

SKRIPSI

**PENGARUH PERHUTANAN SOSIAL TERHADAP
PERUBAHAN PENUTUPAN LAHAN DI KPH
RONGKONG DAN KPH BALIASE**

Oleh:

**MUH SYAIFULLAH D
M011 19 1029**



**PROGRAM STUDI KEHUTANAN
FAKULTAS KEHUTANAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2023**

HALAMAN PENGESAHAN

Judul Skripsi : Pengaruh Perhutanan Sosial Terhadap Perubahan Penutupan Lahan di KPH Rongkong dan KPH Baliase

Nama Mahasiswa : Muh Syaifullah D
Stambuk : M011 19 1029


Skripsi ini dibuat sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Kehutanan pada Program Studi Kehutanan Fakultas Kehutanan Universitas Hasanuddin

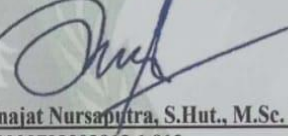
Menyetujui:

Komisi Pembimbing

Pembimbing I

Pembimbing II


Dr. Ar. Syamsu Rijal, S.Hut., M.Si., IPU
NIP. 19770108200312 1 003


Ir. Munajat Nursaputra, S.Hut., M.Sc. IPM
NIP. 19900729202012 1 012

Mengetahui,
Ketua Program Studi Kehutanan
Fakultas Kehutanan
Universitas Hasanuddin



Dr. I. Siti Nuraeni, M.P.
NIP. 19680410199512 2 001

Tanggal Lulus: 26 Juni 2024

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Muh Syaifullah D
NIM : M011191029
Program Studi : Kehutanan
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

Pengaruh Perhutanan Sosial Terhadap Perubahan Tutupan Lahan di KPH Rongkong dan KPH Baliase

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan aliran tulisan orang lain, bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa Sebagian atau keseluruhan skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 26 Juni 2024

Yang menyatakan,

A 10,000 Rupiah Indonesian postage stamp with a signature over it. The stamp features the Garuda Pancasila emblem and the text 'REPUBLIK INDONESIA', '10000', 'METRAN', and 'PEMPL'. The serial number '9B97DALX1304567E8' is visible at the bottom.

Muh Syaifullah D

ABSTRAK

Muh Syaifullah D (M011 19 1029). Pengaruh Perhutanan Sosial Terhadap Perubahan Tutupan Lahan di KPH Rongkong dan KPH Baliase di bawah bimbingan Syamsu Rijal dan Munajat Nursaputra.

Pentingnya pengelolaan sumber daya hutan yang optimal, adil, dan berkelanjutan mendorong KLHK membuat konsep Perhutanan Sosial dimana memberikan hak dan tanggung jawab kepada masyarakat setempat dalam pengelolaan sumber daya hutan. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh skema perhutanan sosial, khususnya Hutan Desa dan Hutan Kemasyarakatan, terhadap perubahan lahan di KPH Rongkong dan KPH Baliase. Penggabungan data penginderaan jauh dilakukan dengan menginterpretasi tutupan lahan pada setiap lokasi izin perhutanan sosial tahun 2000, tahun 2019 sebagai tahun keluarnya Surat Keputusan, dan tahun 2023, menggunakan citra Landsat 7 dan Citra Landsat 8 memperoleh hasil bahwa setelah izin Perhutanan Sosial dikeluarkan, tutupan yang mengalami peningkatan paling besar di KPH Rongkong dan KPH Baliase yaitu pada skema Hutan Desa dengan tutupan hutan kerapatan rendah yang menjadi hutan kerapatan tinggi akan tetapi tutupan lahan pertanian lahan kering campur yang selalu meningkat pada tahun 2019 dan tahun 2023. Jika dilihat dari hasil perbandingan perubahan luasan berupa hutan pada skema Hutan Kemasyarakatan dan Hutan Desa di KPH Rongkong dan KPH Baliase lebih baik diterapkan skema Hutan Desa karena dapat menekan laju pembukaan lahan dan perubahan tutupan lahan hutan. Peningkatan penutupan lahan berupa pertanian lahan kering campur yang terjadi pada izin Perhutanan sosial Skema Hutan Kemasyarakatan di KPH Rongkong dan KPH Baliase disebabkan oleh Meningkatnya kebutuhan bertani masyarakat juga mengakibatkan kurangnya luasan penutupan lahan hutan dan juga adanya masyarakat yang melakukan perambahan dan pembukaan lahan hutan, serta penetapan batas lokasi yang masih terdapat sengketa dengan masyarakat sekitar hutan.

Kata Kunci: Perhutanan Sosial, KPH Rongkong, KPH Baliase, Perubahan Penutupan Lahan

ABSTRACT

Muh Syaifullah D (M011 19 1029). The Impact of Social Forestry on Land Cover Changes in Forest Rongkong Management Unit and Baliase Forest Management Unit supervised by Syamsu Rijal dan Munajat Nursaputra.

The importance of optimal, fair and sustainable management of forest resources has encouraged the Ministry of Environment and Forestry to create the concept of Social Forestry, which gives rights and responsibilities to local communities in managing forest resources. This research was conducted to determine the effect of social forestry schemes, especially Village Forests and Community Forests, on land changes in forest Rongkong Management Unit (KHP Rongkong) and Baliase Management Unit (KPH Baliase). Combining remote sensing data was carried out by interpreting land cover at each social forestry permit location in 2000, 2019 as the year the Decree was issued, and 2023, using Landsat 7 imagery and * obtained the results that after the Social Forestry permit was issued, cover increased the most large in KPH Rongkong and KPH Baliase, namely in the Village Forest scheme with low density forest cover which becomes high density forest but the cover of mixed dry land agricultural land always increases every year. If we look at the results of the comparison of changes in forest area in the Community Forest and Village Forest schemes in KPH Rongkong and KPH Baliase, it is better to implement the Village Forest scheme because it can reduce the rate of land clearing and changes in forest land cover. The increase in land cover in the form of mixed dry land farming that occurs in social forestry permits for the Community Forest Scheme in KPH Rongkong and KPH Baliase is caused by the increasing need for community farming which also results in a lack of land cover area and also the presence of individuals encroaching and clearing forest land, as well as stipulations. location boundaries where there are still disputes with communities around the forest.

