



SURAT KETERANGAN

NOMOR: 5167/SM.220/I.10/08/2026

Yang bertanda-tangan di bawah ini,

Nama : Yustin Nesty Citrasari, S.IP.Info., M.I.Kom
NIP : 198706042011012023
Jabatan : Kepala Unit Perpustakaan

dengan ini menerangkan bahwa

Nama : Raul Afrizal Gibran
NIM : 04.01.22.1172
Prodi : Penyuluhan Pertanian Berkelanjutan
Jurusan : Pertanian
Judul Tugas Akhir : Pengaruh aplikasi bakteri (*Bacillus Subtilis*,
Azospirillum sp., dan *Pseudomonas Fluorescens*)
terhadap produktivitas dan kelayakan usaha
budidaya kacang panjang.

Dosen Pembimbing :
1. Drs. Tri Wahyudie, MM
2. Dr. Arum Pratiwi, SP., MP

Dinyatakan telah melakukan Uji Plagiasi Tugas Akhir melalui proses deteksi plagiasi menggunakan aplikasi “Itenthicate (Turnitin)” Polbangtan Malang. Nilai prosentase yang dihasilkan dari Hasil Uji Plagiasi tersebut dengan prosentase tingkat kemiripan (similarity) naskah sebesar **17%** (maksimal kemiripan **25%** berdasarkan pedoman penulisan Tugas Akhir Tahun 2025/2026), dan yang bersangkutan dapat melaksanakan tahapan jenjang berikutnya. Surat keterangan ini dapat di pergunakan sebagai salah satu syarat dalam **Mengikuti Ujian Sidang Komprehensif dan Penyelesaian Administrasi Akademik**.

Demikian surat keterangan ini dibuat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Dikeluarkan di : Malang
Tanggal : 05 Agustus 2026
An. Direktur Polbangtan Malang,
Kepala Unit Perpustakaan



Yustin Nesty Citrasari, S.IP. Info., M.I.Kom
NIP.198706042011012023

Tembusan :

1. Direktur Polbangtan Malang sebagai laporan
2. Wakil Direktur I Bidang Akademik dan Kerja Sama
3. Ketua Jurusan Pertanian
4. Ketua Jurusan Peternakan
5. Ketua Program Studi Penyuluhan Pertanian Berkelanjutan
6. Ketua Program Studi Penyuluhan Peternakan dan Kesejahteraan Hewan
7. Ketua Program Studi Agribisnis Peternakan

RAUL AFRIZAL GIBRAN

 Politeknik Pembangunan Pertanian Malang

Document Details

Submission ID

trn:oid:::3618:147384180

Submission Date

Aug 5, 2026, 1:39 PM GMT+7

Download Date

Aug 5, 2026, 9:45 PM GMT+7

File Name

Ringkasan_Raul Afrizal Gibran_Perpus fix .docx

File Size

8.5 MB

125 Pages

33,546 Words

220,576 Characters

17% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

Exclusions

- 2 Excluded Websites

Top Sources

- 15%  Internet sources
- 11%  Publications
- 0%  Submitted works (Student Papers)

Integrity Flags

1 Integrity Flag for Review

-  **Replaced Characters**
61 suspect characters on 14 pages
Letters are swapped with similar characters from another alphabet.

Our system's algorithms look deeply at a document for any inconsistencies that would set it apart from a normal submission. If we notice something strange, we flag it for you to review.

A Flag is not necessarily an indicator of a problem. However, we'd recommend you focus your attention there for further review.

Top Sources

15%  Internet sources
11%  Publications
0%  Submitted works (Student Papers)

Top Sources

The sources with the highest number of matches within the submission. Overlapping sources will not be displayed.

1	Internet	repository.ub.ac.id	1%
2	Internet	123dok.com	<1%
3	Internet	repository.upi.edu	<1%
4	Internet	repository.uin-suska.ac.id	<1%
5	Internet	repository.unair.ac.id	<1%
6	Internet	core.ac.uk	<1%
7	Publication	Hasmariyanti, Eka Sudartik, Ahmad Zailan. "OPTIMIZATION OF THE USE OF POC J...	<1%
8	Internet	repo.unand.ac.id	<1%
9	Internet	text-id.123dok.com	<1%
10	Internet	es.scribd.com	<1%
11	Publication	Nursamsidar, Muamar Kadafi, Musafir. "THE EFFECT OF NPK AND ECO-ENZYME FE...	<1%

12	Internet	digilib.unila.ac.id	<1%
13	Internet	www.coursehero.com	<1%
14	Publication	Rahmat Wijaya, Nanik Setyowati, Masdar Masdar. "PENGARUH JENIS KOMPOS DA...	<1%
15	Internet	adoc.pub	<1%
16	Internet	repository.unsulbar.ac.id	<1%
17	Internet	protan.studentjournal.ub.ac.id	<1%
18	Internet	digilib.uns.ac.id	<1%
19	Internet	media.neliti.com	<1%
20	Publication	Fibra Nurainy, Otik Nawansih, Merry Monika Sitanggang. "PENGARUH PERBANDI...	<1%
21	Internet	eprints.umpo.ac.id	<1%
22	Internet	id.123dok.com	<1%
23	Internet	repository.metrouniv.ac.id	<1%
24	Internet	repository.upnjatim.ac.id	<1%
25	Internet	api.repository.poltekesos.ac.id	<1%

26	Internet	docplayer.info	<1%
27	Internet	kikp-pertanian.id	<1%
28	Internet	jurnal.polbangtanmanokwari.ac.id	<1%
29	Internet	moam.info	<1%
30	Internet	journal.unesa.ac.id	<1%
31	Publication	Riky Risman, Emma Trinurani Sofyan, Rina Devnita. "Pengaruh Pupuk Majemuk ...	<1%
32	Internet	v.vibdoc.com	<1%
33	Publication	Sekar Sari, Siwitri Munambar, R R Siti Astuti. "Pertumbuhan dan Produksi Japanes...	<1%
34	Internet	eprints2.undip.ac.id	<1%
35	Internet	jurnal.untan.ac.id	<1%
36	Internet	ejournal.uhb.ac.id	<1%
37	Publication	Dwija PutriPERTIWI, Joko Purnomo, M. Laily Qadry Sukmana, Wahyu Hidayat. "FOR...	<1%
38	Publication	Syahril Daud, Dhalvi Al Affan, Muhammad Farel Rachman, Muhammad Rizvy Al Fi...	<1%
39	Internet	journal.ugm.ac.id	<1%

40	Internet	ojs.unida.ac.id	<1%
41	Internet	repository.uma.ac.id	<1%
42	Internet	journal.unpas.ac.id	<1%
43	Internet	ojs.indopublishing.or.id	<1%
44	Internet	sihojurnal.com	<1%
45	Internet	jurnal.uwp.ac.id	<1%
46	Publication	Suriansyah Suriansyah, Andi Citra Septaningsih, Hilman Qudratuddarsi, Nor Indri...	<1%
47	Internet	ejournal.unesa.ac.id	<1%
48	Internet	sipora.polije.ac.id	<1%
49	Internet	www.slideshare.net	<1%
50	Internet	digilib.iainptk.ac.id	<1%
51	Internet	eprints.jeb.polinela.ac.id	<1%
52	Publication	Mada Kusuma, Riskya Egi, Arif Setiawan. "Penguatan Literasi Digital, Etika Berme...	<1%
53	Internet	digilib.uinsby.ac.id	<1%

54	Internet	repository.polbangtanmanokwari.ac.id	<1%
55	Internet	ejurnal.provisi.ac.id	<1%
56	Internet	journal.uui.ac.id	<1%
57	Internet	pembekuanikankakapmerah.blogspot.com	<1%
58	Internet	cdn.juris.id	<1%
59	Internet	digilibadmin.unismuh.ac.id	<1%
60	Internet	e-journal.janabadra.ac.id	<1%
61	Internet	www.scribd.com	<1%
62	Publication	Achmad Riduwan, Anang Febri Prasetyo. "ANALISIS PROFITABILITAS USAHA TERN..."	<1%
63	Internet	e-journals.unmul.ac.id	<1%
64	Internet	journal.ubb.ac.id	<1%
65	Internet	laporanmagganssmkpetrus.blogspot.com	<1%
66	Internet	mail.rumahjurnal.or.id	<1%
67	Publication	Dian Linud Hasnanda, Asih Handayani. "Pengaruh Kepemimpinan Transformasi..."	<1%

68	Publication	Tangguh Prakoso, Heny Alpendari, Abdullah Alfalakhi. "Response of Planting Spat...	<1%
69	Internet	benihsayuran.blogspot.com	<1%
70	Internet	eprints.stikesyarsi-pontianak.ac.id	<1%
71	Internet	repository.stiemahardhika.ac.id	<1%
72	Internet	repository.uir.ac.id	<1%
73	Internet	banten.litbang.pertanian.go.id	<1%
74	Internet	contoh-makalah-mahasiswa-sejati.blogspot.com	<1%
75	Internet	ejournal.sisfokomtek.org	<1%
76	Internet	eprint.ivet.ac.id	<1%
77	Internet	eprints.ums.ac.id	<1%
78	Internet	jurnal.unipasby.ac.id	<1%
79	Internet	repository.ibs.ac.id	<1%
80	Internet	repository.its.ac.id	<1%
81	Internet	scholar.unram.ac.id	<1%

82	Internet	www.bajangjournal.com	<1%
83	Internet	www.jurnal.pustakagalerimandiri.co.id	<1%
84	Publication	Anugerah Putri Unikinova, Fitria Naimatus Sadiyah, Adi Prayoga. "Consumer Pref...	<1%
85	Internet	hortikultura.litbang.pertanian.go.id	<1%
86	Internet	journal.trunojoyo.ac.id	<1%
87	Internet	jurnal.ulb.ac.id	<1%
88	Internet	mail.bajangjournal.com	<1%
89	Internet	www.researchgate.net	<1%
90	Publication	Mahdalena Mahdalena, Dewi Susanti. "PROFITABILITAS USAHA SEDOTAN ORGAN...	<1%
91	Internet	bapendik.unsoed.ac.id	<1%
92	Internet	digilib.uinkhas.ac.id	<1%
93	Internet	ojs.mahadewa.ac.id	<1%
94	Internet	repository.unmuhjember.ac.id	<1%
95	Internet	repository.usd.ac.id	<1%

96	Internet	www.radarjawa.com	<1%
97	Publication	Nahdiasma Kirana, Santi Yunus, Mukhtar Tallesang, Farida Millias Tuty, Rita Yunu...	<1%
98	Publication	Supandji Supandji, Edy Kustiani, Agus Purwanto. "Pengaruh Pemberian Pupuk NP...	<1%
99	Internet	edoc.site	<1%
100	Internet	fp.unmas.ac.id	<1%
101	Internet	garuda.kemdikbud.go.id	<1%
102	Internet	journal.uim.ac.id	<1%
103	Internet	jurnal.unpkediri.ac.id	<1%
104	Internet	jurnal.uns.ac.id	<1%
105	Internet	mikorizalamongan.wordpress.com	<1%
106	Internet	repository.untag-sby.ac.id	<1%
107	Internet	sonialsaluri.blogspot.com	<1%
108	Internet	www.grafiati.com	<1%
109	Publication	Risa Hadiyanti, Mochammad Mukti Ali. "Strategi Peningkatan Kinerja Bisnis Men...	<1%

110	Publication	Sarita Indah Sari Sari, Tri Hadi Sumitra Lada Lada, Lili Lili, Elza Aprilista Dara Baba...	<1%
111	Publication	Sinar Indrawati, Hasdi Syahid Kasim, Asmurti Asmurti. "Komunikasi Penyuluh Per...	<1%
112	Internet	journals.unpad.ac.id	<1%
113	Internet	jurnal.uinsu.ac.id	<1%
114	Internet	library.binus.ac.id	<1%
115	Internet	ojs.unud.ac.id	<1%
116	Internet	portal.amelica.org	<1%
117	Internet	repositori.uin-alaududin.ac.id	<1%
118	Internet	www.agronomyjournals.com	<1%
119	Publication	Bahrudin Yusuf, Maria Ulfah Riani Riani. "Kelayakan Usaha Perikanan Agrowisat...	<1%
120	Publication	Riswan Riswan, Alfian Gunawan, Miftahir Rizqa. "Evaluasi Mutu Butir Soal Melalui...	<1%
121	Publication	Shela Santika Damanik, Salsabila, Nik Rozana Nik Mohd Masdek, Joanna Cho Ler ...	<1%
122	Internet	journal.yrpiiku.com	<1%
123	Internet	nuansatani.com	<1%

124	Internet	publishing-widyagama.ac.id	<1%
125	Internet	repository.uinfasbengkulu.ac.id	<1%
126	Internet	repository.unwim.ac.id	<1%
127	Internet	vokasi.unair.ac.id	<1%
128	Publication	Fremar Refel Welang, Joachim N.K. Dumais, Martha M. Sendow. "ANALISIS PENDA...	<1%
129	Publication	Hapsoh, Isna Rahma Dini, Wawan, Erika Wegi Saputri, Nisa Azzahra Gusviani. " T...	<1%
130	Publication	Januar Aldi, Tatang Abdurrahman, Agus Hariyanti. "PENGARUH PUPUK KOTORAN ...	<1%
131	Publication	Muhammad Rifqi Permana, Jessica Barus, Abednego Priyatama. "ANALISIS HAR...	<1%
132	Publication	Vidya Nursolihati, Annisaa Putri Ariyani, Lies Zubardiah, Alfred Pakpahan, Iqbal Z...	<1%
133	Publication	Yohanis Yan Makabori, Carolina Diana Mual, Jesica Yolanda Enar. "Analisis Usah...	<1%
134	Internet	dokumen.tips	<1%
135	Internet	ejournal.urindo.ac.id	<1%
136	Internet	eprints.poltekkesjogja.ac.id	<1%
137	Internet	j-las.lemkomindo.org	<1%

138	Internet	jurnal.ugn.ac.id	<1%
139	Internet	jurnal.unimed.ac.id	<1%
140	Internet	repository.upp.ac.id	<1%
141	Internet	ukirama.com	<1%
142	Internet	www.faunadanflora.com	<1%
143	Publication	Elita Aulia, RR. Siti Astuti, Novia Aristi Rahayu. "INOVASI ALOFLO TISANE BERBASI...	<1%
144	Publication	Fitri, Naya Desparita, Elfiana. "ANALYSIS OF JERNANG FARMING BUSINESS (Daem...	<1%
145	Publication	Hafidz Surya Kurniawan, Andi Apriany Fatmawaty, Nur Iman Muztahidin, Endang ...	<1%
146	Publication	Iwan Shalahuddin, Udin Rosidin, Ahmad Yamin. "Kenali Gejala, Cegah Penularan: ...	<1%
147	Internet	bestmoviein10008qjoeqtwdlq.blogspot.com	<1%
148	Internet	e-journal.hamzanwadi.ac.id	<1%
149	Internet	eprints.iain-surakarta.ac.id	<1%
150	Internet	eprints.umm.ac.id	<1%
151	Internet	jimfeb.ub.ac.id	<1%

152	Internet	journal.ummat.ac.id	<1%
153	Internet	jurnal.untad.ac.id	<1%
154	Internet	jurnalkampus.stipfarming.ac.id	<1%
155	Internet	labkombis.politala.ac.id	<1%
156	Internet	yayuk05.wordpress.com	<1%
157	Publication	Dyan Lestari, Christina Popang, Anisa Sulistoyowati, Ketrina Misiro, Amina Degei,...	<1%
158	Publication	I Ketut Wardana, Anak Agung Putu Arsana, Ida Ayu Praba Iswari Dewi, Komang ...	<1%
159	Publication	Yosi Lasari, Khairunnisa Khairunnisa, Tetty Tetty. "Prospek Pengembangan Usah...	<1%
160	Internet	comserva.publikasiindonesia.id	<1%
161	Internet	edukatif.org	<1%
162	Internet	icecreaminfrost.wordpress.com	<1%
163	Internet	jamsi.jurnal-id.com	<1%
164	Internet	journal.asritani.or.id	<1%
165	Internet	mp.iribb.org	<1%

166	Internet	repo.darmajaya.ac.id	<1%
167	Internet	tanamanhortikulturatanamansemusim.blogspot.com	<1%
168	Internet	umbujoka.blogspot.com	<1%
169	Internet	www.journal.uim.ac.id	<1%
170	Internet	www.scilit.net	<1%
171	Publication	Anis Tatik Mariyani, Antonius Sianipar, Sarman S. "Growth Response of Palm See...	<1%
172	Publication	Erna Agustina, Baiq Rika Ayu Febrilia. "ANALISIS KELAYAKAN USAHA TANAMAN H...	<1%
173	Publication	Esterlita Soba, Yolanda Pinky Ivanna Rori, Paulus Adrian Pangemanan. "Analisis P...	<1%
174	Publication	Gelis Ariani, Isna Windani, Uswatun Hasanah. "ANALISIS KELAYAKAN USAHA BAG...	<1%
175	Publication	Nugraheni Retnaningsih, Rosita Dewati, Agung Setyarini. "Analisa Efisiensi Usaha...	<1%
176	Publication	Nurul Istiqomah, Raja Hesti Hafriza, M.M, Sudanto, M.M. "PENGARUH REPUTASI, ...	<1%
177	Publication	Rahma Adilah, Rochmatino Rochmatino, Lucky Prayoga. "PENGARUH PAKLOBUTR...	<1%
178	Publication	Sahuri Sahuri, M. J. Rosyid. "ANALISIS USAHATANI DAN OPTIMALISASI PEMANFAA...	<1%
179	Publication	Suci Amaliah, Nirmala Rahmiharti, Amiroel Pribadi. "ANALISIS PERBANDINGAN M...	<1%

180	Internet	anzdoc.com	<1%
181	Internet	bbp2tp.litbang.pertanian.go.id	<1%
182	Internet	belajar.lif.co.id	<1%
183	Internet	digilib.uinsgd.ac.id	<1%
184	Internet	doku.pub	<1%
185	Internet	ejournal.delihusada.ac.id	<1%
186	Internet	ejournal.upi.edu	<1%
187	Internet	eprints.untirta.ac.id	<1%
188	Internet	id.jobstreet.com	<1%
189	Internet	jim.unisma.ac.id	<1%
190	Internet	jrp.faperta.unand.ac.id	<1%
191	Internet	jurnal.batan.go.id	<1%
192	Internet	jurnal.untirta.ac.id	<1%
193	Internet	kumpulanlaporanrugilaba.blogspot.com	<1%

194	Internet	noviaindah24.blogspot.com	<1%
195	Internet	ojs.atmajaya.ac.id	<1%
196	Internet	repositori.uma.ac.id	<1%
197	Internet	repository.unitri.ac.id	<1%
198	Internet	revistahorizonte.ujat.mx	<1%
199	Internet	ruslilinge.blogspot.com	<1%
200	Internet	tirto.id	<1%
201	Internet	wnj.westsciences.com	<1%
202	Internet	worldwidescience.org	<1%
203	Internet	www.neliti.com	<1%
204	Internet	www.rosokr.ru	<1%
205	Internet	www.versusgas.com	<1%
206	Publication	A. Marthin Kalay, Alexander Sesa, Adelina Siregar, Abraham Talahaturuson. "Efek...	<1%
207	Publication	Ayuningtyas Nurhayati Lukito, Windriani Ulfa Subekti, Wita Puspita Sari, Rahma ...	<1%

208	Publication	Eko Prayogo, Sartono Joko Santosa, Kharis Triyono, Siswadi. "PENGARUH KOMPO...	<1%
209	Publication	Fransiskus Xaverius Mikel, Eduardus Yosef Neonbeni. "Pengaruh Jenis Biochar da...	<1%
210	Publication	J Purwani, D Sucahyono, I P Wardana. "The efficacy of biofertilizer contains Brady...	<1%
211	Publication	Kurniawan Putra Yudha, Efi Rohman. "Penerapan Media Pembelajaran Basic Elec...	<1%
212	Publication	M. Sholehuddin Al Ayyubi, Yul Harry Bahar, Achmad Musyadar. "PEMBERDAYAAN ...	<1%
213	Publication	Maryono Maryono, Hendra Budiono. "Penerapan Model Project Based Learning B...	<1%
214	Publication	Mimi Amaludin, Defa Arisandi, Debby Hatmalyakin, Ali Akbar et al. "Pendekatan E...	<1%
215	Publication	Rahmatang Rahmatang, Evahelda Evahelda, Fournita Agustina. "Strategi Pengem...	<1%
216	Publication	Sri Ismiani, Mustafid M Azhar, Wahyudi. "Hasil padi (Oryza sativa L.) pada lahan s...	<1%
217	Internet	ahsanulhazzi7.files.wordpress.com	<1%
218	Internet	anekaresepnikmat.blogspot.com	<1%
219	Internet	de.scribd.com	<1%
220	Internet	ejournal3.unud.ac.id	<1%
221	Internet	eprints.uns.ac.id	<1%

222	Internet	eprints.uny.ac.id	<1%
223	Internet	etd.uinsyahada.ac.id	<1%
224	Internet	garuda.ristekbrin.go.id	<1%
225	Internet	herybertusz.blogspot.com	<1%
226	Internet	id.scribd.com	<1%
227	Internet	journal.stiestekom.ac.id	<1%
228	Internet	jurnal.agribisnis.umi.ac.id	<1%
229	Internet	jurnal.radisi.or.id	<1%
230	Internet	jurnal.unitri.ac.id	<1%
231	Internet	jurnal.uui.ac.id	<1%
232	Internet	pdfcoffee.com	<1%
233	Internet	publikasiilmiah.unwahas.ac.id	<1%
234	Internet	repository.umsu.ac.id	<1%
235	Internet	repository.unib.ac.id	<1%

236	Internet	repository.unisma.ac.id	<1%
237	Internet	repository.ut.ac.id	<1%
238	Internet	tokobuku99.blogspot.com	<1%
239	Internet	universitypress.esaunggul.ac.id	<1%
240	Internet	vdokumen.com	<1%
241	Internet	warstek.com	<1%
242	Internet	www.conference.unja.ac.id	<1%
243	Publication	Alfianus Haumein. "Uji Residu Pupuk Kandang Sapi dan Jarak Tanam Sorgum (Sor...	<1%
244	Publication	Amanda Fikria, A. Nur Achsanuddin, Muhammad Rusdi. "Faktor-Faktor Yang Me...	<1%
245	Publication	Bembi Akbar Sarwai, . Sriyoto, Ellys Yuliarti. "ANALISIS USAHATANI BROKOLI (Bra...	<1%
246	Publication	Christine Amelia Briggita, Haniyah Ramadhani, Theresia Asmiranda Simbolon, Wi...	<1%
247	Publication	Darwis Darwis, Trisla Warningsih, Rahmi Handayani. "Analisis Kelayakan Finansia...	<1%
248	Publication	Endang Mugiastuti, Loekas Soesanto, Abdul Manan. "Pelatihan Teknologi Budida...	<1%
249	Publication	Hermansyah Hermansyah, Azis Febrianto, Hermansyah Hermansyah, Faiz Barchi...	<1%

250	Publication	I Kumara, Gde Dana, I Sinarta, Depandi Enda. "Implementasi Smart Tree Tagging ...	<1%
251	Publication	Ida Juwita, Dwi Zulfita, Darussalam Darussalam. "PENGARUH PUPUK UREA, SP36, ...	<1%
252	Publication	Kasih Michelly Kesya Warbung, Winston Pontoh, Lady Diana Latjandu. "Pengaruh...	<1%
253	Publication	Leonardie W. Ratela, J. Sh. Polii-Mandang, J. M. Paulus. "RESPON PERTUMBUHAN ...	<1%
254	Publication	Linda Tri Maiza, Yubniati Yubniati, Rio Hermansyah. "MODIFIKASI PEMBUAT MOL ...	<1%
255	Publication	Linda Widia Sari, Syaiful Anwar, Eny Fuskhah. "Efektivitas Dosis Pupuk Kalium da...	<1%
256	Publication	Marni Papa, Helen Hetharie, Fransin Polnaya. "Keragaan Pertumbuhan dan Prod...	<1%
257	Publication	Merlin Korejang Merlin Korejang, Selvie D. Anis, W.B. Kaunang, C.I.J. Sumolang. "...	<1%
258	Publication	Muhammad Bishma Fauzan, Widi Artini, Eko Yuliarsha Sidhi, Satriya Bayu Aji, Djo...	<1%
259	Publication	Nensi Agustina, Arika Purnawati, Endang Triwahyu Prasetyawati, Safira Rizka Les...	<1%
260	Publication	Nurmaranti Alim, Kurniati Kurniati, Laode Muh Asdiq, Hamsin Ramadan. "Efektiti...	<1%
261	Publication	Putu Mita Krisdayani, Meitini Wahyuni Proborini, Eniek Kriswiyanti. "Pengaruh Ko...	<1%
262	Publication	Sunarti Sunarti, Sri Mulatsih, Rio Rizki Putra. "Effect Of Market Waste Bokashi Do...	<1%
263	Publication	Supandji Supandji, Saptorini Saptorini. "PERLAKUAN DOSIS PUPUK UREA DAN SP-...	<1%

264	Publication	Yun Sondang, Khazy Anty, Ramond Siregar. "POTENSI KONSORSIUM BAKTERI PE...	<1%
265	Publication	Zuhad Ahmad, Hamzah Puadi Ilyas, Akhmad Haqiqi Ma'mun. "Pendampingan Pen...	<1%
266	Internet	biodiversitas.mipa.uns.ac.id	<1%
267	Internet	brother-quiet.xyz	<1%
268	Internet	danielstephanus.wordpress.com	<1%
269	Internet	dunia.pendidikan.co.id	<1%
270	Internet	e-jurnal.fkg.umi.ac.id	<1%
271	Internet	edoc.pub	<1%
272	Internet	ejournal.unsrat.ac.id	<1%
273	Internet	ejournal.unwaha.ac.id	<1%
274	Internet	eprints.univetbantara.ac.id	<1%
275	Internet	fatkhonudinnn.blogspot.com	<1%
276	Internet	forda-mof.org	<1%
277	Internet	infopublik.id	<1%

278	Internet	islamicmarkets.com	<1%
279	Internet	journal.ipb.ac.id	<1%
280	Internet	journal.uinsgd.ac.id	<1%
281	Internet	jurnal.amy.ac.id	<1%
282	Internet	jurnal.politap.ac.id	<1%
283	Internet	jurnal.um-palembang.ac.id	<1%
284	Internet	jurnal.usbypkp.ac.id	<1%
285	Internet	kc.umh.ac.id	<1%
286	Internet	lamongankab.go.id	<1%
287	Internet	ojs3.unpatti.ac.id	<1%
288	Internet	opengovasia.com	<1%
289	Internet	pdffox.com	<1%
290	Internet	repositori.umsu.ac.id	<1%
291	Internet	repository.ipb.ac.id	<1%

292	Internet	repository.uhamka.ac.id	<1%
293	Internet	repository.ummat.ac.id	<1%
294	Internet	repository.utu.ac.id	<1%
295	Internet	roisa-mediapembelajaran.blogspot.com	<1%
296	Internet	talenta.usu.ac.id	<1%
297	Internet	wawasan.bdkjakarta.id	<1%
298	Internet	www.abdira.org	<1%
299	Internet	www.analisausaha.com	<1%
300	Internet	www.asatunews.co.id	<1%
301	Internet	www.bumiayu.id	<1%
302	Internet	www.jiip.stkipyapisdampu.ac.id	<1%
303	Internet	www.ojs.stkippgri-lubuklinggau.ac.id	<1%
304	Publication	Akari Edy, Resti Puspa Kartika Sari, Hidayat Pujisiswanto. "PENGARUH DOSIS PUP..."	<1%
305	Publication	Efrin Firmansyah, Budy Frasetya Taufik Qurrohman, Wildan Ahmad Firdaus. "Pen..."	<1%

306	Publication	L. Gomies, Herman Rehatta, Jean Jean Nendissa. "Pengaruh Pupuk Organik Cair R...	<1%
307	Publication	Lidia Aditama Putri, Kholid Albar, Dewi Kartika Sari, Yolanda Afina Agustin, Nazar...	<1%
308	Publication	Muh. Sulaiman Dadiono, Rudy Wijaya, Rima Oktavia Kusuma, Aminin Aminin. "SI...	<1%
309	Publication	Sharon E.E Repi, Lexy K Rarung, Djuwita R.R Aling. "ANALISIS FINANSIAL ALAT TA...	<1%
310	Internet	putrisaintist.files.wordpress.com	<1%
311	Internet	thophick.blogspot.com	<1%
312	Publication	Aji Sarif Ismail, Maulidi Maulidi, Warganda Warganda. "PENGARUH PEMBERIAN N...	<1%
313	Publication	Hilaria Dita Oktaviani, Sudirman Muin, Gusti Hardiansyah. "PENDAPATAN PETANI...	<1%
314	Publication	Isti Nganatul Khoiriah, Subhanadri Subhanadri, Zulqoidi R Habibie. "Cultivating El...	<1%
315	Publication	Junaidi Junaidi, Hermaya Rukka, Ummu Aimanah, Fatur Rohman. "Farmers' Respo...	<1%
316	Publication	Lutfy Ditya Cahyanti. "Pengaruh Pemulsaan Jerami Padi dan Sistem Olah Tanah T...	<1%
317	Publication	Oktaviani, Atiko Nur. "Pengembangan Three-Tier Diagnostic Test Untuk Mengide...	<1%
318	Publication	Rahmat Taufik Dwi Jatmika, Gista Aulia Dewi. "PENGARUH KEPEMIMPINAN DAN ...	<1%
319	Publication	Retno Prayudyaningsih, Ramdana Sari. "THE APPLICATION OF ARBUSCULAR MYC...	<1%

320	Internet	a deputraselayar.wordpress.com	<1%
321	Internet	idoc.pub	<1%
322	Internet	live-look-no.icu	<1%
323	Internet	riz-ni.blogspot.com	<1%

LAPORAN TUGAS AKHIR

PENGARUH APLIKASI BAKTERI (*Bacillus subtilis*, *Azospirillum* sp., dan *Pseudomonas fluorescens*) TERHADAP PRODUKTIVITAS DAN KELAYAKAN USAHA BUDIDAYA KACANG PANJANG

PROGRAM STUDI PENYULUHAN PERTANIAN BERKELANJUTAN

RAUL AFRIZAL GIBRAN
NIRM. 04.01.22.1172



POLITEKNIK PEMBANGUNAN PERTANIAN MALANG
BADAN PENYULUHAN DAN PENGEMBANGAN SDM PERTANIAN
KEMENTERIAN PERTANIAN
2026

RINGKASAN

Raul Afrizal Gibran, NIM 04.01.22.1172. **PENGARUH APLIKASI BAKTERI (*Bacillus subtilis*, *Azospirillum* sp., DAN *Pseudomonas fluorescens*) TERHADAP PRODUKTIVITAS DAN KELAYAKAN USAHA BUDIDAYA KACANG PANJANG.** Dibimbing oleh Drs. Tri Wahyudi, M.Si. sebagai dosen pembimbing I dan Dr. Arum Pratiwi, S.P., M.P. sebagai dosen pembimbing II.

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh pentingnya kacang panjang sebagai komoditas hortikultura yang memiliki nilai gizi tinggi dan prospek pasar yang menjanjikan. Namun, produktivitas tanaman dapat mengalami penurunan akibat pengelolaan unsur hara yang belum efisien serta penggunaan pupuk anorganik secara berlebihan. Kondisi tersebut berpotensi menurunkan kualitas tanah, mengurangi aktivitas mikroorganisme, dan meningkatkan biaya produksi. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh aplikasi *Bacillus subtilis*, *Azospirillum* sp., dan *Pseudomonas fluorescens* pada berbagai konsentrasi pupuk NPK terhadap pertumbuhan dan produktivitas kacang panjang, menilai kelayakan usahanya, serta menyebarluaskan hasil penelitian kepada petani melalui kegiatan diseminasi.

Penelitian dilaksanakan pada Januari–Mei 2026 di lahan Politeknik Pembangunan Pertanian Malang, Desa Bedali, Kecamatan Lawang, Kabupaten Malang. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Kelompok faktorial dengan dua faktor. Faktor pertama terdiri atas tanpa bakteri, *Bacillus subtilis*, *Azospirillum* sp., dan *Pseudomonas fluorescens*, sedangkan faktor kedua berupa konsentrasi pupuk NPK 16-16-16 sebesar 25%, 50%, 75%, dan 100%. Kombinasi kedua faktor menghasilkan 16 perlakuan dengan tiga ulangan sehingga diperoleh 48 satuan percobaan. Parameter yang diamati meliputi jumlah daun, jumlah cabang, panjang polong, berat polong, dan produktivitas. Data dianalisis menggunakan Two-Way ANOVA dan dilanjutkan dengan uji Tukey HSD taraf 5% apabila menunjukkan perbedaan nyata.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa jenis bakteri dan konsentrasi NPK memberikan respons yang berbeda terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman. *Bacillus subtilis* secara konsisten menghasilkan jumlah daun dan jumlah cabang yang lebih baik. Pada panjang polong, *Pseudomonas fluorescens* secara deskriptif cenderung menghasilkan nilai lebih tinggi pada awal panen, sedangkan *Bacillus subtilis* menunjukkan hasil yang lebih stabil hingga akhir pengamatan. Produktivitas tertinggi diperoleh pada perlakuan B1K3, yaitu kombinasi *Bacillus subtilis* dan NPK 75%, sebesar 5.590 kg/1.000 m². Hasil tersebut menunjukkan bahwa penggunaan *Bacillus subtilis* berpotensi mengurangi dosis pupuk NPK sebesar 25% dengan tetap menghasilkan produktivitas yang tinggi.

Analisis kelayakan menunjukkan bahwa perlakuan B1K3 layak secara ekonomi. Harga pokok produksi Rp1.318/kg lebih rendah daripada harga jual Rp6.000/kg, dengan BEP produksi 1.228 kg. Nilai R/C ratio 4,55 menunjukkan bahwa setiap biaya Rp1,00 menghasilkan penerimaan Rp4,55, sedangkan B/C ratio 3,55 menunjukkan keuntungan bersih Rp3,55. Penelitian didiseminasikan kepada 30 anggota Kelompok Tani Sari Agung 1 di Desa Pujon Kidul melalui ceramah, diskusi, PowerPoint, dan leaflet. Pengetahuan peserta meningkat dari 49,8% pada *pre-test* menjadi 86,3% pada *post-test*, atau sebesar 36,5%. Dengan demikian, kombinasi *Bacillus subtilis* dan NPK 75% dapat direkomendasikan sebagai teknologi budidaya kacang panjang yang produktif, layak secara ekonomi, mengurangi pupuk anorganik, dan mendukung pertanian berkelanjutan.

Kata kunci: bakteri, diseminasi, kacang panjang, kelayakan usaha, pupuk NPK.

SUMMARY

Raul Afrizal Gibran, Student ID 04.01.22.1172. THE EFFECT OF BACTERIAL APPLICATION (*Bacillus subtilis*, *Azospirillum* sp., AND *Pseudomonas fluorescens*) ON PRODUCTIVITY AND THE FEASIBILITY OF LONG BEAN CULTIVATION. Supervised by Drs. Tri Wahyudi, M.Si., as the first advisor, and Dr. Arum Pratiwi, S.P., M.P., as the second advisor.

This study was motivated by the importance of long beans as a horticultural commodity with high nutritional value and promising market prospects. However, crop productivity can decline due to inefficient nutrient management and excessive use of inorganic fertilizers. These conditions have the potential to degrade soil quality, reduce microbial activity, and increase production costs. Therefore, this study aims to analyze the effect of applying *Bacillus subtilis*, *Azospirillum* sp., and *Pseudomonas fluorescens* at various concentrations of NPK fertilizer on the growth and productivity of long beans, assess the feasibility of the practice, and disseminate the research.

The study was conducted from January to May 2026 on the grounds of the Malang Agricultural Development Polytechnic, Bedali Village, Lawang Subdistrict, Malang Regency. The study used a factorial randomized block design with two factors. The first factor consisted of no bacteria, *Bacillus subtilis*, *Azospirillum* sp., and *Pseudomonas fluorescens*, while the second factor was the concentration of 16-16-16 NPK fertilizer at 25%, 50%, 75%, and 100%. The combination of these two factors resulted in 16 treatments with three replicates, yielding a total of 48 experimental units. The observed parameters included the number of leaves, the number of branches, pod length, pod weight, and productivity. The data were analyzed using a two-way ANOVA, followed by Tukey's HSD test at the 5% significance level when significant differences were observed.

The results showed that the type of bacteria and NPK concentration had different effects on plant growth and yield. *Bacillus subtilis* consistently produced higher numbers of leaves and branches. Regarding pod length, *Pseudomonas fluorescens* tended to produce higher values early in the harvest period, while *Bacillus subtilis* showed more stable results through the end of the observation period. The highest productivity was obtained in treatment B1K3 the combination of *Bacillus subtilis* and 75% NPK at 5,590 kg/1,000 m². These results indicate the use of *Bacillus subtilis* has the potential to reduce the NPK fertilizer dose by 25%.

The feasibility analysis shows that the B1K3 treatment is economically viable. The cost of goods manufactured, at Rp1,318/kg, is lower than the selling price of Rp.6,000/kg, with a break-even point of 1,228 kg. An R/C ratio of 4.55 indicates that every Rp1.00 in costs generates Rp4.55 in revenue, while a B/C ratio of 3.55 indicates a net profit of Rp.3.55. The research findings were disseminated to 30 members of the Sari Agung 1 Farmers' Group in Pujon Kidul Village through lectures, discussions, PowerPoint presentations, and leaflets. Participants' knowledge increased from 49.8% on the pre-test to 86.3% on the post-test, representing a 36.5% increase. Thus, the combination of *Bacillus subtilis* and 75% NPK fertilizer can be recommended as a productive and economically viable long bean cultivation technology that reduces the use of inorganic fertilizers and supports sustainable agriculture.

Keywords: bacteria, dissemination, long beans, business viability, NPK fertilizer.

KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat, hidayah dan inayah-Nya, sehingga penulis dapat menyusun laporan tugas akhir dengan Judul “Pengaruh Aplikasi Bakteri (*Bacillus subtilis*, *Azospirillum* sp., dan *Pseudomonas fluorescens*) Terhadap Produktivitas dan Kelayakan Usaha Budidaya Kacang Panjang”. Adapun tujuan dari penulisan laporan ini adalah sebagai salah satu persyaratan untuk menyelesaikan tugas akhir di Politeknik Pembangunan Pertanian Malang.

Laporan ini dapat terselesaikan atas bantuan dan bimbingan dari semua pihak. Penulis mengucapkan terima kasih kepada dosen pembimbing dan semua pihak yang ikut membantu, serta telah memberikan dukungan dan kepercayaan yang begitu besar sehingga laporan ini dapat terselesaikan dengan baik dan tepat waktu. Adapun pihak-pihak tersebut antara lain :

1. Dr. Ir. Setya Budhi Udrayana, S.Pt., M.Si., IPM Selaku Direktur Politeknik Pembangunan Pertanian Malang.
2. Dr. Rika Despita, SST, MP selaku ketua Jurusan Pertanian dan Program Studi Penyuluhan Pertanian Berkelanjutan Politeknik Pembangunan Pertanian Malang.
3. Bapak Drs. Tri Wahyudie, M.Si dan Ibu Dr. Arum Pratiwi, SP, MP Selaku pembimbing yang dengan sabar telah memberikan arahan, bimbingan, dan saran demi tersusunnya laporan tugas akhir ini.
4. Orang Tua, orang terspesial dan teman-teman yang turut serta dalam proses pembuatan proposal ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan laporan ini masih banyak kesalahan. Oleh sebab itu penulis mengharapkan saran dan masukan yang membangun untuk menyempurnakan laporan tugas akhir ini.

Malang, Juli 2026

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	4
1.4 Manfaat	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Penelitian Terdahulu	5
2.2 Landasan Teori	7
2.2.1 Tanaman Kacang Panjang	7
2.2.2 Bakteri	8
2.2.3 Pemupukan Tanaman Kacang Panjang	13
2.2.4 Produktivitas Tanaman	15
2.2.5 Analisis Kelayakan Usaha	16
2.2.6 <i>Business Plan</i>	17
2.2.7 Rancangan Diseminasi	18
2.3 Kerangka Alur Berfikir	19
BAB III METODE PELAKSANAAN	20
3.1 Pendekatan Umum	20
3.2 Metode Penelitian	20
3.2.1 Lokasi dan Waktu	21
3.2.2 Desain Penelitian	21
3.2.3 Jenis dan Sumber Data	24
3.2.4 Instrumen Penelitian	24
3.2.5 Analisis Data	26
3.2.6 Analisis Kelayakan	27
3.3 Metode Penyusunan Desain Usaha dan Diseminasi	29
3.3.1 Perencanaan Modal Usaha	32
3.3.2 Metode Pembuatan dan Pelaksanaan Penelitian	33

3.3.4 Rancangan Diseminasi	38
3.4 Jadwal dan Rencana Kegiatan	41
3.5 Hipotesis	42
3.6 Batasan Penelitian	42
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	44
4.1 Pengaruh Aplikasi Bakteri pada Berbagai Konsentrasi NPK terhadap Pertumbuhan dan Produktivitas Tanaman Kacang Panjang	44
4.1.1 Data Rerata Jumlah Daun (Helai)	44
4.1.2 Jumlah Cabang (Cabang)	51
4.1.3 Panjang Polong (cm)	58
4.1.4 Berat Polong (gram)	65
4.1.5 Produktivitas	72
4.2 Analisis Kelayakan Usaha	75
4.2.1 Komponen Biaya Produksi	77
4.2.2 Perbandingan Kelayakan Usaha Antar Perlakuan	78
4.3 Business Plan Implementasi Penelitian	79
4.3.1 Latar Belakang	79
4.3.2 Visi, Misi Dan Tujuan	81
4.3.3 Gambaran Usaha	82
4.3.4 Aspek Pemasaran	82
4.3.5 Aspek Produk	88
4.3.6 Aspek Organisasi Dan Manajemen	92
4.3.7 Aspek Keuangan	96
4.3.8 Aspek Keuangan	97
4.3.9 Pendekatan Bisnis Model Canvas (BMC)	102
4.4 Pelaksanaan Diseminasi	103
4.4.1 Sasaran Diseminasi	104
4.4.2 Tujuan Diseminasi	105
4.4.3 Materi Diseminasi	106
4.4.4 Media Diseminasi	107
4.4.5 Metode Diseminasi	107
4.4.6 Pelaksanaan Diseminasi	109
4.4.7 Evaluasi Diseminasi	110
4.4.8 Hasil Evaluasi Diseminasi	112
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	115
DAFTAR PUSTAKA	Error! Bookmark not defined.
LAMPIRAN	Error! Bookmark not defined.

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. <i>Bakteri subtilis</i>	9
Gambar 2. <i>Bakteri Azospirillum</i> sp.	11
Gambar 3. <i>Bakteri Pseudomonas fluorescens</i>	13
Gambar 4. Pengacakan Plot	23
Gambar 5. Pengambilan Sampel Tanaman	25
Gambar 6. Desain Business Model Canvas	30
Gambar 7. Jarak Tanam Penelitian	35
Gambar 8. Grafik Jumlah Daun Pada Berbagai Perlakuan Bakteri	45
Gambar 9. Grafik Jumlah Daun Pada Berbagai Perlakuan Konsentrasi	49
Gambar 10. Grafik Jumlah Cabang pada Berbagai Perlakuan Bakteri	52
Gambar 11. Grafik Banyak Cabang Pada Perbedaan Konsentrasi NPK	55
Gambar 12. Data Perlakuan Jumlah Cabang Pada Perbedaan Konsentrasi NPK	59
Gambar 13. Grafik Panjang Polong Pada Perbedaan Konsentrasi NPK	61
Gambar 14. Grafik Berat Polong Pada Berbagai Perlakuan Jenis Bakteri	66
Gambar 15. Grafik Berat Polong Pada Perbedaan Konsentrasi NPK	69
Gambar 16. Logo Giberelin Farm	82
Gambar 17. Susunan Menejemen	93
Gambar 18. Bisnis Model Canvas	103

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Kode Kombinasi Perlakuan Bakteri dan Konsentrasi	22
Tabel 2. Parameter Pengamatan Tanaman Kacang Panjang	25
Tabel 3. Rancangan Anggaran Biaya	32
Tabel 4. Proyeksi Anggaran Biaya Setiap Perlakuan.....	33
Tabel 5. Alat dan Bahan.....	33
Tabel 6. Rerata Jumlah Daun Pada Perbedaan Jenis Bakteri.....	47
Tabel 7. Rerata Jumlah Daun Pada Perbedaan Konsentrasi NPK	50
Tabel 8. Rerata Jumlah Cabang Pada Perbedaan Jenis Bakteri	53
Tabel 9. Rerata Jumlah Cabang Pada Perbedaan Konsentrasi NPK	56
Tabel 10. Rerata Panjang Polong Pada Perbedaan Jenis Bakteri.....	60
Tabel 11. Rerata Panjang Polong Pada Perbedaan Konsentrasi NPK	63
Tabel 12. Rerata Panjang Polong Pada Perbedaan Jenis Bakteri.....	67
Tabel 13. Rerata Berat Polong Pada Perbedaan Konsentrasi NPK.....	70
Tabel 14. Produktivitas Tanaman Kacang Panjang Setiap Perlakuan.....	73
Tabel 15. Hasil Analisis Kelayakan Usaha Seluruh Perlakuan.....	78
Tabel 16. Profil usaha Giberelin Farm.....	82
Tabel 17. Biaya Investasi	98
Tabel 18. Biaya Variabel Budidaya Kacang Panjang	98
Tabel 19. Biaya Variabel Produksi Bakteri.....	99
Tabel 20. Uji Validitas dan Reliabilitas Instrumen	111

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Penelitian Terdahulu.....	Error! Bookmark not defined.
Lampiran 2. Kegiatan Penelitian	Error! Bookmark not defined.
Lampiran 3. Kisi-Kisi Intrumens Penelitian Teknis	Error! Bookmark not defined.
Lampiran 4. Kisi-Kisi Instrumen Evaluasi Diseminasi.....	Error! Bookmark not defined.
Lampiran 5. Kuisiener Evaluasi Diseminasi (<i>Pre-test dan Post-test</i>)	Error! Bookmark not defined.
Lampiran 6. Rencana Kegiatan Penelitian	Error! Bookmark not defined.
Lampiran 7. Hasil Tabulasi Olah Data SPSS Parameter Jumlah Daun	Error! Bookmark not defined.
Lampiran 8. Hasil Tabulasi Olah Data SPSS Parameter Jumlah Cabang....	Error! Bookmark not defined.
Lampiran 9. Hasil Tabulasi Olah Data SPSS Parameter Panjang Polong ...	Error! Bookmark not defined.
Lampiran 10. Hasil Tabulasi Olah Data SPSS Parameter Berat Basah Polong	Error! Bookmark not defined.
Lampiran 11. Bukti Pembelian Isolat	Error! Bookmark not defined.
Lampiran 12. Analisis TPC.....	Error! Bookmark not defined.
Lampiran 13. Analisis Kelayakan Usaha	Error! Bookmark not defined.
Lampiran 14. Perizinan NPWP dan NIB.....	Error! Bookmark not defined.
Lampiran 15. Daftar Hadir Uji Validitas.....	Error! Bookmark not defined.
Lampiran 16. Data Responden Uji Validitas	Error! Bookmark not defined.
Lampiran 17. Hasil Uji Validitas dan Reliabilitas...	Error! Bookmark not defined.
Lampiran 18. LPM (Lembar Persiapan Menyuluh)	Error! Bookmark not defined.
Lampiran 19. Sinopsis	Error! Bookmark not defined.
Lampiran 20. Berita Acara	Error! Bookmark not defined.
Lampiran 21. Daftar Hadir Kegiatan Diseminasi...	Error! Bookmark not defined.
Lampiran 22. Media Diseminasi.....	Error! Bookmark not defined.
Lampiran 23. Data Responden Diseminasi.....	Error! Bookmark not defined.
Lampiran 24. Hasil Kuesioner Pre-Test.....	Error! Bookmark not defined.
Lampiran 25. Hasil Kuesioner Post Test.....	Error! Bookmark not defined.
Lampiran 26. Hasil Data SPSS Uji Paired Sample t-Test ...	Error! Bookmark not defined.
Lampiran 27. Dokumentasi	Error! Bookmark not defined.

