

**TEKNIK PERTANIAN KONSERVASI BERDASARKAN PENGOLAHAN TANPA
OLAH TANAH**
(Conservation Agricultural Technology Based on Zero Tillage)

Ernantje Hendrik

Program Studi Agribisnis, Fakultas Pertanian, Universitas Nusa Cendana

Email Penulis Korespondensi : ernantje09@gmail.com

Diterima : 15 Maret 2022

Disetujui : 31 Maret 2022

ABSTRAK

Untuk mendukung usaha pertanian berkelanjutan diperlukan teknologi dan praktek yang sudah terbukti relevan untuk meningkatkan produksi, dan keberlanjutan lingkungan Pertanian konservasi (CA) dengan tiga prinsip pokok yaitu zero tillage (ZT), penggunaan tanaman penutup (cover crop) dan rotasi tanaman telah menyebar di seluruh dunia, akan tetapi dengan penerapan 1 atau 2 dari tiga prinsip dan pada luas lahan yang sangat beragam terbukti dapat meningkatkan hasil produksi diberbagai tempat di dunia (Fao, 2015a; Hobbs, 2012; FAO, 2014 dalam Hendrik dkk, 2021). ZT dengan retensi residu menggunakan curah hujan lebih efisien dan menghasilkan sistem agronomi yang lebih tangguh daripada praktek yang melibatkan konvensional tillage CT atau ZT dengan penghilangan residu. sedangkan pertanian konservasi dengan perlakuan zero tillage dan tanpa retensi residu memberikan hasil yang lebih rendah dari praktek pertanian konvensional (Verhulst et.al, 2011 dalam Romero-Perezgrovas, et al 2014). Pertanian konservasi menurut Derpsch et al, 2016, didasarkan pada diversifikasi melalui rotasi tanaman dan tanaman penutup dan pada aplikasi tetap tanpa persiapan tanah Hasil penelitian menunjukkan bahwa menghilangkan residu dapat mengurangi hasil dan menurunkan pengembalian (return) hasil ekonomi ZT (Derpsch et al ,2014). Penanaman tanpa pengolahan tanah (ZT) yang tidak dikombinasi dengan penutup tanah memberikan performans hasil produksi yang buruk (Ashburner, 1984 dalam Derpsch et al, 2014). Di daerah dengan curah hujan rendah, hasil tertinggi diperoleh dari ZT dan penggunaan retensi sisa panen, berbeda dengan system konvensional (CT), dan hasil terendah jika tidak ada ZT dan tidak menggunakan residu . Hasil serupa juga ditemukan pada lahan tadah hujan, hasil gandum dan jagung drastis berkurang waktu residu dikeluarkan dari sistem no till (ZT). Hal ini sebabkan residu yang dihasilkan di banyak pertanian skala kecil tidak hanya rendah tetapi juga memiliki banyak kegunaan bersaing (Magnan et al., 2012; Valbuena et al., 2012; Tittone et al., 2007). Mayoritas petani menggunakan sisa tanaman sebagai pakan ternak (Hendrik, dkk, 2021).ataupun residu tanaman hanya dibakar di ladang jagung. Untuk keberhasilan usaha tani dengan teknik pertanian konservasi, paling tidak diperlukan kombinasi antara tanpa pengolahan tanah (ZT) dan pemanfaatan sisa tanaman sebagai penutup tanah ataupun dengan rotasi tanaman.

Kata kunci : pertanian konservasi, pengolahan tanah nol

ABSTRACT

To support sustainable agriculture, technology and practices that have been proven relevant to increase production and environmental sustainability are needed. Conservation agriculture (CA) with three main principles, namely zero tillage (ZT), the use of cover crops and crop rotation has spread throughout the world, but by applying 1 or 2 of the three principles and on a very diverse land area, it has been proven to increase production yields in various places in the world (Fao, 2015a; Hobbs, 2012; FAO, 2014 in Hendrik et al, 2021). ZT with residue retention uses rainfall more efficiently and results in a more robust agronomic system than practices involving conventional tillage CT or ZT with residue removal. while conservation agriculture with zero tillage treatment and no residue retention gives lower yields than conventional farming practices (Verhulst et.al, 2011 in Romero-Perezgrovas, et al 2014). Conservation agriculture according to Derpsch et al, 2016, is based on diversification through crop rotation and cover crops and on fixed application without tillage. The results show that removing residues can reduce yields and reduce returns on ZT economic yields (Derpsch et al ,2014) . Planting without tillage (ZT) which is not combined with ground cover gives poor production performance (Ashburner, 1984 in Derpsch et al, 2014). In areas with low rainfall, the highest yields were obtained from ZT and the use of crop residue retention, in contrast to the conventional system (CT), and the lowest yields were obtained in the absence of ZT and did not use residues. Similar results were also found in rainfed land, wheat and maize yields were drastically reduced when the residue was removed from the no till system (ZT). This means that the residue produced in many small-scale farms is not only low but also has many competing uses (Magnan et al., 2012; Valbuena et al., 2012; Tittone et al., 2007). The majority of farmers use crop residues as animal feed (Hendrik, et al, 2021). Or crop residues are only burned in corn

fields. For successful farming with conservation farming techniques, at least a combination of no tillage (ZT) and the use of crop residues as ground cover or crop rotation is required.

Keywords: agriculture , conservation, zero tillage

1. Pendahuluan

Pengelolaan lingkungan pertanian adalah sisi penting dari pembangunan berkelanjutan yang membicarakan bagaimana memenuhi kebutuhan generasi saat ini tanpa menyebabkan generasi yang akan datang tidak terpenuhi kebutuhannya. Untuk itu pengelolaan lingkungan pertanian diarahkan untuk tujuan lingkungan yang sehat dan berkelanjutan dan mendukung perekonomian rumah tangga petani. (Fao, 2018, Hendrik, et al, 2021) .

