

ANALISIS PERHITUNGAN JUMLAH DAN PENENTUAN LOKASI ALAT PENGUKUR HUJAN DI KOTA BATAM

Jody Martin Ginting^{1*} dan Kurnia Rakhman²

¹Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Internasional Batam

²Dinas Bina Marga dan Sumber Daya Air, Pemerintah Kota Batam

*Email: jody.martin@uib.ac.id (penulis korespondensi)

Abstrak: Di Kota Batam terdapat bahwa hanya ada 1 pengukur hujan, yaitu di Bandara Hang Nadim Batam yang dikelola oleh Badan Meteorologi dan Geofisika (BMKG) Batam. Hal ini tentunya sangat menghambat pekerjaan dari Bidang SDA yang bekerja untuk mengantisipasi banjir di Kota Batam. Kejadian banjir tentunya sebagian besar diakibatkan oleh air hujan yang mencapai kedalaman tertentu. Hal ini menunjukkan bahwa untuk mengantisipasi terjadinya banjir, perlu adanya pengukur hujan yang bisa menjadi alat peringatan dini banjir. Penelitian ini dilakukan untuk mengurangi resiko terjadi kesalahan pada saat pengambilan data hujan dan kerapatan jaringan stasiun hujan dapat terkoreksi dengan baik sehingga kerapatan jaringan stasiun hujan menjadi ideal. Metode penelitian yang digunakan adalah metode penelitian kuantitatif dengan menggunakan data hujan 30 tahun dari stasiun hujan Hang Nadim Batam dan peta DAS Batam dari Balai Wilayah Sungai Batam. Perhitungan menggunakan metode perhitungan kagan. Penelitian ini menghasilkan jumlah alat pengukur hujan yang dibutuhkan Kota Batam adalah sebanyak 31 alat. Penentuan titik lokasi alat pengukur hujan terdiri dari 31 lokasi, yaitu Kantor Kelurahan Baloi Indah, Batu Besar, Belian, Bengkong Laut, Bukit Tempayan, Buliang, Kabil, Lubuk Baja Kota, Mangsang, Patam Lestari, Pulau Buluh, Sadai, Sagulung Kota, Sei Pelungut, Sukajadi, Sungai Binti, Sungai Harapan, Sungai Jodoh, Sungai Langkai, Sungai Panas, Taman Baloi, Tanjung Buntung, Tanjung Pinggir, Tanjung Riau, Tanjung Sengkuang, Tanjung Uncang, Teluk Tering, Tembesi, Tiban Baru, Tiban Indah, dan Tiban Lama.

Kata Kunci: curah, batam, bmgk, hujan, kagan

I. PENDAHULUAN

Penetapan debit banjir rancangan [1] ditetapkan melalui prosedur analisis hidrologi yang didasarkan pada hasil kajian terhadap data curah hujan dan beberapa sifat fisik DAS yang mempengaruhi proses pengalihragaman hujan menjadi aliran. Supaya besaran hujan benar-benar mewakili kedalaman hujan sebenarnya yang terjadi di seluruh DAS, diperlukan stasiun hujan dengan jumlah dan kerapatan tertentu sehingga dapat mewakili besaran hujan di DAS tersebut. Jaringan stasiun hujan harus direncanakan sesuai dengan keperluan kemanfaatan data curah hujan yang akan dikumpulkan.

Di seluruh kota Batam terdapat bahwa hanya ada 1 pengukur hujan, yaitu di Bandara Hang Nadim Batam yang dikelola oleh Badan Meteorologi dan Geofisika (BMKG) Batam. Hal ini tentunya sangat menghambat pekerjaan dari Bidang SDA yang bekerja untuk mengantisipasi banjir di Kota Batam. Kejadian banjir tentunya sebagian besar diakibatkan oleh air hujan yang mencapai kedalaman tertentu. Hal ini menunjukkan bahwa untuk mengantisipasi terjadinya banjir, perlu adanya pengukur hujan yang bisa menjadi alat peringatan dini banjir.

Pada penelitian ini rumusan masalah yang dicari adalah berapa jumlah stasiun pengukur hujan yang optimal dan di mana saja lokasi penempatan stasiun pengukur hujan yang ideal di Kota Batam. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh jumlah stasiun pengukur hujan yang dibutuhkan dan lokasi penempatan stasiun hujan di Kota Batam.

II. METODOLOGI

II.1 Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di daerah *main island* Kota Batam yang berada pada daratan utama dari Kota Batam. Hal ini dipertimbangkan dari risiko banjir paling diprioritaskan adalah di kawasan daratan utama di Kota Batam. Kota Batam berada pada koordinat 1°05' LU dan 104°02'BT serta berbatasan dengan Singapura di bagian utara, Pulau Bulan di bagian barat, Pulau Bintan di bagian timur dan Pulau Rengas di bagian selatan. Peta daerah mainland Kota Batam dapat dilihat pada Gambar 3.1 berikut.



Gambar 3.1 Peta Administrasi Kota Batam (Main Island)
(sumber: ArcGIS Online)

II.2 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah metode penelitian kuantitatif dengan mengacu pada data-data yang telah tersedia. Pemilihan metode ini dikarenakan *output* penelitian yang berbentuk angka dan memerlukan ketepatan dalam penentuan titik koordinat yang ingin diperoleh. Data-data yang diperlukan dalam mendukung perhitungan menggunakan data dari berbagai instansi seperti berikut.

