

ANALISIS KELAYAKAN FINANSIAL PENGEMBANGAN SISTEM IRIGASI CAKRAM OTOMATIS BERTENAGA SURYA DI NUSA TENGGARA BARAT

FINANCIAL FEASIBILITY ANALYSIS FOR DEVELOPMENT OF SOLAR POWER AUTOMATIC IRRIGATION WITH DISC IRRIGATION SYSTEM IN WEST NUSA TENGGARA

Oleh:

Popi Rejekiningrum¹⁾ dan Satyanto Krido Saptomo²⁾

¹⁾Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian
Jl. Tentara Pelajar No. 1A Bogor, Jawa Barat, Indonesia

²⁾Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Pertanian Bogor
Kampus IPB Dramaga, Bogor 16680, Jawa Barat, Indonesia

Komunikasi Penulis: Telp. +62 2518312760, Fax. (0251) 8323909, email: popirejeki@yahoo.com

Naskah ini diterima pada 8 Agustus 2015; revisi pada 22 Agustus 2015;
disetujui untuk dipublikasikan pada 17 September 2015

ABSTRACT

This study evaluates the result of implementation of water-efficient irrigation technology by using an automated round-shaped emitter, powered by solar cell. In order to determine investment feasibility of the automated system, Net Present Value (NPV), Internal Rate of Interest (IRR) and Benefit Cost Ratio (BCR) analysis have been conducted. An investment is feasible if the project fulfill the following criteria: (1) NPV is greater than zero, (2) IRR is greater than the discount rate which are applicable, (3) BCR greater than 1. The analysis shows that in general, the application of the automated system for mango, sugar apple, grapes, and chili plantation is very feasible. NPV of the investment ranges from Rp 1,533,423 to Rp 21,995,452; BCR value ranges from 1.337 to 3.775, and IRR value ranges from 17.38% to 34.10%. Implementation of the automated system for the development of mango and sugar apple plantation are the most feasible, with highest NPV, BCR and IRR. Whereas, implementation of the automated system for chili plantation is not feasible, since the value of NPV < 0, BCR < 1, and IRR < 14% interest rates. The average payback period of the automated system is about 4 year.

Keywords: *automatic irrigation, solar power, disk irrigation system, Net Present Value, Internal Rate of Interest, Net Benefit Cost Ratio, irrigation efficiency, water productivity*

ABSTRAK

Penelitian implementasi teknologi irigasi hemat air menggunakan sistem irigasi otomatis yang berbentuk emiter melingkar (cakram/cincin) bertenaga surya telah dilakukan. Untuk mengetahui kelayakan investasi pembuatan sistem irigasi cakram otomatis bertenaga surya, dilakukan analisis *Net Present Value* (NPV), *Internal Rate of Interest* (IRR), dan *Benefit Cost Ratio* (BCR). Suatu investasi dikatakan layak bila memenuhi kriteria sebagai berikut: (1) NPV lebih besar dari nol, (2) IRR lebih besar dari *discount rate* yang sedang berlaku, (3) BCR lebih besar dari 1. Hasil analisis menunjukkan bahwa sistem irigasi cakram otomatis bertenaga surya untuk pengembangan komoditas mangga, srikaya, anggur, dan cabe sangat layak untuk dilaksanakan, dengan nilai NPV dari investasi berkisar antara Rp 1.533.423,00 – Rp 21.995.452, nilai BCR antara 1,34 - 3,78, dan nilai IRR antara 17,38% - 34,10%. Implementasi sistem irigasi cakram otomatis bertenaga surya dengan pengembangan srikaya dan mangga paling layak dikembangkan di Pringgabaya dengan nilai NPV, BCR, dan IRR paling tinggi. Sedangkan implementasi irigasi cakram otomatis dengan hanya mengembangkan cabe tidak layak secara finansial karena nilai NPV < 0, nilai BCR < 1, dan nilai IRR < suku bunga 14%. Investasi pembuatan irigasi otomatis dengan sistem cakram rata-rata kembali modal pada tahun ke-4 hal ini tercermin dari nilai *payback period* (periode kembali modal).

Kata kunci: *irigasi otomatis, tenaga surya, sistem irigasi cakram, Net Present Value, Internal Rate of Interest, Net Benefit Cost Ratio, efisiensi irigasi, produktivitas air*

I. PENDAHULUAN

Permasalahan keterbatasan air di lahan kering berdampak terhadap produktivitas lahan kering yang tidak memiliki infrastruktur irigasi dan mengandalkan hujan, yang pada akhirnya akan menurunkan produktivitas lahan. Untuk meningkatkan dan menjaga stabilitas produktivitas lahan, salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah menjaga ketersediaan air atau memastikan air selalu tersedia dengan cukup untuk tanaman setiap kali tanam. Hal ini membutuhkan upaya untuk efisiensi pemanfaatan air.

Salah satu upaya efisiensi pemanfaatan air adalah pemberian air dengan sistem irigasi tetes yaitu pemberian air pada tanaman secara langsung, baik pada permukaan tanah maupun di dalam tanah melalui tetesan secara sinambung dan perlahan pada tanah di dekat tumbuhan (Kalsim, 2003). Sistem irigasi hemat air lainnya adalah irigasi kendi (*pitcher irrigation*), telah dikembangkan sebagai upaya meningkatkan efisiensi penggunaan air irigasi untuk tanaman hortikultura lahan kering di Indonesia (Setiawan, 2002; Setiawan, 2000).

Teknologi yang dapat digunakan adalah teknik mengendalikan air irigasi dengan mempergunakan sistem otomatis yang bekerja tergantung pada sistem penginderaan dan mekanisme kendali. Permasalahannya adalah sistem otomatis cenderung menjadi suatu sistem yang rumit dan membutuhkan seorang spesialis atau ahli untuk menangani secara langsung. Teknologi ini menjadi sangat mahal dan tidak efisien untuk usaha pertanian. Selain itu ketergantungan pada listrik juga harus dipertimbangkan dalam mengembangkan sistem otomatis. Oleh karena itu sistem kendali yang dikembangkan harus memperhatikan masalah biaya, kemudahan perawatan, portabilitas dan ketidak tergantungan dalam suplai daya listrik, teknologi seperti ini telah dikembangkan sebelumnya oleh (Saptomo dan Setiawan, 2012)

Sistem irigasi otomatis yang ditawarkan tersebut bekerja dengan menjaga kelengasan tanah pada rentang air tersedia, sehingga diharapkan tidak terjadi evaporasi berlebih, limpasan permukaan maupun perkolasi dalam yang dianggap sebagai kehilangan air (*loss*). Dengan terjaganya kelengasan tanah pada rentang air tersedia bagi akar tanaman, maka tanaman pun dapat tumbuh dan berkembang dengan baik dengan asumsi tidak terjangkit penyakit atau terserang hama. Sehingga diharapkan diperoleh peningkatan bobot produk per satuan unit volume air yang dipergunakan, atau yang dikenal sebagai

produktivitas air (*water productivity*) secara fisik (Molden, 2007).

