

SIMULASI PERKIRAAN KEBUTUHAN AIR BERSIH MENGGUNAKAN METODE MONTE CARLO PADA PDAM KOTA MAKASSAR

Nuryaumil Rislami ¹⁾, Abd. Mail ²⁾, Nur Ihwan Safutra ³⁾
^{1,2,3)} Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri,
Universitas Muslim Indonesia
Email : nuryaumilislami@icloud.com

Abstrak

Air merupakan salah satu kebutuhan pokok dalam kelangsungan hidup bagi manusia dan bisa dipastikan kehidupan tidak akan ada tanpa adanya air. Kebutuhan air bersih untuk masing-masing daerah tentunya berbeda-beda. Kebutuhan akan penyediaan dan pelayanan air bersih dari waktu ke waktu semakin meningkat yang terkadang tidak diimbangi oleh kemampuan pelayanan. Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Kota Makassar merupakan instansi yang bertanggung jawab dalam penyediaan air bersih di Kota Makassar. Objek penelitian ini adalah ketidakpastian perkiraan jumlah kebutuhan air bersih. Metode yang digunakan yaitu metode monte carlo dengan data yang dikumpulkan dari jumlah data produksi air baku, data air bersih setelah diproduksi dan jumlah volume kebutuhan air. Penelitian ini memiliki tujuan untuk menganalisis perilaku spasial terhadap permintaan atau kebutuhan air bersih dan untuk mengetahui hasil perkiraan permintaan atau kebutuhan air bersih untuk periode tahun 2024. Temuan utama menunjukkan bahwa jumlah air baku memiliki dampak signifikan pada persediaan kebutuhan air bersih. Dengan menggunakan metode monte carlo jumlah prediksi kebutuhan air bersih volume kebutuhan air sebanyak 41.415.175 M³ tahun 2024, Jumlah perkiraan pemakaian air tersebut turun dari jumlah pemakaian air pada tahun 2023 41.452.562 M³. Jumlah pemakaian air pada tahun 2024 menurun sekitar ±50.000 M³. Penurunan pemakaian air dari tahun 2024 bisa jadi disebabkan oleh bocornya pipa air dari PDAM pusat sampai ke pelanggan, pengaruh cuaca musim kemarau atau para pelanggan yang berlangganan PDAM IPA II Panaikang Kota Makassar, mulai beralih ke pembuatan sumur bor.

Sejarah Artikel

Submitted: 27 Agustus 2024
Accepted: 30 Agustus 2024
Published: 6 September 2024

Kata Kunci

Perkiraan, kebutuhan air, monter carlo

1. PENDAHULUAN

Air merupakan salah satu kebutuhan pokok dalam kelangsungan hidup bagi manusia dan bisa dipastikan kehidupan tidak akan ada tanpa adanya air. Jumlah air di bumi ini sangat melimpah ruah namun hanya sedikit yang dapat dimanfaatkan. Dari total air yang ada di bumi sebesar 97,5% merupakan air asin yang ada di lautan, dan proporsi air tawar yang ada hanya 2,5% yang dua pertiganya ada di kutub berupa gletser (Hidayat, 2019).

Air sebagai sumber daya alam yang sangat vital dan diperlukan untuk menentukan keberlanjutan kehidupan seluruh makhluk hidup di muka bumi ini (Mawardi, 2014). Dalam segala macam kegiatan manusia, air merupakan kebutuhan pokok untuk melangsungkan berbagai kegiatan, seperti keperluan rumah tangga, misalnya untuk minum, masak, mandi, mencuci, keperluan industri, keperluan perdagangan, keperluan pertanian dan peternakan, keperluan pelayaran dan lain sebagainya. Oleh karena itulah, air sangat berfungsi dan berperan bagi kehidupan makhluk hidup di bumi ini (Ambarwati, 2014). Kebutuhan air merupakan jumlah air yang cukup dibutuhkan untuk kebutuhan dasar manusia dan kegiatannya lainnya yang memerlukan air. Sedangkan pemakaian air adalah jumlah air yang digunakan dari sistem yang ada bagaimanapun keadaannya (Rustan, 2019).