1. Data peta administrasi diperoleh dari data *cloud* ArcGIS online pada situs <https://www.arcgis.com>.
2. Data hujan diperoleh dari data *online* Badan Meteorologi, Kinematologi dan Geofisika (BMKG) pada situs <https://dataonline.bmkg.go.id>.
3. Data peta tata guna lahan diperoleh dari Sistem Informasi Geospasial Tata ruang dari kementerian Agraria dan Tata Ruang/Badan Pertanahan Nasional (ATR/BPN) pada situs <https://gistaru.atrbpn.go.id>.
4. Data titik banjir diperoleh dari Dinas Bina Marga dan Sumber Daya Air.
5. Peta Daerah Aliran Sungai (DAS) diperoleh dari Badan Pengelola Daerah Aliran Sungai Kepulauan Kepri (BPDAS Kepri) pada situs <https://bpdaskepri.wordpress.com/peta/>

Data-data yang telah diperoleh kemudian akan dianalisis dan disesuaikan dengan kebutuhan perhitungan. Perhitungan yang digunakan pada penelitian ini adalah analisis metode kagan. Pemilihan metode ini dikarenakan data yang diperlukan dalam perhitungan sudah memenuhi dan paling sesuai dalam menentukan kerapatan ideal stasiun hujan pada sebuah daerah [2].

II.3 Studi Literatur

1. Curah Hujan

Menurut Kurniawan (2020) Data curah hujan sangat penting untuk perencanaan teknik khususnya untuk bangunan air misalnya irigasi, bendungan, drainase perkotaan, pelabuhan, dermaga, dan lain-lain. Curah hujan atau presipitasi adalah turunnya air dari atmosfer ke permukaan bumi, yang bisa berupa hujan, hujan salju, kabut, embun, dan hujan es [4]. Di daerah tropis, termasuk Indonesia, yang memberikan sumbangan paling besar adalah hujan, sehingga seringkali hujanlah yang dianggap sebagai presipitasi [5].

Analisis hidrologi desain bangunan hidrolis biasanya membutuhkan data curah hujan sebagai input utama [6]. Namun, ada dua hal yang perlu diperhatikan dalam menentukan besarnya curah hujan yang terjadi. Hal yang perlu diperhatikan yaitu jumlah stasiun curah hujan di DAS dan pola sebaran stasiun hujan di DAS tersebut [7]. Tinggi kerapatan hujan ini sangat menentukan ketelitian perkiraan hujan dalam DAS tersebut [6].

2. Kriteria Penentuan Lokasi

Menurut Prosedur Dan Instruksi Kerja Survei Penempatan Dan Pembangunan Pos Hidrologi Tahun 2009 oleh Direktorat Jendral Sumber Daya Air Departemen Pekerjaan Umum, penentuan lokasi harus memperhatikan kriteria-kriteria, sebagai berikut.

a. Kriteria umum:

- 1) memperhatikan hasil evaluasi kerapatan jaringan pos hidrologi yang telah ada.
- 2) didasarkan pada hasil kajian kebutuhan rehab / penambahan / pembangunan pos berdasarkan tingkat akurasi yang telah ditetapkan dengan mempertimbangkan pendanaan dan sumber daya manusia yang tersedia serta rencana pengembangan sumber daya air.
- 3) penentuan jenis pos hidrologi (alat biasa/otomatik/telemetri) perlu memperhatikan tujuan, ketelitian data yang diinginkan dan rencana pengembangan sumber daya air.
- 4) telah ada kesepakatan dengan pemilik tanah/lahan yang akan digunakan sebagai lokasi pos hidrologi (status tanah tidak dalam sengketa).
- 5) lokasi pos diusahakan dekat dengan permukiman penjaga pos/penduduk dan mudah jangkauannya (untuk tujuan keamanan dan kemudahan dalam pelaksanaan pencatatan/inspeksi pos).
- 6) tidak membangun pos hidrologi pada lokasi yang sama/berdekatan dengan pos hidrologi milik instansi lain.
- 7) ada lahan tambahan untuk membangun pos jaga yang berfungsi sebagai ruang kerja penjaga pos dalam menjalankan tugas-tugasnya (khusus pos klimatologi).
- 8) untuk pos berbasis Global Standard for Mobile Communications (GSM), lokasi yang dipilih harus mempertimbangkan kekuatan signal provider yang akan digunakan.
- 9) pos/stasiun hidrologi yang dibangun agar dilengkapi:
 - bangunan pos hidrologi;
 - pagar pengaman;
 - papan informasi pos;
 - patok bench mark (BM).

b. Kriteria khusus:

- lokasi pos dapat mewakili gambaran distribusi hujan DAS.
- ada ruang terbuka di atas lokasi pos sebesar 45° yang diukur dari garis tengah pos.
- jarak pos dengan pohon/bangunan terdekat minimal sama dengan tinggi pohon/bangunan tersebut.