Pemberian air dengan sistem irigasi cakram otomatis bertenaga surya merupakan penggabungan dua prinsip kerja dari irigasi tetes dan irigasi kendi dimana sistem tetes mampu menyediakan air sesuai kebutuhan tanaman di daerah perakaran sehingga mengurangi kehilangan air irigasi berupa perkolasi dan limpasan (*run-off*) dan sistem irigasi kendi memanfaatkan media porus untuk mengendalikan kelembaban tanah. Sistem irigasi cakram mengalirkan air pada tanaman dengan debit yang kecil di daerah perakaran tanaman dan menjaga kelembaban tanah dengan media yang berbentuk cakram sebagai emiter. Dimensi dan luasan cakram tergantung pada luas daerah perakaran tanaman yang akan diperoleh dari hasil analisis numerik dengan pemodelan air dalam tanah. Jenis material cakram yang digunakan memberikan peranan penting dalam mengendalikan laju air irigasi ke dalam tanah, terutama pada karakteristik konduktivitas hidroliknya. Bahan yang digunakan adalah bahan yang porus, dapat berupa bahan keramik seperti irigasi kendi (Setiawan, 2000 dan Setiawan, 2002) ataupun dari bahan tekstil yang dirancang khusus dengan tingkat permeabilitas tertentu agar mampu mempertahankan tetesan air yang menyebar di seluruh permukaan cakram dan mempertahankan kelembaban tanah.

Untuk menguji kelayakan investasi sistem irigasi cakram untuk pengembangan pertanian, maka dilakukan analisis kelayakan finansial investasi sistem irigasi cakram otomatis bertenaga surya untuk pengembangan pertanian menggunakan kriteria investasi.

Tujuan penelitian adalah melakukan analisis kelayakan finansial sistem irigasi cakram otomatis bertenaga surya untuk pengembangan pertanian melalui perhitungan *Net Present Value* (NPV), *Internal Rate of Return* (IRR), dan *Benefit Cost Ratio* (BCR).

Lokasi penelitian di lahan pertanian yang terletak di Kecamatan Pringgabaya Kabupaten Lombok Timur, Propinsi Nusa Tenggara Barat. Penyusunan model, perancangan, analisis data dan pengujian laboratorium sistem irigasi cakram otomatis dilakukan di Bagian Teknik Sumberdaya Air dan Bagian Teknik Lingkungan, Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan IPB.

II. TINJAUAN PUTAKA

Keterbatasan air di lahan kering berdampak terhadap produktivitas lahan yang tidak memiliki infrastruktur irigasi dan mengandalkan hujan,

yang pada akhirnya akan menurunkan produktivitas lahan. Untuk meningkatkan dan menjaga stabilitas produktivitas lahan, salah satu yang bisa dilakukan adalah menjaga ketersediaan air atau memastikan air akan tersedia dengan jumlah yang cukup untuk tanaman setiap kali dibutuhkan. Untuk itu diperlukan upaya untuk efisiensi pemanfaatan air.

Salah satu cara pemberian air secara efisien adalah pemberian air dengan sistem irigasi tetes yaitu pemberian air pada tanaman secara langsung, baik pada permukaan tanah maupun di dalam tanah melalui tetesan secara sinambung dan perlahan pada tanah di dekat tumbuhan (Kalsim, 2003). Sistem irigasi hemat air lainnya adalah irigasi kendi (*pitcher irrigation*), telah dikembangkan sebagai upaya meningkatkan efisiensi penggunaan air irigasi untuk tanaman hortikultura lahan kering di Indonesia (Setiawan, 2000; Setiawan, 2002).

Teknologi yang dapat digunakan adalah teknik mengendalikan air irigasi dengan mempergunakan sistem otomatis yang bekerja tergantung pada sistem penginderaan dan mekanisme kendali cenderung menjadi suatu sistem yang rumit dan membutuhkan seorang spesialis atau ahli untuk menangani secara langsung (Saptomo *et al.*, 2014). Teknologi ini menjadi sangat mahal dan tidak efisien untuk usaha pertanian. Selain itu ketergantungan pada listrik juga harus dipertimbangkan dalam mengembangkan sistem otomatis. Oleh karena itu sistem kendali yang dikembangkan harus memperhatikan masalah biaya, kemudahan perawatan, portabilitas dan ketidaktergantungan dalam suplai daya listrik, seperti ini telah dikembangkan sebelumnya oleh Saptomo dan Setiawan (2012).

Untuk mengetahui manfaat sistem irigasi cakram otomatis bertenaga surya, maka dilakukan analisis perkiraan manfaat ekonomi kelayakan sistem melalui analisis rencana biaya-manfaat (Saptomo *et al.*, 2014).

Suatu usaha tani dapat dikatakan layak atau tidak untuk dilakukan dapat dilihat dari efisiensi penggunaan biaya dan besarnya perbandingan antara total penerimaan dengan total biaya. Pada umumnya syarat utama dalam usaha tani harus memperhatikan: (i) BCR >1; (ii) IRR > bunga bank yang berlaku; (iii) produktivitas tenaga kerja lebih besar dari tingkat upah yang berlaku; (iv) pendapatan lebih besar dari pengeluaran usaha tani; (v) jika terjadi penurunan harga produksi maupun peningkatan harga faktor produksi sampai batas tertentu tidak menyebabkan kerugian

Lebih lanjut menurut Kadariah (1999), untuk mengetahui daya tarik suatu proyek, ada tiga kriteria investasi yang dapat dipertanggungjawabkan yaitu: *Net Present Value* (NPV), *Internal Rate of Interest* (IRR), dan *Benefit Cost Ratio* (BCR). Suatu proyek dikatakan layak bila proyek tersebut memenuhi kriteria sebagai berikut: (i) NPV lebih besar dari nol; (ii) IRR lebih besar dari *discount rate* yang sedang berlaku; dan (iii) BCR lebih besar dari 1.

Macam atau jenis analisis usaha tani memang beragam karena macam analisis yang dipilih bergantung pada tujuan yang ingin diraih. Secara umum sebelum melakukan analisis data dikelompokkan terlebih dahulu yakni data parametrik yang biasanya terdiri dari data yang terukur dan data non parametrik yang biasanya terdiri dari data yang berupa skala dan skor.

Kombinasi dari beberapa faktor menjadikan keputusan investasi sebagai keputusan yang paling penting bagi pengelolaan keuangan. Semua bagian di dalam perusahaan sangat terpengaruh pada keputusan ini. Kenyataan bahwa akibat keputusan ini berlanjut untuk suatu jangka waktu yang panjang membuat pengambil keputusan kehilangan fleksibilitasnya.

Perusahaan harus membuat komitmen untuk masa depan. Suatu kesalahan dalam pengambilan keputusan dapat memiliki konsekuensi yang serius. Jika perusahaan terlalu besar dalam aktiva, maka hal itu dapat menimbulkan beban Penyusutan dan beban lainnya yang tinggi, yang sebesar-besarnya tidak perlu terjadi.

