

MODEL REGRESI LOGISTIK PENCIPTAAN PROTOTIPE SEBAGAI LUARAN AKTIVITAS LITBANG INDUSTRI

Shiddiq Sugiono*, Dimas Hardy Purnomo, dan Dindha Fadhilah Dinati

*Pusat Data dan Informasi, Badan Riset dan Inovasi Nasional,
Jl. M.H. Thamrin No. 8, Jakarta, 10340, Indonesia*

Abstract

Persaingan ketat di sektor Industri telah memaksa setiap perusahaan untuk berinovasi pada produknya. Sebagai salah satu hasil penelitian dan pengembangan di sektor industri, prototipe memainkan peran untuk mendukung terciptanya inovasi produk. Tujuan penelitian ini adalah untuk memodelkan dampak belanja, jumlah personil, skema jenis kerjasama litbang dan skala industri terhadap status penciptaan prototipe dalam lingkup industri. Analisis dilakukan pada data hasil Survei Litbang Industri Indonesia tahun 2021 melalui regresi logistik. Adapun regresi yang dilakukan menggunakan stepwise untuk menghasilkan model dengan variabel yang memiliki tingkat signifikansi terbaik. Hasil penelitian menyebutkan bahwa jumlah personil litbang, skala industri, kerjasama SDM dengan institusi asing dan kerjasama pendanaan dengan pemerintah pusat menjadi faktor yang signifikan dalam menghasilkan luaran prototipe. Industri skala menengah cenderung lebih banyak menghasilkan prototipe jika dibandingkan skala besar. Adapun kerjasama pendanaan dari Pemerintah Pusat merupakan aspek yang memiliki signifikansi paling tinggi dalam mempengaruhi luaran prototipe. Investasi SDM litbang yang kompeten bisa menjadi solusi untuk mengantisipasi kecilnya nilai odds ratio pada variabel jumlah SDM litbang. Selain itu, otoritas yang berwenang perlu terus meningkatkan ekosistem pendanaan riset industri yang lebih baik.

Kata kunci: belanja litbang; kerjasama litbang; litbang industri; prototipe; personil litbang; sumber daya litbang

[Logistic Regression Model of Prototype Creation as an Output of Industrial R&D Activities] Intense competition has forced every company to innovate its products. As one of the research and development outputs in the industrial sector, prototypes play a role to support the creation of product innovation. The purpose of this study is to model the impact of expenditure, number of personnel, type of R&D cooperation scheme and industry scale on the status of prototype creation in the industrial scope. The analysis was carried out on the data from the Indonesian Industrial R&D Survey 2021 through logistic regression. The regression was carried out using stepwise to produce the best model. The results stated that the number of R&D personnel, industry scale, HR cooperation with foreign institutions and funding cooperation with the central government were significant factors in producing prototype output. Medium-scale industries tend to produce more prototypes than large-scale ones. Funding cooperation from the central government is the aspect that has the highest significance in influencing prototype output. Investment in competent R&D human resources can be a solution to anticipate the small value of the odds ratio on the variable number of R&D human resources. In addition, the competent authority needs to continue to improve a better industrial research funding ecosystem.

Keywords: industrial R&D; prototypes; R&D expenditure; R&D personnel; R&D cooperation; R&D resources

*Penulis Korespondensi

E-mail: shid002@brin.go.id

1. Pendahuluan

Penciptaan inovasi produk menjadi salah satu kunci dalam memenangkan kompetisi perekonomian di sektor industri karena hal tersebut mampu meningkatkan daya saing suatu perusahaan. Berbagai penelitian dari

beberapa negara telah mengkonfirmasi bahwa tingginya intensitas aktivitas inovasi, baik inovasi pada produk maupun proses bisnis, akan mempengaruhi peningkatan daya saing suatu perusahaan, baik di Indonesia (Hendayana et al., 2019), Polandia (Stawasz, 2019), Spanyol (Antonio García-Sánchez et al., 2018), maupun di Kenya (Namusonge et al., 2019). Adapun salah satu hasil survei dari OECD (2022) mengenai OECD *Business Innovation Indicators* menyebutkan bahwa pada tahun 2016-2018 secara umum produk dari perusahaan yang aktif berinovasi memiliki akses yang lebih besar pada pasar internasional sehingga membuka peluang lebih besar untuk memperoleh konsumen dibandingkan pesaingnya. Bahkan pada era digital saat ini, perusahaan harus mampu mengimplementasikan teknologi informasi dan komunikasi untuk menciptakan inovasi digital di berbagai aspek baik produk, proses dan layanan sehingga menciptakan nilai tambah bagi perusahaan maupun meningkatkan produktivitas (Berawi et al., 2020). Urgensi penciptaan inovasi produk dalam sektor industri pada akhirnya memaksa perusahaan untuk memberikan perhatian khusus pada berbagai kegiatan yang dapat menghasilkan inovasi.

Penelitian dan pengembangan/ litbang merupakan salah satu kegiatan yang dapat dilakukan industri untuk melahirkan berbagai macam inovasi, termasuk inovasi produk, di suatu perusahaan. Kegiatan litbang di perusahaan merupakan faktor krusial untuk memfasilitasi penyerapan teknologi baru maupun teknologi yang berasal dari luar negeri sehingga memperkaya sumber daya ilmu pengetahuan bagi suatu perusahaan (Prokop et al., 2021). Adapun litbang pada perusahaan menjadi suatu aktivitas yang mampu menghasilkan berbagai macam *output/* luaran untuk mendukung terciptanya inovasi di suatu perusahaan seperti paten (Das, 2020), artikel jurnal atau prosiding ilmiah (Chang, 2014), maupun prototipe (Magistretti et al., 2022). Melalui peran yang dapat diberikan oleh aktivitas litbang pada penciptaan inovasi maka suatu perusahaan perlu memberikan fokus pada hasil-hasil litbang sehingga berdampak dalam penciptaan inovasi produk secara langsung.

Prototipe atau purwarupa merupakan salah satu hasil dari kegiatan litbang yang mampu mendorong proses inovasi dari suatu produk. Secara umum, prototipe mengacu pada representasi fisik maupun digital dari model pra-produksi yang berfungsi untuk menjawab pertanyaan atau menguji asumsi dari suatu desain produk sehingga dapat dipelajari berbagai kendala, kinerja produk maupun persepsi pengguna (Nelson et al., 2020). Lauff et al. (2018) menyampaikan bahwa penciptaan prototipe memiliki tiga fungsi utama yakni meningkatkan komunikasi para aktor yang terlibat dalam desain produk, memungkinkan terjadinya proses pembelajaran serta menginformasikan proses desain kepada pengambil keputusan mengenai setiap titik dalam proses desain. Ketiga fungsi prototipe tersebut dinilai mampu

membantu proses litbang menjadi lebih efektif dan sesuai dengan kebutuhan berbagai pihak. Melalui berbagai peran tersebut maka penting untuk mengetahui aspek-aspek litbang apa saja yang mampu mendukung penciptaan prototipe.

Sumber daya litbang/ *R&D resources* merupakan salah satu aspek yang mampu mendukung penciptaan inovasi di suatu perusahaan (Wu et al., 2019). Sumber daya litbang tidak hanya meliputi modal belanja untuk mendukung aktivitas litbang tetapi juga investasi pada sumber daya manusia. Hasil penelitian dari Patwary & Fauzan (2020) menunjukkan bahwa sumber daya litbang menjadi faktor yang memediasi hubungan modal manusia, struktural, dan relasional dan kinerja pengembangan produk di organisasi manufaktur Indonesia. Hal ini menunjukkan kemungkinan bahwa sumber daya litbang turut menjadi faktor dalam mendukung penciptaan prototipe.

