1.2795149
123	4.204813	0.0285829	-1.024159	0.1000426	0.2005661	0.0001081	0.7106412	0.2880421	1.7368743
124	4.4521337	0.0213827	1.0932661	0.1056459	0.2098211	7.68E-05	0.8119589	0.327663	0.7991617
125	3.3812161	0.0513864	0.7459451	0.0999357	0.1993121	7.71E-05	0.7672834	0.3064277	3.4018498
126	3.8453258	0.0434967	1.0691893	0.1053905	0.2095831	7.95E-05	0.8150469	0.3672695	2.5532221
127	3.4374702	0.0487602	0.7275878	0.0981441	0.1954146	8.89E-05	0.8010324	0.2951293	2.9470615
128	4.5225674	0.0251742	1.3138943	0.1006675	0.2011389	9.26E-05	0.7933952	0.3204239	0.8098096
129	4.1873597	0.0304737	1.0680268	0.1001954	0.2007348	0.0001061	0.7364579	0.354718	4.5765543
130	4.154465	0.0323711	1.0852879	0.1003751	0.2002301	8.08E-05	0.8214708	0.3503006	1.0621062
131	3.1626781	0.0525812	0.5066761	0.1025051	0.2048293	9.59E-05	0.7593506	0.308698	1.9927298
132	4.4340318	0.0259282	-1.224904	0.0975218	0.1956356	0.0001134	0.8123273	0.2949844	1.363347
133	5.5056231	0.0077605	-1.987411	0.100227	0.2018603	0.0006614	0.7564988	0.2568678	1.8103631
134	4.4070646	0.0274714	1.2460327	0.1013032	0.203114	0.0001064	0.7998329	0.2903319	1.9701341
135	4.4341532	0.0289589	1.3322138	0.1006036	0.2017822	0.000108	0.6613047	0.2754398	2.9366055
136	3.6751276	0.037448	0.6418157	0.099735	0.1994782	9.48E-05	0.6934427	0.2687379	-0.6565401
137	4.2177979	0.0299956	-1.090105	0.0993508	0.1987281	9.81E-05	0.6989341	0.2943001	1.3950281
138	5.1435927	0.0142696	1.7441054	0.0978609	0.1960618	0.0001002	0.7925732	0.265858	1.0094127
139	3.6359697	0.0472126	0.9286072	0.1003212	0.2007497	9.84E-05	0.8211968	0.2659427	1.9261693
140	4.6142257	0.0271985	1.4999063	0.0995456	0.1997716	0.0001312	0.7611239	0.3426336	3.0085571
141	4.2666543	0.0252342	0.9864057	0.0998872	0.1997671	9.86E-05	0.7308809	0.2790616	1.6565733
142	4.193378	0.0299805	1.0543842	0.1014221	0.2032694	0.0001142	0.7638138	0.2997367	1.6631812
143	3.8979134	0.0408036	1.0444871	0.1012174	0.2030467	0.0001141	0.7391402	0.2446012	0.5898266
144	2.1999244	0.0540506	0.5892106	0.0995408	0.1994666	0.0001058	0.779722	0.3016544	2.4216664
		0.0418257	0.9590902	0.1013295	0.2029351	0.0001021	0.7504177	0.2717865	1.666016
		0.0284352	1.1257033	0.1013246	0.2025237	9.35E-05	0.8245197	0.2869317	2.5539164
		0.0209193	1.3278408	0.1012983	0.2021689	8.24E-05	0.7660408	0.2834309	3.049038



148	4.2901774	0.0315522	-1.235495	0.0992049	0.1992468	0.0001508	0.7841295	0.3098018	2.5344567
149	5.1649247	0.008604	1.5707276	0.0995891	0.1994856	0.0001151	0.7582186	0.2854206	2.1198055
150	3.1581836	0.0580648	-0.684607	0.0973201	0.1946136	9.34E-05	0.8241949	0.2572957	2.1677323
151	3.3510459	0.0535753	-0.782665	0.0999122	0.200906	0.000594	0.7344734	0.2959451	3.8473828
152	4.833495	0.0181631	-1.476766	0.0946501	0.1896626	9.89E-05	0.7577387	0.2541532	1.3502449
153	4.0978034	0.0321472	1.0064711	0.0987028	0.1970516	9.36E-05	0.703755	0.2918006	3.514352
154	3.4384608	0.0526717	0.8637282	0.1031904	0.2055044	7.62E-05	0.7961769	0.3119239	1.9824719
155	3.9123495	0.045847	1.2363708	0.1028618	0.2045033	8.30E-05	0.7383978	0.3145168	2.449534
156	3.776205	0.0402499	0.8743105	0.1013947	0.2034724	0.0001216	0.7596672	0.3300622	3.3708954
157	3.3342521	0.0507307	0.6607364	0.0984412	0.1967137	9.73E-05	0.706799	0.298659	2.2943371
158	3.7815879	0.0398302	0.8599347	0.1008943	0.2023704	0.0001245	0.7957343	0.3265828	3.2122133
159	3.9998679	0.0404176	1.1638535	0.1009805	0.2019799	9.11E-05	0.7933324	0.2593331	1.266418
160	4.1843106	0.0326543	1.1330268	0.0976393	0.1954331	0.0001056	0.6881281	0.3024939	1.9339576
161	3.9579984	0.038653	1.0505087	0.0986872	0.1975185	0.000102	0.8235993	0.3115788	0.70246
162	4.4076861	0.0272983	1.2381648	0.0985683	0.1975716	0.0001061	0.781474	0.3076865	0.7110852
163	3.710169	0.0452888	0.9587707	0.1012051	0.2008129	7.66E-05	0.8032119	0.3615948	0.4806388
164	3.9991938	0.0361487	1.0175275	0.1018039	0.203005	8.18E-05	0.7853899	0.2881454	2.1713086
165	4.349542	0.029462	1.2375152	0.1038733	0.2067747	8.25E-05	0.8369722	0.2810632	-0.5122982
166	4.4293207	0.0299547	1.3557158	0.1009547	0.2016426	9.25E-05	0.7511728	0.3239142	1.7040635
167	3.5109182	0.0478036	0.7883456	0.0960294	0.1921987	9.01E-05	0.8334842	0.2236688	0.8057345
168	2.7826734	0.0598091	0.2684353	0.0976322	0.195975	8.32E-05	0.7998183	0.2769411	4.1969773
169	3.9392391	0.0445037	1.2292733	0.0969594	0.1937688	9.75E-05	0.7624157	0.2517686	1.9467572
170	3.8508345	0.0439703	1.0995799	0.100714	0.2008636	9.36E-05	0.8016319	0.3247809	3.6416741
171	4.3770688	0.0221182	1.0201538	0.0989363	0.1968506	8.05E-05	0.8806206	0.2376865	1.7400916
172	3.7546481	0.0443316	-0.983753	0.100366	0.2013695	0.0001104	0.8223262	0.3154397	0.9213289
173	3.9602037	0.0374778	1.0143828	0.0976169	0.1947361	8.61E-05	0.7984888	0.3488615	1.4425371
174	3.296201	0.051214	0.6307158	0.1000172	0.1994641	8.32E-05	0.7186326	0.2673073	4.4729078
175	3.9517608	0.0381026	1.0248174	0.099162	0.1977332	8.16E-05	0.8456744	0.2583208	2.6569572
		0.0334695	1.2443525	0.1010143	0.2010857	8.10E-05	0.7507806	0.3122171	4.5148258
		0.0235538	1.6437197	0.099879	0.1991303	7.71E-05	0.7058577	0.3308759	1.0000541
		0.0402255	0.9579069	0.0975565	0.1951205	9.21E-05	0.802931	0.3316919	1.4908271