Kebutuhan air bersih untuk masing-masing daerah tentunya berbeda-beda. Kebutuhan akan penyediaan dan pelayanan air bersih dari waktu ke waktu semakin meningkat yang terkadang tidak diimbangi oleh kemampuan pelayanan. Peningkatan kebutuhan ini disebabkan oleh peningkatan jumlah penduduk, peningkatan derajat kehidupan warga, serta perkembangan kota/Kawasan pelayanan ataupun hal-hal yang berhubungan dengan peningkatan kondisi sosial

ekonomi warga yang dibarengi dengan peningkatan jumlah kebutuhan air per kapita (PDAM, 2017). Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Kota Makassar merupakan instansi yang bertanggung jawab dalam penyediaan air bersih di Kota Makassar.

Kebutuhan air bersih di Kota Makassar dikelola oleh Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Kota Makassar dengan menggunakan 5 (lima) Instalasi Pengolahan Air (IPA) yang terletak IPA 1 di Ratulangi (Sungai Jeneberang), IPA 2 Panaikang (Sungai Leokopancing), IPA 3 Antang (Sungai Leokopancing) (perpotongan instalasi II dekat kampus UVRI), IPA 4 Maccini Sombala (Sungai Jeneberang), dan IPA 5 Somba Opu (Dan Bili-bili). Instalasi Pengolahan Air (IPA) yang dibangun oleh Kota Makassar merupakan perwujudan dari upaya peningkatan kualitas persediaan kebutuhan air bersih atau air minum [6].

Didalam sistem pengendalian persediaan air ini, ada kalanya perusahaan instalasi pengolahan air (IPA) II Panaikang PDAM Kota Makassar dihadapkan dengan permasalahan ketidakpastian, yaitu ketidakpastian jumlah kebutuhan persediaan air bersih sehingga terjadinya kekurangan air. Distribusi pemakaian air bersih masyarakat Kota Makassar pada PDAM pada tahun 2023 berkisar 98.357.7422 M³ atau 3120 liter/perdetik. Pada instalasi pengolahan air II Panaikang pada 14 kecamatan (Biringkanaya, Bontoala, Makassar, Mamajang, Manggala, Mariso, Panakukang, Rappocini, Tallo, Tamalanrea, Tamalate, Ujung Pandang, Ujung Tanah, dan Wajo) sering terjadi kekurangan debit air khususnya di Kecamatan Tallo distribusi air belum optimal, sumber air baku IPA II yang diambil dari Bendung Leokopancing Sungai Maros sejauh 29,6 Km dari Kota Makassar, distribusi pada tahun 2023 air baku 34.303.285 M³ atau 1081 liter/detik dan air bersih 33.662.816 M³ atau 1.060 liter/detik dengan kebutuhan yang dibutuhkan sebanyak 41.452.562 M³ (BPS, 2023). Kondisi ini disebut dengan kondisi probabilistik, dimana segala sesuatu terjadi berdasarkan kemungkinan (*probability*). Kondisi yang demikian tidak dapat diselesaikan dengan sistem yang biasa digunakan dalam masalah deterministik. Untuk itu diperlukan sistem pendekatan yang lain, salah satunya dengan menggunakan model simulasi monte carlo (Russel dan Taylor, 2011).

Metode monte carlo umum digunakan untuk mensimulasikan sistem pengendalian persediaan. Simulasi dengan metode monte carlo adalah bentuk simulasi probabilistik berdasarkan proses *ran domisasi* yang melibatkan beberapa variabel data yang dikumpulkan berdasarkan fakta (data masala lalu) maupun distribusi probabilitas teoritis (Bertot, dkk, 2018). Simulasi monte carlo dikenal juga dengan istilah Sampling Simulation atau Sampling Technique. Sampling Simulation ini menggambarkan kemungkinan penggunaan data sampel dalam metode monte carlo dan juga sudah dapat diketahui atau diperkirakan distribusinya. Simulasi ini menggunakan data yang sudah ada (historikal data) yang sebenarnya dipakai pada simulasi untuk tujuan lain (Bambang Sugiharto, 2007). Simulasi Monte Carlo (MCS) adalah teknik pengambilan sampel yang digunakan untuk memperoleh perkiraan probabilistik terhadap solusi model optimasi (Metropolis, 1949, Rubinstein, 1981). MCS beroperasi dengan mengambil sampel realisasi input dan/atau parameter model yang berbeda dengan menetapkan rentang dan PDF untuk setiap prediktor (Kasiviswanathan, 2013).

