

Kajian Pengaruh Perubahan Tutupan Lahan terhadap Koefisien Limpasan dengan Menggunakan Metode Rasional dan Metode Cook di Kota Makassar

Indriyanti^{1*}, Rita Tahir Lopa¹, Riswal Karamma¹

¹Departemen Teknik Sipil, Universitas Hasanuddin, Makassar, INDONESIA

*Corresponding author: indriyanti.azis@gmail.com

INTISARI

Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh perubahan tutupan lahan terhadap koefisien limpasan permukaan di Kota Makassar dengan menggunakan Metode Rasional dan Metode Cook berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG). Data tutupan lahan tahun 2014 dan 2024 dihimpun dengan metode klasifikasi berbasis citra Landsat serta data RTRW Kota Makassar Tahun 2024, serta digunakan untuk memprediksi kondisi tahun 2034 melalui model CA-Markov yang telah divalidasi dengan nilai Kappa sebesar 0,9493. Hasil analisis menunjukkan adanya peningkatan signifikan pada lahan terbangun, seperti perumahan, jalan, dan perkantoran, serta penurunan pada lahan vegetasi, pertanian, dan lahan terbuka. Perubahan ini berdampak pada peningkatan koefisien limpasan berdasarkan Metode Rasional dari 0,591 pada tahun 2024 menjadi 0,631 pada tahun 2034. Sebaliknya, Metode Cook menunjukkan nilai yang relatif stabil dengan sedikit penurunan dari 0,539 menjadi 0,538. Perbedaan hasil ini menunjukkan bahwa Metode Rasional lebih sensitif terhadap perubahan tutupan lahan akibat urbanisasi, sedangkan Metode Cook lebih dipengaruhi oleh parameter fisiografis wilayah. Oleh karena itu, pemilihan metode sangat penting dalam analisis hidrologi untuk mendukung perencanaan sistem drainase perkotaan yang efektif dan berkelanjutan.

Kata kunci: perubahan tutupan lahan, koefisien limpasan, Metode Rasional, Metode Cook, drainase perkotaan.

1 PENDAHULUAN

Banjir dan genangan masih menjadi salah satu persoalan utama dalam pengelolaan infrastruktur perkotaan, terutama pada kota-kota yang mengalami pertumbuhan kawasan terbangun secara cepat (Karamma et al., 2026). Dalam konteks wilayah perkotaan, genangan tidak hanya dipicu oleh luapan sungai, tetapi juga oleh limpasan permukaan yang melebihi kapasitas sistem drainase. Kondisi ini menjadi semakin penting karena *urban flooding* umumnya terjadi ketika hujan terjadi di kawasan dengan kapasitas drainase terbatas, kondisi saluran yang kurang memadai, atau permukaan kedap air yang luas (dela Rama-Liwanag et al., 2018). Sistem drainase perkotaan pada prinsipnya tidak hanya berfungsi membuang air secepat mungkin, tetapi juga perlu diarahkan untuk meniru proses drainase alami melalui pendekatan berkelanjutan yang mampu mengelola limpasan permukaan secara lebih terkendali dan ramah lingkungan (Karamma et al., 2026).

Perubahan tutupan lahan merupakan salah satu faktor utama yang memengaruhi respon hidrologi suatu wilayah. Peningkatan jumlah penduduk dan perkembangan wilayah mendorong konversi lahan pertanian, vegetasi, dan ruang terbuka menjadi kawasan permukiman, komersial, serta infrastruktur jalan (Alivio et al., 2024). Perubahan ini meningkatkan proporsi lahan kedap air sehingga lebih banyak curah hujan yang langsung berubah menjadi limpasan permukaan. Sejumlah penelitian menunjukkan bahwa peningkatan lahan terbangun di DAS maupun kawasan perkotaan berasosiasi dengan meningkatnya koefisien limpasan dan potensi banjir (Dharmayasa et al., 2022; Suprayogi et al., 2022).

Limpasan permukaan merupakan bagian penting dari siklus hidrologi karena merepresentasikan porsi air hujan yang tidak meresap ke dalam tanah dan mengalir di atas permukaan menuju saluran, sungai, atau badan air lainnya. Besarnya limpasan dipengaruhi oleh intensitas dan durasi hujan, kemiringan lereng, morfologi wilayah, jenis tanah, penggunaan lahan, serta kondisi drainase. Pada kawasan yang mengalami urbanisasi cepat, kualitas dan kuantitas limpasan cenderung berubah karena infiltrasi berkurang dan aliran permukaan menjadi lebih cepat (Fatkhawati et al., 2013; Odiji et al., 2020). Dalam kerangka drainase berkelanjutan, pengelolaan limpasan tidak lagi hanya berorientasi pada pembuangan, tetapi juga pada upaya penahanan, peresapan, dan pengembalian air ke lingkungan melalui teknik-teknik seperti penampungan air hujan dan sumur resapan (Karamma et al., 2026).

Salah satu parameter yang umum digunakan untuk menggambarkan respon limpasan adalah koefisien limpasan (C). Parameter ini menyatakan perbandingan antara bagian curah hujan yang menjadi limpasan permukaan

terhadap total hujan yang jatuh pada suatu wilayah. Nilai C sangat penting dalam analisis hidrologi terapan karena menjadi parameter utama dalam estimasi debit puncak dengan Metode Rasional. Dalam praktiknya, nilai tersebut dipengaruhi oleh kondisi tutupan lahan, infiltrasi, kelembapan awal, kemiringan, dan karakter fisik wilayah (Machado et al., 2022; Sudaryatno et al., 2021)

Metode Rasional merupakan pendekatan yang luas digunakan dalam estimasi debit puncak karena sederhana, praktis, dan efektif untuk menghubungkan intensitas hujan, luas wilayah, dan koefisien limpasan. Di sisi lain, Metode Cook memberikan pendekatan yang lebih fisiografis karena memperhitungkan empat parameter utama, yaitu tutupan lahan, lereng, infiltrasi tanah, dan kerapatan drainase atau penyimpanan permukaan. Perbedaan dasar kedua metode ini menjadikan perbandingannya penting, terutama untuk wilayah yang terus mengalami perubahan ruang dan heterogenitas karakter fisik seperti Kota Makassar (Nuralamsyah & Marselina, 2023)