Belanja litbang/ *R&D expenditure* merupakan salah satu indikator yang dapat mengukur seberapa besar sumber daya litbang yang dimiliki perusahaan dalam melakukan kegiatan litbang. Konsep mengenai belanja litbang merujuk pada semua pengeluaran saat ini ditambah dengan pengeluaran modal tetap untuk litbang yang dilakukan pada suatu perusahaan selama periode tertentu apapun sumber dananya (OECD, 2015). Beberapa penelitian telah membuktikan bahwa semakin tinggi investasi belanja litbang maka semakin tinggi pula aktivitas inovasi di suatu perusahaan (Mulugeta, 2021; Pegkas et al., 2019; Sharma, 2019). Pegkas et al. (2019) dalam penelitiannya menyampaikan bahwa setiap kenaikan 10% pada belanja litbang sektor bisnis akan meningkatkan tingkat inovasi suatu negara sebesar 5,8%. Adapun besarnya belanja litbang akan meningkatkan performa dari manajemen aktivitas litbang (Jin & Lee, 2020). Melalui perannya dalam meningkatkan kapasitas perusahaan dalam penciptaan inovasi, belanja litbang menjadi salah satu faktor yang dinilai mampu untuk memberikan peluang lebih besar dalam menciptakan luaran litbang, termasuk prototipe.

Jumlah personil litbang/ *R&D personnel* merupakan salah satu sumber daya litbang yang dapat memberikan dampak terhadap luaran litbang di suatu perusahaan. Selain mempercepat penciptaan inovasi, pada saat yang sama besarnya investasi pada sumber daya manusia litbang meningkatkan kemampuan suatu perusahaan untuk mendapatkan berbagai pengetahuan dari lingkungan eksternal (Wu et al., 2019). Adapun Dimov & Taneva (2019) menjelaskan bahwa personil litbang yang memiliki kompetensi dan kualifikasi tertentu dibutuhkan untuk menciptakan aktivitas inovasi dan menghasilkan luaran inovasi lebih tinggi dalam suatu perusahaan. Dalam konteks inovasi di bidang teknologi digital, penelitian Dai et al. (2022) menunjukkan bahwa percepatan investasi pada sumber daya litbang berdampak positif pada pengembangan produk. Pada

akhirnya suatu perusahaan harus berani berinvestasi lebih untuk mempekerjakan sumber daya manusia di sektor litbang agar menghasilkan luaran litbang yang lebih baik dalam kuantitas maupun kualitasnya.

Selain belanja dan jumlah personil litbang, kerjasama litbang pada suatu perusahaan merupakan salah satu aspek yang dinilai memiliki peran untuk mendukung luaran litbang pada suatu perusahaan. Penelitian Prokop et al. (2021) turut menjelaskan bahwa sumber daya eksternal memiliki signifikansi dalam mendukung litbang internal dalam suatu perusahaan sehingga kerjasama ini dinilai memiliki peran penting dalam mendukung penciptaan inovasi. Kerjasama dinilai dapat mengatasi beberapa kendala bagi suatu riset, karena riset adalah sebuah kegiatan yang terus berkelanjutan. Misalnya keterbatasan dana dapat membuat sebuah penelitian menjadi tidak tuntas. Sebuah penelitian seharusnya dapat berjalan dari tahap konsep hingga komersialisasi. Salah satu alasan yang membuat kerjasama dalam litbang menjadi penting adalah sebuah lembaga tidak perlu melakukan penelitian dari awal hingga akhir (Fajrin, 2018). Penelitian dapat dilakukan secara bersama-sama sesuai dengan kompetensi masing-masing lembaga yang berakhir tindak lanjut bersama terhadap rangkuman penelitian. Selain itu, kerjasama litbang menghasilkan suatu skema penciptaan prototipe yang bernama *co-creation* (Roberts et al., 2022). Melalui berbagai manfaat yang dapat diberikan oleh kegiatan kerjasama litbang maka suatu perusahaan perlu melihat apa saja potensi kerjasama yang dapat terjalin dan sektor apa saja yang dapat menjadi mitra kerjasama.

Kerjasama litbang di sektor industri sendiri dapat dilakukan dengan berbagai jenis institusi mulai dari pemerintahan hingga institusi asing. Dalam Undang-Undang Republik Indonesia (2019) Nomor 11 Tahun 2019 tentang Sistem Nasional Ilmu Pengetahuan dan Teknologi dijelaskan mengenai “kemitraan industri” sebagai bentuk komersialisasi teknologi. Kemitraan industri disini ialah kolaborasi atau kerjasama. Baik dari pemerintah pusat dan pemerintah daerah bersinergi untuk memfasilitasi pengembangan dalam kemudahan akses informasi, kemudahan akses sarana dan prasarana Iptek serta mobilitas sumber daya manusia Iptek. Kerjasama ini juga dapat dilakukan dengan mitra luar negeri dengan memperhatikan alih teknologi dan berpedoman pada politik luar negeri bebas aktif. Pembinaan jaringan Iptek dilakukan melalui fasilitasi kemitraan/kerjasama kelembagaan Iptek baik itu dengan Pemerintah Pusat, Pemerintah Daerah, Badan Usaha, Masyarakat, Kelembagaan Iptek Asing, Lembaga Asing serta Lembaga Internasional. Kerjasama dan sumber daya litbang pada akhirnya membentuk suatu skema yang saling melengkapi dimana keterbatasan sumber daya litbang dapat dilengkapi oleh adanya skema kerjasama dengan sektor tertentu.

Kerjasama litbang yang dilakukan oleh suatu industri dapat dilakukan bersama dengan berbagai macam sektor. Melalui skema kerjasama litbang dengan sektor pemerintah, industri dapat memperoleh insentif untuk meningkatkan performa manajerial dan aktivitas risetnya (Jin & Lee, 2020). Adapun kerjasama litbang antara industri dengan pendidikan tinggi memungkinkan sektor industri untuk terjadinya pertukaran pengetahuan dan teknologi (Baleeiro Passos et al., 2023). Begitu pula pada kerjasama litbang antara industri dengan institusi luar negeri, skema tersebut dinilai mendukung alih teknologi baru dan juga secara signifikan meningkatkan lahirnya paten di tingkat nasional (Loukil, 2018; Prokop et al., 2021). Bahkan antar sektor industri dapat melakukan kerjasama litbang melalui jaringan kolaborasi inovatif dimana hal tersebut memberikan pengembangan secara berkelanjutan (Shi & Xiao, 2024). Selain itu, industri dapat menjalankan kerjasama litbang dengan organisasi non-profit/ *non governmental organization* (NGO) dapat mendukung aktivitas riset di industri secara berkelanjutan (Baker et al., 2023). Melalui berbagai jenis kerjasama litbang tersebut maka industri dinilai memiliki peluang besar dalam menciptakan suatu inovasi.