2. METODE

2.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Lokasi penelitian yang merupakan objek penulis dalam mengumpulkan data adalah Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) IPA (Panaikang) Kota Makassar, selama satu bulan.

2.2 Jenis dan Sumber Data

Dalam penelitian ini, penulis menggunakan data kuantitatif, yaitu data dalam bentuk angka yang dihitung dan diperoleh langsung dari PDAM IPA II Kota Makassar yaitu:

1. Data produksi air baku
2. Data air bersih setelah produksi

3. Data volume kebutuhan air

Sumber data adalah segala sesuatu yang dapat memberikan informasi mengenai data. Berdasarkan sumbernya data yang digunakan data sekunder adalah data yang diperoleh secara langsung atau tidak langsung dari objek lokasi tempat penelitian yang merupakan data tambahan akan tetapi mendukung jalannya penelitian.

2.3 Metode Pengumpulan Data

Langkah-langkah dalam pengolahan data atau analisis data dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengumpulkan data yang diperlukan, yaitu :
 - a. Data produksi air baku
 - b. Data air bersih setelah produksi
 - c. Data volume kebutuhan air
2. Pengolahan data dengan langkah-langkah sebagai berikut :

Langkah-langkah metode monte carlo:

 1. Menetapkan suatu distribusi probabilitas bagi variabel yang penting.
 2. Membuat distribusi probabilitas kumulatif bagi setiap variable.
 3. Menetapkan sebuah interval angka acak bagi setiap variable.
 4. Membangkitkan angka acak.
 5. Menyimulasikan serangkaian percobaan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengumpulan data dilakukan guna membantu proses penyelesaian tugas akhir ini. Data di bawah ini merupakan data atau informasi yang di peroleh dari hasil pengamatan secara langsung peneliti di IPA II (Panaikang) PDAM Kota Makassar. Data yang dikumpulkan merupakan data primer dan data sekunder, data primer di dapatkan secara langsung seperti wawancara survei lapangan, dan data sekunder melalui dokumen dan arsip dari Perusahaan. Berikut data-data yang didapatkan:

3.1 Data Produksi Air Baku

Data produksi air baku adalah air yang didapatkan dari Sungai Maros (Bendungan Lekopancing) yang disalurkan ke IPA II Panaikang PDAM Kota Makassar untuk diproduksi jadi air bersih. Dengan *lead time* distribusi hari.

Tabel 1 Data Produksi Air Baku

No	Lead Time	Jumlah Produksi Air Baku (M ³)	No	Lead Time	Jumlah Produksi Air Baku (M ³)
1	01/01/2023	50070	8	08/01/2023	173400
2	02/01/2023	132244	9	09/01/2023	122411
3	03/01/2023	170975	10	10/01/2023	109032
4	04/01/2023	96115	....	.....	.....
5	05/01/2023	51054	....	.....	.....
6	06/01/2023	113672	365	31/12/2023	106479
7	07/01/2023	184146	TOTAL		34.303.285

Sumber: PDAM IPA II Panaikang Kota Makasar, 2024

3.2 Data Air Bersih Setelah Produksi

Data air bersih adalah data yang didapatkan dari total jumlah air baku yang diproduksi melalui beberapa proses menjadi air bersih pada IPA II Panaikang PDAM Kota Makassar yang nantinya akan disalurkan (dipakai) oleh masyarakat.

Tabel 2 Data Air Bersih Setelah Produksi

No	Lead Time	Jumlah Air Bersih setelah produksi (M ³)	No	Lead Time	Jumlah Air Bersih setelah produksi (M ³)
1	01/01/2023	48976	8	08/01/2023	172098
2	02/01/2023	102222	9	09/01/2023	122652
3	03/01/2023	171878	10	10/01/2023	100001
4	04/01/2023	95065	....	.....	.....
5	05/01/2023	51000	....	.....	.....
6	06/01/2023	112190	365	31/12/2023	106396
7	07/01/2023	164090	TOTAL		33.662.816

Sumber: PDAM IPA II Panaikang Kota Makassar, 2024

3.3 Data Volume Kebutuhan Air Bersih

Data air bersih adalah data yang didapatkan dari volume kebutuhan air yang dibutuhkan IPA II Panaikang PDAM Kota Makassar untuk di distribusi (digunakan) oleh pelanggan (Masyarakat), diukur dalam satuan volume seperti meter kubik. Data ini menunjukkan data sekunder kebutuhan IPA II Panaikang dalam 1 tahun 2023 yang hitung dalam satuan hari. Data produksi air baku adalah air yang didapatkan dari Sungai Maros (Bendungan Lekopancing) yang disalurkan ke IPA II Panaikang PDAM Kota Makassar untuk diproduksi jadi air bersih. Dengan *lead time* distribusi hari.