- diusahakan berada pada lahan datar

3. Jumlah Stasiun Pengukur Hujan

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk menentukan kerapatan stasiun curah hujan dapat menggunakan metode Kagan [2]. Metode ini bertujuan untuk mengevaluasi rasionalisasi posko stasiun hujan. Prosedur ini akan memberi informasi tentang berapa banyak pos stasiun yang Anda miliki dan di mana jaringan pos stasiun hujan Anda akan berlokasi di wilayah Anda [9]. Hal ini tentunya untuk mengurangi kesalahan dalam pemantauan data dasar hidrologi dalam suatu Daerah Aliran Sungai (DAS) akan menghasilkan data yang tidak tepat, sehingga mengakibatkan hasil perencanaan, penelitian dan pengelolaan sumber daya air yang kurang efektif dan efisien [10].

Penentuan jumlah alat dilaksanakan dengan mengacu pada Metode Kagan. Metode Kagan yang digunakan yang mengacu pada buku Triatmodjo, 2015 tentang penentuan jumlah dan jarak optimum alat pengukur hujan pada suatu Daerah Aliran Sungai (DAS). Penentuan jumlah optimum alat dilakukan dengan tahapan sebagai berikut.

- a. Menghitung data hujan tahunan
Data hujan yang digunakan adalah rata-rata data hujan dari ARR Hang Nadim selama 30 tahun. Perhitungan dilakukan dengan menjumlahkan data hujan harian pada setiap bulannya yang kemudian dirata-ratakan menjadi data hujan tahunan.
- b. Menghitung koefisien variasi hujan
Perhitungan koefisien variasi (Cv) diawali dengan menghitung rerata data hujan (Prerata) seluruh data hujan tahunan. Perhitungan menggunakan persamaan berikut.

$$P_{\text{rerata}} = \frac{\text{Total data}}{n} \dots\dots\dots(\text{Persamaan 2.1})$$

Dimana:

- Prerata = Hujan tahunan rata-rata (mm)
- Total data = Jumlah keseluruhan data hujan tahunan (mm)
- n = Banyak data yang dihitung

Persamaan tersebut juga dapat digantikan dengan menggunakan formula “average” pada *Software* Excel. Setelah itu, data hujan tahunan yang sudah dihitung rata-ratanya kemudian dihitung standar deviasinya (Sdev) menggunakan persamaan 2 berikut.

$$S_{\text{dev}} = \sqrt{\frac{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2}{n(n-1)}} \dots\dots\dots(\text{Persamaan 2.2})$$

Dimana:

- s^2 = varian
- s = standar deviasi (simpangan baku)
- xi = nilai x ke-i
- n = banyak data

Persamaan Standar deviasi juga dapat digantikan dengan menggunakan formula “STDEV” pada *Software* Excel. Nilai rata-rata dan standar deviasi kemudian digunakan untuk memperoleh Cv. Persamaan Cv dapat dilihat pada Persamaan 3 berikut.

$$Cv = \frac{S_{\text{dev}}}{P_{\text{rerata}}} \dots\dots\dots(\text{Persamaan 2.3})$$

Dimana:

- Cv = Koefisien Variasi
- Sdev = Standar Deviasi

Prerata = Hujan rerata keseluruhan

- c. Menghitung jumlah optimum stasiun hujan
Cv yang sudah diperoleh sebelumnya digunakan untuk menghitung jumlah optimum dari stasiun hujan. Jumlah stasiun hujan optimum diperoleh dengan menggunakan persamaan 4 berikut.

$$N = \left(\frac{Cv}{\varepsilon}\right)^2 \dots\dots\dots \text{(Persamaan 2.4)}$$

Dimana:

- N = Jumlah stasiun Optimum
Cv = Koefisien Variasi
 ε = Persentase kesalahan (%) = 10 %

4. Jumlah Stasiun Pengukur Hujan

Penentuan Lokasi Stasiun Hujan dilakukan dengan mencari terlebih dahulu jarak optimum dari setiap stasiun hujan. Hal tersebut dilakukan agar dalam penempatannya, jarak antar stasiun hujan tidak terlalu jauh atau terlalu dekat. Perhitungan jarak optimum stasiun hujan dapat dilihat pada Persamaan 5 berikut.

$$L = 1,07 \sqrt{\frac{A}{N}} \dots\dots\dots \text{(Persamaan 2.5)}$$

Dimana:

- L = Jarak Optimum (km)
A = Luas Daerah Aliran Sungai (DAS) (km²)
N = Jumlah Optimum Stasiun Hujan