Dengan menggunakan analisis manfaat finansial, kelayakan usaha yang direncanakan ditentukan dengan menggunakan tiga kriteria, yaitu analisis NPV, IRR dan analisis BCR. Peramalan harga faktor produksi dan harga produksinya pada masa mendatang tidaklah mudah. Analisis kepekaan dapat dilakukan dengan cara mengubah nilai variabel-variabel dalam perhitungan *Net Present Value* (NPV) yang berpengaruh terhadap hasil analisis *cost-benefit* dari suatu proyek. Dalam analisis *cost-benefit* dengan menggunakan NPV, variabel yang paling berpengaruh adalah *discount rate*. Suatu tingkat *discount rate* dapat dirubah untuk melihat bagaimana nilai *cost* dan *benefit* mengalami perubahan pada tingkat *discount rate* yang lebih tinggi maupun pada tingkat *discount rate* yang lebih rendah (Perkins, 1994).

Metode analisis NPV dapat memberikan gambaran mengenai besarnya pengaruh keberadaan suatu proyek terhadap kesejahteraan sosial masyarakat suatu negara dengan cara melakukan penilaian antara *cost* dan *benefit* yang dapat ditimbulkan

sebagai akibat keberadaannya. Dalam penggunaan metode analisis NPV, terhadap keseluruhan data-data yang akan dianalisis terlebih dahulu dilakukan proses *discounting*. Maksud dari proses *discounting* adalah proses pendeflasian pendapatan masa yang akan datang sehingga bernilai sama dengan nilai pendapatan saat ini. Hal ini dilakukan untuk memperoleh nilai pendapatan yang sebanding agar dapat dilakukan perhitungan dan perbandingan antara *cost* dan *benefit*. Faktor yang digunakan untuk men-*discounting* nilai *cost* dan *benefit* dari pendapatan yang akan datang disebut *discount rate* dan biasanya dinyatakan dalam persentase.

IRR merupakan nilai *discount rate* dimana hasil akhir NPV dari suatu analisis cost-benefit adalah bernilai nol, atau dengan kata lain, IRR merupakan kondisi dimana *cost* dan *benefit* dari suatu proyek adalah bernilai sama. IRR adalah suatu hal yang penting untuk mengukur dan melakukan penilaian terhadap *discount rate* yang diterapkan dalam analisis *cost-benefit* suatu proyek, sehingga dapat diketahui apakah nilainya menjadi terlalu tinggi atau terlalu rendah. Metode *Cost Benefit Ratio Index* ini mencari hasil dalam bentuk ratio dengan cara membagi nilai sekarang dari seluruh pendapatan, dan dari suatu usaha secara membungakannya dengan bunga dibagi dengan biaya usaha. Hasil-hasil yang segera didapat kemudian dipertimbangkan untuk dipilih adalah yang *cost benefit ratio* atau *probability index*-nya sama atau lebih besar dari satu (>1), sebab *cost benefit ratio* yang kurang dari satu (< 1) menggambarkan nilai sekarang dari pendapatan adalah lebih rendah dari pengeluarannya, dan hasil-hasil yang seperti itu harus ditolak.

Setiap petani pada hakekatnya menjalankan sebuah perusahaan pertanian di atas usaha taninya. Usaha tani tersebut merupakan suatu perusahaan pertanian karena tujuannya bersifat ekonomis.

Cara penghitungan NPV merupakan cara yang paling praktis untuk mengetahui apakah proyek itu menguntungkan atau tidak. Kriteria lain adalah *Internal Rate of Return* (IRR) dan BCR. IRR merupakan tingkat keuntungan atas investasi bersih dalam suatu proyek jika setiap *benefit* bersih yang diwujudkan (setiap Bt-Ct yang bersifat positif) secara otomatis digunakan lagi dalam tahun berikutnya. Keuntungan yang dihasilkan sama dan diberi bunga selama sisa proyek. Sedangkan BCR merupakan perbandingan di mana pembilangnya terdiri dari *present value* dari total biaya bersih.

III. METODOLOGI

3.1. Jenis dan Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer dan sekunder. Data primer dikumpulkan melalui metode survei dan wawancara dengan bantuan kuisioner meliputi tingkat produksi tanaman buah dan sayuran, harga-harga input produksi, harga produksi di tingkat petani, jumlah penggunaan tenaga kerja, data sosial ekonomi rumah tangga petani, dan penggunaan input usaha tani. Data sekunder merupakan data pendukung dari instansi terkait.

Metode pengambilan contoh dilakukan dengan metode *simple random sampling*. Kemudian ditentukan petani responden yang dijadikan contoh dengan pengelompokan yang menerapkan sistem irigasi cakram otomatis pada beberapa komoditas tanaman yang dikembangkan baik tanaman sayuran maupun buah-buahan (Raharja, 2008; Rangkuti *et al.*, 2013).

3.2. Metode

Ruang lingkup kegiatan yang dilakukan di wilayah Kabupaten Lombok Timur Propinsi Nusa Tenggara Barat dilaksanakan melalui tahapan kegiatan sebagai berikut:

- Penelitian aspek tanah, agroklimatologi dan perubahan musim
- Penelitian aspek hidrologi dan ketersediaan air permukaan
- Penelitian permodelan aliran air dalam tanah dalam perancangan sistem irigasi cakram (*disc*).
- Penelitian rancangan sistem irigasi otomatis bertenaga surya dan kelayakan teknisnya
- Penelitian pada aspek ekonomi melalui analisis finansial sistem irigasi otomatis untuk pengembangan pertanian
- Pengujian lapang
- Diseminasi teknologi pada skala usaha.

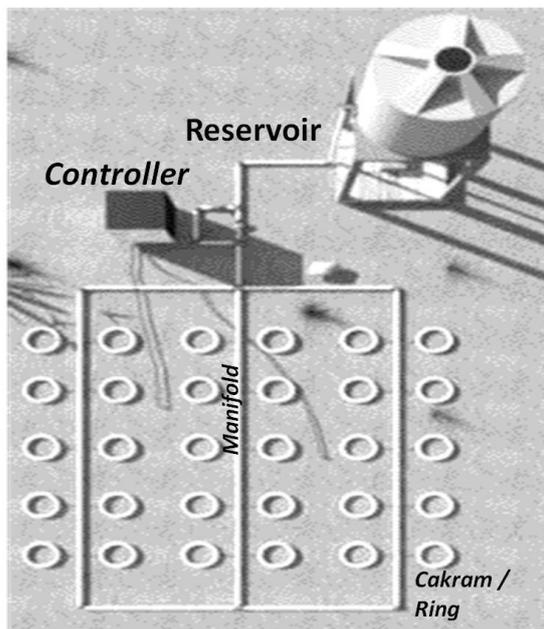
Tulisan ini merupakan kegiatan 5 tentang aspek finansial sistem irigasi otomatis pada skala ekonomi dari penelitian secara keseluruhan tentang "Pengembangan *Solar Power Irrigation* di Lahan Kering dengan Menggunakan *Disc Irrigation System*".