Tabel 3 Data Volume Kebutuhan Air Bersih

No	Lead Time	Jumlah Volume Kebutuhan Air (M ³)	No	Lead Time	Jumlah Volume Kebutuhan Air (M ³)
1	01/01/2023	58771	8	08/01/2023	189308
2	02/01/2023	143111	9	09/01/2023	147182
3	03/01/2023	189066	10	10/01/2023	140001
4	04/01/2023	104572	....	.....	.....
5	05/01/2023	76500	....	.....	.....
6	06/01/2023	157066	365	31/12/2023	159594
7	07/01/2023	180499	TOTAL		41.452.562

Sumber: PDAM IPA II Panaikang Kota Makassar, 2024

3.4 Simulasi Dan Hasil Simulasi

1. Menetapkan suatu distribusi probabilitas bagi variabel yang penting

Distribusi probabilitas adalah distribusi yang menunjukkan probabilitas berbagai nilai dalam suatu variabel acak. Ini memberikan Gambaran tentang sebaran probabilitas atau kemungkinan berbagai hasil dalam sebuah percobaan atau situasi. Distribusi probabilitas yang dilakukan dalam penelitian adalah sebagai berikut:

1. Nilai Min Max

Nilai minimal (Min) merupakan nilai terkecil dari sebuah data dan nilai Maksimum (Max) merupakan nilai yang paling besar dari sebuah data. Min max produksi air baku, air bersih setelah produksi, dan volume kebutuhan air bersih.

Tabel 4 Penentuan Nilai Min dan Max

	(a)	(b)	(c)
Min	30.078	11.987	17.981
Max	214.535	209.871	293.818

Sumber: Olah Data

2. Jangkauan (J)

Jangkauan distribusi frekuensi adalah rentang nilai yang mencakup semua nilai dalam distribusi frekuensi data. Jangkauan (a) produksi air baku, (b) air bersih setelah produksi, dan (c) volume kebutuhan air bersih.

$J = \text{Data Max} - \text{Data Min}$

a. $J = 214.535 - 30.078 = 184.457$ b. $J = 209.871 - 11.987 = 197.884$

c. $J = 17.981 - 293.818 = 275.838$

3. Banyaknya Kelas Interval (k)

Banyaknya kelas interval dalam distribusi frekuensi ditentukan oleh beberapa faktor, termasuk jumlah total data.

Banyaknya Kelas Interval produksi air baku, bersih setelah produksi, volume kebutuhan air bersih, $n = 365$ (hari)

$K = 1 + 3,3 \log n$, dimana $n =$ banyaknya data

$K = 1 + 3,3 \log 365 = 9,5 = 10$

4. Panjang Interval Kelas (c)

Panjang interval kelas dapat ditentukan dengan membagi jangkauan (j) dengan banyak kelas interval (k). Panjang interval kelas (a) produksi air baku, (b) air bersih setelah produksi, dan (c) volume kebutuhan air bersih.

a. $C = \frac{j}{k} = \frac{184.457}{10} = 18.445,7$ b. $C = \frac{j}{k} = \frac{197.884}{10} = 19.788$

c. $C = \frac{j}{k} = \frac{275.838}{10} = 27.584$

5. Interval

Interval sering kali mengacu pada jangkauan atau rentang nilai yang digunakan untuk membangun distribusi probabilitas atau sampel acak dengan mencari interval pada (a) produksi air baku, (b) air bersih setelah produksi, dan (c) volume kebutuhan air bersih.