Pengelolaan lingkungan pertanian dapat dilakukan dengan teknik konvensional, modern atau dengan teknik pertanian konservasi. Pertanian konservasi meskipun sudah sejak lama dikenal, akan tetapi dalam praktiknya hanya sedikit petani yang telah menerapkan teknik ini dalam usahatani. Menurut Uddin and Dhar (2016) bahwa terlepas dari manfaat pertanian konservasi seperti peningkatan produktivitas dan pendapatan, berkurangnya waktu kerja, efisiensi air dan energi yang tinggi, dan konservasi lingkungan alam hanya sebagian kecil (8- 10%) petani di dunia global yang mengikuti praktek ini. Padahal teknik ini telah terbukti dapat meningkatkan hasil produksi tanaman seperti yang dilaporkan Ponisio dan Ehrlich (2016), yang menyatakan bahwa bahkan bila hanya satu atau dua prinsip yang digunakan, di bawah kondisi tadah hujan di iklim kering, hasil pertanian konservasi 7,3% lebih tinggi daripada sistem industri, hal ini kemungkinan karena perbaikan infiltrasi air dan konservasi kelembaban tanah yang lebih besar. Sedangkan, percobaan yang dilakukan untuk melihat perbedaan kualitas tanah pada pertanian konservasi dan praktek konvensional ini juga menunjukkan bahwa kandungan air tanah di atas ataupun mendekati titik layu pada Pertanian konservasi di stasiun percobaan, sementara pada praktek konvensional berada dibawah titik layu permanen selama 3 minggu, dengan implikasi yang buruk pada pertumbuhan jagung. Hal ini juga mengakibatkan perbedaan hasil yang besar sampai 4,7 ton/ha antara pertanian konservasi dan praktek pertanian konvensional, dengan rotasi wheat - maize, sedangkan pertanian konservasi dengan

perlakuan zero tillage dan tanpa retensi residu memberikan hasil yang lebih rendah dari praktek pertanian konvensional (Verhulst et.al, 2011 dalam Romero-Perezgrovas, et al 2014).

Pengelolaan sistem tanaman perlu dioptimalkan untuk memberikan pilihan yang lebih tahan lama untuk mengatasi skenario iklim yang diproyeksikan yang memperkirakan penurunan curah hujan rata-rata dan periode kekeringan ekstrem yang lebih sering (Romero-Perezgrovas, 2014), selain itu, praktek pengelolaan tanaman bervariasi dalam (1) persiapan lahan konvensional atau Conventional Tillage (CT) vs tanpa pengolahan tanah atau Zero Tillage (ZT) dan (2) pengelolaan residu (retensi dan penghapusan penuh atau sebagian), ZT dengan retensi residu memiliki kandungan air tanah yang lebih tinggi dari pada praktik pengelolaan yang melibatkan CT dan ZT dengan penghilangan residu yang memberikan penyangga untuk periode kekeringan selama musim tanam. Pada tahun 2009, siklus dengan kekeringan berkepanjangan selama pertumbuhan vegetatif, menghasilkan perbedaan hasil hingga 4,7 ton/ ha, antara ZT dengan retensi residu (sebagian) dan praktik lainnya. Rata-rata pada tahun 1997, 2009, praktek ini memiliki keunggulan panen sekitar 1,5 ton/ ha, praktek yang melibatkan teknik konvensional (CT) dan ZT dengan penghilangan residu. ZT dengan retensi residu (sebagian) menggunakan curah hujan lebih efisien dan menghasilkan sistem agronomi yang lebih tangguh daripada praktek yang melibatkan teknik konvensional (CT) atau ZT tanpa menggunakan residu.

2. Konsep Pertanian Konservasi

Pertanian Konservasi atau Conservation Agriculture (CA) adalah konsep produksi tanaman pertanian hemat sumber daya yang berusaha untuk dilakukan mencapai keuntungan yang dapat diterima bersamaan dengan tingkat produksi yang tinggi dan berkelanjutan sambil merestorasi lingkungan secara bersamaan. CA didasarkan pada peningkatan alam proses biologis di atas dan di bawah tanah. Intervensi seperti pengolahan mekanis tanah yang mengganggu dikurangi

menjadi minimum absolut, dan penggunaannya dari input eksternal seperti agrokimia dan nutrisi mineral atau asal organik diterapkan pada tingkat optimal dan dengan cara dan kuantitas yang tidak mengganggu dengan, atau mengganggu, proses biologis. CA dicirikan oleh tiga prinsip yang saling terkait dan diterapkan secara bersamaan, yaitu: sistem tanpa olah tanah, menanam benih pada kedalaman yang tepat, tanah dengan sisa tanaman atau sisa tanaman panen sebelumnya dibiarkan dipermukaan tanah permukaan dan rotasi tanaman (Derpsch et al., 2011). Istilah CA diadopsi selama Kongres Dunia Pertama tentang Pertanian Konservasi, Madrid tahun 2001, yang diselenggarakan oleh Food and Agriculture Organization (FAO) dan Federasi Pertanian Konservasi Eropa. Sistem CA juga disebut sebagai Sistem Tangguh Tanpa Tumpahan saat tidak ada pengolahan tanah dengan menanam langsung bibit tanaman, tutupan tanah organik permanen dan rotasi tanaman. Istilah CA dapat dijelaskan sebagai berikut:

(1). Gangguan Minimal Tanah: area yang terganggu harus lebarnya kurang dari 15 cm atau 25% area yang dipotong (mana yang lebih rendah). Tidak ada pengolahan lahan berkala yang mengganggu area yang lebih besar dari batas yang disebutkan di atas.

(2). Tutupan tanah: dibedakan tiga kategori, 30-60%, 61-90% dan 91+%, penutup tanah, diukur segera setelah operasi penanaman. Penutup tanah kurang dari 30% tidak akan dianggap CA.

(3). Rotasi tanaman: rotasi harus melibatkan setidaknya tiga tanaman berbeda. Namun, Penanaman mono bukanlah faktor eksklusi jika tidak menyebabkan se-rangan hama atau masalah lainnya. (Kasam et al, 2015; FAO, 2015)

Beberapa sifat penting CA (Kassam, 2009) adalah :