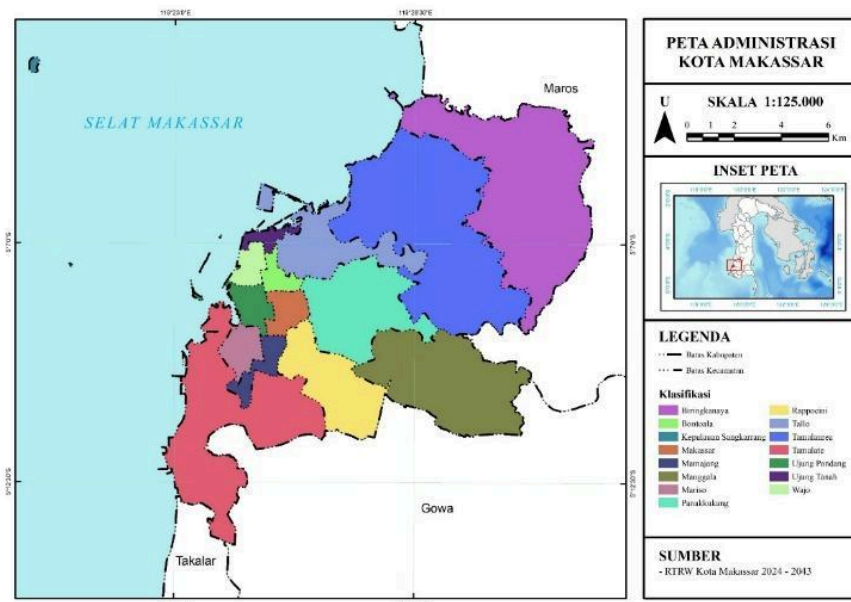
Penggunaan GIS dalam kajian hidrologi perkotaan memungkinkan analisis spasial dilakukan secara lebih sistematis, baik untuk identifikasi perubahan tutupan lahan maupun untuk penilaian parameter fisik wilayah. Integrasi penginderaan jauh, GIS, dan metode limpasan telah digunakan secara efektif untuk menilai perubahan respon hidrologi akibat perubahan penggunaan lahan. Selain itu, pemodelan prediksi tutupan lahan memberikan gambaran mengenai arah perkembangan wilayah dan implikasinya terhadap limpasan di masa mendatang (dela Rama-Liwanag et al., 2018; Dharmayasa et al., 2022).

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menyusun dan membandingkan koefisien limpasan permukaan Kota Makassar menggunakan Metode Cook dan Metode Rasional, serta menganalisis perbedaan nilai C yang dihasilkan.

2 DATA DAN METODE

2.1 Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di Kota Makassar, Provinsi Sulawesi Selatan, yang merupakan salah satu kota besar di Indonesia dengan perkembangan kawasan terbangun yang sangat pesat. Secara administratif, wilayah penelitian mencakup 14 kecamatan, yaitu Biringkanaya, Bontoala, Makassar, Mamajang, Manggala, Mariso, Panakkukang, Rappocini, Tallo, Tamalanrea, Tamalate, Ujung Pandang, Ujung Tanah, dan Wajo. Kota Makassar dipilih karena menunjukkan dinamika perubahan ruang yang tinggi dan memiliki kerentanan terhadap genangan perkotaan.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

2.2 Data Penelitian

Data utama penelitian adalah luasan tutupan lahan Kota Makassar tahun 2014 dan 2024, yang diperoleh dari interpretasi citra satelit dan pengolahan SIG (file data spasial tutupan lahan). Data tutupan lahan tersebut berisi luas setiap kategori kelas lahan untuk kedua tahun tersebut. Sumber data sekunder meliputi peta topografi, peta jenis

tanah, dan data RTRW Kota Makassar Tahun 2024. Data tutupan lahan tahun 2014 dan 2024 dihimpun dengan metode klasifikasi berbasis citra Landsat dan validasi lapangan untuk memastikan akurasi, lalu diekstraksi luasan per kelas.

2.3 Metode

2.3.1 Proyeksi Tutupan Lahan dengan CA-Markov

Prediksi perubahan tutupan lahan pada penelitian ini dilakukan menggunakan model CA-Markov (*Cellular Automata-Markov*). Pendekatan ini dipilih karena mampu menggabungkan dua komponen utama, yaitu: (1) rantai Markov untuk menghitung kecenderungan perubahan kuantitatif antar kelas tutupan lahan berdasarkan data historis, dan (2) *Cellular Automata (CA)* untuk mensimulasikan distribusi spasial perubahan tersebut pada tingkat piksel. (Singh et al., 2024).

Dalam penelitian ini, peta tutupan lahan tahun 2014 dan 2024 digunakan sebagai data dasar untuk memperoleh probabilitas transisi, yang kemudian dipakai untuk memprediksi kondisi tutupan lahan tahun 2034.

Tahapan analisis meliputi:

1. penyusunan peta tutupan lahan tahun 2014 dan 2024;
2. pembentukan matriks probabilitas transisi;
3. penentuan aturan dan kesesuaian spasial;
4. simulasi prediksi tutupan lahan tahun 2034;
5. validasi hasil simulasi menggunakan peta aktual tahun 2024.

2.3.2 Validasi Model

Validasi model dilakukan menggunakan fasilitas pada TerrSet dengan membandingkan peta hasil simulasi tahun 2024 terhadap peta aktual tahun 2024. Indeks validasi yang digunakan adalah *K-Standard (Kappa Coefficient)*. Apabila akurasi simulasi mencapai di atas 75%, maka model dianggap memadai dan tidak memerlukan pengulangan (Leta et al., 2021). Pendekatan ini umum digunakan dalam validasi model CA-Markov karena mampu menilai tidak hanya akurasi total, tetapi juga ketepatan jumlah dan lokasi perubahan tutupan lahan. Hasil validasi selanjutnya digunakan sebagai dasar untuk memastikan bahwa model layak diterapkan dalam proyeksi tutupan lahan tahun 2034 dan analisis implikasi hidrologinya (Singh et al., 2024).

