

OPTIMASI PEMANFAATAN MESIN PANEN PADI (COMBINE RICE HARVESTER) DI KABUPATEN MAROS

OPTIMIZATION OF COMBINE RICE HARVESTER UTILIZATION IN MAROS REGENCY



EVY MASRUROH

G042212001



PROGRAM STUDI MAGISTER KETEKNIKAN PERTANIAN

**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

MAKASSAR

2024

**OPTIMASI PEMANFAATAN MESIN PANEN PADI
(COMBINE RICE HARVESTER) DI KABUPATEN MAROS**

**EVY MASRUROH
(G042212001)**



**PROGRAM MAGISTER KETEKNIKAN PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**

OPTIMASI PEMANFAATAN MESIN PANEN PADI (COMBINE RICE HARVESTER) DI KABUPATEN MAROS

Tesis

sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar magister

Program Studi Magister Keteknikan Pertanian

Disusun dan diajukan oleh

EVY MASRUROH

G042212001

kepada

**PROGRAM STUDI MAGISTER KETEKNIKAN PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**

TESIS

OPTIMASI PEMANFAATAN MESIN PANEN PADI
(COMBINE RICE HARVESTER) DI KABUPATEN MAROS

EVY MASRUROH

G042212001

telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian Magister pada tanggal
1 Agustus 2024 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

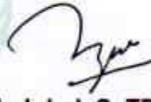
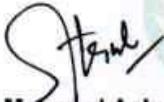
pada

Proram Studi Magister Keteknikan Pertanian Fakultas Pertanian
Universitas Hasanuddin Makassar

Mengesahkan:

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping,



Dr. Ir. Mahmud Achmad, MP
NIP. 19700603 199403 1 003

Dr. Ir. Iqbal, S. TP., M. Si., IPM
NIP. 19781225 200212 1 001

Ketua Program Studi
Keteknikan Pertanian,

Dekan Fakultas Pertanian
Universitas Hasanuddin,



Dr. Ir. Iqbal, S. TP., M. Si., IPM
NIP. 19781225 200212 1 001

Dr. Ir. Saengke, M. Sc.
NIP. 1963031231 198811 1 005

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa, tesis berjudul “Optimasi Pemanfaatan Mesin Panen Padi (*Combine Rice Harvester*) di Kabupaten” adalah benar karya saya dengan arahan dari tim pembimbing (Dr. Ir. Mahmud Achmad, MP sebagai Pembimbing Utama dan Dr. Ir. Iqbal, S. TP., M. Si., IPM sebagai Pembimbing Pendamping). Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumberinformasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka tesis ini. Sebagian dari isi tesis ini sedang dipublikasikan pada Jurnal Internasional. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan tesis ini adalah karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut berdasarkan aturan yang berlaku.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta (hak ekonomis) dari karya tulis saya berupatesis ini kepada Universitas Hasanuddin.

Makassar, 16 Agustus 2024



Evy Masruroh
G 042212001

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji dan syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, atas berkat dan rahmat-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan tesis ini dengan baik dan tepat waktu. Tesis ini tidak akan terwujud tanpa bantuan, dukungan, dan bimbingan dari banyak pihak yang telah memberikan kontribusi berharga dalam proses penyusunannya. Oleh karena itu, izinkan saya menyampaikan rasa terima kasih yang tulus kepada:

1. Keluarga Tercinta: Terutama kepada suami, orang tua, anak-anak dan keluarga besar saya, yang selalu memberikan doa, kasih sayang, dukungan moral, dan materi yang tiada henti. Tanpa dukungan mereka, saya tidak akan mampu menyelesaikan pendidikan ini.
2. Pembimbing Tesis: Kepada Dr. Ir. Mahmud Achmad, MP dan Dr. Ir. Iqbal, S.TP., M. Si. IPM., atas bimbingan, arahan, dan motivasi yang diberikan selama proses penyusunan tesis ini. Saran dan kritik yang konstruktif sangat membantu dalam penyempurnaan tesis ini.
3. Dosen Penguji: Kepada Prof. Dr. Ir. Ahmad Munir, M. Eng., Dr. Suhardi, S. TP., MP., dan Dr. Ir. Daniel Useng, M. Eng Sc., terima kasih atas waktu, perhatian, dan masukan berharga yang diberikan selama proses ujian. Kritik dan saran yang konstruktif sangat membantu dalam menyempurnakan hasil penelitian ini.
4. Ketua Program Studi: Kepada Dr. Ir. Iqbal, S.TP., M. Si. IPM., terima kasih atas dukungan dan arahan yang diberikan selama masa studi, dan dalam proses penyusunan tesis ini. Perhatian bapak sangat membantu dalam kelancaran dan kesuksesan penelitian ini.
5. Dosen-dosen dan Staf Akademik: Di Universitas Hasanuddin, Fakultas Pertanian, terima kasih atas ilmu yang telah diberikan selama masa studi, serta bantuan administratif yang mendukung kelancaran penyusunan tesis ini.
6. Dinas Pertanian dan Ketahanan Pangan Kabupaten Maros, Koordinator 14 BPP se-Kabupaten Maros, Rekan Penyuluh di BPP Mandai dan BPP Bantimurung, terima kasih atas support yang diberikan dalam mendukung penelitian ini.

7. Rekan-rekan : Rekan di Magister Keteknikan Pertanian, terima kasih atas kebersamaan, dukungan, dan bantuan selama proses perkuliahan hingga penyusunan tesis ini. Diskusi, kerja sama, dan canda tawa kalian menjadi bagian penting dari perjalanan ini.
8. Pihak Lain: Yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu, terima kasih atas bantuan, dukungan, dan doa yang telah diberikan.

Akhir kata, semoga tesis ini bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan menjadi sumbangsih yang berharga bagi masyarakat. Saya menyadari bahwa tesis ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu, kritik dan saranyang membangun sangat saya harapkan.

Makassar, 16 Agustus 2024

Evy Masruroh

ABSTRAK

EVY MASRUROH. **Optimasi pemanfaatan mesin panen padi (*combine rice harvester*) di kabupaten Maros** (dibimbing oleh MAHMUD ACHMAD dan IQBAL)

Mesin panen padi (*combine rice harvester*) merupakan solusi dalam melakukan efisiensi kegiatan panen padi. Optimasi biaya pergerakan *combine rice harvester* diperlukan untuk meminimasi biaya pergerakan dari *base* ke lapangan. Tujuan dari penelitian ini adalah menghitung kebutuhan *combine rice harvester* di kabupaten Maros, menghitung optimasi biaya minimum pergerakan *combine rice harvester*, serta menghitung analisa ekonomi kelayakan usahanya. Penelitian ini menggunakan metode observasi yaitu semi partisipasi. Selain itu, perhitungan optimasi biaya minimum pergerakan *combine rice harvester* menggunakan model transportasi dengan metode *Vogels Approximation Method* dan penyelesaian solusi akhir dengan *Modified Distribution Method (MODI)*, menggunakan *software POM for Windows*. Analisis ekonomi kelayakan usaha *combine rice harvester* diperoleh dengan menggunakan R/C Ratio. Parameter yang diamati dalam penelitian adalah kapasitas kerja *combine rice harvester* yang meliputi Kapasitas Lapang Teoritis (KLT), Kapasitas Lapang Efektif (KLE), Efisiensi Lapang (E), dan kapasitas panen. Nilai KLT, KLE, dan E pada kondisi lahan tak jenuh air berturut-turut sebesar 1,172 ha/jam, 0,409 ha/jam, dan 35,594%. Nilai KLT, KLE, dan E pada kondisi lahan jenuh air sebesar 0,821 ha/jam, 0,303 ha/jam, dan 37,456%. Pemanfaatan *combine rice harvester* di lapangan dengan kapasitas panen per unit sebesar 2,5 ha/hari, mampu menangani kegiatan panen dengan kebutuhan bervariasi sepanjang tahun berdasar luas panen di kabupaten Maros. Kebutuhan *combine rice harvester* tertinggi terjadi pada puncak panen raya yaitu di bulan April sebesar 146 unit. Optimasi biaya minimum pergerakan *combine rice harvester* pada kebutuhan tertinggi (April) sebesar Rp 99.250.000. Analisis ekonomi kelayakan usaha *combine rice harvester* dinyatakan layak, dengan nilai R/C Ratio yaitu sebesar 1,931.

Kata kunci: Optimasi; *Combine Rice Harvester*; Metode Transportasi.

ABSTRACT

EVY MASRUOH. **Optimization of combine rice harvester utilization in Maros Regency** (supervised by MAHMUD ACHMAD and IQBAL)

A combine rice harvester is a solution to increasing the efficiency of rice harvesting activities. Optimization of the movement cost of a combine rice harvester is required to minimize the movement cost from combine rice harvester base to fields. This study aimed to optimize the use of combined rice harvesters in Maros regency, to calculate the movement needs, and to determine the economic feasibility analysis. This study used the observation method, namely semi-participation. It also used transportation model with the Vogels Approximation Method to calculate the minimum cost optimization of the combine rice harvester movement, and solving the final solution with the Modified Distribution Method (MODI) using POM for Windows software. Economic analysis of the feasibility of the combine rice harvester business was obtained using the R/C Ratio. The parameters observed in this study were working capacity of the combine rice harvester namely Theoretical Field Capacity (TFC), Effective Field Capacity (EFC), Field Efficiency (FE), and harvesting capacity. This study revealed that TFC, EFC, and FE values on unsaturated land conditions were 1.172 ha/hour, 0.409 ha/hour, and 35.594%, respectively. Meanwhile TFC, EFC, and FE values in water-saturated land conditions were 0.821 ha/h, 0.303 ha/h, and 37.456%. The utilization of combine rice harvester in the field with a harvesting capacity per unit of 2.5 ha/day can handle harvesting activities with varying needs throughout the year based on the harvest area in Maros district. The highest demand for combine rice harvesters occurred at the peak of the main harvest in April at 146 units. The minimum cost optimization of the combine rice harvester movement at the highest demand (April) was IDR 99,250,000. The economic analysis of the feasibility of the combine rice harvester business is declared feasible, with an R/C Ratio value of 1.931.