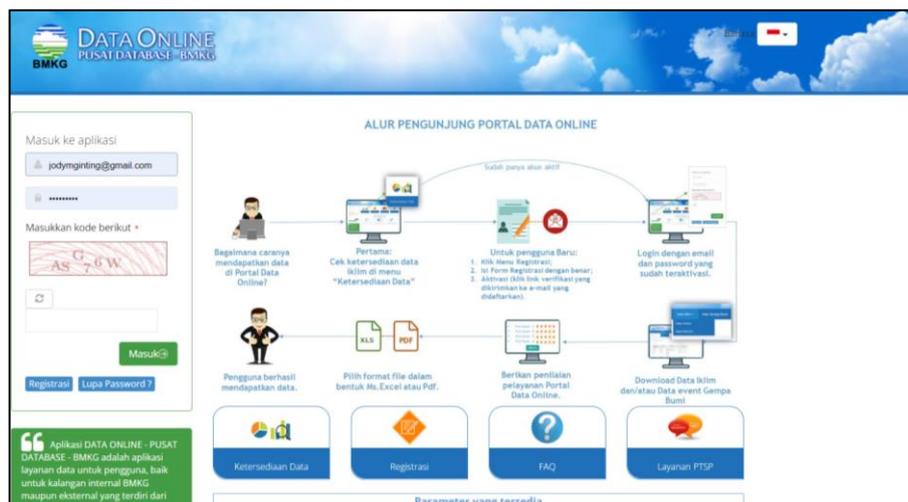
Penentuan lokasi kemudian diinput dengan bantuan *Software* AutoCAD menggunakan jarak optimum. Penentuan lokasi diawali dengan pembuatan jaringan stasiun yang terbentuk dari kumpulan segitiga sama kaki dengan panjang sisi sama dengan jarak optimum. Segitiga tersebut disusun membentuk suatu jaringan yang kemudian nantinya dioverlay ke peta dan dibatasi oleh batas wilayah. Setiap titik simpul dari segitiga tersebut menjadi titik penempatan stasiun hujan. Penentuan letak segitiga juga dapat mengacu pada peta berikut.

- a. Peta Daerah Aliran Sungai
- b. Peta Administrasi
- c. Peta Tata Guna Lahan
- d. Peta Titik Lokasi Banjir

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Penentuan curah hujan tertinggi

Perhitungan membutuhkan data hujan harian selama 30 tahun di Kota Batam. Dikarenakan stasiun hujan yang ada di Kota Batam saat ini hanya ada satu, yaitu Stasiun Meteorologi Hang Nadim yang dikelola oleh Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Batam, maka data hujan yang digunakan hanya berasal dari stasiun hujan tersebut. Stasiun hujan tersebut beroperasi sejak tahun 1993. Pengambilan data menggunakan sistem online melalui website Data Online Pusat Database BMKG yang disediakan secara gratis oleh BMKG pusat. Tampilan website dapat dilihat pada Gambar 3.1 berikut.



Gambar 3.1 Tampilan *website* Data Online Pusat Database BMKG (Sumber: BMKG, 2022)

Data yang telah diunduh kemudian disusun menggunakan Software Excel dalam 1 file yang berisi 1 tahunan data. Data yang dibutuhkan adalah data 30 tahun sehingga data yang diambil mulai dari tahun 1993 sampai tahun 2022. Dari data 30 tahun tersebut disusun menjadi 30 file yang dimasukkan ke dalam data pendukung untuk perhitungan jumlah alat optimum yang dibutuhkan Kota Batam. Data hujan tahunan disusun dari data hujan harian yang diunduh sebelumnya kemudian dijumlahkan dan dirata-ratakan dari seluruh bulan untuk memperoleh rata-rata data hujan tahunan. Data hujan tahunan dapat dilihat pada Tabel 3.1 berikut.

Tabel 3.1 Data Hujan Tahunan Kota Batam

No	Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Rata ²
1	1993	128,5	34,3	239,7	188,5	207,1	216,7	289,5	105,9	174,9	206,6	344,2	368,7	208,72
2	1994	37,7	156,8	440,8	134,5	158,3	231,5	63,2	146,2	31,1	61,2	264,5	251,9	164,81
3	1995	273,6	489,2	50,8	122	174,2	193,4	252	275,8	117,4	204,9	358,8	168,8	223,41
4	1996	181,2	176,6	50,8	162	306,2	270,4	148	309,4	162	263,2	172	173	197,90
5	1997	9	21	45,3	169,1	133,1	161,5	58,9	179,3	152,8	79,7	176,4	414	133,34
6	1998	367,7	14,5	58,3	168,2	241,9	209,3	127	300,6	174,2	318,5	215,6	190,5	198,86
7	1999	159,3	45,3	90,2	228,4	138,2	123,3	174,4	305,1	173,2	162,8	264,7	362,6	185,63
8	2000	273,2	77,2	131,4	266,7	160,3	145	161,1	155,6	192,7	390,2	301,6	178,8	202,82
9	2001	275,2	58,2	171,7	262,3	272,5	130	194,7	188,4	140,7	354,1	200	367,9	217,98
10	2002	220,6	47,5	43	128,6	223,7	196,6	190,1	96,8	129,1	112,1	205,6	481,4	172,93
11	2003	636,2	108,3	145,9	151,3	41,8	59,9	97	210,6	220,9	294,2	171,2	415,5	212,73
12	2004	689,1	20,6	173	77,1	203,9	75,8	188,2	114,6	134,3	125	135	130,3	172,24
13	2005	259,2	14,4	84,9	167,5	351	72,2	162,3	189,6	150,8	345,3	329	154,4	190,05
14	2006	489,1	89,9	105,3	259,8	141,1	277,8	143	154	86,3	95,1	134,6	989,5	247,13
15	2007	484,9	65,9	181	134,3	196,2	202,3	211,9	206,5	217,6	272	278,6	509,4	246,72
16	2008	138,3	155,3	369,2	144,2	77	136,6	312,9	179,4	236	261	196,3	264,9	205,93
17	2009	11,8	42,8	274,3	72,9	147,2	233,6	194,2	219,6	167,1	203	238,9	171,1	164,71
18	2010	30,3	45,2	310,6	215,3	164,4	191,7	215,5	122,6	286,3	165,8	221,5	88,8	171,50
19	2011	654	8,9	91,1	176,8	94,4	211,8	147,2	291,5	211,1	389,7	395,4	249,9	243,48
20	2012	0,3	4,5	112,1	40,9	112,5	8,2	12,7	0,1	5,8	15,8	8	24,7	28,80