Keywords: Social Forestry, Forest Management Unit (KPH) Rongkong, Forest Management Unit (KPH) Baliase, Land Cover Changes.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Puji dan syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah Subhanahu wa ta'ala yang telah melipahkan berkah, rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Perubahan Penutupan Lahan di Kesatuan Pengelolaan Hutan (KPH) Rongkong dan Kesatuan Pengelolaan Hutan (KPH) Baliase”**.

Penulis menyadari bahwa dalam menyelesaikan skripsi ini, penulis mendapat berbagai kendala. Tanpa bantuan dan petunjuk dari berbagai pihak, penyusunan skripsi ini tidak akan selesai dengan baik. Untuk itu, dengan penuh kerendahan hati, penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak **Dr. Ir. Syamsu Rijal, S.Hut., M.Si., IPU** dan **Bapak Ir. Munajat Nursaputra, S.Hut., M.Sc., IPM** selaku pembimbing penyusunan tugas akhir yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikiran dalam membantu dan mengarahkan penulis menyelesaikan skripsi ini.

Terkhusus, skripsi ini tidak luput dari peran orang-orang istimewa bagi penulis, maka penulis mengucapkan terima kasih dan penghargaan setinggi-tingginya kepada kedua orang tua tercinta, Ayahanda **Darwis** dan Ibunda **Hartati** yang senantiasa mendoakan, menemani, memberi perhatian, kasih sayang, nasihat, serta selalu mengiringi setiap langkah penulis sehingga sampai ke titik ini. Kepada saudara-saudara penulis **Eka Damayanti D, Luthfiah Az-zahra, Nabila Nida Salsabila dan Aby Hasan Al- Fachri** serta semua keluarga yang selalu memberikan doa, semangat dan motivasi. Selain itu, penulis juga menyampaikan terima kasih dan penghargaan kepada:

1. Bapak **Chairil A., S.Hut., M.Hut.**, dan Bapak **Andang Suryana Soma, S.Hut. M.P, Ph.D** selaku dosen penguji atas saran masukan dan saran untuk perbaikan
2. Bapak **Prof. Dr. Ir. Ngakan Putu Oka, M.Sc.** selaku dosen pembimbing akademik atas bimbingan dan arahan yang diberikan kepada penulis.

3. Ketua Program Studi Kehutanan Ibu **Dr. Ir. Sitti Nuraeni, M.P** serta Bapak/Ibu Dosen dan seluruh staf Administrasi Fakultas Kehutanan atas bantuannya.
4. Kakak-kakak, teman-teman dan adik-adik di **Laboratorium Perencanaan dan Sistem Informasi Kehutanan**, terkhusus **PSIK 2019** atas bantuan selama penelitian dan penyusunan skripsi ini.
5. Segenap keluarga besar **OLYMPUS'19**, terima kasih atas kebersamaan selama penulis menempuh pendidikan di Fakultas Kehutanan Universitas Hasanuddin.
6. Saudara sepupu saya **M Syahri Azally, Cici Nur Aisyah Eka Putri, Muh Nafri** dan **Khodijah** yang selalu mendukung saya dalam menyelesaikan skripsi ini.
7. Saudara-saudara keluarga besar **REWAKO!**, terima kasih atas dukungan dan kebersamaan yang selalu mendukung penulis untuk melanjutkan penyusunan skripsi.
8. Seluruh pihak yang secara langsung maupun tidak langsung telah membantu penulis dalam semua proses.

Makassar, 26 Juni 2024

Muh Syaifullah D

DAFTAR ISI

	Halaman
JUDUL SKRIPSI	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	Error! Bookmark not defined.
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan dan Kegunaan.....	Error! Bookmark not defined.
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Perhutanan Sosial	5
2.2. Penutupan Lahan	6
2.2.1. Perubahan Tutupan Lahan dan Dampaknya.....	7
2.2.2. Faktor-Faktor yang Menyebabkan Perubahan Lahan.....	8
2.3. Pengindraan Jauh (<i>Remote Sensing</i>).....	9
2.4. Sistem Informasi Geografis (SIG).....	10
2.4.1. Ciri-Ciri SIG	10
2.4.2. Komponen SIG	Error! Bookmark not defined.
2.5. Interpretasi Citra.....	11
2.6. Digitasi Layar (<i>Digitasi On Screen</i>).....	12
2.7. Citra Satelite	Error! Bookmark not defined.
2.7.1. Citra Satelite	12
2.7.2. Kombinasi Band	13
2.8. Uji Akurasi	14

III. METODE PENELITIAN	16
3.1. Waktu dan Lokasi Penelitian.....	16
3.2. Alat dan Bahan	16
3.2.1. Alat	16
3.2.2. Bahan	17
3.3. Prosedur Penelitian.....	17
3.3.1. Penetapan Batas Lokasi	18
3.3.2. Penyiapan Data Penelitian.....	18
3.3.3. Pengolahan Citra.....	18
3.3.4. Interpretasi Tutupan Lahan.....	20
3.3.5. Analisis Perubahan Penutupan Lahan	20
3.3.6. Penentuan Titik Sampel dan Grown Check.....	20
3.3.7. Uji Akurasi	21
3.3.8. Analisis Penyebab Perubahan Penutupan Lahan.....	22
3.3.9. Analisis Perbandingan Skema PS Terhadap Perubahan Penutupan Lahan	22
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	23
4.1. Perubahan Penutupan Lahan	23
4.1.1. Hasil Uji Akurasi Interpretasi Citra.....	Error! Bookmark not defined.
4.1.2. KPH Rongkong.....	25
4.1.3. KPH Baliase	29
4.2. Perbandingan Perubahan Penutupan Lahan	33
4.2.1. Perbandingan Perubahan Penutupan Lahan Tiap Skema	33
4.2.2. Perbandingan Perubahan Penutupan Lahan Keseluruhan Skema	37
4.3. Faktor Penyebab Perubahan Penutupan Lahan	39
V. PENUTUP	44
5.1. Kesimpulan.....	44
5.2. Saran	44
DAFTAR PUSTAKA	45
LAMPIRAN.....	49