179	3.5109534	0.0524861	0.9518859	0.1018717	0.2026639	8.44E-05	0.6479549	0.3223454	0.7702471
180	3.6220695	0.0461682	0.8782866	0.0990897	0.1984244	0.0001018	0.7903152	0.2885734	1.2649221
181	4.1579402	0.0329021	-1.108223	0.0994395	0.1988768	0.0001048	0.7388752	0.365354	3.2998207
182	4.0902499	0.035057	1.0979041	0.0961399	0.1931126	0.0004988	0.7528562	0.2775633	1.5531278
183	4.3878641	0.0263474	1.1801568	0.0993612	0.1985296	9.07E-05	0.7221885	0.3009364	1.5285649
184	3.1579593	0.0583022	-0.69585	0.1015895	0.2029613	8.67E-05	0.7563313	0.2867989	2.8910058
185	4.2018977	0.0336749	1.1927595	0.1074495	0.2133833	7.07E-05	0.7543557	0.3531419	1.8147689
186	3.5855718	0.0463987	0.8369822	0.0992632	0.1993944	0.0001588	0.8079622	0.3490399	2.8161621
187	4.8267272	0.0213403	1.5724371	0.0999051	0.1991385	8.34E-05	0.7627591	0.2731576	3.625665
188	4.3036	0.0295174	1.1833145	0.1005242	0.2010025	9.99E-05	0.8214781	0.2308746	0.8794729
189	4.139015	0.0353836	1.1724627	0.0987369	0.1977583	0.0001008	0.8684074	0.2998151	1.4389757
190	4.6163646	0.0203302	1.2669755	0.094031	0.1885653	0.0001145	0.6885579	0.3796183	2.1177901
191	2.996331	0.055571	0.3901578	0.1006087	0.201118	9.13E-05	0.7496409	0.2820413	4.0309771
192	4.3156051	0.0305862	1.2321799	0.10166	0.2027853	8.34E-05	0.7496212	0.2809425	2.635607
193	4.2801477	0.030278	-1.176509	0.0975559	0.1950965	8.87E-05	0.8145747	0.3221924	1.5017623
194	3.9533061	0.0357948	-0.946226	0.0999999	0.1996038	8.87E-05	0.725629	0.2830332	2.9276395
195	3.8816912	0.0380028	0.9285315	0.1019464	0.2039979	9.24E-05	0.7795739	0.3171898	3.3691626
196	3.3315792	0.0532802	0.7473047	0.1022126	0.2007782	7.09E-05	0.8109987	0.2789872	1.1144836
197	5.1226388	0.007047	1.4590153	0.1009584	0.2018256	9.35E-05	0.7870626	0.3477219	2.8108172
198	3.4751724	0.0491945	0.7877643	0.1013595	0.2027481	9.28E-05	0.735217	0.3316591	3.0630578
199	4.5476319	0.0207873	1.1944529	0.0963158	0.1927107	8.44E-05	0.6981704	0.2577555	2.0099501
200	4.0222687	0.0374034	1.0906258	0.1008016	0.2014987	9.35E-05	0.7623053	0.2745537	2.6854251
201	3.5501444	0.0425954	0.6591236	0.1025441	0.2050348	8.28E-05	0.7302425	0.288861	1.6637436
202	3.812005	0.0429765	1.0121926	0.0961796	0.1925914	9.11E-05	0.8513812	0.2821323	-0.3485356
203	3.9110397	0.0410152	1.0719636	0.0997145	0.1990273	8.94E-05	0.7808474	0.3701617	3.5397402
204	3.8660018	0.0390933	0.9490788	0.1017872	0.2037097	9.60E-05	0.7858055	0.3750016	1.463933
205	2.9089008	0.0628487	0.5325755	0.0959733	0.1917069	9.94E-05	0.8359207	0.3573092	2.5619966
206	2.9006224	0.0445928	1.1789343	0.1005687	0.2008302	8.81E-05	0.7501453	0.2997198	0.1701526
		0.0348293	1.2339261	0.0974872	0.19569	0.0001152	0.7257902	0.3009836	2.7778576
		0.030605	1.0306542	0.096595	0.1939512	0.0001176	0.7884534	0.3187225	3.3865567
		0.0395325	0.9237502	0.1030115	0.2060429	9.22E-05	0.7773529	0.2798377	0.8883292



210	3.8890102	0.0384894	0.9556012	0.0992376	0.1990229	0.0001211	0.7936906	0.2867854	2.5230248
211	4.6412575	0.0233614	1.4023026	0.0984817	0.1972873	0.0001014	0.8003321	0.2409489	2.2072509
212	3.418862	0.0526128	-0.837363	0.1008193	0.2014628	8.91E-05	0.727058	0.2821333	0.3144399
213	3.7513071	0.0442153	-0.974693	0.0999586	0.2001678	0.0001006	0.7762974	0.2794828	1.2788499
214	3.7752656	0.0393397	0.8357823	0.1031092	0.2057513	8.12E-05	0.8332283	0.3593629	1.0993636
215	4.1230579	0.0317468	-1.026944	0.1003136	0.2009438	0.0001041	0.8250517	0.279597	2.2897618
216	3.7230833	0.0421988	0.8692158	0.0992334	0.1987773	0.0001019	0.7748565	0.3041606	1.395755
217	4.4051339	0.0290161	1.2936927	0.0996382	0.1992299	8.62E-05	0.7653413	0.3230521	0.9559787
218	3.6951323	0.0456085	0.9505747	0.1000205	0.2002122	0.0001006	0.7698718	0.2911127	-0.2075786
219	2.4947151	0.0758409	0.4400174	0.0991268	0.1987424	0.0001081	0.7834537	0.2264211	-0.3604025
220	3.737476	0.0401495	0.8145832	0.1009938	0.2023255	0.0001036	0.7584495	0.3166955	3.333114
221	4.0073759	0.0393364	1.1391736	0.1009501	0.2016626	9.38E-05	0.7897981	0.2742407	3.3861046
222	3.4267682	0.0494494	0.7417151	0.0976073	0.1955667	0.0001058	0.7818101	0.3008013	2.8610256
223	3.783155	0.042653	0.9626989	0.1012953	0.2006977	7.38E-05	0.7845301	0.2927776	2.0130763
224	3.5560633	0.0512913	0.9694735	0.0954576	0.1917265	0.0001663	0.7523919	0.2839995	1.0531232
225	4.5174386	0.0253967	1.3144945	0.1001533	0.2010173	0.0001268	0.8286535	0.2888803	1.8318776
226	4.4617059	0.0231136	1.1663604	0.0956758	0.1915318	9.12E-05	0.7566334	0.2876328	1.3721542
227	3.3325635	0.053729	0.7671148	0.0981618	0.1957543	8.52E-05	0.7355579	0.3241053	3.4990725
228	4.4346771	0.027937	-1.291939	0.1009765	0.2022736	0.0001023	0.8058109	0.3512306	3.3698816
229	3.8181849	0.0440212	1.0556968	0.0993275	0.198522	9.11E-05	0.7649067	0.3310562	1.3232725
230	3.3935758	0.0502759	0.7242937	0.1002087	0.2002245	8.99E-05	0.7475282	0.3056323	1.2152577
231	5.0084475	0.0123956	1.4952793	0.0976803	0.1945929	8.23E-05	0.7369694	0.3265112	0.4095799
232	3.4921735	0.041555	0.5503176	0.0995226	0.1996963	0.000107	0.7159958	0.2551265	-0.2837426
233	3.8701426	0.0415112	1.0361273	0.1001544	0.2012619	0.0001534	0.7908419	0.2918868	2.4296572
234	3.7252636	0.046002	1.0066593	0.1016342	0.2034134	9.48E-05	0.7079889	0.272152	3.7665834
235	3.0694566	0.0560676	-0.505468	0.1003557	0.2001325	8.01E-05	0.850062	0.2920116	2.4875043
236	3.8684635	0.0384858	0.9308081	0.0994097	0.1997153	0.0001782	0.8261241	0.2731436	0.6913673
237	3.0996345	0.0573785	0.5869911	0.100853	0.2017194	8.51E-05	0.7639791	0.284795	3.7881313
		0.0343746	1.0527577	0.1008386	0.2010668	8.14E-05	0.7744897	0.348645	1.8510833
		0.0444991	0.8609611	0.0983042	0.1961735	8.39E-05	0.7325498	0.3388282	2.2936645
		0.030756	1.0218709	0.1001032	0.2003528	9.88E-05	0.7613996	0.3503504	2.3603652