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kacang panjang (*Vigna unguiculata*) merupakan tanaman sayuran *leguminosa* yang tumbuh baik di daerah beriklim tropis dengan kondisi hangat dan lembap serta memiliki kandungan gizi yang tinggi, seperti protein, vitamin, dan mineral, termasuk serat, kalsium, fosfor, dan zat besi (Maulani dan Prasetyo, 2023). Kacang panjang juga banyak dikonsumsi oleh masyarakat, baik untuk kebutuhan rumah tangga maupun industri kuliner. Pertumbuhan penduduk, meningkatnya kesadaran masyarakat terhadap pemenuhan gizi, dan berkembangnya industri pengolahan pangan turut mendorong peningkatan permintaan kacang panjang di pasar (Wahyuni *et al.*, 2024).

Tingginya kebutuhan tersebut menunjukkan bahwa budidaya kacang panjang memiliki peluang untuk terus dikembangkan. Namun, peluang tersebut belum sepenuhnya didukung oleh kondisi produksi yang stabil. Menurut BPS Provinsi Jawa Timur, (2024) menunjukkan bahwa produksi kacang panjang di Jawa Timur pada tahun 2024 menurun menjadi 9.851 ton, dibandingkan dengan tahun sebelumnya yang mencapai 30.074 ton. Penurunan tersebut menunjukkan adanya kendala dalam sistem budidaya yang perlu diatasi melalui penerapan teknologi produksi yang lebih efektif dan berkelanjutan.

Menurut Nainggolan *et al.* (2020), salah satu faktor yang dapat menghambat produktivitas kacang panjang adalah menurunnya kesuburan tanah akibat pengelolaan unsur hara yang kurang berkelanjutan. Rendahnya kandungan bahan organik dan ketidakseimbangan unsur hara dapat membatasi ketersediaan nutrisi bagi tanaman sehingga pertumbuhan dan hasil yang diperoleh tidak optimal. Permasalahan tersebut umumnya diatasi oleh petani dengan meningkatkan penggunaan pupuk anorganik agar kebutuhan unsur hara tanaman dapat terpenuhi dengan cepat.

Meskipun mampu memberikan respon pertumbuhan dalam waktu relatif singkat, penggunaan pupuk anorganik secara berlebihan dan terus-menerus dapat menurunkan kualitas serta merusak struktur tanah. Menurut Djunaedy (2022) menyatakan bahwa penurunan produksi tanaman berkaitan dengan sistem budidaya yang belum optimal, terutama dalam pengelolaan tanah dan pemupukan. Penggunaan pupuk dan pestisida kimia secara tidak terkendali juga dapat mencemari lingkungan serta menurunkan keanekaragaman mikroorganisme tanah

yang berperan dalam siklus unsur hara dan proses dekomposisi bahan organik (Agbodjato dan Babalola, 2024).

Permasalahan kesuburan tanah semakin kompleks pada lahan yang memiliki pH rendah, kandungan aluminium tinggi, dan bahan organik terbatas. Pada beberapa lahan pertanian, kandungan karbon organik tanah bahkan dilaporkan kurang dari 1%, sehingga kemampuan tanah dalam menyediakan unsur hara menjadi rendah (Zhao *et al.*, 2024). Selain itu, tidak seluruh unsur hara dari pupuk sintetis dapat diserap oleh tanaman karena sebagian mengalami pencucian, penguapan, pengikatan di dalam tanah, atau terbawa aliran permukaan. Kondisi tersebut menurunkan efisiensi pemupukan, meningkatkan biaya produksi, dan tidak selalu diikuti oleh peningkatan hasil yang sebanding. Oleh karena itu, diperlukan teknologi pemupukan yang mampu meningkatkan ketersediaan dan efisiensi penyerapan unsur hara sekaligus memperbaiki kondisi biologis tanah (Muslimah *et al.*, 2022).

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini menggunakan dosis pupuk NPK sebesar 25%, 50%, 75%, dan 100% untuk mengetahui tingkat pemupukan yang paling efisien dalam mendukung pertumbuhan dan produktivitas kacang panjang. Dosis 100% digunakan sebagai pembanding berdasarkan dosis rekomendasi penuh, sedangkan dosis 25%, 50%, dan 75% digunakan untuk menguji kemungkinan pengurangan pupuk sintetis dengan bantuan bakteri (Hazra *et al.*, 2024). Penggunaan dosis bertingkat memungkinkan respons tanaman pada setiap tingkat pemupukan dapat dibandingkan. Dengan demikian dapat diketahui apakah pemberian bakteri mampu mempertahankan pertumbuhan dan hasil tanaman ketika dosis NPK dikurangi.

Salah satu teknologi yang berpotensi mendukung pengurangan pupuk anorganik adalah penggunaan pupuk hayati. Pupuk hayati mengandung mikroorganisme hidup yang dapat menyediakan dan melarutkan unsur hara, merangsang pertumbuhan akar serta menjaga kesehatan lingkungan perakaran (Candraningtyas dan Indrawan, 2023). Aktivitas mikroorganisme tersebut dapat meningkatkan kemampuan akar dalam menyerap unsur hara sehingga penggunaan pupuk sintetis menjadi lebih efisien. Bakteri yang berpotensi dimanfaatkan dalam pupuk hayati antara lain *Bacillus subtilis*, *Azospirillum* sp., dan *Pseudomonas fluorescens*.

Ketiga bakteri tersebut memiliki mekanisme kerja yang berbeda dalam mendukung pertumbuhan tanaman. *Bacillus subtilis* berperan dalam melarutkan

fosfat dan menjaga kesehatan lingkungan perakaran, sedangkan *Azospirillum* sp. mampu menambat nitrogen serta merangsang perkembangan akar. Sementara itu, *Pseudomonas fluorescens* dapat membantu melarutkan unsur hara dan meningkatkan ketahanan tanaman terhadap gangguan lingkungan. Perbedaan mekanisme tersebut dapat meningkatkan ketersediaan unsur hara, memperluas penyerapan oleh akar, dan mendukung pertumbuhan tanaman secara lebih efisien (Jannah *et al.*, 2022). Penggunaan bakteri juga mampu meningkatkan ketahanan tanaman terhadap cekaman abiotik sehingga produktivitas tanaman dapat dipertahankan pada kondisi lingkungan yang kurang menguntungkan (Khoso *et al.*, 2024).

Meskipun *Bacillus subtilis*, *Azospirillum* sp., dan *Pseudomonas fluorescens* telah banyak diteliti, kajian yang membandingkan ketiga bakteri tersebut secara bersamaan pada berbagai dosis NPK dalam budidaya kacang panjang masih terbatas. Penelitian terdahulu umumnya hanya membahas pengaruh satu jenis bakteri terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman. Penelitian ini membandingkan tiga jenis bakteri pada dosis NPK 25%, 50%, 75%, dan 100% untuk mengetahui pengaruh masing-masing faktor serta interaksi keduanya terhadap pertumbuhan dan produktivitas kacang panjang. Hasil penelitian kemudian dianalisis dari aspek kelayakan usaha guna menilai efisiensi biaya dan tingkat keuntungan budidaya. Temuan yang diperoleh juga digunakan sebagai dasar penyusunan kegiatan diseminasi. Melalui kegiatan tersebut, teknologi hasil penelitian diharapkan dapat menambah pengetahuan petani dan diterapkan dalam usaha tani kacang panjang.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh pengaplikasian bakteri *Bacillus subtilis*, *Azospirillum* sp., dan *Pseudomonas fluorescens* terhadap produktivitas tanaman kacang panjang ?
2. Bagaimana analisis kelayakan usaha budidaya tanaman kacang panjang dengan penggunaan bakteri *Bacillus subtilis*, *Azospirillum* sp., dan *Pseudomonas fluorescens* ?
3. Bagaimana peningkatan pengetahuan sasaran setelah pelaksanaan diseminasi mengenai budidaya tanaman kacang panjang dengan pemanfaatan *Bacillus subtilis*, *Azospirillum* sp., dan *Pseudomonas fluorescens* ?

1.3 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah di atas, tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis pengaruh pengaplikasian bakteri *Bacillus subtilis*, *Azospirillum* sp., dan *Pseudomonas fluorescens* terhadap produktivitas tanaman kacang panjang.
2. Menganalisis kelayakan usaha budidaya tanaman kacang panjang menggunakan *Bacillus subtilis*, *Azospirillum* sp., dan *Pseudomonas fluorescens*.
3. Menganalisis peningkatan pengetahuan sasaran setelah mengikuti kegiatan diseminasi budidaya tanaman kacang panjang dengan pemanfaatan *Bacillus subtilis*, *Azospirillum* sp., dan *Pseudomonas fluorescens*.

1.4 Manfaat

Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat bagi beberapa pihak sebagai berikut:

1. Bagi petani, penelitian ini dapat memberikan informasi dan pengetahuan mengenai pemanfaatan *Bacillus subtilis*, *Azospirillum* sp., dan *Pseudomonas fluorescens* sebagai agen hayati untuk meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman kacang panjang.
2. Bagi Instansi, penelitian ini dapat menjadi bahan referensi ilmiah dalam bidang mikrobiologi pertanian dan analisis usaha tani, khususnya terkait penerapan bakteri *Bacillus subtilis*, *Azospirillum* sp., dan *Pseudomonas fluorescens* pada budidaya tanaman kacang panjang.
3. Bagi Mahasiswa, penelitian ini dapat memperluas wawasan tentang tantangan dan peluang dalam budidaya tanaman kacang panjang dengan menggunakan bakteri *Bacillus subtilis*, *Azospirillum* sp., dan *Pseudomonas fluorescens*. Mahasiswa dapat mengetahui bakteri mana yang efektif dan memberikan rekomendasi dosis yang baik

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian dari Parthasarathi *et al.* (2021) berjudul “*Effects of Bio-Fertilizer on Growth and Yield of Rice AU1GSR Cultivar*”. Bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh biofertilizer *Azospirillum sp.* dan *Pseudomonas fluorescens* dengan kombinasi dosis NPK terhadap pertumbuhan dan hasil padi. Metode yang digunakan RAK dengan enam perlakuan, 100% NPK, biofertilizer tanpa NPK, 25% NPK + biofertilizer, 50% NPK + biofertilizer, 75% NPK + biofertilizer, dan kontrol tanpa perlakuan. Variabel yang diamati mencakup tinggi tanaman, luas daun, biomassa, jumlah anakan, jumlah malai, gabah isi, bobot 1000 butir, serta hasil gabah dan jerami. Biofertilizer diberikan empat kali pada umur 30-75 HST. Hasil menunjukkan perlakuan 75% NPK + *Azospirillum* + *Pseudomonas* memberikan hasil terbaik dengan tinggi tanaman 131,20 cm, biomassa 13.640 kg/ha, dan hasil gabah 7.620 kg/ha lebih tinggi daripada kontrol dengan tinggi tanaman 102,10 cm, biomassa 6.290 kg/ha, dan hasil gabah hanya 2.845 kg/ha.

Penelitian Noviani dan Rahayu (2022) berjudul “Pengaruh Pemberian *Pseudomonas fluorescens*, *Azospirillum sp.* dan Mikroorganisme Lokal terhadap Produktivitas dan Pertumbuhan Kedelai pada Tanah Kapur”. Bertujuan mengetahui pengaruh *Pseudomonas fluorescens*, *Azospirillum sp.*, dan mikroorganisme lokal terhadap pertumbuhan serta produktivitas kedelai pada tanah kapur. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Kelompok dengan tujuh perlakuan dan tiga ulangan, kemudian data dianalisis menggunakan ANOVA dan diuji lanjut menggunakan Duncan. Perlakuannya meliputi kontrol, mikroorganisme lokal, masing-masing bakteri secara tunggal, serta kombinasi bakteri dengan mikroorganisme lokal. Parameter yang diamati mencakup tinggi tanaman, jumlah daun, panjang akar, biomassa, bintil akar, jumlah polong, biomassa polong, serta kandungan nitrogen dan fosfor. Hasil terbaik diperoleh pada kombinasi *Pseudomonas fluorescens*, *Azospirillum sp.*, dan mikroorganisme lokal karena memberikan respons pertumbuhan dan produktivitas kedelai paling baik.

Penelitian dari Supriyono *et al.* (2022) berjudul “Efektivitas Pupuk Hayati terhadap Pertumbuhan dan Hasil Jagung Hibrida di Tanah Alfisol”. Bertujuan untuk mengetahui pengaruh dosis pupuk hayati terhadap pertumbuhan dan hasil jagung hibrida di tanah Alfisol yang memiliki kesuburan rendah. Metode yang digunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan empat perlakuan yakni tanpa pupuk (kontrol), pupuk hayati 12 l/ha, 20 l/ha, dan 28 l/ha, enam ulangan. Variabel yang

diamati meliputi tinggi tanaman, jumlah daun, diameter batang, indeks luas daun, berat brangkasan segar dan kering, serta hasil panen (berat tongkol, berat biji, dan berat 100 biji). Bakteri yang digunakan yakni *Azospirillum sp.*, *Azotobacter sp.*, dan *Bacillus sp.* Hasil penelitian menunjukkan bahwa dosis terbaik 12 l/ha memberikan peningkatan tinggi tanaman 9,3%, diameter batang 13%, indeks luas daun 19%, dan hasil biji mencapai 3,5 ton/ha atau meningkat 23,02% dibandingkan kontrol (1,39 ton/ha).

Penelitian dari Albayani *et al.* (2022) berjudul “Pengaruh Frekuensi Aplikasi Pupuk Hayati *Bacillus sp.* terhadap Pertumbuhan dan Hasil Enam Kultivar Wortel (*Daucus carota L.*). Bertujuan menentukan frekuensi aplikasi *Bacillus sp.* yang paling efektif untuk meningkatkan pertumbuhan dan hasil wortel pada lahan pasir pantai. Metode yang digunakan RAK faktorial dengan dua faktor, yaitu frekuensi aplikasi *Bacillus sp.* Dengan 2 kali dan 4 kali aplikasi, serta enam varietas wortel introduksi dan lokal. Variabel yang diamati meliputi tinggi tanaman, jumlah daun, bobot segar dan kering umbi, diameter dan panjang umbi, produktivitas, indeks konsumsi, dan tingkat kemanisan. Bakteri yang digunakan dari penelitian sebelumnya menggunakan bakteri *Bacillus sp.* Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi 4 kali *Bacillus sp.* memberikan hasil terbaik dengan tinggi tanaman mencapai 54,81 cm, bobot segar umbi 96,57 g, bobot kering 37,56 g, diameter umbi 31,59 mm, panjang umbi 18,95 cm, dan produktivitas 28,86 ton/ha. Sebaliknya perlakuan 2 kali aplikasi menghasilkan nilai terendah, bobot segar umbi hanya 66,09 g, bobot kering 28,10 g, dan produktivitas 23,87 ton/ha.

Penelitian dari Tijar *et al.* (2022) berjudul “Pengaruh Pupuk Hayati dan Pupuk NPK terhadap Pertumbuhan dan Hasil Kedelai Edamame pada Tanah Gambut” Bertujuan mengetahui kombinasi terbaik pupuk hayati dan NPK terhadap pertumbuhan dan hasil kedelai edamame. Menggunakan dua faktor yaitu pupuk hayati (5, 10, 15 ml/l) dan NPK (200, 300, 400 kg/ha). Variabel yang diamati yakni tinggi tanaman, volume akar, berat kering, jumlah dan bobot polong. Bakteri dalam pupuk hayati *Rhizobium sp.*, *Azospirillum sp.*, *Azotobacter sp.*, *Bacillus sp.*, *Pseudomonas sp.*, dan *Trichoderma sp.* Perlakuan terbaik pupuk hayati 15 ml/l + NPK 200 kg/ha menghasilkan 51,85 polong segar dan 51,48 polong isi, sedangkan kontrol hanya 37,66 polong.

Penelitian dari Rathod dan Shrivastav (2025) berjudul “Effect of *Azotobacter*, *Bacillus*, and *Pseudomonas*-based Biofertilizers on Growth and Yield of Green Gram”. Bertujuan menilai pengaruh biofertilizer berbasis *Azotobacter*, *Bacillus*, dan

Pseudomonas terhadap pertumbuhan serta hasil kacang hijau. Metode yang digunakan adalah RAK dengan 8 perlakuan kontrol, aplikasi tunggal, kombinasi dua bakteri, dan kombinasi tiga bakteri. Variabel yang diamati meliputi tinggi tanaman, jumlah cabang, bobot kering, jumlah polong, panjang polong, jumlah biji, hasil biji, dan hasil biomassa. Bakteri yang digunakan *Azotobacter*, *Bacillus*, dan *Pseudomonas*. Hasil penelitian menunjukkan perlakuan T8 (*Azotobacter* + *Bacillus* + *Pseudomonas*) menghasilkan pertumbuhan terbaik seperti tinggi 65 cm, 10 cabang, 4 g bobot kering, dan hasil 1.200 kg/ha. Sedangkan kontrol menghasilkan tinggi 50 cm dan hasil 800 kg/ha.

Berdasarkan penelitian terdahulu, penggunaan *Bacillus subtilis*, *Azospirillum* sp., dan *Pseudomonas fluorescens* terbukti mampu meningkatkan pertumbuhan serta hasil berbagai tanaman, baik melalui aplikasi tunggal maupun dalam bentuk konsorsium mikroba. Penelitian sebelumnya menggunakan pupuk hayati campuran, sehingga pengaruh masing-masing bakteri belum dapat dibandingkan secara langsung. Selain itu, kajian yang menguji ketiga bakteri tersebut secara terpisah pada taraf NPK 25%, 50%, 75%, dan 100% dalam budidaya kacang panjang masih terbatas. Belum banyak penelitian yang menghubungkan hasil agronomis dengan efisiensi pengurangan pupuk anorganik, produktivitas, dan kelayakan usaha. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk membandingkan pengaruh ketiga jenis bakteri pada berbagai dosis NPK serta menjadikan perlakuan terbaik sebagai dasar analisis usaha dan penyusunan diseminasi kepada petani.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Tanaman Kacang Panjang

Menurut Rambu *et al.* (2026), kacang panjang (*Vigna unguiculata*) merupakan tanaman sayuran yang termasuk ke dalam famili *Leguminosae* (*Fabaceae*). Tanaman ini berasal dari daerah tropis dan banyak dibudidayakan di negara-negara Asia, termasuk Indonesia, karena adaptasinya yang baik terhadap iklim tropis dengan suhu relatif tinggi dan curah hujan sedang hingga tinggi. Kacang panjang umumnya ditanam sebagai tanaman semusim dan dimanfaatkan bagian polong mudanya sebagai bahan pangan.

Secara botani, kacang panjang memiliki sistem perakaran tunggang yang berkembang dengan baik dan mampu bersimbiosis dengan mikroorganisme tanah, khususnya bakteri penambat nitrogen. Batang kacang panjang bersifat merambat atau memanjat sehingga dalam budidayanya sering memerlukan ajir atau lanjaran sebagai penopang (Djafar, 2022). Daunnya berbentuk trifoliat dengan warna hijau, sedangkan bunganya berwarna putih hingga kekuningan

yang akan berkembang menjadi polong panjang dengan biji di dalamnya (Hariri *et al.*, 2016).

Menurut Murdaningsih dan Wae (2020), sistem perakaran yang berkembang dengan baik menjadi faktor kunci dalam efisiensi penyerapan air dan nutrisi, sehingga berpengaruh langsung terhadap jumlah dan kualitas polong yang dihasilkan. Sebagai tanaman leguminosa, kacang panjang memiliki potensi berinteraksi dengan mikroorganisme tanah yang dapat meningkatkan kesuburan tanah dan efisiensi pemanfaatan hara. Oleh karena itu, pengelolaan tanah dan hara yang tepat serta penerapan teknologi budidaya yang mendukung aktivitas biologis tanah menjadi aspek penting dalam upaya meningkatkan pertumbuhan dan produktivitas tanaman kacang panjang secara berkelanjutan (Hulu, 2024).

2.2.2 Bakteri

Bakteri merupakan mikroorganisme yang banyak hidup di tanah dan daerah perakaran tanaman atau rizosfer serta berperan dalam berbagai proses biologis tanah (Hartanto *et al.*, 2023). Melalui proses isolasi dan pemurnian dapat diperoleh isolat bakteri, yaitu satu jenis bakteri yang telah dipisahkan dari mikroorganisme lainnya (Darwisah *et al.*, 2025). Isolat tersebut kemudian dapat diidentifikasi dan diseleksi berdasarkan kemampuannya dalam menyediakan unsur hara, merangsang pertumbuhan tanaman, serta menghambat perkembangan patogen (Elita *et al.*, 2024).

Menurut Jannah *et al.* (2022) menyatakan isolat bakteri dari tanah dan rizosfer banyak dimanfaatkan sebagai bahan dasar pupuk hayati karena memiliki sifat fungsional yang mendukung pertumbuhan tanaman. Isolat bakteri dari tanah dan rizosfer banyak dimanfaatkan sebagai bahan dasar pupuk hayati karena memiliki fungsi yang mendukung pertumbuhan tanaman (Setiawan, 2026). Bakteri seperti *Azospirillum* sp., *Bacillus subtilis* dan *Pseudomonas fluorencens*. termasuk kelompok PGPR yang mampu menambat nitrogen, melarutkan fosfat, menghasilkan hormon pertumbuhan, dan merangsang perkembangan akar (Jannah *et al.*, 2022). Penggunaan bakteri tersebut sebagai pendamping pupuk anorganik yang dapat meningkatkan efisiensi penyerapan hara, memperbaiki kondisi biologis tanah, dan mendukung sistem budidaya yang lebih berkelanjutan (Damayanti *et al.*, 2023).

Sebelum digunakan sebagai pupuk hayati, isolat bakteri perlu diuji di laboratorium untuk memastikan jenis, jumlah populasi, dan aktivitas biologisnya. Pengujian dilakukan melalui proses kultur serta pengamatan kemampuan bakteri

dalam menambat nitrogen, melarutkan fosfat, dan menghasilkan zat pemacu pertumbuhan. Tahapan tersebut penting untuk menjamin mutu dan efektivitas pupuk hayati dalam meningkatkan kesuburan tanah serta pertumbuhan tanaman (Agu *et al.*, 2021). Adapun bakteri yang dimanfaatkan dalam penelitian ini meliputi:

1. Bakteri *Bacillus subtilis*

Bacillus subtilis adalah bakteri Gram positif berbentuk batang yang memiliki kemampuan membentuk endospora, membuatnya tahan terhadap kondisi ekstrem. Bakteri ini berukuran $0,3-2,2 \times 1,2-7,0 \mu\text{m}$ dan dapat bertahan dalam pH 2-8 serta suhu antara -5°C hingga 75°C (Puji dan Sudarwati 2020). *Bacillus subtilis* menghasilkan enzim hidrolitik seperti protease dan selulase mampu menghasilkan enzim seperti protease dan lipase yang membantu melarutkan bahan organik di tanah, sehingga meningkatkan ketersediaan nutrisi bagi tanaman yang memecah makro molekul organik menjadi senyawa lebih sederhana. Selain itu bakteri ini dapat hidup bebas atau membentuk koloni yang berinteraksi dengan mikroorganisme lain di tanah berperan dalam pembentukan komunitas mikroba yang mendukung kesuburan tanah dan produktivitas tanaman (Agusta *et al.*, 2023). Berikut adalah taksonomi dari Bakteri *Bacillus subtilis*:

Kingdom : *Bacteria*
Filum : *Firmicutes*
Kelas : *Bacilli*
Ordo : *Bacillales*
Famili : *Bacillaceae*
Genus : *Bacillus*
Spesies : *Bacillus subtilis*



Gambar 1. Bakteri *Bacillus subtilis*
Sumber: Gumanti *et al.* (2024)

206 Bakteri *Bacillus subtilis* dapat menghasilkan fitohormon seperti asam indolasetat, giberelin, sitokinin, dan etilen, serta menghasilkan siderofor, mengikat nitrogen, memproduksi antibakteri, dan melarutkan fosfat (Mukamto *et al.*, 2025). Menurut Purwanti *et al.* (2022) menyatakan bakteri *bacillus* mampu menghasilkan berbagai fitohormon yang berperan dalam meningkatkan ketersediaan nitrogen dan fosfat bagi sistem perakaran tanaman. Pemanfaatan bakteri pelarut fosfat sebagai inokulan dapat meningkatkan penyerapan unsur fosfor. Bakteri ini bekerja dengan melepaskan fosfor yang terikat di dalam tanah menjadi bentuk yang mudah diserap oleh tanaman, yang berfungsi penting dalam pembentukan energi dan protein.

180 *Bacillus subtilis*, sebagai salah satu jenis rhizobakteri utama, memiliki kemampuan membentuk spora yang memungkinkannya bertahan lama di tanah. Bakteri ini berperan dalam mendorong pertumbuhan tanaman melalui proses pelarutan fosfor, fiksasi nitrogen, serta produksi siderofor yang membantu penyerapan unsur hara dan menekan pertumbuhan patogen. Sebagai bakteri pemacu pertumbuhan tanaman (PGPR), *Bacillus subtilis* efektif dalam meningkatkan hasil tanaman dengan cara memfiksasi serta memobilisasi unsur hara penting seperti nitrogen dan fosfor (Dita *et al.*, 2023).

264 Menurut Hilmi (2023), selain itu *Bacillus subtilis* juga dapat meningkatkan toleransi tanaman terhadap stres biotik dan abiotik yang memungkinkan tanaman untuk tetap produktif meskipun berada dalam kondisi lingkungan yang kurang optimal. *Rhizobakteri* ini hidup di sekitar atau pada permukaan akar tanaman dan berperan langsung maupun tidak langsung dalam mendukung pertumbuhan dan perkembangan tanaman melalui produksi dan sekresi senyawa kimia di rizosfer. *Bacillus subtilis* mampu menguraikan senyawa kompleks dan berkembang dengan baik di dalam tanah sehingga berperan dalam penguraian bahan organik. Dengan kemampuan ini *Bacillus subtilis* dikategorikan sebagai PGPR yang efektif (Laila *et al.*, 2024).

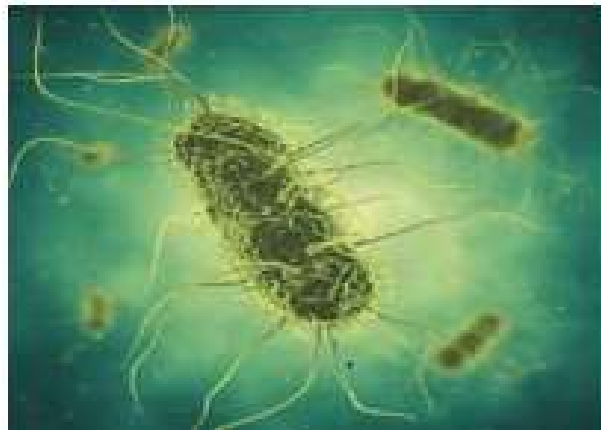
44 Menurut Prihatiningsih *et al.* (2015) menyatakan *Bacillus subtilis* dapat berfungsi sebagai pupuk hayati dan agen pengendali hayati melalui mekanisme antibiosis dan penginduksi ketahanan sistemik. *Bacillus subtilis* yang diisolasi dari tanah terbukti memiliki kemampuan antibakteri, antijamur, pemacu pertumbuhan tanaman, dan penginduksi ketahanan sistemik.

19 2. Bakteri *Azospirillum* sp.

1 5 Menurut Warganda *et al.* (2023), *Azospirillum* sp. merupakan genus bakteri yang berbentuk spiral besar atau batang lurus, dengan ukuran 0,9-1,2 µm. Termasuk

dalam golongan Gram negatif. Bakteri ini bersifat motil dan bergerak secara berputar atau berpilin dalam media cair dengan bantuan satu flagel polar. Selain itu, bakteri ini dapat membentuk flagel lateral ketika ditumbuhkan pada media padat pada suhu 30 °C. Koloni beberapa galur pada media PDA berwarna merah muda terang hingga merah muda tua. Tumbuh optimal di suhu 34-37 °C dan di pH 7. Berikut adalah taksonomi Bakteri *Azospirillum* sp. :

Kingdom : *Bacteria*
Filum : *Proteobacteria*
Kelas : *Alphaproteobacteria*
Ordo : *Rhodospirillales*
Famili : *Rhodospirillaceae*
Genus : *Azospirillum*
Spesies : *Azospirillum* sp.



Gambar 2. Bakteri *Azospirillum* sp.
Sumber: Abbas dan Shafeeq. (2025)

Menurut Wayan *et al.* (2022) menyatakan bakteri *Azospirillum* sp. merupakan bakteri rizosfer yang berfungsi sebagai pupuk hayati dan *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR). Bakteri ini menambat nitrogen dari udara pada kondisi oksigen rendah melalui enzim nitrogenase kemudian mengubahnya menjadi bentuk nitrogen yang dapat diserap tanaman seperti nitrat dan amonium. Walaupun tidak membentuk bintil akar seperti *Rhizobium*, *Azospirillum* sp., tetap efektif menyediakan nitrogen dan fosfor bagi tanaman. Selain itu bakteri ini menghasilkan hormon pertumbuhan seperti IAA, sitokinin, giberelin, dan auksin yang merangsang pembentukan akar lateral, akar adventif, serta meningkatkan jumlah rambut akar, sehingga penyerapan hara oleh tanaman menjadi lebih optimal (Widawati dan Muharam, 2023).

Azospirillum sp. merupakan bakteri nonsimbiotik berbentuk spiral yang hidup di sekitar perakaran tanaman. Bakteri ini mampu memfiksasi nitrogen dari udara serta membantu meningkatkan ketersediaan fosfor bagi tanaman. *Azospirillum* sp. umumnya berasosiasi dengan tanaman dari famili Poaceae atau Gramineae. Hasil penelitian Warganda *et al.* (2023) menunjukkan bahwa inokulasi *Azospirillum* sp. dapat meningkatkan efisiensi pemupukan N pada tanaman jagung dan dapat meningkatkan nilai kadar N-total tanaman sebesar 47,55%. Bakteri ini juga memperbaiki struktur tanah dan menguraikan bahan organik seperti selulosa, amilosa, lemak, dan protein.

Keberadaan bakteri di rizosfer mampu merangsang pertumbuhan akar dengan menambah jumlah rambut akar, memanjangkan akar, dan memperluas permukaan akar sehingga penyerapan hara menjadi lebih efisien. Selain itu *Azospirillum* sp., menambat nitrogen dari udara pada kondisi oksigen rendah dan mengubahnya menjadi bentuk nitrogen yang dapat diserap tanaman seperti nitrat dan ion amonium. Kemampuan tersebut menjadikan *Azospirillum* sp. sebagai pupuk hayati dan bakteri pendukung pertumbuhan tanaman yang penting (Sihotang *et al.*, 2022).

3. Bakteri *Pseudomonas Fluorecens*

Pseudomonas fluorescens adalah genus bakteri Gram-negatif berbentuk batang yang motil dan bersifat aerobik, memungkinkannya untuk tumbuh dan aktif di lingkungan pertanian sebagai agens hayati (Sari *et al.*, 2023). Klasifikasi *Pseudomonas fluorecens* adalah sebagai berikut :

Kingdom	: <i>Bacteria</i>
Filum	: <i>Proteobacteria</i>
Kelas	: <i>Gammaproteobacteria</i>
Ordo	: <i>Pseudomonadales</i>
Famili	: <i>Pseudomonadaceae</i>
Genus	: <i>Pseudomonas</i>
Spesies	: <i>Pseudomonas fluorecens</i>



Gambar 3. Bakteri *Pseudomonas fluorescens*
Sumber: Wahyudi dan Soetarto (2021)

Pseudomonas fluorescens memiliki peran penting dalam meningkatkan ketersediaan unsur hara bagi tanaman. Bakteri ini mampu melarutkan fosfor yang terikat oleh aluminium, besi, atau kalsium menjadi bentuk fosfat yang lebih mudah diserap tanaman melalui aktivitas enzim fosfatase. Selain itu, *Pseudomonas fluorescens* dapat meningkatkan ketersediaan besi serta menciptakan kondisi rizosfer yang mendukung aktivitas mikroorganisme penambat nitrogen. Melalui mekanisme tersebut, bakteri ini membantu tanaman menyerap unsur hara secara lebih efisien sehingga dapat mendukung pertumbuhan dan hasil tanaman (Backer et al., 2018).

Menurut Laila et al. (2024), *Pseudomonas fluorescens* merupakan bakteri yang bermanfaat dalam pertanian berkelanjutan karena mampu membantu pertumbuhan tanaman sekaligus menekan serangan penyakit. Bakteri ini dapat menghasilkan siderofor untuk mengikat besi, memproduksi senyawa aktif yang menghambat patogen, serta merangsang ketahanan tanaman. Selain itu, *Pseudomonas fluorescens* juga dapat meningkatkan pertumbuhan akar dan tunas, serta memperbaiki keseimbangan mikroorganisme di sekitar akar sehingga kesehatan dan produktivitas tanaman menjadi lebih baik.

2.2.3 Pemupukan Tanaman Kacang Panjang

Menurut Suarjana dan Arthagama (2020) menyatakan pemupukan merupakan tindakan penting dalam manajemen kesuburan tanah yang berperan menjaga keseimbangan nutrisi dan mendukung proses fisiologis tanaman secara berkelanjutan. Kegiatan ini tidak hanya berfokus pada penambahan unsur hara tetapi juga mencakup pengelolaan tanah agar tetap subur dan mampu menopang pertumbuhan tanaman dalam jangka panjang. Melalui penerapan teknik yang tepat pemupukan dapat memperbaiki struktur tanah, serta menstimulasi aktivitas

mikroorganisme yang berperan dalam dekomposisi bahan organik dan ketersediaan unsur hara. Selain itu pemupukan yang sesuai dapat memperkuat sistem perakaran sehingga tanaman lebih efisien dalam menyerap air dan nutrisi, serta lebih tahan terhadap cekaman lingkungan seperti kekeringan atau kekurangan unsur tertentu (Elita *et al.*, 2024).

Menurut Bayu dan Endang (2019), pemupukan merupakan pemberian unsur hara melalui tanah atau daun untuk memenuhi kebutuhan tanaman. Pupuk dapat berupa bahan organik maupun anorganik dengan dosis yang tepat agar tidak terjadi kekurangan atau kelebihan hara. Pemupukan yang sesuai dapat meningkatkan ketersediaan nutrisi, menjaga keseimbangan hara tanah, serta mendukung pertumbuhan dan hasil tanaman (Jovita, 2021).

Pemilihan jenis pupuk baik organik, anorganik, maupun bakteri dengan metode aplikasinya yang disesuaikan dengan kondisi lahan, jenis tanaman, serta fase pertumbuhannya menjadi faktor kunci dalam mencapai hasil yang optimal. Dengan pengelolaan yang bijak, pemupukan tidak hanya meningkatkan produktivitas pertanian, tetapi juga menjaga keberlanjutan ekosistem tanah dan menekan dampak negatif terhadap lingkungan. Dan pada penelitian ini terdapat dua jenis pupuk yang digunakan yakni :

A. Pupuk Hayati

Menurut Permentan (2019), dalam keputusan menteri pertanian Republik Indonesia NOMOR: 261/KPTS/SR.30/M4/2019 menjelaskan mengenai standart kualitas pupuk hayati cair berbasis bakteri sangat bergantung pada jumlah mikroorganisme yang terkandung di dalamnya. Untuk memastikan efektivitasnya, bakteri yang digunakan dalam pupuk hayati harus memiliki konsentrasi minimal 1×10^8 CFU/g bobot kering atau 1×10^8 CFU/ml dalam bentuk cair. Angka ini menunjukkan jumlah koloni mikroba yang dapat berkembang biak dalam satu gram atau satu mililiter pupuk hayati, yang cukup untuk mendukung kolonisasi bakteri di sekitar akar tanaman dan meningkatkan ketersediaan unsur hara, seperti nitrogen, fosfor, dan kalium, serta memperbaiki kesehatan tanah secara keseluruhan. Sedangkan menurut hasil penelitian Krismo *et al.* (2022), penggunaan pupuk hayati dengan konsentrasi 15 ml terbukti sebagai perlakuan paling efektif dalam meningkatkan hasil tanaman.

B. Pupuk Anorganik

Menurut Murdhiani (2024), pupuk NPK 16-16-16 merupakan sumber nitrogen, fosfor, dan kalium yang penting bagi pertumbuhan serta produktivitas tanaman. Pada kacang panjang, ketiga unsur tersebut mendukung pertumbuhan vegetatif, perkembangan akar, serta pembentukan bunga dan polong. Pemberian dengan dosis yang tepat dapat meningkatkan efisiensi penyerapan hara, hasil, dan kualitas polong tanpa menyebabkan kekurangan atau kelebihan unsur hara. (Hanafi *et al.*, 2022).

Kebutuhan pupuk kacang panjang dengan menggunakan NPK umumnya disesuaikan dengan jarak tanam dan kepadatan populasi tanaman di lapangan. Pada jarak tanam 40 × 60 cm, terdapat sekitar 40.000 tanaman per hektar sehingga rekomendasi pemupukan sebesar 200 kg NPK 16-16-16 per hektar setara dengan kebutuhan sekitar 5 gram per tanaman (Amalia *et al.*, 2024). Dosis ini dapat disesuaikan menjadi 100%, 75%, 50%, atau 25% tergantung kondisi lahan dan fase pertumbuhan, yang masing-masing setara dengan 5 gram, 3,75 gram, 2,5 gram, dan 1,25 gram per tanaman.

2.2.4 Produktivitas Tanaman

Menurut Effendi (2022) menjelaskan produktivitas dalam bidang pertanian menggambarkan kemampuan suatu input, terutama luas lahan, dalam menghasilkan produk pada setiap satuan luas. Besarnya produktivitas dan produksi dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti tingkat kesuburan tanah, varietas benih, ketepatan jenis dan dosis pupuk, ketersediaan air, teknik budidaya, penggunaan alat pertanian, serta tenaga kerja. Oleh karena itu, perhitungan produktivitas lahan diperlukan untuk mengetahui tingkat efisiensi penggunaan lahan dalam menghasilkan produk pertanian. Produktivitas dalam kilogram per 1.000 m² dihitung menggunakan rumus:

$$\text{Produktivitas (kg/1.000 m}^2\text{)} = \frac{\text{total berat panen (kg)}}{\text{luas efektif perlakuan (m}^2\text{)}} \times 1.000$$

Sementara itu, produktivitas dalam ton per hektare dihitung dengan rumus:

$$\text{Produktivitas (ton/ha)} = \frac{\text{total berat panen (kg)}}{\text{luas efektif perlakuan (m}^2\text{)}} \times 10$$

Sementara itu, Luas lahan efektif dihitung dengan rumus:

$$\text{Luas efektif} = \text{panjang bedengan} \times \text{lebar bedengan} \times \text{jumlah bedengan}$$

Perhitungan tersebut menghasilkan estimasi produksi berdasarkan luas tanam yang sebenarnya, sehingga nilainya dapat menggambarkan kemampuan hasil tanaman pada setiap perlakuan. Menurut Sihotang *et al.* (2022), produktivitas

kacang panjang di Indonesia masih relatif rendah, yakni sekitar 6-8 ton per hektar, padahal secara potensial tanaman ini mampu menghasilkan 15-20 ton per hektar. Kesenjangan tersebut dipengaruhi oleh berbagai faktor, salah satunya pengelolaan kesuburan tanah yang belum dilakukan secara optimal. Penggunaan pupuk anorganik secara berlebihan juga dapat menurunkan mutu tanah serta memicu pencemaran lingkungan.

Menurut Alfarizi (2024), penerapan varietas unggul menjadi salah satu teknologi penting untuk meningkatkan hasil, sebab varietas unggul memiliki potensi produksi yang lebih tinggi serta ketahanan yang lebih baik terhadap gangguan biotik maupun abiotik. Setiap varietas unggul memiliki karakter pertumbuhan yang ditentukan oleh faktor genetik, sehingga pemilihan varietas yang tepat sangat berpengaruh terhadap performa tanaman. Akan tetapi pada label kemasan Varietas menjelaskan bahwa Varietas Katon Tavi mampu menghasilkan 34 ton/ha.

2.2.5 Analisis Kelayakan Usaha

Menurut Mahardhika dan Ariadi (2021) menjelaskan bahwa analisis kelayakan finansial merupakan metode ekonomi yang digunakan untuk menilai kelayakan suatu usaha atau proyek berdasarkan aspek keuangan. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan usaha dalam menghasilkan keuntungan secara berkelanjutan dan memberikan manfaat dalam jangka panjang. Menurut Fauzi *et al.* (2024), tujuan utamanya adalah memastikan bahwa usaha tersebut dapat menghasilkan keuntungan yang berkelanjutan dan memberikan hasil yang menguntungkan dalam jangka panjang. Dalam analisis ini penting untuk memperkirakan aliran kas yang akan terjadi di masa depan yang dapat dilakukan melalui berbagai Analisis kelayakan finansial mencakup perhitungan biaya total (*Total Cost*), penerimaan, pendapatan, titik impas (*Break-Even Point* atau BEP), rasio manfaat terhadap biaya (*Benefit-Cost Ratio* atau B/C Ratio), dan rasio penerimaan terhadap biaya (*Revenue-Cost Ratio* atau R/C Ratio).

Break Even Point (BEP) merupakan kondisi ketika total pendapatan setara dengan total biaya, baik biaya tetap maupun variabel, sehingga usaha berada pada posisi tidak menghasilkan laba maupun mengalami kerugian. Analisis BEP digunakan untuk mengetahui jumlah penjualan minimum, menetapkan harga yang sesuai, serta membantu dalam pengambilan keputusan produksi, harga, dan distribusi (Wahyuni *et al.*, 2020).

Disisi lain rasio *Benefit-Cost* (BC) dan *Revenue-Cost* (RC) digunakan untuk menilai efisiensi dan tingkat keuntungan usaha dengan membandingkan manfaat

atau pendapatan terhadap biaya (Silalahi *et al.*, 2022). Nilai rasio yang lebih besar dari 1 menunjukkan usaha layak atau menguntungkan, sedangkan nilai di bawah 1 mengindikasikan perlunya peninjauan kembali atau penghentian usaha (Gratya dan Wua *et al.*, 2024). Dibandingkan dengan BEP, analisis BC/RC memberikan penilaian ekonomi yang lebih menyeluruh terhadap kelayakan suatu usaha.

2.2.6 Business Plan

Menurut Supriyanto (2018) menyatakan bahwa perencanaan bisnis (*Business Plan*) adalah rencana-rencana tentang apa yang dikerjakan dalam suatu bisnis ke depan meliputi alokasi sumberdaya, perhatian pada faktor-faktor kunci dan mengolah permasalahan permasalahan dan peluang yang ada. Secara garis besar isi suatu perencanaan bisnis dimulai dari ringkasan, statemen misi, faktor-faktor kunci, analisis pasar, produksi, manajemen dan analisis finansial seperti analisis *break event point* dan lain-lainnya.

Bisnis memerlukan perencanaan untuk mendukung pertumbuhan dan pengembangan dengan prioritas yang jelas. Rencana bisnis membantu pengusaha merancang usaha, memberikan kejelasan tentang ide, potensi pasar, proyeksi keuangan, dan kebutuhan modal, serta menilai kelayakan finansial usaha. Meskipun dapat berubah seiring waktu rencana bisnis tetap berfungsi untuk menjaga fokus pada tujuan. Penyusunan rencana bisnis adalah keterampilan penting dalam kewirausahaan yang melibatkan kompetensi bisnis, manajemen, hubungan manusia, dan sikap kewirausahaan.