1. Perancangan Sistem Irigasi Cakram Otomatis Skala Demplot

Sistem irigasi otomatis yang dikembangkan, bekerja dengan menjaga kelengasan tanah pada rentang air tersedia, sehingga diharapkan tidak terjadi evaporasi berlebih, limpasan permukaan maupun perkolasi dalam yang dianggap sebagai

kehilangan air (*loss*). Dengan terjaganya kelengasan tanah pada rentang air tersedia bagi akar tanaman, maka tanaman pun dapat tumbuh dan berkembang dengan baik dengan asumsi tidak terjangkit penyakit atau terserang hama. Sehingga diharapkan diperoleh peningkatan bobot produk per satuan unit volume air yang dipergunakan, atau yang dikenal sebagai produktivitas air (*water productivity*) secara fisik (Molden, 2007).

Irigasi cakram dikembangkan dengan penerapan prinsip pemberian air secara melingkar di sekeliling tanaman atau dapat disebutkan sebagai *circular shaped emitter* (Saptomo *et al.*, 2013). Bagian dasar dari cakram memiliki bahan porous yang dapat meresapkan air secara perlahan ke seluruh permukaan kontak antara bahan porous dengan tanah. Hal ini berbeda dengan irigasi tetes yang memberikan tetesan kontinyu dengan laju tertentu pada satu titik di dekat tanaman. Pada perkembangan selanjutnya emiter melingkar dikembangkan dalam bentuk cincin atau ring yang lebih diarahkan pada irigasi bawah permukaan (Reskiana *et al.*, 2014). Gambar 1 menunjukkan layout aplikasi irigasi otomatis bertenaga surya dengan emiter cakram atau *ring* di lahan.



Gambar1 Layout Irigasi Cakram/Ring Otomatis (Saptomo, *et al.* 2014)

Pemenuhan kebutuhan air dengan metode cakram ini lebih cepat karena air diberikan dari segala arah. Namun aliran yang tidak terkendali akan menyebabkan pemberian air yang berlebihan. Karena itu irigasi cakram harus dapat dikendalikan, salah satunya adalah dengan mempergunakan sistem elektromekanik yang mencakup sensor, *valve* elektrik dan

mikrokontroler dengan suplai daya listrik dari tenaga matahari.



Gambar 2 Tahapan Percobaan Sistem Irigasi Cakram Otomatis Skala Demplot untuk Pengembangan Tanaman Cabe: (1) Emiter Ring, (2) Pemasangan Emiter Ring di Lahan Tanaman Cabe Pemasangan Emiter Ring di Lahan Tanaman Cabe, (3) Pemasangan Emiter Ring di Lahan Tanaman Cabe, (4) *Lay Out* Percobaan

2. Analisis Kelayakan Finansial Sistem Irigasi Cakram Otomatis Bertenaga Surya

Analisis biaya manfaat dimaksudkan untuk mengidentifikasi apakah suatu kegiatan atau investasi layak dilaksanakan atau tidak layak secara ekonomi. Dalam prakteknya digunakan tiga kriteria investasi untuk menilai kelayakan yaitu NPV, BCR dan IRR (Rosalina, 2014; Ihuah, 2014; Ihuah and Benebo, 2014; Kusuma dan Mayasti, 2014; Abdelmajeed and Aboul-Nasr, 2013; Muhammad dan Surya, 2012; Baroto dan Ariani, 2010; Altman *et al.*, 2007; Sumantri *et al.*, 2004; Whiting, 2000; Berry *et al.*, 1979).

Dalam penelitian ini diidentifikasi apakah penggunaan sistem irigasi cakram otomatis bertenaga surya tersebut layak secara ekonomi melalui berbagai analisis dengan kriteria investasi yang digunakan.

3. Perhitungan *Net Present Value* (NPV)

Net Present Value (NPV) didasarkan pada pendekatan arus kas diskonto dari teknik investasi keuangan, dan hal ini sering kali disebut sebagai tingkat anggaran atau tingkat target bunga (Žižlavská, 2014; Ong and Thum, 2013; Potts, 2002; Ifediora, 1993). Ini adalah metode yang dianggap lebih baik oleh banyak peneliti dari perspektif investor, (Cuthbert and Cuthbert, 2012), namun, hal itu mungkin tidak menjadi praktek yang lebih baik untuk mengadopsi penilaian suatu proyek pembangunan sosial (Potts, 2002 dalam Ihuah, 2014). NPV didefinisikan sebagai nilai sekarang dari semua uang yang mengalir keluar dan ke dalam sebagai akibat dari investasi jumlah modal ke proyek

pembangunan. Oleh karena itu, definisinya menunjukkan terdapat perbedaan antara nilai sekarang dari pengeluaran modal dan nilai sekarang dari manfaat dari investasi dari proyek pembangunan (Potts, 2002 dalam Ihuah, 2014).

NPV merupakan selisih antara *Present Value* (PV) daripada manfaat dan *Present Value* (PV) biaya. Rumus perhitungan NPV adalah seperti di bawah ini:

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{B_t}{(1+i)^t} - \sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1+i)^t} = \sum_{t=1}^n \frac{B_t - C_t}{(1+i)^t} \dots\dots\dots(1)$$

Dimana:

B_t : Penerimaan yang diperoleh pada tahun t

C_t : Biaya yang dikeluarkan pada tahun t

T : Umur proyek

i : *Discount rate*

NPV menggambarkan keuntungan dan dikatakan layak dilaksanakan jika mempunyai nilai positif. Apabila NPV = 0, maka investasi yang dilakukan dengan mengembangkan sistem irigasi cakram otomatis tidak untung dan tidak rugi (marginal atau pas-pasan), artinya investasi tersebut bisa dilaksanakan atau tidak. Apabila NPV < 0 maka usaha tersebut merugikan sehingga lebih baik tidak dilaksanakan.

4. Perhitungan *Internal Rate of Return* (IRR)

The Internal Rate of Return (IRR) didefinisikan sebagai tingkat bunga di mana nilai sekarang dari modal pengeluaran dalam suatu proyek investasi atau pengembangan sama dengan nilai sekarang dari manfaat dari biaya investasi awal proyek pembangunan (Cuthbert and Cuthbert, 2012; Potts, 2002; Brown and Kwansa, 1999; Ifediora, 1993). Oleh karena itu, tingkat aktual dimana nilai NPV dari proyek pembangunan adalah nol (NPV=0). Oleh karena itu, Potts (2002), Gittinger (1982), Perkins (1994), de Neufville (1990), dan Fairley, W. and H.D. Jacoby (1975) menunjukkan bahwa IRR adalah merupakan tingkat kemungkinan bunga di mana NPV adalah nol.