241	3.6513442	0.0483282	0.9870146	0.0994826	0.1995784	0.0001194	0.861811	0.2249917	2.0259394
242	4.0247554	0.0363073	-1.05545	0.0997401	0.199739	0.0001065	0.7872038	0.3725666	2.6381919
243	4.0625919	0.0361102	1.0978018	0.0989414	0.1988437	0.0004663	0.7388469	0.347127	1.5569778
244	4.1214057	0.0331874	1.0730812	0.1034061	0.206665	7.91E-05	0.7286645	0.287778	2.5726133
245	4.2672849	0.0347501	1.3137889	0.0964874	0.1927813	8.49E-05	0.6978468	0.2616214	2.4121116
246	3.1505911	0.0548916	0.5722104	0.0995229	0.1992681	0.000101	0.7130119	0.2904343	1.6036074
247	4.5169281	0.0255464	1.3236147	0.0972363	0.1946986	9.32E-05	0.7981678	0.2718681	0.591069
248	3.2321209	0.0514129	0.5537413	0.0979239	0.1964613	0.0001142	0.7735897	0.3529159	-0.2246297
249	3.9465171	0.039594	1.0692433	0.1017816	0.2034242	9.20E-05	0.7396473	0.2757193	2.1952697
250	4.2604148	0.0304777	1.1589893	0.1015372	0.2027255	8.16E-05	0.7741153	0.3324858	2.3756952
251	4.4441716	0.0259603	1.2432844	0.1054884	0.2120057	0.0001847	0.7112415	0.3289123	2.509452
252	3.9321203	0.0376303	0.9811276	0.0969276	0.1929061	8.14E-05	0.7991376	0.2666168	1.5905829
253	3.471827	0.0542763	0.9629189	0.1033463	0.2064219	9.69E-05	0.7673417	0.2598962	2.9789358
254	3.3064921	0.0561969	0.8130714	0.1010918	0.2017148	8.59E-05	0.6997351	0.3508203	1.7000624
255	3.9627559	0.0378907	1.0287737	0.1026412	0.2060225	0.0001225	0.7791539	0.2643694	-0.2136642
256	3.329685	0.0497715	0.6219648	0.0993599	0.1991644	0.0001185	0.7027193	0.2810924	3.0972809
257	3.6937159	0.0423124	0.8322596	0.0993007	0.1983887	9.48E-05	0.7248998	0.3234092	3.1613252
258	3.9344185	0.0373863	0.9771644	0.1005968	0.2012868	9.35E-05	0.6805362	0.3115659	0.2358144
259	3.9378656	0.0394345	1.0508846	0.1010219	0.2026284	0.0001202	0.7469236	0.2833974	0.6572705
260	4.07219	0.036185	1.1141623	0.0985014	0.1972459	0.0001006	0.8250609	0.3254408	1.5295273
261	2.9934025	0.058485	0.4932264	0.1013779	0.202864	8.56E-05	0.8186285	0.2680701	2.0667901
262	4.5146899	0.0215677	1.1774192	0.1002973	0.2007255	9.69E-05	0.7751064	0.3107301	0.9509699
263	3.3391573	0.0518261	0.7059588	0.0944587	0.1886551	9.43E-05	0.6828408	0.3362876	-0.4953446
264	3.482083	0.0444278	0.6416763	0.1008004	0.2004393	8.34E-05	0.7640227	0.2762678	3.8607272
265	3.6120731	0.0473383	0.8986328	0.0989068	0.1981745	0.0001058	0.768677	0.3398222	3.0914354
266	4.2628822	0.036534	1.3668684	0.097364	0.1946778	9.80E-05	0.7977035	0.2431959	1.5405217
		0.0408366	0.8253203	0.1037757	0.2081126	0.0001151	0.7885379	0.2513324	2.6848722
		0.030056	-1.397443	0.0998579	0.2006428	0.000155	0.8177466	0.2323757	1.4010534
		0.0155141	1.5267898	0.0998682	0.1986699	8.15E-05	0.7522365	0.3698523	1.3337385
		0.0602505	0.3880277	0.098565	0.1979539	0.0001151	0.7903855	0.3171994	0.2413084



271	4.1783116	0.0345298	1.1938258	0.0991285	0.1974041	8.11E-05	0.7867362	0.2470386	3.6272813
272	4.3207505	0.0362571	1.4371292	0.0992407	0.1993354	0.00011	0.8544079	0.2529951	1.5434116
273	3.9487953	0.0411921	1.1278597	0.1041088	0.2077202	8.77E-05	0.8180618	0.2965909	1.9566308
274	4.2546746	0.0326078	1.2256508	0.101236	0.2022868	8.58E-05	0.8019385	0.2664846	2.2130482
275	3.781209	0.0416676	0.9274474	0.0986602	0.1977869	0.0001083	0.7532654	0.3190791	3.0815437
276	4.5191086	0.0293429	1.4539052	0.0984375	0.1965077	9.30E-05	0.8142687	0.2711188	1.0625265
277	3.9917712	0.0353323	0.9791433	0.0999946	0.2003901	0.0001096	0.6352043	0.25353	3.7125447
278	3.5158568	0.0517339	0.9287417	0.1042068	0.2077201	8.02E-05	0.7663909	0.2869306	1.3421519
279	3.4214978	0.044551	-0.569812	0.1033252	0.2068099	8.14E-05	0.7106331	0.3247736	1.3078532
280	4.2064573	0.0317849	1.1345938	0.1017392	0.2035374	9.71E-05	0.763454	0.2299898	2.9326626
281	3.1465774	0.0590642	0.7063717	0.1000138	0.2001093	9.88E-05	0.849664	0.283118	0.2812244
282	4.0321513	0.0367526	1.0824547	0.1031132	0.2061578	8.54E-05	0.8080017	0.3161176	0.6030822
283	4.7069688	0.0166028	1.2553604	0.0990899	0.1988712	0.0001329	0.826621	0.3199946	-1.5409941
284	3.7334904	0.0444069	0.9584644	0.1017457	0.2022244	7.70E-05	0.7399121	0.2980997	3.5823014
285	2.3972772	0.0747098	-0.282958	0.1023138	0.2042018	9.08E-05	0.6686973	0.2717225	2.0135179
286	4.3568592	0.0297049	1.2537816	0.0978669	0.1960263	9.73E-05	0.7479584	0.3628283	0.106333
287	4.3312392	0.028538	-1.184753	0.1025742	0.2044765	8.50E-05	0.703592	0.3319402	1.2441536
288	4.7135454	0.0183879	1.3307642	0.0998528	0.2000375	0.0001044	0.7340548	0.2661126	3.2712783
289	3.8621751	0.0454514	-1.160826	0.1016734	0.2027244	8.85E-05	0.7312253	0.2714557	-0.9620504
290	4.3429959	0.0313951	1.2980741	0.099234	0.1977919	8.13E-05	0.7735594	0.2478506	1.4923806
291	4.4186899	0.0245181	1.1559664	0.1028352	0.2063271	0.0001056	0.7440986	0.2797184	2.8267542
292	4.0154897	0.0368391	1.0615882	0.1012315	0.2027504	0.0001001	0.7815057	0.2779929	2.095916
293	3.7006948	0.0415891	0.8181194	0.0998135	0.1988863	8.30E-05	0.7790039	0.3017964	-0.8127453
294	4.100704	0.0333398	1.0546788	0.0993902	0.1974394	8.25E-05	0.7747366	0.2590982	0.6078882
295	5.4318676	0.0054396	1.8124005	0.0980952	0.197185	0.0005568	0.7818324	0.2903034	1.7768624
296	4.1712314	0.0305252	1.0455941	0.1011816	0.2022619	9.63E-05	0.678096	0.2999025	2.7333615
297	3.9737941	0.0365089	0.9976216	0.0996697	0.1992596	9.05E-05	0.8243819	0.2721593	2.1448072
298	4.1754222	0.0305074	1.0518416	0.1007216	0.2015828	0.0001022	0.7869164	0.3409354	1.1054478
		0.0418205	0.8349123	0.102699	0.2058957	0.0001137	0.817758	0.2712707	-0.7315181
		0.0285717	1.3224685	0.0986925	0.1970315	8.25E-05	0.7574521	0.2663008	3.7071639
		0.0247214	1.0373322	0.1005473	0.200875	9.13E-05	0.8147724	0.3002339	2.228455



302	5.1078662	0.0161077	1.7614789	0.0961691	0.1929163	8.69E-05	0.8162864	0.3360932	1.7867963
303	4.5019421	0.0285929	1.4080915	0.1009568	0.2028637	0.0001621	0.7884357	0.283451	0.8990122
304	3.9737365	0.0374079	1.0272496	0.0975411	0.1948181	9.23E-05	0.8090405	0.3571304	2.2539181
305	3.3974615	0.0463009	0.5927523	0.1021079	0.2041832	9.28E-05	0.7875552	0.3424083	-0.6266736
306	4.2715612	0.026685	1.0450755	0.1014559	0.2035059	0.0001133	0.7892064	0.267825	1.5601689
307	4.5467664	0.0256547	1.3614942	0.0974119	0.1948602	0.0001023	0.7686222	0.2996347	3.0541812
308	3.8889641	0.0420343	1.0789077	0.1010497	0.201945	8.96E-05	0.741566	0.309289	2.7823377
309	4.3705938	0.0294559	1.2650877	0.0981906	0.1965129	9.21E-05	0.7132475	0.3259822	-0.0018758
310	4.1593051	0.030184	1.0212631	0.0983595	0.1968125	0.0001013	0.8405164	0.246385	0.9192508
311	4.3766523	0.0252349	1.1317266	0.0992063	0.1982394	9.41E-05	0.7412784	0.2778974	2.9783061
312	4.385001	0.0201347	0.9668003	0.0985814	0.1974024	0.0001004	0.6955186	0.2925446	5.5394997
313	3.5013708	0.0474282	0.7640345	0.1003351	0.200082	7.66E-05	0.8833322	0.2505305	-0.0369704
314	3.2797095	0.054167	0.7133835	0.097541	0.1959128	0.0005697	0.7643622	0.281574	2.2843483
315	4.2099413	0.0302656	1.0862731	0.0940809	0.1887447	0.0001099	0.8216483	0.3227356	2.06534
316	3.217844	0.0535981	0.6154709	0.1020437	0.2032437	7.78E-05	0.7602214	0.2983167	3.7623554
317	4.2991742	0.0301909	1.1999761	0.1003026	0.2004927	8.80E-05	0.7691929	0.2752667	-0.6273248
318	3.2398026	0.051448	0.5686998	0.0986575	0.197794	0.0001083	0.7794373	0.236116	-1.2223453
319	4.2743088	0.0303682	1.1703893	0.0982721	0.1976232	0.0005209	0.7797114	0.3271991	3.2942895
320	3.9515756	0.043353	1.2050514	0.1010028	0.2018943	9.76E-05	0.8200634	0.3520414	1.222068
321	4.0670021	0.0353869	1.0758427	0.0997816	0.2004348	0.0001503	0.7266554	0.3002513	0.2728844
322	3.9514076	0.0375352	1.0049028	0.1021214	0.2047079	0.0001037	0.753061	0.3041268	1.4103238
323	4.6600368	0.0178864	1.2406552	0.0994104	0.1994345	0.0001177	0.7988788	0.2511132	0.6927725
324	3.5570941	0.0443446	0.7338779	0.101074	0.2004021	7.07E-05	0.796919	0.2537031	2.3030674
325	4.1154451	0.0296123	0.9419756	0.0971617	0.1947818	0.0001063	0.7885088	0.3205686	2.5290235
326	4.2845073	0.0319662	1.2437673	0.0977446	0.1954313	9.17E-05	0.778222	0.2866004	3.5680273
327	3.8835651	0.0406076	1.0222568	0.0969796	0.1938133	8.75E-05	0.8827428	0.2663852	3.0039938
		0.0476181	0.9240097	0.1004245	0.2010175	9.42E-05	0.8032002	0.2996798	3.946499
		0.0147993	1.7724467	0.1051853	0.2093741	8.08E-05	0.8350255	0.339712	0.5918104
		0.0337973	1.1800102	0.099265	0.1988598	0.0001064	0.767802	0.3266626	1.0451906