= Nilai Min Air Baku + Panjang Interval Kelas Air Baku

= $30.078 + 18.445,7 = 48.524$

Tabel 5 Interval

(a)Interval	(b) Interval	(c) Interval
30078 - 48524	11987 - 31775	17981 - 45564
48525 - 66969	31776 - 51564	45565 - 73148
66970 - 85415	51565 - 71352	73149 - 100732
85416 - 103861	71353 - 91141	100733 - 128316
103862 - 122307	91142 - 110929	128317 - 155899
122308 - 140752	110930 - 130717	155900 - 183483
140753 - 159198	130718 - 150506	183848 - 211067
159199 - 177644	150507 - 170294	211068 - 238651
177645 - 196089	170295 - 190083	238652 - 266234
196090 - 214535	190084 - 209871	266235 - 293818

Sumber: Olah Data

6. Mid

Nilai mid (nilai tengah) adalah nilai yang tepat ditengah interval atau bisa dihitung sebagai rata-rata dari dua nilai batas interval. (a) produksi air baku, (b) air bersih setelah produksi, dan (c) volume kebutuhan air bersih.

$$= \frac{a+b}{2} = \frac{30078+48524}{2} = 39301$$

Tabel 6 Mid

(a) Interval	(a) Mid	(b) Interval	(b) Mid	(c) Interval	(c) Mid
30078 - 48524	39301	11987 - 31775	21881	17981 - 45564	31772
48525 - 66969	57747	31776 - 51564	41670	45565 - 73148	59357
66970 - 85415	76193	51565 - 71352	61459	73149 - 100732	86940
85416 - 103861	94638	71353 - 91141	81247	100733 - 128316	114524
103862 - 122307	113084	91142 - 110929	101035	128317 - 155899	142108
122308 - 140752	131530	110930 - 130717	120824	155900 - 183483	169692
140753 - 159198	149976	130718 - 150506	140612	183848 - 211067	197275
159199 - 177644	168421	150507 - 170294	160401	211068 - 238651	224859
177645 - 196089	186867	170295 - 190083	180189	238652 - 266234	252443
196090 - 214535	205313	190084 - 209871	199977	266235 - 293818	280027

Sumber: Olah Data

7. Frekuensi

Frekuensi pada interval dalam Monte Carlo merujuk pada jumlah kejadian tertentu yang jatuh dalam rentang tertentu atau interval nilai dalam hasil simulasi. Dengan mencari frekuensi (a) produksi air baku, (b) air bersih setelah produksi, dan (c) volume kebutuhan air bersih:

Tabel 7 Frekuensi

(a) Interval	(a) Frekuensi	(b) Interval	(b) Frekuensi	(c) Interval	(c) Frekuensi
30078 - 48524	88	11987 - 31775	8	17981 - 45564	34
48525 - 66969	52	31776 - 51564	96	45565 - 73148	88
66970 - 85415	40	51565 - 71352	45	73149 - 100732	54
85416 - 103861	38	71353 - 91141	46	100733 - 128316	55
103862 - 122307	37	91142 - 110929	48	128317 - 155899	46
122308 - 140752	35	110930 - 130717	41	155900 - 183483	35

140753 - 159198	33	130718 - 150506	31	183848 - 211067	24
159199 - 177644	20	150507 - 170294	24	211068 - 238651	20
177645 - 196089	15	170295 - 190083	19	238652 - 266234	6

Sumber: Olah Data

8. Distribusi Probabilitas

Untuk memaksimalkan hasil dari simulasi, jumlah kuantitas air yang harus disediakan oleh IPA II (Panaikang) PDAM Kota Makassar, maka Probabilitas (kemungkinan) dan probabilitas kumulatif harus ditentukan terlebih dahulu, Dengan mencari (a) produksi air baku, (b) air bersih setelah produksi, dan (c) volume kebutuhan air bersih dengan probabilitas diberikan dengan rumus (Okta,2019):

$$C_1 = \frac{a}{b} = \frac{88}{365} = 0,24$$

Tabel 8 Distribusi Probabilitas

(a)		(b)		(c)	
C ₁	,24	C ₆	,10	C ₁	,02
C ₂	,14	C ₇	,09	C ₂	,26
C ₃	,11	C ₈	,05	C ₃	,12
C ₄	,10	C ₉	,04	C ₄	,13
C ₅	,10	C ₁₀	,02	C ₅	,13
				C ₆	,11
				C ₇	,08
				C ₈	,07
				C ₉	,05
				C ₁₀	,02

Sumber: Olah Data

2. Membuat Distribusi Probabilitas Kumulatif Bagi Setiap Variabel

Probabilitas yang sudah didapat hasilnya selanjutnya akan di kumulatikan sehingga pada nilai kumulatif pertama adalah total probabilitas pertama (c1), nilai kumulatif kedua adalah total dari probabilitas pertama ditambah dengan probabilitas kedua (c1 + c2), dst. Jika memperhatikan bilangan acak yang muncul secara bervariasi tersebut dibangkitkan, maka kemungkinan tingkat kemunculan bilangan acak yang dibangkitkankan tersebut akan berhubungan dengan nilai interval bilangan acak (Wright, 2007).