IRR dapat dianggap sebagai tingkat keuntungan atas investasi bersih dalam suatu proyek, asalkan setiap benefit bersih yang diwujudkan (yaitu setiap B_t - C_t yang bersifat positif) secara otomatis ditanamkan pada tahun berikutnya dan mendapatkan tingkat keuntungan yang sama dan diberi bunga selama sisa umur proyek. Cara mengukur IRR dengan melakukan percobaan yang terus menerus menggunakan metode interpolasi atau penyisipan diantara bunga yang lebih rendah (yang menghasilkan NPV positif) dengan tingkat bunga yang lebih tinggi (yang menghasilkan NPV negatif). Biasanya nilai IRR tidak dapat dipecahkan secara langsung. Untuk

mempermudahnya ada beberapa prosedur yang dapat digunakan yaitu:

Dipilih nilai *discount rate* yang dianggap dekat dengan nilai IRR yang benar, lalu dihitung dari NPV dari arus manfaat dan biaya.

- Jika hasil NPV negatif berarti percobaan *discount rate* terlalu tinggi. Jadi dipilih nilai percobaan *discount rate* baru yang lebih rendah.
- Jika sebaliknya hasil NPV tersebut positif berarti nilai percobaan *discount rate* terlalu rendah. Jadi dipilih nilai percobaan *discount rate* baru yang lebih tinggi.

Nilai percobaan pertama untuk NPV dilambangkan dengan i', yang kedua dengan I". Nilai percobaan kedua untuk NPV dilambangkan dengan NPV' dan yang kedua dengan NPV". Asalkan salah satu dari kedua perkiraan NPV tidak jauh dari nol, maka perkiraan IRR yang dekat diperoleh dari persamaan berikut:

$$IRR = i' + \frac{NPV'}{NPV' - NPV''} (I'' - I') \dots\dots\dots(2)$$

Dimana:

NPV : *Net Present Value* yang bernilai lebih tinggi (positif).

NPV'' : *Net Present Value* yang bernilai lebih rendah (negatif).

I'' : *Discount-rate* yang lebih tinggi (menghasilkan NPV positif).

I' : *Discount-rate* yang lebih rendah (menghasilkan NPV negatif)

IRR kemudian dibandingkan tingkat diskonto. Jika IRR lebih besar dari tingkat diskonto, maka proyek layak dilaksanakan. Sebaliknya, jika IRR lebih kecil dari tingkat diskonto maka usaha tersebut tidak layak untuk dilaksanakan.

5. Perhitungan *Benefit Cost Ratio* (BCR)

Perhitungan BCR dilakukan untuk melihat berapa manfaat bersih yang diterima oleh proyek untuk setiap satu rupiah pengeluaran bersih. BCR akan menggambarkan keuntungan dan layak dilaksanakan jika mempunyai >1. Sedangkan apabila BCR= 1, maka proyek tersebut tidak untung dan juga tidak rugi (marginal atau pas-pasan), sehingga terserah kepada penilai pengambil keputusan dilaksanakan atau tidak. Apabila BCR < 1 maka usaha tersebut merugikan sehingga lebih baik tidak dilaksanakan.

Metode BCR menunjukkan bahwa suatu proyek harus diterima jika BCR mempunyai nilai lebih dari 1 (Ndeketya, 2014; Nikhil Raj *et al.*, 2011; Bouldin *et al.*, 2004; Potts, 2002; Ifediora, 1993). Pendekatan melalui prosedur penghitungan BCR

mengasumsikan bahwa proyek pembangunan ini diharapkan dapat menghasilkan lebih banyak manfaat daripada biaya pembangunan. Secara matematis perhitungan BCR disajikan dalam Tabel 1.

Table 1 Ringkasan Aturan Keputusan untuk Metode Penilaian

Metode	Kondisi	Pilihan
NPV	Jika NPV > 0, terima Jika NPV < 0, tolak Jika NPV = 0, tidak berpengaruh	NPV (B) > NPV (A) & NPV (B) > 0
IRR	Jika IRR > tingkat percobaan, terima Jika IRR < tingkat percobaan, tolak	IRR (B) > IRR (A) & IRR (B) > tingkat percobaan
BCR	Jika BCR > 0, terima Jika BCR < 0, tolak Jika BCR = 0, tidak berpengaruh	BCR (B) > BCR (A) & BCR (B) > 1

Sumber: Potts (2002), Ifediora (1993), Ginttinger (1982), Selvaviayagam (1991), Perkins (1994) dan Snell (1997)

$$BCR = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{B_t}{(1+i)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1+i)^t}} \dots\dots\dots (3)$$

Metode BCR mengupayakan keuntungan dalam memverifikasi efisiensi proyek pembangunan, dan digunakan untuk membandingkan analisis proyek pembangunan yang saling terpisah satu sama lain menjadi lebih mudah dibandingkan metode penilaian lainnya (Potts, 2002).

Tabel 1 menyajikan ringkasan dari aturan keputusan yang berlaku untuk masing-masing metode penilaian yang disarankan oleh banyak peneliti dalam literatur dan disusun oleh beberapa peneliti. Tujuannya adalah untuk membantu dalam menarik kesimpulan hasil analisis penilaian pengembangan proyek digambarkan dalam contoh yang diberikan untuk masing-masing metode penilaian.

Dalam rangka penyusunan skenario pengembangan komoditas pertanian (cabe, mangga, srikaya, anggur, dan cabe) yang didukung dengan sistem irigasi cakram otomatis bertenaga surya akan dilakukan analisis biaya dan manfaat untuk menentukan layak tidaknya investasi tersebut.

Pada bagian ini pengembangan sistem irigasi cakram otomatis bertenaga surya diasumsikan sebagai proyek yang dapat memberikan manfaat selama 10 tahun kedepan (umur teknis) yang dihitung berdasarkan usia produktif tanaman mangga, srikaya, anggur, dan cabe. Metode yang digunakan adalah metode *discount cash flow* dengan satuan rupiah berdasarkan harga pasar domestik. Analisis biaya dilakukan terhadap biaya investasi, yaitu biaya yang dikeluarkan pada saat pembuatan alat irigasi cakram otomatis bertenaga surya dan investasi penanaman komoditas mangga, srikaya, anggur (mulai dilakukan pada tahun ke-0 proyek).

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Penyusunan Komponen Biaya dan Manfaat Investasi

Penyusunan komponen biaya yang dikeluarkan dan manfaat yang diterima dilakukan berdasarkan satuan harga setempat. Arus investasi terdiri dari dua jenis investasi, yaitu investasi dalam rangka pembuatan alat irigasi cakram otomatis bertenaga surya serta investasi dalam pengembangan mangga, srikaya, anggur, dan cabe. Besarnya investasi ditentukan oleh luas lahanyang diirigasi.