DAFTAR TABEL

Tabel	Judul	Halaman
Tabel 1.	Karakteristik spektrum Panjang gelombang dan resolusi spasial Landsat 7 Sumber: NASA	13
Tabel 2.	Kombinasi band untuk penelitian atau aplikasi Error! Bookmark not defined.	
Tabel 3.	Konfusi Matrik Sumber: (D. Kosasih & B., 2019)	14
Tabel 4.	Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian	17
Tabel 5.	Data rekaman citra <i>Landsat 7</i> dan <i>Landsat 8</i>	18
Tabel 6.	<i>Confusion matriks</i> hasil uji akurasi tahun SK (2019)	23
Tabel 7.	<i>Confusiun matriks</i> hasil uji akurasi tahun 2023	24

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Judul	Halaman
Gambar 1.	Peta Lokasi Penelitian	16
Gambar 2.	Peta titik <i>groundcheck</i>	21
Gambar 3.	Peta sebaran perhutanan sosial pada KPH Rongkong.....	26
Gambar 4.	Peta tutupan lahan pada KPH Rongkong skema perhutanan sosial	26
Gambar 5.	Peta perubahan tutupan lahan pada KPH Rongkong skema perhutanan sosial.....	27
Gambar 6.	Luas perubahn penutupan lahan Tahun 2000, Tahun SK dan Tahun 2023 di KPH Rongkong	28
Gambar 7.	Peta sebaran perhutanan sosial pada KPH Baliase.....	30
Gambar 8.	Peta tutupan lahan pada KPH Baliase skema perhutanan sosial	30
Gambar 9.	Peta perubahan tutupan lahan pada KPH Baliase skema perhutanan sosial.....	31
Gambar 10.	Grafik perubahan penutupan lahan perhutanan sosial KPH Baliase tahun 2000, tahun SK dan tahun 2023	32
Gambar 11.	Peta perubahan tutupan lahan skema hutan kemasyarakatan KPH Rongkong dan KPH Baliase.....	34
Gambar 12.	Perbandingan perubahan penutupan lahan skema hutan kemasyarakatan	34
Gambar 13.	Peta perubahan tutupan lahan skema hutan desa KPH Rongkong dan KPH Baliase	35
Gambar 14.	Perbandingan perubahan penutupan lahan skema Hutan Desa.....	36
Gambar 15.	Grafik perubahan penutupan lahan skema perhutanan sosial	38

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Judul	Halaman
Lampiran 1.	Tabel luas areal kerja dari masing-masing persetujuan pengelolaan Perhutanan Sosial yang masuk dalam wilayah kajian KPH Rongkong	Error! Bookmark not defined.
Lampiran 2.	Tabel luas areal kerja dari masing-masing persetujuan pengelolaan Perhutanan Sosial yang masuk dalam wilayah kajian KPH Baliase	49
Lampiran 3.	Kondisi penutupan lahan di lapangan dan kenampakan pada Citra <i>Landsat</i> 7 Kombinasi Band 543 dan Citra <i>Landsat</i> 8 Kombinasi Band 654	49
Lampiran 4.	Kelas Penutupan Lahan Berdasarkan Peraturan Direktur Jendral Planologi Kehutanan Nomor: P.1/VII-IPSDH/2015 tentang Pedoman Pemantauan Penutupan Lahan	Error! Bookmark not defined.
Lampiran 5.	Titik Pengecekan Lapangan Kelas Penutupan Lahan di KPH Rongkong dan KPH Baliase Tahun 2023	54
Lampiran 6.	Hasil Validasi Menggunakan Metode <i>Ground truth</i> Tahun 2019....	57
Lampiran 7.	Peta Penutupan LPHD Sipakala'bi 2000, 2019 dan 2023	61
Lampiran 8.	Peta Penutupan Lahan Kelompok HKM Terpedo Jaya Tahun 2000, 2019 dan 2023	61
Lampiran 9.	Peta Penutupan KTH Buntu Rura Tahun 2000, 2019 – 2023	62
Lampiran 10.	Peta Penutupan LPHD Tandung Lestari 2000, 2019 – 2023.....	62
Lampiran 11.	Peta Penutupan KTH Kemasyarakatan Uro 2000, 2019 – 2023	63
Lampiran 12.	. Peta Penutupan KTH Sambua Lambe 2000, 2019 – 2023	63
Lampiran 13.	Peta Penutupan KTH Sejahtera 2000, 2019 – 2023	64
Lampiran 14.	Peta Penutupan LPHD Limbong Dewata 2000, 2019 – 2023	64
Lampiran 15.	Peta Penutupan LPHD Lindosugi 2000, 2019 – 2023.....	65
Lampiran 16.	Peta Penutupan LPHD Tulak Tallu 2000, 2019 – 2023	65
Lampiran 17.	Peta Penutupan Lahan Gakpotan Rumpun To Limola Tahun 2000, 2019 - 2023	66
Lampiran 18.	Peta Penutupan KTH Kemasyarakatan Meli 2000, 2019 – 2023 ...	66
Lampiran 19.	Peta Penutupan LPHD Maipi 2000, 2019 – 2023	67

Lampiran 20. Tabel perubahan luasan penutupan lahan perhutanan sosial di KPH Rongkong Tahun 2000, 2019 – 2023.....	67
Lampiran 21. Tabel perubahan luasan penutupan lahan perhutanan sosial di KPH Baliase Tahun 2000, 2019 – 2023	69
Lampiran 22. Pertanyaan Kunci Validasi Data.....	70

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Masyarakat yang tinggal disekitar hutan memiliki mata pencaharian dan sangat bergantung pada pohon atau produk hutan bukan kayu untuk kebutuhan kesehariannya. Keterbatasan akses lahan ini memaksa masyarakat untuk memasuki kawasan hutan dan memanfaatkan sumber daya hutan, seringkali tanpa memiliki perizinan yang legal. Atas dasar fenomena tersebut mendorong terciptanya konsep perhutanan sosial. Perhutanan sosial dapat diartikan sebagai suatu pendekatan yang dilakukan sebagai bentuk upaya pencegahan peningkatan deforestasi dan degradasi hutan serta mengatasi dampak buruk dari aktivitas masyarakat di dalam maupun disekitar hutan dengan melibatkan masyarakat sebagai subjek dalam melakukan pengelolaan hutan (Laksemi *et al.*, 2019).