Selain sumber daya dan juga kerjasama litbang, skala industri turut dinilai menjadi aspek yang mempengaruhi suatu perusahaan dalam melakukan inovasi. Berdasarkan Undang-Undang No. 3 Tahun 2014 tentang Perindustrian, kategori industri besar mencakup perusahaan yang memiliki lebih dari 100 tenaga kerja, sedangkan industri skala menengah memiliki tenaga kerja antara 20 sampai 99 orang. Semakin besar skala industri maka semakin besar pula sumber daya yang dapat berdampak pada aktivitas inovasi dibandingkan perusahaan dengan skala yang lebih kecil (Yi et al., 2023). Perusahaan berskala besar lebih memiliki sumber daya untuk diinvestasikan pada pengembangan dan riset, mempercanggih teknologi dan juga mencari ide baru. Namun begitu, kemunculan perusahaan/ industri *startup*, yang tidak berskala besar, belakangan ini justru sedang giat-giatnya membuat inovasi produk sehingga memunculkan argumentasi yang berlawanan terkait investasi sumber daya teknologi dari industri besar (Khuan et al., 2023). Melalui aspek-aspek kategori skala industri tersebut maka perlu dipahami lebih lanjut bagaimana peran skala industri pada proses inovasi di Indonesia.

Berdasarkan hubungan antara belanja, jumlah personil, kerjasama litbang dan skala industri yang telah disampaikan, keempat aspek tersebut dinilai memiliki peran dalam menentukan kapasitas sebuah perusahaan dalam menciptakan inovasi. Adapun kerangka konseptual penelitian ini dibentuk dari hipotesis bahwa belanja, jumlah personil, skala industri dan kerjasama litbang dari berbagai sektor memiliki dampak terhadap penciptaan prototipe di suatu perusahaan. **Tabel 1** menyajikan hipotesis yang akan diuji dalam penelitian ini.

Tabel 1. Hipotesis Penelitian

Notasi	Uraian
H ₁	Belanja litbang mempengaruhi penciptaan prototipe
H ₂	Jumlah personil litbang mempengaruhi penciptaan prototipe
H ₃	Skala Industri mempengaruhi penciptaan prototipe
H ₄ – H ₇	Kerjasama dalam aspek dana mitra (H ₄), fasilitas (H ₅), SDM (H ₆) dan lainnya (H ₇) dengan pemerintah pusat mempengaruhi penciptaan prototipe
H ₈ – H ₁₁	Kerjasama dalam dana mitra (H ₈), fasilitas (H ₉), SDM (H ₁₀) dan lainnya (H ₁₁) dengan pemerintah daerah mempengaruhi penciptaan prototipe
H ₁₂ – H ₁₅	Kerjasama dalam aspek dana mitra (H ₁₂), fasilitas (H ₁₃), SDM (H ₁₄) dan lainnya (H ₁₅) dengan perguruan tinggi mempengaruhi penciptaan prototipe
H ₁₆ – H ₁₉	Kerjasama dalam aspek dana mitra (H ₁₆), fasilitas (H ₁₇), SDM (H ₁₈) dan lainnya (H ₁₉) dengan institusi swasta mempengaruhi penciptaan prototipe
H ₂₀ – H ₂₃	Kerjasama dalam aspek dana mitra (H ₂₀), fasilitas (H ₂₁), SDM (H ₂₂) dan lainnya (H ₂₃) dengan institusi luar negeri mempengaruhi penciptaan prototipe
H ₂₄ – H ₂₇	Kerjasama dalam aspek dana mitra (H ₂₄), fasilitas (H ₂₅), SDM (H ₂₆) dan lainnya (H ₂₇) perusahaan lainnya mempengaruhi penciptaan prototipe
H ₂₈ – H ₃₁	Kerjasama dalam aspek dana mitra (H ₂₈), fasilitas (H ₂₉), SDM (H ₃₀) dan lainnya (H ₃₁) dengan institusi lainnya mempengaruhi penciptaan prototipe

Permasalahan dan konteks yang diangkat dalam penelitian ini adalah masih lemahnya kapasitas maupun aktivitas inovasi Indonesia. *Data Global Innovation Index/ GII* tahun 2021 menyebutkan bahwa secara umum Indonesia berada di peringkat 87 dari 132 negara pada indeks inovasi secara umum. Adapun inovasi dalam sektor bisnis sendiri berada di peringkat 110 sehingga ekosistem litbang di sektor industri memerlukan perhatian khusus untuk terus diperbaiki (WIPO, 2021). Begitu pula pada *Gross Expenditure Research and Development/ GERD* menunjukkan bahwa belanja litbang di Indonesia tahun 2020 berada pada angka 0.28% dari Produk Domestik Bruto/ PDB (World Bank, 2022). Nilai tersebut berada di bawah nilai median nilai GERD di seluruh negara yang berada pada angka 0.5% (World Bank, 2022). Kondisi ini tentunya berdampak buruk bagi Indonesia karena perekonomian dunia saat ini bertumpu pada hasil inovasi. Dengan menganalisis kondisi terkini mengenai sumber daya dan kerjasama litbang maka dapat dipetakan aspek apa saja yang mampu meningkatkan gairah inovasi industri Indonesia.

Berangkat dari argumen yang telah disampaikan, penelitian ini bertujuan untuk membentuk model dari dampak antara belanja, jumlah personil, skala industri dan kerjasama litbang terhadap penciptaan prototipe di sektor industri Indonesia. Melalui pentingnya kegiatan inovasi di sektor industri maka perlu diformulasikan suatu kebijakan maupun dibentuk suatu ekosistem yang mendorong penciptaan inovasi di sektor tersebut. Adapun melalui pembentukan model tersebut maka akan diketahui aspek-aspek apa saja yang memiliki dampak signifikan dalam penciptaan prototipe. Pertanyaan penelitian yang akan dijawab yakni: apa saja variabel yang dapat mempengaruhi secara signifikan penciptaan prototipe pada suatu perusahaan di Indonesia?

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metodologi penelitian kuantitatif untuk menguji hipotesis berdasarkan data empiris yang bersesuaian dengan kerangka konsep yang telah dibentuk.

2.1 Data Penelitian

Penelitian ini menggunakan data hasil dari kegiatan Survei Penelitian dan Pengembangan Industri Indonesia pada tahun 2021 yang mencatat data dari berbagai aktivitas litbang industri di tahun berjalan 2020. Data tersebut diproduksi oleh Badan Riset dan Inovasi Nasional/ BRIN pada tahun 2021 (Pusat Data dan Informasi BRIN, 2022). Data tersebut merupakan hasil sensus terhadap 320 perusahaan manufaktur berskala menengah dan besar dari berbagai provinsi di Indonesia yang melakukan kegiatan penelitian dan pengembangan di tahun 2020. Adapun variabel-variabel yang akan digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada **Tabel 2**.

Nilai pada variabel Y dan X₃-X₃₁ berjenis kategorik sedangkan X₁ dan X₂ berjenis kontinu. Nilai variabel Y terdiri atas 1 (menghasilkan luaran prototipe) dan 0 (tidak menghasilkan luaran prototipe), variabel X₁ memiliki satuan Rupiah, variabel X₂ memiliki satuan orang, variabel X₄ terdiri atas 0 (industri skala menengah) dan 1 (industri skala besar), dan variabel X₃ hingga X₃₁ berisikan angka 1 (melakukan kerjasama) dan 0 (tidak melakukan kerjasama).