Menurut Hendrawan (2022), salah satu metode yang dapat digunakan untuk menyusun rencana bisnis adalah *Business Model Canvas* (BMC). BMC merupakan alat strategis yang digunakan untuk menggambarkan, mengevaluasi, dan mengembangkan model bisnis yang sedang maupun akan dijalankan. Melalui BMC, unsur-unsur utama dalam suatu usaha dapat disajikan secara ringkas dan sistematis sehingga memudahkan proses perencanaan serta pengambilan keputusan (Sagala *et al.*, 2024). Sedangkan menurut Suwarno (2022) menyatakan dengan BMC pemilik usaha dapat menyederhanakan konsep bisnis yang rumit menjadi lebih mudah dipahami dengan merangkumnya dalam satu lembar kanvas yang memuat rencana bisnis yang terdiri dari sembilan elemen kunci yang saling terintegrasi. Model bisnis ini dijelaskan melalui sembilan elemen dasar yang meliputi:

- 1) Segmen Pelanggan (*Customer Segments*): Menentukan siapa saja target pasar.

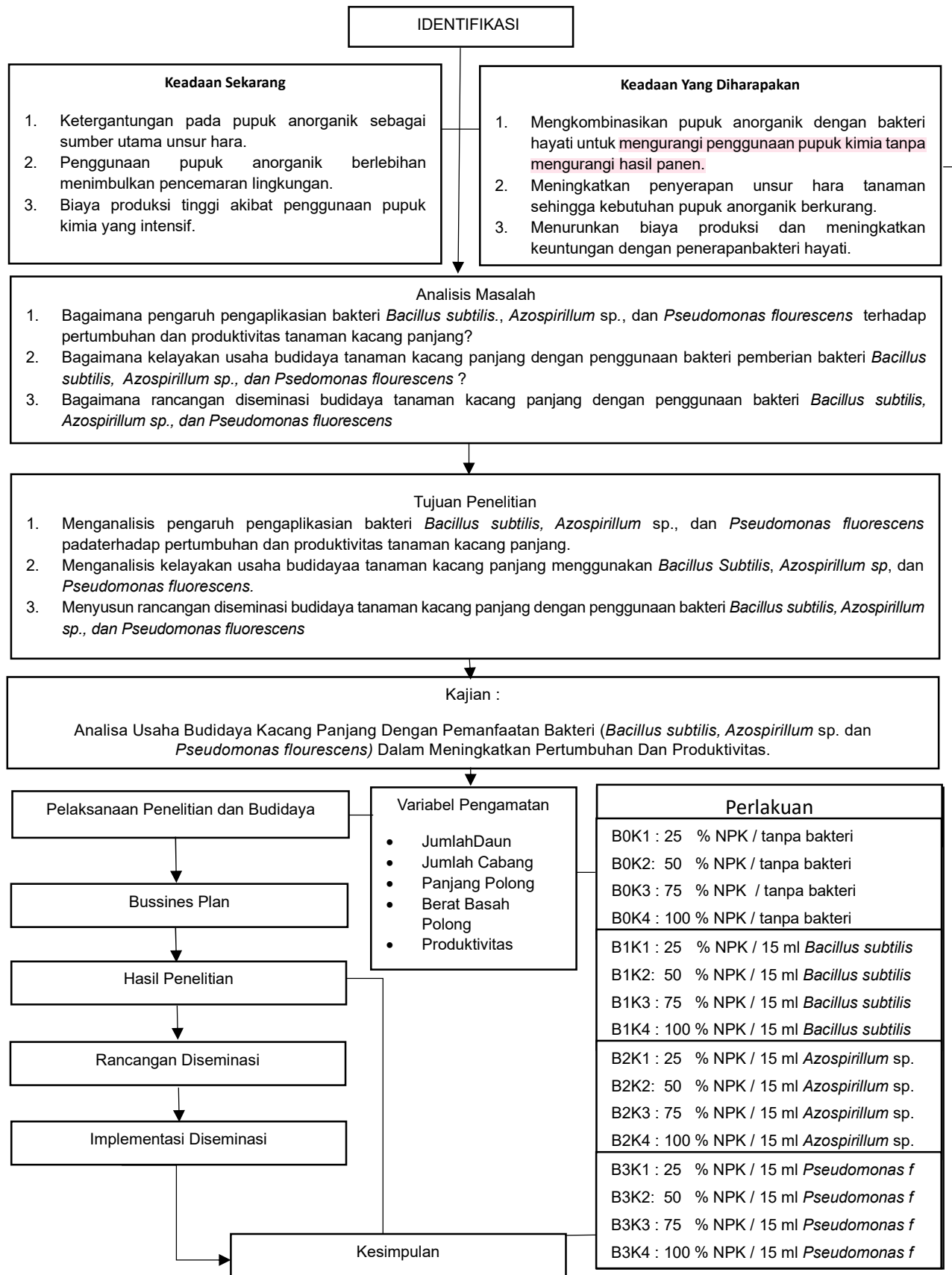
- 2) **Proposisi Nilai (*Value Propositions*)**: Menyusun nilai atau manfaat utama yang ditawarkan kepada pelanggan.
- 3) **Saluran (*Channels*)**: Menentukan cara atau saluran yang digunakan untuk mengirimkan produk atau layanan kepada pelanggan.
- 4) **Hubungan Pelanggan (*Customer Relationships*)**: Merencanakan cara untuk membangun dan menjaga hubungan dengan pelanggan.
- 5) **Aliran Pendapatan (*Revenue Streams*)**: Menetapkan sumber pendapatan yang diperoleh dari berbagai segmen pelanggan.
- 6) **Sumber Daya Utama (*Key Resources*)**: Menyusun sumber daya yang diperlukan untuk menciptakan nilai bagi pelanggan.
- 7) **Aktivitas Kunci (*Key Activities*)**: Menentukan aktivitas yang penting untuk menjalankan bisnis dan menciptakan proposisi nilai.
- 8) **Kemitraan Utama (*Key Partnerships*)**: Bekerja sama untuk mendukung bisnis.
- 9) **Struktur Biaya (*Cost Structure*)**: Menyusun biaya-biaya utama yang harus dikeluarkan dalam menjalankan bisnis.

2.2.7 Rancangan Diseminasi

Menurut Saleh *et al.* (2022) menjelaskan bahwa diseminasi merupakan proses penyebarluasan inovasi yang dilakukan secara terencana dan terarah agar dapat dipahami serta dimanfaatkan oleh masyarakat. Berdasarkan Permentan No. 20 Tahun 2008, diseminasi mencakup penyampaian teknologi serta hasil penelitian dan pengkajian pertanian kepada khalayak. Dalam penyuluhan pertanian kegiatan ini bertujuan meningkatkan pengetahuan petani mengenai teknologi dan budidaya kacang panjang.

Menurut Romadi *et al.* (2021.) menjelaskan bahwa diseminasi lebih menekankan pada proses penyebaran informasi kepada sasaran, sedangkan penyuluhan tidak hanya menyampaikan informasi tetapi juga mencakup proses pembelajaran dan pendampingan agar petani mampu memahami, menilai, serta menerapkan inovasi sesuai dengan kondisi dan kebutuhannya. Sedangkan Regina *et al.* (2023), menambahkan bahwa penyuluhan merupakan bagian dari ilmu sosial yang mengkaji proses perubahan pada individu dan masyarakat untuk mendorong perubahan perilaku ke arah yang lebih baik serta meningkatkan kesejahteraan petani.

2.3 Kerangka Alur Berfikir



BAB III METODE PELAKSANAAN

3.1 Pendekatan Umum

Pengembangan inovasi pertanian dalam penelitian ini disusun berdasarkan permasalahan yang ditemukan di lapangan, terutama kecenderungan menurunnya hasil tanaman kacang panjang. Penurunan tersebut diduga berkaitan dengan penggunaan pupuk anorganik secara terus-menerus dan tidak berimbang, yang dalam jangka panjang dapat menurunkan kualitas tanah, mengganggu keseimbangan unsur hara, serta mengurangi kesuburan tanah. Penggunaan pupuk yang kurang terkendali juga dapat mengganggu keseimbangan mikroorganisme tanah serta mengurangi efisiensi penyerapan unsur hara oleh tanaman. Di sisi lain, kebutuhan masyarakat terhadap kacang panjang terus meningkat seiring dengan tingginya tingkat konsumsi. Oleh karena itu, diperlukan teknologi budidaya yang mampu meningkatkan produktivitas tanaman sekaligus menjaga kondisi tanah secara berkelanjutan.

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode eksperimen yang disusun menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) faktorial. Faktor pertama adalah jenis bakteri yang terdiri atas tanpa bakteri, *Bacillus subtilis*, *Azospirillum* sp., dan *Pseudomonas fluorescens*. Faktor kedua adalah konsentrasi pupuk NPK 16-16-16, yaitu 25%, 50%, 75%, dan 100%. Setiap kombinasi perlakuan ditempatkan secara acak pada setiap kelompok atau ulangan untuk mengurangi pengaruh keragaman kondisi lingkungan. Pengamatan dilakukan terhadap parameter pertumbuhan dan hasil tanaman, kemudian data dianalisis secara statistik untuk mengetahui pengaruh jenis bakteri, konsentrasi NPK, serta interaksi antara kedua faktor tersebut.

Hasil penelitian selanjutnya dianalisis dari aspek kelayakan finansial untuk mengetahui biaya produksi, penerimaan, pendapatan, serta tingkat keuntungan usaha tani. Analisis ini dilakukan untuk memastikan bahwa hasil yang didapat tidak meningkat secara analisis statistik saja, tetapi juga layak diterapkan secara ekonomi. Hasil penelitian kemudian digunakan sebagai dasar dalam menyusun model wirausahatani berkelanjutan berbasis bioinovasi. Hasil tersebut direncanakan untuk disebarluaskan melalui kegiatan diseminasi.

3.2 Metode Penelitian

Metode kuantitatif eksperimen dalam penelitian pertanian merupakan pendekatan ilmiah yang digunakan untuk menguji pengaruh perlakuan tertentu

7 terhadap respon tanaman secara terukur dan objektif. Dalam metode ini peneliti memberikan perlakuan yang berbeda, seperti penggunaan pupuk, mikroorganisme, atau kombinasi teknologi budidaya, kemudian mengamati perubahan pada variabel pertumbuhan dan hasil tanaman. Data yang diperoleh berupa data kuantitatif antara lain Jumlah daun, Jumlah Cabang, Panjang Polong, dan berat basah polong, yang dianalisis secara statistik untuk mengetahui hubungan sebab-akibat serta pengaruh nyata antar perlakuan. Pelaksanaan penelitian eksperimen lapang dilakukan dengan menggunakan rancangan percobaan yang terencana, meliputi pengaturan perlakuan, ulangan, dan pengendalian kondisi lingkungan guna meningkatkan ketelitian dan keandalan hasil penelitian.

321 Berdasarkan pendekatan tersebut, penelitian ini menggunakan metode kuantitatif eksperimen dengan menerapkan 16 perlakuan berupa perbedaan jenis bakteri dan dosis pada tanaman kacang panjang untuk mengkaji pengaruh sebab-akibat antara variabel independen dan variabel dependen. Perlakuan terbaik yang diperoleh dari hasil analisis statistik selanjutnya dijadikan sebagai bahan diseminasi kepada petani. Melalui penerapan metode eksperimen ini diharapkan dapat dihasilkan rekomendasi teknologi budidaya yang aplikatif dan berkelanjutan.

3.2.1 Lokasi dan Waktu

170 Penelitian ini dilaksanakan di lahan Politeknik Pembangunan Pertanian Malang yang berlokasi di Desa Bedali, Kecamatan Lawang, Kabupaten Malang. Wilayah Kecamatan Lawang berada pada kawasan dataran tinggi dengan ketinggian sekitar 485-560 MDPL dan suhu udara berkisar antara 22-32°C. Kegiatan penelitian dilaksanakan selama satu periode tanam kacang panjang, yaitu pada Januari hingga Mei 2026. Selanjutnya, pada Juni 2026 dilakukan kegiatan diseminasi hasil penelitian kepada anggota Kelompok Tani Sari Agung 1 yang sebelumnya diuji Validitas dikelompok tani Sari Agung 3 Desa Pujon Kidul, Kecamatan Pujon.

3.2.2 Desain Penelitian

8 Rancangan Acak Kelompok Faktorial (RAK Faktorial) merupakan desain percobaan yang mengombinasikan prinsip Rancangan Acak Kelompok dengan rancangan faktorial, sehingga memungkinkan peneliti mengkaji pengaruh dua atau lebih faktor perlakuan secara simultan dengan tetap mengendalikan keragaman lingkungan melalui pengelompokan (Nely, 2019). Rancangan ini dipilih karena

kondisi lingkungan percobaan bersifat heterogen, seperti adanya perbedaan kesuburan tanah dan kondisi pertumbuhan tanaman pada setiap petak percobaan.

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok Faktorial dengan dua faktor perlakuan. Faktor pertama adalah dosis pupuk NPK (K) yang terdiri atas empat taraf, yaitu K1 = 25%, K2 = 50%, K3 = 75%, dan K4 = 100%. Faktor kedua adalah jenis bakteri (B) yang terdiri atas empat taraf, yaitu B0 = tanpa bakteri (kontrol), B1 = *Bacillus subtilis*, B2 = *Azospirillum* sp., dan B3 = *Pseudomonas fluorescens*. Kombinasi kedua faktor tersebut menghasilkan 16 perlakuan yang masing-masing diulang sebanyak tiga kali, sehingga terdapat 48 satuan percobaan. Pengelompokan dilakukan berdasarkan kondisi pertumbuhan tanaman kacang panjang pada setiap petak percobaan. Perlakuan dan ulangan yang digunakan dalam penelitian disajikan pada Tabel 1 sebagai berikut.

Tabel 1. Kode Kombinasi Perlakuan Bakteri dan Konsentrasi

Kode	Bakteri	Kode	Konsentrasi
B0	Tanpa bakteri	K1	25%
B0	Tanpa bakteri	K2	50%
B0	Tanpa bakteri	K3	75%
B0	Tanpa bakteri	K4	100%
B1	<i>Bacillus subtilis</i>	K1	25%
B1	<i>Bacillus subtilis</i>	K2	50%
B1	<i>Bacillus subtilis</i>	K3	75%
B1	<i>Bacillus subtilis</i>	K4	100%
B2	<i>Azospirillum</i> sp.	K1	25%
B2	<i>Azospirillum</i> sp.	K2	50%
B2	<i>Azospirillum</i> sp.	K3	75%
B2	<i>Azospirillum</i> sp.	K4	100%
B3	<i>Pseudomonas fluorescens</i>	K1	25%
B3	<i>Pseudomonas fluorescens</i>	K2	50%
B3	<i>Pseudomonas fluorescens</i>	K3	75%
B3	<i>Pseudomonas fluorescens</i>	K4	100%

Keterangan : faktor bakteri diberi singkatan (B) sedangkan konsentrasi diberi singkatan (K).

Berdasarkan Tabel 1, penelitian ini terdiri atas 16 kombinasi perlakuan, yaitu B0K1, B0K2, B0K3, B0K4, B1K1, B1K2, B1K3, B1K4, B2K1, B2K2, B2K3, B2K4, B3K1, B3K2, B3K3, dan B3K4. Setiap kombinasi perlakuan diberikan sejumlah ulangan untuk meningkatkan ketelitian hasil penelitian. Pengulangan juga bertujuan untuk mengurangi pengaruh keragaman yang berasal dari kondisi lingkungan atau faktor lain di luar perlakuan. Dengan adanya ulangan, hasil percobaan diharapkan lebih mewakili kondisi sebenarnya sehingga kesimpulan yang diperoleh memiliki cakupan yang lebih luas. Jumlah ulangan dalam penelitian ini ditentukan menggunakan rumus sebagai berikut:

Keterangan:

T = Jumlah Perlakuan

N = jumlah ulangan

Maka $= (n-1) > 15$

$= 16 (n-1) > 15$

$= 16n - 16 > 15$

$= 16n > 15 + 16$

$= n > 31/16$

$= n > 1,9$

Berdasarkan hasil perhitungan, jumlah ulangan minimum yang diperoleh adalah 1,9 dan dibulatkan menjadi dua ulangan, sehingga diperlukan 32 petak percobaan. Namun, untuk meningkatkan ketelitian dan mengurangi ketimpangan data, jumlah ulangan ditambah menjadi tiga ulangan dengan total 48 petak percobaan. Penambahan ulangan tersebut bertujuan agar data yang diperoleh lebih stabil, representatif, dan mampu menggambarkan keragaman yang terjadi selama penelitian. Setiap petak percobaan berukuran 100×160 cm dengan jarak tanam 40×60 cm serta terdiri atas delapan tanaman kacang panjang. Dengan demikian, jumlah keseluruhan tanaman yang digunakan dalam penelitian ini adalah 384 tanaman. Susunan perlakuan dan ulangan secara lengkap disajikan pada gambar 4 denah rancangan percobaan berikut :



Gambar 4. Pengacakan Plot

Pendekatan usaha dalam penelitian ini menggunakan studi kelayakan finansial untuk menilai kelayakan budidaya kacang panjang (*Vigna unguiculata*) dengan pemanfaatan *Bacillus subtilis*, *Azospirillum* sp., dan *Pseudomonas*

fluorescens. Analisis dilakukan dengan mempertimbangkan aspek finansial, teknis, sosial, dan lingkungan agar usaha yang dikembangkan tidak hanya menguntungkan, tetapi juga berkelanjutan. Indikator yang dianalisis meliputi penerimaan, pendapatan, harga pokok produk, titik impas atau BEP, R/C ratio, dan B/C ratio. Hasil analisis ini digunakan sebagai dasar untuk menentukan tingkat efisiensi biaya, keuntungan, serta kelayakan penerapan bakteri dalam usaha tani kacang panjang.

3.2.3 Jenis dan Sumber Data

A. Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif eksperimen untuk mengetahui pengaruh jenis bakteri dan dosis pupuk terhadap pertumbuhan serta produktivitas kacang panjang. Penelitian ini terdiri atas 16 perlakuan yang dianalisis menggunakan data numerik dan uji statistik.

B. Sumber Data

a) Data Primer

Menurut Haifa *et al.* (2025) menyatakan data primer merupakan data yang diperoleh secara langsung oleh peneliti melalui kegiatan pengumpulan data di lapangan. Data primer dalam penelitian ini diperoleh melalui observasi, pengamatan secara langsung, dan pelaksanaan percobaan di lapangan. Data yang dihimpun mencakup parameter pertumbuhan dan hasil tanaman kacang panjang, yaitu jumlah daun, jumlah cabang, panjang polong, serta berat basah polong. Seluruh data tersebut digunakan untuk mengevaluasi pengaruh perlakuan terhadap pertumbuhan dan produktivitas tanaman kacang panjang.

b) Data Sekunder

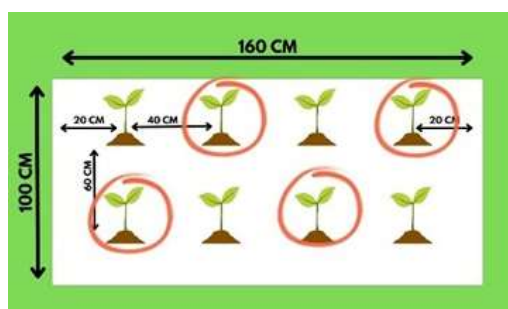
Data sekunder merupakan data yang diperoleh secara tidak langsung melalui dokumen, publikasi, atau sumber lain yang relevan (Sugiyono, 2023). Data sekunder pada penelitian ini didapatkan melalui studi literatur seperti jurnal, buku, skripsi, artikel yang membahas mengenai budidaya tanaman kacang panjang dan bakteri *Bacillus subtilis*, *Azospirillum* sp. dan *Pseudomonas fluorescens*. Data ini akan digunakan sebagai penguat terhadap pernyataan yang dinyatakan oleh penulis.

3.2.4 Instrumen Penelitian

Pengambilan sampel dilakukan pada setiap petak perlakuan yang terdapat dalam masing-masing ulangan. Setiap petak terdiri atas delapan tanaman, kemudian dipilih 4 tanaman sampel yang dianggap telah mewakili kondisi tanaman dalam plot tersebut. Dengan jumlah 48 plot, total tanaman sampel yang diamati

adalah 192 tanaman. Jumlah sampel pada setiap petak dibuat sama untuk menjaga konsistensi dan keseragaman data penelitian.

Penentuan tanaman sampel dilakukan secara sistematis menggunakan pola grid. Pola tersebut bertujuan agar sampel tersebar secara merata pada setiap bagian petak sehingga data yang diperoleh lebih representatif dan mengurangi kemungkinan terjadinya bias. Setiap titik sampel ditentukan dengan jarak yang sama agar seluruh bagian petak memiliki peluang yang seimbang untuk terwakili dalam pengamatan.



Gambar 5. Pengambilan Sampel Tanaman

Pengamatan tanaman kacang panjang dilakukan sejak fase pertumbuhan hingga tahap perhitungan produktivitas. Parameter yang diamati dalam penelitian ini disajikan secara rinci pada Tabel 2 :

Tabel 2. Parameter Pengamatan Tanaman Kacang Panjang

No.	Parameter Tanaman	Cara Pengamatan	Alat ukur	Satuan	Waktu
1.	Jumlah Daun	Daun yang dihitung adalah daun majemuk, di mana satu daun terdiri atas tiga anak daun dan dihitung sebagai satu helai daun.	Hand Counter	Helai	Pengukuran dilakukan 7 hari sekali dimulai dari umur 7 hst.
2.	Banyak Cabang	Jumlah cabang per tanaman dihitung dengan menghitung seluruh cabang yang muncul dari batang utama pada masing-masing tanaman	Hand Counter	Cabang	Diamati setiap tujuh hari sekali sejak cabang pertama muncul hingga akhir periode pengamatan.
3.	Panjang Polong	Pengukuran panjang kacang panjang diukur menggunakan roll	Roll Meter	Cm	Diukur pada setiap waktu panen setelah polong dipetik
4.	Berat Basah Polong	Menimbang berat basah perpolong	Timbangan	Gram	Ditimbang pada setiap waktu panen setelah polong dipetik.

No.	Parameter Tanaman	Cara Pengamatan	Alat ukur	Satuan	Waktu
5.	Produktivitas	Menjumlahkan total berat basah polong/ tanaman	Hasil data total berat basah polong	Kg	Dihitung setelah seluruh kegiatan panen selesai berdasarkan akumulasi berat basah polong dari setiap plot.

Sumber : Data diolah 2026

3.2.5 Analisis Data

Data setiap parameter dikumpulkan dalam lembar pengamatan, kemudian dihitung nilai rata-ratanya. Selanjutnya dianalisis statistik menggunakan *two way anova* dengan menggunakan aplikasi SPSS, apabila terdapat perbedaan yang signifikan maka dilanjutkan dengan uji Tukey (*Tukey's Honest Significant Difference*) pada taraf signifikan 5% (Agbangba *et al.*, 2024).

ANOVA merupakan metode statistik yang digunakan untuk menguji perbedaan rata-rata antara dua atau lebih kelompok perlakuan dengan membandingkan keragaman antarperlakuan dan di dalam kelompok perlakuan (Lestari *et al.*, 2025). Keputusan dapat ditentukan berdasarkan nilai signifikansi atau perbandingan F-hitung dengan F-tabel. Apabila nilai signifikansi kurang dari 0,05 atau F-hitung lebih besar daripada F-tabel, maka H_0 ditolak dan perlakuan dinyatakan berpengaruh nyata. Sebaliknya, apabila nilai signifikansi lebih dari atau sama dengan 0,05, maka H_0 diterima (Otremales *et al.*, 2024).

Two-Way ANOVA digunakan untuk menguji pengaruh dua faktor bebas sekaligus serta interaksi antara kedua faktor tersebut terhadap variabel yang diamati. Sebelum analisis dilakukan, data harus memenuhi asumsi normalitas dan homogenitas agar hasil pengujian dapat dianggap valid (Hardiyanti dan Pulansari, 2025).

Uji Tukey HSD atau BNJ merupakan uji lanjut yang digunakan apabila ANOVA menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan. Uji ini bertujuan untuk mengetahui pasangan kelompok perlakuan yang memiliki perbedaan rata-rata secara nyata dengan membandingkan selisih rata-rata setiap kelompok terhadap nilai kritis HSD (Bunga *et al.*, 2021). Uji Tukey HSD sesuai digunakan untuk membandingkan beberapa kelompok perlakuan dengan jumlah sampel yang sama atau relatif seimbang. Apabila selisih rata-rata antarkelompok melebihi nilai HSD atau memiliki nilai signifikansi kurang dari 0,05, maka kedua kelompok tersebut dinyatakan berbeda nyata secara statistik (Lestari *et al.*, 2025).

3.2.6 Analisis Kelayakan

A. Biaya Produksi (*Total Cost*)

Biaya produksi adalah biaya yang dikeluarkan dalam proses produksi atau semua pengeluaran yang ditanggung oleh produsen untuk menghasilkan barang atau jasa (Hakim *et al.*, 2018). Dalam analisis kelayakan usaha pada budidaya kacang panjang, biaya produksi menjadi faktor utama dalam menentukan kelangsungan dan keuntungan usaha. Analisis biaya mencakup penggabungan antara biaya tetap dan biaya variabel untuk menghasilkan total biaya. Biaya produksi terdiri dari dua jenis, yaitu biaya tetap (*Fixed Cost*) yang besarnya tidak terpengaruh oleh jumlah produksi dan biaya variabel (*Variable Cost*) yang jumlahnya berubah sesuai dengan jumlah produksi yang dicapai. Dengan rumus perhitungannya berikut :

Biaya produksi = Biaya tetap + Biaya tidak tetap

B. Harga Pokok Produksi (HPP)

HPP (Harga Pokok Produksi) merupakan keseluruhan biaya yang dikeluarkan untuk memproduksi suatu barang hingga siap dipasarkan. Nilai HPP membantu mengetahui biaya per unit serta menetapkan harga jual yang tepat, dan menghitung besarnya laba. Berikut rumus menghitung HPP :

$$\text{Total biaya produksi} = \frac{\text{Total biaya produksi}}{\text{Jumlah produk yang diproduksi}}$$

C. Penerimaan (*Revenue*)

Menurut Saikhu (2017), penerimaan merupakan hasil dari perkalian antara harga satuan dengan total output yang dihasilkan. Dalam konteks ekonomi perusahaan, penerimaan menggambarkan seluruh pendapatan kotor yang diperoleh dari kegiatan utama, seperti penjualan barang atau jasa dalam suatu periode tertentu. Pada usaha budidaya, penerimaan dapat diartikan sebagai hasil kali antara jumlah panen dengan harga jual yang berlaku. Secara umum, penerimaan menunjukkan total pendapatan yang diperoleh sebelum dikurangi biaya produksi maupun pengeluaran lainnya. Berikut adalah rumus menghitung penerimaan :

$$TR = P \times Q$$

$$\text{Penerimaan total} = \text{Harga jual per unit} \times \text{Jumlah unit terjual}$$

Keterangan :

TR = Total Revenue (Penerimaan Total)

P = Harga per unit barang

Q = Jumlah barang yang terjual

D. Pendapatan (*Income*)

Menurut Aadilah *et al.* (2024), pendapatan merupakan hasil yang diperoleh dari kegiatan produksi, yang dihitung sebagai selisih antara nilai penerimaan dan total biaya yang dikeluarkan dalam satu periode produksi. Pendapatan usaha mencerminkan sejumlah penerimaan yang diterima oleh individu atau perusahaan sebagai hasil dari aktivitas usaha setelah memperhitungkan seluruh biaya produksi dan operasional. Besarnya pendapatan ini selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam perhitungan laba atau keuntungan usaha. Adapun rumus untuk menghitung pendapatan usaha adalah sebagai berikut:

Pendapatan = Harga x Jumlah barang

Dan berikut adalah rumus perhitungan pendapatan bersih dalam suatu usaha :

Pendapatan bersih = Pendapatan total - Total biaya produksi

Keterangan :

Biaya produksi : Biaya yang digunakan (biaya bahan baku, tenaga kerja, pemasaran, overhead, dll) dalam suatu produksi.

E. BEP (*Break Event Point*)

Menurut Fauzi *et al.* (2024) menjelaskan bahwa Break Even Point (BEP) merupakan kondisi ketika total penerimaan usaha sama dengan total biaya yang dikeluarkan, sehingga usaha berada pada titik impas dengan laba bernilai nol. Pada titik ini, usaha tidak mengalami keuntungan maupun kerugian, dan sering dikenal dalam praktik sebagai kondisi "balik modal". Analisis BEP menjadi komponen penting dalam perencanaan usaha karena digunakan untuk mengetahui tingkat penjualan atau produksi minimum yang harus dicapai agar usaha tidak mengalami kerugian.

Rumus dalam menghitung BEP adalah :

A. BEP Produk atau Unit, yaitu jumlah unit produk yang harus dijual oleh perusahaan untuk mencapai titik impas, di mana total pendapatan dari penjualan produk sama dengan total biaya yang dikeluarkan untuk memproduksi dan mendistribusikan produk, Berikut rumusnya adalah :

$$\text{BEP (unit)} = \frac{\text{Biaya Tetap}}{\text{Harga jual per unit} - \text{Biaya variable per unit}}$$

B. BEP Harga atau Rupiah adalah harga minimum per unit yang harus ditetapkan agar total pendapatan sama dengan total biaya pada titik ini usaha belum untung maupun rugi. Harga di atas nilai ini barulah menghasilkan keuntungan. Berikut rumusnya adalah :

$$\text{BEP (rupiah)} = \frac{\text{Biaya Tetap}}{1 - \frac{\text{Biaya Variabel}}{\text{Harga jual}}}$$

F. R/C Rasio (*Revenue-Cost Ratio*)

Analisis R/C Rasio adalah alat analisis yang dapat digunakan untuk menentukan kelayakan usaha dengan membandingkan total penerimaan (*revenue*) dengan total biaya (*cost*). Untuk mengetahui apakah sebuah usaha layak untuk dijalankan maka nilai R/C harus lebih dari satu. Apabila nilai R/C sama dengan satu atau kurang dari satu maka usaha tersebut dapat dikatakan merugi atau hanya kembali modal (Agung *et al.*, 2025). Berikut rumusnya adalah :

$$\text{R/C} = \frac{\text{TC}}{\text{TR}}$$

Keterangan :

R/C = perbandingan penerimaan dan biaya

TR = total penerimaan (*total revenue*)

TC = total biaya produksi (*total cost*)

G. B/C Rasio (*Benefit -Cost Ratio*)

B/C Ratio (*Benefit-Cost Ratio*) merupakan ukuran yang digunakan untuk menilai kelayakan suatu usaha dengan membandingkan pendapatan yang diterima dengan total biaya produksi yang dikeluarkan. Jika nilai B/C Ratio lebih dari satu usaha dianggap menguntungkan jika sama dengan satu berarti impas dan jika kurang dari satu menunjukkan usaha merugi. Rasio ini menjadi alat penting dalam analisis usaha tani karena membantu menentukan apakah biaya yang dikeluarkan sebanding dengan manfaat yang diperoleh. Secara sederhana metode ini menilai suatu kegiatan atau proyek dengan membandingkan besarnya penerimaan (*benefit*) terhadap biaya (*cost*), termasuk mempertimbangkan tingkat suku bunga dalam perhitungannya (Trisna *et al.*, 2022). Berikut rumusnya adalah :

$$\text{Benefit-Cost Ratio} = \frac{\text{Total benefit (manfaat)}}{\text{Total Cost (biaya)}}$$

Keterangan :

B/C ratio = perbandingan antara manfaat dan biaya usaha

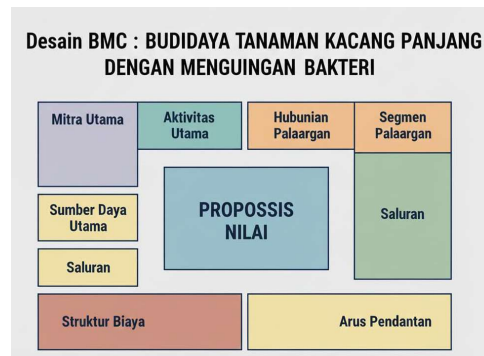
Total Benefit = jumlah keseluruhan manfaat atau keuntungan yang diperoleh

Total Cost = jumlah keseluruhan biaya yang dikeluarkan selama kegiatan usaha

3.3 Metode Penyusunan Desain Usaha dan Diseminasi

Desain usaha dalam penelitian ini disusun menggunakan pendekatan *Business Model Canvas* (BMC) yang mencakup sembilan elemen utama untuk

menggambarkan model usaha budidaya kacang panjang secara terstruktur (Setiawan, 2021). Hasil BMC selanjutnya menjadi dasar penyusunan *Business Plan* yang meliputi aspek pasar, produksi, manajemen, dan keuangan. Penelitian ini juga dilengkapi dengan rancangan diseminasi melalui penyuluhan, diskusi, demonstrasi cara, dan media pendukung agar pemanfaatan *Bacillus subtilis*, *Azospirillum* sp., dan *Pseudomonas fluorescens* dapat dipahami serta diterapkan oleh petani. Desain BMC penelitian disajikan pada Gambar 6 :



Gambar 6. Desain Business Model Canvas

Berdasarkan Gambar 6, desain *Business Model Canvas* usaha budidaya kacang panjang dengan pemanfaatan bakteri disusun melalui sembilan elemen yang saling berkaitan. Setiap elemen menggambarkan bagian penting dalam perencanaan, pelaksanaan, dan pengembangan usaha agar dapat berjalan secara terarah, efisien, serta sesuai dengan kebutuhan pasar. Penjelasan masing-masing elemen BMC disajikan sebagai berikut :

a. Segmen Pelanggan (Customer Segments)

Segmen pelanggan menjelaskan siapa saja target pelanggan atau konsumen yang menjadi sasaran utama dalam kegiatan usaha. Elemen ini penting karena setiap usaha perlu mengetahui kelompok pelanggan yang akan dilayani agar produk atau jasa yang ditawarkan sesuai dengan kebutuhan pasar (Baharudin *et al.*, 2022).

b. Proposisi Nilai (Value Propositions)

Proposisi nilai menjelaskan manfaat, keunggulan, atau nilai utama yang ditawarkan kepada pelanggan. Nilai tersebut dapat berupa kualitas produk, harga yang sesuai, keunikan produk, kemudahan akses, manfaat fungsional, maupun keunggulan lain yang membedakan usaha dari pesaing (Widyarti *et al.*, 2023).

c. Saluran Distribusi (Channels)

Saluran distribusi menggambarkan cara usaha menyampaikan produk atau jasa kepada pelanggan. Saluran ini dapat dilakukan secara langsung maupun

tidak langsung, misalnya melalui penjualan langsung, pasar, pengepul, distributor, media sosial, atau mitra pemasaran (Sukarno dan Ahsan, 2021).

d. Hubungan Pelanggan (*Customer Relationships*)

Hubungan pelanggan menjelaskan cara usaha membangun, menjaga, dan mempertahankan hubungan dengan konsumen. Hubungan yang baik dapat dilakukan melalui pelayanan yang ramah, komunikasi yang berkelanjutan, pemberian informasi produk, menjaga kualitas, serta menanggapi kebutuhan dan keluhan pelanggan (Sukarno dan Ahsan, 2021).

e. Aliran Pendapatan (*Revenue Streams*)

Aliran pendapatan menunjukkan sumber pemasukan yang diperoleh dari kegiatan usaha. Pendapatan dapat berasal dari penjualan produk utama, produk sampingan, jasa, kerja sama usaha, maupun sumber lain yang memberikan nilai ekonomi bagi pelaku usaha (Riskha *et al.*, 2025).

f. Sumber Daya Utama (*Key Resources*)

Sumber daya utama merupakan aset penting yang dibutuhkan untuk menjalankan usaha. Sumber daya ini dapat berupa lahan, modal, tenaga kerja, bahan baku, alat produksi, teknologi, pengetahuan, jaringan pemasaran, serta sarana dan prasarana pendukung lainnya (Riskha *et al.*, 2025).

g. Aktivitas Utama (*Key Activities*)

Aktivitas utama menjelaskan kegiatan pokok yang harus dilakukan agar usaha dapat berjalan dengan baik. Kegiatan ini dapat meliputi proses produksi, pengolahan, pemasaran, distribusi, pengelolaan keuangan, pelayanan pelanggan, serta pengawasan kualitas produk (Sukendri, 2024).

h. Kemitraan Utama (*Key Partners*)

Menurut Nur *et al* (2022) menjelaskan bahwa kemitraan utama menunjukkan pihak-pihak yang mendukung kelancaran usaha. Mitra tersebut dapat berupa pemasok bahan baku, petani mitra, distributor, pengepul, lembaga pendamping, pemerintah, penyuluh, lembaga keuangan, maupun pihak lain yang memiliki peran dalam mendukung kegiatan usaha.

i. Struktur Biaya (*Cost Structure*)

Struktur biaya menggambarkan seluruh biaya yang dikeluarkan dalam menjalankan usaha. Biaya tersebut dapat meliputi biaya produksi, biaya tenaga kerja, biaya bahan baku, biaya transportasi, biaya pemasaran, biaya perawatan alat, serta biaya operasional lainnya (Sukendri, 2024).

3.3.1 Perencanaan Modal Usaha

Usaha ini berfokus pada budidaya kacang panjang berbasis bakteri *Bacillus subtilis*, *Azospirillum sp.*, dan *Pseudomonas fluorescens* bertujuan meningkatkan hasil panen dan mengurangi penggunaan pupuk kimia. Konsep usaha ini pertanian ramah lingkungan dengan efisiensi biaya hingga dapat meningkatkan kelayakan ekonomi budidaya kacang panjang. Visi usaha adalah mewujudkan budidaya kacang panjang yang produktif dan berkelanjutan dengan misi menerapkan teknologi mikroba bermanfaat guna menghasilkan produk berkualitas tinggi serta mendukung kelestarian lingkungan. Adapaun rancangan anggaran biaya usaha tani budidaya kacang panjang dengan pemanfaatan bakteri yang dihitung pada Tabel 3 berikut:

Tabel 3. Rancangan Anggran Biaya

Rancangan Anggaran Biaya Tetap					
No.	Alat	Volume	Satuan	Harga (Rp)	Total (Rp)
1.	Ajir	384	Pcs	300	115.200
2.	Sprayer	1	Pcs	400.000	400.000
3.	Mulsa	2	Kg	20.000	40.000
Total					555.200
Rancangan Anggaran Biaya Variabel					
No.	Alat	Volume	Satuan	Harga (Rp)	Total (Rp)
1.	Benih Kacang Panjang	2	Pcs	20.000	40.000
2.	Isolat Bakteri <i>Bacillus</i>	1	Pcs	50.000	50.000
3.	Isolat Bakteri <i>Azospirillum</i>	1	Pcs	50.000	50.000
4.	Isolat Bakteri <i>Pseudomonas</i>	1	Pcs	50.000	50.000
5.	NPK 16-16-16	16.8	Pcs	13.000	218.400
6.	Naoh	1	Pcs	5.000	5.000
7.	Sp 150 Gram	1	Pcs	3000	3000
8.	Tepung Tapioka 150 Gram	1	Pcs	3000	3000
9.	Fermipan	6	Pcs	2000	12.000
10.	Media PDA	3	Gram	5.000	15.000
11.	Air Kelapa	45	Liter	45.000	45.000
12.	Aquades	1	Liter	12.000	12.000
13.	Pestisida dan Fungisida	1	Paket	50.000	50.000
Total					Rp. 508.400
Total Keseluruhan					Rp. 1.063.600

Sumber : Data diolah 2026

Proyeksi biaya produksi budidaya kacang panjang berbasis bakteri terdiri atas biaya tetap dan biaya variabel. Melalui penerapan pengelolaan yang efisien, produksi yang dihasilkan diharapkan mampu menutup seluruh biaya yang dikeluarkan serta memberikan keuntungan, baik pada kondisi harga jual rendah maupun tinggi. Oleh karena itu, usaha budidaya ini dinilai layak untuk dikembangkan secara berkelanjutan. Perhitungan biaya didasarkan pada harga

pupuk NPK 16-16-16 sebesar Rp.13.000 per kilogram dan pupuk hayati sebesar Rp.2.700 per liter, yang selanjutnya dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{NPK} = \frac{\text{Total Harga}}{1000}$$

$$= 13.000 : 1000$$

$$= \text{Rp.13 / gram}$$

$$\text{Pupuk Hayati} = \frac{\text{Total Harga}}{1000}$$

$$= 5.445 : 1000$$

$$= \text{Rp.5.45 / ml}$$

Tabel 4. Proyeksi Anggaran Biaya Setiap Perlakuan

Rancangan Anggaran Biaya/ Tanaman				
No.	Perlakuan	NPK*14 (Rp)	Bakteri*7 (Rp)	Total (Rp)
1.	25% + tanpa bakteri	16.25	0	16.25
2.	50% + tanpa bakteri	32.5	0	32,5
3.	75% + tanpa bakteri	49	0	49
4.	100% + tanpa bakteri	65	0	65
5.	25% + bakteri	16.25	572	588.5
6.	50% + bakteri	32.5	572	604.5
7.	75% + bakteri	49	572	621
8.	100% + bakteri	65	572	637

Sumber : Data diolah 2026

Keterangan : Hasil NPK*14 menjelaskan (harga/gram*kebutuhan*14 perlakuan) sedangkan Bakteri*7 menjelaskan (harga/ml*15 ml*7 perlakuan)

3.3.2 Metode Pembuatan dan Pelaksanaan Penelitian

1. Pembuatan Isolat Bakteri

Dalam Kajian ini menggunakan tiga isolat bakteri, yaitu *Bacillus subtilis*, *Azospirillum* sp., dan *Pseudomonas fluorescens*. Isolat bakteri tersebut diperoleh dari Balai Penerapan Modernisasi Pertanian Jawa Timur (BRMP Jawa Timur) dan Laboratorium Pengendalian Organisme Pengganggu Tumbuhan (POPT) Politeknik Pembangunan Pertanian Malang. Isolat selanjutnya digunakan sebagai bahan utama dalam pembuatan pupuk hayati. Alat dan bahan yang diperlukan dalam proses pembuatan pupuk hayati disajikan pada Tabel 5 berikut :

Tabel 5. Alat dan Bahan

Alat	Bahan
Panci Besar	Air Kelapa 16 L
Kompor	Sp 150 Gram
Timbangan Digital	Tepung Tapioka 150 Gram
Gelas Ukur	Fermipan 2 Bungkus
Sendok	Aquades 1 L
Cawan Petri	Naoh 1 Bungkus

Galon
1 Set Fermentor
Panci Kukus
Spatula Kayu

Sumber : Data diolah 2026

Langkah-langkah pembuatan pupuk hayati adalah sebagai berikut:

1. Menyiapkan seluruh alat dan bahan yang akan digunakan dalam proses pembuatan pupuk hayati.
2. Memasukkan air kelapa sebanyak 15 L ke dalam panci.
3. Memanaskan air kelapa hingga mencapai kondisi mendidih.
4. Menimbang bahan SP sebanyak 150 g.
5. Menimbang tepung tapioka sebanyak 150 g.
6. Melarutkan tepung tapioka dan SP menggunakan 1 L air kelapa, kemudian mengaduknya hingga tercampur merata.
7. Memasukkan larutan tepung tapioka dan SP ke dalam air kelapa yang telah mendidih, kemudian mengaduknya hingga homogen.
8. Menambahkan fermipan sebanyak dua bungkus ke dalam larutan, kemudian mengaduknya secara terus-menerus hingga kembali mendidih.
9. Mematikan api setelah larutan mendidih, kemudian mendinginkannya hingga suhu larutan menurun.
10. Mengukur pH larutan. Apabila nilai pH kurang dari 6,5, larutan ditambahkan NaOH secara bertahap hingga mencapai pH 6,5.
11. Membagi larutan yang telah memiliki pH 6,5 ke dalam beberapa galon.
12. Memasukkan galon yang berisi larutan ke dalam panci pengukus, kemudian mengukusnya selama 15 menit.
13. Mengeluarkan galon setelah proses pengukusan selesai, kemudian mendinginkannya hingga dingin. Proses pendinginan dapat dilakukan di dalam ruangan ber-AC agar berlangsung lebih cepat.
14. Menambahkan inokulan bakteri ke dalam masing-masing larutan setelah suhunya benar-benar dingin.
15. Melakukan proses fermentasi menggunakan fermentor selama tujuh hari.

2. Budidaya Tanaman Kacang Panjang

a. Persiapan Benih

Menurut Ode *et al.* (2024), benih merupakan biji terpilih yang dipersiapkan sebagai bahan tanam dalam kegiatan budidaya. Benih yang ditanam akan berkecambah menjadi bibit, kemudian berkembang menjadi tanaman dewasa hingga menghasilkan bunga, buah, atau polong. Persiapan benih kacang panjang

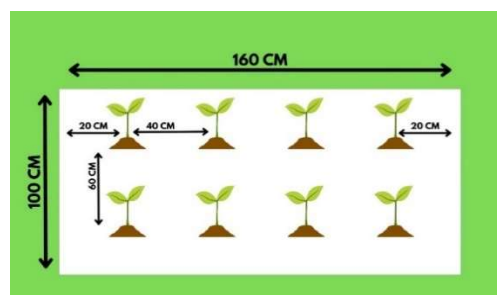
perlu dilakukan dengan baik agar pertumbuhan tanaman berlangsung optimal. Benih yang digunakan dalam penelitian ini adalah varietas Katon Tavi yang memiliki mutu baik dan potensi hasil tinggi. Kualitas benih dapat dilihat dari viabilitas, yaitu kemampuan benih untuk berkecambah dan menghasilkan bibit yang sehat. Selain itu, vigor menunjukkan kekuatan tumbuh serta kemampuan benih beradaptasi terhadap kondisi lingkungan.

b. Pengolahan Lahan

Pengolahan lahan merupakan kegiatan memperbaiki kondisi tanah agar sesuai untuk pertumbuhan tanaman. Proses ini bertujuan memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah serta membantu menjaga kesuburan lahan. Tanah yang diolah dengan baik akan menjadi lebih gembur, memiliki aerasi yang baik, dan mendukung perkembangan akar tanaman (Rizki *et al.*, 2024). Pada budidaya kacang panjang, pengolahan lahan diawali dengan membersihkan gulma dan menggemburkan tanah menggunakan cangkul atau bajak. Selanjutnya, dibuat bedengan dengan lebar 90-100 cm, tinggi 20-30 cm, dan jarak antar bedengan sekitar 30 cm. Setelah itu, bedengan ditutup menggunakan mulsa yang berfungsi menjaga kelembapan dan suhu tanah, menekan pertumbuhan gulma, mengurangi penguapan air, serta melindungi permukaan tanah dari erosi dan percikan air hujan.

c. Penanaman

Menurut Andriani *et al.* (2025), penanaman dimulai dengan menyiram air pada setiap lubang mulsa untuk menggemburkan tanah, sehingga mempermudah proses penanaman. Setelah itu, tugal digunakan untuk membuat lubang tanam dengan kedalaman 3-4 cm dan satu benih ditanam pada setiap lubang. Benih ditanam langsung tanpa melalui proses penyemaian atau perlakuan khusus lainnya. Setelah benih ditanam lubang tersebut ditutup kembali dengan tanah.