2.3.3 Perhitungan Koefisien Limpasan Metode Rasional

Nilai koefisien limpasan ditetapkan berdasarkan rentang yang dilaporkan dalam beberapa referensi terdahulu untuk masing-masing jenis tutupan lahan. Nilai terpilih digunakan sebagai koefisien limpasan representatif dalam perhitungan koefisien limpasan komposit Metode Rasional, dengan mempertimbangkan karakter umum permukaan lahan di wilayah studi. Koefisien limpasan (*runoff*) yang dipakai dalam analisis hidrologi idealnya ditopang oleh rujukan yang jelas menyajikan angka *C*, pada Tabel 1 berikut:

Tabel 1. Nilai koefisien limpasan yang digunakan pada Metode Rasional

Jenis tutupan lahan	<i>C_i</i>	<i>C</i> yang digunakan	Sumber referensi
Perumahan	0,40–0,75	0,65	Son & Kwon (2022); Wu et al., (2024)
Badan air	0,90–1,00	0,95	Alivio et al., (2024); Machado et al., (2022)
Jalan	0,85–0,95	0,90	He et al., (2024)
Perkantoran	0,70–0,90	0,80	Alivio et al., (2024); Iqbal et al., (2024)
Perkebunan	0,20–0,40	0,30	Shan et al., (2022); Zhu et al., (2024)
Pertanian	0,10–0,30	0,20	Zhu et al., (2024)
Vegetasi	0,10–0,25	0,15	Wu et al., (2024); Zhu et al., (2024)
Lahan terbuka	0,20–0,40	0,35	Shan et al., (2022); Son & Kwon, (2022)

Nilai *C* komposit dihitung berdasarkan rata-rata berbobot luas tiap kelas tutupan lahan dengan Persamaan 1 berikut (Iqbal et al., 2024; Machado et al., 2022).

$$C_k = \frac{C_1 A_1 + C_2 A_2 + \dots + C_n A_n}{A_{total}} \quad (1)$$

di mana C_1, C_2, \dots, C_n adalah koefisien limpasan masing-masing tutupan lahan, A_1, A_2, \dots, A_n luas tutupan tersebut, dan A_{total} adalah luas total daerah tangkapan. Persamaan tersebut menghasilkan satu nilai C komposit untuk wilayah penelitian. Selanjutnya, koefisien C komposit dapat dikalikan dengan intensitas hujan I dan luas A sesuai kaidah Metode Rasional untuk menghitung debit puncak apabila diperlukan. Dalam penelitian ini, fokus analisis diarahkan pada nilai C tahunan, yaitu tahun 2024 dan 2034, sebagai hasil dari komposisi tutupan lahan masing-masing tahun berdasarkan Persamaan 1.

2.3.4 Perhitungan Skor Limpasan dengan Metode Cook

Metode Cook merupakan pendekatan empiris sederhana untuk memperkirakan koefisien limpasan permukaan (C) berdasarkan pengklasifikasian karakteristik fisik daerah aliran. Metode ini mempertimbangkan empat parameter utama daerah tangkapan hujan, yaitu (1) kemiringan lereng (topografi), (2) kemampuan infiltrasi tanah, (3) tutupan lahan, dan (4) simpanan permukaan atau kerapatan aliran drainase. Skor tiap kelas kemudian digabungkan secara tertimbang menurut persentase luasan kelas tersebut. Secara matematis, C total dihitung sebagai rata-rata terbobot parameter (Nuralamsyah & Marselina, 2023) sebagaimana terdapat pada Persamaan 2.

$$C = \frac{\sum_{i=1}^n (C_i \times A_i)}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad (2)$$

Di mana C_i adalah skor koefisien aliran parameter ke- i dan A_i luas areanya. Setelah memperoleh skor-skor tersebut, nilai C akhir dihitung dengan menjumlahkan hasil kali skor dan luas tiap kelas, kemudian dibagi jumlah bobot (total luas). Pendekatan Cook menggunakan data spasial (peta tematik) pada Tabel 2 sehingga dapat diimplementasikan dalam SIG dengan *overlay* peta topografi, tutupan lahan, dan peta tanah untuk menghitung luasan tiap skor parameter.

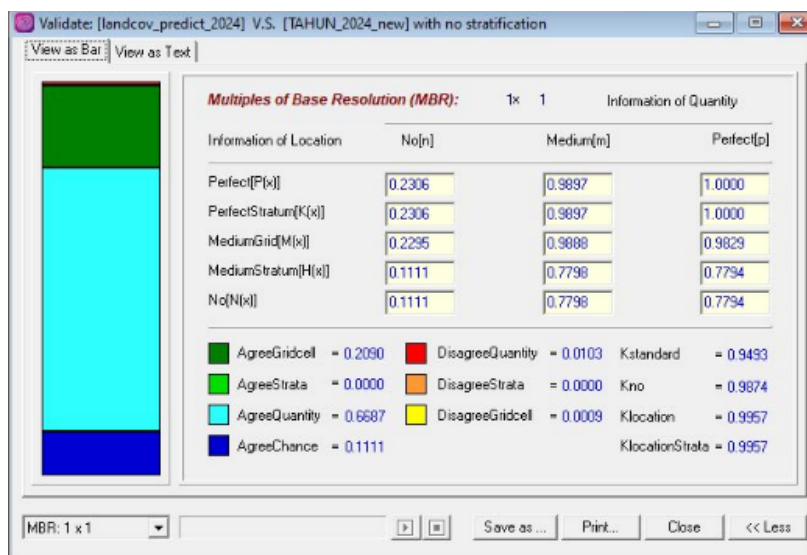
Tabel 2 Karakteristik yang menghasilkan aliran menurut Metode Cook (Nuralamsyah & Marselina, 2023)