1). Bahan organik ditambahkan baik sebagai residu daun dan batang di atas permukaan tanah dan sebagai residu akar di bawah permukaan tanah dimana biota aktif tanah berada dan karbon terakumulasi di dalam tanah. 2). Karbon, nutrisi tanaman dan air di daur ulang. 3) Air hujan masuk kedalam tanah dengan mudah, tingkat infiltrasi (dipertahankan oleh perlindungan permukaan dan porositas tanah bervariasi) biasanya melebihi tingkat curah hujan, 4). bahan organik tanah tidak hanya merupakan penyedia tanaman nutrisi atau hanya penyerap air gabungan fraksi hidup dan non-hidup bersama-sama membentuk bagian penting

dari dinamika pemben-tukan tanah, ketahanan dan keberlanjutan 5). Sistem CA dalam fungsi tanah pada lingkungan akar, efek terpadu dari komponen fisik, kimia dan hidrologi dan kapasi-tas produktif tanah secara efektif 'daktifkan' oleh keempat, komponen biologisnya. Ini menyediakan bermacam-macam fungsi metabolik, bertindak pada bahan or-ganik yang tidak hidup untuk pertahankan ion hara tanaman potensial di dalam tubuh selnya sendiri. dengan pembebasan atas kematian mereka, bertindak sebagai salah satu bentuk mekanisme slow release; mycorrhizae dan rhizobia, serta hidup bebas Bakteri n-fixing, membuat nutrisi tersedia untuk tanaman dalam pengaturan simbiosis. 6) di pecahkan dan di ubahnya molekul kompleks bahan organik mati yang beragam menjadi zat yang berbeda, labil dan tahan, sesuai dengan komposisi substratnya, tinggalkan bahan yang berbeda tingkat resistensi terhadap kerusakan berikutnya dengan proses biotik organisme tanah lainnya, 7). Dalam jangka panjang, meninggalkan beberapa residu kurang tahan lama berubah dibanding yang lain, melepaskan sisa cadangan bahan hara dan karbon yang tersusun dan tahan lama, menghasilkan asam organik yang, oleh pencucian, berkontribusi untuk pembentukan tanah dari permukaan ke bawah dengan bertindak untuk memecah partikel mineral sebagai bagian dari proses 'pelapukan' tanah. Asam organik, juga membantu mengangkut kapur ke dalam tanah profil dan me-mobilisasi nutrisi seperti fosfat. 8) Menyediakan molekul organik sebagai transfor-masi produk yang berkontribusi nyata terhadap CEC tanah, ini juga menambah kapasitas buffering tanah untuk perubahan pH dan eksek atau kekurangan ion nu-trisi yang tersedia bagi tanaman. 9). Meningkatkan aktivitas menggali mikro or-ganisms seperti cacing tanah.

CA adalah sarana untuk memastikan produksi tanaman dan air berulang dan berkelanjutan. Hal ini dilakukan dengan mendukung perbaikan kondisi tanah sebagai lingkungan perakaran. CA bukan satu technology, tapi kisarannya berdasarkan satu atau lebih dari tiga prinsip utama CA, fungsi CA terbaik bila ketiga fitur utama cukup memadai digabungkan bersama di lapangan. Hal ini berbeda secara signifikan dari pertanian konvensional. Idealnya CA menghindari pengolahan tanah setelah tanah yang sudah rusak telah dibawa ke kondisi fisik yang lebih baik, memelihara penutup mulsa bahan organik di

permukaan tanah setiap saat, karena memberikan perlindungan ke permukaan dan sub-strate untuk organ-isme di bawahnya;

Secara khusus menggunakan urutan tanaman dan tanaman penutup yang berbeda dalam rotasi multi tahun; dan bergantung pada Nitrogen tanaman untuk memberikan proporsi N yang signifikan CA juga mengandalkan pembebasan nutrisi tanaman lainnya melalui transformasi biologis bahan organik. Hal ini dapat diperbesar seperlunya dengan pupuk mineral yang sesuai dalam kasus kekurangan nutrisi spesifik, namun bahan organik juga menyediakan nutrisi mikro-nutrien yang mungkin tidak tersedia. CA dapat mempertahankan dan meniru karak-teristik asli yang diinginkan dari tanah ('kondisi lantai hutan') pada lahan yang pertama kali dibuka untuk pertanian. Sepanjang transformasi ke produksi pertanian CA dapat mempertahankan kesehatan lahan yang telah lama dibuka yang sudah dalam kondisi baik, dan dapat beregenerasi dalam kondisi buruk (Kassam, 2009)

3. Pengolahan Tanah Nol/ Zero Tillage (ZT)

Pengolahan tanah dalam pertanian sejak dulu dikenal sebagai proses utama dalam pengenalan tanaman baru ke suatu daerah. Mengolah tanah dipercaya akan meningkatkan kesuburan di dalam tanah melalui mineralisasi yang terjadi di dalam tanah. Pengolahan tanah saat ini dipandang menghancurkan bahan organik yang bisa ditemukan di dalam penutup tanah. juga pengadukan tanah dapat menyebabkan erosi dan pengerasan yang parah yang me-nyebabkan penurunan kesuburan tanah

Pertanian tanpa olah tanah (ZT) yang terus berlanjut dapat sebagai proses menghemat kadar organik tanah untuk waktu yang lebih lama dan tetap membiarkan tanah menjadi produktif untuk waktu yang lebih lama (FAO 2015b). Selain itu, proses pengerjaan dapat meningkatkan waktu dan tenaga kerja untuk menghasilkan tanaman. Dengan prinsip pertanian konservasi meminimumkan gangguan mekanis pada lahan dapat dipandang sebagai cara tanam berkelanjutan untuk memenuhi permintaan pertanian masa depan. Meski tidak ada persiapan hanya menunjukkan tidak adanya persiapan lahan, kenyataannya beberapa komponen perlu diterapkan pada sistem pertanian konservasi untuk menjamin hasil yang setara atau lebih tinggi dan kinerja lingkungan yang lebih baik dibandingkan dengan sistem pengolahan tanah konvensional (CT). Akan tetapi berapa lama waktu

pembajak tanah setelah konversi vegetasi asli untuk produksi pertanian, bagaimana panen sebelumnya yang, yaitu menggabungkan normal atau header stripper dan informasi jumlah residu dan distribusi, apa jenis tanah, tekstur, kandungan karbon organik, pH, KTK dan kemiringan, sejarah tanam dan jumlah dan kualitasnya (legume versus rumput) penutup tanah sebelum memulai percobaan, kandungan air tanah saat penyemaian / penanaman, tanah suhu, dan kerapatan, peralatan pembibitan seperti apa yang digunakan dan apakah jarak benih seragam dan penempatan kedalaman dicapai dan apakah populasi tanaman sama di semua perawatan, berapa persentase permukaan tanah yang terganggu sementara penyemaian, berapa persentase tanah yang ditutupi residu setelah penyemaian, berapa jenis dan jumlah biomassa yang dihasilkan dan kembali ke tanah di setiap sistem per tahun (Derpsch et al., 2011), semua ini penting diperhatikan.