Gambar 7. Jarak Tanam Penelitian

Pengaturan jarak tanam yang tepat membantu tanaman memperoleh cahaya, air, dan unsur hara secara optimal sehingga pertumbuhan lebih seragam dan hasil polong meningkat. Jarak tanam 40 × 60 cm dinilai sesuai karena memberikan ruang

tumbuh yang cukup, mengurangi persaingan antar tanaman, serta mempermudah kegiatan pemeliharaan (Elena *et al.*, 2022).

d. Penyulaman

Penyulaman adalah proses penanaman ulang pada tanaman yang gagal tumbuh. Kegiatan ini dilakukan jika ada benih kacang panjang yang mati atau tidak tumbuh karena tidak semua benih yang ditanam dapat tumbuh dengan sempurna akibat berbagai faktor. Oleh karena itu, tanaman yang gagal tumbuh atau mati perlu diganti dengan benih baru. Penyulaman hanya dapat dilakukan pada usia tanaman satu minggu setelah penanaman, yaitu pada umur 7 hari setelah tanam (Agroteknologi dan Petulai, 2022).

e. Pemupukan

Menurut Sawitri dan Wahyudi (2024), pemupukan merupakan bagian penting dalam menjaga kesuburan tanah dan mendukung pertumbuhan tanaman. Pupuk NPK menyediakan unsur nitrogen, fosfor, dan kalium yang mudah diserap oleh akar sehingga mampu meningkatkan pertumbuhan dalam waktu relatif cepat. Namun, penggunaan pupuk anorganik secara berlebihan dapat menyebabkan ketidakseimbangan unsur hara, menurunkan aktivitas mikroorganisme, dan merusak struktur tanah (Tanmenu, 2024).

Pada jarak tanam 40 × 60 cm dengan populasi sekitar 40.000 tanaman per hektare, kebutuhan pupuk NPK 16-16-16 sebesar 200 kg/ha setara dengan 5 g per tanaman (Amalia *et al.*, 2024). Dosis tersebut digunakan sebagai taraf 100%, sedangkan taraf 75%, 50%, dan 25% masing-masing setara dengan 5 g, 3,75 g, 2,5 g, dan 1,25 g per tanaman. Pemberian pupuk dilakukan sesuai dengan dosis pada setiap perlakuan.

Menurut Umami dan Wiharyanti (2025), pupuk hayati dapat diaplikasikan dengan interval 14 hari, sehingga dalam penelitian ini pemberian dilakukan sebanyak 7 kali. Penggunaan *Bacillus subtilis*, *Azospirillum* sp., dan *Pseudomonas fluorescens* berpotensi meningkatkan efisiensi pemupukan melalui perbaikan ketersediaan unsur hara. *Bacillus subtilis* berperan dalam menekan patogen tanah serta mendukung pertumbuhan dan kesehatan perakaran tanaman. *Azospirillum* sp. membantu menambat nitrogen dari udara sehingga unsur tersebut lebih mudah dimanfaatkan oleh tanaman. Sementara itu, *Pseudomonas fluorescens* dapat meningkatkan ketahanan tanaman terhadap cekaman serta mendukung penyerapan unsur hara secara lebih optimal (Rizki *et al.*, 2024).

f. Pemasangan Ajir

Ajir atau lanjaran merupakan alat penopang yang digunakan untuk membantu tanaman kacang panjang tumbuh merambat secara *vertikal*. Penggunaan lanjaran bertujuan untuk meningkatkan efisiensi lahan, memperbaiki sirkulasi udara dan penerimaan cahaya matahari, serta memudahkan pemeliharaan dan panen. Ajir umumnya terbuat dari bilah bambu dengan panjang sekitar ± 140 cm dan dipasang pada saat tanaman berumur sekitar 14 hari setelah tanam atau ketika tanaman mulai membentuk sulur, dengan jarak pemasangan sekitar 5 cm dari lubang tanam (Agroteknologi dan Petulai, 2022).

g. Perambatan

Perambatan merupakan kegiatan pengikatan tanaman kacang panjang pada lanjaran untuk membantu proses perambatannya. Proses perambatan dilakukan 30 hst. Tanaman kacang panjang yang telah tumbuh panjang dan telah muncul sulur akan merambat dan membelit pada lanjaran dengan sendirinya. Namun, jika ada tanaman yang belum merambat dan membelit pada lanjaran maka perlu dibantu untuk melilitkan batang dan sulurnya pada lanjaran (Andriani *et al.*, 2025).

h. Pengairan

Pengelolaan air yang baik berperan penting dalam menunjang pertumbuhan dan produktivitas kacang panjang. Penyiraman dilakukan secara rutin setiap hari agar tanaman tidak mengalami kekeringan, dehidrasi, atau bahkan kematian (Anto *et al.*, 2018). Pengairan tetap dilakukan secara teratur namun dengan volume air yang disesuaikan dengan tingkat kelembapan tanah. Meskipun tanaman kacang panjang mampu tumbuh di lahan kering, kebutuhan airnya tetap harus terpenuhi agar pertumbuhannya optimal. Setelah benih ditanam, penyiraman pertama dilakukan pada sore hari, Penyiraman dilakukan secara rutin setiap pagi atau sore hari menggunakan gembor atau dengan mengalirkan air melalui saluran di sekitar bedengan. Air diberikan secukupnya untuk menjaga kelembapan tanah tanpa menimbulkan genangan yang dapat mengganggu pertumbuhan tanaman.

i. Pengendalian Hama Penyakit

Pengendalian hama dan penyakit pada tanaman kacang panjang dilakukan melalui penyemprotan pestisida sesuai jenis organisme pengganggu yang ditemukan. Pestisida digunakan berdasarkan dosis pada kemasan, kemudian dilarutkan dalam air hingga volume sekitar 16 liter atau disesuaikan dengan kebutuhan. Penyemprotan dilakukan sebanyak dua kali dalam seminggu dengan bahan aktif yang berbeda sesuai sasaran hama.

267 Hama yang sering menyerang tanaman kacang panjang meliputi ulat grayak yang merusak daun, lalat kacang yang menyebabkan daun menguning dan tanaman layu, ulat penggerek polong yang melubangi polong, serta kutu daun yang mengisap cairan tanaman dan dapat menjadi pembawa virus. Penyakit yang umum ditemukan antara lain bercak daun, yang ditandai dengan munculnya bercak kuning dan kerontokan daun, serta layu fusarium yang menyebabkan tulang daun menguning hingga tanaman menjadi layu (Novita *et al.*, 2020).

Keberadaan hama tersebut perlu dikendalikan dengan mempertimbangkan ambang ekonomi. Ambang ekonomi merupakan tingkat populasi atau intensitas serangan hama yang mulai memerlukan tindakan pengendalian agar kerugian hasil tidak melebihi biaya pengendalian. Nilainya berbeda untuk setiap jenis hama karena dipengaruhi oleh fase pertumbuhan tanaman, harga hasil panen, dan biaya pengendalian. Sebagai pedoman, ambang kendali kutu daun (*Aphis craccivora*) sekitar 15-15,75 nimfa per meter baris, sedangkan penggerek polong dikendalikan ketika ditemukan sekitar satu larva per tanaman atau tingkat serangan mencapai 1% pada fase pembentukan kuncup.

j. Panen

Kegiatan panen kacang panjang umumnya dimulai pada usia tanaman 63 hari setelah masa tanam. Waktu panen ini dapat dipengaruhi oleh kondisi musim dimana pada musim hujan proses panen biasanya mengalami keterlambatan karena intensitas fotosintesis menurun. Panen kacang panjang dilakukan ketika polong mencapai ukuran optimal, mudah dipatahkan, dan bijinya tidak menonjol. Waktu ideal untuk memanen adalah pada pagi atau sore hari. Sebaliknya saat musim kemarau panen cenderung lebih cepat karena tanaman memperoleh cahaya matahari yang optimal (April *et al.*, 2025).

3.3.4 Rancangan Diseminasi

a. Tujuan Diseminasi

29 Tujuan diseminasi adalah menyebarluaskan informasi, pengetahuan, atau inovasi secara efektif dan efisien agar dapat dipahami serta dimanfaatkan oleh masyarakat. Kegiatan ini mencakup pengumpulan informasi yang relevan, pemilihan media komunikasi yang tepat, dan penyampaian pesan kepada sasaran yang dituju (Maharani *et al.*, 2023). Diseminasi bertujuan menyampaikan informasi dan inovasi agar mudah dipahami serta diterapkan oleh petani. Dalam kegiatan ini, materi yang disampaikan berupa budidaya kacang panjang dengan memanfaatkan *Bacillus subtilis*, *Azospirillum* sp., dan *Pseudomonas fluorescens* yang

189

dikombinasikan dengan pupuk NPK dosis 25%, 50%, 75%, dan 100%. Agar kegiatan penyuluhan lebih terarah, tujuan dirumuskan berdasarkan prinsip ABCD yang mencakup sasaran, perubahan perilaku, kondisi, dan tingkat keberhasilan.

b. Sasaran Diseminasi

Penetapan sasaran diseminasi dilakukan untuk menentukan pihak yang tepat sebagai penerima informasi berdasarkan kebutuhan dan karakteristiknya (Ahmad *et al.*, 2022). Kelompok Tani Sari Agung 1 yang beranggotakan 30 orang dipilih sebagai sasaran utama karena sebagian anggotanya memiliki pengalaman dalam budidaya kacang panjang. Penetapan tersebut dilakukan melalui koordinasi dengan penyuluh, pendekatan kepada anggota kelompok, analisis karakteristik petani, serta identifikasi potensi, permasalahan, dan kebutuhan kelompok tani.

c. Materi Diseminasi

Materi diseminasi merupakan informasi utama yang disampaikan kepada sasaran, meliputi hasil penelitian, kesimpulan, dan rekomendasi. Materi perlu disusun secara menarik, sederhana, dan mudah dipahami tanpa mengurangi ketepatan ilmiahnya (Chapman *et al.*, 2021). Dalam kegiatan ini, materi yang diberikan mencakup cara sederhana memperbanyak bakteri serta teknik budidaya kacang panjang berdasarkan perlakuan terbaik hasil penelitian. Penetapan materi dilakukan melalui koordinasi dengan penyuluh, penentuan topik berdasarkan permasalahan petani, penyusunan matriks materi, penetapan materi penyuluhan, dan penyusunan sinopsis. Materi tersebut diharapkan dapat meningkatkan pengetahuan petani mengenai penerapan bakteri dalam budidaya kacang panjang.

h. Media Diseminasi

Pemilihan media penyuluhan yang tepat berperan penting dalam meningkatkan penerimaan dan penerapan inovasi karena media menjadi sarana penyampaian informasi dari sumber kepada sasaran (Indraningsih, 2018). Media yang digunakan dalam kegiatan diseminasi ini berupa leaflet dan benda sesungguhnya yang disesuaikan dengan karakteristik, kebutuhan, materi, serta tujuan penyuluhan. Penetapan media dilakukan melalui koordinasi dengan penyuluh, analisis kebutuhan dan karakteristik sasaran, penyusunan matriks penetapan media, serta pembuatan media penyuluhan.

i. Metode Diseminasi

Metode diseminasi pertanian merupakan cara yang digunakan untuk menyampaikan inovasi hasil penelitian kepada petani dan pengguna teknologi pertanian. Penyampaian informasi dapat dilakukan melalui pelatihan, seminar,

publikasi, media digital, sekolah lapang, maupun temu lapang agar petani lebih mudah memahami materi secara teori dan praktik. Penetapan metode dilakukan melalui koordinasi dengan penyuluh, penyesuaian terhadap karakteristik dan kondisi sasaran, penyusunan matriks metode penyuluhan, serta penentuan metode yang paling sesuai.

j. Rancangan Pelaksanaan

Rancangan pelaksanaan diseminasi pertanian merupakan pedoman yang disusun secara sistematis agar penyampaian inovasi kepada petani dapat berjalan terarah, efektif, dan sesuai dengan kebutuhan sasaran (Priyono *et al.*, 2024). Rancangan tersebut mencakup pelaksana, tujuan, materi, peserta, waktu, tempat, metode, serta hasil yang diharapkan. Pelaksanaan kegiatan dilakukan melalui koordinasi dengan penyuluh, pendekatan kepada sasaran, penentuan waktu dan lokasi bersama Ketua Kelompok Tani Sari Agung 1 serta penyuluh pendamping, penyiapan LPM, undangan, kuesioner, berita acara, dan daftar hadir, kemudian dilanjutkan dengan pembagian undangan kepada peserta penyuluhan.

k. Uji Validitas Dan Reliabilitas Instrumen

Uji validitas dan reliabilitas dilakukan untuk memastikan bahwa instrumen penelitian mampu menghasilkan data yang tepat dan dapat dipercaya. Validitas menunjukkan kemampuan instrumen dalam mengukur aspek yang sesuai dengan tujuan penelitian. Pengujian validitas setiap butir pertanyaan dapat menggunakan korelasi *Pearson Product Moment*. Item dinyatakan valid apabila nilai korelasinya lebih besar daripada nilai r tabel (Rosita *et al.*, 2021).

Reliabilitas menunjukkan tingkat konsistensi instrumen dalam menghasilkan data. Pengujian reliabilitas umumnya menggunakan metode Cronbach's Alpha, dengan instrumen dinyatakan reliabel apabila nilainya lebih dari 0,70. Pelaksanaannya meliputi penyusunan instrumen, uji coba kepada responden, analisis statistik, serta evaluasi setiap item. Item yang tidak valid dapat diperbaiki atau dihapus sebelum digunakan.

l. Evaluasi Diseminasi

Menurut Bagus *et al.* (2022), evaluasi diseminasi merupakan proses yang dilakukan secara sistematis untuk menilai keberhasilan penyampaian informasi atau inovasi dalam mencapai sasaran dan tujuan yang telah ditetapkan. Evaluasi tersebut digunakan untuk mengukur perubahan pengetahuan peserta setelah menerima materi diseminasi. Dalam bidang pertanian, evaluasi diseminasi berfungsi untuk menilai efektivitas penyampaian informasi kepada petani, mengetahui

hambatan penerapan inovasi, serta mengukur perubahan pengetahuan setelah kegiatan dilaksanakan.

Pada kegiatan ini, evaluasi dilakukan untuk mengetahui efektivitas diseminasi dalam meningkatkan pengetahuan petani mengenai pemanfaatan bakteri pada budidaya kacang panjang. Evaluasi mengacu pada ranah kognitif Taksonomi Bloom yang meliputi kemampuan mengingat, memahami, menerapkan, menganalisis, mengevaluasi, dan menciptakan. Pengetahuan peserta diukur menggunakan kuesioner pilihan ganda dalam bentuk pre-test dan post-test dengan skala Guttman, yaitu skor 1 untuk jawaban benar dan skor 0 untuk jawaban salah. Tahapan evaluasi mencakup penyusunan teori dan kisi-kisi, pembuatan instrumen, pengujian validitas dan reliabilitas, pelaksanaan evaluasi, serta pengolahan data menggunakan Microsoft Excel dan SPSS. Data dianalisis secara deskriptif dan menggunakan uji *paired sample t-test* pada taraf signifikansi 5%. Pengetahuan petani dinyatakan mengalami peningkatan yang signifikan apabila nilai signifikansi kurang dari 0,05.

3.4 Jadwal dan Rencana Kegiatan

Jadwal dan rencana kegiatan dalam penelitian ini disusun secara sistematis agar setiap tahapan berjalan sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan. Kegiatan diawali dengan persiapan lahan, alat, bahan, serta inokulan bakteri, kemudian dilanjutkan dengan penanaman benih kacang panjang dan penerapan perlakuan berupa pemberian pupuk berimbang serta inokulasi bakteri secara tunggal. Selama masa pertumbuhan tanaman, dilakukan pengamatan terhadap beberapa variabel utama, yaitu jumlah daun, jumlah polong, panjang polong, berat basah tanaman, dan produktivitas hasil panen.

Pengamatan dilaksanakan secara berkala sesuai jadwal yang telah ditentukan untuk memperoleh data yang akurat dan terukur. Seluruh rangkaian kegiatan direncanakan berlangsung selama satu musim tanam yang mencakup tahap persiapan, pelaksanaan, pengamatan, analisis data, dan penyusunan laporan hasil penelitian. Dan dilanjutkan kegiatan diseminasi untuk meningkatkan pemahaman peserta terhadap "Pemanfaatan Bakteri (*Bacillus subtilis*, *Azospirillum sp.*, dan *Pseudomonas fluorescens*) dalam Budidaya Kacang Panjang" yang dijelaskan pada lampiran 2 dan 6.

3.5 Hipotesis

- H0 : Tidak terdapat pengaruh yang nyata dari perbedaan dosis pupuk NPK, jenis bakteri, maupun interaksi keduanya terhadap pertumbuhan dan produktivitas tanaman kacang panjang.
- H1 : Terdapat pengaruh yang nyata perbedaan dosis pupuk NPK dan jenis bakteri (tanpa bakteri, *Bacillus subtilis*, *Azospirillum*, dan *Pseudomonas fluorescens*), serta interaksi keduanya terhadap pertumbuhan dan produktivitas tanaman kacang panjang, sehingga kombinasi tertentu (jenis bakteri x dosis NPK) menghasilkan pertumbuhan dan produktivitas yang lebih tinggi dibanding kontrol tanpa bakteri.

3.6 Batasan Penelitian

1. Tanaman kacang panjang (*Vigna unguiculata*) varietas Katon Tavi. Oleh karena itu, hasil yang diperoleh belum dapat digunakan untuk menggambarkan respons varietas kacang panjang lainnya karena setiap varietas dapat memiliki karakter pertumbuhan dan produktivitas yang berbeda.
2. Jenis bakteri yang digunakan dalam penelitian terdiri atas *Bacillus subtilis*, *Azospirillum* sp., dan *Pseudomonas fluorescens*, serta perlakuan kontrol tanpa pemberian bakteri. Mikroorganisme lain.
3. Pupuk yang digunakan adalah NPK 16-16-16 dengan empat taraf dosis, yaitu 25%, 50%, 75%, dan 100% dari dosis rekomendasi. Penelitian ini tidak menguji dosis di bawah atau di atas rentang tersebut dan tidak membandingkannya dengan jenis pupuk anorganik lainnya.
4. Variabel yang diamati terbatas pada jumlah daun, jumlah cabang, panjang polong, berat basah polong, dan produktivitas tanaman. Parameter lain, seperti kandungan unsur hara tanah, jumlah populasi mikroba, aktivitas mikroorganisme di daerah perakaran, dan kualitas gizi polong, tidak dianalisis secara langsung.
5. Penelitian dilaksanakan di lahan Politeknik Pembangunan Pertanian Malang, Desa Bedali, Kecamatan Lawang, Kabupaten Malang, selama satu periode tanam, yaitu Januari hingga Mei 2026. Dengan demikian, hasil penelitian hanya menggambarkan kondisi agroklimat, lingkungan, dan musim tanam pada lokasi serta waktu pelaksanaan penelitian tersebut.

- 91
6. Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Kelompok Faktorial yang terdiri atas 16 kombinasi perlakuan dan tiga ulangan, sehingga diperoleh 48 satuan percobaan.
 7. Analisis kelayakan usaha difokuskan pada aspek finansial dari perlakuan yang memberikan hasil terbaik, meliputi biaya produksi, penerimaan, pendapatan, dan keuntungan. Analisis tersebut belum mencakup aspek pemasaran, perubahan harga, rantai distribusi, risiko usaha, serta kelayakan penerapan pada skala lahan yang lebih luas.
 8. Kegiatan diseminasi hasil penelitian dilakukan kepada anggota Kelompok Tani Sari Agung 1, sedangkan pengujian validitas dan reliabilitas instrumen dilaksanakan pada Kelompok Tani Sari Agung 3, Desa Pujon Kidul, Kecamatan Pujon. Oleh karena itu, hasil evaluasi peningkatan pengetahuan petani hanya menggambarkan kondisi kelompok.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengaruh Aplikasi Bakteri pada Berbagai Konsentrasi NPK terhadap Pertumbuhan dan Produktivitas Tanaman Kacang Panjang

Pengaplikasian *Bacillus subtilis*, *Azospirillum* sp., dan *Pseudomonas fluorescens* berpotensi meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk NPK pada budidaya kacang panjang. Ketiga bakteri tersebut termasuk kelompok bakteri pemacu pertumbuhan tanaman yang aktif di daerah perakaran dan membantu meningkatkan ketersediaan unsur hara serta memperbaiki kondisi rizosfer (Arinong *et al.*, 2021). Kondisi perakaran yang sehat dapat meningkatkan penyerapan air dan unsur hara sehingga pertumbuhan vegetatif dan proses fotosintesis berlangsung lebih optimal (Thamrin dan Hama, 2022). Fotosintat yang dihasilkan selanjutnya dimanfaatkan tanaman dalam pembentukan bunga dan polong, termasuk panjang dan berat polong (Prasetyo *et al.*, 2022).

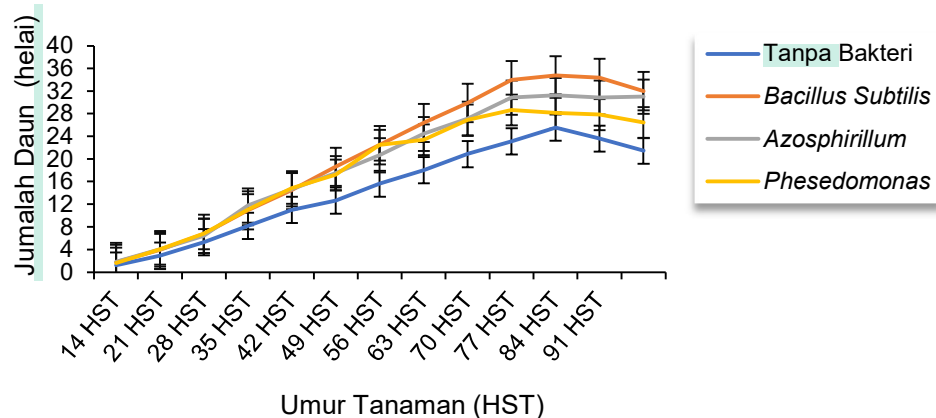
Menurut Jannah *et al.* (2022) menyatakan bahwa setiap bakteri memiliki mekanisme yang berbeda dalam mendukung pertumbuhan tanaman. *Bacillus subtilis* membantu menyediakan unsur hara dan menekan perkembangan patogen tanah, sedangkan *Azospirillum* sp. berperan dalam fiksasi nitrogen serta menghasilkan IAA yang merangsang pertumbuhan akar (Ni'mah *et al.*, 2022). Sementara itu, *Pseudomonas fluorescens* mampu melarutkan fosfat, menghasilkan siderofor, dan menjaga keseimbangan mikroorganisme di sekitar akar (Hartono *et al.*, 2024). Pemanfaatan ketiga bakteri sebagai pupuk hayati dapat membantu mengurangi penggunaan NPK hingga 25%, meningkatkan efisiensi penyerapan hara, serta tetap mendukung pertumbuhan dan produktivitas tanaman apabila diberikan pada dosis yang tepat (Safitri *et al.*, 2025).

4.1.1 Data Rerata Jumlah Daun (Helai)

Menurut Ramdani dan Saleh (2024) menyatakan jumlah daun merupakan salah satu parameter pertumbuhan vegetatif yang penting dalam penelitian tanaman kacang panjang, karena berhubungan langsung dengan kemampuan tanaman dalam melakukan fotosintesis. Semakin banyak jumlah daun yang terbentuk, maka semakin besar pula kemampuan tanaman menangkap cahaya matahari dan menghasilkan fotosintat yang dibutuhkan untuk pertumbuhan batang, cabang, serta pembentukan polong (Waluyo, 2024).

283

Pertumbuhan Jumlah Daun pada Berbagai Bakteri Perlakuan



Gambar 8. Grafik Jumlah Daun Pada Berbagai Perlakuan Bakteri

Berdasarkan Gambar 8, jumlah daun tanaman kacang panjang meningkat sejak 14 hingga 77 HST seiring dengan berlangsungnya fase pertumbuhan vegetatif. Pada awal pertumbuhan, pembentukan daun masih relatif lambat karena tanaman lebih dahulu mengembangkan akar untuk mendukung penyerapan air dan unsur hara. Setelah sistem perakaran berkembang, penyerapan hara menjadi lebih baik sehingga pembentukan daun berlangsung lebih cepat (Santoso *et al.*, 2026). Aplikasi bakteri pemacu pertumbuhan juga dapat mendukung perkembangan akar serta membantu menyediakan unsur nitrogen dan fosfor bagi tanaman (Ayumnuzmi *et al.*, 2025).

Nitrogen yang tersedia dalam jumlah cukup diperlukan dalam pembentukan klorofil sehingga proses fotosintesis dan pertumbuhan daun dapat berlangsung lebih optimal (Damanhuri *et al.*, 2022). Oleh karena itu, perlakuan tanpa bakteri cenderung menghasilkan jumlah daun paling rendah karena tanaman hanya mengandalkan hara dari tanah dan pupuk NPK. Meskipun demikian serapan hara dapat tercuci oleh air hujan atau terjadi penguapan, sehingga tanpa bantuan bakteri penambat nitrogen dan pelarut fosfat, ketersediaan hara untuk pembentukan daun menjadi lebih terbatas atau tidak terserap tanaman (Suswana dan Maulana, 2023)

Pada 77 HST hasil analisis Gambar 8 menunjukkan terjadi peningkatan tertinggi pada beberapa perlakuan, pada perlakuan *Bacillus subtilis* menghasilkan jumlah daun sekitar 36% lebih tinggi dibandingkan perlakuan tanpa bakteri. Hal ini berkaitan dengan kemampuan *Bacillus subtilis* menghasilkan senyawa pemacu pertumbuhan, termasuk IAA, yang dapat merangsang perkembangan akar dan meningkatkan hubungan antara akar dengan lingkungan tanah (Laia *et al.*, 2024).

17

52

Hal tersebut sejalan dengan Husna *et al.* (2019) menyatakan bahwa *Bacillus subtilis* dapat membantu melarutkan fosfor serta merangsang pertumbuhan akar dan rambut akar, sehingga daerah penyerapan unsur hara menjadi lebih luas.

Dalam keadaan pertumbuhan, akar yang berkembang dengan baik akan lebih mampu menjangkau air, nitrogen, dan fosfor yang tersebar di dalam tanah sehingga tanaman dapat mempertahankan pembentukan daun. Bakteri ini juga dapat membantu menekan perkembangan patogen tanah sehingga fungsi akar tidak mudah terganggu (Agusnur, 2025). Kombinasi antara akar yang lebih sehat dan meningkatnya ketersediaan hara yang menyebabkan jumlah daun pada perlakuan *Bacillus subtilis* lebih tinggi daripada perlakuan lainnya.

Sedangkan pada perlakuan *Azospirillum* sp. menghasilkan jumlah daun sekitar 22% lebih tinggi, sedangkan *Pseudomonas fluorescens* sekitar 10% lebih tinggi dibandingkan perlakuan tanpa bakteri. Peningkatan pada *Azospirillum* sp. terjadi karena bakteri tersebut mampu mendukung penambatan nitrogen serta merangsang pembentukan akar lateral dan rambut akar, sehingga tanaman dapat menyerap air dan unsur hara dari daerah tanah yang lebih luas. Sementara itu, *Pseudomonas fluorescens* dapat membantu meningkatkan ketersediaan fosfor melalui aktivitas pelarutan fosfat di sekitar akar (Wayan *et al.*, 2022).

Bakteri ini juga menghasilkan siderofor yang membantu mengikat besi di lingkungan rizosfer sekaligus dapat membatasi ketersediaan besi bagi mikroorganisme yang merugikan tanaman. Namun, respons *Pseudomonas fluorescens* yang lebih rendah yang dipengaruhi oleh kemampuan kolonisasi akar, persaingan dengan mikroorganisme alami, kelembapan tanah, dan ketersediaan eksudat akar sebagai sumber makanan. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa efektivitas bakteri di lapangan tidak hanya ditentukan oleh jenis bakteri, tetapi juga oleh kesesuaiannya dengan kondisi rizosfer tanaman (Apriliya, 2025).

Setelah 77 HST, jumlah daun menurun hingga 91 HST, yaitu sekitar 16% pada perlakuan tanpa bakteri, 8% pada *Bacillus subtilis*, 1% pada *Azospirillum* sp., dan 6% pada *Pseudomonas fluorescens*. Penurunan tersebut terjadi karena tanaman memasuki fase generatif sehingga bunga dan polong berkembang menjadi organ yang membutuhkan fotosintat dan unsur hara dalam jumlah besar. Peningkatan kebutuhan organ generatif sebagai tempat pemanfaatan fotosintat dapat mempercepat penuaan daun apabila keseimbangan antara organ penghasil dan pengguna fotosintat semakin rendah (Harun *et al.*, 2022).

Pada keadaan tersebut, daun bagian bawah yang lebih tua juga semakin ternaungi dan memperoleh cahaya lebih sedikit, yang mengakibatkan penurunan klorofil, kemudian menguning dan gugur. Penuaan daun merupakan proses alami yang disertai pemindahan kembali nitrogen dan unsur hara lainnya dari daun tua menuju organ tanaman yang masih aktif tumbuh (Supriatin *et al.*, 2025). Penurunan terbesar pada perlakuan tanpa bakteri menunjukkan dukungan hara dan kondisi perakarannya lebih terbatas, sedangkan jumlah daun pada *Azospirillum* sp. yang relatif stabil menunjukkan bahwa perkembangan akar dan dukungan nitrogen kemungkinan masih dapat mempertahankan fungsi daun selama pembentukan polong (Wayan *et al.*, 2022).

Hasil pengamatan grafik diperkuat oleh hasil uji lanjut Tukey pada faktor perlakuan diberbagai jenis bakteri yang menunjukan adanya perbedaan nyata antar perlakuan terhadap parameter jumlah daun pada beberapa hari pengamatan yang ditunjukan pada Tabel 6 :

Tabel 6. Rerata Jumlah Daun Pada Perbedaan Jenis Bakteri

Perlakuan Bakteri	Umur Hari Setelah Tanam (HST)												
	7	14	21	28	35	42	49	56	63	70	77	84	91
Tanpa Bakteri	1.2 ^a	2.91 ^a	5.29 ^a	8.18 ^a	11 ^a	12.64 ^a	15.62 ^a	18.02 ^a	20.87 ^a	23.12 ^a	25.56 ^a	23.6 ^a	21.45 ^a
<i>Bacillus Subtilis</i>	1.79 ^b	3.93 ^b	6.77 ^b	10.93 ^b	14.5 ^a	18.64 ^b	22.45 ^b	26.37 ^b	29.91 ^b	33.97 ^b	34.79 ^a	34.33 ^a	32 ^a
<i>Azospirillum</i>	1.85 ^b	4.02 ^b	6.41 ^{ab}	11.77 ^b	14.64 ^a	17.5 ^{ab}	20.66 ^{ab}	24.43 ^{ab}	27.1 ^{ab}	30.85 ^{ab}	31.29 ^a	30.87 ^a	31.02 ^a
<i>Phesedomonas</i>	1.64 ^{ab}	4.04 ^b	6.79 ^b	11.04 ^b	14.81 ^a	17.2 ^{ab}	22.45 ^{ab}	23.39 ^{ab}	26.91 ^{ab}	28.66 ^{ab}	28.12 ^a	27.85 ^a	26.43 ^a
BNJ Taraf 5%	0,53	0,59	1,33	2,33	3,77	4,98	5,80	66,91	8,67	9,90	11,37	11,03	10,99

Keterangan : Nilai yang diikuti dengan huruf sama menunjukan tidak adanya perbedaan yang signifikan.

Berdasarkan Tabel 6, hasil uji Tukey menunjukkan bahwa jumlah daun meningkat pada seluruh perlakuan selama 7-70 HST, dengan nilai perlakuan bakteri yang umumnya lebih tinggi dibandingkan tanpa bakteri. Pada 7 HST, tanpa bakteri berbeda nyata dengan *Bacillus subtilis* dan *Azospirillum* sp., sedangkan *Pseudomonas fluorescens* belum berbeda nyata dengan perlakuan lainnya. Pada 14 HST, seluruh perlakuan bakteri berbeda nyata dengan tanpa bakteri, yang menunjukan bahwa aktivitas bakteri disekitar akar mulai mendukung pembentukan daun (Santoso *et al.*, 2026).

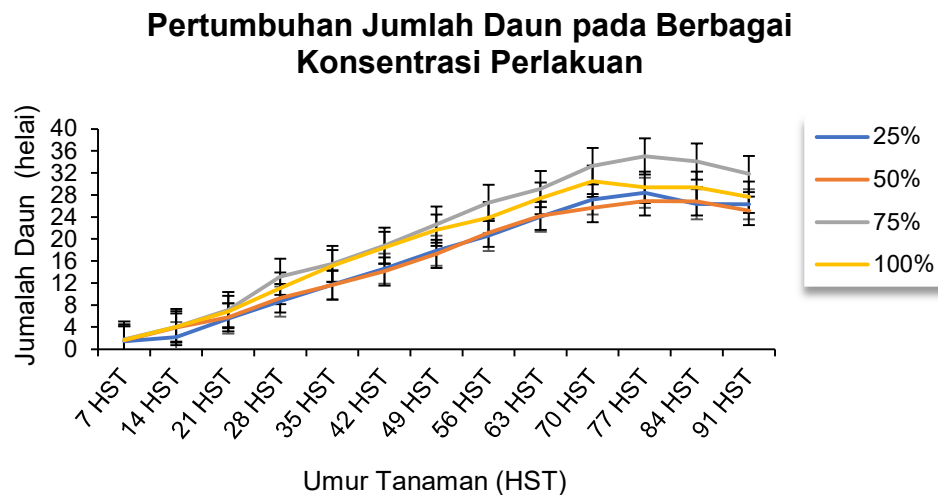
Pada 21-28 HST, *Bacillus subtilis* dan *Pseudomonas fluorescens* berbeda nyata dengan tanpa bakteri, sedangkan *Azospirillum* sp. berada pada kelompok pada 21 hst menunjukan berbeda nyata dengan seluruh perlakuan bakteri.. Perbedaan tersebut diduga terjadi karena setiap bakteri memiliki kecepatan adaptasi dan kemampuan kolonisasi akar yang berbeda, seperti fondasi yang

memerlukan waktu sebelum mampu menopang pertumbuhan tanaman secara optimal (Apriliya, 2025).

Pada 35 HST, seluruh perlakuan memiliki notasi huruf yang sama sehingga tidak berbeda nyata, meskipun secara deskriptif *Pseudomonas fluorescens* menunjukkan jumlah daun tertinggi. Hasil tersebut berarti bahwa selisih nilai rata-rata antarperlakuan masih lebih kecil dibandingkan variasi data di dalam masing-masing perlakuan. Variasi ini dapat dipengaruhi oleh kondisi lapangan yang tidak sepenuhnya seragam, seperti kelembapan tanah, intensitas cahaya, ketersediaan hara, dan perkembangan akar pada setiap petak (Astiko *et al.*, 2025).

Pada 42-70 HST, *Bacillus subtilis* menunjukkan respons paling konsisten karena berbeda nyata dengan tanpa bakteri, sedangkan *Azospirillum* sp. dan *Pseudomonas fluorescens*. tersebut diduga berkaitan dengan kemampuan *Bacillus subtilis* dalam memperbaiki kondisi rizosfer, melarutkan hara, menghasilkan fitohormon, dan mempertahankan kesehatan akar seperti penyangga yang membantu tanaman menghadapi perubahan lingkungan (Candra, 2025).

Pada 77-91 hst, seluruh perlakuan memiliki notasi huruf yang sama sehingga tidak berbeda nyata, walaupun secara deskriptif *Bacillus subtilis* tetap menghasilkan jumlah daun tertinggi. Setelah 77 hst, jumlah daun mulai menurun karena tanaman memasuki fase generatif dan fotosintat lebih banyak dialihkan untuk pembentukan serta pengisian polong (Aulia *et al.*, 2025). Penurunan lebih besar terjadi pada perlakuan tanpa bakteri dan *Pseudomonas fluorescens*, sedangkan *Azospirillum* sp. relatif stabil dengan perubahan sekitar 1%. Kestabilan tersebut sejalan dengan Yuniarti *et al.* (2022), berkaitan dengan kemampuan *Azospirillum* sp. merangsang perkembangan akar dan mendukung pemanfaatan nitrogen, tetapi karena tidak berbeda nyata, hasil ini hanya menunjukkan kecenderungan biologis dan belum dapat dinyatakan sebagai keunggulan statistik.



Gambar 9. Grafik Jumlah Daun Pada Perbedaan Konsentrasi NPK

Berdasarkan Gambar 9, jumlah daun tanaman kacang panjang terus meningkat sejak awal pengamatan hingga mencapai puncaknya pada 77 HST. Secara deskriptif, konsentrasi 75% memberikan hasil terbaik, yaitu sekitar 23% lebih tinggi dibandingkan konsentrasi 25%, 30% lebih tinggi dibandingkan konsentrasi 50%, dan 19% lebih tinggi dibandingkan konsentrasi 100%. Hal ini menunjukkan bahwa konsentrasi 75% cenderung paling sesuai untuk mendukung pertumbuhan daun (Kurniawan dan Handoko, 2024), hal ini didukung dengan unsur Nitrogen yang berperan dalam pembentukan klorofil dan jaringan daun, sedangkan fosfor dan kalium membantu pertumbuhan akar serta mendukung proses fisiologis tanaman (Damanhuri *et al.*, 2022). Oleh karena itu, pertumbuhan tanaman lebih dipengaruhi oleh keseimbangan unsur hara daripada pemberian pupuk dalam dosis yang terlalu tinggi (Prakoso *et al.*, 2022).

Konsentrasi 75% diduga menyediakan unsur hara dalam jumlah yang lebih seimbang sehingga akar dapat menyerap dan memanfaatkannya secara efisien. Konsentrasi 50% kemungkinan belum sepenuhnya memenuhi kebutuhan tanaman, sedangkan konsentrasi 100% tidak selalu lebih baik karena kelebihan hara dapat meningkatkan konsentrasi garam tanah, menekan aktivitas akar, dan mengganggu keseimbangan mikroba rizosfer (Pasaribu dan Apriliya, 2025). Setelah 77 HST, jumlah daun menurun hingga 91 HST, yaitu sekitar 9% pada konsentrasi 75%, 6% pada konsentrasi 100%, 7% pada konsentrasi 25%, dan 6,5% pada konsentrasi 50%. Penurunan terjadi karena tanaman memasuki fase generatif, sehingga fotosintat dan unsur hara lebih banyak dialihkan untuk pembentukan serta pengisian polong daripada pembentukan daun baru (Pakpahan *et al.*, 2025). Hasil tersebut sejalan dengan Parthasarathi *et al.* (2021)

yang menunjukkan bahwa kombinasi pupuk hayati dan NPK 75% dapat mendukung pertumbuhan lebih baik daripada NPK penuh karena pemanfaatan hara berlangsung lebih efisien.

Hasil pengamatan grafik diperkuat oleh hasil uji lanjut Tukey pada faktor perlakuan diberbagai konsentrasi yang menunjukkan adanya perbedaan nyata antar perlakuan terhadap parameter banyak daun pada beberapa hari pengamatan yang ditunjukkan pada Tabel 7 :

Tabel 7. Rerata Jumlah Daun Pada Perbedaan Konsentrasi NPK

Konsentrasi	Umur Hari Setelah Tanam (HST)												
	7	14	21	28	35	42	49	56	63	70	77	84	91
25%	1.43 ^a	2.19 ^a	5.54 ^a	8.66 ^a	11.68 ^a	14.62 ^a	17.89 ^a	20.58 ^a	24.04 ^a	27.18 ^a	28.41 ^a	26.35 ^a	26.33 ^a
50%	1.6 ^a	3.93 ^a	5.79 ^{ab}	9.25 ^{ab}	11.64 ^a	14.12 ^a	17.31 ^a	21.14 ^a	24.22 ^a	25.64 ^a	26.89 ^a	26.85 ^a	25.14 ^a
75%	1.77 ^a	4.02 ^b	7.1 ^b	13.13 ^c	15.47 ^b	18.79 ^a	22.62 ^a	26.62 ^a	29.12 ^a	33.27 ^a	35.04 ^a	34.1 ^a	31.81 ^a
100%	1.68 ^a	4.04 ^{ab}	6.83 ^{ab}	11.06 ^{bc}	15.14 ^{ab}	18.45 ^a	21.62 ^a	23.87 ^a	27.41 ^a	30.52 ^a	29.41 ^a	29.39 ^a	27.62 ^a
BNJ Taraf 5%	0.53	0.59	1.33	2.33	3.77	4.98	5.80	6.91	8.67	9.90	11.37	11.03	10.99

Keterangan : Nilai yang diikuti dengan huruf sama menunjukkan tidak adanya perbedaan yang signifikan.

Berdasarkan Tabel 7, hasil uji Tukey menunjukkan bahwa pada 7 HST seluruh konsentrasi belum berbeda nyata karena tanaman masih berada pada fase awal pertumbuhan. Pada tahap ini, tanaman lebih banyak menggunakan cadangan nutrisi untuk membentuk akar dan daun pertama. Pada 14 HST, konsentrasi 75% mulai berbeda nyata dengan 25% dan 50%, sedangkan konsentrasi 100% masih berada dalam kelompok yang sama dengan seluruh perlakuan. Pada 21 HST, konsentrasi 75% berbeda nyata dengan 25%, tetapi tidak berbeda nyata dengan 50% dan 100%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi pupuk belum selalu diikuti oleh peningkatan jumlah daun yang nyata secara statistik (Rismalati *et al.*, 2024).

Pada 28-35 HST, konsentrasi 75% menghasilkan jumlah daun tertinggi dan berbeda nyata dengan konsentrasi 25% serta 50%, sedangkan konsentrasi 100% berada pada kelompok peralihan. Kondisi ini terjadi karena respons tanaman tidak hanya ditentukan oleh banyaknya pupuk, tetapi juga oleh kemampuan akar menyerap hara dan kondisi rizosfer (Muttaqin *et al.*, 2024). Pada 42-91 HST, seluruh konsentrasi tidak berbeda nyata karena selisih rata-rata antarperlakuan belum cukup besar dibandingkan keragaman data dalam setiap perlakuan. Meskipun demikian, konsentrasi 75% secara deskriptif tetap menunjukkan jumlah daun tertinggi, termasuk pada 70 HST dengan selisih sekitar 22%. Hasil yang tidak berbeda nyata tidak berarti seluruh konsentrasi memberikan respons yang benar-benar sama, tetapi menunjukkan bahwa bukti statistik yang diperoleh belum cukup

kuat untuk menyatakan konsentrasi 75% lebih unggul. Oleh karena itu, nilai tertinggi pada konsentrasi 75% hanya dapat dijelaskan sebagai kecenderungan biologis dan belum dapat dinyatakan sebagai keunggulan secara statistik (Pury *et al.*, 2025).

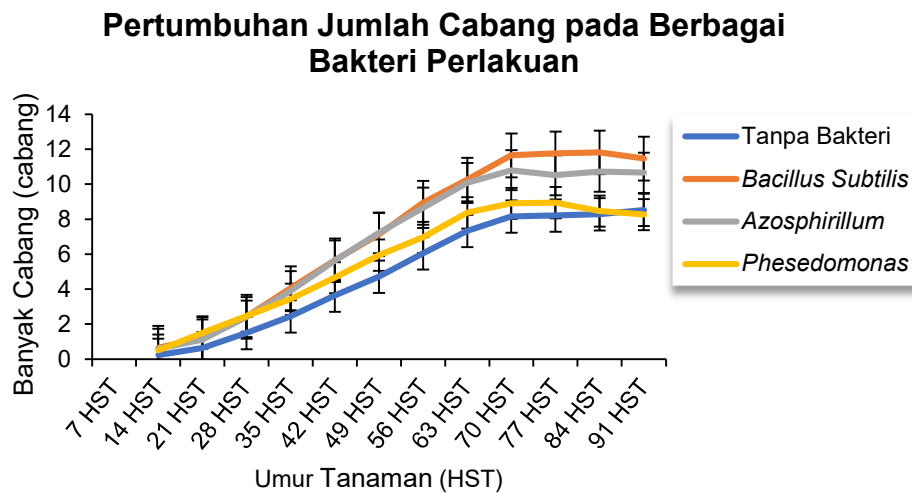
Konsentrasi 75% diduga menjadi taraf yang paling seimbang dalam menyediakan unsur hara untuk pembentukan daun. Konsentrasi 25% dan 50% kemungkinan belum mencukupi kebutuhan tanaman, sedangkan konsentrasi 100% tidak selalu lebih baik karena kelebihan hara dapat menurunkan efisiensi penyerapan akar (Ishaq *et al.*, 2025). Dalam kondisi tersebut, pemberian pupuk dapat dianalogikan seperti pemberian makanan, yaitu jumlah yang cukup dan seimbang lebih mudah dimanfaatkan daripada jumlah berlebihan. Jumlah daun pada konsentrasi 75% menurun sekitar 9% dari 77 hingga 91 HST karena fotosintat dan unsur hara mulai dialihkan untuk pembentukan bunga serta pengisian polong (Aulia *et al.*, 2025). Hasil ini sejalan dengan Parthasarathi *et al.* (2021) yang menyatakan bahwa pupuk hayati yang dikombinasikan dengan NPK 75% dapat mendukung pertumbuhan lebih baik dibandingkan penggunaan NPK 100%.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa *Bacillus subtilis* menghasilkan pertumbuhan jumlah daun paling konsisten, sedangkan NPK 75% cenderung menjadi konsentrasi terbaik. Hal ini diduga karena *Bacillus subtilis* mampu melarutkan fosfor dan merangsang perkembangan akar sehingga penyerapan hara lebih efektif (Taruna *et al.*, 2024). Konsentrasi 75% dinilai lebih seimbang, sedangkan dosis 100% tidak selalu meningkatkan pertumbuhan apabila kebutuhan tanaman telah tercukupi (Parthasarathi *et al.*, 2021). Dalam keadaan di lapangan, respons tanaman juga dipengaruhi oleh kelembapan tanah, penyiraman, perbedaan kondisi antarpetak, serta serangan hama dan penyakit (Apriliya, 2025).