Karakteristik Fisik yang dipertimbangkan	Karakteristik yang menghasilkan aliran			
	Ekstrim (100)	Tinggi (75)	Sedang (50)	Rendah (25)
Topografi/slope	Curam (>40%)	Berbukit (10%–30%)	Sedang (5%–10%)	Datar (0%–5%)
Bobot	40	30	20	10
Infiltrasi Tanah	Batuan dengan lapisan tanah tipis	Lempung	Geluh berpasir, Geluh berdebu, Geluh, Geluh Berlempung	Pasir, pasir berlempung
Bobot	20	15	10	5
Tutupan vegetasi/penggunaan lahan	Permukiman, Lahan terbuka	Sawah irigasi, Sawah tadah hujan, dan lahan pertanian kering	Perkebunan campuran, Hutan kurang Rapat	Hutan rapat
Bobot	20	15	10	5
Kerapatan Drainase, km/km ²	Terabaikan: terdapat cekungan dangkal, depresi terjal, dan saluran drainase kecil (≥ 8 km/km ²)	Rendah: saluran drainase kecil dan sistem drainase yang mudah dikenali (3,2–8 km/km ²)	Sedang, pengatusan baik-sedang, 2% luas daerah berupa danau (1,6–3,2 km/km ²)	Tinggi: tampungan depresi permukaan tinggi, sistem drainase sulit dikenali, banyak danau, rawa, dan kolam (<1,6 km/km ²)
Bobot	20	15	10	5

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Validasi Model Proyeksi Tutupan Lahan CA-Markov

Sebelum hasil proyeksi tutupan lahan tahun 2034 digunakan sebagai dasar analisis hidrologi, model CA-Markov terlebih dahulu divalidasi untuk menilai tingkat kesesuaiannya terhadap kondisi aktual. Validasi dilakukan menggunakan fasilitas *Validate* pada perangkat lunak TerrSet dengan membandingkan peta hasil simulasi tahun 2024 terhadap peta aktual tahun 2024. Proses validasi dilakukan tanpa stratifikasi sehingga evaluasi difokuskan pada kesesuaian umum, kuantitas perubahan, dan ketepatan lokasi spasial.



Gambar 2. Hasil Validasi Tutupan Lahan Tahun 2024

Hasil validasi menunjukkan bahwa model memiliki tingkat akurasi yang sangat baik. Nilai *K-Standard* diperoleh sebesar 0,9493. Dengan demikian, model CA-Markov yang digunakan dalam penelitian ini dinilai cukup andal untuk memproyeksikan tutupan lahan Kota Makassar hingga tahun 2034.

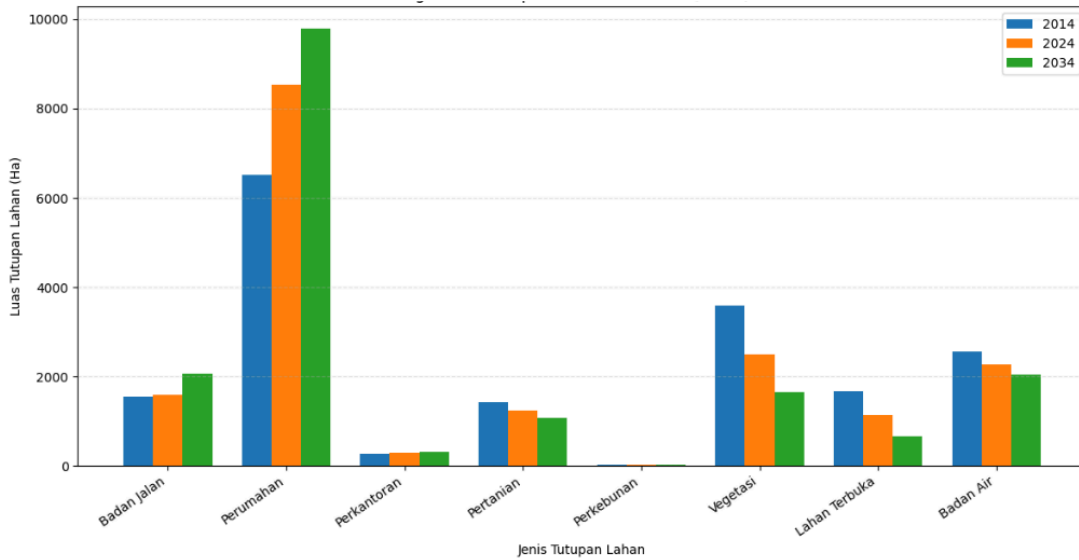
3.2 Perhitungan Tutupan Lahan Tahun 2024 – 2034

Perhitungan tutupan lahan tahun 2024 dilakukan untuk memperoleh komposisi luas masing-masing kelas penggunaan lahan sebagai dasar analisis perubahan spasial dan perhitungan koefisien limpasan permukaan. Data tutupan lahan tahun 2024 dikelompokkan ke dalam delapan kelas, yaitu badan air, badan jalan, lahan terbuka, perkantoran, perkebunan, pertanian, perumahan, dan vegetasi. Seluruh kelas tersebut kemudian direkap berdasarkan luas pada masing-masing kecamatan untuk menggambarkan distribusi spasial tutupan lahan eksisting di Kota Makassar. Selanjutnya secara spasial menggunakan data tahun 2014 dan 2024, menghitung prediksi tutupan lahan untuk tahun 2034. Berdasarkan hasil simulasi, tutupan lahan Kota Makassar pada tahun 2034 diproyeksikan mengalami peningkatan pada kelas lahan terbangun, terutama perumahan, badan jalan, dan perkantoran.. Sebaliknya, kelas lahan yang relatif lebih permeabel, seperti vegetasi, pertanian, perkebunan, dan sebagian lahan terbuka, diperkirakan mengalami penurunan luas. Pola ini menunjukkan bahwa proses urbanisasi di Kota Makassar masih berlangsung dan cenderung mengarahkan perubahan lahan ke fungsi-fungsi yang lebih intensif secara fisik serta lebih dominan terhadap pembentukan permukaan kedap air. Berikut disajikan hasil perhitungan tutupan lahan Kota Makassar:

Tabel 3. Tutupan Lahan Kota Makassar Tahun 2014,2024 dan 2034

Tipe Tutupan Lahan	Luas Eksisting (Ha)		Luas Proyeksi (Ha)
	2014	2024	2034
Badan Jalan	1.556,301	1.581,849	2.057,705
Perumahan	6.520,670	8.543,273	9.791,022
Perkantoran	271,534	294,453	307,292
Pertanian	1.424,020	1.238,929	1.076,712

Perkebunan	14,170	14,041	15,254
Vegetasi	3.586,853	2.505,323	1.642,717
Lahan Terbuka	1.663,595	1.139,378	659,178
Badan Air	2.559,720	2.279,617	2.046,982
Jumlah	17.596,863	17.596,863	17.596,863



Gambar 3. Perbandingan luas tutupan lahan Kota Makassar Tahun 2014, 2024 dan 2034

3.3 Hasil Perhitungan Koefisien Limpasan Metode Rasional

Setelah diperoleh hasil prediksi tutupan lahan tahun 2034 melalui model CA-Markov, tahap berikutnya adalah mengevaluasi perubahan koefisien limpasan permukaan (C) di masing-masing wilayah kecamatan yang ada di Kota Makassar, sebagai respons terhadap perubahan komposisi lahan Tahun 2024 dan Tahun 2034.

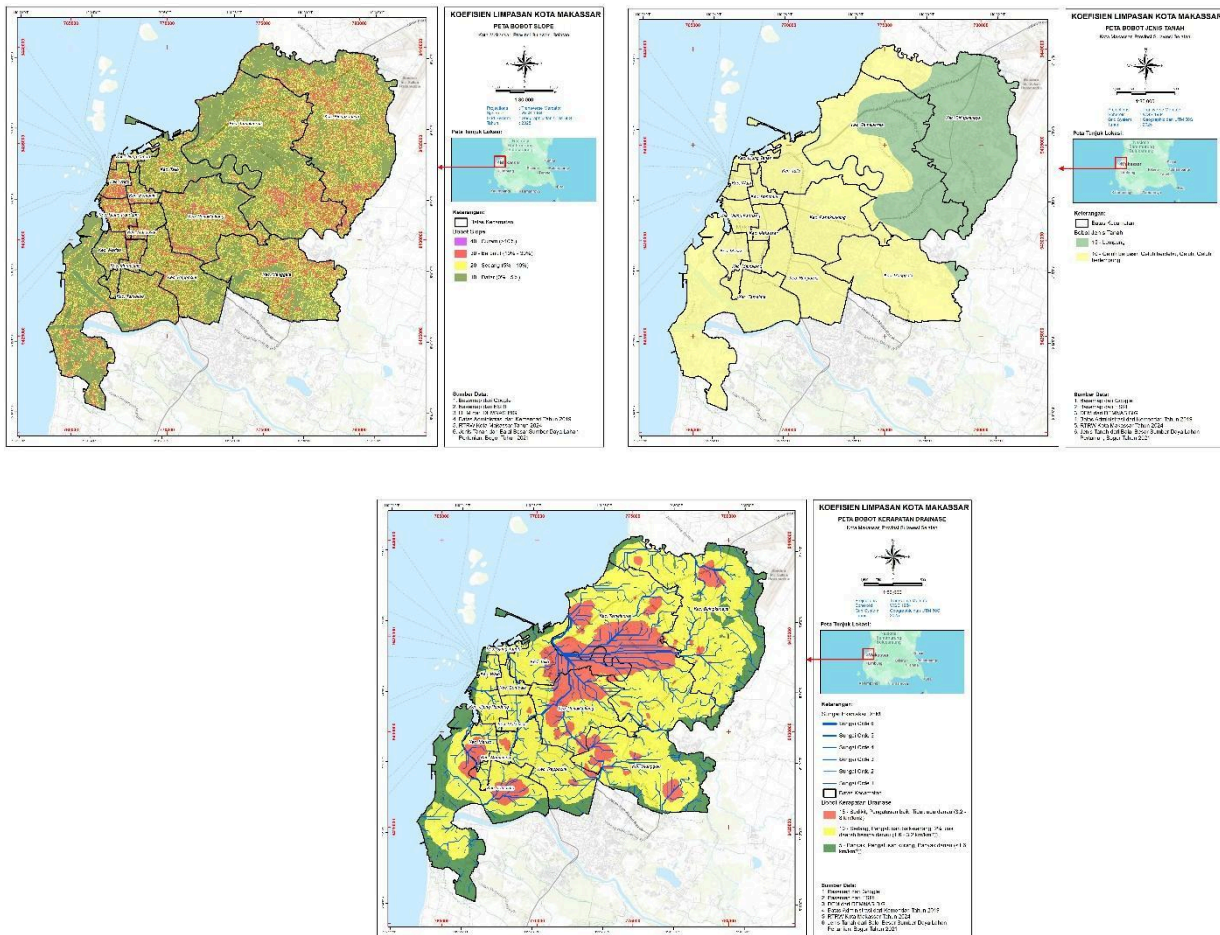
Tabel 4. Koefisien Limpasan Metode Rasional Kota Makassar

Tutupan Lahan	$C_i \times A$ (2024)	$C_i \times A$ (2034)
Badan Jalan	1.423,660	1.851,930
Perumahan	5.553,130	6.364,160
Perkantoran	235,560	245,830
Pertanian	247,790	215,340
Perkebunan	4,210	4,580
Vegetasi	375,800	246,410
Lahan Terbuka	398,780	230,710
Badan Air	2.165,640	1.944,630
Jumlah $\sum C_i \times A$	10.404,569	11.103,604
Koefisien Limpasan (C)	0,591	0,631

3.4 Koefisien Limpasan Metode Cook

Dalam penelitian ini, parameter *slope*, jenis tanah, dan kerapatan drainase diasumsikan tetap untuk tahun 2024 dan 2034. Asumsi ini didasarkan pada sifat ketiga parameter tersebut sebagai karakteristik fisik wilayah yang relatif stabil dalam jangka waktu menengah. Perubahan kemiringan lereng umumnya memerlukan proses geomorfologi jangka panjang, seperti erosi skala besar atau aktivitas tektonik, sehingga tidak signifikan dalam periode 10 tahun. Demikian pula, jenis tanah terbentuk melalui proses pedogenesis yang berlangsung sangat lambat, sehingga tidak mengalami perubahan berarti dalam skala waktu penelitian (Machado et al., 2022).