331	3.9893738	0.0359124	0.9961604	0.0971182	0.1940682	7.66E-05	0.7938105	0.3212943	2.8102239
332	4.7712734	0.0165703	1.3382879	0.0991294	0.1986391	0.0001079	0.6705885	0.3345061	1.0974861
333	3.5620784	0.0500476	0.9354669	0.0981868	0.196558	9.17E-05	0.7155636	0.250764	2.7134842
334	3.5729651	0.0478338	0.8677159	0.0983892	0.1972336	0.0001207	0.8276765	0.2931221	1.4750365
335	4.1847864	0.0352156	1.2236935	0.1021695	0.2040328	8.98E-05	0.7914328	0.3141169	2.1538352
336	4.668216	0.0192957	1.2996829	0.0986927	0.197654	0.0001005	0.7013739	0.2337335	1.4264591
337	5.0622739	0.0172419	1.7371283	0.1015667	0.2024056	9.14E-05	0.8246587	0.236943	4.6705018
338	4.5287921	0.0252503	-1.322783	0.1030858	0.2063241	0.0001013	0.7742994	0.320046	4.8114184
339	4.8731714	0.0178944	1.5132433	0.0984733	0.1970163	8.97E-05	0.7300758	0.2382042	2.2844261
340	3.9856762	0.0340512	0.9234092	0.1035604	0.2071036	9.50E-05	0.7217651	0.3014776	0.1028946
341	4.3925815	0.0290427	-1.280028	0.0947504	0.1895107	9.65E-05	0.7903461	0.3113161	3.596575
342	4.1216244	0.0344995	1.1167611	0.0974773	0.1947004	8.81E-05	0.789445	0.3200822	3.3480271
343	3.3923576	0.0511294	0.7513159	0.1058823	0.2099692	7.53E-05	0.7301801	0.2709398	-0.358044
344	2.8593527	0.0601296	0.3781007	0.1003543	0.2012323	0.0001071	0.8353189	0.2440119	1.5619477
345	3.9137213	0.0391341	1.0100491	0.1009482	0.2027091	0.0001257	0.7896029	0.2851155	1.5635839
346	4.0689599	0.0368586	1.1328731	0.1017485	0.2029606	8.06E-05	0.8027364	0.281637	0.2756095
347	3.0149958	0.0580146	0.5087322	0.097068	0.1938039	8.59E-05	0.7041752	0.296916	2.492599
348	4.2345424	0.0288025	1.0690207	0.0995173	0.1985931	8.64E-05	0.7380144	0.2966366	1.9093313
349	3.3501088	0.051217	-0.698389	0.103813	0.2076539	0.0001013	0.7722209	0.3160924	1.1433812
350	4.4842317	0.0301654	1.4326709	0.1046423	0.2092422	9.16E-05	0.7438465	0.2750252	3.9014723
351	4.6364068	0.0260103	1.4930827	0.0989166	0.1969766	7.75E-05	0.7541147	0.2817195	2.2809223
352	3.6487391	0.0476274	0.9612809	0.1015517	0.2030851	9.61E-05	0.7465382	0.2832889	1.5859064
353	3.459696	0.0489296	0.7653052	0.1021051	0.2041272	9.56E-05	0.7690263	0.3567943	3.1658486
354	3.8895062	0.0405057	1.0280964	0.0995505	0.1991704	8.02E-05	0.7811566	0.2850561	0.4919318
355	2.7740787	0.0674954	0.5202774	0.1041356	0.2084333	0.0001036	0.8587753	0.2192751	1.2272503
356	3.5301356	0.0474649	0.8031237	0.1012374	0.2028114	0.0001017	0.7873615	0.3780432	3.3246408
357	3.9379876	0.0348919	0.8946758	0.0978317	0.1964681	0.0001442	0.8262734	0.3004131	1.136739
		0.0431297	0.9249208	0.1032503	0.2058269	8.06E-05	0.8095608	0.3030498	0.7757606
		0.0428285	1.0394725	0.0990047	0.1981652	8.93E-05	0.7109272	0.3659039	3.1172593
		0.0186062	1.5487301	0.1010561	0.2023881	0.0001067	0.845009	0.31534	4.4126516



361	4.2415571	0.0334149	1.2340996	0.1007773	0.2013466	8.54E-05	0.7188149	0.3075163	4.0534355
362	5.158797	0.0118973	1.6760531	0.1010584	0.2026494	0.0001162	0.7042271	0.3216639	-0.476642
363	4.1058208	0.0343482	1.0928496	0.1010461	0.2012381	8.19E-05	0.7869821	0.2887972	1.9506952
364	4.0934197	0.0322953	1.0058973	0.1018254	0.203662	9.54E-05	0.7396005	0.3106001	2.6257348
365	3.5684657	0.0476447	0.8564738	0.0991103	0.1979135	8.82E-05	0.6153559	0.303838	2.0545627
366	3.6075991	0.0431831	0.7551273	0.0987096	0.1981758	0.0001221	0.7540267	0.2543958	0.021266
367	4.9877228	0.0156922	1.5851535	0.1014597	0.2025344	8.15E-05	0.8304548	0.299147	3.4453922
368	3.915573	0.0437509	1.1635477	0.1016916	0.2015431	7.55E-05	0.7447539	0.3264581	4.8476113
369	3.6150777	0.0454236	0.8435708	0.0998392	0.1999038	0.0001037	0.796097	0.2789262	1.3892676
370	3.7745525	0.0444592	1.0142428	0.1023602	0.2055667	0.0001364	0.750449	0.3400814	-0.1097968
371	3.4829803	0.0449698	0.6564099	0.1017096	0.2017576	7.81E-05	0.8603413	0.267617	1.260503
372	3.591748	0.0442461	0.7742176	0.1016097	0.2040176	0.0001509	0.7901395	0.3613629	2.0545296
373	3.3184289	0.0544157	0.7670139	0.1005575	0.2008769	9.45E-05	0.8006489	0.3172993	1.0675326
374	3.6725213	0.0454503	0.9182902	0.1010565	0.2019553	8.14E-05	0.7353211	0.2746683	1.4444163
375	4.1220385	0.0381014	1.2456392	0.1002889	0.2011618	0.0001149	0.7391858	0.2642411	3.4896022
376	4.1629995	0.0307452	1.0420873	0.098926	0.195752	7.28E-05	0.7305488	0.3418945	2.4237429
377	4.214625	0.0289108	1.0447878	0.0974118	0.1949645	9.67E-05	0.7351658	0.3059725	1.8878669
378	3.6753703	0.0495595	1.0602641	0.0974851	0.1958901	0.0004988	0.7698073	0.2714762	3.6175463
379	2.767995	0.0608241	0.2841858	0.0971258	0.1926374	8.35E-05	0.74317	0.2668496	-0.0627236
380	4.0559503	0.0345422	1.0358954	0.0954281	0.1914822	0.0001274	0.80539	0.2651233	2.6773788
381	3.4290669	0.0528048	0.8558728	0.0986862	0.198287	0.0001858	0.7953871	0.266	3.3360161
382	4.0418956	0.0353573	1.0445991	0.1000145	0.200021	9.94E-05	0.8285254	0.3127618	1.2038408
383	3.7059811	0.0429283	-0.873684	0.0982217	0.1969941	0.0001108	0.779624	0.2616118	2.1596318
384	4.4509592	0.0291234	1.3559584	0.1003849	0.2009498	0.000101	0.7789651	0.3213563	0.3130455
385	4.5050301	0.0264085	1.3336104	0.0974235	0.1960562	0.0005762	0.7726417	0.3019256	2.6254353
386	3.131021	0.0568277	-0.61048	0.098385	0.1963476	8.13E-05	0.6487915	0.3487629	1.735603
387	4.3371535	0.0271356	1.1427649	0.1037323	0.2081054	0.0001147	0.7821392	0.3316053	2.9516608
		0.0221595	1.5304264	0.0977355	0.1956586	0.0001018	0.7545891	0.3048178	-2.2286263
		0.0150029	2.0005981	0.1018398	0.2045094	0.0001404	0.7654388	0.2851468	3.4812592
		0.0525628	0.8422935	0.1006344	0.2007547	8.72E-05	0.7309292	0.2867782	2.0384437