Perhutanan Sosial menjadi perhatian pemerintah yang diharapkan juga mengatasi kemiskinan dan konflik terkait dengan hak atau akses terhadap lahan. Praktik Perhutanan Sosial penting dalam perbaikan kehidupan masyarakat miskin, menunjang pembangunan daerah dan kelangsungan sumber daya hutan itu sendiri, termasuk juga dalam konteks perubahan iklim. Perhutanan Sosial yang dikatakan sebagai legalisasi deforestasi tentu tidaklah tepat dan ahistoris. Yang justru sebaliknya, Perhutanan Sosial merupakan upaya legal reforestasi dengan masyarakat sebagai pelaku utama yang dalam artian telah mengkulturisasikan pendekatan *community based forest management* (Murti, 2018).

Perubahan penutupan lahan berakibat pada kontribusi peningkatan luas penggunaan lahan dari satu atau beberapa kategori penggunaan yang diikuti penurunan luas kategori lainnya pada suatu periode tertentu. Konversi lahan hutan menjadi penggunaan lahan lain merupakan fenomena yang sudah lama terjadi dan dapat berdampak langsung diantaranya polusi udara, berkurangnya keanekaragaman hayati, debit banjir dan pemanasan global dengan turunnya pengikat CO₂ (Hidayat *et al.*, 2015). Mulyadin *et al* (2016) Areal hutan negara kurang lebih 12.717,00 ha, sebagian besar dalam kondisi rusak. Kerusakan ditengarai telah mencapai lebih dari 50%, disebabkan oleh banyak faktor baik

keterbatasan aparat, masyarakat di sekitar hutan, keadaan krisis ekonomi negara, dan industri yang ada kaitannya dengan sektor kehutanan. Didefinisikan oleh Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) Program Perhutanan Sosial, sebuah program nasional yang bertujuan untuk melakukan pemerataan ekonomi dan mengurangi ketimpangan ekonomi melalui tiga pilar, yaitu: lahan, kesempatan usaha dan sumberdaya manusia. Perhutanan Sosial juga menjadi benda legal untuk masyarakat disekitar kawasan hutan untuk mengelola kawasan hutan negara seluas 12,7 juta hektar (Jamalulail & Hakim, 2020). Dalam Permen LHK Nomor 9 Tahun 2021 tentang Pengelolaan Perhutanan Sosial (PS) dimana masyarakat setempat diberikan tanggung jawab dalam pengelolaan sumber daya hutan untuk mencapai keberlanjutan ekologis dan meningkatkan kesejahteraan masyarakat. Kebijakan Perhutanan Sosial ini kemudian memberikan banyak dampak positif terhadap masyarakat setempat melalui pengajuan permohonan perhutanan sosial untuk mengelola lahan secara legal. Fakta di lapangan menunjukkan bahwa kebijakan belum maksimal untuk mengatasi permasalahan ekologi terutama. Informasi ini juga belum dapat disajikan oleh Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) sendiri mengenai dampak perhutanan sosial terhadap rehabilitasi penutupan lahan.

Pada penelitian Kaimuddin (2008) di Desa Bantimurung, Kecamatan Bone-Bone, Kabupaten Luwu Utara menerangkan secara kasat mata dan analisa peta bahwa dengan adanya aktivitas perambahan yang menyebabkan peningkatan luas lahan kritis. Hal ini di khawatirkan terjadi di wilayah KPH yang ada di Luwu Utara yang memiliki perizinan perhutanan sosial dikarenakan masyarakat sudah memiliki izin untuk memanfaatkan/mengelola hutan. Pada penelitian (Ngakan et al., 2007) di Kecamatan Sabbang menyatakan terjadi perambahan hutan yang sudah jauh masuk kedalam hutan lindung walaupun dalam kondisi medan yang relatif curam secara besar-besaran oleh masyarakat, baik masyarakat pendatang maupun masyarakat lokal. Pengelolaan hutan berbasis perhutanan sosial perlu lebih diperhatikan untuk menghindari perubahan lahan yang bersifat merusak ekosistem hutan. Instansi pemerintah sebagai pengadministrasi, memiliki pengaruh signifikan terhadap keberhasilan Perhutanan Sosial (PS). Pelaksanaan skema PS ke tingkat tapak juga dianggap sebagai salah satu skenario yang tepat

oleh para pihak. Kesatuan Pengelolaan Hutan (KPH) sebagai salah satu organisasi di tingkat tapak memiliki informasi kondisi biofisik hutan, kondisi sosial budaya masyarakat, potensi dan persoalan, termasuk konflik di dalamnya, sejarah penguasaan lahan, serta siapa yang menguasai lahan. Oleh karena itu sikap KPH terhadap PS menentukan keberhasilan intervensi pemerintah terhadap pelaksanaan PS (Fitria & Suharjito, 2021). Sayangnya belum ada penelitian yang melakukan analisa terhadap pengaruh perhutanan sosial dalam dinamika perubahan penutupan lahan dengan pemanfaatan penginderaan jauh dan SIG.

Pada penelitian ini terdapat dua KPH di Kabupaten Luwu Utara, Sulawesi Selatan yang diteliti yakni KPH Rongkong dan KPH Baliase. Terdapat dua izin skema perhutanan sosial yang ada di kedua KPH tersebut diantaranya Hutan Desa dan Hutan Kemasyarakatan dengan periode SK mulai pada tahun 2019 hingga sekarang. Kelompok masyarakat telah menerima izin pengelolaan Kawasan hutan kurang lebih 3 tahun, yang diharapkan memberikan pengaruh terhadap kondisi wilayah tersebut pada aspek penutupan lahan. Pemahaman terkait kejadian perubahan tutupan/penggunaan lahan pada skema perhutanan sosial di KPH di Luwu Utara dapat dipahami dengan menganalisis berbasis pengindraan jauh melalui perbandingan peta tematik dan survey lapangan secara langsung agar mendapatkan hasil yang lebih akurat. Berdasarkan penjelasan di atas, untuk mengetahui penggunaan lahan skema perhutanan sosial serta faktor penyebab terjadinya perubahan lahan perlu dilakukan penelitian tentang pengaruh perhutanan sosial terhadap perubahan penutupan lahan di KPH Rongkong dan KPH Baliase.