Keywords: Optimization; Combine Rice Harvester; Transportation Method.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGAJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS	iv
UCAPAN TERIMA KASIH	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.1.1 Teknologi Panen Padi	3
1.1.2 <i>Combine Rice Harvester</i>	4
1.1.3 Kapasitas Kerja Mesin <i>Combine Rice Harvester</i>	5
1.1.4 Analisis Kebutuhan Alat dan Mesin Pertanian	5
1.1.5 Metode Optimasi	6
1.1.6 Optimasi Pegerakan <i>Combine Harvester</i> dengan Metode Transportasi	7
1.1.7 Teknik Pemecahan Model Program Linear (<i>Linear Programming</i>)	8
1.1.8 Analisis Ekonomi Kelayakan Kepemilikan <i>Combine Rice Harvester</i>	9
1.1.8.1 Biaya Tetap (<i>Fixed Cost</i>)	10
1.1.8.2 Biaya Tidak Tetap (<i>Variable Costs</i>)	12
1.1.9 Biaya Total / Biaya Kerja	13
1.1.10 Revenue Cost Ratio (R/C Ratio)	13
1.1.11 Analisa Sensitivitas	14
1.2 Rumusan Masalah	14
1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian	14
BAB II. METODOLOGI	15
2.1 Waktu dan Tempat Penelitian	15
2.2 Teknik Pengumpulan Data	15
2.2.1 Kapasitas Kerja <i>Combine Harvester</i>	15
2.2.2 Kebutuhan Alat Dan Mesin Pertanian	16
2.2.3 Metode Optimasi	16
2.3 Analisis Ekonomi	18
2.4 Asumsi	19
2.5 Skema Prosedur Penelitian	20

BAB III. HASIL DAN PEMBAHASAN	21
3.1 Hasil	21
3.1.1 Panen Padi Kabupaten Maros	21
3.1.2 Mesin Panen Padi <i>Combine Harvester</i>	21
3.1.3 Kapasitas Kerja Mesin <i>Combine Harvester</i>	22
3.1.4 Kapasitas Lapang Teoritis(KLT), Kapasitas Lapang Efektif (KLE), dan Efisiensi Lapang (E)	23
3.1.5 Waktu Pengoperasian, Lebar Kerja, Konsumsi Bahan Bakar, Waktu Panen, dan Kapasitas Pemanenan	23
3.1.6 Analisa Kebutuhan <i>Combine Harvester</i>	24
3.1.7 Optimasi Pergerakan <i>Combine Harvester</i>	25
3.1.8 Analisis Ekonomi	32
3.1.8.1 Biaya Tetap (<i>Fixed Cost</i>)	32
3.1.8.2 Biaya Tidak Tetap (<i>Variable Costs</i>)	33
3.1.9 Biaya Total / Biaya Kerja	34
3.1.10 Penerimaan (Revenue)	34
3.1.11 Revenue Cost Ratio (R/C Ratio)	35
3.1.12 Analisa Sensitivitas	35
3.2 Pembahasan	36
BAB IV. KESIMPULAN DAN SARAN	43
4.1 Kesimpulan	43
4.2 Saran	43
DAFTAR PUSTAKA	44
Lampiran	49

DAFTAR TABEL

nomor		halaman
1.	Tabel Transportasi	7
2.	Model Transportasi Optimasi Pergerakan <i>Combine Harvester</i>	17
3.	Rata-Rata panen Kabupaten Maros 3 Tahun terakhir (2020-2022)	21
4.	Data Ketersediaan <i>Combine Harvester</i> di Kabupaten Maros Tahun 2023	21
5.	Hasil Pengamatan Operasi Kerja <i>Combine Harvester</i> pada Lahan Kering	22
6.	Hasil Pengamatan Operasi Kerja <i>Combine Harvester</i> pada Lahan Basah	23
7.	Rekapitulasi Rata-rata KLT, KLE dan Efektivitas	23
8.	Perhitungan Analisa Kebutuhan <i>Combine Rice Harvester</i> (70 PK) berdasar pada Luas Panen per-bulan	25
9.	Hasil Perhitungan Kebutuhan <i>Combine Rice Harvester</i> (70 PK) berdasar pada Luas Panen per-bulan	25
10.	Biaya pengangkutan <i>Combine Rice Harvester</i> ke Lokasi Tujuan (/unit) 1 kali perjalanan	27
11.	Iterasi penyelesaian optimum cost bulan Januari sampai Desember (biaya dalam Rp.000)	28
12.	Model Transportasi Pergerakan <i>Combine Rice Harvester</i> Bulan April (biaya dalam Rp.000)	29
13.	Tabel <i>Optimal Cost</i> Optimasi <i>Combine Rice Harvester</i> bulan April (biaya dalam Rp.000)	30
14.	Tabel <i>Shipping List</i> Optimasi <i>Combine Rice Harvester</i> Bulan April	31
15.	<i>Optimum Cost</i> pada <i>Transportation Shipment Combine Rice Harvester</i> di Kabupaten Maros	32
16.	Faktor majemuk, i-6%	32
17.	Nilai Akhir Mesin pada Tahun ke-N	33
18.	Biaya Penyusutan pada Tahun ke-N	33
19.	Biaya Tetap	33
20.	Biaya Tidak Tetap	34
21.	Biaya total	34
22.	Total Penerimaan	35
23.	R/C Ratio	35
24.	Analisis sensitivitas jika produktivitas padi turun 10%, normal, dan naik 10%	35
25.	Analisis sensitivitas jika luas panen padi turun 10%, normal, dan naik 10%	35

DAFTAR GAMBAR

nomor	halaman
1. Mesin panen padi kombinasi ukuran kecil	4
2. Mesin panen padi kombinasi ukuran sedang	4
3. Mesin panen padi kombinasi ukuran besar	5
4. Skema prosedur penelitian	20
5. Grafik sensitivitas R/C ratio terhadap penurunan produktivitas 10% dan kenaikan produktivitas 10%	88
6. Grafik sensitivitas R/C ratio terhadap penurunan luas panen 10% dan kenaikan luas panen 10%	88

DAFTAR LAMPIRAN

nomor	halaman	
1.	Realisasi Panen Padi Tahun 2020	49
2.	Realisasi Panen Padi Tahun 2021	50
3.	Realisasi Panen Padi Tahun 2022	51
4	Rata-Rata panen dan Produktivitas panen di Kabupaten Maros 3 Tahun terakhir (2020-2022)	52
5	Data Ketersediaan Combine Harvester di Kabupaten Maros Tahun 2023	53
6	Hasil Pengamatan Operasi Kerja dan Perhitungan KLT, KLE dan Efisiensi Combine Harvester pada Lahan Kering	54
7	Hasil Pengamatan Operasi Kerja dan Perhitungan KLT, KLE dan Efisiensi Combine Harvester pada Lahan Basah	55
8	Rata-rata KLT, KLE, Efisiensi Combine Harvester pada Lahan Kering dan Lahan Basah	56
9	Perhitungan Analisa Kebutuhan Combine Harvester berdasar Luas Panen per-bulan	57
10	Hasil Perhitungan Kebutuhan Combine Harvester berdasar pada Luas Panen per-bulan	58
11	Biaya yang disepakati untuk pengangkutan Combine Harvester ke Lokasi Tujuan per unit dalam 1 kali perjalanan (Rp)	59
12	Tabel Optimasi Pemanfaatan Combine Harvester	60
13	Fungsi Tujuan Minimasi Biaya pada Bulan April	61
14a	Model Transportasi Pergerakan Combine Harvester Bulan Januari (biaya dalam Rp.000)	62
14b	Tabel Optimal Cost Optimasi Combine Rice Harvester bulan Januari (Rp.000)	63
15a	Model Transportasi Pergerakan Combine Harvester Bulan Februari (biaya dalam Rp.000)	64
15b	Tabel Optimal Cost Optimasi Combine Rice Harvester bulan Februari (Rp.000)	65
16a	Model Transportasi Pergerakan Combine Harvester Bulan Maret (biaya dalam Rp.000)	66
16b	Tabel Optimal Cost Optimasi Combine Rice Harvester bulan Maret(Rp.000)	67
17a	Model Transportasi Pergerakan Combine Harvester Bulan April (biaya dalam Rp.000)	68
17b	Tabel Optimal Cost Optimasi Combine Rice Harvester bulan April (Rp.000)	69
18a	Model Transportasi Pergerakan Combine Harvester Bulan Mei (biaya dalam Rp.000)	70
18b	Tabel Optimal Cost Optimasi Combine Rice Harvester bulan Mei (Rp.000)	71
19a	Model Transportasi Pergerakan Combine Harvester Bulan Juni (biaya dalam Rp.000)	72
19b	Tabel Optimal Cost Optimasi Combine Rice Harvester bulan Juni (Rp.000)	73

20a	Model Transportasi Pergerakan Combine Harvester Bulan Juli (biaya dalam Rp.000) ¹	74
20b	Tabel Optimal Cost Optimasi Combine Rice Harvester bulan Juli (Rp.000)	75
21a	Model Transportasi Pergerakan Combine Harvester Bulan Agustus (biaya dalam Rp.000)	76
21b	Tabel Optimal Cost Optimasi Combine Rice Harvester bulan Agustus (Rp.000)	77
22a	Model Transportasi Pergerakan Combine Harvester Bulan September (biaya dalam Rp.000)	78
22b	Tabel Optimal Cost Optimasi Combine Rice Harvester bulan September (Rp.000)	79
23a	Model Transportasi Pergerakan Combine Harvester Bulan Oktober (biaya dalam Rp.000)	80
23b	Tabel Optimal Cost Optimasi Combine Rice Harvester bulan Oktober (Rp.000)	81
24a	Model Transportasi Pergerakan <i>Combine Harvester</i> Bulan November (biaya dalam Rp.000)	82
24b	Tabel Optimal Cost Optimasi Combine Rice Harvester bulan November (Rp.000)	83
25a	Model Transportasi Pergerakan Combine Harvester Bulan Desember (biaya dalam Rp.000)	84
25b	Tabel Optimal Cost Optimasi Combine Rice Harvester bulan Desember (Rp.000)	85
26a	Analisa sensitivitas terhadap produksi turun 10%	86
26b	Analisa sensitivitas terhadap produksi naik 10%	86
27a	Analisa sensitivitas terhadap luas panen turun 10%	87
27b	Analisa sensitivitas terhadap luas panen naik 10%	87

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Padi (*Oryza sativa*) merupakan komoditas tanaman pangan utama yang diusahakan sebagai penghasil makanan pokok dan sumber karbohidrat bagi penduduk dunia dan penduduk Indonesia. Komoditas padi diperdagangkan dalam bentuk gabah yang kemudian diolah menjadi beras. Berbagai upaya telah dilakukan untuk dapat mendorong peningkatan produksi untuk memenuhi kebutuhan pangan di Indonesia.