391	4.0085548	0.0383662	1.1051291	0.1018048	0.2044741	0.0001413	0.8220615	0.2529572	3.1135545
392	4.7736898	0.0184462	1.4042178	0.1004004	0.200741	9.79E-05	0.7045375	0.2962436	5.1019234
393	3.3736642	0.0507569	0.7203426	0.0971672	0.1931372	8.13E-05	0.7075355	0.325489	3.8710484
394	3.4342178	0.048878	-0.728749	0.0986344	0.1977669	0.0001101	0.6769482	0.3313811	0.9128898
395	4.3410998	0.0265606	1.1290927	0.1002362	0.2001505	8.12E-05	0.8089211	0.3881396	4.2204236
396	3.1486171	0.0549504	0.5708529	0.0999099	0.1994821	8.72E-05	0.8745004	0.2058845	-0.4013851
397	4.5067152	0.0207778	-1.144738	0.0967357	0.1934295	9.44E-05	0.7632948	0.3318733	1.8909371
398	4.5421394	0.0183158	1.1051496	0.0989154	0.1980294	0.0001025	0.8051773	0.3005169	2.2716291
399	4.6252808	0.0218183	1.3326536	0.1009968	0.201646	9.06E-05	0.8374762	0.3599873	2.3462987
400	4.0449599	0.0356335	1.0605307	0.0993629	0.1984891	9.39E-05	0.7970967	0.2778028	2.910441



ESTIMASI PARAMETER MODEL SPATIO TEMPORAL MENGGUNAKAN ALGORITMA EKSPEKTASI-MAKSIMUM

Muh. Idil Islami., Andi Kresna Jaya, S.Si., M.Si., Dr. Amran, S.Si., M.Si.

Departemen Statistika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin
Jalan Perintis Kemerdekaan KM. 10, Makassar, Indonesia, Kode Pos 90245

Abstrak

Data yang tergantung pada dimensi lokasi dan waktu atau dikenal sebagai data spasial-temporal, umumnya memiliki kompleksitas yang tinggi. Dalam penelitian ini digunakan model spasial-temporal untuk menganalisis pola data spasial-temporal. Kompleksitas hubungan antara variabel dan parameter dalam model spasial-temporal disederhanakan dengan pendekatan hierarki. Estimasi parameter model menggunakan metode Ekspektasi-Maksimisasi (EM). Metode EM tidak memiliki standar eror penaksiran parameter. Untuk mengatasi masalah tersebut dalam penelitian ini digunakan metode bootstrap. Implementasi model spasial-temporal pada data curah hujan di Provinsi Sulawesi Selatan dengan kovariat temperatur dan kelembaban udara menunjukkan bahwa terdapat hubungan antara curah hujan dengan temperatur dan kelembaban.

Kata Kunci: Model Spasial-Temporal, Kalman Filter, Algoritma Ekspektasi-Maksimisasi, Bootstrap, Curah hujan.

1. Pendahuluan

Dinamika pola curah hujan dapat digambarkan dalam suatu model. Pola curah hujan sangat penting peranannya dalam kegiatan sosial-ekonomi masyarakat. Informasi pola curah hujan dapat digunakan untuk menentukan waktu pelaksanaan kegiatan social-ekonomi yang dapat memberikan keuntungan dan mencegah kerugian yang mungkin terjadi. Oleh karena itu pemahaman tentang pola curah hujan diperlukan dalam rangka untuk mengoptimalkan kegiatan sosial-ekonomi masyarakat. Pola curah hujan dapat dinyatakan dalam model spasial maupun model temporal atau model spasial dan temporal.

Model Spatio-Temporal (ST) adalah model yang merepresentasikan fenomena alam yang diobservasi dalam dimensi spasial dan temporal. Analisis datanya mempertimbangkan dependensi spasial antar wilayah pengamatan dan korelasi satu atau beberapa lag waktu. Observasi secara temporal memiliki kecenderungan yang tidak independen tapi membentuk sebuah runtun waktu. Model ST mulai dikembangkan oleh Bilonick & Nicholas (1983) meneliti data curah hujan dengan 3 pendekatan yang berbeda yaitu, pertama fokus pada efek temporal dengan mengabaikan efek spasial, kedua fokus pada efek spasial dengan mengabaikan efek temporal dan analisis spasial temporal.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Data Spasial

Analisis data geostatistika dilakukan untuk menaksis nilai peubah di suatu lokasi yang (s_0). Nilai dari suatu variable yang diamati dapat dinyatakan sebagai peubah (s_0) ; $i = 1, \dots, n$ dengan s merupakan vektor lokasi. Misalkan peubah acak X sebagai peubah acak spasial $Z(s)$ di lokasi s dan peubah acak Y didefinisikan sebagai peubah acak spasial $Z(s + h)$ di lokasi $s + h$ dengan h merupakan jarak antara X dan



Y. Jika h mendekati nol maka pengaruh antara X dan Y semakin kuat dan jika h membesar maka pengaruh X dan Y semakin lemah.

2.2 Stasioner

Kestasioneran data dapat diuji menggunakan uji *Augmented Dickley-Fuller* (ADF). Uji ADF dilakukan untuk mengetahui adanya akar unit. Jika data stasioner maka tidak terdapat akar unit, maupun sebaliknya. Langkah-langkah uji ADF, adalah sebagai berikut:

1. Hipotesis
 - H_0 : $\delta = 0$ (data *time series* tidak stasioner)
 - H_1 : $\delta \neq 0$ (data *time series* stasioner)

2. Statistik uji

$$\tau_{\delta} = \frac{\hat{\delta}}{SE(\hat{\delta})}$$

3. Kriteria pengujian

Tolak H_0 jika $|\tau_{\delta}| \geq |\tau_{n,\alpha}|$ *Dickley-Fuller*, dengan δ adalah parameter yang ditaksir, n adalah jumlah data, α adalah taraf signifikan dan τ adalah konstanta (Kharis, 2014).

2.2 Indeks Moran

Menurut Banerjee (2004) perhitungan autokorelasi spasial menggunakan Indeks Moran dengan matriks pembobot W berdasarkan perkalian silang adalah

$$I = \frac{n \sum_i \sum_j w_{ij} (y_i - \bar{y})(y_j - \bar{y})}{\sum_{i \neq j} w_{ij} \sum_i (y_i - \bar{y})^2}$$

Langkah pengujian menggunakan Indeks Moran adalah sebagai berikut :

1. Hipotesis
 - H_0 : $I = 0$ (tidak ada autokorelasi antar lokasi)
 - H_1 : $I \neq 0$ (ada autokorelasi antar lokasi)

2. Statistik uji

$$Z(I) = \frac{I - E(I)}{\sqrt{Var(I)}}$$

dimana:

$$E(I) = I_0 = -\frac{1}{1-n}; \quad n \text{ adalah banyaknya lokasi pengamatan}$$

$$Var(I) = \frac{n^2 S_1 - n S_2 + 3 S_0^2}{(n^2 - 1) S_0^2} - [E(I)]^2$$

$$S_0 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij}$$

$$S_1 = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (w_{ij} + w_{ji})^2$$

$$\left(\sum_{j=1}^n w_{ij} + \sum_{j=1}^n w_{ji} \right)^2$$

pengujian



Apabila $|E(I)| > Z_{1-\alpha}$ maka H_0 ditolak. $Z_{1-\alpha}$ diperoleh dari tabel distribusi normal (Wuryandari, 2014).