Sistem pertanian konservasi adalah sistem tanpa olah tanah, menanam benih pada kedalaman yang tepat, tanah dengan sisa tanaman atau sisa tanaman panen sebelumnya dibiarkan dipermukaan tanah permukaan (Derpsch et al., 2011). Tanpa pengolahan lahan, tidak ada gangguan tanah lain dibutuhkan. Jika > 50% permukaan tanah terganggu, maka sistem no tillage tidak bisa dipakai tetapi dapat dengan pengolahan tanah mulsa atau bentuk lainnya (Linke, 1998; Sturny et al., 2007; CTIC, 2011). Sistem tanpa olah tanah yang berhasil membutuhkan pengendalian gulma yang memadai. Oleh karena itu, pengendalian gulma di no tillage sering dilakukan dengan (a) pertimbangan yang tepat rotasi tanaman, (b) penggunaan spesies tanaman penutup yang disesuaikan dan agresif, (c) penghentian tanaman penutup dan / atau (d) penerapan herbisida yang tepat.

Dalam tulisannya tentang "Conservation agriculture and ecosystem services" Palm et al, 2013 mengemukakan tanpa olah tanah (ZT) sebagai komponen CA yang dapat meningkatkan C dibandingkan dengan CT (conventional tillage), tetapi peningkatan ini seringkali terbatas pada lapisan permukaan (<10 cm). Pada kedalaman yang lebih dalam, C tanah di CA mungkin sama atau bahkan lebih rendah dibandingkan dengan CT. Potensi CA forstoring C tidak meyakinkan. Hal ini tergantung pada konsentrasi tanah terdahulu C, sistem tanam, durasi pengelolaan, tekstur dan

kemiringan tanah, iklim. Data lebih banyak tersedia dari daerah beriklim sedang (yaitu, AS) dari pada daerah-daerah tenggara. Dari 100 perbandingan, stok C tanah di NT adalah dalam 7 kasus, lebih tinggi pada 54 kasus dan sama dengan 39 kasus dibandingkan dengan CT pada kedalaman tanah 0 sampai 30 cm setelah 5 tahun atau lebih NT di implementasikan (Govaerts et al., 2009). Studi ini terutama berasal dari Amerika Serikat dan Canada dan beberapa dari Brasil, Meksiko, Spanyol, Swiss, Australia, dan China. Sebuah meta-analisis menemukan peningkatan tanah di tanah lapisan atas (0-10 cm) pada konversi CT ke ZT namun tidak ada perbedaan yang signifikan pada profil tanah sampai 40 cm dan merupakan redistribusi C dalam profil.

ZT menurunkan hasil panen setelah konversi dari CT pada tahun-tahun awal dan meningkat kemudian (Soane et al., 2012), jadi perlu studi jangka panjang tentang efek ekonomi dan ekologi dari praktik pengolahan tanah yang berbeda. Pengamatan dari seluruh wilayah di dunia telah menunjukkan hasil lebih tinggi dapat diperoleh pada lahan dengan ZT dibandingkan dengan CT atau sistem pengolahan tanah konvensional (Derpsch et al., 2014). Kapan Hasil panen lahan dengan ZT lebih rendah jika dibandingkan dengan pengolahan tanah konvensional menurut Derpsch et al (2014), beberapa alasan berikut mungkin bertanggung jawab:

- Kurangnya penilaian periode waktu antara konversi vegetasi asli dan tanpa adopsi. Misalnya, jika periode konversi adalah 20 tahun, waktu untuk pulih mungkin lebih lama dan bisa berdampak kuat pada hasil dan atribut tanah
- Kurangnya pengetahuan atau pengalaman tentang bagaimana mengelola tanaman dengan teknik ZT.
- Kurangnya pendekatan sistem saat menghilangkan tillage atau persiapan lahan. Tidak cukup hanya berhenti mengolah tanah dengan semua yang lain masih dengan cara yang sama seperti pada sistem pengolahan tanah konvensional (misalnya, perkebunan harus disesuaikan atau menambah berat untuk kinerja optimum masing-masing sistem pengendalian gulma harus dioptimalkan pada masing-masing sistem penyakit dan pengendalian hama membutuhkan perhatian pada tingkat sistem).
- No Tillage (ZT) dapat dilakukan dengan kondisi tanah kosong atau denganutupan tanah yang tidak mencukupi dengan sisa tanaman

- Kurangnya pengalaman operator mesin saat penyemaian (mis. pengaturan peralatan pembenihan yang tidak memadai, alur benih tetap terbuka setelah pembibitan, penempatan benih terlalu dalam atau terlalu dangkal, pemolesan tanah karena kelembaban yang berlebihan, dll.).

- Mesin ZT yang tidak memadai, menyebabkan tanaman tidak subur. Penutupan lapisan dan penempatan bibit yang tidak mencukupi bisa menyebabkan posisi buruk (misal: benih ditempatkan terlalu dangkal atau terlalu dalam, atau biji tidak kontak dengan tanah secara baik). terkadang menyebabkan penggunaan penyemaian lahan secara konvensional

- Kontrol gulma yang buruk (misalnya pemilihan herbisida yang tidak cukup atau teknik penekanan gulma, dosis herbisida yang tidak mencukupi atau berlebihan yang menyebabkan gulma lolos, luka bakar tanaman, cakupan tidak seragam, dll)

- Kontrol penyakit dan serangga yang buruk (misal: menggunakan aplikasi kalender untuk semua perawatan, daripada menggunakan hama sistem spesifik metode manajemen). Sistem pengelolaan hama yang spesifik adalah pendekatan yang sangat dibutuhkan, karena sistem pengadukan tidak mungkin disukai atau disfavoured beberapa penyakit dan hama berbeda dibandingkan dengan perlakuan pengolahan tanah lainnya.

- Pemupukan N mungkin belum disesuaikan selama beberapa tahun pertama menerapkan teknologi no-tillage (ZT) atau tanaman polongan mungkin belum pernah diunggah sebelumnya untuk memberikan tambahan N awalnya dibutuhkan untuk memperhitungkan imobilisasi N di permukaan residu dan bahan organik tanah

- ZT mungkin telah diimplementasikan dengan tanah yang sangat terdegradasi dan atau tergerus dengan konten bahan organik sangat rendah, di mana aktivitas mikro dan makro-biologis dan kesuburan membatasi kesuksesan awal. Di tanah terdegradasi semacam itu, sebuah keuntungan dapat diberikan untuk pengolahan tanah konvensional pada awalnya, dilanjutkan mineralisasi N dengan gangguan tillage sampai bahan organik habis.