Investasi pada pembuatan alat dilakukan sekali selama umur proyek, karena investasi ini ditentukan juga dari umur teknis alat irigasi cakram otomatis bertenaga surya yaitu selama 5 tahun. Investasi pertama dilakukan pada saat tahun ke-0 proyek berupa satu unit irigasi otomatis bertenaga surya dengan jaringan irigasi dan cakraanya, serta tahun ke-6 proyek berupa jaringan irigasi dan cakraanya menggantikan alat yang telah usang. Sedangkan investasi pada komoditas hanya dilakukan satu kali pada tahun ke-0 proyek saja.

Biaya operasional dalam rangka eksploitasi alat dikeluarkan setiap tahun termasuk di dalamnya nilai penyusutan barang. Nilai biaya ini dihitung dari rupiah yang dikeluarkan untuk biaya perawatan barang (penyusutan) dan tenaga kerja yang digunakannya. Sedangkan biaya operasional untuk pemeliharaan tanaman dihitung dari kebutuhan tahunan untuk kebutuhan pupuk, perawatan hama, dan tenaga kerja.

Asumsi penelitian ini adalah arus manfaat investasi alat diperoleh dari penerimaan usaha tani selama umur proyek, yaitu 10 tahun.

Penerimaan tiap tahun diasumsikan berbeda sesuai masa produktif dan komoditas yang dikembangkan. Penerimaan dari penjualan hasil

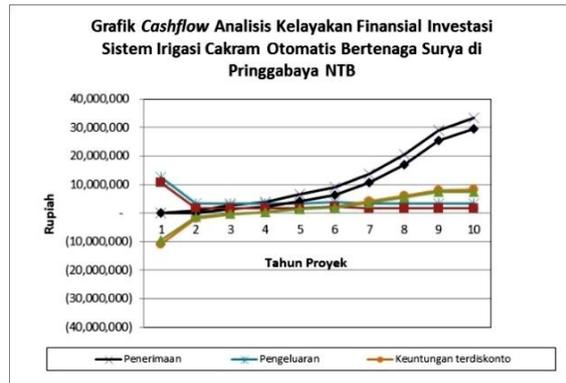
komoditas baru diperoleh pada tahun ke-2 proyek hingga tahun ke-10. Setelah itu tanaman dianggap sudah tidak produktif dan alat irigasi sudah dianggap tidak mampu beroperasi lagi. Tingkat suku bunga investasi yang berlaku selama tahun proyek ditetapkan 14% mendekati suku bunga investasi rata-rata nasional (Altman *et al.*, 2007; Baroto dan Ariani, 2010; Muhammad dan Surya, 2012; Abdelmajeed and Aboul-Nasr, 2013; Rosalina, 2014; Ihuah, 2014; Ihuah and Benebo, 2014; Kusuma dan Mayasti, 2014).

Pada Tabel 2 disajikan komponen biaya dan penerimaan pada investasi sistem irigasi cakram otomatis bertenaga surya untuk pengembangan komoditas mangga, srikaya, anggur, cabe. Dalam rangka penyusunan *cashflow* analisis kelayakan investasi, selanjutnya komponen biaya dan penerimaan investasi seperti yang tertera pada Tabel 2 dianalisis dengan pendekatan-pendekatan yang telah dikemukakan. Melalui pendekatan tersebut kemudian disusun tabel komponen biaya dan penerimaan investasi system irigasi cakram otomatis bertenaga surya yang besaran nominalnya kemudian digunakan dalam penyusunan *cashflow* analisis finansial.

Nilai investasi sistem irigasi cakram otomatis bertenaga surya yang sangat layak dicerminkan dari NPV yang bernilai positif didukung pula dari rasio bersih antara benefit terdiskonto yang diterima terhadap biaya yang dikeluarkannya atau biasa disebut dengan BCR. Nilai BCR untuk investasi pengembangan sistem irigasi cakram otomatis untuk pengembangan komoditas mangga, srikaya, anggur, cabe adalah bernilai 2,842. Artinya satu-satuan rupiah yang ditanamkan dalam investasi ini akan memberikan *benefit* sebesar 2,842 satuan rupiah. Nilai ini menunjukkan bahwa investasi ini sangat layak untuk diusahakan karena nilainya jauh di atas 1.

Dilihat dari segi tingkat pengembalian suku bunga yang berlaku (IRR) investasi pengembangan sistem irigasi cakram otomatis sangat layak untuk diusahakan, karena nilai IRR-nya adalah 30,19% sangat jauh di atas suku bunga yang ditetapkan dalam analisis (14%). Jangka waktu nilai investasi proyek akan kembali modal (*payback period*) dapat terjadi pada tahun ke-4 dimana nilai pendapatan bersih proyek sudah melebihi nilai investasi dan biaya operasional yang dikeluarkan mulai dari awal tahun proyek hingga tahun ke-4.

Sistem irigasi cakram otomatis bertenaga surya untuk pengembangan komoditas mangga, srikaya, anggur, cabemembutuhkan nilai investasi yang lebih tinggi dibandingkan untuk pengembangan komoditas mangga, anggur (hasil penelitian Saptomo dkk (2014).



Gambar 3 Grafik Biaya-Manfaat (*Cashflow*) Sistem Irigasi Cakram Otomatis Bertenaga Surya untuk Pengembangan Komoditas Mangga, Srikaya, Anggur, Cabe

Pada Gambar 3 terlihat nilai investasi pada awal tahun proyek bernilai di atas Rp 12.000.000,00 sedangkan nilai arus manfaat yang diberikannya sama dengan arus manfaat yang diberikan oleh sistem irigasi cakram otomatis bertenaga surya untuk pengembangan komoditas mangga dan anggur. Nilai ini tentunya berdampak pada penurunan nilai NPV, BCR maupun IRR-nya, sedangkan pada nilai *payback period* sama. Walaupun demikian, dari keempat kriteria analisis semuanya menunjukkan bahwa sistem irigasi cakram otomatis bertenaga surya untuk pengembangan komoditas mangga, srikaya, anggur, cabe ini sangat layak untuk diusahakan. Nilai NPV dari investasi adalah Rp 17,324,719,00 (Layak karena NPV > 0), Nilai BCR = 2,552 (layak karena > 1) dan Nilai IRR = 28,62% (layak karena > suku bunga 14%). Tahun pengembalian investasi sistem irigasi cakram otomatis bertenaga surya akan terjadi pada tahun ke-4.