2.2 Analisis Deskriptif

Tujuan dari analisis deskriptif adalah menyajikan data menjadi informasi yang berguna melalui grafik, tabel, ukuran pemusatan, ukuran penyebaran maupun ukuran nilai tempat (Martias, 2021). Adapun manfaat dari analisis deskriptif adalah untuk memberikan gambaran

Tabel 2. Daftar Variabel

Notasi	Definisi	Jenis
Y	Status luaran litbang prototipe	Kategorik
X ₁	Jumlah belanja litbang	Kontinu
X ₂	Jumlah personil litbang	Kontinu
X ₃	Skala Industri	Kategorik
X ₄	Kerjasama dana mitra dengan pemerintah pusat	Kategorik
X ₅	Kerjasama fasilitas dengan pemerintah pusat	Kategorik
X ₆	Kerjasama SDM dengan pemerintah pusat	Kategorik
X ₇	Kerjasama lainnya dengan pemerintah pusat	Kategorik
X ₈	Kerjasama dana mitra dengan pemerintah daerah	Kategorik
X ₉	Kerjasama fasilitas dengan pemerintah daerah	Kategorik
X ₁₀	Kerjasama SDM dengan pemerintah daerah	Kategorik
X ₁₁	Kerjasama lainnya dengan pemerintah daerah	Kategorik
X ₁₂	Kerjasama dana mitra dengan perguruan tinggi	Kategorik
X ₁₃	Kerjasama fasilitas dengan perguruan tinggi	Kategorik
X ₁₄	Kerjasama SDM dengan perguruan tinggi	Kategorik
X ₁₅	Kerjasama lainnya dengan perguruan tinggi	Kategorik
X ₁₆	Kerjasama dana mitra dengan institusi swasta	Kategorik
X ₁₇	Kerjasama fasilitas dengan institusi swasta	Kategorik
X ₁₈	Kerjasama SDM dengan institusi swasta	Kategorik
X ₁₉	Kerjasama lainnya dengan institusi swasta	Kategorik
X ₂₀	Kerjasama dana mitra dengan institusi luar negeri	Kategorik
X ₂₁	Kerjasama fasilitas dengan institusi luar negeri	Kategorik
X ₂₂	Kerjasama SDM dengan institusi luar negeri	Kategorik
X ₂₃	Kerjasama lainnya dengan institusi luar negeri	Kategorik
X ₂₄	Kerjasama dana mitra dengan perusahaan lainnya	Kategorik
X ₂₅	Kerjasama fasilitas dengan perusahaan lainnya	Kategorik
X ₂₆	Kerjasama SDM dengan perusahaan lainnya	Kategorik
X ₂₇	Kerjasama lainnya dengan perusahaan lainnya	Kategorik
X ₂₈	Kerjasama dana mitra dengan institusi lainnya	Kategorik
X ₂₉	Kerjasama fasilitas dengan institusi lainnya	Kategorik
X ₃₀	Kerjasama SDM dengan institusi lainnya	Kategorik
X ₃₁	Kerjasama lainnya dengan institusi lainnya	Kategorik

umum dari suatu data sehingga dapat memperkaya hasil analisis. Dalam penelitian ini, data penelitian akan disampaikan dalam bentuk grafik dan tabel.

2.3 Regresi Logistik Biner

Teknik analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah regresi logistik sederhana/biner. Teknik tersebut digunakan untuk meneliti hubungan satu atau lebih variabel independen dan dependen yang dimana variabel dependennya bersifat biner atau dikotomi. Variabel dependen dalam hal ini dinotasikan dalam bentuk sukses (Y=1) atau gagal (Y=0). (Hosmer & Lemeshow, 2000) menyampaikan bahwa probabilitas kejadian sukses $P(Y=1|x)$ atau $\pi(x)$ pada model regresi logistik biner dapat dinotasikan dengan formula sebagai berikut:

$$\pi(x) = \frac{\exp(\beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_p x_p)}{1 + \exp(\beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_p x_p)} \quad (1)$$

Dimana x_i merupakan variabel prediktor $i = 1, 2, \dots, n$ dengan n adalah ukuran sampel, $\pi(x)$ merupakan probabilitas terjadinya kejadian sukses, β_0 adalah konstanta, serta β_p merupakan besaran koefisien regresi ke- j dengan $j=1, 2, \dots, p$ dan p adalah jumlah peubah variabel prediktor. Hosmer & Lemeshow (2000) menyampaikan bahwa $\pi(x) \geq 0.5$ adalah hasil prediksi sukses dan $\pi(x) \leq 0.5$ adalah hasil prediksi gagal. Penaksiran parameter regresi logistik biner dilakukan melalui metode *Maximum Likelihood Estimation* (MLE) dengan metode iterasi yang digunakan adalah Newton Raphson. Terdapat 5 langkah dalam melakukan teknik analisis regresi seperti yang disampaikan oleh Wulandari et al. (2020) sebagai berikut:

1) Pembentukan model linier regresi logistik

Tahap ini ditujukan untuk membentuk model linier dari regresi logistik biner dengan merubah persamaan 1 menjadi fungsi linear:

$$g(x) = \ln \frac{\pi(x)}{1-\pi(x)} = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_p x_p \quad (2)$$

Tabel 3. Hasil Analisis Deskriptif Variabel Kontinu

Ukuran	X ₁	X ₂
Range	172,477,029,739.00	717.00
Nilai Minimal	5,417,261.00	1.00
Nilai Maksimal	172,482,447,000.00	718.00
Rata-rata	7,557,024,874	32.7844
Standar Deviasi	21,259,922.16	67.17726
Median	786,321,342.00	11

Dalam penelitian ini perangkat lunak yang digunakan untuk membantu dalam membuat model regresi logistik biner adalah Rstudio.

2) Pengujian *Goodness of fit/ Gof*

Pengujian GoF dilakukan untuk mengetahui apakah data empiris cocok dengan model yang dibentuk melalui teknik regresi logistik biner. Kesesuaian model dapat diuji menggunakan statistik Hosmer and Lemeshow's *Goodness of fit test*. Pengujian ini dilakukan melalui pengujian hipotesis H_0 : model fit terhadap data empiris. Hipotesis H_0 akan ditolak jika nilai P-value dari Statistik Hosmer Lemeshow < 0.05 .

3) Pengujian koefisien secara simultan

Pengujian ini bertujuan untuk menguji secara bersama-sama/ simultan apakah seluruh variabel independen pada suatu model memiliki pengaruh kepada variabel dependen. Pengujian ini dilakukan melalui pengujian hipotesis $H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_p = 0$ (tidak terdapat pengaruh antara variabel independen dengan dependen) dengan statistik uji:

$$G = -2\log L_0 - (-2\log L_p) = -2lm \frac{L_0}{L_p} \quad (3)$$

Dimana L_0 merupakan nilai *likelihood* tanpa variabel independen dan $\log L_p$ merupakan *likelihood* dengan variabel independen. Hipotesis H_0 akan ditolak jika $G > \chi_{0.05,df}^2$.

4) Pengujian koefisien secara parsial

Pengujian ini dilakukan untuk menentukan signifikansi variabel independen terhadap variabel dependen secara parsial. Adapun statistik yang digunakan adalah Wald dengan hipotesis $H_0 : \beta_p = 0$ (tidak terdapat hubungan antara variabel independen tertentu dengan variabel dependen). Adapun perhitungan Wald adalah sebagai berikut:

$$Wald = \frac{\hat{\beta}_p^2}{se^2(\hat{\beta}_p)} \quad (4)$$

Dimana $\hat{\beta}_p^2$ adalah koefisien regresi ke-1,2,...,p dan $se^2(\hat{\beta}_p)$ adalah standar error koefisien regresi ke ke-1,2,...,p. H_0 akan ditolak jika $Wald > \chi_{0.05,1}^2$.