Tabel 9 Probabilitas Kumulatif

(a) Probabilitas	(a) Probabilitas Kumulatif	(b) Probabilitas	(b) Probabilitas Kumulatif	(c) Probabilitas	(c) Probabilitas Kumulatif
0,09	0,09	0,24	0,24	0,02	0,02
0,24	0,33	0,14	0,38	0,26	0,28
0,15	0,48	0,11	0,49	0,12	0,41
0,15	0,63	0,10	0,60	0,13	0,53
0,13	0,76	0,10	0,70	0,13	0,67
0,10	0,85	0,10	0,79	0,11	0,78
0,07	0,92	0,09	0,88	0,08	0,86
0,05	0,98	0,05	0,94	0,07	0,93
0,02	0,99	0,04	0,98	0,05	0,98
0,01	1,00	0,02	1,00	0,02	1,00

Sumber: Olah Data

3. Menetapkan Sebuah Interval Angka Acak Bagi Setiap Variabel

Setelah distribusi probabilitas kumulatif bagi setiap variabel yang digunakan dalam simulasi ditetapkan, maka diberikan serangkaian angka yang mewakili setiap nilai atau output yang memungkinkan. Nilai penjumlahan interval bilangan acak dilihat dari nilai kumulatif yang nilainya akan dikali 100. Dengan mencari (a) produksi air baku, (b) air bersih setelah produksi, dan (c) volume kebutuhan air bersih.

Tabel 10 Interval Angka Acak

Probabilitas	Kumulatif	Interval Bilangan Acak	Probabilitas	Kumulatif	Interval Bilangan Acak	Probabilitas	Kumulatif	Interval Bilangan Acak
0,24	0,24	0 - 24	0,02	0,02	0 - 02	0,09	0,09	0 - 09
0,14	0,38	25 - 38	0,26	0,28	03 - 28	0,24	0,33	10 - 33
0,11	0,49	38 - 49	0,12	0,41	29 - 41	0,15	0,48	34 - 48
0,10	0,60	50 - 60	0,13	0,53	42 - 53	0,15	0,63	49 - 63
0,10	0,70	61 - 70	0,13	0,67	54 - 67	0,13	0,76	64 - 76
0,10	0,79	71 - 79	0,11	0,78	68 - 78	0,10	0,85	77 - 85
0,09	0,88	80 - 88	0,08	0,86	79 - 86	0,07	0,92	86 - 92
0,05	0,94	89 - 94	0,07	0,93	87 - 93	0,05	0,98	93 - 98
0,04	0,98	95 - 98	0,05	0,98	94 - 98	0,02	0,99	99 - 99
0,02	1,00	99 - 100	0,02	1,00	99 - 100	0,01	1,00	100 - 100

Sumber: Olah Data

4. Membangkitkan Sebuah Interval Angka Acak

Bilangan Random *Linear Congruental Generator* (LCG). Untuk membangkitkn nilai random dilakukan dengan (LCG) *Linear Congruental Generator*:

$$Z_i = (a \cdot Z_{i-1} + c) \text{ mod } (m)$$

Jika $c \neq 0$ diartikan sebagai *mixed congruential generator*, dan $c = 0$, dinamakan *multiplicative congruental method*. Pemilihan nilai a , c , m , dan mempengaruhi kelengkapan nilai *statistical* dan nilai *cycle lenght*.

Bangkitkan bilangan random dengan menggunakan metode *Linear Congruental* jika diketahui: $x_0 = 88$; $a = 77$, $c = 97$; dan $m = 100$

Tabel 11 Bilangan Random (Metode *Linear Congruental Generator*)

i	$77X(i-1)+97$	Z_i	i	$77X(i-1)+97$	Z_i
0		88			
1	6873	73	8	6488	88
2	5718	18	9	6873	73
3	1483	83	10	5718	18
4	6488	88	11	1483	83
5	6873	73	....	.....	....
6	5718	18	....	.....	....
7	1483	83	365	6873	73

Sumber: Olah Data

5. Mensimulasikan Serangkaian Percobaan

Hasil perkiraan untuk mengetahui kebutuhan air baku, kebutuhan air bersih dan persediaan air di tahun 2024 dengan menggunakan simulasi Monte Carlo didapat dari angka acak yang sudah dibangkitkan dari metode diatas, yang mana nilai-nilai angka acak pada **Tabel 4.25** (x1) didapatkan hasil 73 disesuaikan dengan nilai interval angka acak pada **Tabel 4.22 - 4.24** dengan interval acak ke-6, selanjutnya simulasi monte carlo adalah mid, yang mana nilai Mid pada urut ke-6 131530 **Tabel 4.13- 4.15**.