No	Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Rata ²
21	2013	15,9	1,5	10,5	124,3	39,6	7	12,4	29,1	26,2	5,9	223,7	53,5	45,80
22	2014	6,3	0	57,7	171,5	263,4	194,9	249,7	229,2	162,3	19,9	222,1	298,5	156,29
23	2015	0	56,1	49,5	82,8	122,3	79,4	60,4	163,3	31,1	186,4	210,9	169,6	100,98
24	2016	0	308	10,2	61,5	144,8	184,1	264,5	153	97	209,4	451	0	156,96
25	2017	0	58,9	392	221,2	310,9	168,1	63,1	321,6	200,1	184,7	488,1	168,7	214,78
26	2018	237,4	9,2	207	120,2	106,9	169,2	50	143,1	132,4	120	398	188,8	156,85
27	2019	192,6	20,2	13,9	60,4	140,9	213,7	45,2	43,9	38,8	182,8	109	367,8	119,10
28	2020	37,1	41,5	28,3	167,5	398,5	286	213,6	211,7	196,1	242,6	297,5	177,9	191,53
29	2021	652,6	1,8	197,7	195	290,2	136,8	63,8	223,4	262,1	207,8	260,9	168,4	221,71
30	2022	127,9	243,1	128,5	294,2	152,5								189,24
													Prerata	178,10

Sumber: Data Online BMKG

Rekapitulasi hujan rata-rata hanya dihitung sampai pada Bulan Mei 2022 dikarenakan pada saat penyusunan laporan ini, pengerjaan masih pada awal Bulan Juni 2022. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan persamaan 2.1 atau menggunakan bantuan formula “AVERAGE” pada Software Excel dengan rata-rata hujan 30 tahun yang diperoleh (Prerata) adalah 178,10 mm.

Perhitungan kemudian dilanjutkan dengan menghitung Koefisien Variasi (Cv) dari data hujan tahunan yang telah disusun. Perhitungan Cv membandingkan antara hasil perhitungan Standar Deviasi (Sdev) dari variabel seluruh data hujan dari data hujan 1993 sampai 2022 dan Prerata. Perhitungan Sdev menggunakan persamaan 2.2 atau dengan formula “STDEV” pada Software Excel. Sdev yang diperoleh hasil dari perhitungan adalah 51,1685. Cv kemudian diperoleh dengan membagi Sdev dengan Prerata sehingga diperoleh $Cv = 0,2873$.

Cv yang telah didapatkan kemudian digunakan untuk menghitung jumlah optimum dari alat yang dibutuhkan. Jumlah alat yang dibutuhkan tergantung Cv yang dihitung dengan “persamaan 2.3”. Dimana ϵ atau persentase kesalahan untuk jumlah alat optimum adalah 10% atau 0,1. Dengan persamaan 2.4 diperoleh $N = 8,2546$ atau antara 8 atau 9 buah dalam satu area. Rekapitulasi perhitungan dapat dilihat pada Tabel 3.2 berikut.

Tabel 3.2 Rekapitulasi perhitungan Jumlah Alat

Parameter	Simbol	Nilai
Standar Deviasi	Sdev	51,1685
Hujan Rata-rata	Prerata	178,10 mm
Koefisien Variasi	Cv	0,287308
Persentase Kesalahan (untuk jumlah optimum)	ϵ	10% atau 0,1
Jumlah Optimum Alat	N	8,2546 buah (8 atau 9 alat ukur)

Sumber: pribadi

Pada perhitungan jumlah alat, jumlah alat optimum yang diperoleh adalah 8,2546 alat atau sekitar 8 sampai 9 alat pada suatu luasan tertentu. Jumlah alat tersebut akan digunakan untuk menentukan jarak antar alat pengukur hujan. Jumlah alat ini bukanlah jumlah alat yang akan digunakan untuk menentukan jumlah alat yang di Kota Batam tetapi akan dihitung dari perhitungan seluruh Kota Batam dan beberapa DAS yang sekiranya memiliki banyak Kantor Kelurahan, pemukiman dan titik banjir.