4.1.2 Jumlah Cabang (Cabang)

Jumlah cabang merupakan parameter vegetatif penting pada tanaman kacang panjang karena cabang menjadi tempat berkembangnya daun, bunga, dan calon polong. Semakin baik pembentukan cabang, semakin besar peluang tanaman menghasilkan organ generatif yang mendukung hasil panen. Jumlah cabang juga dapat menjadi indikator potensi produktivitas tanaman. Hal ini karena cabang produktif berkaitan dengan pembentukan bunga, jumlah polong, dan berat polong total (Samosir dan Tambunan., 2021). Oleh karena itu, pengamatan jumlah

cabang digunakan untuk mengetahui respons tanaman terhadap aplikasi *Bacillus subtilis*, *Azospirillum* sp., dan *Pseudomonas fluorescens* pada berbagai konsentrasi NPK. Hasil pengamatan jumlah cabang tanaman kacang panjang disajikan pada grafik dan tabel berikut :



Gambar 10. Grafik Jumlah Cabang Pada Berbagai Perlakuan Jenis Bakteri

Berdasarkan gambar 10, jumlah cabang kacang panjang meningkat sejak 14 hst dan mencapai nilai tertinggi sekitar 77 hst, meskipun pola pertumbuhannya berbeda pada setiap perlakuan. Secara deskriptif *Bacillus subtilis* menghasilkan jumlah cabang sekitar 43% lebih tinggi dibandingkan tanpa bakteri, diikuti *Azospirillum* sp. sekitar 28% dan *Pseudomonas fluorescens* sekitar 9%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa aplikasi bakteri cenderung mendukung pertumbuhan vegetatif. Perlakuan bakteri dapat meningkatkan pertumbuhan vegetatif melalui aktivitas mikroba yang membantu menyediakan unsur hara bagi tanaman (Agusnur, 2025). Pada 91 HST pertumbuhan cabang mulai melambat atau menurun karena tanaman memasuki fase generatif sehingga fotosintat lebih banyak digunakan untuk pembentukan bunga dan pengisian polong (Amir, 2021).

Cabang merupakan rangka vegetatif yang menjadi tempat tumbuhnya daun, bunga, dan calon polong, sehingga pembentukannya berkaitan dengan peluang tanaman menghasilkan organ generatif. Respons tertinggi pada *Bacillus subtilis* terjadi karena bakteri ini membantu meningkatkan ketersediaan hara, mendukung pertumbuhan akar, dan menjaga kesehatan daerah perakaran (Ningsih, 2022). Hal ini sejalan dengan Nusyirwan dan Syahadah (2020) menunjukkan bahwa pemberian *Bacillus subtilis* berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan tanaman cabai, termasuk jumlah cabang. Dalam kondisi lapangan, akar yang sehat dapat dianalogikan sebagai jalur distribusi yang memasok air dan unsur hara untuk

membentuk jaringan cabang baru (Fajriani, 2022). Selain itu, kemampuan *Bacillus subtilis* dalam menekan patogen perakaran dapat membantu tanaman mempertahankan pertumbuhan ketika kondisi kelembapan dan lingkungan antarpetak tidak sepenuhnya seragam (Laia *et al.*, 2024).

Azospirillum sp. berpotensi mendukung pembentukan cabang melalui penambahan nitrogen dan rangsangan terhadap perkembangan akar, tetapi penurunan sekitar 3% setelah 77 HST menunjukkan bahwa dukungan tersebut mulai diarahkan ke perkembangan organ generatif. Sementara itu, respons *Pseudomonas fluorescens* yang lebih rendah dapat dipengaruhi oleh kemampuan kolonisasi akar, kelembapan tanah, ketersediaan bahan organik, serta persaingan dengan mikroorganisme alami di rizosfer (Taruna *et al.*, 2024). Hal tersebut sejalan dengan Noviani dan Rahayu (2022) menyatakan bahwa *Pseudomonas fluorescens* dan *Azospirillum* sp. dapat memengaruhi pertumbuhan serta produktivitas kedelai melalui peningkatan pemanfaatan unsur N dan P.

Namun, manfaat bakteri pada kondisi pertanaman tidak selalu seragam karena adanya perbedaan pertumbuhan antarpetak, tanaman sampel yang mati, gangguan hama atau penyakit, serta ketepatan waktu aplikasi. Oleh karena itu, respons jumlah cabang merupakan hasil gabungan antara mekanisme bakteri, kondisi tanaman, ketersediaan hara, dan lingkungan perakaran, bukan hanya akibat satu faktor perlakuan (Pahlevi *et al.*, 2025).

Hasil pengamatan grafik diperkuat oleh hasil uji lanjut Tukey pada faktor perlakuan diberbagai bakteri yang menunjukkan adanya perbedaan nyata antar perlakuan terhadap parameter jumlah cabang pada beberapa hari pengamatan yang ditunjukkan pada Tabel 8 berikut :

Tabel 8. Rerata Jumlah Cabang Pada Perbedaan Jenis Bakteri

Perlakuan	Umur Hari Setelah Tanam (HST)												
Bakteri	7	14	21	28	35	42	49	56	63	70	77	84	91
Tanpa Bakteri	0,00	0.25 ^a	0.64 ^a	1.5 ^a	2.45 ^a	3.64 ^a	4.72 ^a	6.06 ^a	7.33 ^a	8.16 ^a	8.22 ^a	8.29 ^a	8.54 ^a
<i>Bacillus Subtilis</i>	0,00	0.66 ^b	1.2 ^b	2.43 ^b	4.06 ^b	5.66 ^b	7.14 ^b	8.95 ^b	10.27 ^a	11.66 ^b	11.77 ^a	11.83 ^b	11.47 ^a
<i>Azospirillum</i>	0,00	0.6 ^b	1.12 ^{ab}	2.41 ^b	3.89 ^b	5.64 ^b	7.22 ^b	8.66 ^{ab}	10.08 ^a	10.81 ^{ab}	10.52 ^a	10.72 ^{ab}	10.66 ^a
<i>Phesedomonas</i>	0,00	0.52 ^{ab}	1.5 ^b	2.47 ^b	3.43 ^{ab}	4.66 ^{ab}	5.95 ^{ab}	6.97 ^{ab}	8.37 ^a	8.91 ^{ab}	8.95 ^a	8.47 ^a	8.27 ^a
BNJ Taraf 5%	0,00	0.33	0.56	0.57	0.75	1.03	1.32	1.84	2.63	3.12	3.19	3.86	3.25

Keterangan : Nilai yang diikuti dengan huruf sama menunjukkan tidak adanya perbedaan yang signifikan.

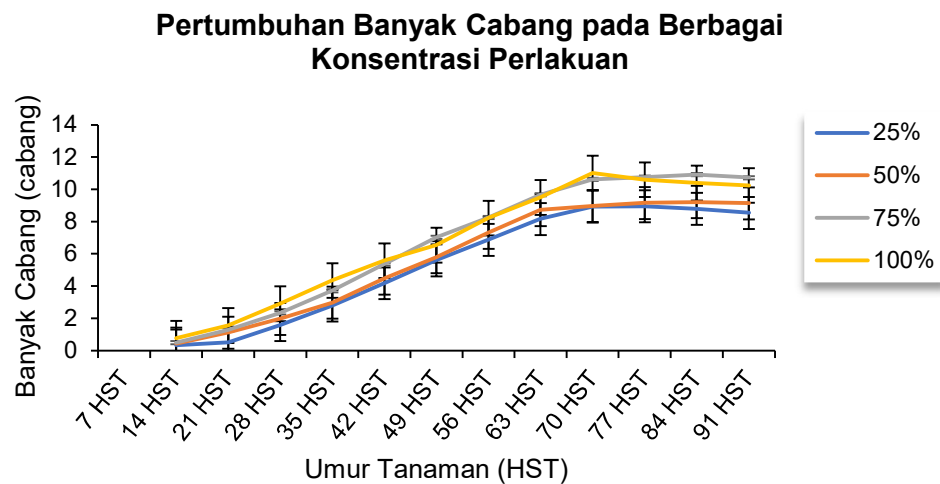
Berdasarkan Tabel 8, seluruh perlakuan belum membentuk cabang pada 7 HST karena tanaman masih memusatkan pertumbuhan pada akar dan batang utama. Pada 14 HST, menunjukkan *Bacillus subtilis* dan *Azospirillum* sp. berbeda nyata dengan tanpa bakteri, sedangkan *Pseudomonas fluorescens* belum berbeda

nyata meskipun secara deskriptif meningkatkan jumlah cabang sekitar 52%. Hal tersebut sejalan dengan Nusyirwan dan Syahadah (2020), yang menunjukkan bahwa bakteri tersebut memberikan pengaruh nyata terhadap jumlah cabang tanaman cabai.

Pada 21 HST, perlakuan *Bacillus subtilis* dan *Pseudomonas fluorescens* berbeda nyata dengan perlakuan tanpa bakteri, sedangkan *Azospirillum* sp. tidak berbeda nyata dengan perlakuan tanpa bakteri maupun bakteri lainnya. Respons *Azospirillum* sp. yang belum nyata diduga berkaitan dengan proses adaptasi dan kolonisasi bakteri di daerah perakaran, karena efektivitasnya dapat berbeda menurut isolat, konsentrasi, dan kondisi lingkungan tumbuh. Mardya, (2020) menjelaskan bahwa isolat *Azospirillum* yang berbeda menghasilkan respons pertumbuhan vegetatif yang tidak sama.

Pada 35-56 HST hasil analisis Tabel 8 menunjukan, perlakuan bakteri cenderung menghasilkan jumlah cabang lebih tinggi daripada tanpa bakteri, terutama terlihat pada perlakuan *Bacillus subtilis* dan *Azospirillum* sp., sedangkan *Pseudomonas fluorescens* menunjukkan respons yang lebih rendah dan tidak selalu berbeda nyata secara statistik. Pada 70 HST, *Bacillus subtilis* menunjukkan pertumbuhan paling konsisten dengan jumlah cabang sekitar 43% lebih tinggi daripada tanpa bakteri. Dan pada bakteri *Azospirillum* sp. menunjukan bahwa memiliki perbedaan nyata dengan perlakuan bakteri akan tetapi tidak berbeda nyata dengan tanpa bakteri. Hal ini menunjukkan *Bacillus subtilis* dan *Azospirillum* sp. membantu meningkatkan ketersediaan hara serta perkembangan akar sehingga mendukung pembentukan cabang (Supriyono *et al.*, 2022). Respons *Pseudomonas fluorescens* dapat berbeda karena efektivitasnya dipengaruhi oleh kondisi tanah, tanaman, dan interaksinya dengan mikroba lain (Wayan *et al.*, 2022)

Pada 63 HST menunjukan semua perlakuan tidak berbeda nyata begitu pula pada 77 dan 91 HST, seluruh perlakuan memiliki notasi huruf yang sama sehingga tidak berbeda nyata, meskipun secara deskriptif *Bacillus subtilis* tetap menghasilkan jumlah cabang tertinggi. Jumlah cabang *Bacillus subtilis* meningkat sekitar 1% dari 70 hingga 77 HST, sedangkan *Pseudomonas fluorescens* hanya meningkat sekitar 0,4% dan kemudian menurun sekitar 6% hingga 91 HST. Menurunnya pertumbuhan terjadi karena tanaman memasuki fase generatif, sehingga fotosintat dari daun lebih banyak dialokasikan ke organ generatif, seperti polong dan biji, untuk mendukung pembentukan dan pengisian hasil (Dolsenyawi *et al.*, 2026).



Gambar 11. Grafik Jumlah Cabang Pada Perbedaan Konsentrasi NPK

Berdasarkan Gambar 11, jumlah cabang tanaman kacang panjang meningkat sejak 14 HST dan mencapai nilai tertinggi sekitar 70 HST. Secara deskriptif, konsentrasi NPK 100% menghasilkan jumlah cabang sekitar 23% lebih tinggi daripada konsentrasi 25%, 19% daripada 50%, dan 0,5% daripada 75%. Pemberian NPK dapat mendukung pembentukan cabang karena unsur N, P, dan K berperan dalam pertumbuhan jaringan vegetatif tanaman (Prasetyo *et al.*, 2022). Sedangkan menurut Kasfar *et al.* (2024) menyatakan bahwa peningkatan dosis NPK sampai taraf optimum dapat meningkatkan jumlah cabang kacang panjang. Oleh karena itu, konsentrasi 100% mampu menyediakan hara yang lebih mencukupi untuk mendukung pembelahan sel dan pembentukan tunas (Putra *et al.*, 2025)

Meskipun konsentrasi 100% menunjukkan nilai tertinggi, perbedaannya dengan konsentrasi 75% hanya sekitar 0,5%. Selisih yang kecil tersebut menunjukkan bahwa penambahan NPK dari 75% menjadi 100% belum menghasilkan peningkatan cabang yang berarti secara biologis. Hal tersebut sejalan dengan Mulyani *et al.* (2024) menjelaskan bahwa perbedaan nilai jumlah cabang pada beberapa kombinasi pupuk belum tentu menunjukkan interaksi yang nyata secara statistik. Respons yang tidak berbeda nyata juga dapat terjadi ketika selisih rata-rata perlakuan lebih kecil daripada variasi pertumbuhan tanaman antarulangan akibat kondisi lingkungan yang tidak seragam (Saripi dan Mawardi, 2025). Oleh sebab itu, konsentrasi 100% hanya dapat dinyatakan lebih unggul secara statistik apabila memiliki notasi uji lanjut yang berbeda dari konsentrasi 75%.

Pada Gambar 11, menunjukkan pada 70 HST, pertumbuhan cabang mulai melambat dan cenderung menurun hingga 91 HST, terutama pada konsentrasi 100% yang mengalami penurunan sekitar 10%, sedangkan konsentrasi 75% masih meningkat sekitar 3% pada 84 HST. Penurunan tersebut diduga terjadi karena tanaman memasuki fase generatif sehingga fotosintat lebih banyak dialihkan dari organ vegetatif menuju pembentukan bunga dan pengisian polong (Amir, 2021). Jumlah cabang produktif juga berkaitan dengan peluang pembentukan polong dan hasil tanaman kacang panjang (Nursamsidari dan Kadafi, 2023). Namun, proses tersebut tetap dipengaruhi oleh ketersediaan air karena kelembapan yang terlalu rendah atau berlebihan dapat menghambat penyerapan hara dan pertumbuhan tanaman (Oktaviani, 2025).

Perbedaan hasil jumlah daun dan jumlah cabang menunjukkan bahwa kebutuhan hara setiap organ tanaman tidak selalu sama, karena jumlah daun cenderung optimum pada konsentrasi 75%, sedangkan jumlah cabang secara deskriptif lebih tinggi pada konsentrasi 100%. Fosfor mendukung pembelahan dan perkembangan sel akar serta batang, sementara bakteri pelarut fosfat membantu menyediakan unsur tersebut agar lebih mudah diserap tanaman (Stella dan Simamora, 2021). Pembentukan cabang yang diikuti perkembangan daun juga dapat meningkatkan kapasitas fotosintesis dan mendukung pembentukan hasil tanaman (Ariyanti *et al.*, 2020). Dalam kondisi, respons tanaman dapat berbeda akibat kelembapan, penyiraman, kondisi tanah antarpetak, serta gangguan hama atau penyakit. Oleh karena itu, hasil yang diperoleh merupakan gabungan antara ketersediaan hara, kemampuan akar menyerap nutrisi, ketepatan aplikasi pupuk dan bakteri, serta kondisi lingkungan.

Hasil pengamatan grafik diperkuat oleh hasil uji lanjut tukey pada faktor perlakuan diberbagai konsentrasi yang menunjukkan adanya perbedaan nyata antar perlakuan terhadap parameter banyak cabang pada beberapa hari pengamatan yang ditunjukkan pada Tabel 9 :

Tabel 9. Rerata Jumlah Cabang Pada Perbedaan Konsentrasi NPK

Konsentrasi	Umur Hari Setelah Tanam (HST)												
	NPK	7	14	21	28	35	42	49	56	63	70	77	84
25%	0	0.33 ^a	0.50 ^a	1.58 ^a	2.79 ^a	4.18 ^a	5.6 ^a	6.87 ^a	8.16 ^a	8.93 ^a	8.95 ^a	8.79 ^a	8.54 ^a
50%	0	0.43 ^b	1.12 ^b	1.97 ^{ab}	2.97 ^a	4.47 ^{ab}	5.79 ^a	7.31 ^a	8.72 ^a	8.97 ^a	9.16 ^a	9.22 ^a	9.14 ^a
75%	0	0.50 ^{ab}	1.29 ^b	2.34 ^{bc}	3.72 ^{ab}	5.37 ^{ab}	7.02 ^a	8.25 ^a	9.66 ^a	10.62 ^a	10.75 ^a	10.91 ^a	10.72 ^a
100%	0	0.77 ^b	1.56 ^b	2.91 ^c	4.35 ^b	5.58 ^b	6.54 ^a	8.22 ^a	9.50 ^a	11.02 ^a	10.60 ^a	10.39 ^a	10.24 ^a
BNJ Taraf 5%	0.00	0.33 ^{..}	0.56	0.75	1.03	1.32	1.84	2.63	3.12	3.19	3.86	3.25	3.33

Keterangan : Nilai yang diikuti dengan huruf sama menunjukkan tidak adanya perbedaan yang signifikan.

7
31
2

Berdasarkan Tabel 9, pada 7 HST seluruh konsentrasi NPK belum berbeda nyata karena tanaman masih berada pada fase awal pertumbuhan. Pada 14-21 HST, konsentrasi 100% menghasilkan jumlah cabang sekitar 57% lebih tinggi dibandingkan konsentrasi 25% dan berbeda nyata dengan perlakuan tersebut, meskipun tidak berbeda nyata dengan konsentrasi 50% dan 75%. Pemberian NPK yang sesuai dapat mendukung pembentukan cabang karena menyediakan unsur hara makro selama fase vegetatif (Andriani *et al.*, 2025). Pada 28 HST, seluruh konsentrasi kembali tidak berbeda nyata, meskipun konsentrasi 100% tetap menunjukkan nilai tertinggi secara deskriptif. Peningkatan dosis pupuk dapat meningkatkan jumlah cabang hingga taraf optimum, tetapi tidak selalu diikuti peningkatan yang nyata pada dosis lebih tinggi (Hanafi, 2022).

Pada hasil analisis Tabel 9 menunjukkan 28-42 HST jumlah cabang meningkat pada seluruh perlakuan, sedangkan konsentrasi 100% dan 75% cenderung menghasilkan nilai sekitar 20-25% lebih tinggi daripada konsentrasi 25% dan 50%. Pada 49-91 HST, sebagian besar perlakuan tidak berbeda nyata, meskipun pada 70 HST konsentrasi 100% secara deskriptif lebih tinggi sekitar 19% daripada konsentrasi 25%, 16% daripada 75%, dan 0,5% daripada 50%. Tidak adanya perbedaan nyata menunjukkan bahwa selisih rata-rata antarperlakuan masih lebih kecil daripada keragaman data antarulangan. Keragaman tersebut dipengaruhi oleh kelembapan, penyiraman, perbedaan kondisi antarpetak, tanaman sampel mati, serta gangguan hama atau penyakit. Kondisi lingkungan juga dapat memengaruhi ketersediaan hara dan aktivitas mikroorganisme di sekitar akar (Hulu, 2024).

13

Secara biologis, konsentrasi 100% dapat menyediakan unsur N, P, dan K yang lebih mencukupi untuk pembentukan tunas dan cabang pada fase vegetatif. Nitrogen mendukung pembentukan jaringan vegetatif, sedangkan fosfor membantu perkembangan akar dan pembelahan sel tanaman (Prakoso *et al.*, 2022). Meskipun setelah 70 HST, menunjukkan jumlah cabang pada konsentrasi 100% menurun sekitar 7,1% hingga 91 HST, sedangkan konsentrasi 75% relatif stabil dengan peningkatan sekitar 0,9%. Penurunan tersebut diduga terjadi karena tanaman memasuki fase generatif sehingga fotosintat dan unsur hara lebih banyak dialihkan untuk pembentukan bunga serta pengisian polong (Waluyo, 2024).

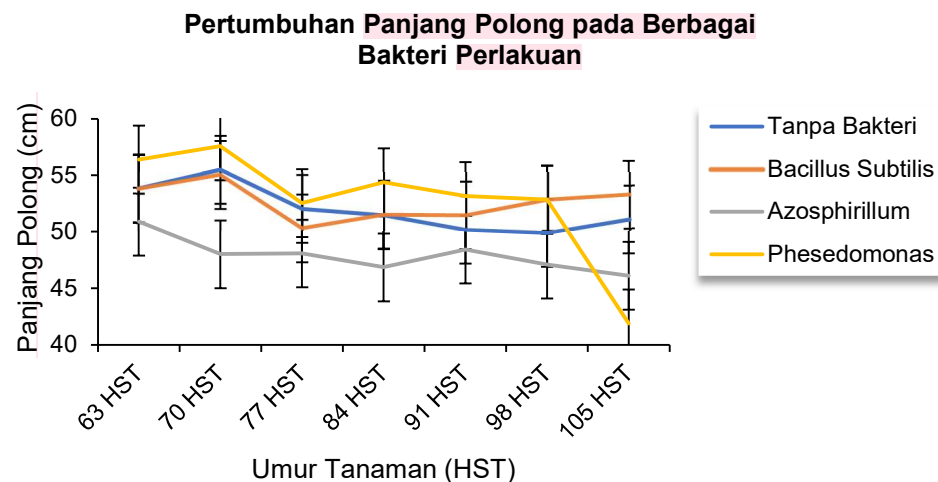
Berdasarkan faktor tunggal *Bacillus subtilis* menunjukkan respons paling konsisten terhadap jumlah daun dan jumlah cabang, akan tetapi konsentrasi NPK yang mendukung kedua parameter tersebut tidak sepenuhnya sama. Jumlah daun

cenderung optimum pada konsentrasi 75%, sedangkan jumlah cabang secara deskriptif lebih tinggi pada konsentrasi 100%, yang menunjukkan bahwa pembentukan cabang membutuhkan pasokan hara lebih besar untuk perkembangan batang dan tunas. Dan pada *Bacillus subtilis* membantu perkembangan kedua organ melalui perbaikan pertumbuhan akar dan pembentukan jaringan vegetatif (Prihatiningsih *et al.*, 2015).

Selain itu, aktivitas *Bacillus subtilis* sebagai pelarut fosfat dapat meningkatkan ketersediaan fosfor untuk pembelahan dan perkembangan sel akar maupun batang (Triani, 2022) sedangkan pemberian NPK yang sesuai terbukti mendukung pembentukan cabang kacang panjang. Dengan demikian *Bacillus subtilis* cenderung paling konsisten mendukung pertumbuhan vegetatif, sedangkan kebutuhan konsentrasi NPK berbeda antara jumlah daun dan jumlah cabang sehingga penentuan perlakuan terbaik tetap harus didasarkan pada hasil interaksi kedua faktor tersebut.

4.1.3 Panjang Polong (cm)

Panjang polong merupakan parameter penting pada fase generatif kacang panjang karena menggambarkan kemampuan tanaman membentuk organ hasil. Parameter ini dipengaruhi oleh ketersediaan hara, aktivitas akar, fotosintesis, dan penyaluran fotosintat ke polong. Pada penelitian ini, panjang polong diamati untuk mengetahui respons tanaman terhadap aplikasi *Bacillus subtilis*, *Azospirillum* sp., dan *Pseudomonas fluorescens* pada berbagai konsentrasi NPK. Pemupukan NPK dapat mendukung pertumbuhan dan hasil, sedangkan bakteri membantu meningkatkan ketersediaan hara di sekitar akar. Hal ini sejalan dengan (Mulyani *et al.*, 2024), bahwa dosis NPK dapat memengaruhi hasil kacang panjang, tetapi peningkatan dosis belum tentu selalu meningkatkan panjang polong secara linier.



Gambar 12. Grafik Panjang Polong Pada Berbagai Perlakuan Jenis Bakteri

Berdasarkan Gambar 12, panjang polong kacang panjang menunjukkan pola relatif stabil pada 63-105 HST karena nilai antarperlakuan berada pada kisaran yang berdekatan. Secara deskriptif, *Pseudomonas fluorescens* menghasilkan polong lebih panjang. Hal tersebut ditunjukkan pada hasil analisis 70 HST menunjukkan sekitar 4% lebih tinggi daripada tanpa bakteri, sedangkan pada *Bacillus subtilis* lebih rendah sekitar 1% dan *Azospirillum* sp. sekitar 16%. Respons *Pseudomonas fluorescens* berkaitan dengan kemampuannya meningkatkan ketersediaan fosfor dan mendukung kondisi rizosfer untuk pemanjangan sel polong (Norman *et al.*, 2025). Penggunaan bakteri terbukti dapat memengaruhi panjang polong kacang panjang melalui peningkatan ketersediaan hara selama fase generatif (Ayumnuaazmi *et al.*, 2025).

Memasuki usia 98-105 HST pada Gambar 12 menunjukkan *Bacillus subtilis* memiliki panjang polong yang lebih stabil dibandingkan perlakuan lain. Pada 98 HST, panjang polong pada *Bacillus subtilis* meningkat sekitar 1%, sedangkan *Pseudomonas fluorescens* menurun sekitar 26% dan *Azospirillum* sp. menurun sekitar 2-5% selama 91-105 HST. Kestabilan tersebut berkaitan dengan kemampuan *Bacillus subtilis* menjaga pertumbuhan dan fungsi perakaran tanaman (Risdiyati *et al.*, 2024). Dan ketersediaan hara yang tetap terjaga memungkinkan tanaman mempertahankan proses pembentukan dan pengisian polong pada akhir masa panen (Murdaningsih dan Wae, 2020).

Pada hasil analisis Gambar 12, penurunan nilai pada akhir pengamatan tidak berarti polong yang sama mengalami pemendekan, tetapi menunjukkan bahwa polong yang terbentuk atau dipanen pada umur tanaman lebih tua memiliki rata-rata ukuran lebih rendah. Kondisi ini terjadi karena setelah memasuki tahap

pengisian dan pemasakan, kemampuan akar menyerap air serta hara mulai berkurang dan fotosintat harus dibagi ke lebih banyak polong. Sedangkan *Azospirillum* sp. dapat mendukung perkembangan akar dan pemanfaatan nitrogen, tetapi efektivitasnya dipengaruhi oleh kondisi media serta kemampuan bakteri beradaptasi di sekitar akar (Wayan *et al.*, 2022). Selain itu, peningkatan pertumbuhan vegetatif oleh bakteri belum selalu diikuti peningkatan komponen polong yang nyata secara statistik (Budiyantri *et al.*, 2025).

Secara umum *Pseudomonas fluorescens* cenderung mendukung pemanjangan polong pada fase awal, sedangkan *Bacillus subtilis* lebih mampu mempertahankan panjang polong pada akhir pengamatan dan *Azospirillum* sp. menunjukkan respons relatif lebih rendah. Perbedaan tersebut dapat dipengaruhi oleh kelembapan dan penyiraman, kondisi tanah antarpetak, serangan hama atau penyakit, serta waktu aplikasi bakteri. Kondisi rizosfer yang tidak seragam dapat memengaruhi kolonisasi bakteri dan ketersediaan hara sehingga panjang polong lebih bervariasi (Laia *et al.*, 2024).

Aktivitas bakteri pelarut fosfat dan penambat nitrogen juga sangat bergantung pada kesesuaian kondisi tanah serta kebutuhan tanaman selama fase generatif (Sukmasari *et al.*, 2021). Oleh karena itu, pola panjang polong merupakan hasil gabungan antara mekanisme bakteri, umur tanaman, ketersediaan hara, penyaluran fotosintat, dan kondisi lingkungan (Oktavia *et al.*, 2025).

Hasil pengamatan grafik diperkuat oleh hasil uji lanjut tukey pada faktor perlakuan diberbagai bakteri yang menunjukkan adanya perbedaan nyata antar perlakuan terhadap parameter panjang polong pada beberapa hari pengamatan yang ditunjukkan pada Tabel 10:

Tabel 10. Rerata Panjang Polong Pada Perbedaan Jenis Bakteri

Perlakuan Bakteri	Umur Hari Setelah Tanam (HST)						
	63	70	77	84	91	98	105
Tanpa Bakteri	53,85 ^a	55,50 ^a	52,04 ^a	51,47 ^a	50,18 ^a	49,91 ^a	51,10 ^a
<i>Bacillus Subtilis</i>	53,79 ^a	55,04 ^a	50,31 ^a	51,52 ^a	51,45 ^a	52,85 ^a	53,29 ^a
<i>Azospirillum</i>	50,89 ^a	48,02 ^a	48,08 ^a	46,85 ^a	48,43 ^a	47,10 ^a	46,12 ^a
<i>Pseudomonas</i>	56,39 ^a	57,58 ^a	52,54 ^a	54,37 ^a	53,16 ^a	52,85 ^a	41,88 ^a
BNJ Taraf 5%	15,41	16,27	19,36	18,05	19,36	18,55	19,36

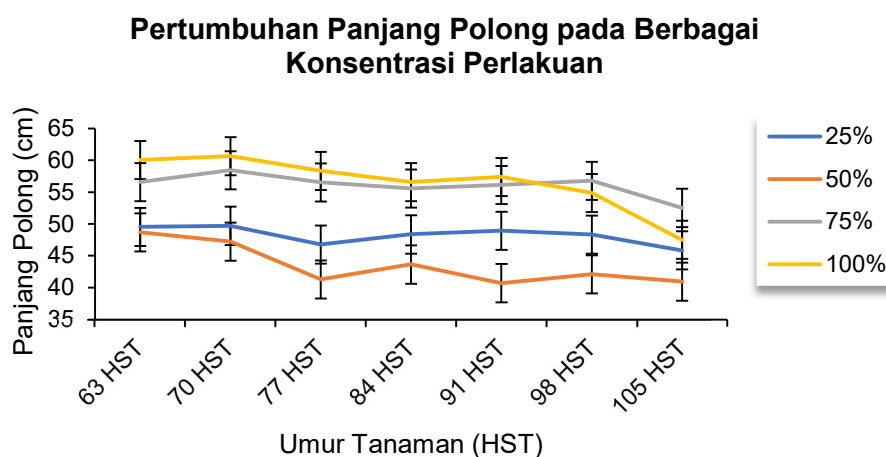
Keterangan :Nilai yang diikuti dengan huruf sama menunjukkan tidak adanya perbedaan yang signifikan.

Berdasarkan hasil analisis Tabel 10, panjang polong kacang panjang menunjukkan pola yang berfluktuasi selama 63-105 HST, tetapi nilai

antarperlakuan masih berada dalam kisaran yang relatif berdekatan dan tidak berbeda nyata. Secara deskriptif *Pseudomonas fluorescens* cenderung menghasilkan polong lebih panjang pada umur 63-91 HST. Sedangkan pada 70 HST, panjang polong pada perlakuan tersebut sekitar 4% lebih tinggi daripada tanpa bakteri, sedangkan *Bacillus subtilis* lebih rendah sekitar 1% dan begitu pula pada perlakuan *Azospirillum* sp. menurun sekitar 16%.

Respons *Pseudomonas fluorescens* berkaitan dengan kemampuannya menyediakan fosfor dan memperbaiki kondisi rizosfer sehingga mendukung proses pemanjangan sel polong (Oktavia *et al.*, 2025). Selain itu *Pseudomonas fluorescens* dan *Azospirillum* sp. dapat membantu tanaman memanfaatkan unsur nitrogen dan fosfor, meskipun efektivitasnya dipengaruhi oleh kondisi lingkungan perakaran (Ayumnuzmi *et al.*, 2025). Namun, kesamaan notasi pada uji Tukey menunjukkan bahwa perbedaan panjang polong tersebut hanya terlihat secara deskriptif dan belum terbukti berbeda nyata secara statistik (Rabani *et al.*, 2022)

Tidak adanya perbedaan nyata menunjukkan bahwa panjang polong dipengaruhi oleh faktor genetik, keseimbangan hara, umur tanaman, alokasi fotosintat, serta kondisi rizosfer yang menentukan efektivitas bakteri (Sukmasari *et al.*, 2021). Ketepatan waktu aplikasi bakteri menjadi penting karena pupuk hayati akan bekerja lebih efektif apabila aktivitas mikroba berlangsung bersamaan dengan meningkatnya kebutuhan hara pada fase pembentukan polong (Afrina dan Frisella, 2024). Dengan demikian, *Pseudomonas fluorescens* cenderung mendukung pemanjangan polong pada fase awal dan *Bacillus subtilis* lebih stabil pada fase akhir, tetapi keduanya belum dapat dinyatakan lebih unggul secara statistik.



Gambar 13. Grafik Panjang Polong Pada Perbedaan Konsentrasi NPK

Berdasarkan Gambar 13, panjang polong kacang panjang pada konsentrasi NPK 25-100% cenderung stabil selama 63-105 HST karena nilai antarperlakuan relatif berdekatan. Secara deskriptif, konsentrasi 100% menghasilkan panjang polong tertinggi pada umur 63-91 HST dan mencapai puncak pada 70 HST, yaitu sekitar 22% lebih tinggi dibandingkan konsentrasi 25%. Hasil ini menunjukkan bahwa ketersediaan unsur hara dari NPK dapat mendukung pembentukan dan perkembangan polong. Namun peningkatan dosis NPK tidak selalu memberikan hasil terbaik pada seluruh parameter tanaman (Chairiyah *et al.*, 2022)

Pada hasil analisis 98-105 HST, pola panjang polong berubah karena konsentrasi 75% menunjukkan hasil paling stabil dan menjadi perlakuan tertinggi pada akhir pengamatan. Pada 98 HST, konsentrasi 75% menghasilkan panjang polong sekitar 15% lebih tinggi daripada konsentrasi 25%, sedangkan konsentrasi 100% meningkat sekitar 12% dan konsentrasi 50% lebih rendah sekitar 15%. Pada 105 HST, konsentrasi 75% tetap tertinggi dengan selisih sekitar 13% dibandingkan konsentrasi 25%. Sementara itu, konsentrasi 100% hanya meningkat sekitar 3% dan konsentrasi 50% lebih rendah sekitar 12%. Perubahan ini menunjukkan bahwa respons panjang polong dipengaruhi oleh jumlah dan ketersediaan hara pada setiap taraf pemupukan (Wahyuni dan Herwati, 2024). Konsentrasi 75% mampu menyediakan hara yang lebih seimbang sehingga perkembangan polong dapat dipertahankan hingga fase akhir.

Perbedaan respons antar konsentrasi menunjukkan bahwa panjang polong lebih dipengaruhi oleh keseimbangan hara dan efisiensi penyerapannya daripada tingginya dosis pupuk. Konsentrasi 100% cenderung lebih mendukung pembentukan polong pada fase awal, sedangkan konsentrasi 75% lebih sesuai untuk mempertahankan pemanjangan polong pada fase akhir. Peningkatan dosis NPK juga tidak selalu memberikan pengaruh nyata karena respons tanaman bergantung pada kondisi media tumbuh dan kemampuan akar menyerap hara (Chairiyah *et al.*, 2022). Waktu dan interval pemupukan perlu disesuaikan agar hara tersedia ketika tanaman memasuki fase pembentukan polong. Dengan demikian, panjang polong merupakan hasil interaksi antara konsentrasi NPK, kemampuan akar menyerap hara, umur tanaman, dan kondisi lingkungan (Daeli *et al.*, 2026)

Hasil pengamatan grafik diperkuat oleh hasil uji lanjut Tukey pada faktor perlakuan diberbagai konsentrasi yang menunjukan adanya perbedaan nyata

antar perlakuan terhadap parameter panjang polong pada beberapa hari pengamatan yang ditunjukkan pada Tabel 11 berikut :

Tabel 11. Rerata Panjang Polong Pada Perbedaan Konsentrasi NPK

Konsentrasi NPK	Umur Hari Setelah Tanam (HST)						
	63	70	77	84	91	98	105
25%	49.56 ^a	49.72 ^a	46.77 ^a	48.37 ^a	48.95 ^a	48.35 ^a	45.87 ^a
50%	48.7 ^a	47.25 ^a	41.29 ^a	43.64 ^a	40.72 ^a	42.1 ^a	40.93 ^a
75%	56.6 ^a	58.47 ^a	56.54 ^a	55.6 ^a	56.14 ^a	56.81 ^a	52.54 ^a
100%	60.06 ^a	60.68 ^a	58.37 ^a	56.6 ^a	57.41 ^a	54.89 ^a	47.52 ^a
BNJ Taraf 5%	15.41	16.27	19.36	18.05	19.36	18.55	19.36

Sumber: Data Primer dioalah (2026)

Keterangan :Nilai yang diikuti dengan huruf sama menunjukkan tidak adanya perbedaan yang signifikan.

Berdasarkan tabel 11, panjang polong kacang panjang berfluktuasi selama 63-105 HST, tetapi seluruh konsentrasi memiliki notasi huruf yang sama sehingga tidak berbeda nyata berdasarkan uji Tukey taraf 5%. Secara deskriptif, konsentrasi 100% menghasilkan panjang polong tertinggi pada 63-91 HST dan mencapai puncak pada 70 HST. Pada umur tersebut, nilainya sekitar 22% lebih tinggi daripada konsentrasi 25%, sedangkan konsentrasi 75% meningkat sekitar 15% dan konsentrasi 50% lebih rendah sekitar 5%. Ketersediaan unsur NPK yang mencukupi dapat mendukung pembentukan dan perkembangan organ hasil, tetapi respons tanaman tetap dipengaruhi oleh dosis yang diberikan (Prakoso *et al.*, 2022). Sejalan dengan Jannah *et al.*, (2022) menunjukkan bahwa dosis NPK dapat memengaruhi panjang polong, meskipun dosis tertinggi tidak selalu memberikan hasil terbaik.

Pada 98-105 HST, konsentrasi 75% menunjukkan hasil yang lebih stabil dan menjadi perlakuan tertinggi pada akhir pengamatan. Pada 98 HST, konsentrasi 75% menghasilkan polong sekitar 15% lebih panjang daripada konsentrasi 25%, sementara konsentrasi 100% meningkat sekitar 12% dan konsentrasi 50% menurun sekitar 15%; pada 105 HST selisihnya masing-masing menjadi 13%, 3%, dan -12%. Perubahan tersebut tidak berarti polong yang sama mengalami pemendekan, tetapi menunjukkan bahwa polong yang dipanen pada umur tanaman lebih tua memiliki ukuran rata-rata berbeda karena telah memasuki tahap pengisian dan pemasakan. Dosis pupuk yang seimbang dapat meningkatkan ukuran polong, sedangkan penambahan dosis setelah kebutuhan tanaman tercukupi belum tentu kembali meningkatkan hasil (Murdaningsih dan Wae, 2020).

Secara biologis, konsentrasi 100% dapat menyediakan hara lebih banyak pada awal pembentukan polong, sedangkan konsentrasi 75% lebih mampu mempertahankan panjang polong pada fase akhir karena unsur hara tersedia dalam jumlah yang lebih seimbang. Fosfor mendukung pembentukan dan perkembangan organ generatif, sedangkan kalium membantu pemindahan fotosintat menuju polong. Oleh sebab itu, keberhasilan pemupukan lebih ditentukan oleh kesesuaian dosis daripada banyaknya pupuk semata (Murdaningsih dan Wae, 2020). Waktu aplikasi pupuk juga menentukan ketersediaan hara ketika tanaman memasuki fase pembentukan dan pemanjangan polong (Wulandari *et al.*, 2021). Oleh karena itu, hasil yang tidak berbeda nyata menunjukkan bahwa panjang polong merupakan gabungan dari konsentrasi NPK, kondisi perakaran, lingkungan rizosfer, umur tanaman, dan kemampuan tanaman mengalokasikan fotosintat (Hanafi, 2022)

Hal ini menunjukkan bahwa secara faktor tunggal *Bacillus subtilis* paling konsisten meningkatkan jumlah daun dan cabang, sedangkan panjang polong cenderung lebih tinggi pada *Pseudomonas fluorescens* di awal panen dan lebih stabil pada *Bacillus subtilis* di akhir pengamatan. Hal tersebut dikarenakan *Bacillus subtilis* membantu menyediakan fosfor dan menjaga fungsi akar, sehingga pertumbuhan vegetatif dan penyaluran hara menuju polong tetap berlangsung (Risdiyati *et al.*, 2024). Konsentrasi NPK 75% cenderung lebih sesuai untuk mendukung pembentukan daun dan mempertahankan panjang polong, sedangkan konsentrasi 100% lebih menunjang pertumbuhan cabang.

Perbedaan tersebut diduga karena pembentukan cabang memerlukan ketersediaan N, P, dan K yang lebih besar dan seimbang untuk mendukung pertumbuhan tunas, perkembangan akar, serta pembentukan jaringan vegetatif (Muttaqin *et al.*, 2024). Banyaknya daun dan cabang meningkatkan kapasitas fotosintesis serta tempat pembentukan bunga, tetapi nilai panjang polong tertinggi karena fotosintat juga digunakan untuk mempertahankan akar, batang, dan organ vegetatif (Waluyo, 2024). Dalam kondisi ini, hubungan tersebut dipengaruhi oleh kelembapan, penyiraman, gangguan hama, serta ketepatan aplikasi bakteri dan NPK, sehingga perlakuan bernilai tinggi secara deskriptif belum tentu berbeda nyata secara statistik.

Berdasarkan hasil analisis, jenis bakteri dan konsentrasi NPK menunjukkan kecenderungan yang berbeda terhadap panjang polong. Secara deskriptif, *Pseudomonas fluorescens* cenderung menghasilkan polong lebih panjang pada

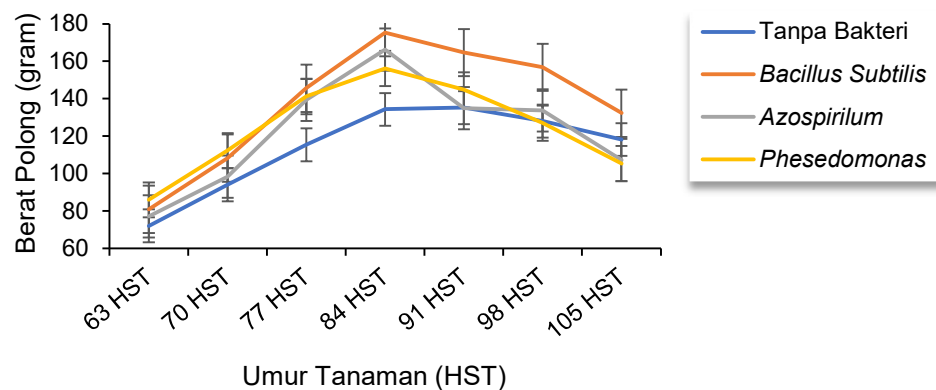
63-91 HST, sedangkan *Bacillus subtilis* lebih stabil dalam mempertahankan panjang polong pada 98-105 HST. Pada faktor konsentrasi, NPK 100% menghasilkan panjang polong tertinggi pada 63-91 HST, sedangkan konsentrasi 75% lebih stabil dan menghasilkan nilai tertinggi pada akhir pengamatan. Meskipun terdapat perbedaan nilai rata-rata, kesamaan notasi menunjukkan bahwa selisih tersebut belum cukup kuat untuk dinyatakan berbeda nyata secara statistik. Hubungan kedua faktor diduga terjadi karena bakteri membantu menyediakan nitrogen dan fosfor di daerah perakaran, sedangkan NPK menyediakan hara utama yang dibutuhkan dalam pembentukan serta pemanjangan polong.

Panjang polong berkaitan dengan jumlah daun dan cabang karena kedua organ tersebut mendukung pembentukan serta penyaluran fotosintat menuju polong. *Bacillus subtilis* lebih konsisten meningkatkan pertumbuhan vegetatif melalui perbaikan akar, pelarutan fosfat, dan produksi fitohormon. Namun, banyaknya daun dan cabang tidak selalu menghasilkan polong paling panjang karena fotosintat juga digunakan untuk mempertahankan batang, akar, daun, dan pembentukan beberapa polong sekaligus. Sementara itu, *Pseudomonas fluorescens* diduga lebih cepat meningkatkan ketersediaan fosfor pada awal fase generatif sehingga proses pembelahan dan pemanjangan sel polong berlangsung lebih optimal. Perbedaan mekanisme dan waktu kerja bakteri tersebut menyebabkan *Pseudomonas fluorescens* menghasilkan polong lebih panjang pada awal panen, meskipun *Bacillus subtilis* lebih dominan pada pertumbuhan vegetatif.

4.1.4 Berat Polong (gram)

Berat polong merupakan parameter generatif yang menggambarkan kemampuan tanaman kacang panjang menghasilkan bagian panen (Mokoginta *et al.*, 2024). Berat polong dipengaruhi oleh kemampuan tanaman menghasilkan fotosintat, ketersediaan unsur hara, aktivitas perakaran, serta proses penyaluran fotosintat menuju organ generatif. Pengamatan parameter ini dilakukan untuk mengetahui respons kacang panjang terhadap pemberian *Bacillus subtilis*, *Azospirillum* sp., dan *Pseudomonas fluorescens* pada berbagai konsentrasi NPK. Kombinasi pupuk NPK dan bakteri menguntungkan dapat membantu meningkatkan ketersediaan serta penyerapan hara, sehingga pembentukan dan pengisian polong berlangsung lebih optimal (Jannah *et al.*, 2022).