2.2 Proses Markov

Proses Markov adalah proses stokastik yang mempunyai sifat bahwa jika nilai X_t telah diketahui, maka X_{t+1} tidak dipengaruhi oleh $\{X_{t-1}, X_{t-2}, \dots, X_1\}$. Dengan kata lain, Proses Markov merupakan fenomena dimana kejadian masa datang hanya dipengaruhi oleh masa sekarang dan tidak dipengaruhi masa lalu (Zucchini & Mac Donald, 2009).

$$P(X_{t+1} | X_t, X_{t-1}, X_{t-2}, \dots, X_1) = P(X_{t+1} | X_t)$$

2.5 Model Spatio-Temporal

Model Spatio-Temporal yang digunakan dalam penelitian ini mengadopsi model yang diteliti oleh Fassò and Cameletti (2017). Misalkan $Z(s, t)$ adalah proses Spatio-Temporal yang diamati pada waktu t di lokasi s dan $Z_t = \{Z(s_1, t), \dots, Z(s_n, t)\}$ merupakan dataset pada waktu t sebanyak n lokasi s_1, \dots, s_n . Misalkan $Y_t = \{Y_1(t), \dots, Y_p(t)\}$ adalah vektor berdimensi p dari proses temporal yang tidak terobservasi pada waktu t dengan $p \leq n$. Prosedur penaksiran parameter untuk $t = 1, \dots, T$ dilakukan 3 tahap sebagai berikut:

$$Z_t = U_t + \varepsilon_t$$

dimana,

U_t : Versi smooth dari proses Spatio-Temporal Z_t

ε_t : eror *measurement*

$$U_t = X_t \beta + K Y_t + \omega_t$$

dimana,

U_t : proses Spatio-Temporal yang tidak teramati

X_t : matriks kovariat yang diamati pada waktu t di lokasi n

β : parameter regresi

Y_t : proses latent temporal dengan lokasi konstan

K : matriks pembobot dari Y_t untuk setiap lokasi spasial $s_i, i = 1, \dots, n$

ω_t : eror model

$$Y_t = G Y_{t-1} + \eta_t$$

dimana,

Y_t : proses *autoregressive* berdimensi p

G : matriks transisi

η_t : eror inovasi

2.5 Algoritma Ekspektasi-Maksimasi (EM)

Algoritma EM bekerja dengan mendapatkan MLE dari marjinal *likelihood*, secara iteratif menerapkan dua tahap berikut:

1. Tahap-E

Menghitung nilai ekspektasi bersyarat dari fungsi *log-likelihood*, sehubungan dengan Y_t bersyarat dari Y_t jika diketahui Z_t dibawah estimasi parameter saat ini mendefinisikan sebagai berikut:

$$Q(\Psi | \Psi^{(k)}) = E[\ln L(\Psi; z_t, y_t) | z_t, \Psi^{(g)}]$$

1

1 menemukan parameter yang memaksimalkan kuantitas di bawah ini:

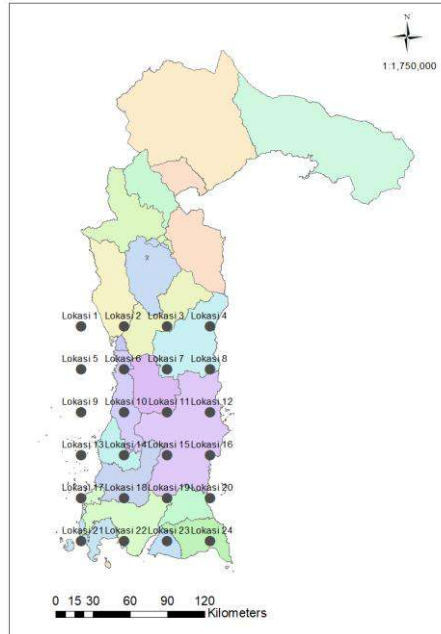


$$\Psi^{(k+1)} = \underset{\Psi}{\operatorname{argmax}} Q(\Psi | \Psi^{(k)})$$

3. Metode Penelitian

2.2 Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data cuaca yang di kumpulkan melalui satelit di 24 titik di Sulawesi Selatan dengan koordinat area 119.375° sampai -120.312° Longitude dan -3.902° sampai -5.464° Latitude yang diperoleh dari NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*) yang dapat diakses pada alamat website berikut: (<https://www.avl.class.noaa.gov/saa/products/catSearch>)



2.5 Identifikasi Peubah

Peubah-peubah yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut:

- a. Peubah respon, yaitu pengukuran curah hujan di beberapa titik di Sulawesi Selatan (Z_t).
- b. Peubah prediktor (kovariat), yang terdiri dari:
 1. Peubah prediktor, yaitu suhu rata-rata lokasi pengamatan (X_1) dan kelembapan lokasi pengamatan (X_2)
 2. Peubah prediktor, koordinat lokasi pengamatan Long-Lat

2.2 Tahap-Tahap Penelitian

1. Menentukan estimator parameter maximum *likelihood* menggunakan algoritma EM dan Kalman filter
 - a. Tahap-E
Menghitung nilai ekspektasi bersyarat dari fungsi *log-likelihood*, sehubungan dengan distribusi bersyarat dari Y_t jika diketahui Z_t dibawah estimasi parameter saat ini $\theta^{(k)}$, didefinisikan sebagai berikut:

$$Q(\Psi | \Psi^{(k)}) = E[\ln L(\Psi; z_t, y_t) | z_t, \Psi^{(g)}]$$

p-M

p-M menemukan parameter yang memaksimalkan kuantitas di bawah ini:

$$\Psi^{(g+1)} = \underset{\theta}{\operatorname{argmax}} Q(\Psi | \Psi^{(g)})$$



2. Menentukan intensitas curah hujan perbulan disetiap lokasi untuk setiap tahun pengamatan
3. Simulasikan data observasi
4. Melakukan uji stasioner data disetiap titik lokasi
5. Melakukan uji korelasi spasial
6. Menentukan fungsi *likelihood*
7. Melakukan pengujian normalitas menggunakan uji Shapiro-Wilk

4. Hasil dan Pembahasan

2.1 Kalman

Estimasi *state* \mathbf{y}_t ($t = 1, \dots, T$) dan parameter dari suatu *state* pada waktu t dengan data *measurement* sampai waktu ke r didefinisikan sebagai $\mathbf{z}^r = \{\mathbf{z}_1, \dots, \mathbf{z}_r\}$ didapatkan dengan algoritma kalman filter dan smoother. untuk $r = t$ terjadi proses filtering, $r < t$ proses prediksi, dan $r > t$ proses *smooth* pada *state*. Peluang yang menjadi perhatian adalah

$$p(\mathbf{y}_t | \mathbf{z}^r)$$

karena peluang bersyarat tersebut memuat semua informasi mengenai *state* \mathbf{y}_t pada waktu t diberikan data pengamatan sampai waktu ke r . Peluang bersyarat (4.1) diasumsikan berdistribusi Gaussian, sehingga parameter yang diestimasi adalah *mean* dan *covariance*, masing-masing dinyatakan sebagai berikut:

1. Proses *filtering*

$$\hat{\mathbf{y}}_t^t = \hat{\mathbf{y}}_t^{t-1} + \mathbf{A}_t(\mathbf{z}_t - \mathbf{x}_t\beta - \mathbf{K}\hat{\mathbf{y}}_t^{t-1})$$

$$\mathbf{P}_t^t = (\mathbf{I} - \mathbf{A}_t\mathbf{K})\mathbf{P}_t^{t-1}(\mathbf{I} - \mathbf{A}_t\mathbf{K})' - \mathbf{A}_t\boldsymbol{\Sigma}_e\mathbf{A}_t'$$

dimana, $\mathbf{A}_t = \mathbf{P}_t^{t-1}\mathbf{K}'(\boldsymbol{\Sigma}_e + \mathbf{K}\mathbf{P}_t^{t-1}\mathbf{K}')^{-1}$ merupakan Kalman gain

2. Tahap *smothering* menggunakan persamaan berikut:

$$\hat{\mathbf{y}}_{t-1}^r = \hat{\mathbf{y}}_{t-1}^{t-1} + \mathbf{B}_{t-1}(\hat{\mathbf{y}}_t^r - \hat{\mathbf{y}}_t^{t-1})$$

$$\mathbf{P}_{t-1}^r = \mathbf{P}_{t-1}^{t-1} + \mathbf{B}_{t-1}(\mathbf{P}_t^r - \mathbf{P}_t^{t-1})\mathbf{B}_{t-1}'$$

2.2 Hasil Estimasi Model Spatio Temporal

Hasil estimasi menggunakan metode Kalman dan algoritma EM menggunakan hasil bootstrap untuk membangkitkan sampel dari parameter hasil estimasi sebanyak 400 kali dan menguji distribusinya menggunakan uji Shapiro-Wilk dan juga dari hasil bootstrap akan dihitung standar eror masing-masing parameter proses bootsrap, uji Shapiro-Wilk, dan standar eror masing-masing dilakukan menggunakan bantuan RStudio Versi 1.1.456 yang hasilnya terdapat pada tabel 1

Tabel 4.4 P-value uji Shapiro-Wilk, standar eror dan interval kepercayaan

Parameter	Estimasi Parameter	p-value	Standar Eror	Batas Bawah	Batas Atas
β_0	3,66	0.0010480	0,540205	2,93182	5,15395
	0,0433	0.1135000	0,012392	0,01189	0,06013
	-0,833	0.0000004	0,295193	-1,73718	-0,49189