3.2 Perhitungan Titik Lokasi Stasiun Pengukur Hujan

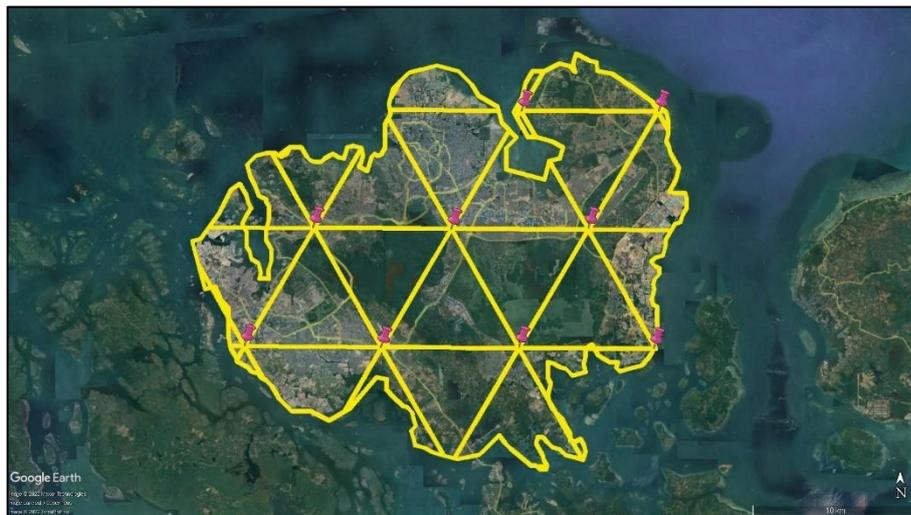
Perhitungan titik lokasi dilakukan dengan menghitung terlebih dahulu jarak optimum antar alat sehingga nanti dapat dibentuk sebuah segitiga sama sisi yang menghubungkan setiap titik lokasi alat pengukur hujan. Setiap titik pertemuan dari segitiga akan ditetapkan sebagai titik lokasi penempatan alat pengukur hujan.

Perhitungan diawali dengan mencari luas dari seluruh Kota Batam. Perhitungan luas (A) menggunakan bantuan *Software* Google Earth. Hasil Luas Kota Batam yang diperoleh adalah 478 km². Jarak kemudian dihitung dengan menggunakan persamaan 2.5. Pada perhitungan sebelumnya N sudah diperoleh dengan nilai 8,2546. Hasil dari perhitungan adalah sebagai berikut.

$$L = 1,07 \sqrt{\frac{478}{8,2546}}$$

$$= 8,142 \text{ km.}$$

Jarak tersebut kemudian digunakan untuk menentukan panjang segitiga sama sisi yang akan menentukan lokasi penempatan alat. Perancangan segitiga sama sisi awalnya menggunakan bantuan *Software* AutoCAD yang disesuaikan dengan Peta Kota Batam. Lokasi penempatan alat dilakukan tepat pada titik simpul dari segitiga yang ada. Kemudian hasil desain dimasukkan ke dalam peta sehingga menghasilkan gambar penempatan awal sebagai terlihat pada gambar 3.2 berikut.



Gambar 3.2 Titik Lokasi Penempatan Awal
(Sumber: Pribadi)

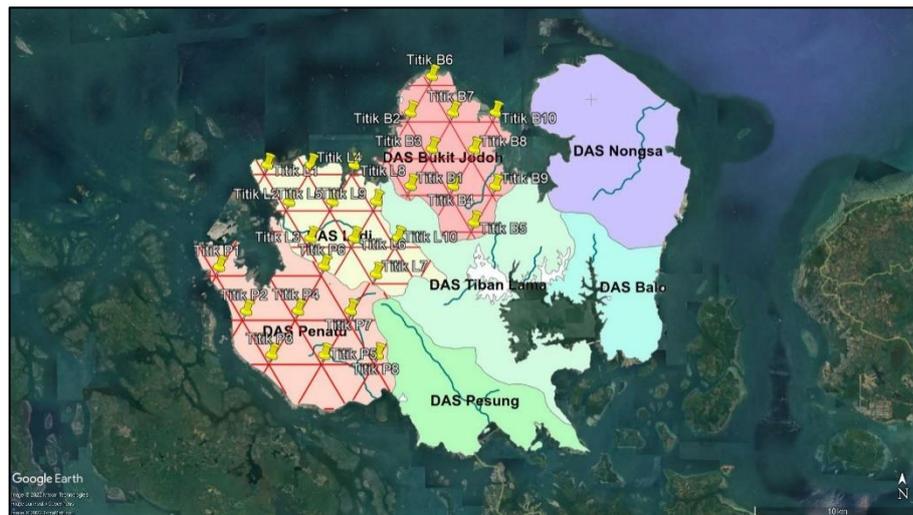
Pada Gambar 3.2, penempatan awal didasarkan pada luas daerah Kota Batam. Setelah itu, penempatan berikutnya dilakukan pada beberapa DAS yang memiliki banyak kantor kelurahan, pemukiman dan titik banjir. Dipilih 3 DAS yang memiliki kriteria tersebut untuk dihitung, yaitu DAS Bukit Jodoh, DAS Ladi dan DAS Penatu. Luas setiap DAS diperoleh dari Badan Wilayah Sungai (BWS) Batam. Setiap DAS memiliki luas yang berbeda-beda, tetapi jumlah optimum yang digunakan tetap 8 atau 9 alat. Hal tersebut dikarenakan perhitungan jumlah optimum alat berdasarkan karakteristik hujan dan data hujan yang ada hanya dari stasiun hujan Hang Nadim saja. Tahapan pelaksanaan sama dengan tahapan perhitungan pada peta Kota Batam. Rekapitulasi perhitungan dapat dilihat pada Tabel 3.3 berikut.