Pertumbuhan Berat Polong Pada Berbagai Perlakuan Jenis Bakteri



Gambar 14. Grafik Berat Polong Pada Berbagai Perlakuan Jenis Bakteri

Berdasarkan Gambar 14, berat polong kacang panjang meningkat sejak 63 HST dengan pola yang berbeda pada setiap bakteri. Pada 84 HST, terjadi peningkatan tertinggi secara deskriptif terdapat pada *Bacillus subtilis* sebesar 23%, diikuti *Azospirillum* sp. sebesar 19% dibandingkan tanpa bakteri. Peningkatan tersebut terjadi karena kedua bakteri membantu perkembangan akar serta meningkatkan ketersediaan nitrogen dan fosfor untuk pembentukan dan pengisian polong. Namun, berat polong pada *Azospirillum* sp. menurun sekitar 23% pada 91 HST, yang diduga karena hasil panen sebelumnya cukup tinggi sehingga pasokan fotosintat untuk pembentukan polong berikutnya berkurang. Respons tersebut juga dapat dipengaruhi oleh kelembapan tanah, serangan hama atau penyakit, serta waktu aplikasi bakteri (Santoso dan Jayaputra, 2026).

Pada perlakuan *Pseudomonas fluorescens* menunjukkan peningkatan sekitar 14% dengan pola berat polong yang relatif lebih konsisten. Kestabilan tersebut diduga berkaitan dengan kemampuannya melarutkan fosfat, menghasilkan siderofor, dan mempertahankan kondisi rizosfer sehingga penyerapan hara tetap berlangsung selama fase generatif. Ketersediaan fosfor yang lebih baik membantu pembentukan bunga, perkembangan polong, serta pemindahan fotosintat dari daun menuju polong (Waluyo, 2024).

Tingginya berat polong pada perlakuan *Bacillus subtilis* berkaitan dengan kemampuannya meningkatkan ketersediaan hara di daerah perakaran. Bakteri ini dapat membantu melarutkan *fosfat*, menghasilkan fitohormon, dan mendukung perkembangan akar sehingga penyerapan air serta unsur hara menjadi lebih baik (Mendrofa dan Lase, 2025). Fosfor berperan dalam transfer energi, pembentukan bunga, dan pengisian polong, sedangkan *Azospirillum* sp. membantu

menyediakan nitrogen serta menghasilkan IAA yang merangsang akar lateral dan rambut akar (Widawati dan Muharam, 2023).

Sementara, *Pseudomonas fluorescens* mampu melarutkan fosfat, menghasilkan siderofor, dan menjaga kondisi rizosfer agar tetap mendukung pertumbuhan tanaman (Hartono *et al.*, 2024). Perbedaan mekanisme tersebut menyebabkan setiap bakteri memberikan respons yang tidak sama karena dipengaruhi oleh kemampuan kolonisasi akar, kondisi tanah, kelembapan, ketersediaan hara, dan kesesuaiannya dengan tanaman (Tifani *et al.*, 2024). Oleh karena itu, *Pseudomonas fluorescens* cenderung lebih cepat memberikan respons pada awal panen, sedangkan *Bacillus subtilis* lebih efektif pada fase puncak pembentukan dan pengisian polong.

Setelah mencapai puncak pada 84 HST, berat polong pada seluruh perlakuan bakteri cenderung menurun hingga 105 HST. Berdasarkan Gambar 14, penurunan pada *Bacillus subtilis* mencapai sekitar 33% dan pada *Pseudomonas fluorescens* sekitar 48%, sedangkan tanpa bakteri menunjukkan penurunan terendah sekitar 14%. Penurunan tersebut tidak berarti polong kehilangan berat, tetapi menunjukkan bahwa hasil panen pada umur tanaman yang semakin tua akan semakin rendah (Tambunan, 2020). Kondisi ini terjadi karena tanaman mulai melewati fase pengisian polong optimal, daun mulai menua, aktivitas fotosintesis menurun, dan fotosintat yang tersedia untuk pembentukan polong berikutnya semakin terbatas (Santoso dan Jayaputra, 2026). Persentase penurunan yang lebih kecil pada perlakuan tanpa bakteri juga tidak selalu menunjukkan hasil yang lebih baik karena nilai puncaknya sejak awal cenderung lebih rendah. Pola tersebut turut dipengaruhi oleh kelembapan tanah, penyiraman, perbedaan kondisi antarpetak, tanaman sampel yang mati, serangan hama atau penyakit, serta ketepatan waktu aplikasi bakteri.

Hasil pengamatan grafik diperkuat oleh hasil uji lanjut tukey pada faktor perlakuan diberbagai bakteri yang menunjukkan adanya perbedaan nyata antar perlakuan terhadap parameter berat polong pada beberapa hari pengamatan yang ditunjukkan pada Tabel 12 :

Tabel 12. Rerata Panjang Polong Pada Perbedaan Jenis Bakteri

Perlakuan	Umur Hari Setelah Tanam (HST)						
	63	70	77	84	91	98	105
Tanpa Bakteri	72.04 ^a	93.93 ^a	115.32 ^a	134.27 ^a	135.22 ^a	128.02 ^a	118.14 ^a
<i>Bacillus subtilis</i>	80.83 ^a	108.22 ^a	145.60 ^b	175.35 ^b	164.62 ^a	156.75 ^a	132.22 ^a
<i>Azospirillum</i>	77.04 ^a	98.25 ^a	139.39 ^{ab}	166.18 ^{ab}	134.89 ^a	136.72 ^a	107.18 ^a
<i>Phesedomonas</i>	85.93 ^a	112.27 ^a	141.14 ^{ab}	156.22 ^{ab}	144.75 ^a	126.95 ^a	105.33 ^a
BNJ Taraf 5%	17.27	24.04	29.13	39.33	32.93	31.87	42.58

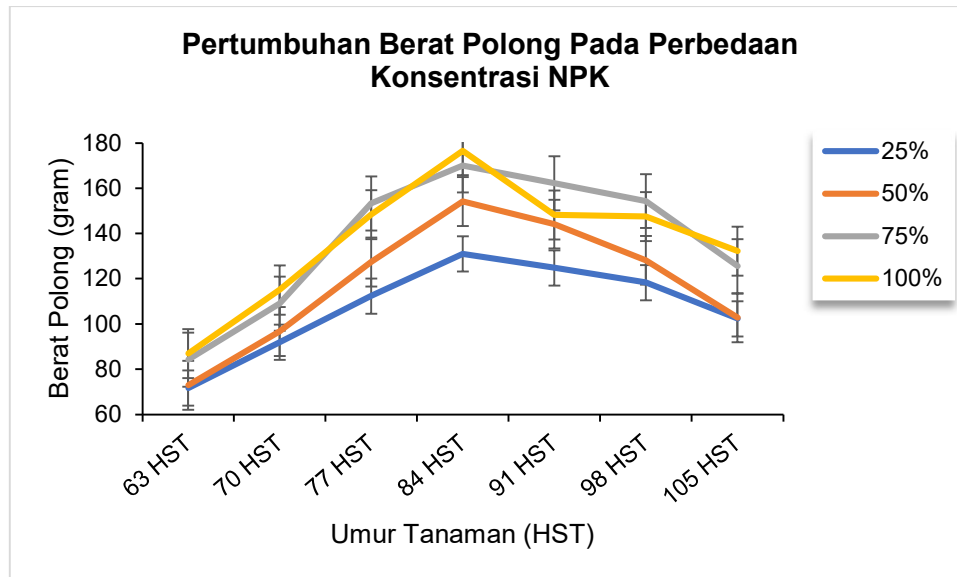
Keterangan : Nilai yang diikuti dengan huruf sama menunjukkan tidak adanya perbedaan yang signifikan.

Berdasarkan tabel 12, berat polong meningkat sejak 63 HST dan mencapai nilai tertinggi pada 84-91 HST, tetapi pola peningkatannya berbeda pada setiap perlakuan. Pada 63 dan 70 HST, seluruh perlakuan memiliki notasi huruf yang sama, sehingga perbedaan nilai yang terlihat masih bersifat deskriptif dan belum berbeda nyata secara statistik. Pada 77 dan 84 HST, *Bacillus subtilis* memperoleh nilai tertinggi sebesar 21% dari pada tanpa bakteri serta berbeda nyata dengan tanpa bakteri, sedangkan *Azospirillum* sp. dan *Pseudomonas fluorescens* berada pada kelompok antara karena tidak berbeda nyata dengan kedua perlakuan tersebut. Hasil ini menunjukkan bahwa *Bacillus subtilis* mulai memberikan pengaruh yang lebih optimal pada fase pembentukan dan pengisian polong, kemungkinan melalui peningkatan perkembangan akar, pelarutan fosfat, dan produksi fitohormon (Ayumnuzmi *et al.*, 2025).

Pada 91, 98, dan 105 HST, seluruh perlakuan kembali memiliki notasi yang sama, sehingga nilai *Bacillus subtilis* yang secara deskriptif lebih tinggi belum dapat dinyatakan sebagai perlakuan terbaik secara statistik. Secara biologis, *Bacillus subtilis* mampu mempertahankan penyerapan hara selama fase generatif karena membantu melarutkan fosfat dan memperbaiki kondisi rizosfer, sehingga pembentukan serta pengisian polong berlangsung lebih baik (Dewi *et al.*, 2026). Hal tersebut sejalan dengan Yuniarti (2022) yang menyatakan bahwa *Azospirillum* sp. mendukung penyediaan nitrogen dan menghasilkan IAA yang merangsang akar lateral serta rambut akar. Penurunan setelah 84 HST berkaitan dengan peralihan alokasi fotosintat dari pertumbuhan akar dan jaringan vegetatif menuju pembentukan serta pengisian polong. Secara deskriptif, *Pseudomonas fluorescens* menunjukkan nilai yang lebih tinggi pada awal panen, yang berkaitan dengan kemampuannya melarutkan fosfat dan menghasilkan siderofor (Humaira dan Advinda, 2025).

Setelah fase puncak, berat polong menurun karena tanaman mulai menua, aktivitas fotosintesis berkurang, dan hasil panen berikutnya menerima pasokan fotosintat yang lebih rendah. Penurunan tersebut tidak berarti polong yang sama kehilangan berat, melainkan jumlah atau berat polong yang dipanen pada umur tanaman lebih tua menjadi semakin rendah (Prasetyo *et al.*, 2022). Respons tanaman pada kondisi pertanaman juga dipengaruhi oleh kelembapan tanah,

penyiraman, perbedaan kondisi antarpetak, kematian tanaman sampel, serangan hama atau penyakit, serta ketepatan waktu aplikasi bakteri.



Gambar 15. Grafik Berat Polong Pada Perbedaan Konsentrasi NPK

Berdasarkan Gambar 15, berat polong pada seluruh konsentrasi NPK meningkat sejak 63 HST dan mencapai puncak pada 84 HST, bukan pada 91 HST. Secara deskriptif, konsentrasi 100% menghasilkan berat polong tertinggi pada 84 HST sebesar 26%, diikuti konsentrasi 75%, 50%, dan 25%. Peningkatan tersebut menunjukkan bahwa kebutuhan hara tanaman semakin besar ketika memasuki fase pembentukan dan pengisian polong. Menurut Konsentrasi 100% menyediakan nitrogen, fosfor, dan kalium dalam jumlah lebih mencukupi untuk mendukung fotosintesis serta pembentukan organ generatif (Harun *et al*, 2022).

Setelah mencapai puncak pada 84 HST, berat polong pada seluruh konsentrasi cenderung menurun hingga 105 HST. Konsentrasi 75% menunjukkan pola yang relatif stabil pada 91-98 HST dan menghasilkan berat polong lebih tinggi daripada konsentrasi lainnya pada periode tersebut. Akan tetapi, pada 105 HST konsentrasi 100% kembali menunjukkan nilai tertinggi secara deskriptif, sedangkan konsentrasi 25% dan 50% mengalami penurunan paling besar sebesar 16% dan 25%.

Hal tersebut sejalan dengan Murdaningsih dan Wae, (2020) menyatakan penurunan ini tidak berarti polong yang sama kehilangan berat, tetapi menunjukkan bahwa jumlah atau berat polong yang dipanen pada umur tanaman lebih tua menjadi semakin rendah. Kondisi tersebut terjadi karena tanaman telah melewati fase pengisian optimal, daun mulai menua, fotosintesis menurun, dan pasokan fotosintat untuk polong berikutnya semakin terbatas. Dengan demikian,

konsentrasi 100% lebih mendukung pencapaian hasil puncak, sedangkan konsentrasi 75% cenderung lebih mampu mempertahankan berat polong pada pertengahan fase panen.

Secara biologis, nitrogen berperan dalam pembentukan jaringan dan klorofil, fosfor mendukung transfer energi serta pembentukan polong, sedangkan kalium membantu pemindahan fotosintat dari daun menuju polong (Murnita dan Taher, 2021). Konsentrasi 75% memberikan keseimbangan hara yang cukup baik sehingga penyerapan hara tetap efisien dan berat polong tidak menurun terlalu cepat pada 91-98 HST. Sebaliknya respons tanaman juga dapat dipengaruhi oleh aktivitas bakteri di daerah perakaran yang membantu meningkatkan ketersediaan nitrogen dan fosfor (Noviani dan Rahayu, 2022).

Hasil pengamatan grafik diperkuat oleh hasil uji lanjut tukey pada faktor perlakuan diberbagai bakteri yang menunjukkan adanya perbedaan nyata antar perlakuan terhadap parameter berat polong pada beberapa hari pengamatan yang ditunjukkan pada Tabel 13 berikut :

Tabel 13. Rerata Berat Polong Pada Perbedaan Konsentrasi NPK

Konsentrasi NPK	Umur Hari Setelah Tanam (HST)						
	63	70	77	84	91	98	105
25%	71,68 ^a	91,95 ^a	112,37 ^a	131,06 ^a	124,83 ^a	118,31 ^a	102,35 ^a
50%	72,95 ^a	96,72 ^a	127,37 ^{ab}	154,20 ^{ab}	144,18 ^{ab}	128,18 ^{ab}	102,72 ^a
75%	84,25 ^a	108,95 ^a	153,29 ^b	170,12 ^{ab}	162,22 ^b	154,37 ^b	125,58 ^a
100%	86,95 ^a	115,04 ^a	148,32 ^b	176,64 ^b	148,25 ^{ab}	147,48 ^{ab}	132,20 ^a
BNJ Taraf 5%	17,27	24,04	29,13	39,33	32,93	31,87	42,58

Keterangan :Nilai yang diikuti dengan huruf sama menunjukkan tidak adanya perbedaan yang signifikan.

Berdasarkan Tabel 13, berat polong meningkat sejak 63 HST dan mencapai nilai tertinggi pada 91 HST, meskipun respons setiap konsentrasi berbeda pada tiap umur pengamatan. Pada 63 HST, konsentrasi 100% secara deskriptif menghasilkan berat polong tertinggi, yaitu 24% lebih tinggi daripada konsentrasi 25%, sedangkan konsentrasi 75% meningkat sekitar 17%. Berdasarkan notasi uji Tukey, konsentrasi 25% berbeda nyata dengan seluruh konsentrasi, konsentrasi 50% tidak berbeda nyata dengan 100%, sedangkan konsentrasi 75% berbeda nyata dengan konsentrasi 25%, 50%, dan 100%. Pada 77 HST, konsentrasi 75% menghasilkan nilai tertinggi dengan peningkatan sekitar 20% dibandingkan konsentrasi 25%, tetapi tidak berbeda nyata dengan konsentrasi 100% sehingga keduanya memberikan respons statistik yang setara.

Perbedaan tersebut mulai terlihat karena kebutuhan nitrogen, fosfor, dan kalium meningkat ketika tanaman memasuki fase pembentukan serta pengisian polong (Elita *et al.*, 2024).

Pada 84 HST, konsentrasi 100% secara deskriptif menghasilkan berat polong sekitar 18% lebih tinggi daripada konsentrasi 25%, tetapi keunggulannya hanya dapat dinyatakan berbeda nyata apabila memiliki notasi huruf yang berbeda. Setelah mencapai puncak pada 91 HST, berat polong menurun sekitar 28-31% pada 98-105 HST, sedangkan konsentrasi 75% kembali menunjukkan nilai tertinggi dengan peningkatan sekitar 23% dibandingkan konsentrasi 25%. Hal tersebut sejalan dengan Santoso dan Jayaputra, (2026) menyatakan penurunan tersebut terjadi karena tanaman mulai melewati fase pengisian optimal, daun mengalami penuaan, aktivitas fotosintesis menurun, dan pasokan fotosintat menuju polong berikutnya semakin terbatas.

Menurut Murdaningsih dan Wae, (2020) kestabilan konsentrasi 75% berkaitan dengan ketersediaan hara yang lebih seimbang, sedangkan hasil konsentrasi lainnya dapat dipengaruhi oleh kelembapan tanah, penyiraman, perbedaan kondisi antarpetak, serangan hama atau penyakit, serta waktu aplikasi pupuk dan bakteri. Dengan demikian, konsentrasi 100% cenderung mendukung hasil tinggi pada fase puncak, sedangkan konsentrasi 75% lebih stabil pada fase akhir panen, tetapi penetapan perlakuan terbaik tetap harus mengikuti hasil uji statistik.

Berdasarkan analisis faktor tunggal, jenis bakteri dan konsentrasi NPK menunjukkan kecenderungan memengaruhi berat polong, tetapi hubungan keduanya sebagai interaksi hanya dapat dinyatakan apabila hasil ANOVA interaksi bakteri $\times$ konsentrasi menunjukkan pengaruh nyata. Pada faktor bakteri, *Bacillus subtilis* menghasilkan berat polong tertinggi pada 77 dan 84 HST serta berbeda nyata dengan tanpa bakteri, sedangkan *Azospirillum* sp. dan *Pseudomonas fluorescens* berada pada kelompok antara. Pada 63, 70, 91, 98, dan 105 HST, seluruh perlakuan bakteri memiliki notasi yang sama sehingga perbedaannya hanya bersifat deskriptif.

Pada faktor konsentrasi, NPK 100% cenderung mendukung hasil puncak, sedangkan konsentrasi 75% lebih stabil pada fase akhir pada beberapa umur, keduanya tidak berbeda nyata sehingga memberikan respons statistik yang setara. Pola tersebut terjadi karena bakteri membantu perkembangan akar dan ketersediaan nitrogen serta fosfor, sedangkan NPK menyediakan hara utama

untuk pembentukan dan pengisian polong (Fajrini , 2022). Oleh karena itu, kombinasi perlakuan terbaik belum dapat ditetapkan hanya dari uji lanjut faktor tunggal, tetapi harus mengacu pada signifikansi interaksi dan uji lanjut setiap kombinasi perlakuan.

Parameter berat polong berkaitan dengan panjang polong, jumlah daun, dan jumlah cabang karena ketiga parameter tersebut memengaruhi produksi serta pembagian fotosintat dalam tanaman. Daun berfungsi sebagai tempat utama fotosintesis, sedangkan cabang menjadi tempat tumbuhnya daun, bunga, dan calon polong. Polong yang panjang belum tentu memiliki berat apabila proses pengisian biji dan jaringan polong tidak berlangsung secara optimal. *Bacillus subtilis* cenderung mendukung jumlah daun, cabang, dan berat polong melalui pelarutan fosfat, perkembangan akar, serta peningkatan penyerapan hara. Sementara itu, *Pseudomonas fluorescens* lebih mendukung pemanjangan polong pada awal panen, tetapi pembagian fotosintat ke beberapa organ menyebabkan panjang polong tidak selalu diikuti oleh peningkatan berat yang sama.

4.1.5 Produktivitas

Menurut Maman *et al.* (2021), produktivitas merupakan kemampuan tanaman dalam menghasilkan panen pada satuan luas tertentu. Pada tanaman kacang panjang, produktivitas dihitung dari total berat polong selama seluruh periode panen karena proses pemanenan dilakukan secara bertahap. Produktivitas tanaman dipengaruhi oleh pertumbuhan dan komponen hasil, seperti jumlah daun, jumlah cabang, panjang polong, dan berat basah polong. Daun berperan dalam menghasilkan fotosintat melalui proses fotosintesis, sedangkan cabang mendukung pembentukan bunga dan polong. Pada panjang polong dan berat basah polong menentukan total hasil panen. Oleh karena itu keseimbangan antara pertumbuhan vegetatif dan generatif sangat penting dalam meningkatkan produktivitas tanaman (Setiabudi *et al.*, 2024).

Luas yang digunakan untuk menghitung produktivitas adalah luas bedengan yang benar-benar ditanami kacang panjang. Saluran drainase dan pematang tidak dimasukkan karena bagian tersebut tidak digunakan sebagai tempat tumbuh tanaman. Dengan rumus sebagai berikut :

Diketahui = Panjang bedengan = 1,60 m
= Lebar bedengan = 1,00 m
= Lebar parit/irigasi = 0,40 m
= Jumlah bedengan = 48 bedengan

Perhitungan Luas Lahan:

1. Luas Lahan Keseluruhan (Kotor)

$$L_{\text{kotor}} = [(\text{lebar bedengan} + \text{lebar parit}) \times \text{panjang bedengan}] \times \text{jumlah bedengan}$$

$$L_{\text{kotor}} = ((1,000 + 0,40) \times 1,60) \times 48$$

$$L_{\text{kotor}} = (1,40 \times 0,40) \times 1,60 \times 48$$

$$L_{\text{kotor}} = 107,52 \text{ M}^2 / 107,5 \text{ m}^2$$

2. Luas Parit/Irigasi

$$L_{\text{parit}} \text{ per bedengan} = 0,40 \times 1,60$$

$$L_{\text{parit}} \text{ per bedengan} = 0,64 \text{ m}^2$$

$$L_{\text{parit}} \text{ total} = 0,64 \times 48$$

$$= 30,72 \text{ m}^2 / 30,7 \text{ m}^2$$

3. Luas Lahan Efektif

$$L_{\text{efektif}} = L_{\text{kotor}} - L_{\text{parit}}$$

$$L_{\text{efektif}} = 107,52 - 30,72$$

$$L_{\text{efektif}} = 76,80 \text{ m}^2$$

C. Faktor Konversi ke Luas 1.000 m²

$$\text{Faktor konversi} = \frac{1.000 \text{ m}^2}{76,80 \text{ m}^2}$$

$$\text{Faktor konversi} = 13,0208 / 13,02 \text{ m}^2$$

Jadi, hasil produksi pada lahan efektif 76,80 m² dikalikan dengan faktor 13,02 m² untuk memperoleh estimasi hasil pada luas 1.000 m².

D. Perhitungan Produktivitas Perlakuan terbaik B1K3 :

$$\text{Berat total pada lahan efektif} = 429.312 \text{ kg}$$

$$\text{Produktivitas } 1000 \text{ m}^2 = 429.312 \times 13.02$$

$$\text{Produktivitas } 1000 \text{ m}^2 = 5.589 \text{ kg}$$

$$\text{Produktivitas } 1000 \text{ m}^2 = 5.5 \text{ ton}$$

Total hasil panen dihitung dari akumulasi seluruh produksi kacang panjang sejak panen pertama hingga panen terakhir. Perhitungan produktivitas masing-masing perlakuan menggunakan luas tanam sebesar 4,8 m², sedangkan luas 76,8 m² digunakan untuk menghitung produktivitas berdasarkan total hasil panen dari seluruh petak penelitian pada Tabel 14 berikut..

Tabel 14. Produktivitas Tanaman Kacang Panjang Setiap Perlakuan

No.	Perlakuan	Total Berat Panen/ Tanaman (gram)	Luas Bedengan Tanam / perlakuan (m ²)	Produktivitas (kg/ 1000 m ²)
1	B0K1	763	76.8	3.815
2	B0K2	815	76.8	4.075

No.	Perlakuan	Total Berat Panen/ Tanaman (gram)	Luas Bedengan Tanam / perlakuan (m ²)	Produktivitas (kg/ 1000 m ²)
3	B0K3	731	76.8	3.655
4	B0K4	879	76.8	4.395
5	B1K1	890	76.8	4.450
6	B1K2	833	76.8	4.165
7	B1K3	1118	76.8	5.590
8	B1K4	1013	76.8	5.065
9	B2K1	632	76.8	3.160
10	B2K2	880	76.8	4.400
11	B2K3	1016	76.8	5.080
12	B2K4	911	76.8	4.555
13	B3K1	725	76.8	3.625
14	B3K2	777	76.8	3.885
15	B3K3	971	76.8	4.855
16	B3K4	1018	76.8	5.090

Sumber: Data Primer dioalah (2026)

Berdasarkan Tabel 14, tingginya produktivitas pada perlakuan B1K3, yaitu kombinasi *Bacillus subtilis* dan pupuk NPK 75%, diduga berkaitan dengan ketersediaan unsur hara yang telah mencukupi kebutuhan tanaman secara optimal. (Fajrini, 2022). Sedangkan *Bacillus subtilis* dapat membantu meningkatkan efisiensi pemanfaatannya di daerah perakaran. Secara biologis, aktivitas bakteri di rizosfer dapat mendukung ketersediaan fosfor, nitrogen tanah, perkembangan akar, kehijauan daun, dan proses fotosintesis. Kondisi tersebut memungkinkan tanaman menghasilkan fotosintat lebih banyak untuk pembentukan serta pengisian polong.

Menurut Hartono *et al.* (2024) menyatakan penggunaan preparat mikroba yang mengandung *Bacillus subtilis* bersama pupuk mineral meningkatkan hasil, kehijauan daun, aktivitas fotosintesis, serta memengaruhi kandungan nitrogen dan fosfor tanah. Hal tersebut sejalan dengan Jannah *et al.*, (2022) menunjukkan adanya sinergi antara inokulan *Bacillus subtilis* dan pemupukan mineral, serta menunjukkan bahwa penggunaan pupuk 75% bersama inokulan tetap mampu mempertahankan kinerja tanaman dengan baik.

Pada hasil analisis produktivitas B1K4 yang menggunakan NPK 100% lebih rendah daripada B1K3 menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi pupuk tidak selalu diikuti oleh peningkatan hasil panen. Hal ini dapat terjadi karena pada konsentrasi 75% kebutuhan hara tanaman kemungkinan sudah mendekati kondisi optimum, sehingga tambahan pupuk pada konsentrasi 100% tidak seluruhnya

dapat dimanfaatkan untuk pembentukan polong. Sebagian unsur hara dapat tetap berada di tanah, tercuci, atau lebih banyak mendorong pertumbuhan vegetatif daripada pembentukan hasil.

Selain itu, efektivitas bakteri pemacu pertumbuhan bergantung pada keseimbangan antara ketersediaan hara dan aktivitas mikroba. Sejalan dengan Warganda *et al.* (2023) menjelaskan bahwa peningkatan hasil tertinggi akibat inokulasi *Azospirillum* terjadi pada tingkat NPK sedang, sedangkan tingkat pupuk yang tinggi menghambat aktivitas nitrogenase. Walaupun bakteri dan tanamannya berbeda, hasil tersebut memperkuat bahwa dosis pupuk sedang dapat lebih sesuai bagi interaksi tanaman dan mikroba dibandingkan dosis yang terlalu tinggi.

Rendahnya produktivitas B2K1 terjadi karena pemberian NPK 25% belum mencukupi kebutuhan hara tanaman selama pertumbuhan dan pembentukan polong. *Azospirillum* sp. memang dapat membantu penyerapan nitrogen dan merangsang perkembangan akar, tetapi tidak dapat menggantikan seluruh kebutuhan nitrogen, fosfor, dan kalium tanaman (Muharam *et al.*, 2022). Efektivitas bakteri tersebut tetap dipengaruhi oleh ketersediaan pupuk dan kondisi tanah. Hasil yang rendah juga dapat berkaitan dengan kelembapan tanah, drainase, pencucian hara, serta kemampuan bakteri dalam mengolonisasi akar. Oleh karena itu, kombinasi *Azospirillum* sp. dengan NPK 25% belum mampu mendukung pembentukan dan pengisian polong secara optimal. Namun, dugaan tersebut perlu diperkuat melalui pengamatan kondisi tanah, perakaran, curah hujan, dan kandungan hara tanaman (Ayumnuzmi *et al.*, 2025).

Perlakuan dengan produktivitas tinggi mampu mendukung pertumbuhan tanaman melalui peningkatan aktivitas perakaran, ketersediaan unsur hara, serta proses pembentukan dan pengisian polong. Secara umum, aplikasi bakteri menguntungkan berpotensi meningkatkan produktivitas kacang panjang apabila diberikan pada konsentrasi yang tepat, namun efektivitasnya tetap dipengaruhi oleh keseimbangan mikroba, kondisi tanaman, dan kemampuan tanaman dalam merespons perlakuan (Jannah *et al.*, 2022).

4.2 Analisis Kelayakan Usaha

Menurut Gratya Wua *et al.* (2024) menjelaskan bahwa analisis kelayakan usaha merupakan kajian yang dilakukan untuk menilai kemampuan suatu kegiatan usaha dalam memberikan keuntungan serta keberlanjutan secara ekonomi. Dalam penelitian ini, analisis kelayakan usaha digunakan untuk mengetahui apakah budidaya tanaman kacang panjang dengan aplikasi bakteri *Bacillus subtilis*,

Azospirillum sp., dan *Pseudomonas fluorescens* layak diterapkan. Penilaian kelayakan tidak hanya didasarkan pada peningkatan hasil panen, tetapi juga mempertimbangkan efisiensi penggunaan biaya produksi, besarnya penerimaan, serta keuntungan yang diperoleh dari setiap perlakuan (Ramadhanty *et al.*, 2020).

Analisis usaha tani budidaya kacang panjang dalam penelitian ini diproyeksikan ke skala 1.000 m² lahan efektif agar biaya, produksi, dan penerimaan yang diperoleh dapat menggambarkan kondisi usaha tani pada skala yang lebih luas. Lahan penelitian terdiri atas 48 bedengan berukuran 1 m × 1,6 m, sehingga luas efektif bedengan yang digunakan untuk penanaman adalah 76,8 m². Luas tersebut tidak memasukkan area parit atau saluran irigasi karena tanaman hanya dibudidayakan pada bagian bedengan. Faktor konversi dari luas penelitian ke skala 1.000 m² dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\begin{aligned}\text{Faktor konversi} &= \frac{\text{Luas proyeksi}}{\text{Luas efektif penelitian}} \\ &= \frac{1.000 \text{ m}^2}{76,8 \text{ m}^2} = 13,02\end{aligned}$$

Populasi tanaman pada lahan penelitian sebanyak 384 tanaman. Berdasarkan faktor konversi tersebut, populasi tanaman pada skala 1.000 m² lahan efektif diproyeksikan sebagai berikut:

$$\text{Populasi tanaman} = 384 \times 13,02 = 5.000 \text{ tanaman}$$

Dalam analisis usaha tani, setiap kombinasi perlakuan diproyeksikan secara terpisah sebagai satu alternatif budidaya apabila diterapkan pada seluruh lahan efektif seluas 1.000 m². Oleh karena itu, produksi setiap perlakuan dihitung dengan mengalikan rata-rata berat panen per tanaman dengan populasi 5.000 tanaman. Sebagai contoh, perlakuan B1K3 menghasilkan rata-rata berat panen sebesar dari 12 sampel tanaman yang diambil dengan rata-rata 1.118 gram atau 1,1 kg per tanaman. Produktivitasnya pada skala 1.000 m² dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{Produktivitas B1K3} &= 1,118 \text{ kg/tanaman} \times 5.000 \text{ tanaman} \\ &= 5.590 \text{ kg/1.000 m}^2\end{aligned}$$

Menurut Gratya Wua *et al.* (2024), komponen yang dianalisis dalam kelayakan usaha meliputi biaya produksi, penerimaan, pendapatan, R/C ratio, B/C ratio, dan *Break Even Point* (BEP). Biaya produksi mencakup seluruh pengeluaran selama proses budidaya, seperti benih, pupuk, bakteri, pestisida, ajir, pemeliharaan, hingga kegiatan panen. Penerimaan diperoleh dari hasil perkalian antara jumlah produksi dengan harga jual, sedangkan pendapatan dihitung dari selisih antara total

penerimaan dan total biaya produksi. Dengan demikian, analisis ini dapat menunjukkan perlakuan yang tidak hanya menghasilkan produksi tinggi, tetapi juga efisien secara finansial (Herlin *et al.*, 2025).

Perlakuan terbaik secara ekonomi ditentukan berdasarkan kombinasi antara hasil panen yang tinggi, keuntungan yang besar, nilai R/C ratio dan B/C ratio yang layak, serta nilai BEP yang rendah. Hal ini sejalan dengan Irfan (2024), yang menggunakan R/C ratio, B/C ratio, BEP volume, dan BEP harga sebagai indikator dalam menilai kelayakan usahatani. Selain itu, Awami *et al.* (2024) menjelaskan bahwa analisis kelayakan usahatani dapat dilakukan melalui perhitungan biaya, penerimaan, pendapatan, BEP, dan R/C ratio.

4.2.1 Komponen Biaya Produksi

Komponen biaya produksi dalam usaha budidaya kacang panjang terdiri atas biaya tetap dan biaya variabel. Biaya tetap merupakan biaya yang jumlahnya tidak berubah meskipun terjadi perubahan jumlah produksi. Rincian biaya tetap yang digunakan selama kegiatan budidaya kacang panjang disajikan pada Lampiran 13.

A. Total Biaya Produksi	$= \text{Biaya Tetap} + \text{Biaya Variabel} + \text{Tenaga Kerja}$ $= \text{Rp.375.750} + \text{Rp.6.393.625} + 600.000$ $= \text{Rp.7.369.375}$
B. Penerimaan	$= \text{Total Penerimaan} \times \text{Harga Jual}$ $= \text{Rp.5.590 kg} \times \text{Rp.6000}$ $= \text{Rp.33.540.000}$
C. Pendapatan	$= \text{Total Penerimaan} - \text{Total Biaya Produksi}$ $= \text{Rp.33.540.000} - \text{Rp.7.369.375}$ $= \text{Rp.26.170.625}$
D. HPP	$= \text{Total Biaya Produksi} / \text{Hasil Produksi}$ $= \text{Rp.7.369.375} / 5.590 \text{ Kg}$ $= \text{Rp.1.318.31}$ $= \text{Rp.1.318}$
E. BEP UNIT	$= \text{Total Biaya Produksi} / \text{Harga Jual}$ $= \text{Rp. 7.369.375} / 6000$ $= 1.228 \text{ kg}$
F. BEP Rupiah	$= 1 - \left(\frac{\text{Biaya Variabel}}{\text{Penerimaan}} \right)$ $= \frac{\text{Rp.375.750}}{1 - \left(\frac{\text{Rp6.993.625}}{\text{Rp33.540.000}} \right)}$

$$= \frac{\text{Rp.375.750}}{0,7915} = \text{Rp.474.741}$$

G. B/C Ratio = Pendapatan / Total Biaya Produksi
 = Rp.26.170.625 / 7.369.375
 = 3,5

H. R/C Ratio = Total Penerimaan / Total Biaya Produksi
 = 33.540.000 / 7.369.375
 = 4,5.

4.2.2 Perbandingan Kelayakan Usaha Antar Perlakuan

Analisis kelayakan usaha dilakukan dengan membandingkan setiap perlakuan berdasarkan biaya produksi, penerimaan, keuntungan, R/C ratio, B/C ratio, dan BEP. Perlakuan terbaik ditentukan tidak hanya dari hasil produksi tertinggi, tetapi juga dari tingkat keuntungan dan kelayakan usaha yang paling efisien. Dengan demikian, perlakuan yang mampu menghasilkan produksi tinggi dan nilai ekonomi terbaik dapat dikategorikan sebagai perlakuan paling layak.

Tabel 15. Hasil Analisis Kelayakan Usaha Seluruh Perlakuan

P	Biaya Tetap (Rp)	Biaya Variabel (Rp)	HPP (Rp)	BEP		R/C Ratio	B/C Ratio
				Unit (kg)	Harga (Rp)		
B0K1	Rp 375,750	Rp 237,500	Rp1,515	963	Rp1,515.17	3.96	2.96
B0K2	Rp 375,750	Rp 307,500	Rp1,435.67	975	Rp1,435.67	4.18	3.18
B0K3	Rp 375,750	Rp 412,500	Rp1,629.38	993	Rp1,629.38	3.68	2.68
B0K4	Rp 375,750	Rp 500,000	Rp1,374.94	1,007	Rp1,374.94	4.36	3.36
B1K1	Rp 375,750	Rp 1,651,500	Rp1,616.71	1,199	Rp1,616.71	3.71	2.71
B1K2	Rp 375,750	Rp 1,721,500	Rp1,744.15	1,211	Rp1,744.15	3.44	2.44
B1K3	Rp 375,750	Rp 1,826,500	Rp1,318.31	1,228	Rp1,318.31	4.55	3.55
B1K4	Rp 375,750	Rp 1,914,000	Rp1,472.24	1,243	Rp1,472.24	4.08	3.08
B2K1	Rp 375,750	Rp 1,651,500	Rp2,276.70	1,199	Rp2,276.70	2.64	1.64
B2K2	Rp 375,750	Rp 1,721,500	Rp1,650.99	1,211	Rp1,650.99	3.63	2.63
B2K3	Rp 375,750	Rp 1,826,500	Rp1,450.66	1,228	Rp1,450.66	4.14	3.14
B2K4	Rp 375,750	Rp 1,914,000	Rp1,637.07	1,243	Rp1,637.07	3.67	2.67
B3K1	Rp 375,750	Rp 1,651,500	Rp1,984.66	1,199	Rp1,984.66	3.02	2.02
B3K2	Rp 375,750	Rp 1,721,500	Rp1,869.85	1,211	Rp1,869.85	3.21	2.21
B3K3	Rp 375,750	Rp 1,826,500	Rp1,517.89	1,228	Rp1,517.89	3.95	2.95
B3K4	Rp 375,750	Rp 1,914,000	Rp1,465.00	1,243	Rp1,465.00	4.10	3.10

Sumber: Data Primer Diolah (2026)

Keterangan : kode P singkatan dari (perlakuan), Terdapat perhitungan biaya tetap, biaya variabel, hpp, R/C ratio, B/C ratio, dan BEP.

Berdasarkan hasil analisis kelayakan usaha Tabel 17, menunjukkan biaya tetap pada seluruh perlakuan memiliki nilai yang sama, yaitu sebesar Rp.375.750. Perbedaan biaya terdapat pada biaya variabel karena setiap perlakuan

menggunakan kombinasi konsentrasi yang berbeda. Biaya variabel terendah terdapat pada perlakuan B0K1 dikarenakan pada perlakuan ini hanya menggunakan konsentrasi 25% dan tanpa ada pemberian perlakuan bakteri. Sedangkan biaya variabel tertinggi terdapat pada perlakuan kombinasi bakteri dan konsentrasi 100%, dikarenakan semakin tinggi konsentrasi perlakuan yang digunakan, maka biaya variabel cenderung meningkat karena kebutuhan input produksi juga bertambah.

Meskipun pada perlakuan B1K3, yaitu kombinasi *Bacillus subtilis* dengan NPK 75%, menghasilkan biaya tetap sebesar Rp.375.750 dan biaya variabel perlakuan sebesar Rp.1.826.500. Dengan produksi sebesar 5.590 kg, diperoleh HPP sebesar Rp.1.318 per kg. Nilai tersebut menunjukkan bahwa setiap satu kilogram kacang panjang membutuhkan biaya produksi sekitar Rp.1.318. Karena HPP lebih rendah daripada harga jual rata-rata Rp.6.000 per kg,

Sedangkan pada nilai BEP unit sebesar 1.228 kg menunjukkan bahwa usaha tani harus menghasilkan sedikitnya 1.228 kg kacang panjang agar seluruh biaya produksi dapat tertutupi. Produksi pada perlakuan terbaik sebesar 5.590 kg berada jauh di atas titik impas, dengan selisih 80%. Hal ini menunjukkan bahwa penurunan produksi masih dapat ditoleransi hingga batas tertentu sebelum usaha mengalami kerugian. BEP harga sebesar Rp.1.318 per kg yang berarti harga jual minimum agar usaha tidak untung dan tidak rugi adalah sekitar Rp.1.318 per kg.

Pada nilai R/C Ratio sebesar 4,55 menunjukkan bahwa setiap pengeluaran Rp.1,00 menghasilkan penerimaan sebesar Rp.4,55. Nilai tersebut lebih besar dari satu, sehingga perlakuan B1K3 dinyatakan layak secara finansial. Sementara itu, B/C Ratio sebesar 3,55 berarti setiap biaya Rp.1,00 menghasilkan keuntungan bersih sebesar Rp.3,55. Tingginya tingkat kelayakan usaha pada perlakuan B1K3 didukung oleh capaian produktivitas yang tinggi. Tambahan biaya akibat penggunaan *Bacillus subtilis* dan pupuk NPK 75% masih dapat diimbangi oleh penerimaan yang diperoleh dari hasil panen.

4.2.3 Business Plan Implementasi Penelitian

4.2.3.1 Latar Belakang

Kacang panjang merupakan salah satu komoditas hortikultura yang memiliki peluang usaha cukup baik karena banyak dikonsumsi masyarakat dan dibutuhkan secara rutin oleh pasar. Komoditas ini digunakan sebagai bahan pangan sehari-hari, baik untuk kebutuhan rumah tangga, pedagang sayur, pasar tradisional, rumah makan, maupun usaha kuliner. Selain memiliki nilai gizi, kacang panjang juga

memiliki umur panen yang relatif singkat sehingga berpotensi memberikan perputaran modal yang lebih cepat bagi pelaku usaha (Kustanto *et al.*, 2022).

Peluang usaha kacang panjang semakin terbuka karena permintaan pasar relatif stabil dan produk mudah dipasarkan dalam bentuk segar. Namun, dalam kegiatan budidaya masih terdapat beberapa kendala, seperti tingginya biaya produksi, kebutuhan pupuk yang cukup besar, penurunan kesuburan tanah,. Oleh karena itu, diperlukan inovasi budidaya yang tidak hanya mampu meningkatkan pertumbuhan dan produktivitas tanaman, tetapi juga mendukung efisiensi penggunaan input produksi, khususnya pupuk NPK (Hulu, 2024).

Salah satu inovasi yang dapat diterapkan adalah penggunaan bakteri menguntungkan seperti *Bacillus subtilis*, *Azospirillum sp.*, dan *Pseudomonas fluorescens*. Ketiga bakteri tersebut berperan dalam mendukung pertumbuhan tanaman melalui peningkatan aktivitas perakaran, ketersediaan unsur hara, serta proses fisiologis tanaman. Berdasarkan hasil penelitian, aplikasi bakteri pada konsentrasi yang tepat berpotensi meningkatkan pertumbuhan, produktivitas, dan kelayakan usaha budidaya kacang panjang. Hal ini menunjukkan bahwa bakteri menguntungkan tidak hanya berperan sebagai teknologi budidaya, tetapi juga memiliki peluang untuk dikembangkan sebagai produk usaha berbasis pupuk hayati.

Berdasarkan peluang tersebut usaha yang dirancang tidak hanya berfokus pada budidaya kacang panjang, tetapi juga diarahkan pada pengembangan unit usaha perbanyakan isolat bakteri. Pabrik atau unit perbanyakan isolat bakteri bertujuan untuk memproduksi bakteri menguntungkan dalam bentuk cair yang dapat digunakan sebagai bahan aplikasi pada budidaya kacang panjang maupun komoditas hortikultura lainnya. Produk bakteri tersebut dapat menjadi solusi bagi petani dalam memperoleh input hayati yang lebih praktis, ramah lingkungan, dan berpotensi menekan ketergantungan terhadap pupuk kimia secara berlebihan.

Usaha perbanyakan isolat bakteri memiliki prospek yang baik karena kebutuhan terhadap teknologi pertanian ramah lingkungan semakin meningkat. Selain digunakan untuk mendukung budidaya sendiri, produk bakteri hasil perbanyakan juga berpeluang dipasarkan kepada petani, kelompok tani, pelaku usaha hortikultura, maupun mitra pertanian. Dengan demikian, business plan ini disusun sebagai rancangan usaha terpadu yang mencakup budidaya kacang panjang berbasis aplikasi bakteri menguntungkan dan pengembangan unit perbanyakan isolat bakteri. Usaha ini diharapkan mampu meningkatkan

produktivitas, efisiensi biaya, nilai tambah produk, serta mendukung penerapan pertanian berkelanjutan pada skala usaha kecil maupun menengah.

4.2.3.2 Visi, Misi Dan Tujuan

Visi:

1. Mengembangkan usaha pertanian terpadu yang efisien melalui budidaya kacang panjang dan pemanfaatan bakteri menguntungkan untuk mendukung pertumbuhan serta hasil tanaman.
2. Menjadi contoh usaha agribisnis berbasis pertanian ramah lingkungan yang produktif, efisien, berkelanjutan, serta mampu menghasilkan produk hortikultura dan input hayati yang berkualitas.
3. Mendukung kemandirian petani melalui penyediaan produk kacang panjang segar dan bakteri menguntungkan yang dapat membantu meningkatkan produktivitas serta kelayakan usaha tani.

Misi:

1. Mengelola budidaya kacang panjang secara optimal melalui pengaturan lahan, pemupukan, aplikasi bakteri, pemeliharaan tanaman, dan pemasaran hasil secara terarah.
2. Mengembangkan unit perbanyakan isolat bakteri menguntungkan seperti *Bacillus subtilis*, *Azospirillum sp.*, dan *Pseudomonas fluorescens* sebagai input hayati yang ramah lingkungan dan mudah diterapkan petani.
3. Menggunakan input produksi secara tepat dan efisien agar usaha mampu menekan biaya produksi, meningkatkan hasil panen, serta memberikan keuntungan yang optimal.
4. Memberikan edukasi kepada petani atau masyarakat mengenai pemanfaatan bakteri menguntungkan dalam budidaya tanaman hortikultura.