1.2 Tujuan dan Kegunaan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Mengetahui perubahan penutupan lahan pada areal izin perhutanan sosial di KPH Rongkong dan KPH Baliase
2. Membandingkan perubahan penutupan lahan berdasarkan skema perhutanan sosial di KPH Rongkong dan KPH Baliase
3. Mengidentifikasi faktor penyebab dari perubahan penutupan lahan pada areal persetujuan perhutanan sosial di KPH Rongkong dan KPH Baliase

Adapun kegunaan dari penelitian ini adalah untuk memberikan data dan informasi terkait perubahan penutupan lahan dan faktor penyebab dari perubahan penutupan lahan pada areal kerja KPH Rongkong dan KPH Baliase. Dimana data dan informasi ini dapat menjadi dasar pertimbangan dalam pengelolaan kawasan hutan yang memiliki izin atau persetujuan pengelolaan perhutanan sosial.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Perhutanan Sosial

Konsep perhutanan sosial di Indonesia telah mulai dilaksanakan mulai tahun 1989 dengan banyak bentuk dan metode. Konsep perhutanan sosial di Indonesia dilakukan dalam program pemerintah yaitu perhutanan sosial yang ditetapkan berdasarkan Peraturan Menteri LHK Nomor 83 tahun 2016 (*Laksemi et al.*, 2019).

Peraturan Menteri No 9 tahun 2021, Perhutanan Sosial adalah sistem pengelolaan hutan lestari yang dilaksanakan dalam kawasan hutan negara atau Hutan Hak/Hutan Adat yang dilaksanakan oleh Masyarakat Setempat atau Masyarakat Hukum Adat sebagai pelaku utama untuk meningkatkan kesejahteraannya, keseimbangan lingkungan dan dinamika sosial budaya dalam bentuk Hutan Desa, Hutan Kemasyarakatan, Hutan Tanaman Rakyat, Hutan Adat dan kemitraan kehutanan (Pemerintah Republik Indonesia, 2021)

Sesuai Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 83 Tahun 2016 tentang Perhutanan Sosial, pemerintah memberi akses legal kepada masyarakat di dalam dan sekitar hutan atau masyarakat hukum adat untuk mengelola hutan secara lestari melalui lima skema tematik (hutan desa (HD), hutan kemasyarakatan (HKm), hutan tanaman rakyat (HTR), hutan rakyat (HR), hutan adat (HA) dan kemitraan kehutanan) dan satu skema spasial melalui PIAPS (Peta Indikatif Areal Perhutanan Sosial) (Murti, 2018).

1. Hutan Desa

Hutan Desa yang selanjutnya disingkat HD adalah kawasan hutan yang belum dibebani izin, yang dikelola oleh desa dan dimanfaatkan untuk kesejahteraan desa.

2. Hutan Kemasyarakatan

Hutan Kemasyarakatan yang selanjutnya disingkat HKm adalah kawasan hutan yang pemanfaatan utamanya ditujukan untuk memberdayakan masyarakat.

3. Hutan Tanaman Rakyat

Hutan Tanaman Rakyat yang selanjutnya disingkat HTR adalah hutan tanaman pada Hutan Produksi yang dibangun oleh kelompok Masyarakat untuk

meningkatkan potensi dan kualitas Hutan Produksi dengan menerapkan sistem silvikultur dalam rangka menjamin kelestarian sumber daya hutan.

4. Hutan Adat

Hutan Adat adalah hutan yang berada di dalam wilayah Masyarakat Hukum Adat.

5. Kemitraan Kehutanan

Kemitraan Kehutanan adalah kerjasama antara masyarakat setempat dengan Pemegang Izin pemanfaatan hutan atau Pengelola Hutan.

Berdasarkan Permen LHK Nomor 83 tahun 2016 tujuan dari program ini adalah memberikan hak pengelolaan, perizinan, kemitraan dan Hutan Adat di bidang perhutanan sosial. Program ini bertujuan untuk menyelesaikan permasalahan tenurial dan keadilan bagi masyarakat setempat dan masyarakat hukum adat yang berada di dalam atau sekitar Kawasan hutan dalam rangka kesejahteraan masyarakat dan pelestarian fungsi hutan.

Penerapan perhutanan sosial ini terbukti berhasil di beberapa tempat, sebagai contoh di Sesaot, Nusa Tenggara Barat. Pengelolaan hutan oleh masyarakat berhasil merehabilitasi lahan kritis bekas tebangan yang terdegradasi menjadi hutan serbaguna dengan teknik agroforestri dan menghasilkan cadangan karbon 79 ton/ha. Sayangnya keberhasilan penerapan perhutanan sosial di beberapa tempat dan daerah masih belum dapat mengikuti keberhasilan sebelumnya dan masih banyak perlu diperhatikan (Laksemi *et al.*, 2019).

2.2 Penutupan Lahan

Notohadiprawiro (2021) Menjelaskan tentang lahan merupakan lingkungan fisik yang meliputi tanah, iklim, relief, hidrologi dan vegetasi, sehingga faktor-faktor tersebut mempengaruhi potensi kondisi penutupan lahannya. Pengertian lahan adalah hasil aktivitas manusia di masa lalu maupun masa kini dan seluruh sifat-sifatnya mempunyai dampak terhadap penggunaan lahan oleh manusia di saat ini maupun masa yang akan datang.

Sedangkan menurut Syahbana tutupan lahan dapat diartikan sebagai perwujudan secara fisik dari benda alam, vegetasi, dan sensor budaya yang ada di permukaan bumi tanpa memperhatikan kegiatan manusia terhadap objek tersebut. Menurut Syahbana perbedaan antara tutupan lahan dan Penggunaan lahan

memiliki perbedaan mendasar karena kerap disamaartikan definisinya. Menurut penjelasan, penggunaan lahan mengacu pada tujuan dari fungsi lahan, misalnya tempat rekreasi, habitat satwa liar atau pertanian sedangkan tutupan lahan mengacu pada kenampakan fisik permukaan bumi seperti badan air, bebatuan, lahan terbangun, dan lainnya (Syahbana, 2013).