Luas panen padi di Indonesia pada tahun 2022 diperkirakan sebesar 10,61 juta hektare, mengalami peningkatan sebanyak 194,71 ribu hektare atau 1,87 persen dibandingkan tahun 2021 yang sebesar 10,41 juta hektare. Produksi padi pada tahun 2022 diperkirakan sebesar 55,67 juta ton GKG, mengalami kenaikan sebesar 1,25 juta ton atau 2,31 persen dibandingkan tahun 2021 yang sekitar 54,42 juta ton GKG (BPS, 2023).

Luas panen padi di Sulawesi Selatan mencapai 1,04 juta hektare pada tahun 2022, mengalami peningkatan 52.900 hektare atau 5,37 persen dari tahun 2021. Puncak panen dalam dua tahun terakhir terjadi pada bulan April dan September. Produksi padi Sulawesi Selatan tahun 2022 mencapai 5,36 juta ton Gabah Kering Giling (GKG), naik 269,5 ribu ton GKG atau naik 5,29 persen dari tahun 2021 yaitu sebesar 5,09 juta ton GKG. Produksi beras di Sulawesi Selatan tahun 2022 untuk konsumsi pangan penduduk diperkirakan sekitar 3,06 juta ton, mengalami peningkatan sebanyak 144 ribu ton atau 4,92 persen dibandingkan produksi beras tahun 2021 yang sekitar 2,92 juta ton (BPS, 2023).

Kabupaten Maros terletak di bagian barat Sulawesi Selatan antara 40° 45' – 50° 07' Lintang Selatan dan 109° 205' – 129° 12' Bujur Timur.

Batas – batas Kabupaten Maros:

- Sebelah Utara : Kabupaten Pangkep
- Sebelah Selatan : Kota Makassar dan Kabupaten Gowa
- Sebelah Timur : Kabupaten Bone
- Sebelah Barat : Selat Makassar

Luas wilayah Kabupaten Maros 1.619.12 km², secara administrasi pemerintahan Kabupaten Maros terdiri dari 14 kecamatan dan 103 desa/ kelurahan. Kabupaten Maros memiliki sektor Pertanian yang strategis di Sulawesi Selatan. Total produksi padi sebesar 299.539,14 Ton dengan luas panen 4.209 Ha, total produksi sebesar 21.157,544 Ton (DPMTSP, 2023).

Budidaya padi merupakan kegiatan yang bertujuan untuk memperoleh hasil yang sebanyak-banyaknya dengan kualitas yang sebaik mungkin. Guna mendapatkan hasil yang sesuai dengan harapan, maka diperlukan tanaman padi yang selalu sehat dan subur. Tahapan budidaya padi untuk mencapai hasil yang optimal adalah dengan menyiapkan media tanam yang baik. Pemilihan bibit berkualitas, persemaian, penanaman, perawatan lahan, pencegahan hama dan penyakit, pemanenan dan pasca panen (Azizah, 2022).

Pemanfaatan teknologi dalam bidang pertanian di Kabupaten Maros saat ini berkembang pesat, pertanian yang sebelumnya memanfaatkan peralatan tradisional sekarang mulai bergeser menuju pertanian yang lebih modern. Perkembangan teknologi ini memberikan manfaat yang cukup tinggi bagi petani di Kabupaten Maros, baik dalam kegiatan pra tanam, tanam maupun panen dan pasca panen. Proses panen yang sebelumnya menggunakan peralatan tradisional sudah mulai bergeser ke penggunaan mesin pemanen padi modern *combine rice harvester*.

Penggunaan *combine harvester* sebagai mesin pemanen padi diyakini mampu meningkatkan efisiensi panen dengan pengurangan waktu panen bila dibandingkan dengan panen padi dengan tenaga manusia yang menggunakan peralatan panen tradisional. Dengan menggunakan *combine harvester* untuk sarana panen padi, dapat menurunkan tingkat kehilangan hasil, karena prinsip kerja alat panen padi kombinasi ini selain memotong padi (*reaping*), juga merontok (*threshing*) sekaligus mengemas gabah dalam karung (*packing*) (Januarti *et al* 2018).

Optimalisasi pemanfaatan alsintan sangat terkait dengan basis data atau sistem informasi alsintan, yang hingga saat ini belum tersusun secara sistematis serta belum dapat memberikan gambaran yang jelas akan status dan pemanfaatannya (Alihamsyah, 2011). Pentingnya mobilisasi *Combine Harvester* dalam suatu wilayah akan berpengaruh pada optimalnya luas panen yang dapat ditangani oleh alat tersebut untuk memperoleh hasil panen optimal. Selain dapat meningkatkan efisiensi panen padi, alat panen *combine rice harvester* juga bisa menjadi sarana yang untuk mengembangkan usaha di sektor pertanian, salah satunya adalah menyediakan jasa sewa alsintan *combine rice harvester*. Pengusaha jasa alsintan sebaiknya mengetahui analisa kelayakan usaha agar mengetahui apakah usahanya layak atau tidak untuk dilanjutkan. Dalam melakukan operasi panen, *combine harvester* memerlukan biaya untuk berpindah dari *base combine rice harvester* menuju lokasi panen, sehingga perlu dilakukan optimasi untuk meminimalkan biaya pergerakan *combine rice harvester*.

Penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya tentang Optimasi *combine rice harvester* membahas tentang bagaimana mengurangi tingkat kehilangan hasil panen, optimasi jadwal perawatan, optimasi desain *semi feedling*, dan lainnya, namun masih minim penelitian tentang optimasi pemanfaatan *combine rice harvester* yang menitik beratkan pada minimasi biaya pergerakan alat tersebut.

Berdasarkan uraian di atas, maka sangat penting dilakukan penelitian yang mengkaji tentang optimasi pemanfaatan *combine rice harvester* di Kabupaten Maros.

1.1.1 Teknologi Panen Padi

Panen padi merupakan rangkaian penting pada kegiatan budidaya padi. Saat panen merupakan waktu kritis karena apabila panen terlambat maka kualitas maupun kuantitas hasil panen akan menurun bahkan rusak sama sekali. Selain itu keterlambatan waktu panen menyebabkan tenaga kerja, biaya dan waktu yang telah digunakan selama proses budidaya dapat menyebabkan kerugian dalam usaha tani (Maksudi *et al*, 2018).

Padi yang ditanam dengan pola tanam serentak, pada saat panen membutuhkan tenaga kerja yang banyak agar panen dapat dilakukan tepat waktu. Namun kebutuhan tenaga kerja yang besar pada saat panen menjadi masalah di daerah-daerah tertentu yang penduduknya sedikit. Salah satu usaha yang dapat dilakukan untuk mengatasi

masalah kekurangan tenaga kerja adalah dengan meningkatkan kapasitas, produktivitas dan efisiensi kerja dalam sistem budidaya padi. Kegiatan panen diawali dengan pemotongan batang padi yang telah tua, lalu dilanjutkan dengan proses perontokan yaitu pelepasan butir-butir gabah dari malainya. Kegiatan panen padi dapat dilakukan secara manual, semi mekanis dan mekanis (Hasbullah *et al*, 2012)

Dalam mekanisme pemanenan harus diperhitungkan pula lama pengangkutan sampai ke tangan konsumen. Apabila pengangkutan memerlukan waktu lama, maka sebaiknya buah dipetik sebelum masak, tapi sudah tampak bernas (berisi) dan waktu panen sebaiknya dilakukan saat pagi hari atau sore hari sehingga ketika sampai di tempat tujuan, buah tidak dalam kondisi busuk atau rusak. Cara pemanenan padi dapat dibagi dua macam cara, yaitu cara tradisional dan cara mekanis. Dengan cara tradisional alat yang digunakan adalah ani-ani atau sabit. Pemilihan penggunaan alat-alat pemanen tersebut tergantung pada proses dan ketersediaan alat pemroses pascapanen. Misalnya apabila digunakan alat ani-ani maka perontokan bulir biasanya dilakukan dengan cara penumbukan. Sedangkan penggunaan sabit apabila perontokan dilakukan dengan cara dipukul-pukulkan ke tanah (gebod) atau dengan menggunakan alat perontok baik manual atau otomatis (Gunawan, 2014).

Jenis alat dan mesin panen padi yang telah berkembang di Indonesia meliputi ani-ani, sabit, *reaper*, *stripper*, padi *mower* dan *Combine Harvester*. Teknologi pemanenan padi di Indonesia sudah mengalami perkembangan yang cukup pesat sejak tahun 2012. Saat ini penggunaan jenis alat dan mesin panen padi sederhana seperti ani-ani sudah ditinggalkan petani. Penggunaan *reaper* kurang bisa berkembang di masyarakat, bahkan sudah mulai ditinggalkan petani. Sejak tahun 2012 mulai berkembang mesin panen padi tipe *mower 44 (paddy mower)* dan juga mesin panen padi tipe kombinasi (*Combine Harvester*) (Sulaiman, *et. al.*, 2018).