Tabel 3.3 Rekapitulasi Perhitungan Jarak pada DAS

Parameter	Simbol	DAS Bukit Jodoh	DAS Ladi	DAS Penatu
Luas (km ²)	A	49	49	72
Standar Deviasi	Sdev	51,168	51,168	51,168
Hujan rata-rata (mm)	Prerata	178,097	178,097	178,097
Koefisien Variasi	Cv	0,287	0,287	0,287
Jumlah stasiun (buah)	N	8,255	8,255	8,255
Jarak antar stasiun (km)	L	2,607	2,607	3,160

(Sumber: Pribadi)

Dari jarak yang diperoleh kemudian digunakan menjadi panjang segitiga sama sisi. Perancangan menggunakan bantuan AutoCAD dan dioverlay ke dalam peta. Penempatan alat sesuai DAS dapat dilihat pada gambar 3.3 berikut.



Gambar 3.3 Titik Lokasi Penempatan DAS
(Sumber: Pribadi)

Penempatan alat di Kantor Kelurahan dilakukan Prosedur Dan Instruksi Kerja Survei Penempatan Dan Pembangunan Pos Hidrologi Tahun 2009 dijelaskan ada 4 kriteria khusus sebagai berikut.

- lokasi pos dapat mewakili gambaran distribusi hujan DAS.
- ada ruang terbuka di atas lokasi pos sebesar 45° yang diukur dari garis tengah pos.
- jarak pos dengan pohon/bangunan terdekat minimal sama dengan tinggi pohon/bangunan tersebut.
- diusahakan berada pada lahan datar.

Selain dari kriteria khusus di atas, penempatan juga harus memperhatikan keamanan dalam penempatan alat karena ditakutkan akan terjadi hal-hal yang tidak diinginkan terhadap alat. Melalui perhitungan dari 64 Kelurahan di Kota Batam, dapat dipilih 31 lokasi kantor kelurahan yang sesuai dengan distribusi hujan di Kota Batam. Daftar Kantor Kelurahan yang menjadi lokasi penempatan alat pengukur hujan dapat dilihat pada tabel 3.4.

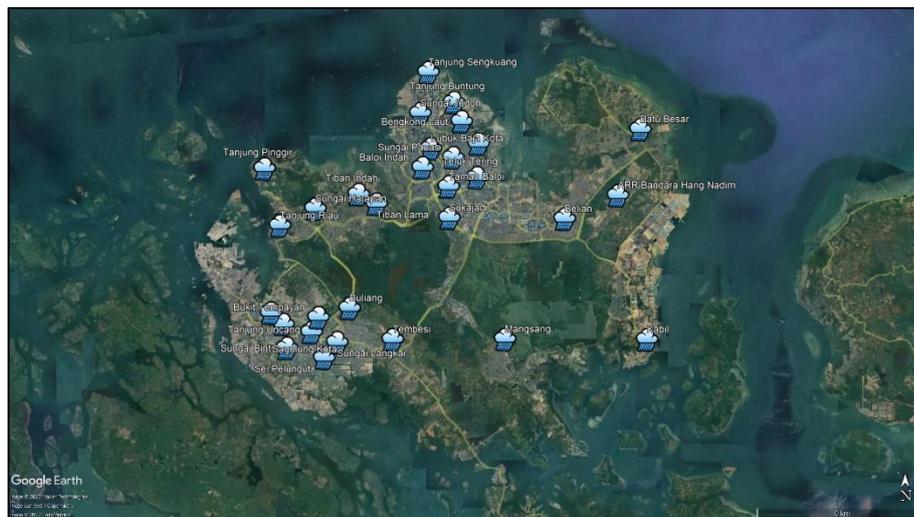
Tabel 4.4 Kantor Kelurahan Lokasi Penempatan Alat

Titik	Lokasi Kantor Kelurahan	Titik	Lokasi Kantor Kelurahan
1	Baloi Indah	17	Sungai Harapan
2	Batu Besar	18	Sungai Jodoh
3	Belian	19	Sungai Langkai
4	Bengkong Laut	20	Sungai Panas

5	Bukit Tempayan	21	Taman Baloi
6	Buliang	22	Tanjung Buntung
7	Kabil	23	Tanjung Pinggir
8	Lubuk Baja Kota	24	Tanjung Riau
9	Mangsang	25	Tanjung Sengkuang
10	Patam Lestari	26	Tanjung Uncang
11	Pulau Buluh	27	Teluk Tering
12	Sadai	28	Tembesi
13	Sagulung Kota	29	Tiban Baru
14	Sei Pelungut	30	Tiban Indah
15	Sukajadi	31	Tiban Lama
16	Sungai Binti		

(Sumber: Pribadi)

31 Kantor Kelurahan ini yang menjadi prioritas dalam penempatan alat pengukur hujan di Kota Batam mengacu kepada hasil perhitungan jaringan alat, titik banjir, tata guna lahan dan lokasi administrasi kelurahan di Kota Batam. Sehingga dapat disimpulkan jumlah optimum alat yang diperlukan untuk seluruh Kota Batam ada 31 alat dan ada 31 titik penempatan alat pengukur hujan di Kota Batam. Namun untuk kegiatan pengadaan alat nantinya tidak menutup kemungkinan adanya pengadaan pada kantor kelurahan lain, tetapi jika dilihat dari sisi pola penempatan yang tepat, 31 kantor kelurahan ini merupakan lokasi yang tepat agar pengukuran penyebaran data, kedalaman dan intensitas hujan lebih akurat. Lokasi penempatan final dapat dilihat pada gambar 3.4 berikut.