4. Penutup Tanah

Selanjutnya, prinsip kedua dalam pertanian konservasi dalam menangani perlindungan tanah.. adalah prinsip pengelolaan tanah atas untuk menciptakanutupan tanah organik permanen yang akan dapat memungkinkan pertumbuhan

organisme dalam struktur tanah. Pertumbuhan ini akan memecah mulsa yang tertinggal di permukaan tanah. Mulsa ini akan menghasilkan tingkat bahan organik tinggi yang akan bertindak sebagai pupuk untuk permukaan tanah. Jika praktik pertanian konservasi digunakan selama bertahun-tahun dan cukup banyak bahan organik yang sedang dibangun di permukaan, maka lapisan mulsa akan mulai terbentuk. Lapisan ini membantu mencegah erosi tanah terjadi dan merusak profil atau tata letak tanah. Lapisan mulsa yang dibangun dari waktu ke waktu akan menjadi seperti zona penyangga antara tanah dan mulsa dan ini akan membantu mengurangi erosi angin dan air. Dengan ini muncul perlindungan permukaan tanah saat hujan turun di tanah. Tanah yang tidak dilindungi oleh lapisan mulsa dibiarkan terbuka terhadap unsur-unsur ini. Jenis penutup tanah ini juga membantu menjaga suhu dan tingkat kelembaban tanah pada tingkat yang lebih tinggi daripada jika digarap setiap tahun (Hobbs et al 2007, FAO 2014).

Hasil penelitian Cooper et al (2016), tanaman penutup lobak terbukti sangat efektif mengurangi kadar air tanah $\text{NO}_3\text{-N}$, sehingga meminimalkan kerugian pencucian $\text{NO}_3\text{-N}$, dan menurunkan risiko polusi yang menyebar. Tanaman penutup tidak memiliki dampak signifikan terhadap konsentrasi P di tanah atau air tanah, sedangkan pengaruh pada konsentrasi K tanah adalah, signifikan. Peningkatan kesuburan lapisan atas ini sebagian dapat terjadi dijelaskan oleh tanaman penutup yang menyediakan kedua groundcover musim dingin mengurangi kerugian pencucian dan sumber bahan organik untuk mineralisasi pada permukaan tanah (Cooper et al, 2016).

Hasil penelitian Ashburner, 1984 dalam Derpsch et al, 2014, menunjukkan bahwa penanaman tanpa pengolahan tanah (ZT) yang tidak dikombinasi dengan penutup tanah memberikan performans hasil produksi yang buruk. Lahan dengan ZT tanpa penutup tanah atau cover crop residu akan memberikan hasil panen yang buruk. Di daerah dengan tingkat curah hujan rendah, hasil tertinggi diperoleh dari tidak ada pengolahan (ZT) dan penggunaan retensi sisa panen, hasil antara sistem pengolahan tanah yang berbeda dengan konvensional (CT) untuk pengolahan tanah minimum, dan hasil terendah dari tidak ada NT dan tidak ada residu. Hasil serupa juga ditemukan pada lahan tadah hujan, hasil gandum dan jagung drastis

berkurang waktu residu dikeluarkan dari sistem no till (ZT)

Retensi sisa tanaman merupakan komponen penting CA untuk meningkatkan atau mempertahankan C tanah. Faktor-faktor yang meningkatkan hasil panen akan meningkatkan jumlah residu yang tersedia dan potensi penyimpanan C tanah. Pengelolaan kesuburan dapat menjadi faktor yang paling penting untuk meningkatkan produksi residu dan meningkatkan penyimpanan C tanah, apakah sistemnya adalah ZT atau CT atau mengurangi rotasi tanaman, ini akan sangat penting untuk meningkatkan input C dan C tanah dalam sistem produktivitas rendah input (Paul et al., 2013; Thierfelder et al., 2013b; Dube et al., 2012; Ghimire et al., 2012; Hillier et al., 2012 dalam Palm et al, 2013). Sebagai perbandingan kasar dengan menggunakan rata-rata hasil regional (Hazell and Wood, 2008) dan indeks har-vest sebesar 50% untuk jagung, pertanian di AS menghasilkan residu jagung 10 Mg/ ha

Penyimpanan C tanah lebih banyak dipengaruhi oleh kuantitas daripada kualitas input organik. Kualitas residu ditentukan oleh rasio C: N dan dapat dimodifikasi dengan jumlah bahan kimia dan polifenolik dalam material. Kualitas dapat mempengaruhi penyimpanan dan dinamika C jangka pendek namun tampaknya tidak mempengaruhi stabilisasi dan penyimpanan C jangka panjang di dalam tanah. Kualitas residu dapat mempengaruhi kesuburan tanah dan dengan demikian jumlah residu yang dihasilkan untuk input C. Sebagai contoh, bahan dengan rasio C: N tinggi, karakteristik residu tanaman sereal, kurangi N yang tersedia di tanah akibat immobilisasi N dan dapat menghasilkan produksi tanaman yang lebih rendah, sedangkan residu dengan kandungan N tinggi dan rasio C: N yang rendah, seperti halnya dengan banyak residu legume dan tanaman penutup kacang-kacangan, kemungkinan meningkatkan ketersediaan N dan produksi tanaman (Powlson et al., 2011b; Palm et al., 2001 dalam Palm, 2013). Jumlah residu tanaman yang dipertahankan setelah panen, baik di permukaan tanah atau yang tergabung, merupakan komponen kunci untuk peruntukan CA.

Tidak seperti pertanian zona beriklim sedang dan sistem usahatani skala besar lainnya, di mana ZT atau RT menghasilkan produksi yang tinggi dan Retensi residu tanaman, residu yang dihasilkan di banyak pertanian skala kecil tidak hanya rendah

tetapi juga memiliki banyak kegunaan bersaing. Nasib residu tergantung pada banyak faktor termasuk kepadatan populasi manusia dan ternak, potensi produksi daerah, dan pasar pakan ternak, (Magnan et al., 2012; Valbuena et al., 2012; Tittonel et al., 2007). Mayoritas petani adalah petani campuran yang kebanyakan menggunakan sisa tanaman sebagai pakan ternak (Hendrik, dkk, 2021). Di beberapa daerah, residu tanaman hanya dibakar di ladang jagung (Ghimire et al., 2012; Hendrik, dkk, 2021), sementara di daerah lain, residu dikeluarkan dari sawah oleh rayap (Giller et al., 2009). Literatur yang membahas tentang persediaan C tanah sering kali membahas efek pengolahan tanah, rotasi, dan pengelolaan residu secara terpisah.