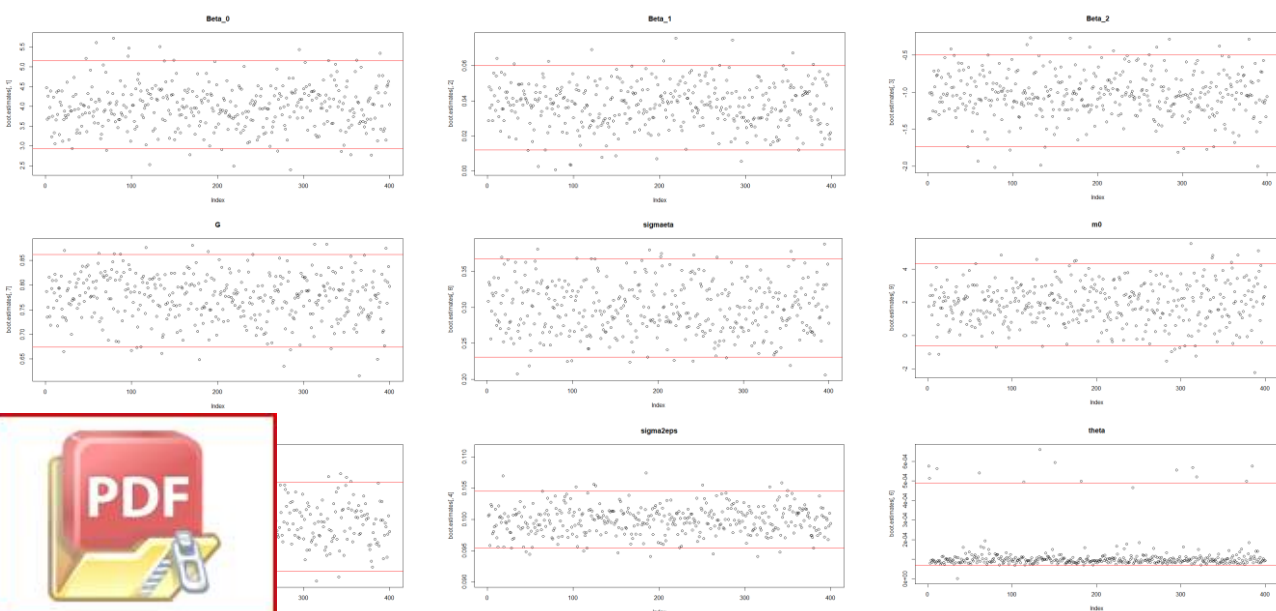


**Tabel 4.4 P-value uji Shapiro-Wilk, standar error dan interval kepercayaan
(lanjutan)**

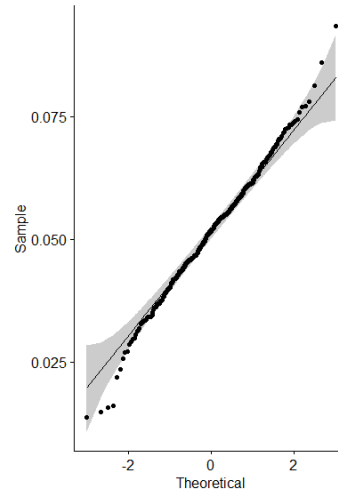
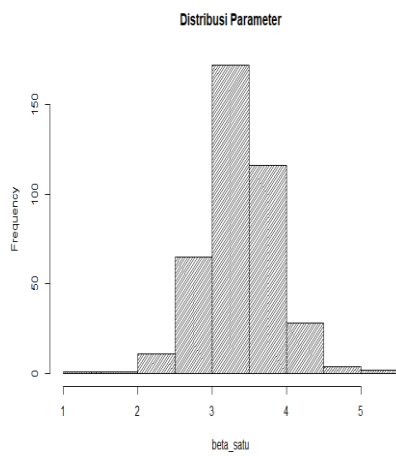
Parameter	Estimasi Parameter	p-value	Standar Error	Batas Bawah	Batas Atas
G	0,752	0,0000017	0,046690	0,67398	0,86183
σ_{η}^2	0,279	0,0597000	0,035568	0,23085	0,36763
μ_0	0,939	0,2297000	1,246160	-0,62805	4,33195
σ_{ω}^2	0,098	0,1779000	0,004389	0,19064	0,20823
σ_{ϵ}^2	0,19	$3,2 \times 10^{-38}$	0,009239	0,09542	0,10449
θ	0,00019	$2,6 \times 10^{-31}$	0,000085	0,00007	0,00049

Sumber: Data diolah (2020)

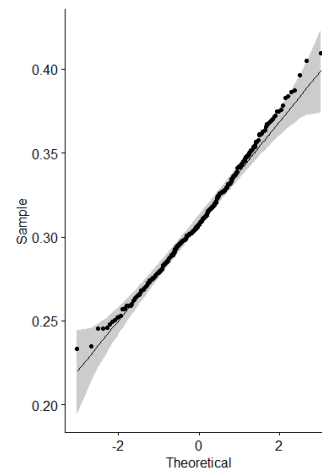
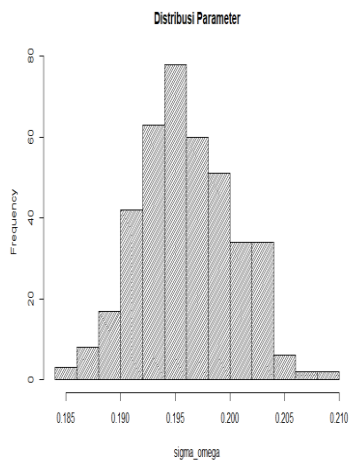
Dari Tabel 1 nilai estimasi parameter β_0 menunjukkan intensitas hujan rata-rata untuk suatu lokasi adalah sebesar 3,66 mm pada saat suhu rata-rata (β_1) dan kelembapan udara (β_2) lokasi tersebut mendekati nol, sedangkan nilai estimasi suhu rata-rata menunjukkan adanya peningkatan intensitas hujan suatu lokasi dengan meningkatnya suhu di lokasi tersebut, hal ini dikarenakan suhu yang tinggi membuat pergerakan angin dari daerah yang bersuhu rendah ke daerah yang bersuhu tinggi membawa kumpulan awan yang membuat intensitas curah hujan di daerah tersebut meningkat dan nilai estimasi kelembapan udara menunjukkan adanya penurunan intensitas hujan dengan meningkatnya kelembapan di lokasi tersebut, hal ini dikarenakan kelembapan yang tinggi membuat pergerakan angin berpindah ke daerah dengan kelembapan yang rendah.



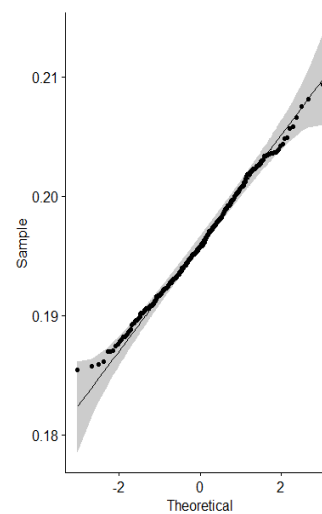
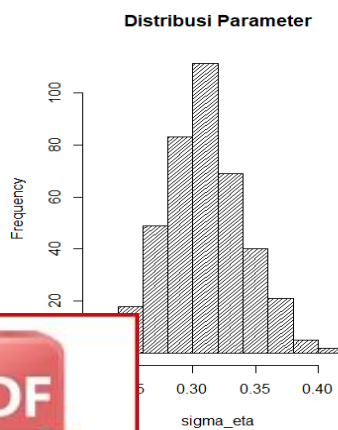
Berdasarkan Tabel 1 nilai *p-value* dari uji Shapiro-Wilk terlihat bahwa estimasi parameter β_1 , σ_ω^2 dan σ_η^2 berasal dari distribusi normal dengan *p-value* yang lebih besar dari 0,05.