5) Perhitungan *Odds Ratio*

Odds ratio merupakan suatu nilai yang digunakan untuk menentukan besaran kecenderungan variabel independen terhadap variabel dependen. Dalam penelitian ini, variabel dependen adalah status penciptaan luaran prototipe dan nilai *odds ratio* adalah $\exp(\beta_p)$ pada variabel independen yang secara signifikan mempengaruhi variabel dependen. Penghitungan *odds ratio* sebagai berikut:

$$odds = \exp(\beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_p x_p) \quad (5)$$

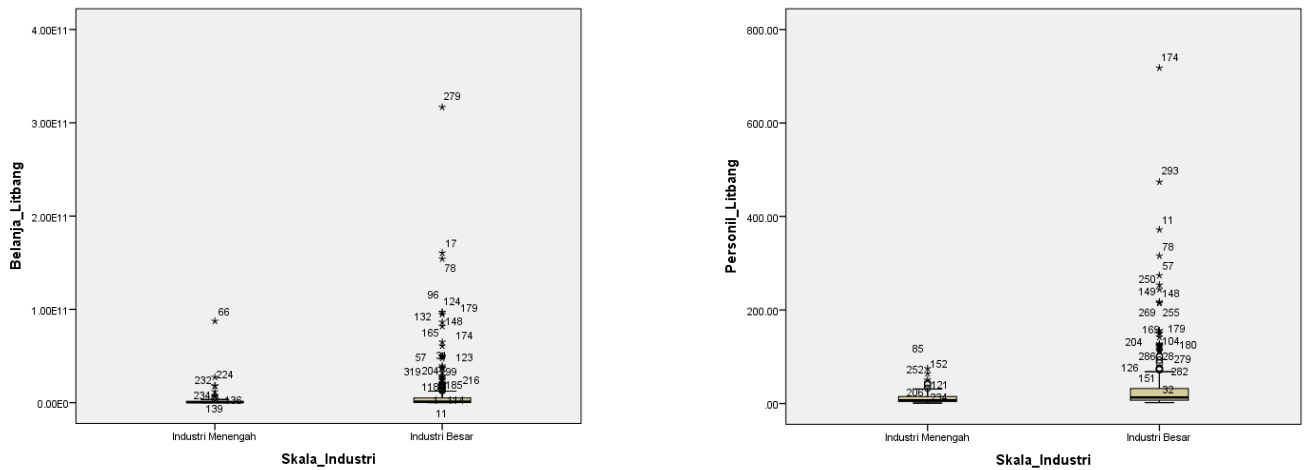
2.4 Metode *Stepwise*

Metode regresi logistik biner yang paling baik mampu diperoleh dengan metode *stepwise* (Draper & Smith, 1998). Metode ini adalah gabungan dari metode *forward* dan *backward*. Cara kerja metode ini adalah dengan menetapkan nilai p_{entry} dan p_{remove} sebagai kriteria untuk membangun model. Kriteria tersebut akan menentukan variabel independen apa yang akan dimasukkan maupun dikeluarkan dalam model yang dibandingkan dengan nilai P-value uji wald/uji parsial. Proses ini dilakukan secara terus menerus hingga tidak ada lagi variabel yang memenuhi kriteria.

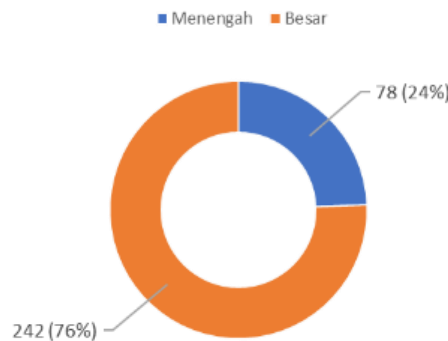
3. Hasil & Pembahasan

3.1 Analisis Deskriptif

Analisis deskriptif pada **Tabel 3** menyajikan ukuran pemusatan dan penyebaran dari tiap variabel kontinu yang dilibatkan dalam penelitian ini. Dapat dilihat bahwa jangkauan/ *range* dari belanja litbang (X₁) memiliki nilai yang sangat tinggi dimana nilai terkecil adalah jutaan dan nilai paling besar adalah miliaran. Begitu juga pada SDM litbang (X₂) terdapat jarak yang relatif jauh antara nilai paling kecil dengan nilai maksimal. Ukuran pemusatan dan penyebaran yang disampaikan pada **Tabel 3** akan diperdalam kembali dengan kategori skala industri melalui grafik *boxplot* untuk diketahui bentuk penyebaran di antara keduanya.



Gambar 1. Distribusi Jumlah Belanja dan Personil Litbang berdasarkan Skala Perusahaan



Gambar 2. Distribusi Skala Perusahaan

Hasil analisis grafik *boxplot* pada **Gambar 1** menjelaskan bahwa data X_1 dan X_2 memiliki sebaran data yang luas/ *diverse* dan memiliki beberapa data pencilan/ *outlier* baik pada skala industri menengah maupun besar. Kondisi ini mungkin terjadi karena ada perusahaan yang memiliki fokus besar pada litbang dan ada yang tidak, sehingga turut berpengaruh pada investasi sumber daya finansial maupun manusianya. Adapun karena terdapat *outlier* pada data X_1 dan X_2 maka pemusatan data akan lebih baik menggunakan median dibandingkan rata-rata. Secara visual bentuk grafik *boxplot* dari skala industri menengah maupun industri besar memiliki kesamaan terutama dalam bentuk sebaran data pencilannya. Hal tersebut menunjukkan bahwa baik industri menengah maupun sedang sama-sama memiliki pola investasi sumber daya iptek yang relatif sama sehingga perlu diteliti lebih dalam mengenai perbedaan di antara keduanya. Temuan ini relevan dengan kajian Khuan et al. (2023) dimana saat ini ditemukan banyak Industri atau perusahaan rintisan yang mulai melakukan inovasi secara disruptif ditengah produk industri besar.

Berdasarkan distribusi skala perusahaan seperti disampaikan pada **Gambar 2**, terdapat 78 perusahaan (24%) berskala menengah dan 242 perusahaan (76%) berskala besar. Skala perusahaan tersebut dikategorikan berdasarkan jumlah tenaga kerja dimana industri besar memiliki tenaga kerja lebih dari 100 orang dan industri menengah antara 20-99 orang. Grafik selanjutnya akan menjelaskan bagaimana

sebaran jenis kerjasama yang dilakukan dan luaran prototipenya.

Berdasarkan hasil distribusi luaran prototipe dan bentuk kerjasama dapat diketahui bahwa 108 dari 320 perusahaan (33.75%) menghasilkan prototipe sebagai hasil litbangnya. Adapun jenis kerjasama yang paling banyak dilakukan oleh perusahaan adalah kerjasama dalam aspek fasilitas litbang dengan perguruan tinggi. Adapun jenis kerjasama yang paling banyak menghasilkan luaran prototipe adalah perusahaan yang melakukan kerjasama dalam aspek fasilitas dengan perguruan tinggi (51,25%). Jenis kerjasama tersebut pula yang menghasilkan luaran jenis prototipe yang paling banyak yakni 41 perusahaan. Jenis kerjasama tersebut dapat dilihat pada **Gambar 3**.