Penting untuk mengetahui bahwa komponen CA ini saling berinteraksi. Misalnya, jenis tanaman, intensitas tanam, dan lama sistem croppings menentukan jumlah input dan dengan demikian kemampuan CA untuk menyimpan lebih banyak C daripada CT (Govaerts et al., 2009; Luo et al., 2010 dalam Palm et al, 2013). Intensifikasi sistem tanam dengan biomassa di atas dan di bawah permukaan rendah (yaitu, spesies tanaman yang berakar) dapat meningkatkan sistem CA untuk menyimpan C tanah relatif terhadap CT. Selain itu, praktik CA seperti NT mungkin tidak menyimpan lebih banyak C tanah daripada CT jika meninggalkan residu dalam jumlah terbatas. Meskipun jumlah residu yang meningkat sangat penting untuk meningkatkan penyimpanan tanah, interaksi residu dengan tekstur tanah dan mikrokontroler tanah (kelembaban dan suhu) pada akhirnya akan menentukan tingkat dekomposisi residu dan perputaran dan penyimpanan tanah C. Interaksi penting dan kompleks yang pada akhirnya menentukan penyimpanan tanah membuat sulit untuk mengidentifikasi pola dan tren yang jelas yang diperlukan untuk mengembangkan pedoman praktis.

Mulsa di permukaan melindungi terhadap efek pembakaran yang kompak dan erosi dari hujan deras, menurunkan fluktuasi suhu, dan memberi energi dan nutrisi pada organisme di bawah permukaan tanah. Manfaat penangkapan karbon menjadi jelas dalam kaitannya dengan warna yang gelap dan tanah yang lebih rapuh, disertai dengan perbaikan pertumbuhan tanaman, ditambah sedikit erosi dan karenanya mengurangi pengendapan

sedimen di hilir di streambeds (Kassam et al 2009, FAO,2015, Palm et al, 2016)

Tanah tidak digiling dan ditutup secara permanen dengan residu tanaman untuk mengurangi erosi tanah, meningkatkan aktivitas biologis tanah dan penyerapan karbon tanah, konservasi air yang lebih baik, efisiensi penggunaan nutrisi yang lebih baik, meningkatkan ketersediaan hara dari aktivitas biologis, peningkatan efisiensi energi (Sturny et al., 2007), dan pengembalian ekonomi yang lebih tinggi seiring waktu (Derpsch et al., 2010). Saat ini, meski penggabungan jerami telah menjadi praktik yang paling populer seiring dengan kemajuan mekanisasi dan inovasi konsumsi energi dalam kehidupan sehari-hari, CT masih merupakan praktik yang menonjol, di mana jerami dan ranting dimasukkan ke dalam tanah, jadi bahan organik tidak menyeluruh ditutupi tanah (Lopez-Garrido et al., 2014; Wang et al., 2006 di kutip Sun Lei et al, 2017).

Residu penutup permukaan tanah adalah fitur kunci dari sistem pertanian konservasi. Penelitian oleh CIMMYT telah menunjukkan bahwa menghilangkan residu dapat menyebabkan mengurangi hasil dan menurunkan pengembalian (return) hasil ekonomi NT (Derpsch et al, 2014). No-till (ZT) adalah pendekatan sistem pertanian utama yang sesuai dengan persyaratan sistem produksi pertanian yang berkelanjutan, di bawah kondisi tanah dan iklim yang ekstrem. (Derpsch et al., 1991; Baumhardt dan Jones, 2002; Lampurlane et al., 2002; Reicosky, data tidak dipublikasikan di kutip Derpsch et al).

5. Rotasi Tanaman

Praktek rotasi tanaman dengan lebih dari dua spesies merupakan prinsip ke tiga dalam pertanian konservasi.. Menurut sebuah artikel yang diterbitkan dalam *Fisiologis Transactions of the Royal Society* yang berjudul "Peran pertanian konservasi dan pertanian berkelanjutan," rotasi tanaman dapat digunakan sebaik mungkin sebagai pengendalian penyakit terhadap tanaman pilihan lainnya (Hobbs et al 2007). Proses ini tidak akan membiarkan hama seperti serangga dan gulma diatur menjadi rotasi dengan tanaman tertentu. Rotasi tanaman akan bertindak sebagai insektisida alami dan herbisida melawan tanaman tertentu. Tidak membiarkan serangga atau gulma membentuk pola akan membantu menghilangkan masalah dengan pengurangan hasil dan infestasi (FAO 2014). Rotasi tanaman juga bisa membantu

membangun infrastruktur tanah. Membentuk tanaman dalam rotasi memungkinkan penumpukan zona perakaran ekstensif yang memungkinkan infiltrasi air yang lebih baik (FAO 2014; Hobbs et.al 2008).

Hal ini sesuai dengan laporan Ponisio dan Ehrlich (2016), yang menyatakan bahwa bahkan bila hanya satu atau dua prinsip yang digunakan, di bawah kondisi tadah hujan di iklim kering, hasil pertanian konservasi 7,3% lebih tinggi daripada sistem industri, hal ini kemungkinan karena perbaikan Infiltrasi air dan konservasi kelembaban tanah yang lebih besar. Aryal et al, 2016 dalam penelitian yang mengeksplorasi apakah sistem produksi gandum berbasis pertanian konservasi yang ramah lingkungan (conservation agriculture-based wheat production system/ CAW) dapat lebih baik mengatasi iklim ekstrem daripada sistem produksi gandum berbasis konvensional (conventional tillage-based wheat production system / CTW). membuat empat kesimpulan utama: i) Besarnya imbas hasil kerugian pada gandum selama tahun yang buruk lebih rendah di CAW daripada CTW memberikan bukti bahwa praktik berbasis pertanian konservasi pada gandum merupakan respon adaptasi yang efektif terhadap curah hujan berlebihan dan terlalu dini yang sering terjadi ii) Karena CAW memberikan keuntungan hasil pada tahun yang baik dan buruk, memang layak untuk mempromosikan CAW sekalipun tanpa subsidi. Namun, meningkatkan pengetahuan dan keyakinan petani terhadap CAW melalui pelatihan rutin sangat penting, iii) CAW dapat berfungsi sebagai tindakan adaptasi risiko iklim tanpa memandang ukuran lahan, iv) analisis data cuaca jangka panjang dari menunjukkan bahwa satu dalam setiap empat tahun bisa menjadi tahun yang buruk dalam hal curah hujan ekstrem selama musim gandum, dan dengan demikian, CAW bisa menjadi sarana yang efektif untuk beradaptasi dengan variabilitas curah hujan .