Tabel 12 Simulasi Monte Carlo

No.	Data Real				Angka Acak	Data Simulasi			
	Waktu	Produksi Air Baku 2023	Air Bersih Setelah Produksi 2023	Volume Kebutuhan Air Bersih 2023		Waktu	Produksi Air Baku 2024	Air Bersih Setelah Produksi 2024	Volume Kebutuhan Air Bersih 2024
					88				
1	01/01/2023	50070	48976	58771	73	01/01/2024	131530	120824	114524
2	02/01/2023	132244	102222	143111	18	02/01/2024	39301	41670	59357
3	03/01/2023	170975	171878	189066	83	03/01/2024	149976	140612	114524
4	04/01/2023	96115	95065	104572	88	04/01/2024	149976	160401	169692
5	05/01/2023	51054	51000	76500	73	05/01/2024	131530	120824	114524
6	06/01/2023	113672	112190	157066	18	06/01/2024	39301	41670	59357
7	07/01/2023	184146	164090	180499	83	07/01/2024	149976	140612	114524
8	08/01/2023	173400	172098	189308	88	08/01/2024	149976	160401	169692
9	09/01/2023	122411	122652	147182	73	09/01/2024	131530	120824	114524
10	10/01/2023	109032	100001	140001	18	10/01/2024	39301	41670	59357
11	11/01/2023	76413	76401	84041	83	11/01/2024	149976	140612	114524
12	12/01/2023	167946	165001	181501	88	12/01/2024	149976	160401	169692
13	13/01/2023	60860	60822	91233	73	13/01/2024	131530	120824	114524
14	14/01/2023	84312	84107	117750	18	14/01/2024	39301	41670	59357
15	15/01/2023	105307	105201	115721	83	15/01/2024	149976	140612	114524
16	16/01/2023	60515	60500	66550	88	16/01/2024	149976	160401	169692
17	17/01/2023	69824	65689	78827	73	17/01/2024	131530	120824	114524
18	18/01/2023	156161	138763	194268	18	18/01/2024	39301	41670	59357
19	19/01/2023	195511	187690	206459	83	19/01/2024	149976	140612	114524
20	20/01/2023	151958	120955	133051	88	20/01/2024	149976	160401	169692
21	21/01/2023	46926	46901	70352	73	21/01/2024	131530	120824	114524
22	22/01/2023	123745	112765	157871	18	22/01/2024	39301	41670	59357
23	23/01/2023	42433	42400	46640	83	23/01/2024	149976	140612	114524
24	24/01/2023	93608	93587	102946	88	24/01/2024	149976	160401	169692
25	25/01/2023	108139	97657	117188	73	25/01/2024	131530	120824	114524
26	26/01/2023	188200	157800	220920	18	26/01/2024	39301	41670	59357
27	27/01/2023	169221	169111	186022	83	27/01/2024	149976	140612	114524
....
....
364	30/12/2023	113581	113432	124775	88	29/12/2024	149976	160401	142108
365	31/12/2023	106479	106396	159594	73	30/12/2024	131530	120824	114524
Total		34303285	33662816	41452562			42972783	42299961	41415175