1.1.2 Combine Rice Harvester

Combine rice harvester adalah salah satu tipe mesin panen dengan kegiatan memotong, memegang, merontok dan membersihkan dilakukan sekaligus. Mesin combine harvester dioperasikan oleh dua orang operator, satu operator bertugas untuk mengendalikan mesin, operator yang lain bertugas memegang karung pada saat memasukkan gabah ke dalam karung. Fungsi operasional dasar *combine rice harvester* adalah sebagai berikut:

1. Memotong tanaman yang masih berdiri
2. Menyalurkan tanaman yang terpotong ke silinder
3. Merontokkan gabah dari tangkai atau batang
4. Memisahkan gabah dari jerami
5. Membersihkan gabah dengan cara membuang gabah kosong dan benda asing.

Tipe *combine rice harvester* berdasarkan cara perontokannya dibagi menjadi dua macam, yaitu tipe *whole feeding* dimana semua hasil potongan (jerami dan padi) masuk kedalam bagian perontokan (*thresher*). Tipe *whole feeding* digunakan untuk memanen gandum, kemudian berkembang dan diadopsi untuk memanen padi, serta tipe *half feed*

dimana hanya bagian malainya yang masuk ke dalam bagian perontok (*thresher*) sedangkan jerami dijepit oleh bagian pembawa (*conveying*).

Prinsip kerja dari mesin panen *combine rice harvester* adalah menggaet dan mengarahkan tanaman menuju bagian pemotong (*reel*), menggunting/memotong tanaman padi (*cutting platform*), mengumpulkan hasil (bagian malai) padinya ke bagian perontok merontok butir padi dari tangkainya (*threshing*), memisahkan gabah dan kotoran (*separation and cleaning*) dan memotong dan menghancurkan jerami (*chopping*). Kegiatan potong – angkut – rontok – pembersihan – sortasi - pengantongan dalam satu proses kegiatan yang terkontrol merupakan kelebihan dari fungsi kompleks *combine rice harvester*.

Menurut Sulaiman (2018), mesin panen padi kombinasi yang banyak berkembang di Indonesia adalah mesin panen padi kombinasi tipe *whole feeding*. Berdasarkan lebar pemotongan dan ukuran daya penggeraknya mesin panen padi kombinasi tipe *whole feeding* dibedakan menjadi tiga kelas.

1. Kelas A, mesin panen padi dengan lebar potong 700 -1.300 mm dan daya motor penggerak 7,0-11,0 kW
2. Kelas B, mesin panen padi dengan lebar potong 1.200 mm - 1.400 mm dan daya motor penggerak 11,1-31,0 kW
3. Kelas C, mesin panen padi dengan lebar potong 1.800-2.000 mm dan daya motor penggerak 31,1-65,0 kW.

Klasifikasi mesin panen padi kombinasi tersebut dikenal juga dengan mesin panen padi ukuran kecil, sedang, dan besar, ditunjukkan pada Gambar berikut :



Gambar 1. Mesin panen padi kombinasi ukuran kecil



Gambar 2. Mesin panen padi kombinasi ukuran sedang



Gambar 3. Mesin panen padi kombinasi ukuran besar

1.1.3 Kapasitas Kerja Mesin *Combine Rice Harvester*

Dalam pengoperasian alat dan mesin pertanian, laju berkaitan dengan ketepatan waktu operasi untuk langkah operasi berikutnya yang sangat sensitif terhadap perubahan cuaca dan musim, sedangkan mutu produk pertanian dipengaruhi oleh operasi mesin itu sendiri. Laju dan mutu dari operasi ini saling terkait satu sama lain dan saling memengaruhi kinerja hasil dari mesin pertanian baik mesin pra panen, panen dan pascapanen. Kinerja mesin pertanian biasanya dinyatakan dalam satuan jumlah per satuan waktu. Sebagai contoh untuk mesin pengolahan tanah dinyatakan dalam ha/jam, sedangkan untuk mesin penggiling dinyatakan dalam kg/jam. Kinerja mesin seperti ini sering disebut dengan kapasitas mesin.

1.1.4 Analisis Kebutuhan Alat dan Mesin Pertanian

Perkembangan Alsintan di Indonesia membutuhkan pemetaan yang baik berkenaan dengan kebutuhan dan ketersediaannya, serta upaya kelembagaan untuk peningkatan efektivitasnya. Penggunaan Alsintan mampu menekan biaya usaha tani dan memberikan keuntungan bagi petani, sehingga mampu berkontribusi pada pencapaian swasembada pangan. Mekanisasi Pertanian mempunyai prospek yang baik kalau didahului dengan pemetaan kebutuhan dan ketersediaan serta langkah langkah kelembagaan (*enabling institutional environment*) yang memadai. Sebagai konsekuensinya biaya usaha tani dapat ditekan dan efisiensi usaha tani dapat diperbaiki (Aldillah, 2016).

Analisa kebutuhan alat dan mesin pertanian merupakan prediksi ketersediaan alat dan mesin pertanian (alsintan) untuk mencukupi kebutuhan kegiatan produksi pertanian di suatu wilayah berdasarkan data-data potensi. Inventarisir data potensi dan ketersediaan alsintan tersebut digunakan untuk menghitung kebutuhan alsintan di wilayah tertentu dengan tujuan untuk menghitung optimalisasi pemanfaatan alsintan tersebut (Sulaiman, 2018).

Sebagai contoh pada perhitungan kebutuhan alsintan alat panen dengan *combine rice harvester* pada suatu wilayah, dibutuhkan data-data yang akurat untuk menentukan jumlah alsin yang ideal beroperasi di wilayah tersebut. Data tersebut penting untuk

melihat tingkat kejenuhan terhadap sesuatu jenis alsintan pada wilayah yang akan kita analisa.

Adapun data- data tersebut meliputi:

- Luas lahan sawah atau areal di suatu wilayah yang akan ditangani oleh alsintan
- Jumlah alsintan yang beroperasi di wilayah tersebut
- Kapasitas kerja alsintan mengerjakan lahan tersebut per tahun

Dari ke tiga data tersebut maka kita sudah dapat melakukan analisa yang terkait dengan jumlah kebutuhan alsintan dengan beberapa patokan yaitu:

- Apabila luas areal yang ada lebih luas dibandingkan dengan luas areal yang ditangani alsintan, maka wilayah tersebut masih membutuhkan alsintan.
- Apabila luas areal yang ada lebih kecil dibandingkan dengan luas areal yang ditangani alsintan, maka wilayah tersebut tidak lagi membutuhkan alsintan.

1.1.5 Metode Optimasi

Optimasi menurut kamus besar Bahasa Indonesia (optimalisasi) diartikan sebagai pengoptimalan, yaitu proses, cara, pembuatan untuk menghasilkan yang terbaru. Sedangkan optimasi berasal dari kamus bahasa Inggris yaitu *Optimization* yang berarti optimal. Optimasi adalah suatu proses untuk mencapai hasil yang ideal atau optimasi (nilai efektif yang dapat dicapai). Optimasi dapat diartikan sebagai suatu bentuk mengoptimalkan sesuatu hal yang sudah ada, ataupun merancang dan membuat sesuatu secara optimal.

Dalam Persoalan ini sumber-sumber terbatas yang harus dialokasikan secara optimal adalah biaya pergerakan optimal. Fungsi Tujuan:

$$Z = \sum_{n=1}^n C_n X_n = C_1 X_1 + C_2 X_2 + \dots + C_n X_n \quad \dots\dots\dots (1)$$

Fungsi Kendala :

$$\sum_{n=1}^n a_{mn} x_n \leq b_m \text{ dan } x_n \geq 0 \text{ atau}$$

- $a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n \leq b_1$
- $a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n \leq b_2$
- $a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n \leq b_m$

dan

$$x_1 \geq 0; x_2 \geq 0; \dots \dots; x_n \geq 0$$

$$m = 1,2,3, \dots m; n = 1,2,3, \dots, n$$

Simbol $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ menunjukkan variabel keputusan. Banyak variabel keputusan dipengaruhi dari banyak kegiatan atau aktivitas yang dilakukan untuk mencapai tujuan. Simbol $C_1, C_2, C_3, \dots, C_n$ merupakan kontribusi masing- masing variabel keputusan terhadap tujuan, disebut juga koefisien fungsi tujuan pada model matematikanya. Simbol $a_{11}, \dots, a_{1n}, \dots, a_{mn}$ merupakan penggunaan per unit variabel keputusan akan sumber daya yang membatasi, atau disebut juga sebagai koefisien fungsi kendala pada model matematikanya. Simbol b_1, b_2, \dots, b_m menunjukkan jumlah masing-masing sumber daya yang ada. Jumlah fungsi kendala akan tergantung dari banyaknya sumber daya yang terbatas. Pertidaksamaan terakhir ($x_1, x_2, x_3, \dots, x_n \geq 0$) menunjukkan batasan non negatif.

1.1.6 Optimasi *Combine Rice Harvester* dengan Metode Transportasi

Metode transportasi merupakan metode pengembangan dari metode simplek yang dikhususkan untuk menghitung persoalan-persoalan pengiriman suatu barang dari suatu tempat menuju tempat lain. Metode transportasi terpusat pada pemilihan rute dalam jaringan distribusi suatu produk antara pusat industri dan distribusi gudang atau antara distribusi gudang dan distribusi lokal. Dalam penggunaan metode transportasi manajemen menentukan rute dengan tingkat pengendalian pengeluaran menjadi lebih optimal guna meminimalkan biaya distribusi sehingga memperoleh pendapatan lebih besar atau meminimalkan waktu yang digunakan (Murthy, 2017).