β_1



σ_ω^2



$$\sigma_{\eta}^2$$

Gambar 4.9 Plot Distribusi QQ

5. Kesimpulan dan Saran

2.1 Kesimpulan

Implementasi model ST pada data curah hujan Provinsi Sulawesi Selatan menunjukkan bahwa terdapat hubungan antara curah hujan, temperatur dan kelembaban udara serta diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

- Estimasi peubah laten pada model state space menggunakan persamaan Kalman filter dan Kalman filter sebagai berikut:

- Tahap *filtering* menggunakan persamaan berikut:

$$\hat{\mathbf{y}}_t^t = \hat{\mathbf{y}}_t^{t-1} + \mathbf{A}_t(\mathbf{z}_t - \mathbf{x}_t\beta - \mathbf{K}\hat{\mathbf{y}}_t^{t-1})$$

$$\mathbf{P}_t^t = (\mathbf{I} - \mathbf{A}_t\mathbf{K})\mathbf{P}_t^{t-1}(\mathbf{I} - \mathbf{A}_t\mathbf{K})' - \mathbf{A}_t\boldsymbol{\Sigma}_e\mathbf{A}_t'$$

dimana, $\mathbf{A}_t = \mathbf{P}_t^{t-1}\mathbf{K}'(\boldsymbol{\Sigma}_e + \mathbf{K}\mathbf{P}_t^{t-1}\mathbf{K}')^{-1}$ merupakan Kalman gain

- Tahap *smothering* menggunakan persamaan berikut:

$$\hat{\mathbf{y}}_{t-1}^r = \hat{\mathbf{y}}_{t-1}^{t-1} + \mathbf{B}_{t-1}(\hat{\mathbf{y}}_t^r - \hat{\mathbf{y}}_t^{t-1})$$

$$\mathbf{P}_{t-1}^r = \mathbf{P}_{t-1}^{t-1} + \mathbf{B}_{t-1}(\mathbf{P}_t^r - \mathbf{P}_t^{t-1})\mathbf{B}_{t-1}'$$

- Estimasi parameter model spatio temporal dengan algoritma EM

- Tahap ekspektasi menggunakan persamaan log-likelihood data lengkap sebagai berikut:

$$Q = T \ln |\boldsymbol{\Sigma}_e| + tr [\boldsymbol{\Sigma}_e^{-1}\mathbf{W}] + \ln |\boldsymbol{\Sigma}_0|$$

$$= +tr [\boldsymbol{\Sigma}_0^{-1}[(\hat{\mathbf{y}}_0^T - \boldsymbol{\mu}_0)(\hat{\mathbf{y}}_0^T - \boldsymbol{\mu}_0)' + \mathbf{P}_0^T]]$$

$$= + T \ln |\boldsymbol{\Sigma}_\eta| + tr \sum_{t=1}^T [\boldsymbol{\Sigma}_\eta^{-1}[\mathbf{S}_{11} - \mathbf{G}\mathbf{S}'_{10} - \mathbf{S}_{10}\mathbf{G}' + \mathbf{G}\mathbf{S}_{00}\mathbf{G}']]$$

$$\text{dengan, } \mathbf{W} = \sum_{t=1}^T [(\mathbf{z}_t - \mathbf{X}_t\beta - \mathbf{K}\hat{\mathbf{y}}_t^T)(\mathbf{z}_t - \mathbf{X}_t\beta - \mathbf{K}\hat{\mathbf{y}}_t^T)' + \mathbf{K}\mathbf{P}_t^T\mathbf{K}']$$

- Tahap maksimisasi dilakukan dengan memperbaharui nilai dari estimasi parameter $\boldsymbol{\Psi}$

$$\boldsymbol{\Psi}^{(k+1)} = \underset{\boldsymbol{\Psi}}{\operatorname{argmax}} Q(\boldsymbol{\Psi}|\boldsymbol{\Psi}^{(k)})$$

dimana,

$$\boldsymbol{\Psi} = \{\beta, \sigma_{\omega}^2, G, \boldsymbol{\Sigma}_\eta, \mu_0, \theta, \ln \gamma\}$$

- Model spatio temporal menggunakan algoritma EM pada data simulasi curah hujan di Sulawesi selatan adalah:

$$\mathbf{z}_t = \mathbf{x}_t\hat{\beta} + \mathbf{K}\hat{\mathbf{y}}_t + e_t; e_t \sim \mathcal{G}(0, \hat{\boldsymbol{\Sigma}}_e)$$

$$\hat{\mathbf{y}}_t = \hat{\mathbf{G}}\hat{\mathbf{y}}_{t-1} + \eta_t; \eta_t \sim \mathcal{G}(0, \hat{\boldsymbol{\Sigma}}_\eta)$$

$$\text{dimana, } \hat{\beta} = \begin{bmatrix} 3,66 \\ 0,0433 \\ -0,833 \end{bmatrix}, \hat{\mathbf{G}} = \begin{bmatrix} 0,752 & 0 \\ 0 & 0,752 \end{bmatrix},$$

$$\hat{\boldsymbol{\Sigma}}_\eta = \begin{bmatrix} 0,279 & 0 \\ 0 & 0,279 \end{bmatrix}, \quad \sigma_{\omega}^2 = 0,098, \quad \sigma_{\epsilon}^2 = 0,19, \quad \mu_0 = 0,93.$$

2.2 Saran

Untuk penelitian ini, data yang digunakan adalah data simulasi yang dibangkitkan dari data curah hujan di sebagian wilayah di Propinsi Sulawesi Selatan untuk memotode yang digunakan. Oleh karena itu, peneliti menyarankan untuk penelitian real secara keseluruhan sehingga hasil inferensi yang didapat adalah hasil dari data observasi.



DAFTAR PUSTAKA

- [1] Amran. (2011). *Model Bayesian Hirarki Spatio-Temporal Nonstasioner Berbasis Kopula*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November.
- [2] Bartolucci, F. F. (2012). *Latent Markov models for Longitudinal Data*. Baco Raton: Chapman & Hall/CRC.
- [3] Bilmes, J. A. (1998). *A Gentle Tutorial of the EM Algorithm and its Application to Parameter Estimation for Gaussian Mixture and Hidden Markov Models*. Retrieved November 2, 2016, from <http://www.melodi.ee.washingto.edu/people/bilmes/mypapers/em.pdf>
- [4] Bilonick, R.A. (1983). Risk qualified maps of hidrogen ion concentration for the New York Stat area for 1966–1978. *Atmospheric Environment*, 2513–2524.
- [5] Cressie, N. A. (1993). *Statistics for Spatial Data*. New York: John Wiley & Sons.
- [6] Cressie, N., & Wikle, C. (2002). Space-time kalman filter. *Encyclopedia of environmetrics*, 2045-2049.
- [7] Durbin, J., & Koopman, S. (2001). *Time series analysis by state space methods*. New York: Oxford University Press.
- [8] Efron, B., & J. Tibshirani, R. (1993). *An Introduction to the Bootstrap*. Washington: Chapman & Hall/Crc.
- [9] Fasso, A., & Cameletti, M. (2017). *A general spatio-temporal model for environmental data*. Bergamo: GRASPA.
- [10] Hamilton, J. D. (1994). *Time series analysis*. New Jersey: Priceton University Press.
- [11] Henderson, H. V. (1978). *On Deriving The Inverse Of A Sun Of Matrices*. New York: Cornell University.
- [12] Hidayati, N. (2011). *Estimasi Parameter Kelas Laten Menggunakan Algoritma Expectazion-Maximization*. Surakarta.
- [13] Kharis, M. N. (2014). *Analisis Peramalan Pendaftaran Siswa Baru Menggunakan Metode Seasonal ARIMA dan Metode Dekomposisi*. Jakarta: Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah.
- [14] LeSage, J. (1998). *Spatial econometrics*. United States: Department of Economics University of Toledo.
- [15] Little, R. J., & Rubin, D. B. (1987). *Statistical Analysis with Missing Data*. New York: John Wiley & Sons.
- [16] Mardia, K. a. (1993). Spatial-temporal analysis of mulitvariate environmental monitoring data. *Multivariate Environmental Statistics*, 347–386.
- [17] Maybeck, P. (1979). *Stochastics Models, Estimation, and Control*. New York: Academic Press.
- [18] Pfeiffer, d. (2008). *Spatial Analysis in Epidemiologi*. New York: Oxford University Press.
- [19] Rochmad. (2013). Aplikasi Metode Newton Raphson untuk Menghapiri Solusi Persamaan Non Linear. *Jurnal MIPA*, 193-200.
- [20] Rosadi, D. (2014). *Analisis Runtun Waktu dan Aplikasinya dengan R*. Yogyakarta: Mada Univesity Press.
- [21] Rosadi, D. N. (2008). *analisis data runtun waktu menggunakan model ARIMA*. Yogyakarta: UIN Sunan Kalijaga.



- [22] Shumway, R. H., & Stoffer, D. S. (1982). An approach to time series smoothing and forecasting using the EM algorithm. *Journal of Time Series Analysis*, Wiley Blackwell, 253-264.
- [23] Taufik, I. (2017). *Pemodelan Multilevel Survival Spasial dengan Pendekatan Bayesian*. Makassar: Universitas Hasanuddin.
- [24] Vazquez, A., & Syversveen, A. (2006). *the Ensemble Kalman Filter*. Norwegia: Norsk Regnesentral.
- [25] Webster, R. &. (2007). *Geostatistics for Environmental Scientists, 2nd Edition*. United Kingdom: John Willey and Sons.
- [26] Weleh, G. &. (2006). *An Introduction To the Kalman Filter*. North Carolina: Department of Computer Science. University of North Carolina.
- [27] Welling, M. (2010). *The Kalman Filter*. California: California Institute of Technology.
- [28] Wuryandari, T. d. (2014). Identifikasi Autokorelasi Spasial pada Jumlah Pengangguran di Jawa Tengah menggunakan Indeks Moran. *Media Statistika*, 1-10.
- [29] Zucchini, W., & Mac Donald, I. (2009). *Hidden Markov Models for Time Series-an Introduction Using R*. London: Chapman & Hall.