Keanekaragaman rotasi tanaman yang tidak memadai (misalnya rotasi yang dioptimalkan untuk pemanenan konvensional mungkin tidak sama dengan tanpa persiapan lahan). Selain itu, sistem pertanian konservasi mungkin berbeda kesempatan untuk penanaman tanaman penutup, sedangkan sistem konvensional mungkin terbatas karena waktu dan kelembaban yang hilang pada saat tanah sedang dikerjakan. Palm et al, 2013, selanjutnya juga menyatakan rotasi tanaman kurang

berpengaruh pada kandungan C tanah dibanding pengolahan tanah konservasi. Rotasi tanaman dapat mempengaruhi C tanah dengan meningkatkan produksi biomassa dan input C dari tanaman yang berbeda dalam sistem atau melalui perubahan siklus hama, diversifikasi pola dan kedalaman perakaran. Mengutip Palm et al 2013; Corsi et al., 2012 juga dikemukakan desain eksperimental memiliki putaran rotasi yang membingungkan dengan pengolahan tanah sehingga sulit untuk membuat kesimpulan tentang efek rotasi saja. Potensi rotasi tanaman pada perawatan tanah sering dicampur aduk. Panen tanaman dengan residu tinggi menghasilkan lebih banyak C daripada tanaman dengan input residu rendah. Inten-sifikasi sistem tanam seperti peningkatan jumlah tahun panen, tanam ganda, dan penambahan tanaman penutup dapat menyebabkan penyimpanan C tanah yang meningkat dengan ZT, interaksi dengan rotasi tanaman dan praktik pengolahan tanah, secara umum, rotasi tanaman menghasilkan lebih banyak C pada monokultur yang di konversi ke ZT. Secara umum diketahui bahwa perbedaan efek rotasi tanaman pada C tanah hanya berhubungan dengan jumlah biomassa tanah di atas dan di bawah tanah (residu dan akar) yang dihasilkan dan dipertahankan pada sistem. Sayangnya, hanya sedikit penelitian yang mengukur atau melaporkan masukan residu, terutama biomassa akar atau pola perakaran, untuk lebih menjelaskan efek rotasi. Boddey et al. (2010) dikutip Palm et al, 2013, menghubungkan penyimpanan C tanah yang lebih tinggi di ZT daripada CT dengan masuknya pertanaman kacang polong atau tanaman penutup ke dalam rotasi, dan bukan karena produksi dan residu yang lebih tinggi. Hal ini menunjukkan dekomposisi residu yang lebih lambat dan N yang lebih rendah di ZT dibandingkan dengan CT menghasilkan akar yang lebih tinggi : rasio pucuk dan C di bawah tanah dengan ZT.

Keberhasilan sistem pertanian konservasi menurut Derpsch et al, 2016, didasarkan pada diversifikasi melalui rotasi tanaman dan tanaman penutup dan pada aplikasi tetap tanpa persiapan tanah . Selanjutnya Sa' et al (2013); Tivet et al (2013) di kutip Sa' et al., 2013; menyatakan sistem ini meniru alam, di mana rongga atau pori tanah terjadi dengan adanya keragaman akar tanaman dan fauna tanah dan flora (Sa'' et al., 2013; Tivet et al., 2013). Akhirnya, meskipun berbagai

penelitian diatas sudah menunjukkan bagaimana CA adalah suatu sistem yang dapat mendukung pertanian berkelanjutan, Derpsch et al, 2014, menyatakan masih banyak pertanyaan –pertanyaan yang akan terus muncul menyangkut pertanian konservasi.

Petani di kabupaten Kupang umumnya adalah petani kecil dengan luas lahan yang juga kecil umumnya bertani dengan tujuan untuk memenuhi kebutuhan rumahtangga sendiri atau petani subsisten, dan jenis tanaman yang di usahakan adalah tanaman hortikultura dan tanaman pangan dari jenis padi ladang dan jagung .Penanaman tanaman padi ladang dan jagung umumnya dilakukan 1 kali dalam setahun yaitu pada musim hujan.. Dengan bulan hujan 4-5 bulan dan curah hujan yang rendah dan tidak menentu menyebabkan faktor gagla panen juga lebih tinggi. Dari tiga prinsip Pertanian Konservasi yakni Tanpa olah tanah, penggunaan residue tanaman sebagai penutup tanah dan rotasi tanaman atau pergiliran tanaman, petani lebih banyak menerapkan tanpa olah tanah (ZT) pada tanaman jagung, sedangkan untuk tanaman hortikultura dan padi ladang lebih banyak menggunakan teknik konvensional (CT) ataupun moden yang masih sangat bergantung pada penggunaan alat pertanian seperti traktor dan penggunaanin pupuk kimia dan pestisida kimia. Teknik pertanian konservasi yang dilaksanakan untuk teknik tanpa olah tanah (ZT) lebih banyak dipengaruhi oleh teknik konvensional, sedangkan penggunaan residu tanaman sebagai penutup tanah lebih banyak bersaing dengan penggunaannya sebagai pakan ternak, sedangkan sedikit yang membakar sisa tanaman diladang saat akan mulai menanam.. Rotasi tanaman tidak banyak dilakukan oleh petani hal ini disebabkan oleh kendala iklim dan keterbatasan sumber air. Kondisi ini juga masih di tambah dengan keterbatasan modal dan tingkat pendidikan petani yang rendah (Hendrik,dkk, 2021)

Pelatihan praktek tentang pertanian konservasi dapat membantu petani untuk mendapat pemahaman yang lebih jelas tentang pentingnya pertanian konservasi untuk mempertahankan produktivitas lahan kering dalam jangka panjang. Dukungan kelembagaan dapat dilakukan dengan memberikan insentif dan layanan yang dibutuhkan kepada petani yang berhubungan dengan pertanian konservasi dan terus ditingkatkan.