Dalam pemecahan masalah transportasi tabel merupakan model yang dapat membantu kita untuk memahami persoalan transportasi dengan tepat. Dalam tabel dibawah menunjukkan bahwa jumlah kapasitas sumber bisa tidak sama dengan kapasitas tujuan., bila kapasitas sumber sama dengan kapasitas tujuan maka seluruh kendala berupa persamaan. Dan jika kapasitas sumber lebih besar dari kapasitas tujuan maka kendala tujuan berupa pertidaksamaan dengan tanda kurang dari " \leq " dan bila kapasitas sumber lebih kecil dari kapasitas tujuan maka kendala tujuan berupa pertidaksamaan dengan tanda lebih dari " \geq ". Penggunaan tanda pertidaksamaan ini mempunyai tujuan untuk mengalokasikan kelebihan kapasitas yang terjadi kedalam variabel slack. Penyelesaian masalah transportasi dapat dilihat pada Tabel 1 berikut :

Tabel.1 Tabel Transportasi

	Ke	Tujuan						Penawaran
Dari		1	2	...	N			
Sumber	1	C_{11} X_{11}	C_{12} X_{12}	...	C_{1n} X_{1n}		a_1	
	2	C_{21} X_{21}	C_{22} X_{22}	...	C_{2n} X_{2n}		a_2	
	
	m	C_{m1} X_{m1}	C_{m2} X_{m2}	...	C_{mn} X_{mn}		a_n	
Permintaan		b_1	b_2	...	b_n			

Keterangan :

X_{ij} = Unit yang dikirim dari sumber i ke tujuan j

C_{ij} = Biaya perunit dari sumber i ke tujuan j

a_i = Kapasitas penawaran dari sumber i

b_j = Kapasitas permintaan ke tujuan j

i = 1, 2, ..., m

j = 1, 2, ..., n

Menurut Hermawan (2016), model transportasi pada saat dikenali pertama kali, diselesaikan secara manual dengan menggunakan algoritma yang dikenal sebagai algoritma transportasi

1. Pertama, diagnosis masalah dimulai dengan pengenalan sumber, tujuan, parameter, dan variabel.

2. Kedua, seluruh informasi tersebut kemudian dituangkan kedalam matriks transportasi yang dalam hal ini,
 - a. Bila kapasitas seluruh sumber lebih besar dari permintaan seluruh tujuan maka sebuah kolom perlu ditambahkan untuk menampung kelebihan kapasitas itu.
 - b. Bila kapasitas seluruh sumber lebih kecil dari seluruh permintaan tujuan maka sebuah baris perlu ditambahkan untuk menyediakan kapasitas semu yang akan memenuhi kelebihan permintaan itu. Jelas sekali bahwa kelebihan permintaan itu tidak bisa dipenuhi.
3. Ketiga, seluruh matriks transportasi terbentuk kemudian dimulai menyusun tabel awal. Algoritma transportasi mengenal tiga macam metode untuk menyusun tabel awal, yaitu:
 - a. Metode Sudut Barat Laut atau *North West Corner Method*
 - b. Metode Biaya Terkecil atau *Least Cost Method*
 - c. VAM atau *Vogel's Approximation Method*
4. Keempat, setelah penyusunan tabel awal selesai maka sebagai langkah selanjutnya adalah pengujian optimalitas tabel untuk mengetahui apakah biaya tersebut telah minimum. Secara matematis, pengujian ini dilakukan untuk menjamin bahwa nilai fungsi tujuan minimum telah tercapai. Ada dua macam pengujian optimalitas algoritma transportasi:
 - a. MODI atau *Modified Distribution Method*
 - b. *Stepping Stone Method*
5. Kelima, yaitu langkah terakhir adalah revisi tabel bila dalam langkah keempat terbukti bahwa tabel belum optimal atau biaya distribusi total masih mungkin diturunkan lagi. Dengan demikian, jelas sekali bahwa langkah kelima ini tidak akan dilakukan apabila pada langkah keempat telah membuktikan bahwa tabel telah optimal.

1.1.7 Teknik Pemecahan Model Program Linear (*Linear Programming*)

Menyelesaikan masalah program linear dengan cara manual atau dengan menggunakan metode simpleks akan lebih sulit dan memakan waktu lebih lama karena membutuhkan ketelitian dan ketekunan yang tinggi. Oleh karena itu sangat tepat jika menggunakan software. Salah satu software yang bisa digunakan untuk menyelesaikan masalah program linear adalah dengan POM for WINDOWS.

Program POM adalah sebuah program komputer yang digunakan untuk memecahkan masalah dalam bidang produksi dan operasi yang bersifat kuantitatif. Tampilan grafis yang menarik dan kemudahan pengoperasian menjadikan POM for Windows sebagai alternatif aplikasi guna membantu pengambilan keputusan seperti misalnya menentukan kombinasi produksi yang sesuai agar memperoleh keuntungan sebesar-besarnya. Menentukan order pembelian barang agar biaya perawatan menjadi seminimal mungkin, menentukan penugasan karyawan terhadap suatu pekerjaan agar dicapai hasil yang maksimal, dan lain sebagainya. Penerapan ilmiah dengan menggunakan perangkat dan metode matematika untuk memecahkan masalah manajemen dalam rangka membantu manajer dan pimpinan serta pihak manajemen lain untuk membuat keputusan yang terbaik.

Untuk dapat menjalankan program POM For Windows, konfigurasi minimal komputer adalah sebagai berikut:

- a. Komputer : IBM atau Kompatibelnya
- b. Processor : Minimal 386 dan hanya dapat dijalankan melalui Windows
- c. versi 3.1 atau di atasnya dengan minimum RAM 3 Mb.
- d. Disk Drive: Minimal 1 drive (3.5")

Dalam mempelajari Riset Operasi, diperlukan model untuk penyederhanaan yang sengaja dibuat untuk mempermudah mempelajari dunia nyata yang kompleks dan hasilnya dikembalikan ke dunia nyata kembali. Model bisa berbentuk gambar, simulator/prototype, matematis/grafik, dll. Dalam pengambilan keputusan dapat dibantu dengan banyak alat analisis (Marendra *et al*, 2023)

Langkah umum memecahkan masalah kuantitatif:

1. Siapkan formula masalahnya, semisal akan dipecahkan suatu masalah linier programming maka langkah kerjanya adalah:
 - Tentukan masalahnya apakah kasus maksimum atau minimum
 - Berapa jumlah variabel yang ada
 - Berapa jumlah batasan yang ada
2. Masukkan masalah tersebut ke dalam computer
3. Lakukan pengecekan pada masalah bila terjadi kesalahan input
4. Lakukan perhitungan dan lihat hasilnya dengan menKlik *SOLVE*
5. Tampilkan hasil-hasil perhitungan
6. Simpan formulasi masalah atau datanya

1.1.8 Analisis Ekonomi Kelayakan Kepemilikan *Combine Harvester*

Secara umum biaya merupakan pengeluaran untuk faktor-faktor produksi seperti beli material, upah tenaga kerja, sewa atau beli peralatan, dan termasuk juga didalamnya jasa untuk keahlian manajemen (Melly *et.al.*, 2020). Tujuan suatu usaha adalah untuk mendapatkan keuntungan. Keuntungan diperoleh dari selisih antara biaya yang dikeluarkan dengan pendapatan yang diterima. Untuk dapat memperkirakan biaya produksi maka dilakukan suatu analisis biaya dari proses produksi sehingga akan didapat biaya produksi per satuan output produk.

Analisis ekonomi pada suatu proyek mengarahkan pada perencana dalam menentukan pilihan terbaik dari beberapa alternatif hasil perencanaan yang dipilih. Penentuan alternatif mempunyai bentuk yang bermacam-macam. Alternatif ini bisa berupa perbandingan biaya dari beberapa pilihan yang direkomendasi, dapat pula analisis ekonomi melibatkan unsur resiko yang mungkin bisa terjadi. Di samping itu, selain membandingkan dengan berbagai macam biaya, analisis ekonomi juga dapat dikembangkan berdasarkan asas manfaat dari proyek yang bersangkutan. Oleh sebab itu kemampuan menganalisis biaya dari suatu mesin sangat penting untuk mengambil keputusan yang paling tepat apabila harus memilih beberapa mesin atau dalam mengambil keputusan apakah akan menyewa atau membeli suatu mesin pertanian.

Biaya mesin dan alat pertanian terdiri atas dua komponen yaitu biaya tetap (*fixed costs*), dan biaya tidak tetap (*variable costs*). Biaya tetap sering juga disebut biaya pemilikan (*owning costs*), sedangkan biaya tidak tetap kadang-kadang disebut biaya operasi (*operating costs*).

1.1.8.1 Biaya Tetap (*Fixed Cost*)

Biaya tetap adalah jenis-jenis biaya yang selama satu periode kerja tetap jumlahnya. Biaya ini tidak tergantung pada jumlah produk yang dihasilkan (jumlah jam kerja suatu alat/mesin). Meskipun peralatan atau mesin tersebut bekerja dalam waktu yang berbeda, atau bahkan tidak digunakan untuk bekerja, biaya ini tetap ada dan harus diperhitungkan, dan besarnya relatif tetap. Dengan kata lain biaya tetap merupakan biaya yang tetap dihitung sebagai pengeluaran, walaupun alat dan mesin tersebut tidak dipergunakan. Biaya tetap dapat dikatakan bersifat independen terhadap pemakaian alat dan mesin. Biaya-biaya yang termasuk dalam biaya tetap adalah: biaya penyusutan, biaya bunga modal, pajak, dan biaya bangunan atau garasi.

1. Biaya penyusutan

Perhitungan biaya penyusutan dihitung berdasarkan umur ekonomisnya. Umur ekonomis dari suatu alat dinyatakan dalam tahun atau jumlah jam kerja, dan lamanya akan sangat dipengaruhi oleh pemeliharaannya.