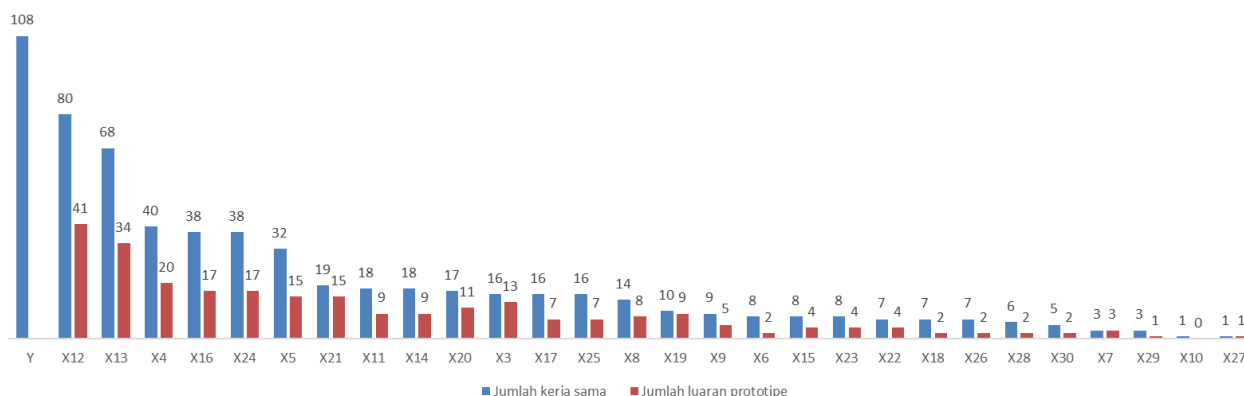
3.2 Analisis Regresi Logistik Biner

1) Hasil regresi logistik biner *stepwise*

Melalui teknik *stepwise* maka akan dipilih variabel yang memiliki signifikansi paling tinggi satu per satu ke dalam model hingga tidak ada lagi variabel yang memiliki signifikansi. Ketika suatu variabel masuk ke dalam model pada tahap tertentu maka variabel lainnya tetap berada di luar model untuk dianalisis pada tahap selanjutnya. Hasil perhitungan analisis regresi logistik biner dengan teknik *stepwise* menghasilkan tiga model pada **Tabel 4**.

Berdasarkan **Tabel 4** maka didapatkan hasil analisis regresi logistik sebagai berikut:

1. Pengujian *Goodness of fit* dilakukan untuk menguji hipotesis H_0 apakah model yang



Gambar 3. Distribusi Jenis Kerjasama

Tabel 4. Hasil Analisis Regresi Logistik Stepwise

Tahap	Variabel dalam Model	Nilai koefisien	P-value koefisien	P-value Hosmer Lemeshow's	Nilai G	Odds Ratio
1	- Intercept	-0.805	0.000 ^a	0.000	391.758 ^c	0.447
	- Kerjasama SDM dengan institusi luar negeri (X ₂₂)	2.127	0.000 ^a			
2	- Intercept	-0.884	0.000 ^a	0.000	381.033 ^c	0.413
	- Kerjasama SDM dengan institusi luar negeri (X ₂₂)	1.887	0.001 ^a			
	- Kerjasama dana mitra dengan pemerintah pusat (X ₄)	1.979	0.003 ^a			
3	- Intercept	-1.047	0.000 ^a	0.266 ^b	374.787 ^c	0.351
	- Kerjasama SDM dengan institusi luar negeri (X ₂₂)	1.575	0.010 ^a			
	- Kerjasama dana mitra dengan pemerintah pusat (X ₄)	1.871	0.006 ^a			
4	- Jumlah personil litbang (X ₂)	0.006	0.019 ^a	0.198 ^b	367.522 ^c	1.006
	- Intercept	-0.508	0.000 ^a			
	- Kerjasama SDM dengan institusi luar negeri (X ₂₂)	1.721	0.010 ^a			
	- Kerjasama dana mitra dengan pemerintah pusat (X ₄)	1.681	0.015 ^a			
	- Jumlah personil litbang (X ₂)	0.007	0.007 ^a			
- Skala Industri (X ₃)	-0.787	0.007 ^a			0.455	

Keterangan:

a: signifikan pada level $\alpha = 0.05$

b: Nilai P-value Hosmer Lemeshow > 0.05

c: Nilai G > $\chi^2_{0.05,df}$.

terbentuk cocok/ fit dengan data empiris. Berdasarkan Tabel 4 nilai Hosmer Lemeshow's, hanya model pada tahap ke-3 dan ke-4 yang memiliki nilai > 0.05 sedangkan model pada tahap 1 dan 2 memiliki nilai Hosmer Lemeshow's < 0.05. Hal ini menunjukkan bahwa hanya model tahap ke-3 dan ke-4 yang cocok dengan data empiris.

2. Pengujian parameter secara simultan dilakukan untuk menguji apakah seluruh variabel independen yang berada di model mempengaruhi secara signifikan terhadap variabel dependen. Berdasarkan hasil perhitungan, seluruh nilai G pada seluruh model memiliki nilai yang lebih besar dari $\chi^2_{0.05,319} = 361.6524$. Hal ini menunjukkan bahwa seluruh model memenuhi pengujian simultan.
3. Pengujian parsial koefisien regresi pada dasarnya telah dilakukan pada seluruh variabel

independen yang masuk dalam model di setiap tahap stepwise sehingga dapat disampaikan bahwa seluruh variabel yang masuk dalam model signifikan terhadap variabel dependen. Melalui hasil dari teknik stepwise, hanya Hipotesis H₂, H₃, H₄ dan H₂₂ saja yang diuji dalam penelitian ini. Hipotesis lainnya tidak diuji karena tidak signifikan dalam teknik stepwise.

4. Berdasarkan hasil pengujian Goodness of fit, simultan, dan parsial, model terbaik yang diperoleh dari hasil stepwise adalah model pada tahap ke-4 karena memenuhi seluruh hasil pengujian. Adapun model regresi logistik biner tahap ke-4 adalah sebagai berikut:

$$g(x) = -0.508 + 0.007X_2 - 0.787X_3 + 1.681X_4 + 1.721X_{22} \quad (6)$$

2) Perhitungan dan interpretasi Odds Ratio

Berdasarkan model 4 didapatkan hasil sebagai berikut:

1. Nilai *odds ratio* variabel kerjasama SDM dengan institusi luar negeri (X_{22}) adalah 5.590. Nilai tersebut menunjukkan bahwa perusahaan yang melakukan kerjasama dalam aspek SDM dengan institusi luar negeri memiliki peluang 5.59 kali lebih besar menghasilkan luaran prototipe dibanding perusahaan yang tidak melakukan jenis kerjasama tersebut.
2. Nilai *odds ratio* variabel kerjasama dana mitra dengan pemerintah pusat (X_4) adalah 5.370. Nilai tersebut menunjukkan bahwa perusahaan yang melakukan kerjasama dalam aspek dana mitra dengan pemerintah pusat memiliki peluang 5.370 kali lebih besar menghasilkan luaran prototipe dibanding perusahaan yang tidak melakukan jenis kerjasama tersebut.
3. Nilai *odds ratio* variabel jumlah personil litbang (X_2) adalah 1.007. Nilai tersebut menunjukkan bahwa setiap penambahan 1 orang SDM litbang maka kemungkinan penciptaan prototipe naik sebesar 1.007. Meskipun variabel jumlah personil litbang signifikan dalam mendukung luaran prototipe tetapi nilai *Odds Ratio* yang mendekati 1 menandakan bahwa tidak ada perubahan produksi prototipe yang besar dalam penambahan jumlah personil litbang.
4. Nilai *odds ratio* variabel skala industri (X_3) adalah 0.455. Nilai tersebut menunjukkan bahwa industri dengan skala besar memiliki peluang 0.455 kali lebih kecil dalam menghasilkan luaran prototipe dibanding industri skala besar.