4.2. Analisis Kelayakan Finansial Investasi Sistem Irigasi Cakram Otomatis Bertenaga Surya Berdasarkan Nilai Kriteria Kelayakan

Hasil analisis kelayakan berdasarkan kriteria kelayakan investasi terhadap sistem irigasi cakram otomatis bertenaga surya untuk pengembangan beberapa komoditas disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2 Komponen Biaya dan Penerimaan pada Investasi Sistem Irigasi Cakram Otomatis Bertenaga Surya untuk Pengembangan Komoditas Mangga, Srikaya, Anggur, Cabedi Kabupaten Pringgabaya NTB

Uraian	Tahun ke-0	Tahun										
		2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	
Biaya investasi awal												
1. Irigasi otomatis tenaga surya	8.750.000											
2. Jaringan irigasi untuk emitter	465.000						465.000					
3. Emitter(<i>legacy</i>)	209.100						209.100					
Biaya operasional												
1. Usaha tani (persiapan lahan, bibit, tanam, pupuk, Tenaga Kerja)												
a. Mangga		1.280.000	1.280.000	1.408.000	1.478.500	1.552.350	1.629.950	1.711.400	1.797.000	1.886.900	1.980.200	
b. Srikaya		900.000	900.000	990.000	1.039.500	1.091.475	1.146.050	1.203.350	1.263.500	1.326.700	1.393.000	
c. Anggur		200.000	200.000	220.000	231.000	242.550	254.500	267.400	280.800	294.800	309.500	
d. Cabe		200.000	200.000	200.000	200.000	200.000	200.000	200.000	200.000	200.000	200.000	
2. Pemeliharaan												
Penerimaan												
1. Usaha tani (kg)												
a. Mangga		0	0	3	5	10	15	25	40	60	70	
b. Srikaya		0	2	3	4	5	6	7	8	8,5	9	
c. Anggur		0	0,50	1	1,5	2	4	4,5	5	5	5	
d. Cabe		4	4,2	4,4	4,7	4,9	5,2	5,4	5,7	5,6	6,3	
2. Harga (Rp/kg)												
a. Mangga		15.000	15.000	20.000	20.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000
b. Srikaya		4.000	4.000	4.500	5.000	5.500	6.000	6.500	7.000	7.500	8.000	
c. Anggur		40.000	40.000	45.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	
d. Cabe		25.000	30.000	40.000	40.000	40.000	40.000	40.000	40.000	40.000	40.000	
Tingkat Suku Bunga		14%	14%	14%	14%	14%	14%	14%	14%	14%	14%	14%

Tabel 3 Nilai-Nilai Kriteria Kelayakan Investasi Terhadap Sistem Irigasi Cakram Otomatis Bertenaga Surya untuk Pengembangan Pertanian di Pringgabaya, NTB

No	Komodi-tas	Kriteria Analisis			
		IRR (%)	NPV	PP	BCR
1	Cabe	-	-12.170.668	-	0,136
2	Srikaya	-	-4.139.996	-	0,463
3	Mangga	32,01	17.974.932	4	3,206
4	Anggur	-	-9.096.911	-	0,023
5	Mangga-Srikaya	34,10	21.995.452	4	3,775
6	Srikaya-Anggur	20,99	3.634.815	4	1,691
7	Srikaya-Cabe	17,81	1.533.423	4	1,337
8	Mangga-Anggur	30,19	16.782.611	4	2,842
9	Mangga-Srikaya-Anggur	32,27	20.700.760	4	3,329
10	Mangga-Srikaya-Anggur-Cabe	28,62	17.324.719	4	2,552

Berdasarkan hasil analisis, dari seluruh penilaian kriteria investasi menunjukkan bahwa sistem irigasi cakram otomatis bertenaga surya untuk pengembangan komoditas mangga, srikaya, anggur, cabe relatif layak untuk dilaksanakan dengan nilai NPV dari investasi berkisar antara Rp 1.533.423,00 – Rp 21.995.452,00 (layak karena NPV > 0), nilai BCR antara 1,337-3,775 (layak karena > 1), dan nilai IRR antara 17,38%-34,10% (layak karena > suku bunga 14%). Pengembangan komoditas monokultur untuk cabe, srikaya, dan anggur relatif tidak layak karena nilai NPV < 0, BCR < 0, dan IRR < 14%, akan tetapi untuk monokultur Mangga layak untuk dikembangkan.

Komoditas paling layak dikembangkan menggunakan sistem irigasi cakram otomatis bertenaga surya di Pringgabaya dengan nilai NPV, BCR, dan IRR paling tinggi adalah mangga bersama srikaya.

Pengembangan komoditas polikultur berbasis mangga (mangga-srikaya, mangga-anggur, mangga-srikaya-anggur, dan mangga-srikaya-anggur-cabe) merupakan investasi yang sangat menguntungkan karena memenuhi kelayakan dari seluruh kriteria investasi yang digunakan.

Investasi pembuatan sistem irigasi cakram otomatis bertenaga surya untuk pengembangan komoditas mangga, mangga-srikaya, srikaya-anggur, srikaya-cabe, mangga-anggur, mangga-srikaya-anggur, dan mangga-srikaya-anggur-cabe rata-rata kembali modal pada tahun ke-4, hal ini tercermin dari nilai *payback period*, artinya nilai pendapatan bersih sudah melebihi nilai investasi dan biaya operasional yang dikeluarkan mulai pada tahun ke-4.

Sistem irigasi cakram/cincin telah diujicoba pada percobaan skala laboratorium di rumah tanaman dan skala lapang di Lombok Timur. Pada percobaan skala lapang telah digunakan pula sistem kendali irigasi bertenaga surya.

Percobaan skala laboratorium di dalam rumah tanaman dengan tanaman melon menunjukkan produktivitas air tertinggi diperoleh dengan menggunakan bahan porous cincin dari parasut, akan tetapi minimnya air yang keluar menyebabkan perkembangan buah yang paling kecil dibandingkan 4 bahan lainnya.

Percobaan skala lapang pada tanaman semusim memperlihatkan keberhasilan aplikasi sistem irigasi ini dalam menyediakan air secara mencukupi bagi tanaman cabe. Tanaman cabe yang telah panen menunjukkan produktivitas air sebesar 0,43 g/l.

Sistem irigasi otomatis bertenaga surya dapat berfungsi dengan baik dalam pengaturan irigasi dalam percobaan lapang namun menemui kendala dalam hal ketahanan sensor dan katup solenoid terhadap temperatur tinggi di lapangan.

Percobaan pada tanaman tahunan untuk srikaya, mangga dan anggur memperlihatkan efektifitas pemberian air bagi pertumbuhan tanaman yang ditunjukkan dengan kelembaban tanah yang terjaga serta tumbuhnya daun dengan baik. Akan tetapi percobaan pada jumlah tanaman yang lebih banyak masih sulit dilakukan.

V. KESIMPULAN

Sistem irigasi cakram otomatis bertenaga surya untuk komoditas mangga, srikaya, anggur, cabe memiliki nilai NPV lebih besar dari 0, nilai BCR lebih besar dari 1 dan IRR lebih besar dari suku bunga 14% sehingga relatif layak untuk dilaksanakan. Sistem irigasi cakram otomatis bertenaga surya untuk pengembangan komoditas srikaya dan mangga paling layak dikembangkan di Pringgabaya dengan nilai NPV, BCR, dan IRR paling tinggi. Investasi pembuatan sistem irigasi cakram otomatis bertenaga surya rata-rata kembali modal pada tahun ke-4. Diperlukan pola pembinaan dan dukungan yang berkelanjutan dari pemerintah daerah maupun instansi terkait lainnya untuk mengembangkan sistem irigasi cakram otomatis bertenaga surya di sentra produksi untuk optimalisasi pemanfaatan air dan efisiensi irigasi.