Kesimpulan

Pertanian Konservasi (CA) mengubah sifat dan proses tanah dibandingkan dengan pertanian konvensional. Perubahan ini pada gilirannya dapat mempengaruhi layanan ekosistem, Untuk keberhasilan usaha tani dengan teknik pertanian konservasi, paling tidak diperlukan kombinasi antara tanpa pengolahan tanah (ZT) dan pemanfaatan sisa tanaman sebagai penutup tanah ataupun dengan rotasi tanaman. Untuk itu, dukungan input pertanian dan pelatihan bagi petani terkait dengan prinsip CA ini juga diperlukan.

Pertanian Konservasi (CA) dapat mengubah sifat dan proses tanah dibandingkan dengan pertanian konvensional, Pelatihan praktis tentang pertanian konservasi dapat membantu petani mendapatkan pemahaman yang lebih jelas tentang pentingnya pertanian konservasi untuk mempertahankan produktivitas lahan kering dalam jangka panjang. Dukungan kelembagaan dapat dilakukan dengan memberikan insentif dan pelayanan yang diperlukan kepada petani terkait pertanian konservasi dan terus ditingkatkan.

DAFTAR PUSTAKA

1. FAO, 2015a. What is conservation agriculture? dalam <https://www.icarda.org/conservation-agriculture/what-conservation-agriculture> .
2. FAO, 2015b. Adoption of conservation agriculture. Agriculture and consumer Protection Department, Conservation Agriculture. Dalam : <http://www.fao.org/ag/ca/6a.html>
3. Hobbs Peter R, Sayre Ken, Gupta R. 2008. The role of conservation agriculture in sustainable agriculture. Dalam : <http://rstb.royalsociety.org/content/363/1491/543>. Downld : 24 mei 2017.
4. Hendrk Ernantje, Soemarno, Bagyo Yanuwidi, Amin S Leksono, 2021. Environmental Management Model With Implementation Of Conservation Agriculture And Its Role On Food Security Of Farmer Households In Kupang District, Indonesia. Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences, RJOAS, 6(114), June 2021 207DOI 10.18551/rjoas.2021-06.24
5. Romero-Perezgrovas, R.; Verhulst, N.; de La Rosa, D.; Hernández, V.; Maertens, M.; Deckers, J.; Govaerts, B. 2014. Effects of tillage and crop residue management on

- maize yields and net returns in the Central Mexican highlands under drought conditions. *Pedosphere* 2014, 24, 476–486.
6. Derpsch, R And Theodor Friedrich, 2014. Overview of the Global Spread of Conservation Agriculture. Food and Agriculture Organization (FAO) of the United Nations, Dalam : [https : // facts reports.revues.org/1941](https://facts-reports.revues.org/1941). Download : 27 mei 2017
 7. Uddin, MT and Dhar, AR, 2016. Conservation agriculture practice and its impact on farmers' livelihood status in Bangladesh, SAARC Journal of Agriculture, Vol. 14 No 1, 2016, pages 119-140
 8. Ponisio Lauren C and Paul R. Ehrlich 2016. Diversification, Yield and a New Agricultural Revolution: Problems and Prospects. Dalam : [www. mdpi. Com / 2071-1050 / 8 / 11 / 1118 / pdf](http://www.mdpi.com/2071-1050/8/11/1118/pdf).
 9. Derpsch R, 2016 Soil and Tillage Research., *Journal of Ecosystems and Environment*, journal home page: [www. elsevier. com/locate/agee](http://www.elsevier.com/locate/agee)
 10. Kassam A, T. Friedrich, R. Derpsch and J. Kienzle, 2015. Overview of the Worldwide Spread of Conservation Agriculture. *Field Actions Science Reports*, The journal of field actions Vol. 8 | 2015 Vol. 8
 11. Kassam A, T. Friedrich and R. Derpsch 2018. Global spread of Conservation Agriculture. *International Journal of Environmental Studies*, ISSN: 0020-7233 (Print) 1029-0400 (Online) Journal homepage: [http:// www. Tandfonline .com/loi/genv20](http://www.Tandfonline.com/loi/genv20)
 12. Kassam Amir et al, 2009. The spread of Conservation Agriculture: Justification, sustainability and uptake. *International Journal Of Agricultural Sustainability* 7(4) 2009, Pages 292 – 320 # 2009 Earthscan. ISSN: 1473-5903 (print), 1747-762X (online). Di unduh dari : www.earthscanjournals.com
 13. Derpsch at al, 2014. Why do we need to standardize no-tillage research?. Derpsch Rolf, S. Duiker, Wolfgang Sturny, Theodor Friedrich, Alan Franzluebbers, João Carlos De Moraes Sá, J. Sá, K. Koeller, 2014. *Soil and Tillage Research*, 2014
 14. Palm C, Humberto Blanco-Canquib, Fabrice DeClerckc, Lydiah Gaterea, Peter Graced 2013. Conservation agriculture and ecosystem services: An overview. *Journal of Agriculture, Ecosystems and Environment*, journal home page: [www.elsevier.com/ locate/agee](http://www.elsevier.com/locate/agee)
 15. Gwenje Douglas, Mukamuri Billy, Marumbi Ronald, 2015. Conservation Agriculture and Food Security: An Analysis of Action Contra La Faim's (ACF) Interventions in Chipinge District, Zimbabwe. *Zimbabwe Journal of Science & Technology* pp 201-213
 16. Cooper Richard J et al, 2016. Assessing the farm-scale impacts of cover crops and non- inversion tillage regimes on nutrient losses from an arable catchment . *Journal of Ecosystems and Environment*, journal home page: [www. elsevier. com/locate/agee](http://www.elsevier.com/locate/agee)
 17. Ghimire R, K R Adhikari, Z Sang Chen, S C Shah, K R Dahal, 2012. oil organic carbon sequestration as affected by tillage, crop residue, and nitrogen application in rice–wheat rotation system. *Paddy Water Environ* (2012) 10:95–102. DOI 10.1007/s10333-011-0268-0. Springer
 18. Giller K E, 2009. . Conservation Agriculture and Smallholder Farming in Africa. [https://doi.org/ 10.1016/ j.fcr.2009.06.0](https://doi.org/10.1016/j.fcr.2009.06.0)
 19. Sun Lei and Qian Wang, 2018. Conservation agriculture based on crop rotation and tillage in the semi-arid Loess Plateau, China: Effects on crop yield and soil water use. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.09.011>
 20. Aryal P J, 2016. Conservation agriculture-based wheat production better copes with extreme climate events than conventional tillage-based systems: A case of untimely excess rainfall in Haryana. *Journal of Ecosystems and Environment*, journal home page: [www. elsevier. com/](http://www.elsevier.com/)