Tujuan:

1. Mengembangkan usaha budidaya kacang panjang yang produktif, efisien, dan layak secara ekonomi.
2. Menghasilkan produk kacang panjang segar yang berkualitas dan memiliki peluang pasar yang baik.
3. Mengembangkan produk bakteri menguntungkan sebagai input hayati untuk mendukung pertumbuhan tanaman dan efisiensi pemupukan.

4.2.3.3 Gambaran Usaha

Tabel 16. Profil usaha Giberelin Farm

Profil Perusahaan	
Nama Perusahaan	: Giberelin Farm
Bidang Usaha	: Budidaya Tanaman Hortikultura
Produk Utama	: Kacang Panjang
Produk Pendukung	: Pupuk Hayati berbasis bakteri <i>Bacillus subtilis</i> , <i>Azospirillum sp.</i> , dan <i>Pseudomonas fluorescens</i>
Alamat Usaha	: Blitar, Jawa Timur
Email	: giberelinfarm@gmail.com
Telepon	: 082139504464
Nama Pemilik	: Raul Afrizal Gibran
Jenis Kelamin	: Laki- Laki
Tempat, Tanggal Lahir	: Blitar, 11 Juli 2004
Peran Dalam Perusahaan	: CEO

C. Logo Usaha



Gambar 16. Logo Giberelin Farm

Giberelin Farm menggambarkan usaha pertanian yang berfokus pada pertumbuhan, keberlanjutan, dan inovasi. Bentuk lingkaran melambangkan kesatuan dan siklus pertanian yang terus berjalan, mulai dari budidaya hingga pemasaran. Elemen daun menunjukkan kesuburan, kesegaran, dan produk hortikultura yang berkualitas, sedangkan figur manusia yang menyatu dengan tanaman menggambarkan peran petani sebagai penggerak utama dalam kegiatan usaha. Warna hijau mencerminkan pertanian yang ramah lingkungan, sementara warna biru pada lingkaran menunjukkan kepercayaan, kestabilan, dan profesionalitas.

4.2.3.4 Aspek Pemasaran

A. Aspek Pemasaran

Segmen pasar usaha ini difokuskan pada dua kelompok utama, yaitu konsumen kacang panjang segar dan pengguna produk bakteri menguntungkan. Produk kacang panjang segar ditujukan untuk konsumen yang membutuhkan sayuran segar, berkualitas, dan mudah diperoleh untuk kebutuhan pangan sehari-hari. Sasaran pasarnya meliputi pedagang sayur, pengepul, pasar tradisional,

rumah makan, pelaku usaha kuliner, serta konsumen rumah tangga. Kacang panjang memiliki peluang pasar yang baik karena banyak dikonsumsi masyarakat dan dapat diolah menjadi berbagai jenis masakan, seperti tumisan, sayur lodeh, gado-gado, maupun lalapan.

Selain menghasilkan kacang panjang segar usaha ini juga mengembangkan produk bakteri menguntungkan dalam bentuk cair sebagai input hayati untuk kegiatan budidaya. Produk bakteri tersebut meliputi *Bacillus subtilis*, *Azospirillum sp.*, dan *Pseudomonas fluorescens* yang dapat dimanfaatkan untuk mendukung pertumbuhan tanaman, membantu ketersediaan unsur hara, serta meningkatkan aktivitas perakaran. Segmen pasar produk ini meliputi petani, kelompok tani, pelaku usaha hortikultura, kios pertanian, dan masyarakat yang mulai menerapkan budidaya ramah lingkungan.

Berdasarkan wilayah pemasaran, produk diarahkan pada pasar lokal di sekitar Blitar, pasar tradisional, pedagang sayur, serta wilayah yang memiliki aktivitas budidaya hortikultura. Untuk kacang panjang segar, distribusi dapat dilakukan melalui pengepul, pedagang sayur keliling, pasar tradisional, rumah makan, dan konsumen langsung. Sementara itu, produk bakteri menguntungkan dapat dipasarkan melalui kelompok tani, kios pertanian, kegiatan edukasi, demonstrasi cara, serta media sosial agar lebih mudah dikenal oleh petani dan pelaku usaha pertanian.

Dari aspek perilaku konsumen, konsumen kacang panjang umumnya mengutamakan produk yang segar, berwarna hijau, tidak layu, tidak rusak, dan memiliki ukuran polong yang baik. Sementara itu, pengguna produk bakteri menguntungkan cenderung membutuhkan input budidaya yang praktis, terjangkau, ramah lingkungan, dan dapat membantu meningkatkan efisiensi pemupukan. Oleh karena itu, pemanfaatan bakteri menguntungkan menjadi nilai tambah karena tidak hanya mendukung kualitas hasil panen, tetapi juga membuka peluang usaha pada sektor penyediaan input hayati.

Berdasarkan kondisi tersebut, usaha ini memiliki peluang untuk dikembangkan karena memiliki dua sumber pemasaran, yaitu hasil panen kacang panjang dan produk bakteri menguntungkan. Strategi pemasaran dapat dilakukan melalui penjualan langsung, kerja sama dengan pedagang sayur, pengepul, kelompok tani, kios pertanian, serta promosi melalui media sosial. Dengan menjaga kualitas produk dan membangun jaringan pemasaran yang baik, usaha

ini diharapkan mampu meningkatkan daya saing, memperluas pasar, dan memberikan keuntungan secara berkelanjutan.

B. Target Pasar

Target pasar Segmen pasar usaha ini difokuskan pada dua kelompok utama, yaitu konsumen kacang panjang segar dan pengguna produk bakteri menguntungkan. Produk kacang panjang segar ditujukan untuk konsumen yang membutuhkan sayuran segar, berkualitas, dan mudah diperoleh untuk kebutuhan pangan sehari-hari. Sasaran pasarnya meliputi pedagang sayur, pengepul, pasar tradisional, rumah makan, pelaku usaha kuliner, serta konsumen rumah tangga. Kacang panjang memiliki peluang pasar yang baik karena banyak dikonsumsi masyarakat dan dapat diolah menjadi berbagai jenis masakan.

Selain menghasilkan kacang panjang segar, usaha ini juga mengembangkan produk bakteri menguntungkan dalam bentuk cair sebagai input hayati untuk kegiatan budidaya. Produk bakteri tersebut meliputi *Bacillus subtilis*, *Azospirillum sp.*, dan *Pseudomonas fluorescens* yang dapat dimanfaatkan untuk mendukung pertumbuhan tanaman, membantu ketersediaan unsur hara, serta meningkatkan aktivitas perakaran. Segmen pasar produk ini meliputi petani, kelompok tani, pelaku usaha hortikultura, kios pertanian, dan masyarakat yang mulai menerapkan budidaya ramah lingkungan.

Berdasarkan wilayah pemasaran, produk diarahkan pada pasar lokal di sekitar Blitar, pasar tradisional, pedagang sayur, serta wilayah yang memiliki aktivitas budidaya hortikultura. Untuk kacang panjang segar, distribusi dapat dilakukan melalui pengepul, pedagang sayur keliling, pasar tradisional, rumah makan, dan konsumen langsung. Sementara itu, produk bakteri menguntungkan dapat dipasarkan melalui kelompok tani, kios pertanian, kegiatan edukasi, demonstrasi cara, serta media sosial agar lebih mudah dikenal oleh petani dan pelaku usaha pertanian.

Dari aspek perilaku konsumen, konsumen kacang panjang umumnya mengutamakan produk yang segar, berwarna hijau, tidak layu, tidak rusak, dan memiliki ukuran polong yang baik. Sementara itu, pengguna produk bakteri menguntungkan cenderung membutuhkan input budidaya yang praktis, terjangkau, ramah lingkungan, dan dapat membantu meningkatkan efisiensi pemupukan. Oleh karena itu, pemanfaatan bakteri menguntungkan menjadi nilai tambah karena tidak hanya mendukung kualitas hasil panen, tetapi juga membuka peluang usaha pada sektor penyediaan input hayati.

Berdasarkan kondisi tersebut, usaha ini memiliki peluang untuk dikembangkan karena memiliki dua sumber pemasaran, yaitu hasil panen kacang panjang dan produk bakteri menguntungkan. Strategi pemasaran dapat dilakukan melalui penjualan langsung, kerja sama dengan pedagang sayur, pengepul, kelompok tani, kios pertanian, serta promosi melalui media sosial. Dengan menjaga kualitas produk dan membangun jaringan pemasaran yang baik, usaha ini diharapkan mampu meningkatkan daya saing, memperluas pasar, dan memberikan keuntungan secara berkelanjutan.

C. Positioning

Positioning usaha ini difokuskan sebagai usaha agribisnis hortikultura yang menghasilkan kacang panjang segar sekaligus menyediakan produk bakteri menguntungkan sebagai input hayati untuk mendukung kegiatan budidaya. Produk kacang panjang diposisikan sebagai sayuran segar, berkualitas, mudah diperoleh, dan sesuai dengan kebutuhan pasar sehari-hari. Sementara itu, produk bakteri menguntungkan diposisikan sebagai bahan pendukung budidaya yang praktis, ramah lingkungan, dan dapat membantu petani dalam meningkatkan efisiensi pemupukan serta pertumbuhan tanaman.

Usaha ini memiliki nilai tambah karena tidak hanya menjual hasil panen, tetapi juga mengembangkan produk bakteri seperti *Bacillus subtilis*, *Azospirillum sp.*, dan *Pseudomonas fluorescens*. Bakteri tersebut berpotensi mendukung aktivitas perakaran, membantu ketersediaan unsur hara, serta menjaga kondisi rizosfer tanaman. Dengan adanya produk bakteri ini, usaha memiliki pembeda dari usaha budidaya konvensional karena tidak hanya berfokus pada produksi kacang panjang, tetapi juga menyediakan input hayati yang dapat digunakan oleh petani atau pelaku usaha hortikultura lainnya.

Dalam persaingan pasar, produk kacang panjang diposisikan sebagai produk hortikultura yang mengutamakan kesegaran, kualitas, dan ketersediaan secara berkelanjutan. Produk ini diarahkan untuk memenuhi kebutuhan pedagang sayur, pengepul, pasar tradisional, rumah makan, pelaku usaha kuliner, dan konsumen rumah tangga. Kualitas produk menjadi hal utama yang ditawarkan, seperti polong yang segar, tidak layu, tidak rusak, berwarna hijau, dan memiliki ukuran yang baik sehingga layak bersaing di pasar.

Selain itu, produk bakteri menguntungkan diposisikan sebagai solusi input budidaya yang mendukung pertanian ramah lingkungan. Produk ini ditujukan bagi petani, kelompok tani, kios, dan pelaku usaha hortikultura yang membutuhkan

alternatif pendukung pertumbuhan tanaman. Dengan positioning tersebut, usaha ini diharapkan mampu memiliki daya saing melalui dua keunggulan utama, yaitu penyediaan kacang panjang segar yang berkualitas dan pengembangan produk bakteri menguntungkan sebagai input hayati yang praktis, efisien, dan berkelanjutan.

D. Rencana Penjualan

Rencana Rencana penjualan usaha ini disusun berdasarkan dua jenis produk utama, yaitu kacang panjang segar dan produk bakteri menguntungkan dalam bentuk cair. Kacang panjang segar dipasarkan untuk memenuhi kebutuhan sayuran harian masyarakat, sedangkan produk bakteri menguntungkan ditujukan sebagai input hayati bagi petani dan pelaku usaha hortikultura. Dengan adanya dua produk tersebut, usaha ini memiliki peluang penjualan yang lebih luas karena tidak hanya bergantung pada hasil panen, tetapi juga dapat memperoleh nilai tambah dari produk pendukung budidaya.

Penjualan kacang panjang segar difokuskan kepada pedagang sayur, pengepul, pasar tradisional, rumah makan, pelaku usaha kuliner, dan konsumen rumah tangga. Sistem penjualan dilakukan secara langsung maupun tidak langsung. Penjualan langsung dapat dilakukan kepada konsumen sekitar, rumah makan, dan pedagang sayur, sedangkan penjualan tidak langsung dilakukan melalui pengepul, pasar tradisional, dan pedagang sayur keliling. Produk dipasarkan dalam kondisi segar dengan kualitas polong yang baik, tidak layu, tidak rusak, berwarna hijau, dan sesuai dengan kebutuhan pasar.

Selain kacang panjang segar, produk bakteri menguntungkan seperti *Bacillus subtilis*, *Azospirillum sp.*, dan *Pseudomonas fluorescens* juga direncanakan untuk dipasarkan kepada petani, kelompok tani, dan pelaku budidaya hortikultura. Penjualan produk bakteri dapat dilakukan melalui kerja sama dengan kelompok tani, promosi media sosial, kegiatan edukasi, serta demonstrasi cara penggunaan. Produk ini memiliki peluang pasar karena dapat digunakan sebagai bahan pendukung budidaya yang praktis, ramah lingkungan, dan berpotensi membantu efisiensi pemupukan.

Penetapan harga dilakukan dengan mempertimbangkan biaya produksi, kualitas produk, kondisi pasar, dan daya beli konsumen. Untuk kacang panjang segar, harga menyesuaikan harga pasar harian dan kualitas hasil panen. Sementara itu, harga produk bakteri menguntungkan disesuaikan dengan biaya perbanyakan, pengemasan, dan manfaat produk bagi petani. Dengan rencana penjualan yang

15

176

terarah, usaha ini diharapkan mampu meningkatkan penerimaan, memperluas jaringan pasar, serta memberikan keuntungan yang berkelanjutan bagi pelaku usaha.

E. Strategi Pemasaran

a) Produk (*Product*)

Produk yang dihasilkan dalam usaha ini terdiri atas kacang panjang segar dan produk bakteri menguntungkan dalam bentuk cair. Kacang panjang dipasarkan dalam bentuk polong segar dengan kualitas baik, tidak layu, tidak rusak, berwarna hijau, dan layak konsumsi. Sementara itu, produk bakteri menguntungkan meliputi *Bacillus subtilis*, *Azospirillum sp.*, dan *Pseudomonas fluorescens* yang dapat digunakan sebagai input hayati dalam kegiatan budidaya tanaman. Adanya dua jenis produk ini menjadi nilai tambah karena usaha tidak hanya menghasilkan produk hortikultura, tetapi juga menyediakan bahan pendukung budidaya yang ramah lingkungan dan bermanfaat bagi petani.

b) Harga (*Price*)

Penetapan harga dilakukan berdasarkan jenis produk, biaya produksi, kualitas, harga pasar, dan daya beli konsumen. Harga kacang panjang segar disesuaikan dengan harga pasar harian, kualitas hasil panen, serta jumlah permintaan. Sementara itu, harga produk bakteri menguntungkan disesuaikan dengan biaya perbanyakan, bahan pendukung, pengemasan, dan manfaat produk bagi petani. Strategi harga yang digunakan tetap memperhatikan daya saing di pasar agar produk dapat diterima konsumen, namun tetap memberikan keuntungan bagi pelaku usaha.

c) Tempat/Distribusi (*Place*)

Distribusi produk dilakukan melalui penjualan langsung dan tidak langsung. Kacang panjang segar dapat dipasarkan langsung kepada konsumen sekitar, pedagang sayur, rumah makan, dan pelaku usaha kuliner, serta secara tidak langsung melalui pengepul dan pasar tradisional. Produk bakteri menguntungkan dapat dipasarkan kepada petani, kelompok tani, kios pertanian, dan pelaku usaha hortikultura. Distribusi juga dapat didukung melalui media sosial, kerja sama dengan kelompok tani, serta kegiatan edukasi atau demonstrasi cara penggunaan bakteri agar produk lebih dikenal dan mudah dijangkau oleh konsumen.

d) Promosi (*Promotion*)

Promosi usaha dilakukan untuk meningkatkan minat dan kepercayaan konsumen terhadap produk kacang panjang yang dihasilkan. Kegiatan promosi

186 dapat dilakukan melalui pemasaran langsung, kerja sama dengan pedagang sayur dan pengepul, serta pemanfaatan media sosial seperti WhatsApp, Instagram, dan Facebook. Promosi juga dapat menonjolkan keunggulan produk, yaitu kacang panjang segar, berkualitas, dan dibudidayakan dengan pemanfaatan bakteri menguntungkan. Strategi promosi ini diharapkan mampu memperluas pasar, meningkatkan penjualan, dan membangun hubungan baik dengan konsumen.

4.2.3.5 Aspek Produk

Aspek produk dalam business plan ini membahas dua jenis produk yang dihasilkan, yaitu kacang panjang segar dan produk bakteri menguntungkan dalam bentuk cair. Produk utama berupa kacang panjang segar yang dibudidayakan dengan pemanfaatan bakteri menguntungkan seperti *Bacillus subtilis*, *Azospirillum sp.*, dan *Pseudomonas fluorescens*. Kacang panjang yang dihasilkan berupa polong segar yang layak konsumsi, tidak layu, tidak rusak, berwarna hijau, dan sesuai dengan kebutuhan pasar.

254 Selain kacang panjang segar, usaha ini juga menghasilkan produk pendukung berupa bakteri menguntungkan cair yang dapat digunakan sebagai input hayati dalam kegiatan budidaya tanaman. Produk bakteri ini ditujukan untuk membantu mendukung pertumbuhan tanaman, meningkatkan aktivitas perakaran, membantu ketersediaan unsur hara, serta mendukung efisiensi penggunaan pupuk. Dengan adanya dua produk tersebut, usaha ini tidak hanya berfokus pada hasil panen, tetapi juga memiliki nilai tambah melalui penyediaan input hayati yang ramah lingkungan dan bermanfaat bagi petani.

A. Pemilihan Lokasi

226 Pemilihan lokasi menjadi salah satu faktor penting dalam keberhasilan usaha budidaya kacang panjang dan produksi bakteri menguntungkan. Lokasi budidaya sebaiknya memiliki lahan yang sesuai untuk pertumbuhan kacang panjang, seperti tanah yang gembur, drainase baik, cukup mendapatkan sinar matahari, serta memiliki ketersediaan air yang cukup. Tanaman kacang panjang dapat tumbuh baik pada lahan terbuka, tetapi tidak sesuai apabila ditanam pada lahan yang terlalu tergenang. Oleh karena itu, lokasi usaha perlu dipilih pada lahan yang memiliki sirkulasi air baik agar pertumbuhan akar dan tanaman dapat berjalan optimal.

41 Selain kondisi lahan, lokasi usaha juga perlu mempertimbangkan kemudahan akses terhadap sarana produksi dan pasar. Lokasi yang dekat dengan sumber benih, pupuk, bahan perbanyakan bakteri, alat pertanian, serta tenaga kerja akan mempermudah kegiatan operasional. Dari sisi pemasaran, lokasi yang dekat

dengan pasar tradisional, pengepul, pedagang sayur, kelompok tani, kios pertanian, dan konsumen dapat membantu mempercepat distribusi produk. Dengan lokasi yang tepat, kegiatan usaha dapat berjalan lebih efisien, biaya distribusi dapat ditekan, dan peluang penjualan menjadi lebih besar.

Aspek produk dalam *business plan* ini mencakup dua jenis produk, yaitu kacang panjang segar dan bakteri menguntungkan cair. Produk utama berupa kacang panjang segar yang dibudidayakan dengan pemanfaatan bakteri seperti *Bacillus subtilis*, *Azospirillum sp.*, dan *Pseudomonas fluorescens*. Kacang panjang yang dihasilkan diharapkan memiliki kualitas baik, layak konsumsi, tidak layu, tidak rusak, berwarna hijau, dan sesuai dengan kebutuhan pasar. Sementara itu, produk bakteri menguntungkan cair menjadi produk pendukung yang dapat digunakan sebagai input hayati untuk membantu pertumbuhan tanaman, meningkatkan aktivitas perakaran, mendukung ketersediaan unsur hara, serta membantu efisiensi penggunaan pupuk.

B. Proses Produksi

Proses produksi dalam usaha ini terdiri atas dua kegiatan utama, yaitu budidaya kacang panjang dan perbanyakan bakteri menguntungkan. Budidaya kacang panjang dilakukan untuk menghasilkan produk utama berupa polong segar, sedangkan perbanyakan bakteri dilakukan untuk menghasilkan produk pendukung berupa bakteri cair yang dapat digunakan sebagai input hayati dalam kegiatan budidaya.

C. Standar Operasional Kerja Budidaya Kacang Panjang

a. Persiapan Lahan

Persiapan lahan dilakukan dengan membersihkan lahan dari gulma, sisa tanaman, dan kotoran lainnya. Tanah kemudian diolah hingga gembur agar akar tanaman mudah berkembang. Setelah itu, dibuat bedengan untuk memperbaiki drainase dan memudahkan pemeliharaan. Pupuk dasar dapat diberikan sebelum tanam untuk menambah ketersediaan unsur hara.

b. Penanaman

Penanaman dilakukan menggunakan benih kacang panjang yang sehat dan bernaas. Benih ditanam pada lubang tanam yang telah disiapkan sebanyak 1-2 benih

per lubang, kemudian ditutup tipis dengan tanah. Setelah tanam, dilakukan penyiraman agar tanah tetap lembap dan benih dapat berkecambah dengan baik.

c. Pemupukan

Pemupukan dilakukan untuk memenuhi kebutuhan unsur hara tanaman. Pupuk diberikan secara bertahap, mulai dari pupuk dasar hingga pupuk susulan. Pada perlakuan penelitian, bakteri menguntungkan seperti *Bacillus subtilis*, *Azospirillum* sp., dan *Pseudomonas fluorescens* diaplikasikan dengan cara dikocorkan di sekitar perakaran sesuai konsentrasi yang telah ditentukan.

d. Pengendalian HPT

Pengendalian hama dan penyakit tanaman dilakukan melalui pengamatan rutin pada daun, batang, bunga, dan polong. Hama atau bagian tanaman yang terserang dapat dikendalikan secara mekanis, sedangkan pengendalian kimiawi dilakukan apabila tingkat serangan cukup tinggi. Penggunaan pestisida dilakukan sesuai dosis anjuran agar tidak merusak tanaman dan lingkungan.

e. Pemeliharaan

Pemeliharaan meliputi penyiraman, penyiangan gulma, pemasangan ajir, dan pengikatan tanaman. Penyiraman dilakukan sesuai kondisi tanah, sedangkan penyiangan dilakukan agar gulma tidak bersaing dengan tanaman utama. Ajir dipasang untuk menopang tanaman agar tumbuh tegak dan memudahkan pembentukan polong.

f. Panen

Panen dilakukan saat polong sudah berukuran layak konsumsi, berwarna hijau segar, dan belum terlalu tua. Pemetikan dilakukan secara hati-hati agar tidak merusak cabang dan bunga yang masih tumbuh. Panen dilakukan secara bertahap karena polong kacang panjang tidak matang secara bersamaan.

g. Pascapanen

Pascapanen dilakukan dengan menyortir polong yang baik dan memisahkan polong yang rusak, terlalu tua, atau terserang hama. Hasil panen kemudian dibersihkan, ditimbang, diikat, atau dikemas sesuai kebutuhan pasar. Setelah itu, kacang panjang siap dipasarkan kepada pedagang, pengepul, pasar tradisional, atau konsumen langsung.

D. Standar Operasional Prosedur Perbanyakan Bakteri Menguntungkan

a. Persiapan Alat dan Bahan

Perbanyakan bakteri diawali dengan menyiapkan alat dan bahan yang dibutuhkan, seperti wadah perbanyakan, air bersih, media perbanyakan, isolat

bakteri, pengaduk, saringan, botol atau jerigen kemasan, serta label produk. Alat yang digunakan harus dalam kondisi bersih agar proses perbanyakan berjalan baik dan mengurangi risiko kontaminasi.

b. Pembersihan dan Sterilisasi Alat

Alat yang akan digunakan dicuci hingga bersih, kemudian dikeringkan sebelum dipakai. Wadah perbanyakan dan botol kemasan perlu dipastikan bebas dari kotoran atau sisa bahan lain. Kebersihan alat menjadi hal penting karena dapat memengaruhi kualitas bakteri yang diperbanyak.

c. Pembuatan Media Perbanyakan

Media perbanyakan disiapkan sebagai sumber nutrisi bagi bakteri. Media dibuat dengan mencampurkan bahan yang dibutuhkan ke dalam air bersih, kemudian diaduk hingga merata. Media yang sudah siap digunakan harus ditempatkan pada wadah yang bersih dan tertutup agar tidak mudah terkontaminasi.

d. Inokulasi Isolat Bakteri

Isolat bakteri seperti *Bacillus subtilis*, *Azospirillum* sp., dan *Pseudomonas fluorescens* dimasukkan ke dalam media perbanyakan sesuai kebutuhan. Proses pencampuran dilakukan secara hati-hati dan higienis agar bakteri dapat berkembang dengan baik. Setelah isolat dimasukkan, media diaduk hingga tercampur merata.

e. Fermentasi atau Inkubasi

Media yang sudah diberi isolat bakteri kemudian difermentasi atau diinkubasi selama beberapa waktu pada tempat yang bersih, teduh, dan tidak terkena sinar matahari langsung. Selama proses ini, wadah perlu ditutup dengan baik namun tetap memperhatikan kebutuhan udara sesuai jenis bakteri yang diperbanyak. Pengamatan dilakukan secara berkala untuk memastikan tidak ada perubahan warna, bau menyengat, atau tanda kontaminasi yang tidak diinginkan.

f. Penyaringan dan Pengemasan

Setelah proses perbanyakan selesai, larutan bakteri dapat disaring apabila terdapat endapan atau sisa bahan yang kasar. Produk kemudian dimasukkan ke dalam botol atau jerigen bersih dan diberi label. Label dapat berisi nama produk, jenis bakteri, tanggal produksi, cara penggunaan, dan masa simpan yang ada pada Lampiran 15.

g. Penyimpanan Produk

Produk bakteri cair disimpan pada tempat yang teduh, sejuk, bersih, dan tidak terkena sinar matahari langsung. Penyimpanan yang baik bertujuan untuk menjaga

kualitas produk agar tetap layak digunakan. Produk juga perlu disusun rapi dan diberi keterangan agar mudah dikontrol sebelum digunakan atau dipasarkan.

h. Penggunaan dan Pemasaran

Produk bakteri menguntungkan dapat digunakan pada kegiatan budidaya dengan cara dikocorkan di sekitar perakaran tanaman. Selain digunakan sendiri pada budidaya kacang panjang, produk juga dapat dipasarkan kepada petani, kelompok tani, kios pertanian, atau pelaku usaha hortikultura. Sebelum dipasarkan, produk sebaiknya disertai informasi penggunaan agar konsumen memahami cara aplikasi yang tepat.

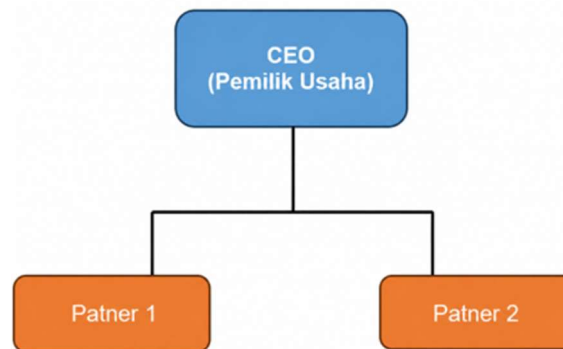
4.2.3.6 Aspek Organisasi Dan Manajemen

A. Organisasi dan SDM

Aspek organisasi dalam usaha budidaya kacang panjang disusun secara sederhana, tetapi tetap efektif untuk mendukung kelancaran kegiatan usaha. Struktur organisasi terdiri atas seorang pemilik usaha sebagai pimpinan utama dan dua orang karyawan yang membantu pelaksanaan kegiatan budidaya. Pemilik usaha memiliki tanggung jawab dalam perencanaan usaha, pengambilan keputusan, pengelolaan keuangan, pengadaan sarana produksi, pengawasan kegiatan budidaya, serta pemasaran hasil panen. Selain itu, pemilik usaha juga berperan dalam menjalin kerja sama dengan pedagang, pengepul, maupun konsumen agar pemasaran kacang panjang dapat berjalan secara berkelanjutan.

Dua orang patner bertugas membantu kegiatan operasional di lapangan, mulai dari pengolahan lahan, penanaman, pemupukan, aplikasi bakteri menguntungkan, penyiraman, penyiangan, pengendalian hama dan penyakit, hingga panen. Pembagian tugas dilakukan secara terstruktur agar setiap kegiatan budidaya dapat berjalan lebih efisien dan tepat waktu. Dengan struktur organisasi yang sederhana, koordinasi kerja dapat dilakukan dengan lebih mudah sehingga

kegiatan produksi, pemeliharaan tanaman, dan pemasaran hasil panen dapat berjalan secara optimal. Berikut struktur organisasi usaha :



Gambar 17. Susunan Menejemen

a. **Pemilik Usaha**

Pemilik usaha bertugas sebagai penanggung jawab utama dalam mengelola seluruh kegiatan usaha, mulai dari perencanaan produksi, pengadaan sarana produksi, pengelolaan keuangan, hingga pemasaran produk. Pemilik usaha juga bertanggung jawab dalam menentukan strategi usaha, mengawasi kegiatan budidaya kacang panjang, mengatur proses perbanyakan bakteri menguntungkan, menjaga kualitas produk, serta mengevaluasi perkembangan usaha secara berkala. Produk yang dikelola tidak hanya berupa kacang panjang segar, tetapi juga produksi perbanyakan bakteri .

b. **Patner 1**

Patner 1 bertugas membantu seluruh kegiatan budidaya kacang panjang dari awal hingga akhir. Kegiatan tersebut meliputi persiapan lahan, pengolahan tanah, pembuatan bedengan, penanaman, pemasangan ajir, pemupukan, aplikasi bakteri pada tanaman, penyiraman, penyiangan gulma, pengendalian hama dan penyakit, panen, sortasi, hingga pengemasan hasil panen.

c. **Patner 2**

Patner 2 bertugas fokus pada kegiatan produksi bakteri menguntungkan cair. Tugasnya meliputi persiapan alat dan bahan, pembuatan media perbanyakan, pencampuran isolat bakteri seperti *Bacillus subtilis*, *Azospirillum sp.*, dan *Pseudomonas fluorescens*, proses fermentasi atau inkubasi, penyaringan, pengemasan, pelabelan, serta penyimpanan produk.

B. Aspek Manajemen

Aspek manajemen dalam usaha ini berperan penting untuk mengatur seluruh kegiatan agar berjalan terarah, efisien, dan sesuai dengan tujuan usaha. Manajemen usaha mencakup perencanaan budidaya kacang panjang, produksi bakteri menguntungkan, pengorganisasian tenaga kerja, pengawasan kualitas produk, pemasaran, serta evaluasi hasil usaha. Dengan manajemen yang baik, setiap kegiatan dapat dilakukan secara lebih teratur dan saling mendukung.

Pengelolaan usaha dilakukan oleh pemilik usaha sebagai penanggung jawab utama. Pemilik usaha menyusun rencana produksi, mengatur kebutuhan benih, pupuk, bahan perbanyakan bakteri, pestisida, alat pertanian, kemasan, dan tenaga kerja. Selain itu, pemilik usaha juga mengelola keuangan, menentukan harga jual, menyusun strategi pemasaran, serta memastikan kualitas kacang panjang segar dan produk bakteri cair tetap terjaga. Pencatatan biaya, hasil panen, jumlah produk bakteri yang dihasilkan, penerimaan, dan keuntungan perlu dilakukan agar perkembangan usaha dapat dievaluasi dengan jelas.

Pelaksanaan kegiatan usaha dibantu oleh dua partner dengan tugas yang berbeda. Partner 1 berfokus pada kegiatan budidaya kacang panjang dari persiapan lahan sampai pascapanen. Sementara itu, Partner 2 berfokus pada produksi bakteri menguntungkan cair mulai dari persiapan media, perbanyakan bakteri, pengemasan, hingga penyimpanan produk. Pembagian tugas ini dilakukan agar setiap bagian usaha dapat berjalan lebih efektif, terkontrol, dan menghasilkan produk yang sesuai dengan kebutuhan pasar.

Pengawasan dan evaluasi dilakukan secara berkala untuk memastikan kegiatan usaha berjalan sesuai rencana. Pengawasan pada budidaya mencakup kondisi pertumbuhan tanaman, kebutuhan air, serangan hama dan penyakit, efektivitas pemupukan, serta kualitas hasil panen. Pengawasan pada produksi bakteri mencakup kebersihan alat, kondisi media, proses fermentasi, pengemasan, dan penyimpanan produk. Dengan manajemen yang terencana, usaha ini diharapkan mampu berjalan lebih produktif, efisien, dan berkelanjutan.

C. Kegiatan

Kegiatan dalam usaha ini meliputi dua kegiatan utama, yaitu budidaya kacang panjang dan produksi bakteri. Pada kegiatan budidaya kacang panjang, tahap awal dimulai dari penyusunan rencana produksi, penentuan kebutuhan sarana produksi, persiapan lahan, serta pengadaan benih, pupuk, pestisida, ajir, alat pertanian, dan bakteri menguntungkan. Setelah itu, kegiatan dilanjutkan dengan pengolahan lahan,

12 pembuatan bedengan, penanaman, pemasangan ajir, pemupukan, aplikasi bakteri di sekitar perakaran tanaman, penyiraman, penyiangan gulma, pengendalian hama dan penyakit, serta pemeliharaan tanaman secara rutin.

Selain kegiatan budidaya, usaha ini juga melakukan produksi bakteri sebagai produk pendukung. Kegiatan produksi bakteri meliputi persiapan alat dan bahan, pembuatan media perbanyakan, pencampuran isolat bakteri seperti *Bacillus subtilis*, *Azospirillum sp.*, dan *Pseudomonas fluorescens*, proses fermentasi atau inkubasi, penyaringan, pengemasan, pelabelan, dan penyimpanan produk. Seluruh proses dilakukan dengan memperhatikan kebersihan alat dan tempat produksi agar kualitas produk bakteri tetap terjaga.

Pada tahap panen, kacang panjang dipetik ketika polong sudah mencapai ukuran layak konsumsi, berwarna hijau segar, dan belum terlalu tua. Hasil panen kemudian disortasi untuk memisahkan polong yang berkualitas baik dengan polong yang rusak atau tidak layak jual. Setelah itu, kacang panjang diikat atau dikemas sesuai kebutuhan pasar, kemudian dipasarkan kepada pedagang sayur, pengepul, pasar tradisional, rumah makan, atau konsumen langsung. Sementara itu, produk bakteri cair dapat dipasarkan kepada petani, kelompok tani, dan pelaku usaha hortikultura. Seluruh kegiatan dilakukan secara terencana agar usaha dapat berjalan efisien, menghasilkan produk berkualitas, dan memberikan keuntungan secara berkelanjutan.

D. Perizinan

155 Perizinan Perizinan dalam usaha ini diperlukan sebagai bentuk legalitas dan kepastian usaha, terutama apabila usaha akan dikembangkan secara lebih luas. Pada skala kecil atau usaha mandiri, kegiatan budidaya kacang panjang dan produksi bakteri cair dapat dilakukan dengan memperhatikan izin penggunaan lahan, kesesuaian lokasi, kebersihan tempat produksi, serta tidak mengganggu lingkungan sekitar. Apabila usaha berkembang menjadi usaha komersial, pelaku usaha dapat mengurus legalitas seperti Nomor Induk Berusaha (NIB) dan Nomor Pokok Wajib Pajak (NPWP), serta dokumen pendukung lain sesuai ketentuan yang berlaku saya lampirkan pada lampiran 12.

Selain perizinan usaha, aspek legalitas juga perlu memperhatikan penggunaan sarana produksi yang aman dan sesuai anjuran. Sarana produksi tersebut meliputi benih bermutu, pupuk, pestisida, bahan perbanyakan bakteri, kemasan, dan label produk. Khusus untuk produk bakteri menguntungkan cair, proses produksi perlu dilakukan secara bersih dan terkontrol agar produk aman

digunakan serta memiliki kualitas yang baik. Apabila produk bakteri akan dipasarkan secara lebih luas, maka diperlukan perhatian terhadap standar mutu, informasi penggunaan, dan ketentuan peredaran produk hayati sesuai aturan yang berlaku.

Dengan adanya perizinan dan legalitas yang jelas, usaha ini dapat berjalan lebih tertib dan dipercaya oleh konsumen maupun mitra usaha. Legalitas juga membantu memperluas peluang kerja sama dengan kelompok tani, pedagang sayur, maupun pihak lain yang mendukung pengembangan usaha. Oleh karena itu, perizinan menjadi bagian penting dalam mendukung keberlanjutan usaha budidaya kacang panjang dan produksi bakteri.

4.2.3.7 Aspek Permodalan

Sumber pendanaan usaha ini berasal dari modal pribadi yang digunakan sebagai modal awal untuk menjalankan kegiatan budidaya kacang panjang dan produksi bakteri menguntungkan cair. Modal tersebut dialokasikan untuk memenuhi kebutuhan utama, seperti pembelian benih, pupuk, pestisida, ajir, tali, alat pertanian, bahan perbanyakan bakteri, media produksi, kemasan, label produk, serta biaya pemeliharaan tanaman. Penggunaan modal pribadi pada tahap awal bertujuan agar kegiatan usaha dapat berjalan secara mandiri dan tidak terlalu bergantung pada pinjaman dari pihak luar.

Selain modal pribadi, pengembangan usaha juga berpeluang didukung melalui kerja sama dengan mitra usaha, kelompok tani, kios pertanian, maupun akses pembiayaan dari lembaga keuangan. Apabila usaha membutuhkan tambahan modal untuk pengembangan, pemilik usaha dapat memanfaatkan pinjaman Kredit Usaha Rakyat (KUR). Dana KUR dapat digunakan untuk memperluas lahan budidaya, menambah alat produksi, meningkatkan kapasitas produksi bakteri cair, memperbaiki kemasan, serta memperluas pemasaran produk. Penggunaan pinjaman ini perlu direncanakan dengan baik agar tidak membebani keuangan usaha dan tetap dapat dikembalikan sesuai kemampuan usaha.

Pengelolaan sumber pendanaan dilakukan secara terencana agar dana yang tersedia dapat digunakan secara tepat dan efisien. Setiap penggunaan dana diarahkan untuk mendukung kegiatan produksi, mulai dari budidaya kacang panjang, perbanyakan bakteri, pemeliharaan tanaman, panen, pengemasan, distribusi, hingga pemasaran. Melalui pengelolaan keuangan yang baik, usaha ini diharapkan mampu memberikan keuntungan, menjaga keberlanjutan usaha, serta

memiliki daya saing melalui dua produk utama, yaitu kacang panjang segar dan bakteri menguntungkan cair sebagai input hayati.

4.2.3.8 Aspek Keuangan

Aspek keuangan dalam usaha ini digunakan untuk mengetahui kebutuhan modal, biaya produksi, penerimaan, pendapatan, dan kelayakan usaha. Perhitungan keuangan mencakup biaya budidaya kacang panjang serta biaya produksi bakteri menguntungkan cair, seperti bahan perbanyakan, media produksi, kemasan, tenaga kerja, dan pemasaran. Dengan perencanaan keuangan yang baik, usaha ini diharapkan dapat berjalan lebih efisien, menghasilkan keuntungan, dan layak untuk dikembangkan secara berkelanjutan.

A. Perencanaan Kebutuhan Biaya Usaha

Perencanaan Perencanaan kebutuhan biaya dilakukan untuk mengetahui jumlah modal yang diperlukan dalam menjalankan usaha budidaya kacang panjang dan produksi bakteri menguntungkan cair. Biaya yang dihitung meliputi biaya investasi, biaya tetap, dan biaya variabel. Perhitungan ini penting agar pelaku usaha dapat mengatur penggunaan dana dengan lebih terarah, mulai dari kebutuhan sarana budidaya, bahan perbanyakan bakteri, tenaga kerja, hingga pemasaran. Jumlah Populasi / Hektar dan Kebutuhan NPK dan Bakteri:

$$\text{Jumlah Populasi} = \frac{\text{Luas Efektif Bedengan}}{\text{Jarak Tanam} \times \text{Jarak Tanam}}$$

$$\text{Luas lahan} = 10.000 \text{ m}^2$$

$$\text{Lebar bedengan} = 0,8 \text{ m}$$

$$\text{Lebar parit} = 0,5 \text{ m}$$

$$\text{Jarak tanam} = 0,45 \text{ m} \times 0,45 \text{ m}$$

$$\text{Luas Efektif} = \frac{0,8}{0,8+0,5} \times 10.000 = 6.153,85 \text{ m}^2$$

$$\text{Populasi} = \frac{6.153,85}{0,45 \times 0,45} = 30.389 \text{ tanaman}$$

Jika dosis dalam gram, hasil awalnya dalam gram. Untuk mengubah ke kilogram:

$$\text{Kebutuhan NPK (kg)} = \frac{\text{Jumlah tanaman} \times \text{Dosis per tanaman (g)} \times \text{Jumlah pemupukan}}{1000}$$

$$\text{Jumlah tanaman} = 15.000 \text{ tanaman}$$

$$\text{Dosis NPK} = 2,5 \text{ gram / tanaman}$$

$$\text{Jumlah pemupukan} = 10 \text{ kali}$$

$$= \frac{15.000 \times 2,5 \times 10}{1000} = 375 \text{ kg}$$

Jadi, kebutuhan NPK adalah 375 kg per satu siklus pemupukan 10 kali.

308

274

Perhitungan tersebut menjadi dasar dalam penyusunan Rencana Anggaran Biaya (RAB) kebutuhan usaha :

3. Biaya Tetap dan Biaya Variabel

Tabel 17. Biaya Investasi

Uraian	Q	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Total (Rp)	P	Penyusutan (Bulan) (Rp)
Sewa Lahan	1	Hektar	20.000.000	20.000.000	36	555.556
Sprayer	1	Pcs	450.000	450.000	48	9.375
Cangkul	2	Pcs	50.000	100.000	48	2.083
Keranjang Panen	2	Pcs	25.000	50.000	48	1.042
Gunting Panen	2	Pcs	15.000	30.000	48	625
Timbangan Digital	1	Pcs	100.000	100.000	48	2.083
Total Penyusutan						Rp.570.764
Total Biaya						Rp.20.730.000

Uraian	Q	satuan	Harga (Rp)	Total (Rp)	P	Penyusutan (Bulan) (Rp)
Sewa Lahan	1	Hektar	20.000.000	20.000.000	36	555.556
Drum	3	Pcs	100.000	300.000	48	6.250
Jurigen 50 L	3	Pcs	50.000	150.000	48	3.125
Fermentor	1	Pcs	300.000	300.000	48	6.250
Total Penyusutan						Rp.98.958
Total Biaya						Rp.4.750.000

Sumber : Data diolah 2026

Keterangan : P menurupakan singkatan diri (penyusutan)

Tabel 18. Biaya Variabel Budidaya Kacang Panjang

Uraian	Q	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Total (Rp)
Benih Kacang Panjang	2	Pcs	100.000	200.000
Katon Tavi 1 kg				
Ajir	15.000	Pcs	400	4.500.000
Tali Gawar	3	Pcs	15.000	45.000
Rafia	1	Pcs	10.000	10.000
Mulsa	3	Roll	500.000	1.500.000
Pupuk Kandang	1	Truk	300.000	300.000
NPK 16-16-16	375	Kg	13.000	4.875.000
Pupuk Hayati	1.575	Liter	2000	3.000.000
Insektisida	1	Paket	200.000	200.000
Fungisida	1	Paket	200.000	200.000
Biaya Air	1	Paket	100.000	100.000
Tenaga Kerja				
Persiapan Lahan	2	HOK	75.000	150.000

Uraian	Q	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Total (Rp)
Penanaman	2	HOK	75.000	150.000
Pemeliharaan	4	HOK	50.000	200.000
Panen dan Sortasi	2	HOK	75.000	75.000
Jumlah				Rp.17.430.000

Sumber : Data diolah 2026

Berdasarkan hasil perhitungan, total biaya tetap yang dibutuhkan dalam usaha budidaya ini sebesar Rp.20.4730.000, dengan nilai penyusutan per bulan sebesar Rp.570.292. Biaya variabel terdiri atas biaya budidaya kacang panjang sebesar Rp.17.430.000.

$$\begin{aligned}
 \text{Total Biaya Produksi / Siklus} &= \text{Biaya Penyusutan/ bulan} \times 3 + \text{Biaya Variabel} \\
 &= (\text{Rp.570.764} \times 3) + \text{Rp.16.455.000} \\
 &= \text{Rp.1.712.292} + \text{Rp.17.430.000} \\
 &= \text{Rp. 19.142.292}
 \end{aligned}$$

Tabel 19. Biaya Variabel Produksi Bakteri

Uraian	Q	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Total (Rp)
Isolat Bakteri <i>Bacillus subtilis</i>	2	Pcs	50.000	100.000
Isolat Bakteri <i>Azospirillum</i>	2	Pcs	50.000	100.000
Isolat Bakteri <i>Phesedomonas Fluorencens</i>	2	Pcs	50.000	100.000
Botol 1 L	100	Pcs	2500	250.000
Media Perbanyakan	1	Paket	300.000	300.000
Air bersih/ Air Kelapa	1	Paket	100.000	100.000
Label Produk	20	Lembar	5000	100.000
Tenaga Kerja	4	HOK	75.000	300.000
Total				Rp.1.350.000

Sumber : Data diolah 2026

Berdasarkan hasil perhitungan, total biaya tetap yang dibutuhkan dalam usaha Penjualan Pupuk Hayati ini sebesar Rp.1.350.000, dengan nilai penyusutan per bulan sebesar Rp.98.958. Biaya variabel terdiri atas biaya produksi bakteri sebesar Rp.1.448.958

$$\begin{aligned}
 \text{Total Biaya Produksi} &= \text{Biaya Penyusutan} + \text{Biaya Variabel} \\
 &= \text{Rp.98.958} + \text{Rp.1.350.000} \\
 &= \text{Rp.1.448.958}
 \end{aligned}$$

B. Analisis Kelayakan Usaha Budidaya Kacang Panjang

Analisis kelayakan usaha dilakukan untuk menilai apakah usaha budidaya kacang panjang layak dijalankan secara ekonomi. Analisis ini tidak hanya melihat besarnya hasil panen, tetapi juga mempertimbangkan total biaya produksi,

penerimaan, pendapatan, serta nilai indikator kelayakan seperti BEP unit, BEP harga, B/C ratio, dan R/C ratio. Dengan adanya analisis kelayakan usaha, pelaku usaha dapat mengetahui apakah usaha yang dijalankan mampu menghasilkan keuntungan dan memiliki prospek untuk dikembangkan.

$$\begin{aligned}\text{a) Penerimaan} &= \text{Total Produk} \times \text{Harga Jual} \\ &= 30.000 \text{ kg} \times \text{Rp.4000} \\ &= \text{Rp.121.200.000}\end{aligned}$$

Penerimaan adalah jumlah uang yang diperoleh dari hasil penjualan produk sebelum dikurangi biaya produksi. Apabila total produksi kacang panjang dalam satu siklus diasumsikan per batang menghasilkan kurang lebih 1 kg per pohon, sebesar 30.000 kg (dan dikurangi resiko lain-lain) dengan harga jual Rp.4.000/kg, maka total penerimaan yang diperoleh adalah Rp.121.200.000. Nilai penerimaan tersebut menunjukkan jumlah pendapatan kotor sebelum dikurangi biaya produksi, sehingga masih perlu dilanjutkan dengan perhitungan pendapatan bersih untuk mengetahui keuntungan usaha secara keseluruhan.

$$\begin{aligned}\text{b) Pendapatan} &= \text{Total Penerimaan} - \text{Total Biaya Produksi} \\ &= \text{Rp.121.200.000} - \text{Rp.19.142.292} \\ &= \text{Rp.102.057.708}\end{aligned}$$

Pendapatan merupakan keuntungan bersih yang diperoleh dari hasil usaha setelah total penerimaan dikurangi dengan total biaya produksi. Berdasarkan hasil perhitungan, total penerimaan usaha sebesar Rp.121.200.000, sedangkan total biaya produksi yang dikeluarkan sebesar Rp.19.142.292. Dengan demikian, pendapatan yang diperoleh dalam satu siklus usaha adalah Rp.102.057.708. Nilai tersebut menunjukkan bahwa usaha memperoleh keuntungan.

$$\begin{aligned}\text{c) BEP Unit} &= \text{Biaya Tetap} / (\text{Harga Jual Per Kg} - \text{Biaya Variabel Per Kg}) \\ &= \text{Rp.1.712.292} / (4000 - \text{Rp.581}) \\ &= \text{Rp.1.712.292} / 3.419 \\ &= \text{Rp. 500,82 kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{d) BEP Harga} &= \text{Total Biaya Produksi} / \text{Jumlah Produksi} \\ &= \text{Rp.19.142.292} / 30.000 \text{ kg} \\ &= \text{Rp.638.07}\end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan, BEP unit diperoleh sebesar 500,82 kg atau dibulatkan menjadi 501 kg, yang berarti usaha harus mampu menjual minimal 501 kg kacang panjang dalam satu siklus agar mencapai titik impas. Sementara itu, BEP harga sebesar Rp.638/kg, artinya harga jual minimum agar usaha tidak mengalami

kerugian adalah Rp.638/kg. Karena harga jual yang direncanakan sebesar Rp.4.000/kg, maka harga tersebut berada jauh di atas nilai BEP, sehingga usaha memiliki peluang untuk memperoleh keuntungan.

e) **B/C Ratio** = Pendapatan / Total Biaya
= Rp.102.057.708 / Rp. 19.142.292
= 5,33

f) **R/C Ratio** = Total Penerimaan / Total Biaya Produksi
= 121.200.000 / 19.142.292
= 6,33

Berdasarkan hasil perhitungan, nilai R/C Ratio diperoleh sebesar 6,33, artinya setiap pengeluaran biaya sebesar Rp1,00 menghasilkan penerimaan sebesar Rp.6,33. Sementara itu, nilai B/C Ratio sebesar 5,33, artinya setiap pengeluaran biaya sebesar Rp.1,00 menghasilkan keuntungan sebesar Rp.5,33. Karena nilai R/C Ratio lebih dari 1 dan B/C Ratio bernilai positif, maka usaha ini dinilai layak dan menguntungkan untuk dijalankan.