Sedangkan nilai akhir alat/ mesin merupakan harga jual alat setelah dalam waktu tertentu mesin tersebut digunakan. Biasanya nilai akhir alat ini dihitung atau diperkirakan senilai 10 % dari harga beli alat (10 % P).

Dalam perhitungan biaya penyusutan dikenal 4 metode, yaitu:

- Metode garis lurus (*Straight line method*)
- Metode penjumlahan angka tahun (*Sum of the year digits method*)
- Metode keseimbangan menurun berganda (*Double declining balance method*)
- Metode *Sinking Fund*

Metode *Sinking Fund* adalah cara yang paling mudah dan cepat untuk menghitung biaya penyusutan. Pada metode ini biaya penyusutan dianggap sama setiap tahun, atau penurunan nilai suatu alat tetap sampai pada akhir umur ekonomisnya.

$$D_n = (P - S) (A/F \cdot i\%, N) (F/P, i\%, n - 1) \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan:

D_n = Biaya penyusutan pada tahun ke – n (Rp / tahun)

P = Harga awal (Rp)

S = Harga akhir (Rp)

i = Tingkat bunga modal (% / tahun)

n = Tahun ke – n

N = Umur ekonomi (tahun)

Sedangkan nilai akhir mesin pada tahun ke-n dapat dihitung dengan persamaan berikut: Biaya penyusutan tiap tahun (Rp/tahun)

$$V_n = P - (P - S) (A/F, i\%, N) (F/A, i\%, n) \dots \dots \dots (3)$$

Keterangan:

V_n = nilai akhir mesin pada tahun ke-n (Rp)

2. Biaya Bunga Modal (*interest on investment*) dan Asuransi (*insurance*)

Biaya ini diperhitungkan untuk mengembalikan nilai modal yang ditanam sehingga pada akhir umur peralatan diperoleh nilai uang yang present valuenya sama dengan nilai modal yang ditanam. Dalam hal ini bunga modal dari investasi pada peralatan dan mesin pertanian diperhitungkan sebagai biaya, karena uang yang dipergunakan untuk membeli alat tidak bisa dipergunakan untuk usaha lain. Sedangkan besarnya biaya asuransi biasanya 0,25 % per tahun dari harga awal (P).

Apabila biaya penyusutan dihitung dengan mempergunakan metode Crf atau *sinking fund* maka biaya bunga modal tidak perlu dihitung kembali, karena pada metode tersebut biaya penyusutan yang diperoleh sudah termasuk biaya bunga modalnya. Tetapi apabila metode yang digunakan dalam perhitungan biaya penyusutan adalah selain dua metode tersebut, berarti bunga modal belum diperhitungkan, dan harus dihitung tersendiri. Dalam beberapa hal perhitungan bunga modal dan asuransi dapat disatukan dalam persamaan berikut:

$$I = \frac{iP(N+1)}{2N} \dots\dots\dots (4)$$

Keterangan:

- P = Harga awal/ harga beli /*purchase price* (Rp)
- i = Total persentase bunga modal dan asuransi (%/tahun)
- I = Biaya bunga modal dan asuransi (Rp/ tahun)
- N = Umur ekonomis alat (tahun)

3. Pajak (*property and sales taxes*)

Penentuan besarnya pajak untuk peralatan dan mesin pertanian sangat berbeda di setiap negara. Di Indonesia pemungutan pajak untuk peralatan dan mesin pertanian memang belum banyak dilakukan. Nilai yang paling tepat untuk biaya pajak adalah nilai pajak yang dikenakan pada peralatan atau mesin tersebut setiap tahunnya.

Apabila belum ada ketentuan pemungutan pajak untuk mesin pertanian, dan nilai ini akan diperhitungkan, maka biaya pajak ditentukan berdasarkan persentase taksiran terhadap harga mesin atau peralatan tersebut. Besarnya persentase berbeda dari satu negara ke negara lain. Di beberapa negara, besarnya pajak sekitar 1,5 % sampai 2 % dari harga awal per tahun.

4. Biaya Bangunan atau *Garase (Shelter)*

Biaya ini terhadap alat/mesin pertanian sebenarnya tidak nyata nilai uangnya. Jika bangunan sebagai tempat penyimpanan suatu alat itu ada, dapat dianggap sebagai komponen dari unit produksi atau dapat juga dianggap sebagai unit yang terpisah dan berbeda dari unit produksi. Apabila dianggap sebagai unit yang terpisah maka penentuan biaya dilakukan secara khusus dengan menghitung biaya penyusutan, biaya pemeliharaan dan umur ekonomi bangunan tersebut. Apabila dianggap satu kesatuan dari unit produksi, perhitungan dapat dilakukan berdasarkan atas biaya tahunan, menurut luas lantai atau volume ruangan yang ditempati mesin, atau atas biaya per unit produksi.

Adanya gedung/ garase mengakibatkan perbaikan yang mudah dan aman, pemeliharaan yang teratur dan baik serta dapat mengurangi kerusakan mesin atau alat.

Berdasarkan pengalaman dengan adanya garase atau gedung akan menyebabkan biaya perbaikan lebih kecil bila dibandingkan dengan tidak adanya gedung/garase, sehingga dengan tidak adanya garase atau gedung akan mengakibatkan kerugian yang besar. Pada umumnya beban gedung/garase terhadap alat/mesin diperkirakan sebesar 0,5 – 1 % dari harga awal per tahun. Beban ini akan tergantung pada kondisi lokal (Melly *et al*, 2020).

1.1.8.2 Biaya Tidak Tetap (*Variable Costs*)

Biaya tidak tetap merupakan biaya yang dikeluarkan pada saat alat/mesin dioperasikan atau digunakan. Biasanya biaya ini bervariasi menurut pemakaian alat/mesin atau sangat dipengaruhi oleh waktu (jam) pemakaian alat/mesin. Perhitungan biaya tidak tetap dilakukan dalam satuan Rp/jam. Yang termasuk biaya tidak tetap, di antaranya:

1. Biaya bahan bakar
2. Biaya pelumas (perawatan preventif)
3. Biaya perbaikan dan pemeliharaan
4. Biaya operator
5. Biaya hal-hal khusus (biaya ban untuk beberapa alat/mesin pertanian)

1. Biaya Bahan Bakar

Biaya ini adalah pengeluaran untuk sumber tenaga yaitu bensin, solar atau listrik, yang kebutuhan bensin/solar dinyatakan dalam liter/jam dan konsumsi listrik dalam Kilowatt atau Watt, sehingga biaya bahan bakar dinyatakan dalam Rp/jam.

2. Biaya Pelumas

Pelumas diperlukan untuk memberikan kondisi kerja yang baik bagi mesin dan peralatan. Minyak pelumas untuk traktor meliputi oli mesin, oli transmisi, oli gardan, dan oli hidrolis. Pada mesin pengolahan hasil, pompa air dan generator listrik tidak terdapat biaya hidrolis dan oli gardan. Besarnya biaya pelumas ditentukan berdasarkan banyaknya penggantian oli pada suatu mesin pada setiap periode tertentu, dan harga satuan oli yang digunakan.

3. Biaya Perbaikan dan Pemeliharaan

Biaya perbaikan dan pemeliharaan pada alat/mesin pertanian meliputi biaya penggantian bagian yang telah aus, upah tenaga kerja terampil untuk perbaikan khusus, pengecatan, pembersihan/pencucian dan perbaikan-perbaikan karena faktor yang tak terduga. Besarnya biaya pemeliharaan dan perbaikan akan berbeda pada setiap kondisi, meskipun untuk mesin yang sama. Misalnya saja perbedaan kondisi tanah, cuaca atau jenis tanaman.

Biaya perbaikan dan pemeliharaan dapat dinyatakan dalam persentase terhadap harga awal suatu peralatan atau mesin pertanian. Sebagai contoh misalnya besarnya biaya perbaikan dan pemeliharaan rata-rata pada traktor roda 4 adalah 1,2 % dari harga awal per 100 jam ($1,2 \% P / 100 \text{ jam}$).

Biaya perbaikan dan pemeliharaan sumber tenaga (motor penggerak) untuk alat-alat pertanian, seperti mesin penggiling padi, perontok, pemecah kulit dan penyosoh (*polisher*) diperkirakan besarnya $1,2 \% (P - S) / 100 \text{ jam}$.

Biaya perbaikan untuk mesin-mesin pengolah hasil pertanian beserta mesin penggeraknya diperkirakan sebesar 5 % (P) / tahun. Sedangkan biaya perbaikan dan

pemeliharaan untuk peralatan pertanian seperti bajak, garu dan sebagainya diperkirakan sebesar 2 % (P – S) / 100 jam.

4. Biaya Operator

Operator adalah orang menggunakan atau mengoperasikan peralatan yang digunakan. Biaya operator biasanya dinyatakan dalam Rp/hari atau Rp/jam dan besarnya tergantung pada kondisi lokal. Operator yang digaji bulanan dapat dikonversikan dalam upah rupiah per jam dengan menghitung jumlah jam kerjanya selama satu bulan. Di beberapa daerah upah operator diberikan dalam satuan produk yang dihasilkan. Misalnya Rp/ha untuk pengolahan tanah, Rp/ton untuk pekerjaan penggilingan padi dan pemipilan jagung dan sebagainya.

5. Biaya Hal-hal Khusus

Biaya hal-hal khusus adalah biaya dari penggantian suatu bagian atau suku cadang yang mempunyai nilai yang tinggi (harganya mahal), tetapi memerlukan penggantian yang relatif sering karena pemakaian. Pada mesin pertanian contoh yang paling umum adalah biaya penggantian ban pada traktor roda.