3.3 Diskusi

Bagian ini akan memberikan penjelasan lebih mendalam terhadap model yang terbentuk berdasarkan hasil penelitian sebelumnya.

1) Pemerintah sebagai katalisator litbang industri

Hasil penelitian menunjukkan bahwa *odds ratio* paling tinggi dimiliki oleh perusahaan yang bekerjasama dalam aspek dana dengan pemerintah pusat. Hal ini menunjukkan bahwa pemerintah pusat di Indonesia memiliki peran penting dalam mendukung terciptanya inovasi teknologi di sektor Industri. Adapun hasil analisis deskriptif turut menyampaikan bahwa 13 dari 16 (81,25%) perusahaan yang melakukan kerjasama dana litbang dengan sektor pemerintah pusat akan menghasilkan luaran prototipe. Nilai persentase tersebut relatif tinggi dibandingkan dengan jenis kerjasama lainnya. Tingginya peluang penciptaan prototipe melalui kerjasama dana litbang dengan pemerintah menjadikan pemerintah perlu terus menjalankan program yang berkelanjutan bagi pendanaan riset sektor industri.

Signifikannya variabel kerjasama dana dengan pemerintah pusat relevan dengan penelitian Jin & Lee (2020) yang menunjukkan bahwa pemerintah Korea Selatan memiliki peran untuk memberikan akses

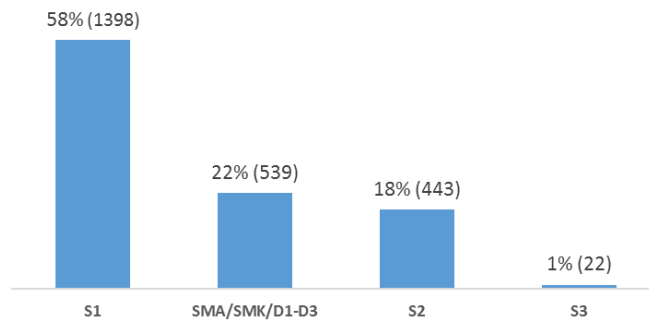
insentif pada kegiatan litbang perusahaan. Adapun melalui pemberian sumber daya litbang tersebut suatu perusahaan dinilai lebih baik dalam performa manajemennya dan aktivitas inovasinya (Jin & Lee, 2020). Pemerintah pada dasarnya akan menyediakan insentif litbang yang memiliki likuiditas jangka pendek sehingga hal tersebut penting untuk memelihara terjaganya roda bisnis suatu perusahaan. Kerjasama dengan pemerintah pusat tentunya didasari oleh dokumen kesepakatan, seperti *Memorandum of Understanding/MoU* atau mekanisme lainnya, sehingga luaran dari hasil kerjasama dengan pemerintah lebih terukur.

2) Inovasi masih tergantung pada SDM luar negeri

Selain kerjasama dana litbang dari pemerintahan, jenis kerjasama dalam aspek SDM litbang dengan institusi luar negeri memberikan peluang lebih tinggi bagi perusahaan dalam menciptakan prototipe. Hasil dari Analisis deskriptif turut menunjukkan bahwa 15 dari 19 (78.94%) perusahaan yang melakukan kerjasama tersebut menghasilkan luaran prototipe. Sama seperti persentase dengan jenis kerjasama dana litbang dengan pemerintah dimana nilainya relatif tinggi jika dibandingkan dengan jenis kerjasama lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa sektor industri perlu membuka dan membangun jejaring litbang dalam lingkup dunia sehingga mereka lebih berpeluang dalam menghasilkan inovasi.

Kegiatan litbang dengan melibatkan pihak dari institusi luar negeri memiliki berbagai manfaat bagi perusahaan. Seperti yang disampaikan oleh Prokop et al. (2021) bahwa bentuk kerjasama litbang dengan luar negeri memungkinkan terjadinya alih teknologi baru. Adapun penelitian dari Loukil (2018) turut menjelaskan bahwa kerjasama litbang dengan perusahaan asing memiliki signifikansi dalam meningkatkan jumlah pendaftaran paten di suatu negara. Di satu sisi, jenis kerjasama ini tentu memiliki dampak positif bagi peningkatan hasil inovasi dalam suatu negara tetapi di sisi lain hal ini bisa memiliki dampak negatif dimana sektor Industri di suatu negara mengalami ketergantungan dalam menghasilkan inovasi dengan negara lain. Bahkan masuknya SDM litbang asing mempunyai potensi untuk mengambil informasi pasar di suatu negara (Loukil, 2018).

Jumlah personil litbang merupakan variabel yang memiliki dampak signifikan dalam mempengaruhi penciptaan luaran prototipe meskipun nilai *odds ratio* bernilai 1. Signifikansi ini relevan dengan analisis deskriptif pada jumlah personil litbang dimana perusahaan yang menghasilkan prototipe cenderung memiliki personil litbang yang lebih banyak. Adapun kecilnya nilai *odds ratio* bisa dimungkinkan karena SDM litbang yang belum memenuhi kompetensi dalam menciptakan inovasi. Penelitian sebelumnya menyebutkan bahwa efektivitas aktivitas inovasi di perusahaan turut dipengaruhi oleh kompetensi dan kualifikasi dari SDM litbangnya (Dimov & Taneva, 2019). Dapat



Gambar 4. Sebaran Tingkat Pendidikan Periset Sektor Industri (Pusat Data dan Informasi BRIN, 2022)

dilihat pada **Gambar 4** dimana tingkat pendidikan periset di sektor industri berada pada angka 58% atau berjumlah 1.398 orang. Jika tingkat pendidikan S2/S3 periset di sektor ditingkatkan maka kemungkinan peluang dari dampak personil litbang dalam menciptakan produk inovasi akan menjadi lebih besar. Kondisi ini relevan dengan signifikannya variabel kerjasama SDM dengan institusi luar negeri pada model yang dibentuk dimana suatu perusahaan di Indonesia dalam hal ini cenderung masih memerlukan SDM dari luar negeri dalam menciptakan inovasi, secara khusus jenis prototipe.