Perhitungan koefisien limpasan dengan Metode Cook dilakukan pada dua periode waktu yang berbeda dengan mempertahankan parameter fisik, yaitu *slope*, jenis tanah, dan kerapatan drainase, tetap. Oleh karena itu, dalam penelitian ini, variabel yang mengalami perubahan hanya tutupan lahan, sehingga analisis difokuskan pada pengaruh perubahan penggunaan lahan terhadap nilai limpasan. (Bashar & Uddin, 2025; Rachmat et al., 2022). Distribusi spasial parameter yang digunakan dalam Metode Cook di wilayah studi disajikan pada Gambar 4 dan Gambar 5.

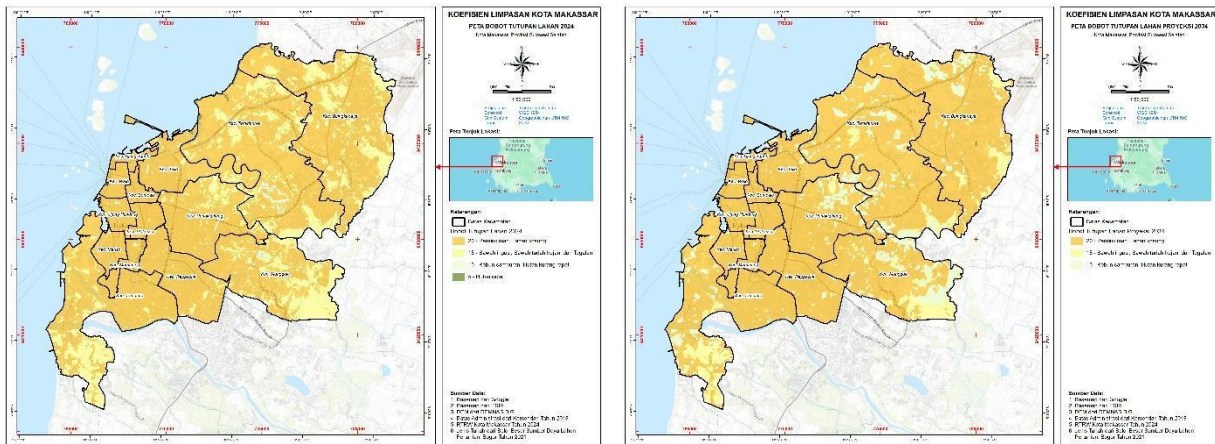


Gambar 4. (a) Peta Bobot Slope; (b) Peta Bobot Jenis Tanah; (c) Peta Bobot Kerapatan Drainase

Tabel 5. Distribusi area berdasarkan parameter Slope, Jenis Tanah, Kerapatan Drainase

Parameter	Kriteria	Bobot C_i (%)	Area (Ha)	$C_i \times A$
Topografi/Slope	Datar (0%–5%)	10	9.533,543	953,35
	Sedang (5%–10%)	20	5.456,637	1.091,33
	Berbukit (10%–30%)	30	2.567,387	770,22
	Curam (>40%)	40	39,295	15,72
	Jumlah			17.596,86
Infiltrasi/Jenis Tanah	Geluh berpasir, Geluh berdebu, Geluh, Geluh berlempung	10	12.143,97	1.214,40
	Lempung	15	5.452,887	817,93
	Jumlah		17.596,86	2032,33
Kerapatan Drainase	Banyak, Pengatusan kurang, Banyak danau (<1.6 km/km ²)	5	11.681,31	584,07

Sedang, Pengatusan baik-sedang, 2% luas daerah berupa danau (1.6–3.2 km/km ²)	10	3212,182	321,22
Sedikit, Pengatusan baik, Tidak ada danau (3.2–8 km/km ²)	15	2.703,369	405,51
Jumlah		17.596,86 3	1.310,79



Gambar 5. (a) Peta Bobot Tutupan lahan Tahun 2024 (b) Peta Bobot Tutupan Lahan Tahun 2023

Tabel 6. Distribusi area berdasarkan parameter Tutupan Lahan Tahun 2024 dan Tahun 2023

Parameter	Kriteria	Bobot C_i (%)	Area (Ha)	$C_i \times A$
Tutupan Lahan Tahun 2024	Hutan rapat	5	48,167	2,41
	Kebun campuran, Hutan kurang rapat	10	192,980	19,30
	Sawah irigasi, Sawah tadah hujan, dan Tegalan	15	3.516,424	527,46
	Permukiman, Lahan kosong	20	13.839,29 3	2.767,86
	Jumlah		17.596,86 3	3.317,03
Tutupan Lahan Tahun 2023	Hutan rapat	5	0,000	0,00
	Kebun campuran, Hutan kurang rapat	10	1.648,847	164,88
	Sawah irigasi, Sawah tadah hujan, dan Tegalan	15	1.076,712	161,51
	Permukiman, Lahan kosong	20	14.871,30 4	2.974,26
	Jumlah		17.596,86 3	3.300,65

Dari hasil distribusi area berdasarkan Tabel 5 dan Tabel 6, nilai parameter tutupan lahan pada Metode Cook diperoleh dari pembagian jumlah $C_i \times A$ dengan luas total wilayah. Hasil nilai C yang diperoleh sebagaimana disajikan pada Tabel 7.