2.2.1 Perubahan Tutupan Lahan dan Dampaknya

Deforestasi dan perubahan tutupan lahan merupakan hal-hal yang berpengaruh dalam perubahan iklim global. Emisi karbon akibat deforestasi dan perubahan lahan sekitar 20% dari emisi karbon total, yang berakibat pada perubahan iklim mikro lokal dan siklus hidrologis. Terkait dengan dampak perubahan tersebut, NTT yang merupakan salah satu daerah kering di Indonesia dengan jangka waktu musim kemarau lebih panjang dari musim penghujan (Ngaji, 2008).

Perubahan lahan dari ialah bertambah atau berkurangnya tipe suatu penggunaan lahan dari satu sisi penggunaan ke penggunaan lainnya dari suatu waktu ke waktu berikutnya pada kurun waktu yang berbeda. Perubahan lahan menjadi permasalahan penting yang sering dibahas dikarenakan banyak efek yang ditimbulkan setelah terjadi perubahan penggunaan lahan tersebut. Perubahan penggunaan lahan dirasa lebih banyak sisi negatif atau kerugian tetapi perubahan penggunaan lahan bisa juga mendatangkan keuntungan yang besar. Penggunaan sistem informasi geografis (GIS) sering digunakan untuk membantu dalam menangani analisis dampak-dampak dari perubahan lahan tersebut, serta dapat pula di petakan dan dikelompokkan berdasarkan keperluan dan kepentingan masing-masing (As-Syakur, 2011).

Perubahan penutupan lahan berdampak pada kontribusi peningkatan luas penggunaan lahan untuk satu atau lebih kategori penggunaan yang diikuti oleh penurunan luas berikutnya di area untuk kategori lain dari waktu ke waktu. Konservasi lahan hutan untuk penggunaan lahan lain merupakan fenomena global yang sudah berlangsung lama dan dapat berdampak langsung bagi masyarakat, termasuk pencemaran udara, penurunan keanekaragaman hayati, debit banjir dan pemanasan global dengan turunnya pengikat CO₂. Hal ini sering terjadi di daerah

yang kaya akan sumber daya alam, wilayah hasil pemekaran dan daerah yang terdapat perusahaan tambang (Hidayat *et al.*, 2015).

2.2.2 Faktor Faktor yang Menyebabkan Perubahan Lahan

Faktor utama yang mendorong perubahan tutupan lahan adalah pertumbuhan populasi. Peningkatan ini akan mempengaruhi pembangunan ekonomi yang membutuhkan ruang lahan untuk perumahan, bisnis, infrastruktur dan jasa. Beberapa penelitian dan kajian telah dilakukan untuk menganalisis faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya perubahan tutupan lahan. (Mansur, 2001) menjelaskan tiga faktor yang berpengaruh yaitu peningkatan populasi, urbanisasi dan peningkatan pendapatan jumlah kelompok menengah dan atas di daerah perkotaan. Sementara (Rustiadi, E., 2001) menyebutkan beberapa hal yang diduga menjadi penyebab terjadinya perubahan penutupan lahan, antaralain:

1. Tingginya permintaan atas ruang lahan karena dari pertumbuhan jumlah penduduk
2. Gagalnya Pemasaran: Petani berganti pekerjaan dan menjual ladangnya sebagai akibat dari perubahan structural dalam dinamika ekonomi dan pembangunan
3. Gagalnya kebijakan pemerintah: Misalnya, kebijakan pemerintah menawarkan peluang investasi di sector industri, akan tetapi kebijakan konservasi lahan tidak

Interaksi antara dimensi ruang dan waktu dengan dimensi biofisik dan manusia menyebabkan terjadinya perubahan tata guna lahan (Verburg & Veldkamp, 2001). Perubahan iklim, pertumbuhan jumlah penduduk, dan proses urbanisasi adalah penyebab umum yang dianggap sebagai faktor pendorong perubahan penggunaan lahan. Kompleksitas antara faktor fisik, biologis, sosial, politik dan ekonomi yang terjadi dalam dimensi ruang dan waktu pada saat bersamaan menjadi penyebab utama proses perubahan penggunaan lahan (Wu, X., Z. Shen & Ding, 2008).

2.3 Pengindraan Jauh (*Remote Sensing*)

Menurut Lilesand *et al*(2004) mengatakan bahwa penginderaan jauh adalah ilmu dan seni untuk memperoleh informasi tentang suatu objek, daerah, atau fenomena melalui analisis data yang diperoleh dengan suatu alat tanpa kontak langsung dengan objek, daerah, atau fenomena yang dikaji.

Menurut Somantri (2009) ada 5 komponen pengindraan jauh:

- a. Tenaga, sumber tenaga yang digunakan dalam pengindraan jauh yaitu tenaga alami dan tenaga buatan. Tenaga alami berasal dari matahari dan tenaga buatan biasa disebut pulsa. Pengindraan jauh yang menggunakan matahari disebut sistem pasif dan yang menggunakan tenaga pulsa disebut aktif. Sistem pasif dengan cara merekam pantulan maupun pancaran. Dengan menggunakan pulsa kelebihannya dapat digunakan untuk pengambilan gambar pada malam hari.
- b. Objek, objek pengindraan jauh adalah semua benda yang ada di permukaan bumi seperti tanah, gunung, air, vegetasi dan hasil budidaya manusia, kota, lahan pertanian, hutan atau benda-benda yang di angkasa seperti awan.
- c. Sensor, sensor adalah alat yang digunakan untuk menerima tenaga pantulan maupun pancaran radiasi elektromagnetik. Contohnya kamera dan *scanner*.
- d. Detektor, Detektor adalah alat perekam yang terdapat pada sensor untuk merekam tenaga pantulan maupun pancaran.
- e. Wahana, sarana untuk menyimpan sensor, seperti pesawat terbang, satelit dan pesawat ulang-alik.