Gambar 4.4 Lokasi Penempatan Final
(Sumber: Pribadi)

IV. KESIMPULAN

Dari penelitian ini disimpulkan bahwa Perhitungan jumlah alat pengukur hujan yang dibutuhkan Kota Batam adalah sebanyak 31 alat. Penentuan titik lokasi alat pengukur hujan terdiri dari 31 lokasi, yaitu Kantor Kelurahan Baloi Indah, Batu Besar, Belian, Bengkong Laut, Bukit Tempayan, Buliang, Kabil, Lubuk Baja Kota, Mangsang, Patam Lestari, Pulau

Buluh, Sadai, Sagulung Kota, Sei Pelungut, Sukajadi, Sungai Binti, Sungai Harapan, Sungai Jodoh, Sungai Langkai, Sungai Panas, Taman Baloi, Tanjung Buntung, Tanjung Pinggir, Tanjung Riau, Tanjung Sengkuang, Tanjung Uncang, Teluk Tering, Tembesi, Tiban Baru, Tiban Indah, dan Tiban Lama. Pada penelitian ini, peneliti dapat memberi rekomendasi untuk membuat penelitian selanjutnya dapat memperhitungkan arah angin dan melihat keadaan lapangan jika nantinya akan dilakukan perhitungan lebih lanjut.

REFERENSI

- [1] P. Pariarta, "Analisis Pola Penempatan Dan Jumlah Stasiun Hujan Berdasarkan Persamaan Kagan Pada Das Keduang Waduk Wonogiri," *J. Ilm. Tek. Sipil*, vol. 16, no. 1, pp. 100–106, 2012.
- [2] D. S. B. Krisnayanti Wilhelmus; Kedoh, Jacob, "Penggunaan Metode Kagan Untuk Analisis Kerapatan Jaringan Stasiun Hujan Pada Wilayah Sungai (Ws) Wae-Jamal Di Pulau Flores," *J. Tek. Sipil*, no. Vol 1, No 3 (2012), pp. 81–94, 2012, [Online]. Available: <http://puslit2.petra.ac.id/ejournal/index.php/jurnal-teknik-sipil/article/view/18587/18358>.
- [3] A. Kurniawan, "Evaluasi Pengukuran Curah Hujan Antara Hasil Pengukuran Permukaan (AWS, HELLMAN, OBS) dan Hasil Estimasi (Citra Satelit =GSMaP) Di Stasiun Klimatologi Mlati Tahun 2018," *J. Geogr. Edukasi dan Lingkung.*, vol. 4, no. 1, pp. 1–7, 2020, doi: 10.29405/jgel.v4i1.3797.
- [4] B. Triatmodjo, *Hidrologi Terapan*, 5th ed. Yogyakarta: Beta Offset, 2015.
- [5] A. Petonengan, J. S. F. Sumarauw, and E. M. Wuisan, "Pola Distribusi Hujan Jam-Jaman Di Das Tondano Bagian Hulu," *J. Sipil Statik Januari*, vol. 4, no. 1, pp. 21–28, 2016.
- [6] V. Dermawan, A. azis Hoesein, and W. Firmansyah, "Analisa Metode Kagan-Rodda terhadap Analisa Hujan Rata-Rata dalam Menentukan Debit Banjir Rancangan dan Pola Sebaran Stasiun Hujan di Sub DAS Amprong," *J. Pengair. UB*, pp. 8–14, 2001.
- [7] Sri Harto, *Hidrologi: Teori Masalah Penyelesaian*. Yogyakarta: Nafiri Offset, 2009.
- [8] D. PU, *Survei Penempatan dan Pembangunan Pos Hidrologi*, no. 20. Indonesia, 2009, pp. 1–25.
- [9] R. Renaldhy, I. Wayan Yasa, and E. Setiawan, "Evaluasi Rasionalisasi Stasiun Hujan Metode Kagan Rodda dengan Mempertimbangkan Kriteria Penentuan Lokasi Pembangunan Stasiun Hujan," *J. Tek. Pengair.*, vol. 12, no. 1, pp. 49–60, 2021, doi: 10.21776/ub.pengairan.2021.012.01.05.
- [10] M. H. Imaaduddiin, S. K. Aziz, H. Wahyudi, E. Sumirman, and T. Adiningtyas, "Penggunaan Metode Kagan-Rodda Untuk Mengevaluasi Kerapatan Jaringan Stasiun Hujan di DAS Ngrowo Pada Aliran Kali Brantas," *Apl. Tek. Sipil*, vol. 20, pp. 235–242, 2022.
- [11] BMKG, "Data Online Pusat Database - BMKG," *Pusat Database*, 2022. <https://dataonline.bmkg.go.id/>.