C. Analisis Kelayakan Finansial Penjual Pupuk Hayati

A. **Penerimaan** = Total Produk x Harga Jual
= 100 botol x Rp.20.000
= Rp.2.000.000

Penerimaan merupakan total uang yang diperoleh dari hasil penjualan produk sebelum dikurangi biaya produksi. Berdasarkan hasil perhitungan, penjualan bakteri cair sebanyak 100 botol dengan harga Rp.20.000 per botol menghasilkan penerimaan sebesar Rp.2.000.000. Nilai ini menunjukkan jumlah pendapatan kotor yang diperoleh dari penjualan produk

B. **Pendapatan** = Total Penerimaan - Total Biaya Produksi
= Rp.2.000.000 - Rp.1.448.958
= Rp.551.042

Pendapatan merupakan keuntungan bersih yang diperoleh setelah total penerimaan dikurangi dengan total biaya produksi. Berdasarkan hasil perhitungan, penerimaan dari penjualan bakteri cair sebesar Rp.2.000.000, sedangkan total biaya produksi sebesar Rp.1.448.958. Dengan demikian, pendapatan yang diperoleh sebesar Rp.551.042. Nilai tersebut menunjukkan bahwa usaha penjualan masih memberikan keuntungan karena penerimaan lebih besar daripada biaya produksi.

C. **BEP Unit** = Biaya Tetap / (Harga Jual Per Kg- Biaya Variabel Per Kg)
= Rp.98.958 / (20.000 - 13.500)

$$= \text{Rp.}98.958 / \text{Rp. } 6.500$$

$$= 15,22 \text{ botol}$$

$$= 16 \text{ botol}$$

D. BEP Harga = Total Biaya Produksi / Jumlah Produksi

$$= \text{Rp.}1.448.958 / 100 \text{ botol}$$

$$= \text{Rp.}14.490 / \text{botol}$$

Berdasarkan hasil perhitungan, BEP unit diperoleh sebesar 15,22 botol atau dibulatkan menjadi 16 botol. Artinya, usaha penjualan bakteri cair harus mampu menjual minimal 16 botol agar mencapai titik impas. Sementara itu, BEP harga diperoleh sebesar Rp.14.490 per botol, yang berarti harga jual minimum agar usaha tidak mengalami kerugian adalah Rp.14.490/botol. Karena harga jual yang direncanakan sebesar Rp20.000/botol, maka usaha ini berpeluang memperoleh keuntungan.

E. B/C Ratio = Pendapatan / Total Biaya

$$= \text{Rp.}551.042 / \text{Rp. } 1.448.958$$

$$= 0,38$$

F. R/C Ratio = Total Penerimaan / Total Biaya Produksi

$$= \text{Rp.}2.000.000 / 1.448.958$$

$$= 1,38$$

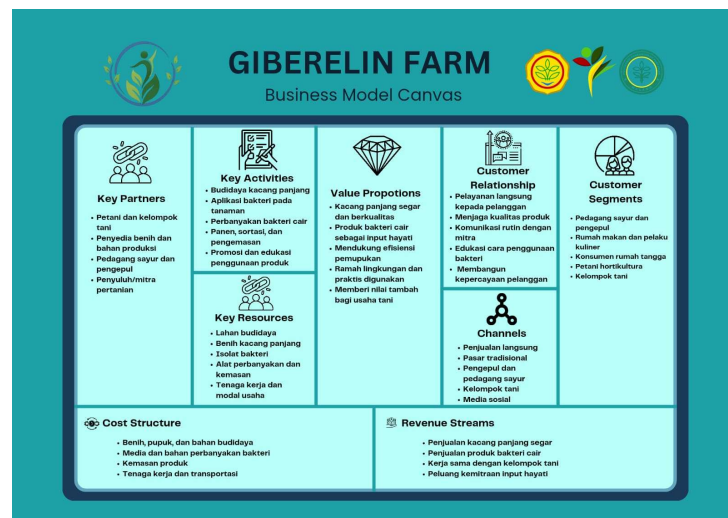
Berdasarkan hasil perhitungan, nilai B/C Ratio sebesar 0,38 menunjukkan bahwa setiap biaya yang dikeluarkan sebesar Rp.1.000 akan menghasilkan keuntungan sebesar Rp.380. Sementara itu, nilai R/C Ratio sebesar 1,38 menunjukkan bahwa setiap biaya yang dikeluarkan sebesar Rp.1.000 akan menghasilkan penerimaan sebesar Rp1.380. Karena nilai R/C Ratio lebih dari 1 dan usaha masih memperoleh keuntungan, maka usaha penjualan bakteri cair ini dinilai layak untuk dijalankan.

4.2.3.9 Pendekatan *Business Model Canvas* (BMC)

Business Model Canvas (BMC) merupakan pendekatan yang digunakan untuk menggambarkan model bisnis secara ringkas, sistematis, dan mudah dipahami. Dalam business plan ini, BMC digunakan untuk menjelaskan rancangan usaha budidaya kacang panjang dan produksi bakteri menguntungkan cair, mulai dari segmen pelanggan, nilai produk yang ditawarkan, saluran pemasaran, hubungan dengan pelanggan, sumber pendapatan, sumber daya utama, kegiatan utama, mitra usaha, hingga struktur biaya. Pendekatan ini membantu pelaku

usaha melihat gambaran usaha secara menyeluruh, sehingga setiap bagian usaha dapat direncanakan dan dijalankan secara lebih terarah.

Usaha ini tidak hanya berfokus pada penjualan kacang panjang segar, tetapi juga mengembangkan produk bakteri menguntungkan cair sebagai input hayati. Produk kacang panjang segar ditujukan untuk pedagang sayur, pengepul, pasar tradisional, rumah makan, dan konsumen rumah tangga. Sementara itu, produk bakteri menguntungkan cair ditujukan kepada petani, kelompok tani, kios pertanian, dan pelaku usaha hortikultura. Dengan adanya dua jenis produk tersebut, usaha memiliki nilai tambah karena mampu menghasilkan produk hortikultura sekaligus menyediakan bahan pendukung budidaya yang ramah lingkungan, praktis, dan berpotensi mendukung pertanian berkelanjutan.



Gambar 18. Bisnis Model Canvas

4.3 Pelaksanaan Diseminasi

Pelaksanaan diseminasi merupakan kegiatan penyebarluasan hasil penelitian kepada sasaran agar inovasi yang dihasilkan dapat dipahami dan berpotensi diterapkan. Hal ini sejalan dengan Wulandari *et al.* (2025) menyatakan bahwa diseminasi inovasi pertanian bertujuan menyampaikan informasi inovasi kepada pengguna, seperti petani, agar dapat dimanfaatkan. Pada penelitian ini, diseminasi difokuskan pada pemanfaatan bakteri menguntungkan seperti *Bacillus subtilis*, *Azospirillum sp.*, dan *Pseudomonas fluorescens* dalam budidaya kacang panjang untuk meningkatkan pengetahuan petani mengenai pertumbuhan tanaman, produktivitas, dan kelayakan usahanya.

Kegiatan diseminasi dilaksanakan melalui penyampaian materi, diskusi, dan penggunaan media pendukung seperti leaflet, dan bahan presentasi. Materi diseminasi meliputi pengertian bakteri menguntungkan, manfaat bakteri bagi

tanaman, cara aplikasi, serta pengaruhnya terhadap pertumbuhan dan hasil. Penyampaian materi dilakukan secara sistematis dengan bahasa yang mudah dipahami oleh petani dan didukung media visual agar informasi lebih efektif diterima oleh sasaran. Melalui pelaksanaan diseminasi ini, petani diharapkan memperoleh tambahan pengetahuan mengenai pemanfaatan bakteri menguntungkan sebagai alternatif dan kombinasi dalam budidaya yang dapat mendukung produktivitas dan efisiensi usaha khususnya pada tanaman kacang panjang.

4.3.1 Sasaran Diseminasi

Sasaran diseminasi ditetapkan berdasarkan kesesuaian dengan permasalahan penelitian, yaitu tingginya biaya usahatani dan menurunnya produksi tanaman kacang panjang. Kegiatan diseminasi dilaksanakan di Desa Pujon Kidul, Kecamatan Pujon, Kabupaten Malang, dengan sasaran anggota Kelompok Tani Sari Agung 1 sebanyak 30 orang. Sasaran dipilih secara purposive karena memiliki keterkaitan dengan budidaya kacang panjang maupun tanaman hortikultura, baik yang pernah maupun belum pernah memanfaatkan bakteri menguntungkan. Menurut Nasir *et al.* (2024) menyatakan melalui kegiatan diseminasi ini, petani diharapkan memperoleh informasi mengenai pemanfaatan bakteri menguntungkan sebagai alternatif teknologi budidaya yang dapat membantu menekan biaya produksi, mendukung pertumbuhan tanaman, serta meningkatkan produktivitas kacang panjang.

Menurut Shaliza (2025), pemilihan sasaran juga didasarkan pada permasalahan yang sering dihadapi petani, yaitu kebutuhan pupuk yang cukup tinggi, penurunan kesuburan tanah, serta upaya peningkatan pertumbuhan dan produktivitas tanaman. Penggunaan input kimia secara terus-menerus tanpa diimbangi dengan perbaikan kondisi tanah dapat memengaruhi keseimbangan mikroba tanah dan kesehatan perakaran (Murnita dan Taher, 2021). Oleh karena itu, diperlukan alternatif teknologi budidaya yang lebih ramah lingkungan dan dapat mendukung efisiensi usaha tani.

Salah satu inovasi yang diperkenalkan melalui kegiatan diseminasi ini adalah pemanfaatan bakteri menguntungkan seperti *Bacillus subtilis*, *Azospirillum sp.*, dan *Pseudomonas fluorescens*. Ketiga bakteri tersebut berperan dalam mendukung pertumbuhan tanaman melalui peningkatan aktivitas perakaran, ketersediaan unsur hara, dan proses fisiologis tanaman. Dengan adanya kegiatan diseminasi, petani diharapkan memperoleh pengetahuan mengenai manfaat bakteri menguntungkan,

cara aplikasi di sekitar perakaran, serta potensinya dalam meningkatkan pertumbuhan, produktivitas, dan efisiensi usaha budidaya kacang panjang.

4.3.2 Tujuan Diseminasi

Menurut Radhita *et al.* (2025), tujuan diseminasi pada aspek pengetahuan ditetapkan untuk mengetahui peningkatan pemahaman sasaran terhadap inovasi pemanfaatan bakteri menguntungkan dalam budidaya kacang panjang. Penetapan tujuan dilakukan menggunakan pendekatan ABCD, yaitu *Audience*, *Behavior*, *Condition*, dan *Degree*, agar tujuan yang dirumuskan lebih jelas, terarah, dan dapat diukur (Hayati dan Fitri, 2025). Aspek pengetahuan dipilih karena menjadi dasar awal bagi sasaran dalam memahami manfaat, prinsip kerja, teknik aplikasi, serta peluang penerapan bakteri menguntungkan sebagai inovasi budidaya kacang panjang. Adapun rumusan tujuan diseminasi pada aspek pengetahuan berdasarkan pendekatan ABCD adalah sebagai berikut.

1. *Audience* atau sasaran : Dalam kegiatan diseminasi ini adalah anggota Kelompok Tani Sari Agung 1 sebanyak 30 orang yang memiliki keterkaitan dengan kegiatan budidaya tanaman kacang panjang maupun tanaman hortikultura.
2. *Behavior* atau perilaku : Setelah mengikuti kegiatan diseminasi, sasaran mampu menjelaskan pengertian bakteri menguntungkan, jenis bakteri yang digunakan, manfaat bakteri bagi tanaman, cara aplikasi di daerah perakaran, serta perannya dalam mendukung pertumbuhan, produktivitas, dan efisiensi usaha budidaya kacang panjang.
3. *Condition* atau kondisi : Kemampuan tersebut dicapai setelah sasaran mengikuti kegiatan diseminasi melalui penyampaian materi, diskusi, penggunaan media presentasi, serta media pendukung seperti leaflet dan Power Point. Materi yang disampaikan berisi hasil penelitian mengenai pemanfaatan *Bacillus subtilis*, *Azospirillum sp.*, dan *Pseudomonas fluorescens* pada tanaman kacang panjang. Penyampaian materi dilakukan secara sistematis dengan bahasa yang mudah dipahami agar sasaran dapat menerima informasi dengan baik.
4. *Degree* atau tingkatan : Keberhasilan diseminasi diukur melalui peningkatan pengetahuan sasaran berdasarkan hasil *pre-test* dan *post-test*. Sasaran dinyatakan mengalami peningkatan apabila nilai *post-test* lebih tinggi dibandingkan nilai *pre-test*. Tingkat pengetahuan kemudian dikategorikan menjadi baik, cukup, dan kurang sesuai skor evaluasi. Adapun *degree* atau tingkat capaian yang diharapkan dalam kegiatan diseminasi ini adalah 40%

petani mengalami peningkatan pengetahuan terhadap pemanfaatan bakteri menguntungkan dalam budidaya kacang panjang.

Berdasarkan komponen ABCD, tujuan diseminasi pada aspek pengetahuan adalah agar 30 anggota Kelompok Tani Sari Agung 1 mampu memahami pemanfaatan bakteri menguntungkan, yaitu *Bacillus subtilis*, *Azospirillum sp.*, dan *Pseudomonas fluorescens* dalam budidaya kacang panjang. Sasaran diharapkan dapat memahami manfaat, cara aplikasi, serta peran bakteri dalam mendukung pertumbuhan, produktivitas, dan efisiensi biaya usahatani.

4.3.3 Materi Diseminasi

Materi diseminasi disusun berdasarkan hasil penelitian mengenai pemanfaatan bakteri menguntungkan pada budidaya kacang panjang. Penyusunannya mempertimbangkan kebutuhan, karakteristik, tingkat pengetahuan awal, serta permasalahan yang dihadapi anggota Kelompok Tani Sari Agung 1. Hasil identifikasi menunjukkan bahwa petani telah mengenal penggunaan pupuk anorganik, tetapi masih memerlukan informasi mengenai pemanfaatan bakteri sebagai pupuk hayati untuk mendukung efisiensi penggunaan pupuk NPK. Materi yang sesuai dengan kebutuhan sasaran diharapkan dapat mempermudah penyampaian informasi dan meningkatkan peluang diterimanya inovasi (Bachtar et al., 2025).

Materi yang diberikan mencakup pengertian pupuk hayati serta peran *Bacillus subtilis*, *Azospirillum sp.*, dan *Pseudomonas fluorescens* dalam mendukung pertumbuhan tanaman. *Bacillus subtilis* berperan dalam memperbaiki kondisi rizosfer, meningkatkan ketersediaan hara, dan menjaga kesehatan akar. *Azospirillum sp.* membantu fiksasi nitrogen serta menghasilkan hormon pertumbuhan seperti IAA, sedangkan *Pseudomonas fluorescens* berperan dalam melarutkan fosfat dan menjaga keseimbangan mikroorganisme di sekitar perakaran. Halil et al., (2021) menjelaskan bahwa materi penyuluhan perlu diarahkan agar sasaran memahami penggunaan bakteri menguntungkan sebagai alternatif teknologi budidaya yang ramah lingkungan.

Selain menjelaskan fungsi masing-masing bakteri, materi diseminasi juga memuat proses pembuatan dan perbanyakan pupuk hayati. Tahapan yang disampaikan meliputi persiapan alat dan bahan, pembuatan media cair, pengaturan pH, sterilisasi, penambahan inokulan, fermentasi, serta teknik pengaplikasian pupuk hayati di sekitar perakaran. Peserta juga memperoleh penjelasan mengenai konsentrasi pupuk NPK, waktu aplikasi, dan pemeliharaan tanaman setelah

perlakuan diberikan. Penyampaian materi secara bertahap bertujuan agar peserta memahami konsep dasar sebelum mempraktikkan pembuatan dan penggunaan pupuk hayati.

1 Materi diseminasi turut memuat hasil penelitian mengenai pengaruh kombinasi jenis bakteri dan konsentrasi NPK terhadap jumlah daun, jumlah cabang, panjang polong, berat polong, produktivitas, dan kelayakan usaha kacang panjang. Kombinasi *Bacillus subtilis* dan pupuk NPK 75% menghasilkan capaian produktivitas paling tinggi sehingga digunakan sebagai salah satu dasar penyusunan materi. Materi dirancang sesuai dengan prinsip pembelajaran orang dewasa karena bersifat praktis, relevan, dan dapat diterapkan secara langsung. Melalui kegiatan tersebut, petani diharapkan mampu meningkatkan pengetahuan dan mempertimbangkan penggunaan bakteri menguntungkan sebagai inovasi budidaya yang lebih efisien, produktif, dan berkelanjutan.

4.3.4 Media Diseminasi

Media yang digunakan dalam kegiatan diseminasi meliputi *leaflet*, PowerPoint, dan benda sesungguhnya bahan aplikasi bakteri. Leaflet berfungsi sebagai media informasi singkat yang dapat dibawa pulang peserta, sedangkan PowerPoint membantu penyampaian materi secara visual. Hal tersebut dinyatakan Rihi (2024) bahwa media disusun dengan bahasa sederhana, gambar jelas, dan informasi ringkas agar mudah dipahami petani. Dengan pemilihan media yang tepat, informasi mengenai inovasi budidaya kacang panjang berbasis bakteri menguntungkan dapat tersampaikan lebih efektif dan mendukung peningkatan pengetahuan sasaran (Wibowo *et al.*, 2023).

Menurut Wulandari (2023), media *leaflet* dan benda sesungguhnya digunakan sebagai media pendukung dalam kegiatan diseminasi pemanfaatan bakteri menguntungkan pada budidaya kacang panjang. *Leaflet* bermanfaat sebagai media informasi singkat yang memuat poin penting, seperti jenis bakteri, manfaat, cara aplikasi, serta pengaruhnya terhadap pertumbuhan dan produktivitas tanaman, sehingga dapat dibaca kembali oleh petani setelah kegiatan selesai (Lestari *et al.*, 2021). Sementara itu, benda sesungguhnya digunakan untuk memperlihatkan secara langsung hasil pupuk hayati kepada peserta.

4.3.5 Metode Diseminasi

Menurut Akhayar *et al.* (2022) menjelaskan metode diseminasi merupakan cara penyampaian informasi, hasil penelitian, dan inovasi teknologi kepada sasaran agar dapat dipahami dan berpotensi diterapkan di lapangan. Pada penelitian ini,

metode diseminasi diarahkan untuk meningkatkan pengetahuan petani mengenai pemanfaatan bakteri menguntungkan dalam budidaya kacang panjang. Metode yang digunakan meliputi ceramah, diskusi, dan demonstrasi cara. Tafonao *et al.*, (2025) menjelaskan bahwa ceramah adalah metode yang digunakan untuk menyampaikan materi secara terstruktur mengenai pengertian, manfaat, cara aplikasi, dan cara perbanyakan bakteri, sedangkan diskusi dan demonstrasi cara digunakan untuk meningkatkan keterlibatan peserta serta memberikan gambaran praktis mengenai penerapan *Bacillus subtilis*, *Azospirillum sp.*, dan *Pseudomonas fluorescens* dalam mendukung pertumbuhan tanaman, produktivitas, dan efisiensi biaya usahatani.

Metode diseminasi merupakan pendekatan yang digunakan untuk menyampaikan informasi dan hasil penelitian kepada sasaran agar materi dapat dipahami serta dimanfaatkan dengan baik. Pemilihan metode dalam kegiatan ini mempertimbangkan karakteristik anggota Kelompok Tani Sari Agung 1, materi yang disampaikan, dan tujuan diseminasi yang telah ditetapkan. Metode yang digunakan meliputi ceramah, diskusi, dan demonstrasi cara. Ketiga metode tersebut dipadukan untuk meningkatkan pengetahuan dan pemahaman sasaran mengenai pemanfaatan bakteri *Bacillus subtilis*, *Azospirillum sp.*, dan *Pseudomonas fluorescens* dalam mendukung efisiensi penggunaan pupuk NPK pada budidaya kacang panjang.

Kegiatan diseminasi diawali dengan metode ceramah untuk memberikan pengetahuan dasar mengenai fungsi bakteri di daerah perakaran, mekanisme kerja masing-masing jenis bakteri, serta manfaatnya terhadap pertumbuhan dan produktivitas tanaman kacang panjang. Materi juga mencakup penggunaan pupuk NPK secara efisien, proses pembuatan pupuk hayati, serta cara pengaplikasiannya pada tanaman. Penyampaian materi dilakukan secara sistematis menggunakan media PowerPoint dan leaflet agar informasi lebih mudah diterima dan dipahami oleh sasaran.

Setelah penyampaian materi, kegiatan dilanjutkan dengan metode diskusi sebagai bentuk komunikasi dua arah antara penyuluh dan peserta. Melalui diskusi, peserta diberikan kesempatan untuk mengajukan pertanyaan, menyampaikan pengalaman, serta mengemukakan kendala yang dihadapi dalam penggunaan pupuk dan pengelolaan budidaya kacang panjang. Kegiatan ini membantu penyuluh mengetahui tingkat pemahaman dan kebutuhan informasi peserta sehingga penjelasan dapat disesuaikan dengan kondisi yang mereka hadapi.

Kegiatan diseminasi dilaksanakan melalui metode ceramah, diskusi, dan demonstrasi cara secara terpadu. Ceramah digunakan untuk menyampaikan informasi dasar, diskusi membuka kesempatan bagi peserta untuk bertanya dan berbagi pengalaman, sedangkan demonstrasi memberikan gambaran langsung mengenai pembuatan serta pengaplikasian pupuk hayati. Kombinasi metode tersebut dapat menciptakan pembelajaran yang lebih interaktif dan memudahkan peserta memahami penerapan bakteri bermanfaat dalam budidaya kacang panjang (Ramadhana *et al.* 2021).

Evaluasi kegiatan diseminasi dilakukan secara kuantitatif menggunakan pendekatan *pre-test* dan *post-test*. *Pre-test* diberikan sebelum penyampaian materi untuk mengetahui tingkat pengetahuan awal peserta mengenai peran bakteri *Bacillus subtilis*, *Azospirillum* sp., dan *Pseudomonas fluorescens* dalam budidaya kacang panjang. Selanjutnya, *post-test* diberikan setelah kegiatan diseminasi selesai untuk mengetahui perubahan tingkat pengetahuan peserta setelah mengikuti kegiatan ceramah, diskusi, dan demonstrasi cara dengan dukungan media PowerPoint dan leaflet. Perbandingan nilai *pre-test* dan *post-test* digunakan sebagai dasar untuk menilai tingkat peningkatan pengetahuan dan efektivitas kegiatan diseminasi yang telah dilaksanakan.

4.3.6 Pelaksanaan Diseminasi

Menurut Halil *et al.* (2021) menjelaskan bahwa pelaksanaan diseminasi merupakan tahap penerapan rancangan kegiatan yang telah disusun berdasarkan sasaran, tujuan, materi, media, metode, dan evaluasi. Kegiatan diseminasi mengenai pemanfaatan bakteri menguntungkan dalam budidaya kacang panjang dilaksanakan dalam satu kali pertemuan pada tanggal 28 Juni 2026, pukul 15.00-18.00 WIB, di Kelompok Tani Sari Agung 1, Desa Pujon Kidul, Kecamatan Pujon, Kabupaten Malang.

Sasaran kegiatan adalah 30 orang anggota kelompok tani. Kegiatan ini diarahkan untuk meningkatkan pengetahuan petani mengenai pemanfaatan *Bacillus subtilis*, *Azospirillum* sp., dan *Pseudomonas fluorescens* dalam mendukung pertumbuhan tanaman, produktivitas, efisiensi biaya usahatani, serta cara aplikasi dan perbanyakan bakteri.

Sebelum kegiatan dilaksanakan, dilakukan tahap persiapan melalui koordinasi dengan penyuluh pertanian, pengurus kelompok tani, dan pihak lokasi kegiatan. Koordinasi tersebut bertujuan untuk menentukan waktu, tempat, jumlah peserta, kesiapan sarana, serta teknis pelaksanaan agar kegiatan berjalan tertib dan

22 sistematis. Selain itu, disiapkan administrasi kegiatan berupa lembar persiapan
93 menyuluh (LPM), sinopsis materi, daftar hadir peserta, berita acara, dokumentasi,
serta instrumen evaluasi berupa soal *pre-test* dan *post-test*. Media pendukung yang
dipakai meliputi leaflet dan benda sesungguhnya.

127 Kegiatan diseminasi diawali dengan pembukaan, pengisian daftar hadir, serta
penyampaian maksud dan tujuan kegiatan kepada peserta. Sebelum materi
diberikan, peserta terlebih dahulu mengerjakan *pre-test* untuk mengetahui tingkat
83 pengetahuan awal mengenai bakteri menguntungkan, manfaat, cara aplikasi, dan
157 cara perbanyakannya. Selanjutnya, materi disampaikan melalui metode ceramah
dengan bantuan PowerPoint dan leaflet, kemudian dilanjutkan dengan diskusi untuk
memberikan kesempatan kepada peserta menyampaikan pertanyaan, pengalaman,
kendala, dan tanggapan terkait budidaya kacang panjang di lapangan.

4.3.7 Evaluasi Diseminasi

34 Menurut Irawan *et al.* (2024), evaluasi diseminasi merupakan kegiatan
pengukuran yang dilakukan untuk mengetahui tingkat keberhasilan diseminasi
dalam meningkatkan pengetahuan sasaran terhadap materi yang disampaikan.
Pada penelitian ini, evaluasi difokuskan pada aspek pengetahuan karena kegiatan
diseminasi bertujuan untuk meningkatkan pemahaman petani mengenai
pemanfaatan bakteri menguntungkan, yaitu *Bacillus subtilis*, *Azospirillum sp.*, dan
Pseudomonas fluorescens dalam budidaya kacang panjang. Evaluasi dilakukan
163 dengan membandingkan hasil *pre-test* dan *post-test* sehingga dapat diketahui
perubahan tingkat pengetahuan sasaran sebelum dan sesudah mengikuti kegiatan
diseminasi (Wahyuddin *et al.*, 2022).

93 Evaluasi bertujuan untuk mengetahui tingkat pengetahuan awal sasaran,
mengukur peningkatan pengetahuan setelah kegiatan diseminasi, membandingkan
230 hasil *pre-test* dan *post-test*, serta menilai efektivitas materi, media, dan metode yang
digunakan. Evaluasi dilaksanakan pada 30 anggota Kelompok Tani Sari Agung 1 di
Desa Pujon Kidul, Kecamatan Pujon, Kabupaten Malang, yang dipilih karena
memiliki keterkaitan dengan budidaya kacang panjang dan tanaman hortikultura
sehingga berpotensi menerapkan teknologi yang disampaikan. Metode yang
36 digunakan berupa evaluasi kuantitatif melalui pendekatan *pre-test* dan *post-test*;
pre-test diberikan sebelum penyampaian materi untuk mengukur pengetahuan awal,
sedangkan *post-test* diberikan setelah kegiatan untuk mengetahui perubahan
pengetahuan sasaran (Syaefullah *et al.* 2024). Materi disampaikan melalui
ceramah, diskusi, demonstrasi cara, serta penggunaan media PowerPoint dan

leaflet Syaefullah *et al.* (2024). Instrumen evaluasi berupa kuesioner pilihan ganda yang disusun berdasarkan ranah kognitif, meliputi kemampuan mengingat, memahami, dan menerapkan, dengan indikator mengenai pengertian bakteri menguntungkan, jenis dan manfaat *Bacillus subtilis*, *Azospirillum* sp., serta *Pseudomonas fluorescens*, cara aplikasi dan perbanyak bakteri, serta perannya dalam mendukung pertumbuhan, produktivitas, dan efisiensi biaya usahatani kacang panjang.

4.3.8 Uji Validitas dan Reabilitas Instrumen

Uji validitas instrumen dilakukan untuk mengetahui ketepatan setiap butir soal dalam mengukur aspek pengetahuan sasaran mengenai pemanfaatan bakteri menguntungkan pada budidaya kacang panjang. Instrumen yang diuji berupa kuesioner pilihan ganda yang digunakan dalam kegiatan *pre-test* dan *post-test*. Pengujian validitas dilakukan menggunakan bantuan program SPSS melalui korelasi antara skor setiap butir soal dengan skor total. Kriteria pengambilan keputusan yaitu butir soal dinyatakan valid apabila nilai r hitung lebih besar daripada r tabel.

Tabel 20. Uji Validitas dan Reliabilitas Instrumen

Pertanyaan	R-Hitung	R-Total	Signifikasi	Keterangan	Cronbach Alpha
Soal 1	0,384	0,361	0.036	Valid	0,715
Soal 2	0,390	0,361	0.033	Valid	0,715
Soal 3	0,366	0,361	0,046	Valid	0,715
Soal 4	0,496	0,361	0,005	Valid	0,715
Soal 5	0,459	0,361	0,011	Valid	0,715
Soal 6	0,504	0,361	0,005	Valid	0,715
Soal 7	0,496	0,361	0,005	Valid	0,715
Soal 8	0,367	0,361	0,046	Valid	0,715
Soal 9	0,534	0,361	0,002	Valid	0,715
Soal 10	0,490	0,361	0,006	Valid	0,715
Soal 11	0,375	0,361	0,041	Valid	0,715
Soal 12	0,385	0,361	0,036	Valid	0,715
Soal 13	0,438	0,361	0,016	Valid	0,715
Soal 14	0,417	0,361	0,009	Valid	0,715
Soal 15	0,403	0,361	0,027	Valid	0,715
Soal 16	0,459	0,361	0,011	Valid	0,715
Soal 17	0,402	0,361	0,028	Valid	0,715
Soal 18	0,369	0,361	0,044	Valid	0,715
Soal 19	0,389	0,361	0,034	Valid	0,715
Soal 20	0,375	0,361	0,041	Valid	0,715

Sumber Data Diolah 2026

Berdasarkan hasil uji validitas, seluruh butir soal memiliki nilai r hitung lebih besar dari r tabel sebesar 0,361. Selain itu, seluruh nilai signifikansi berada di bawah 0,05. Hal ini menunjukkan bahwa 20 butir soal pada aspek pengetahuan dinyatakan valid. Dengan demikian, seluruh butir soal layak digunakan sebagai

instrumen evaluasi *pre-test* dan *post-test* untuk mengukur pengetahuan sasaran mengenai pemanfaatan *Bacillus subtilis*, *Azospirillum sp.*, dan *Pseudomonas fluorescens* dalam budidaya kacang panjang.

Uji reliabilitas instrumen dilakukan untuk mengetahui tingkat konsistensi kuesioner dalam mengukur pengetahuan sasaran. Pengujian reliabilitas dilakukan terhadap 20 butir soal yang telah dinyatakan valid. Uji reliabilitas dianalisis menggunakan metode Cronbach's Alpha dengan bantuan program SPSS. Instrumen dinyatakan reliabel apabila nilai Cronbach's Alpha memenuhi kriteria reliabilitas yang digunakan.

Berdasarkan hasil uji reliabilitas, diperoleh nilai Cronbach's Alpha sebesar 0,715. Nilai tersebut menunjukkan bahwa instrumen memiliki tingkat reliabilitas yang baik, sehingga kuesioner dinyatakan konsisten dan layak digunakan sebagai alat ukur evaluasi diseminasi. Dengan demikian, instrumen evaluasi dapat digunakan untuk mengetahui peningkatan pengetahuan sasaran sebelum dan sesudah kegiatan diseminasi mengenai pemanfaatan bakteri menguntungkan dalam budidaya kacang panjang.

4.3.9 Hasil Evaluasi Diseminasi

Evaluasi diseminasi pada aspek pengetahuan dilakukan terhadap 30 orang responden yang mengikuti kegiatan diseminasi mengenai pemanfaatan bakteri menguntungkan dalam budidaya kacang panjang. Evaluasi dilakukan melalui pemberian *pre-test* sebelum penyampaian materi dan *post-test* setelah kegiatan selesai. Instrumen yang digunakan berupa soal pilihan ganda dengan skor 1 untuk jawaban benar dan skor 0 untuk jawaban salah (Romadi *et al.*, 2025). Hasil *pre-test* dan *post-test* digunakan untuk mengetahui perubahan tingkat pengetahuan sasaran setelah menerima materi, media, diskusi, dan demonstrasi cara mengenai pemanfaatan *Bacillus subtilis*, *Azospirillum sp.*, dan *Pseudomonas fluorescens*.

Menurut Niruri *et al.* (2023), penilaian tingkat pengetahuan digunakan untuk mengetahui sejauh mana pemahaman sasaran sebelum dan sesudah mengikuti kegiatan diseminasi, sehingga efektivitas kegiatan dapat dinilai secara objektif. Materi yang dievaluasi meliputi pengertian bakteri menguntungkan, jenis dan manfaat bakteri, cara aplikasi, cara perbanyakan bakteri, serta perannya dalam mendukung pertumbuhan, produktivitas, dan efisiensi biaya usahatani kacang panjang. Dengan menggunakan instrumen yang valid dan reliabel, hasil evaluasi dapat menjadi dasar untuk menilai keberhasilan diseminasi serta memberikan masukan bagi pelaksanaan kegiatan serupa di masa mendatang.

Penilaian tingkat pengetahuan merupakan bagian penting dalam mengetahui keberhasilan kegiatan diseminasi. Evaluasi ini digunakan untuk melihat perubahan pemahaman sasaran sebelum dan sesudah menerima materi mengenai pemanfaatan bakteri menguntungkan dalam budidaya kacang panjang. Dalam penelitian ini, evaluasi dilakukan menggunakan instrumen *pre-test* dan *post-test* dengan skala Guttman, yaitu skor 1 untuk jawaban benar dan skor 0 untuk jawaban salah. Jumlah responden sebanyak 30 orang dengan 20 butir pertanyaan, sehingga skor maksimum yang dapat diperoleh adalah 600.

$$\text{Skor maksimum} = 1 \times 20 \text{ pertanyaan} \times 30 \text{ sasaran} = 600$$

$$\text{Skor minimum} = 0 \times 20 \text{ pertanyaan} \times 30 \text{ sasaran} = 0$$

$$\text{Skor yang didapat pada pre-test} = 299$$

$$\text{Median} = (\text{nilai maksimum} - \text{nilai minimum}) / 2 + \text{nilai minimum} = 300$$

$$\text{Kuadran 1} = (\text{nilai minimum} + \text{median}) / 2 = 150$$

$$\text{Kuadran 2} = (\text{nilai maksimum} + \text{median}) / 2 = 450$$

Berdasarkan hasil *pre-test*, diperoleh skor sebesar 299 dari skor maksimum 600. Persentase tingkat pengetahuan sasaran sebelum kegiatan diseminasi dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Persentase skor pre-test} &= \text{total skor} / \text{skor maksimum} \times 100\% \\ &= 299 / 600 \times 100\% = 49,8\% \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil tersebut, tingkat pengetahuan sasaran sebelum kegiatan diseminasi berada pada kategori cukup. Hal ini menunjukkan bahwa sebagian petani telah memiliki pengetahuan awal mengenai bakteri menguntungkan, namun pemahaman tersebut masih perlu ditingkatkan, terutama pada aspek manfaat, cara aplikasi, cara perbanyakan bakteri, serta perannya dalam mendukung pertumbuhan dan produktivitas tanaman kacang panjang.

Setelah kegiatan diseminasi dilaksanakan, sasaran diberikan *post-test* untuk mengetahui perubahan pengetahuan setelah menerima materi, diskusi, media leaflet dan PowerPoint, serta demonstrasi cara. Adapun hasil evaluasi *post-test* dihitung sebagai berikut:

$$\text{Skor maksimum} = 1 \times 20 \text{ pertanyaan} \times 30 \text{ sasaran} = 600$$

$$\text{Skor minimum} = 0 \times 20 \text{ pertanyaan} \times 30 \text{ sasaran} = 0$$

$$\text{Skor yang didapat pada post-test} = 518$$

$$\text{Median} = (\text{nilai maksimum} - \text{nilai minimum}) / 2 + \text{nilai minimum} = 300$$

$$\text{Kuadran 1} = (\text{nilai minimum} + \text{median}) / 2 = 150$$

$$\text{Kuadran 2} = (\text{nilai maksimum} + \text{median}) / 2 = 450$$

$$\begin{aligned}\text{Persentase skor post-test} &= \text{total skor} / \text{skor maksimum} \times 100\% \\ &= 518 / 600 \times 100\% = 86,3\%\end{aligned}$$

Berdasarkan hasil *post-test*, tingkat pengetahuan sasaran setelah kegiatan diseminasi berada pada kategori sangat tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa penyampaian materi mengenai pemanfaatan *Bacillus subtilis*, *Azospirillum sp.*, dan *Pseudomonas fluorescens* dapat diterima dengan baik oleh sasaran.

Peningkatan pengetahuan sasaran dihitung dengan membandingkan persentase *post-test* dan *pre-test* sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{Peningkatan pengetahuan} &= \text{persentase post-test} - \text{persentase pre-test} \\ &= 86,3\% - 49,8\% = 36,5\%\end{aligned}$$

Peningkatan pengetahuan sebesar 36,5% termasuk dalam kategori rendah berdasarkan skala pengukuran peningkatan pengetahuan, yaitu 21-40% kategori rendah, 41-60% kategori cukup, 61-80% kategori tinggi, dan 81-100% kategori sangat tinggi (Distya dan Virginia, 2024). Meskipun berada pada kategori rendah, hasil tersebut tetap menunjukkan adanya perubahan positif setelah kegiatan diseminasi dilakukan. Hal ini berarti bahwa materi, metode, dan media yang digunakan dalam kegiatan diseminasi mampu membantu sasaran memahami informasi mengenai pemanfaatan bakteri menguntungkan dalam budidaya kacang panjang. Dengan demikian, skala pengukuran tersebut dapat digunakan sebagai dasar untuk menilai tingkat efektivitas kegiatan diseminasi dalam meningkatkan pengetahuan petani.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Perlakuan aplikasi *Bacillus subtilis*, *Azospirillum sp.*, dan *Pseudomonas fluorescens* memberi pengaruh berbeda terhadap pertumbuhan dan produktivitas kacang panjang, dengan *Bacillus subtilis* secara konsisten unggul pada jumlah daun dan jumlah cabang. Pada panjang polong, *Pseudomonas fluorescens* unggul di awal panen sedangkan *Bacillus subtilis* lebih stabil hingga akhir. Serta berat polong, *Bacillus subtilis* kembali menghasilkan nilai tertinggi pada fase 77-84 HST, yang dimana efektivitasnya mendukung pembentukan dan pengisian polong. Keunggulan tersebut pada produktivitas, di mana kombinasi *Bacillus subtilis* dengan NPK 75% (B1K3) mencapai hasil tertinggi sebesar 5.590 kg/1.000 m².
2. Hasil analisis kelayakan usaha menunjukkan bahwa budidaya kacang panjang dengan aplikasi bakteri *Bacillus subtilis*, *Azospirillum sp.*, dan *Pseudomonas fluorescens* layak diterapkan secara ekonomi, dengan perlakuan B1K3 (*Bacillus subtilis* + NPK 75%) sebagai yang terbaik. Pada skala 1.000 m², B1K3 menghasilkan produksi 5.590 kg dengan HPP Rp1.318 per kg. Produksi tersebut juga berada jauh di atas titik impas (BEP 1.228 kg). Dan Mendapatkan nilai R/C ratio 4,55 dan B/C ratio 3,55.
3. Kegiatan diseminasi inovasi pemanfaatan bakteri *Bacillus subtilis*, *Azospirillum sp.*, dan *Pseudomonas fluorescens* pada budidaya kacang panjang. Kegiatan ini menyasar 30 anggota Kelompok Tani Sari Agung 1 di Desa Pujon Kidul, Kecamatan Pujon, Kabupaten Malang, menggunakan metode ceramah, dan diskusi, dengan media PowerPoint serta leaflet. Dan menunjukan hasil evaluasi menunjukkan peningkatan pengetahuan sasaran dari 49,8% (*pre-test*) menjadi 86,3% (*post-test*), atau naik sebesar 36,5%. Dengan demikian, diseminasi ini terbukti efektif meningkatkan pengetahuan petani.

5.2 Saran

1. Bagi pengusaha agribisnis pertanian, dapat menerapkan kombinasi perlakuan B1K3, yaitu aplikasi bakteri *Bacillus subtilis* dengan konsentrasi NPK 75%, dalam budidaya kacang panjang skala usaha karena terbukti memberikan produktivitas tertinggi serta kelayakan usaha yang menguntungkan, ditunjukkan oleh nilai R/C ratio dan B/C ratio yang tinggi. Selain itu, dapat

memperhitungkan efisiensi biaya produksi, khususnya penggunaan bakteri dan pupuk NPK pada dosis yang tepat.

2. Bagi pemangku kebijakan, disarankan mendorong program penyediaan dan pelatihan mengenai bakteri (*Bacillus subtilis*, *Azospirillum sp.*, dan *Pseudomonas fluorescens*) sebagai alternatif pupuk hayati bagi petani, yang dimana hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan bakteri dapat menekan kebutuhan NPK hingga 25% tanpa menurunkan produktivitas secara signifikan. Kebijakan tersebut diharapkan dapat membantu mengurangi ketergantungan petani terhadap pupuk kimia, dan dapat memenuhi kebutuhan masyarakat akan kacang panjang.
3. Bagi peneliti selanjutnya, disarankan melakukan penelitian lanjutan mengenai interaksi berbagai jenis bakteri dan jenis pupuk tunggal pada komoditas hortikultura lain maupun pada kondisi lahan, musim, dan tingkat kesuburan tanah yang berbeda. Penelitian juga dapat dikembangkan dengan mengkaji dosis, metode, dan waktu aplikasi bakteri yang lebih spesifik agar diperoleh teknik aplikasi yang paling efektif. Selain itu, perlu dilakukan pengamatan terhadap populasi bakteri di daerah perakaran, kandungan unsur hara tanah, perkembangan akar, serta kondisi lingkungan selama penelitian untuk memperjelas mekanisme kerja bakteri.