Biaya penggantian ban ini dapat dihitung berdasarkan biaya penggantian (harga) dan perkiraan umur perbaikan.

$$Biaya\ Ban\ (\frac{Rp}{jam}) = \frac{Biaya\ Penggantian\ Ban}{Perkiraan\ Umur\ Ban} \dots\dots\dots (5)$$

1.1.9 Biaya Total / Biaya Kerja

Biaya total/ biaya kerja merupakan biaya keseluruhan yang diperlukan untuk mengoperasikan suatu peralatan atau mesin pertanian. Biaya ini merupakan penjumlahan biaya tetap dan biaya tidak tetap, dan dinyatakan dalam satuan Rp/jam. Dalam perhitungan yang dilakukan pada bagian sebelumnya, biaya tetap dihitung dalam satuan Rp/tahun, sedangkan biaya tidak tetap dihitung dalam Rp/jam. Dengan demikian, untuk dapat menjumlahkan kedua biaya tersebut, maka diperlukan suatu faktor konversi untuk mengubah satuan biaya tetap dari Rp/tahun menjadi Rp/jam.

Biaya total mesin pertanian per jam dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$B = \frac{BT}{X} + BTT \dots\dots\dots (6)$$

Keterangan:

- B = Biaya total (Rp/jam)
- BT = Biaya tetap (Rp/tahun)
- BTT = Biaya tidak tetap (Rp/jam)
- X = Perkiraan jumlah jam kerja dalam satu tahun (jam/tahun)

1.1.10 Revenue Cost Ratio (R/C-Ratio)

Upaya pengembangan usaha dalam usaha kecil tidak terlepas dari aspek keuangan yang salah satunya adalah dengan menganalisis biaya yang berujung pada besarnya keuntungan yang akan diperoleh (Sukirno, 1994). Munawir (2010), berpendapat bahwa, analisis R/C Ratio adalah merupakan perbandingan antara total penerimaan dengan biaya. Semakin besar nilai R/C semakin besar pula keuntungan dari usaha tersebut.

Soekartawi (2002), mengemukakan bahwa analisis *Revenue Cost Ratio* merupakan analisis yang melihat perbandingan antara penerimaan dan pengeluaran. Tujuannya adalah untuk mengetahui layak atau tidak usahatani itu dilaksanakan, dengan rumus:

$$a = \frac{R}{C} \dots\dots\dots (7)$$

Keterangan:

a = Perbandingan antara *Total Revenue* dengan *Total Cost*

R = *Total Revenue* (total penerimaan)

C = *Total Cost* (total biaya)

Apabila $R/C = 1$, berarti tidak untung tidak pula rugi atau impas, selanjutnya bila $R/C < 1$, menunjukkan bahwa usaha tersebut tidak layak diusahakan dan jika $R/C > 1$, maka usahatani tersebut layak untuk diusah

1.1.11 Analisa Sensitivitas

Analisis sensitivitas merupakan studi tentang bagaimana memprediksi ketidakpastian yang dipengaruhi input dalam model (Lilburne & Tarantola, 2011). Tujuan dari analisis sensitivitas adalah untuk mengetahui apa yang akan terjadi ketika ada perubahan pada saat melakukan usaha tani (Dos Santos, et.al., 2017).

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan Masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana kebutuhan *combine rice harvester* di Kabupaten Maros?
2. Bagaimana optimasi biaya dalam mobilisasi *combine rice harvester* di Kabupaten Maros?
3. Bagaimana analisis ekonomi kelayakan kepemilikan *combine rice harvester* di Kabupaten Maros?

1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menghitung kebutuhan *combine rice harvester* di Kabupaten Maros.
2. Melakukan optimasi biaya pergerakan *combine rice harvester* di Kabupaten Maros.
3. Melakukan analisis ekonomi kelayakan kepemilikan *combine rice harvester* di Kabupaten Maros.

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Sebagai sumber informasi bagi petani dan pengusaha dalam pemanfaatan *combine rice harvester* pada kegiatan panen padi dan bahan masukan bagi pemerintah dalam merumuskan strategi dan kebijakan dalam pembinaan bagi petani dalam penanganan panen padi.
2. Sebagai sumber informasi bagi peneliti selanjutnya yang berkaitan dengan optimasi pemanfaatan *combine rice harvester* dalam panen padi.

BAB II METODOLOGI

2.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan mulai bulan Juni 2023. Lokasi penelitian ditentukan secara sengaja (*purposive*) dengan mempertimbangkan kecamatan yang memiliki potensi *combine rice harvester* dan dapat mewakili sebagai sampel di Kabupaten Maros. Populasi dan sampel penelitian ini adalah petani/ pengusaha yang memiliki *combine rice harvester* di kecamatan Bantimurung dan kecamatan Mandai.

2.2 Teknik pengumpulan data

Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini menggunakan metode observasi dengan semi partisipasi, yaitu metode observasi dimana peneliti melibatkan diri dalam beberapa kegiatan masyarakat yang diamati secara tidak penuh karena terbatasnya waktu peneliti (Yunus, 2010).

Responden yang ditetapkan sebagai sampel dalam penelitian ini adalah petani/ pengusaha pemilik *combine rice harvester* di kecamatan Mandai dan Bantimurung.

1. Data primer

Data primer diperoleh melalui pengamatan langsung di lapangan, pengambilan data dari Dinas Pertanian dan Ketahanan Pangan Kabupaten Maros, data dari BPP kecamatan Mandai dan Bantimurung, dan wawancara dengan petani pemilik *combine rice harvester*.

2. Data sekunder

Data sekunder diperoleh melalui sumber lain yang ada relevansinya dengan penelitian ini.

2.2.1 Kapasitas Kerja *Combine Harvester*

- a. Kapasitas Lapang Teoritis (kapasitas potensial), merupakan laju kinerja yang dapat dicapai oleh mesin dengan menggunakan seluruh waktu yang tersedia dan seluruh kemampuan mesin yang ada. Kapasitas ini dapat dinyatakan dengan rumus:

$$KLT = 0,36 V \cdot L \dots\dots\dots (8)$$

Keterangan:

KLT = Kapasitas Lapang Teoritis (ha/jam)

V = Kecepatan atau laju mesin (m/detik)

L = Lebar kerja alat (m)

- b. Kapasitas Lapang Efektif (kapasitas aktual), merupakan laju yang sebenarnya di lapang dan biasanya lebih kecil dari kapasitas teoritis, dapat dinyatakan dengan persamaan:

$$KLE = \frac{\text{Luas lahan garapan (ha)}}{\text{Total waktu kerja (jam)}} \dots\dots\dots (9)$$

Keterangan:

KLE = Kapasitas Lapang Efektif (ha/jam)

Perhitungan kapasitas dengan rumus di atas dapat digunakan untuk alat dan mesin pra panen dan panen. Sedangkan untuk alat pasca panen, kapasitas lebih tepat

diperhitungkan sebagai kapasitas bahan. Namun untuk alat dan mesin tertentu, kita harus membedakan antara kapasitas bahan dengan kapasitas *throughput/throughput capacity* (disebut juga dengan laju).

c. Efisiensi

Efisiensi merupakan perbandingan kapasitas kerja teoritis dengan kapasitas lapang

$$E = KLE/KLT \times 100\% \quad \dots\dots\dots (10)$$

Keterangan:

E = Efisiensi (%)

KLT = Kapasitas Lapang Teoritis (ha/jam)

KLE = Kapasitas Lapang Efektif (ha/jam)

(Melly et.al., 2020)

2.2.2 Kebutuhan Alat Dan Mesin Pertanian

Bila dibandingkan sumber daya lahan dan produksi yang dicapai terhadap kapasitas kerja dan jumlah alsintan yang tersedia, terdapat selisih kebutuhan yang masih besar masing-masing alat. Untuk menentukan kebutuhan alsintan dihitung dengan menggunakan formula Soedjatmiko sebagai berikut: (Anonymouse, 2016)

$$Akep = \frac{lt \cdot i}{Cv} \quad \dots\dots\dots (11)$$

Keterangan :

Akep = Analisa Kebutuhan Alsintan (unit)

lt = Luas areal tanam dalam 1 tahun (ha/tahun)

i = indeks penggunaan alsintan (%)

Cv = Coverage area (ha/tahun)

Coverage area adalah kemampuan kerja Combine Harvester dalam melakukan operasi panen dalam suatu area per tahun. Perhitungan Coverage area tersebut dapat dilihat dari formulasi di bawah ini;

$$Cv = \frac{Hk \times Wt}{Ka} \quad \dots\dots\dots (12)$$

Keterangan :

Cv = Coverage area (ha/tahun)

Hk = Hari kerja dalam 1 tahun (hari/tahun)

Wt = Jam kerja dalam 1 hari (jam/hari)

Ka = Kapasitas Lapang efektif (ha/jam)

2.2.3 Metode Optimasi

Tahap ini berisi tentang analisis terhadap data-data yang terkumpul dan yang telah diolah untuk menentukan nilai optimasinya. Rangkaian tahapan analisis untuk penentuan optimasi pemanfaatan *combine rice harvester* adalah sebagai berikut:

1. Tahap pertama dalam penelitian ini yaitu identifikasi data luas lahan pertanian, luas panen, waktu panen, jumlah *combine rice harvester*, dan unsur biaya *combine rice harvester*.
2. Tahap kedua dalam penelitian ini yaitu formulasi Model Matematik. Model matematika akan mendeskripsi suatu sistem dengan menggunakan konsep dan

bahasa matematika. Pada tahapan ini akan ditentukan variabel keputusan dan penetapan fungsi tujuan yang hendak dicapai yaitu meminimumkan biaya pergerakan/ mobilisasi *combine rice harvester*. Fungsi tujuan (*objective function*) adalah fungsi yang akan dicapai untuk mendapatkan nilai minimum dalam suatu persoalan linear.