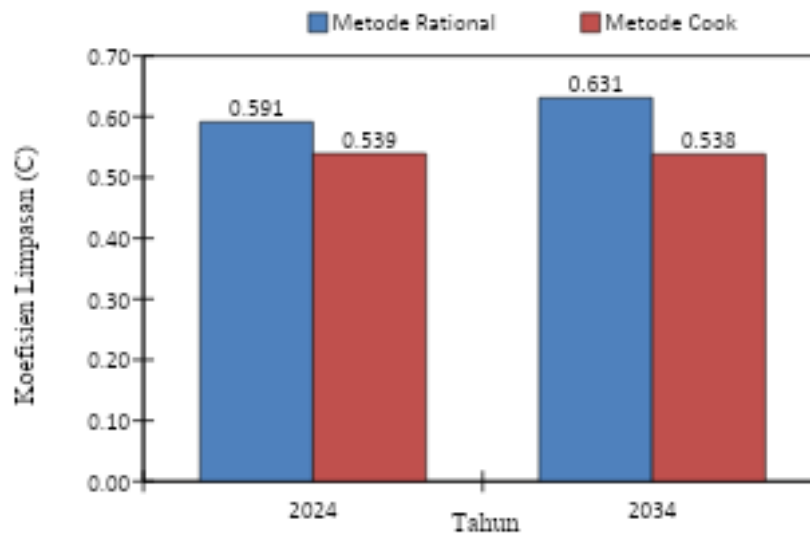
Tabel 7. Nilai koefisien limpasan Metode Cook

$$C = \frac{\sum_{i=1}^n (C_i \times A_i)}{\sum_{i=1}^n A_i}$$

Parameter	Tahun 2024		Tahun 2034	
	Topografi/Slope	0,161		0,161
Infiltrasi/Jenis Tanah	0,115		0,115	
Tutupan Lahan	0,189		0,188	
Kerapatan Drainase	0,074		0,074	
Koefisien Limpasan (C)	0,539		0,538	

3.5 Perbandingan Hasil Metode Rasional dan Metode Cook

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai C Metode Rasional meningkat dari 0,591 pada tahun 2024 menjadi 0,631 pada tahun 2034, sedangkan Metode Cook menurun dari 0,539 menjadi 0,538. Sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Perbandingan Nilai C Metode Rasional dan Metode Cook

Kenaikan nilai C pada Metode Rasional konsisten dengan bertambahnya luas perumahan, badan jalan, dan perkantoran, serta berkurangnya vegetasi, lahan terbuka, dan pertanian. Karena Metode Rasional dihitung langsung dari komposisi luas tutupan lahan, maka metode ini lebih peka terhadap urbanisasi dan perubahan struktur ruang.

Sebaliknya, Metode Cook dihitung dari kombinasi empat parameter, yaitu kemiringan lereng, jenis tanah, tutupan lahan, dan kerapatan drainase. Parameter yang mengalami perubahan pada analisis ini hanya tutupan lahan, namun kontribusi parameter tersebut terhadap nilai akhir Metode Cook berubah sangat kecil, yaitu dari 0,189 pada tahun 2024 menjadi 0,188 pada tahun 2034. Penurunan kecil ini terjadi karena kelas sawah irigasi, sawah tadah hujan, dan tegalan mengalami pengurangan luas dari tahun 2024 ke tahun 2034. Hal ini menunjukkan bahwa dalam skema klasifikasi Metode Cook, perubahan tutupan lahan di wilayah perkotaan tidak terakomodasi secara sensitif sebagaimana pada Metode Rasional. Meskipun terjadi peningkatan luas permukiman dan lahan terbangun pada proyeksi tahun 2034, perubahan tersebut tidak sepenuhnya menyebabkan pergeseran kelas ke kategori dengan bobot tertinggi dalam sistem penilaian limpasan Metode Cook.

Dengan demikian, perbedaan arah tren nilai koefisien limpasan antara kedua metode tidak menunjukkan kontradiksi, melainkan menegaskan bahwa masing-masing metode merepresentasikan aspek hidrologi yang

berbeda. Metode Rasional lebih efektif untuk mengevaluasi dampak perubahan tutupan lahan terhadap kenaikan limpasan, sedangkan Metode Cook lebih bermanfaat untuk menilai pengaruh relatif parameter fisik wilayah terhadap distribusi limpasan secara spasial. Oleh sebab itu, penggunaan kedua metode secara komplementer memberikan pemahaman yang lebih komprehensif terhadap dinamika limpasan perkotaan di Kota Makassar.

4 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, perubahan tutupan lahan di Kota Makassar yang ditandai oleh peningkatan kawasan terbangun berpengaruh terhadap perubahan koefisien limpasan permukaan. Metode Rasional menunjukkan kenaikan nilai C dari 0,591 pada tahun 2024 menjadi 0,631 pada tahun 2034, sehingga lebih sensitif dalam merepresentasikan dampak urbanisasi terhadap peningkatan limpasan. Sebaliknya, Metode Cook menunjukkan nilai yang relatif stabil, yaitu dari 0,539 menjadi 0,538, karena nilai limpasan ditentukan oleh kombinasi beberapa parameter fisik wilayah, sedangkan perubahan pada penelitian ini hanya terjadi pada parameter tutupan lahan. Perbedaan hasil kedua metode pada tahun 2034 terutama disebabkan oleh struktur pembobotan parameter dan tingkat sensitivitas metode terhadap perubahan tutupan lahan. Pada Metode Cook, pengaruh tata guna lahan terhadap nilai akhir menjadi lebih kecil karena dibagi bersama parameter kemiringan lereng, jenis tanah, dan kerapatan drainase yang bersifat tetap. Oleh karena itu, Metode Rasional lebih sesuai digunakan untuk analisis perubahan temporal limpasan akibat urbanisasi, sedangkan Metode Cook lebih tepat digunakan untuk menggambarkan variasi spasial limpasan berdasarkan karakteristik fisik wilayah.