Sumber: Olah Data

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

1. Berdasarkan analisis perilaku spasial sistem dalam menanggapi permasalahan ketidakpasitian permintaan atau kebutuhan air bersih pada IPA II (Panaikang) PDAM Kota Makassar ialah data yang diambil dari jumlah air baku, jumlah air bersih setelah diproduksi, dan jumlah volume pemakaian air tahun 2023 dengan menggunakan hasil probabilitias, probabilitas kumulatif, interval acak, lalu membangkitkan angka acak, lalu melakukan simulasi monte carlo.
2. Setelah melakukan pengolahan data hasil simulasi perkiraan atau kebutuhan air bersih tahun 2023 untuk periode kedepan (tahun setelahnya 2024 menggunakan simulasi monte carlo kebutuhan air baku yang di dapatkan sebanyak 42.982.782 M³ data air bersih 42.299.961 M³, dan volume kebutuhan air sebanyak 41.415.175 M³ tahun 2024, Jumlah perkiraan pemakaian air tersebut turun dari jumlah pemakaian air pada tahun 2023 41.452.562 M³. Jumlah pemakaian air pada tahun 2024 menurun sekitar ± 50.000 M³, Penurunan pemakaian air dari tahun 2024 bisa jadi disebabkan oleh bocornya pipa air dari PDAM pusat sampai ke pelanggan, pengaruh cuaca musim kemarau atau para pelanggan yang berlanggan PDAM IPA II Panaikang Kota Makassar, mulai beralih ke pembuatan sumur bor.

4.2 Saran

Untuk penelitian selanjutnya yang sejenis seperti ini disarankan untuk melakukan simulasi dengan mempertimbangkan variabel-variabel lain yang juga ikut mempengaruhi jumlah air tersebut, sehingga hasil yang diperoleh dapat lebih akurat

DAFTAR PUSTAKA

- Agustin, P., Mawardi, I. (2014). Perilaku Investor Muslim Dalam Bertransaksi Saham di Pasar Modal. JESTT, Vol. 1 No. 12 Desember 2014, hlm. 874-892.
- Ambarwati, R. D. (2014). Manfaat air bagi kehidupan manusia. Artikel Lingkungan Hidup, 4(2), 1–6.
- Bambang Sugiharto. (2007). Aplikasi Simulasi Untuk Peramalan Permintaan Dan Pengelolaan Persediaan Yang Bersifat Probabilistik. INESEEA, 112-120
- Bertot, L., Genaud, S., & Gossa, J. (2018). *An overview of cloud simulation enhancement using the monte-carlo method. Proceedings - 18th IEEE/ACM International Symposium on Cluster, Cloud and Grid Computing, CCGRID 2018*, 386–387. (<https://doi.org/10.1109/CCGRID.2018.00064>).
- BPS Kota Makassar (2023). Kebutuhan Air Bersih. <https://makassarkota.bps.go.id/subject/7/energi.html>
- Gracia I. Mangare, Isri R. Mangangka, Roski R.I Legrans. (2023). Analisis Kebutuhan Dan Ketersediaan Air Pada Sistem Penyediaan Air Minum Di Kecamatan Matuari Kota Bitung. Jurnal Mangare, Mangangka, Legrans / Tekno, 21. e <https://ejournal.unsrat.ac.id/v3/index.php/tekno>
- Hidayat, A.R.. (2019). Analisis Dampak Bencana Gempa Bumi Terhadap Jaringan Air Bersih (Studi Kasus Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Lombok Utara, Tesis, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta
- Kasiviswanathan, K.S., Cibin, R., Sudheer, K.P., Chaubey, I., 2013. *Constructing prediction interval for artificial neural network rainfall runoff models based on ensemble simulations. J. Hydrol.* 499, 275–288. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2013.06.043>
- Metropolis, N. and Ulam, S. (1949) *The Monte Carlo Method. Journal of the American Statistical Association*, 44, 335-341. <https://doi.org/10.1080/01621459.1949.10483310>

- Okta veza, Simulasi Pengendalian Persediaan Gas Menggunakan Metode Monte Carlo Dan Pola Lcm. 2019. doi: 10.31227/osf.io/c5hve
- PDAM Kota Makassar (2017). <https://pdamkotamakassar.co.id/sejarah>
- Rubinstein, R.Y. (1981) *Simulation and the Monte Carlo Method*. John Wiley & Sons, NewYork, NY, 6-12. <https://doi.org/10.1002/9780470316511>
- Russel, R.S. dan Taylor, B.W., 2011, *Operations Management Creating Value Along The Supply Chain Seventh Edition*, New York: John Wiley and Sons.
- Rustan. (2019). *Pusaran Pembangunan Ekonomi*. Cetakan Pe. CV Sah Media.
- Wright, T. A., & Bonett, D. G. (2007). Job satisfaction and psychological well-being as nonadditive predictors of workplace turnover. *Journal of Management*, 33(2), 141–160. <https://doi.org/10.1177/0149206306297582>