Nilai yang akan dioptimalkan dinyatakan sebagai Z_{min} .

$$Z_{min} = \sum_{i=1, j=1}^{m,n} C_{ij}X_{ij} = C_{11}X_{11} + C_{12}X_{12} + \dots + C_{ij}X_{ij} \dots \dots \dots (13)$$

Kemudian penetapan fungsi kendala/batasan. Perumusan fungsi batasan diturunkan dari faktor-faktor yang menjadi faktor batasan. Selain itu juga terdapat constraint teknis dan mutlak dipenuhi yakni berupa ketentuan untuk hasil keputusan non negatif atau memiliki nilai ≥ 0 (Muhaimin dan Pamungkas, 2014).

Tabel 2. Model Tranportasi Optimasi *Combine Rice Harvester*

Dari	K e	Tujuan								Penawaran (Ketersediaan CH)
		1	2	...	j	...	n			
Sumber	1	C_{11}	C_{12}		C_1		C_{1n}	a_1		
		X_{11}	X_{12}		...	X_{1n}				
	2	C_{21}	C_{22}		C_2		C_{2n}	a_2		
		X_{21}	X_{22}		X_2	...	X_{2n}			
		
	i	C_{i1}	C_{i2}	...	C_{ij}	...	C_{in}			
				X_{ij}						
...			
m	C_m	C_m				C_m	a_m			
	X_m	X_m				X_m				
	X_{m1}	X_{m2}				X_{mn}				
Permintaan (Kebutuhan CH)	b_1	b_2			...	b_n	$\sum a_i = \sum b_j$			

$$Z_{min} = \sum_{i=1, j=1}^{m,n} C_{ij}X_{ij} = C_{11}X_{11} + C_{12}X_{12} + \dots + C_{ij}X_{ij}$$

Fungsi kendala:

$$X_{11} + X_{12} + \dots + X_{1n} \leq a_1$$

$$X_{21} + X_{22} + \dots + X_{2n} \leq a_2$$

...

$$X_{m1} + X_{m2} + \dots + X_{mn} \leq a_m$$

$$X_{11} + X_{21} + \dots + X_n \leq b_1$$

$$X_{12} + X_{22} + \dots + X_{m2} \leq b_2$$

...

$$X_{1n} + X_{2n} + \dots + X_{mn} \leq b_n \quad \text{dan}$$

$$x_1 \geq 0; x_2 \geq 0; \dots; x_n \geq 0$$

$$m = 1, 2, 3, \dots, m; n = 1, 2, 3, \dots, n$$

Keterangan :

Z = Biaya Minimum Pergerakan *Combine Rice Harvester*

X_{ij} = Kebutuhan *Combine Rice Harvester* untuk mengolah panen dari sumber i ke tujuan j

C_{ij} = Biaya minimum dari sumber i ke tujuan j

a_m = Ketersediaan *Combine Rice Harvester* mengolah luas panen dari sumber i, i = 1, 2, ..., m

b_n = Kebutuhan *Combine Rice Harvester* ke tujuan j, j = 1, 2, ..., n

3. Tahap ketiga dalam penelitian ini yaitu menyelesaikan model linear dengan Metode VAM (*Vogels Aproximation Method*), penyelesaian dengan MODI (*Modified Distribution Method*) menggunakan programming software POM for Windows.
4. Tahap keempat adalah analisis hasil optimasi

2.3 Analisis Ekonomi

Biaya mesin dan alat pertanian terdiri atas dua komponen yaitu biaya tetap (*fixed costs*), dan biaya tidak tetap (*variable costs*).

- a. Biaya tetap bersifat independen terhadap pemakaian alat dan mesin.

Biaya-biaya yang termasuk dalam biaya tetap adalah:

1. Biaya penyusutan

Dalam penelitian ini perhitungan biaya penyusutan menggunakan metode *Sinking Fund* karena metode ini adalah cara yang paling mudah dan cepat untuk menghitung biaya penyusutan. Rumus biaya penyusutan sebagai berikut:

$$D_n = (P - S) (A/F, i\%, N) (F/P, i\%, n - 1)$$

Keterangan:

D_n = Biaya penyusutan pada tahun ke – n (Rp / tahun)

P = Harga awal (Rp)

S = Harga akhir (Rp)

I = Tingkat bunga modal (% / tahun)

n = Tahun ke – n

N = Umur ekonomi (tahun)

Sedangkan nilai akhir mesin pada tahun ke-n dapat dihitung dengan persamaan berikut: Biaya penyusutan tiap tahun (Rp/tahun)

$$V_n = P - (P - S) (A/F, i\%, N) (F/A, i\%, n)$$

Keterangan:

V_n = nilai akhir mesin pada tahun ke-n (Rp)

2. Biaya bunga modal dan asuransi
3. Biaya pajak
4. Biaya gudang/garasi

b. Biaya Tidak Tetap (*Variable Costs*)

Komponen biaya tidak tetap adalah sebagai berikut:

1. Biaya bahan bakar
 2. Biaya pelumas (perawatan preventif)
 3. Biaya perbaikan dan pemeliharaan
 4. Biaya operator
 5. Biaya hal-hal khusus (biaya ban untuk beberapa alat/mesin pertanian)
2. Penerimaan
 3. RC Ratio
 4. Analisis Sensitivitas

Analisis sensitivitas dilakukan terhadap variable/ parameter sensitivitas untuk mengatasi permasalahan yang dihadapi. Adapun variabel tersebut adalah a) jika produktivitas padi turun 10% akibat terjadi bencana (banjir, kekeringan, serangan hama), dan produksi naik 10% karena penerapan teknologi pertanian, b) jika luas panen turun 10% akibat adanya terjadinya gagal panen, dan luas panen naik 10% karena adanya pencetakan sawah baru.

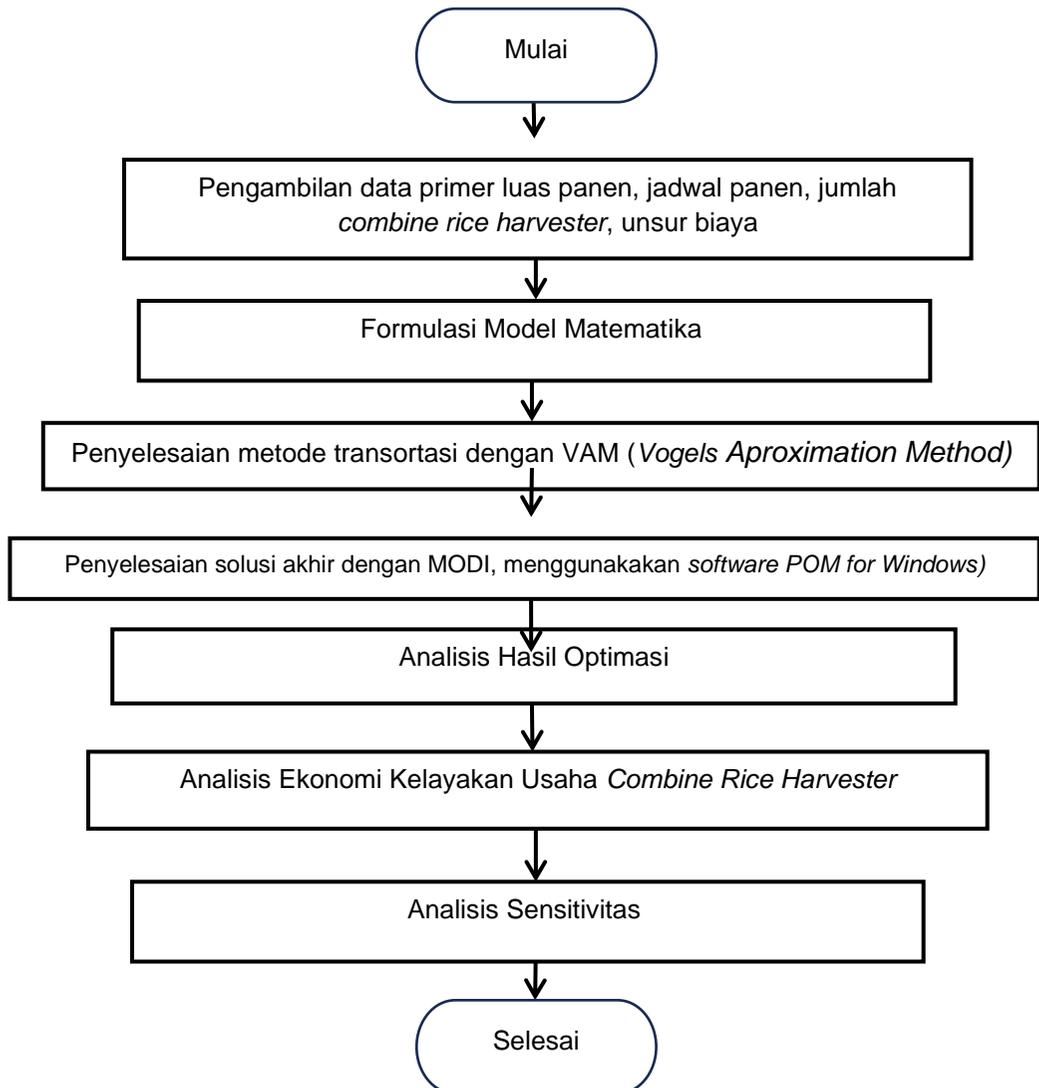
2.4 Asumsi

Asumsi pada penelitian ini antara lain:

1. *Combine rice harvester* yang beroperasi mempunyai kapasitas sama (70 PK)
2. *Combine rice harvester* diorganisir oleh Brigade dengan 1 komando operasi
3. Keadaan mesin *combine rice harvester* sama (dalam kondisi layak ekonomis)
4. Pada saat panen tidak ada layanan *combine rice harvester* dari luar Kabupaten Maros, dan *combine rice harvester* Maros tidak melayani kabupaten lain
5. Biaya pergerakan *combine rice harvester* dari base ke lokasi panen menggunakan jasa sewa armada pengangkut.

2.5 Skema Prosedur Penelitian

Skema prosedur penelitian dapat dilihat pada Gambar 4 berikut ini:



Gambar 4. Skema prosedur penelitian