REFERENSI

- Alivio, M. B., Radinja, M., Šraj, M., Gribovszki, Z., & Bezak, N. (2024). Comparative analysis of event runoff coefficients and curve numbers in contrasting urban environments based on observed rainfall-runoff data. *Journal of Hydrology*, 645(September). <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2024.132135>
- Bashar, T., & Uddin, M. Z. (2025). Effects of Land Use Change on Surface Runoff and Infiltration: The Case of Dhaka City. *Urban Science*, 9(12), 497.
- dela Rama-Liwanag, F., Mostrales, D., Sanchez, K., Tudio, R., Malales, V., & Ignacio, M. T. (2018). GIS-based estimation of catchment basin parameters and maximum discharge calculation using Rasional method of Luinab Catchment in Iligan City. *Philippine Journal of Science*, 147(2), 327–342.
- Dharmayasa, I. G. N. P., Surakit, K., Jindal, R., & Thongdara, R. (2022). Investigation on Impact of Changes in Land Cover Patterns on Surface Runoff in Ayung Watershed, Bali, Indonesia Using Geographic Information System. *Environment and Natural Resources Journal*, 20(2), 168–178. <https://doi.org/10.32526/enrj/20/202100161>
- Fatkhawati, A. F., Iswari, M. Y., & Fawzi, N. I. (2013). Runoff volume simulation Ciujung watershed to outlet discharge (case study: Various vegetation cover conditions and precipitation). *34th Asian Conference on Remote Sensing 2013, ACRS 2013*, 3, 2806–2812.
- He, H., Li, R., Lyu, L., Wu, Y., Bilodeau, J. P., Wen, Y., ... & Pei, J. (2024). Rainfall runoff response characteristics of typical urban roads based on laboratory tests. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 135, 104402.
- Iqbal, M. T., Suharyanto, A., Anwar, M. R., & Devia, Y. P. (2024). Determining an optimal run-off coefficient method for estimating peak discharge in the Lesti River catchment. *Journal of Water and Land Development*, 62, 57–67. <https://doi.org/10.24425/jwld.2024.151553>
- Karamma, R., Badaruddin, S., Mustamin, M. R., & Saing, Z. (2026). Evaluating the Role of Infiltration Wells in Sustainable Drainage Systems: A Case Study in Sengkang City, Indonesia. *Journal of Water Management Modeling*, 34, 1–28. <https://doi.org/10.14796/JWMM.C573>
- Leta, M. K., Demissie, T. A., & Tränckner, J. (2021). Modeling and prediction of land use land cover change dynamics based on land change modeler (Lcm) in nashe watershed, upper blue Nile basin, Ethiopia. *Sustainability (Switzerland)*, 13(7). <https://doi.org/10.3390/su13073740>
- Machado, R. E., Cardoso, T. O., & Mortene, M. H. (2022). Determination of runoff coefficient (C) in catchments based on analysis of precipitation and flow events. *International Soil and Water Conservation Research*, 10(2), 208–216. <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2021.09.001>

- Nuralamsyah, E., & Marselina, M. (2023). Evaluation of the Success of the Watershed Rehabilitation Project in Bombana Regency Based on Cook Method's Runoff Coefficient. *Jurnal Presipitasi : Media Komunikasi Dan Pengembangan Teknik Lingkungan*, 20(2), 305–315. <https://doi.org/10.14710/presipitasi.v20i2.305-315>
- Odiji, C. A., Aderoju, O. M., Ekwe, M. C., Oje, D. T., & Imhanfidon, J. O. (2020). Surface runoff estimation in an upper watershed using geo-spatial based soil conservation service-curve number method. *Global Journal of Environmental Science and Management*, 6(3), 415–428. <https://doi.org/10.22034/gjesm.2020.03.10>
- Rachmat, B. R., Asdak, C., Kendarto, D. R., & Rebekka, P. (2022). Analysis of The Potential for Surface Runoff On Land Use Changes in Leuwi Padjadjaran II Reservoir Using the Cook Method.
- Shan, Z., An, Y., Xu, L., & Yuan, M. (2022). High-temperature disaster risk assessment for urban communities: A case study in Wuhan, China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(1), 183. <https://doi.org/10.3390/ijerph19010183>
- Singh, R., Rai, S. C., Mishra, P. K., Abdelrahman, K., & Fnais, M. S. (2024). Analysis and future projections of land use and land cover changes in the Hindon River basin, India using the CA-Markov Model. *Sustainability*, 16(23), 10722.
- Son, J., & Kwon, T. (2022a). Evaluation and Improvement Measures of the Runoff Coefficient of Urban Parks for Sustainable Water Balance. *Land*, 11(7), 1098. <https://doi.org/10.3390/land11071098>
- Sudaryatno, Rahardjo, N., Winanda, & Saputri, S. Y. (2021). Estimation of peak discharge using a Rasional method in Kodil Sub-Watershed, Purworejo Regency, Central Java. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 686(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/686/1/012025>
- Suprayogi, S., Widyastuti, M., Hadi, M. P., Christanto, N., Tivianton, T. A., Fadhilah, G. O., Rahmawati, L., & Fadlillah, L. N. (2022). Runoff Coefficient Analysis After Regional Development in Tambakbayan Watershed, Yogyakarta, Indonesia. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 20(2), 396–405. <https://doi.org/10.14710/jil.20.2.396-405>
- Wu, X., Chang, Q., Kazama, S., Touge, Y., & Aita, S. (2024). Integrated Assessment of the Runoff and Heat Mitigation Effects of Vegetation in an Urban Residential Area. *Sustainability (Switzerland)*, 16(12), 5201. <https://doi.org/10.3390/su16125201>
- Zhang, S., Sang, X., Liu, P., Li, Z., He, S., & Chang, J. (2024). A New Land Use Dataset Fusion Algorithm for the Runoff Simulation Accuracy Improvement: A Case Study of the Yangtze River Basin, China. *Sustainability (Switzerland)*, 16(2), 778. <https://doi.org/10.3390/su16020778>
- Zhu, P., Zhang, G., Wang, C., Chen, S., & Wan, Y. (2024). Variation in soil infiltration properties under different land use/cover in the black soil region of Northeast China. *International Soil and Water Conservation Research*, 12(2), 379–387. <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2023.07.007>