UCAPAN TERIMAKASIH

Kegiatan analisis ekonomi ini merupakan salah satu komponen kegiatan yang dilaksanakan dalam KKP3N (Kerjasama Kemitraan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Nasional) tahun anggaran 2013 dan 2014 antara Institut Pertanian Bogor, Universitas Mataram, dan Badan Penelitian

dan Pengembangan Pertanian. Terimakasih disampaikan kepada Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian yang telah memberikan dana kegiatan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdelmajeed, S. and. H. Aboul-Nasr. 2013. Financial Feasibility Study of Bananas Tissue Culture Commercial Production in Egypt. *Journal of Finance, Accounting and Management*, Vol. 4(2): 87-96.
- Baroto dan K.T. Ariani, 2010. Analisa kelayakan usaha pengolahan ubi kayu menjadi selondok Desa Banjariarjo. Kecamatan Kalibawang Kabupaten Kulon Progo. *Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian*, Vol. 6(1): 69-78, Juli 2010.
- Berry, P.J., J.A. Hopkins, and Baker. 1979. *Financial Management in Agriculture*. C.B. Danville, Illinois, USA: The Interstate Printers & Publisgers, Inc.,
- Bouldin, J.L., N.A. Bickford, H.B. Stroud and G.S. Guha. 2004. Tailwater recovery systems for irrigation: benefit/cost analysis and water resource conservation technique in Northeast Arkansas. *Journal of the Arkansas Academy of Science*, Vol. 58, 2004: 24-31.
- Brown, D. O. and F. Kwansa. 1999. Using IRR and NPV models to evaluate societal costs of tourism projects in developing countries; *International Journal of Hospitality Management*. Vol. 18: 31-43.
- Cuthbert, J.R. and M. Cuthbert. 2012. Why IRR is an inadequate indicator of costs and returns in relation to PFI schemes. *Critical Perspective on Accounting*. Vol. 23: 420-433.
- de Neufville, R. 1990. *Applied Systems Analysis: Engineering Planning and Technology Management*. New York, USA: McGraw-Hill, Inc.
- Fairley, W. and H.D. Jacoby, 1975. Investment analysis using the probability distribution of the internal rate of return. *Management Science*, 21(12): 1428-1437.
- Gittinger, J. P. 1982. *Economic Analysis of Agricultural Projects*. Johns Hopkins, Baltimore.
- Ifediora, G. S. A. 1993. *Appraisal Framework; Lectures on Theory, Principles, Methods and Practice of Property Valuation*. Enugu, Nigeria: Iwuba Ifediora and Associates.
- Ihuah, P.W. 2014. Appraisal Methods In Mutually Exclusive Development Projects: A Pragmatic Analysis Of Alternative Technique. *International Journal of Applied and Natural Sciences (IJANS)*. *International Academy of Science Engineering and Technology*. ISSN(P): 2319-4014; ISSN(E): 2319-4022, Vol. 3(4): 1-14.
- Ihuah, P.W. and A. M. Benebo. 2014. An assessment of the causes and effects of abandonment of development projects on property value in Nigeria. *International Journal of Research in Applied, Natural and Social Sciences*. Vol. 2 (5): 25-36
- Kadariah. 1999. *Pengantar Evaluasi Proyek*. Jakarta: LP FE UI.
- Kalsim, D.K. 2003. *Prosedur Desain Irigasi Tetes*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Kusuma, P.T. dan N.K.I. Mayasti. 2014. Analisa kelayakan finansial pengembangan usaha produksi komoditas lokal: mie berbasis jagung. *Jurnal AGRITECH*. Vol. 34(2).
- Muhammad, I.A. and B.A. Surya. 2012. Financial feasibility study of PT Jasa Medivest refinancing plan case study. *Journal of Business and Management*. Vol. 1(4): 240-247.
- Molden, D. 2007. *Water for Food Water for Life : A Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture*. Colombo: International Water Management Institute.
- Ndeketeya, A., F. Rusere, O. Svubure, S. Gwatibaya, G. Soropa, and J. Mashonganyika. 2014. Drip irrigation as a potential alternative to furrow irrigation in sugar-cane production-A case of the Lowveld Estate, Zimbabwe. *International Journal of Agricultural Policy and Research*, Vol.2 (1): 026-032.
- Nikhil Raj, P. P., P. A. Azeez, and A. Said Hussain. 2011. Performance evaluation of an irrigation project with reference to its irrigation objectives. *African Journal of Agricultural Research* Vol. 6(11): 2472-2478. DOI: 10.5897/AJAR09.57,1.
- Ong T.S. and C.H. Thum. 2013. Net Present Value and Payback Period for Building Integrated Photovoltaic Projects in Malaysia. *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, Vol. 3 (2).
- Potts, D. 2002. *Project Planning and Analysis for Development*. UK: Lynne Rienner Publisher.
- Perkins, F. 1994. *Practical Cost Benefit Analysis*. London: Macmillan.
- Raharja, S. 2008. Studi Empiris Mengenai Penerapan Metode Sampling Audit dan Faktor-faktor yang Mempengaruhi Penggunaan Metode Sampling Audit Oleh Auditor BPK. *Jurnal Bisnis dan Ekonomi (JBE)*, Vol. 15(1): 54 – 66, Maret 2008.
- Rangkuti, K., S. Siregar, M. Thamrin dan R. Andriano. 2014. Pengaruh faktor sosial ekonomi terhadap pendapatan petani jagung. *Agrium*, Vol. 19(1): 52-58..
- Reskiana, B.I. Setiawan, S. K., dan P. Redjekiningrum. Uji Kinerja Emitem Cincin. *Jurnal Irigasi*. Vol. 9(1): 63-74.
- Saptomo, S.K., B.I. Setiawan, KMSF.Rahman, Y. Chadirin, P. R. D. Mustaningsih, C. Arif. 2013. Circular-Shaped Emitter as Alternative to Increase

Irrigation Efficiency. International Conference on Sustainable Rural Development, Purwokerto, August 25-26.

Saptomo, S.K., B.I. Setiawan. 2012. Development of automated irrigation system for food production land. *PAWEES 2012 International Conference*. Bangkok, 27-28 October 2012.

Saptomo S.K., B. I. Setiawan, P. Redjekningrum, Y. Chadirin, dan J. Sumarsono. 2014. Pengembangan Solar Power Irrigation di Lahan Kering dengan Menggunakan Disc Irrigation System. Laporan Akhir KKP3N. Institut Pertanian Bogor

bekerjasama dengan Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Bogor. Tidak Dipublikasikan .

Whiting, P.G. 2000. Monetary valuation of socio-economic aspects in environmental impact assessment: some thoughts, *Jurnal Ekonomi Lingkungan*, Edisi 11.

Žižlavský, O. 2014. Net present value approach: method for economic assessment of innovation projects. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, Vol. 156: 506 – 512.