Sistem pengindraan jauh dibedakan atas sistem fotografik dan non fotografik. Sistem fotografik memiliki keunggulan sederhana, tidak mahal, dan kualitasnya baik. Sistem elektronik kelebihannya memiliki kemampuan yang lebih besar dan lebih pasti dalam membedakan objek dan proses analisisnya lebih cepat karena menggunakan komputer (Somantri, 2009).

Data pengindraan jauh dapat berupa citra foto dan citra digital. Citra adalah gambaran rekaman suatu objek atau biasanya berupa gambaran objek pada foto. Terdapat beberapa alasan yang melandasi peningkatan penggunaan citra pengindraan jauh (Somantri, 2009):

- a. Citra menggambarkan objek, daerah dan gejala di permukaan bumi dengan wujud dan letaknya yang mirip dengan di permukaan bumi.
- b. Citra menggambarkan objek, daerah dan gejala yang relatif lengkap, meliputi daerah yang luas dan permanen.
- c. Dari jenis citra tertentu dapat di timbulkan gambaran tiga dimensi apabila pengamatannya dilakukan dengan stereoskop.
- d. Citra dapat dibuat secara cepat meskipun untuk daerah yang sulit dijelajahi secara terestial.

2.4 Sistem Informasi Geografis (SIG)

Sistem informasi geografi (SIG) merupakan suatu sistem informasi berbasis komputer untuk menyimpan, mengelola dan menganalisis, serta memanggil data bereferensi geografis yang berkembang pesat pada lima tahun terakhir ini (Wibowo *et al.*, 2015). Sedangkan menurut (Prahasta, 2002) SIG adalah sistem computer yang digunakan untuk mengumpulkan, memeriksa, mengintegrasikan, dan menganalisa informasi-informasi yang berhubungan dengan permukaan bumi.

2.4.1 Ciri-Ciri SIG

Menurut Dermers (2003) dalam (I. Muhammad, 2022) ciri-ciri SIG adalah sebagai berikut:

- a. SIG memiliki sub sistem input data yang menampung dan dapat mengolah data spasial dari berbagai sumber. Sub sistem ini juga berisi proses transformasi data spasial yang berbeda jenisnya, misalnya dari peta kontur menjadi titik ketinggian.
- b. SIG mempunyai subsistem penyimpanan dan pemanggilan data yang memungkinkan data spasial untuk dipanggil, diedit dan diperbaharui.
- c. SIG memiliki subsistem manipulasi dan analisis data yang menyajikan peran data, pengelompokan dan pemisahan, estimasi parameter dan hambatan, serta fungsi permodelan
- d. SIG mempunyai subsistem pelaporan yang menyajikan seluruh atau Sebagian dari basis data dalam bentuk table, grafis dan peta.

2.4.2 Komponen SIG

SIG merupakan sistem kompleks yang biasanya terintegrasi dengan lingkungan sistem-sistem komputer yang lain di tingkat fungsional dan jaringan. Menurut Gistut, komponen SIG terdiri dari perangkat keras, perangkat lunak, dan informasi geografi, serta manajemen. Komponen SIG dijelaskan dibawah ini (Wibowo *et al.*, 2015):

- a. Perangkat keras (*Hardware*): Pada saat ini SIG tersedia untuk berbagai platform perangkat keras mulai PC *desktop*, *workstations*, hingga *multiuser host* yang dapat digunakan oleh banyak orang secara bersamaan dalam jaringan computer yang luas, berkemampuan tinggi, memiliki ruang penyimpanan (*harddisk*) yang besar dan mempunyai kapasitas memori (RAM) yang besar.
- b. Perangkat lunak (*Software*): Bila dipandang dari sisi lain, SIG juga merupakan system perangkat lunak yang tersusun secara modular dimana basisdata memegang peranan kunci. Setiap subsistem diimplementasikan dengan menggunakan perangkat lunak yang terdiri dari beberapa modul, hingga tidak mengherankan jika ada perangkat SIG yang terdiri dari ratusan modul program yang masing-masing dapat dieksekusi sendiri.
- c. Data dan informasi geografi: SIG dapat mengumpulkan dan menyimpan data dan informasi yang diperlukan baik secara tidak langsung dengan cara mengimport-nya dari perangkatperangkat lunak SIG yang lain maupun secara langsung dengan cara mendigitasi data spasialnya dari peta dan memasukkan data atributnya dari table-tabel dan laporan dengan menggunakan keyboard.

2.5 Interpretasi Citra

Menurut Somantri interpretasi citra adalah perbuatan mengkaji foto udara atau citra dengan maksud untuk mengidentifikasi objek dan menilai arti pentingnya objek tersebut. Di dalam pengenalan objek yang tergambar pada citra, ada tiga rangkaian kegiatan yang diperlukan, yaitu deteksi, identifikasi, dan analisis. Deteksi ialah pengamatan atas adanya objek, identifikasi ialah upaya mencirikan objek yang telah dideteksi dengan menggunakan keterangan yang cukup, sedangkan analisis ialah tahap mengumpulkan keterangan lebih lanjut.

Interpretasi citra dapat dilakukan secara visual maupun digital. Interpretasi visual dilakukan pada citra *hardcopy* ataupun citra yang tertayang pada monitor computer. Interpretasi visual adalah aktivitas visual untuk mengkaji gambaran muka bumi yang tergambar pada citra untuk tujuan identifikasi objek dan menilai maknanya. Unsur interpretasi citra terdiri atas sembilan unsur, yaitu rona atau warna, ukuran, bentuk, tekstur, pola, tinggi, bayangan, situs dan konvergensi bukti. Sedangkan interpretasi citra digital ialah proses interpretasi citra dengan menggunakan program *software* untuk mengolah citra dengan cara digital (Somantri, 2009).

2.6 Digitasi Layar (*Digitasi On Screen*)

Digitasi merupakan proses mengubah fitur geografis pada peta analog (format raster) menjadi format digital (format vektor) menggunakan meja digitasi digitizer yang dihubungkan dengan komputer. Proses digitasi dilakukan dengan mendeliniasi lajur dan jalur garis, batas tepi dari objek yang ada. Seperti jalan, sungai, batas bidang tanah, bangunan, dan lain-lain. Proses digitasi disesuaikan dengan kebutuhan data yang akan dihasilkan dengan melakukan interpretasi citra satelit berdasarkan unsur-unsur interpretasi yang ada. Peta yang akan didigitasi terlebih dahulu harus diubah ke dalam format raster baik itu melalui proses scanning dengan alat scanner atau dengan alat pemotretan. Jika peta tersebut merupakan citra hasil foto udara ataupun satelit maka dapat langsung dimasukkan ke dalam software digitasi. Ketelitian suatu hasil digitasi dipengaruhi besaran skala yang digunakan pada proses digitasi (Panjaitan *et al.*, 2019).

2.7 Citra Satellite

2.7.1 Citra Satellite

Program Landsat adalah satelit paling tua disuatu program observasi bumi. Landsat memulai programnya ditahun 1972 dengan satelit Landsat-1 dengan sensor MSS multispektral. Setelah itu seiring berkembang dengan waktu sampai saat ini mencapai pada Landsat 8. Citra landsat mempunyai macam-macam fungsi dan kegunaan contohnya untuk pemetaan tutupan lahan, pemetaan penggunaan lahan, pemetaan geologi, pemetaan suhu permukaan laut dan lain-lain. Interpretasi citra adalah proses pengkajian citra melalui proses identifikasi dan penilaian

mengenai objek yang tampak pada citra. Dengan kata lain, interpretasi citra merupakan suatu proses pengenalan objek yang berupa gambar (citra) untuk digunakan dalam disiplin ilmu tertentu seperti Geologi, Geografi, Ekologi, Geodesi dan disiplin ilmu lainnya (Pawitan, 2003).

Tabel 1. Karakteristik spektrum Panjang gelombang dan resolusi spasial Landsat 7
Sumber: NASA

Band	Panjang Gelombang (μm)	Resolusi Spasial (m)
1 (Biru)	0,45-0,52	30
2 (Hijau)	0,52-0,60	30
3 (Merah)	0,63-0,69	30
4 (Infamerah dekat)	0,75-0,90	30
5 (Infra-merah tengah I)	1,55-1,75	30
6 (Infra-merah thermal)	10,4-12,5	30
7 (Infra-merah II)	2,09-2,35	30
8 (Pankromatik)	0,52-0,90	15

2.7.2 Kombinasi Band

Dengan menggunakan kombinasi band, kita dapat mengekstrak informasi spesifik dari sebuah gambar. Misalnya, ada kombinasi band yang menonjolkan fitur geologis, pertanian, atau vegetasi dalam sebuah gambar citra satelit. Penggabungan saluran ini menggunakan format RGB (Red, Green, Blue) dan kemudian menghasilkan gambar warna asli (*true color*) atau warna palsu (*false color*). *True color* adalah gambar yang dihasilkan dari penggabungan band yang sesuai dengan warna yang terlihat oleh mata manusia. Citra *false color* adalah citra yang dihasilkan dari kombinasi band, sehingga menghasilkan warna yang berbeda dari yang dilihat mata manusia, karena penggunaan cahaya infra merah pada kombinasi RGB. Hal ini dapat mempermudah proses klasifikasi tutupan dan penggunaan lahan yang dilakukan dari kombinasi yang menghasilkan citra dengan warna yang berbeda (A. M. Muhammad *et al.*, 2015)

Tabel 2. Kombinasi band untuk penelitian atau aplikasi,

Aplikasi	Kombinasi Band	
	Landsat 8	Landsat 7
<i>Natural color (True color)</i>	4, 3, 2	3, 2, 1
<i>Color infared (False color)</i>	7, 6, 4	7, 5, 3
<i>Short-Wave Infrared</i>	7, 5, 4	7, 4, 3
<i>Agriculture</i>	5, 4, 1	5, 4, 1
<i>Analisis Vegetasi</i>	5, 4, 3	6, 5, 4

Sumber: <https://www.sentinel-hub.com/>

2.8 Uji Akurasi

Uji akurasi Berguna untuk menganalisis tingkat kesalahan yang terjadi pada klasifikasi wilayah penelitian agar dapat diketahui besar persentase ketelitian pembuatan peta. fungsi kegiatan ini untuk menguji tingkat keakuratan secara visual dari klasifikasi machine learning supervised. Akurasi ketelitian dilakukan dengan membuat confusion matrix seperti tersaji pada Tabel 4. Akurasi berdasarkan Tabel 4 dapat dihitung antara lain user accuracy, producer accuracy dan overall accuracy (D. Kosasih & B., 2019).

Tabel 3. Konfusi Matrik Sumber: (D. Kosasih & B., 2019)

		Hasil Interpretasi			Total baris
		A	B	C	
Data Refrensi	A	Xn			Xn+
	B		Xn		
	C			Xn	
Total Kolom		X+n			N
User accuracy		$\frac{X_{ii}}{X_{+i}}$			

Keterangan:

Xn = Data yang diuji

Total Xn = Jumlah masing-masing klasifikasi citra

N = Total data yang diuji

Formula akurasi pada Tabel 4 adalah:

$$User\ accuracy = \frac{X_{ii}}{X_{+i}} \times 100\% \quad Producer\ accuracy = \frac{X_{ii}}{X_{i+}} \times 100\%$$

$$Overall\ accuracy = \frac{\sum_i^r X_{ii}}{X_{+i}} \times 100\%$$

Keterangan: X_{ii} = nilai diagonal matriks kontigensi baris ke-I dan kolom ke-i

X_{i+} = Jumlah piksel dalam baris ke-i

X_{+i} = Jumlah piksel dalam kolom ke-i

Analisis kappa berguna untuk menilai akurasi dan menentukan secara statistik nilai yang signifikansi dan menggunakan semua informasi dalam *confusion matrix*. Hasil dari analisis kappa adalah nilai statistik Khat (sebuah perkiraan nilai kappa) yang merupakan ukuran lain dari akurasi (D. Kosasih & B., 2019).

$$\text{Nilai Kappa (K)} = \frac{N \sum X_{ii} - \sum X_{+i} X_{i+}}{N^2 - \sum X_{+i} X_{i+}} \times 100\%$$