3) Belum efektifnya belanja litbang industri Indonesia

Hasil penelitian menunjukkan bahwa besarnya belanja litbang tidak berpengaruh signifikan terhadap penciptaan prototipe. Hasil ini kurang relevan dengan penelitian yang menyebutkan bahwa semakin besarnya belanja litbang akan meningkatkan hasil inovasi dalam sektor industri (Pegkas et al., 2019). Hal ini tentunya dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor salah satunya adalah manajemen sumber daya litbang yang buruk, baik belanja litbang maupun personil litbang (Li & Hu, 2014). Salah satu diagnosa dari turunnya aktivitas inovasi adalah karena perusahaan tidak mengalokasikan belanja litbang secara tepat (Li & Hu, 2014). Adapun hal ini bisa disebabkan oleh karena adanya pandemi Covid-19 sehingga adanya pengalihan belanja litbang yang seharusnya ditujukan untuk menghasilkan produk inovasi, dialokasikan untuk menjaga kelangsungan operasional. Tajaddini & Gholipour (2021) dalam hal ini menjelaskan bahwa ketidakpastian perekonomian mempengaruhi luaran inovasi dan pandemi Covid sendiri menyebabkan turunnya aktivitas perekonomian di tahun 2020.

4) Perlunya mendorong semangat industri besar dalam menciptakan inovasi

Penelitian ini memberikan hasil yang cukup menarik dimana industri skala menengah justru lebih menghasilkan luaran prototipe jika dibandingkan dengan industri skala besar. Hal ini berbeda dengan argumentasi yang diberikan oleh Yi et al. (2023) dimana industri dengan skala yang besar akan memiliki sumber lebih banyak untuk diinvestasikan pada riset dan inovasi. Dengan adanya inovasi di tubuh industri menengah maka dapat mendorong mereka untuk mendapatkan profit lebih besar dimana

pada akhirnya menjadikannya sebagai industri berskala besar. Adapun hal ini bisa terjadi karena adanya beberapa industri atau perusahaan rintisan/*startup* yang masuk ke dalam analisis dimana saat ini perusahaan tersebut sedang giat-giatnya menciptakan inovasi meskipun memiliki kapasitas litbang tidak sebesar industri besar (Khuan et al., 2023). Hal ini menjadi informasi awal bahwa saat ini industri menengah di Indonesia memberikan perhatiannya secara besar dalam mengembangkan produknya melalui kegiatan litbang.

Namun begitu hal ini justru perlu menjadi peringatan bagi industri besar karena dapat melemahkan daya saing industri Indonesia. Lemahnya inovasi pada industri akan mengurangi peluang mereka dalam untuk memperoleh konsumen lebih luas dibandingkan pesaingnya dan juga memperlemah daya saing (OECD, 2022; Stawasz, 2019). Bahkan munculnya inovasi yang disruptif dari perusahaan *startup* mampu menggantikan produk-produk konvensional yang sebelumnya sudah diterima oleh masyarakat (Khuan et al., 2023). Industri besar perlu memberikan perhatian lebih pada kegiatan litbang untuk menghadapi perekonomian dunia saat ini. Diperlukan skema kerjasama yang dapat mendukung lahirnya inovasi dari industri besar di Indonesia.

5) Perlunya meningkatkan semangat litbang di berbagai sektor

Jenis kerjasama yang tidak memiliki signifikansi nyata terhadap penciptaan luaran litbang prototipe yang lainnya adalah kerjasama dengan institusi swasta, perusahaan lainnya, maupun institusi lainnya. Secara umum kerjasama yang dilakukan oleh sektor industri atau bisnis adalah dengan pemerintah, pendidikan tinggi, maupun institusi asing (Loukil, 2018). Namun begitu, peningkatan pada kerjasama litbang di industri dapat lebih banyak tercipta jika otoritas yang berwenang menciptakan platform yang mampu mempertemukan berbagai sektor untuk mencapai tujuannya melalui kegiatan litbang.

Beberapa penelitian telah menjelaskan bahwa kerjasama antara sektor pendidikan tinggi dengan industri merupakan salah satu bentuk kerjasama yang efektif karena performa inovasi perusahaan didukung oleh ilmu pengetahuan yang ilmiah (Zhou et al., 2019). Tidak signifikannya jenis kerjasama dengan pendidikan tinggi dapat disebabkan karena kecilnya proporsi penciptaan luaran prototipe terhadap jumlah

kerjasama dengan pendidikan tinggi. Dari 80 perusahaan yang melakukan kerjasama fasilitas dengan pendidikan tinggi hanya 41 (51,25%) yang menghasilkan prototipe, begitu pula pada 68 perusahaan yang melakukan kerjasama dalam aspek SDM hanya 34 (50%) yang menghasilkan prototipe. Nilai persentase ini relatif berbeda dengan jenis kerjasama yang signifikan mempengaruhi penciptaan prototipe. Meskipun begitu, banyaknya jumlah perusahaan yang melakukan kerjasama dengan pendidikan tinggi menunjukkan bahwa pada dasarnya sektor tersebut telah mengambil peran untuk menghasilkan inovasi di sektor industri tetapi karena proporsinya rendah menjadikan jenis kerjasama dengan pendidikan tinggi tidak signifikan dalam penelitian ini.

Untuk meningkatkan semangat litbang di berbagai sektor, diperlukan pendekatan yang komprehensif melalui penguatan ekosistem inovasi nasional. Pemerintah, sebagai fasilitator utama, perlu mendorong pembentukan kebijakan yang memberikan insentif bagi sektor swasta dan institusi lainnya untuk terlibat lebih aktif dalam kegiatan litbang. Selain itu, penting untuk membangun platform kolaborasi yang inklusif, tidak hanya melibatkan pemerintah, pendidikan tinggi, dan institusi asing, tetapi juga membuka peluang bagi perusahaan swasta, UMKM, dan komunitas lokal untuk berkontribusi dalam pengembangan litbang (Su et al., 2018). Dengan menciptakan program kompetisi inovasi atau hibah riset lintas sektor, gairah litbang dapat ditingkatkan, sehingga mempercepat terciptanya luaran yang relevan dengan kebutuhan pasar (Jacob & Lefgren, 2011). Langkah ini juga dapat menumbuhkan budaya riset dan inovasi yang berkelanjutan di berbagai sektor industri.

4. Kesimpulan

Hasil utama dari penelitian ini menyebutkan bahwa jumlah SDM litbang, skala industri, kerjasama dana riset dari pemerintah pusat, dan kerjasama SDM dari institusi asing merupakan faktor yang paling signifikan dalam mempengaruhi terciptanya prototipe di sektor industri. Kondisi ini menunjukkan bahwa penciptaan inovasi di sektor industri Indonesia sangat bergantung pada pendanaan pemerintah pusat dan tenaga kerja dari luar negeri. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pemerintah memiliki peran penting untuk menciptakan program yang berkelanjutan untuk terus menumbuhkan inovasi. Adapun industri skala menengah lebih memiliki semangat dalam menciptakan inovasi berjenis prototipe dibandingkan industri skala besar. Meskipun hanya terdapat dua jenis kerjasama yang signifikan dalam menghasilkan luaran litbang prototipe, pada dasarnya beberapa perusahaan telah melakukan kerjasama dengan berbagai sektor dan dalam berbagai aspek, terutama dengan sektor pendidikan tinggi. Namun begitu, proporsi luaran litbang prototipe pada kerjasama dana pemerintah pusat dan SDM institusi luar negeri paling tinggi dibandingkan jenis kerjasama lainnya.

Berdasarkan hasil yang disampaikan, penelitian ini turut memberikan berbagai implikasi manajerial. Industri perlu membangun strategi kemitraan yang lebih terencana dan terstruktur, termasuk mengidentifikasi peluang kolaborasi yang memberikan dampak besar terhadap inovasi. Adapun industri harus meningkatkan kemampuan internal untuk mengelola kerjasama yang melibatkan berbagai pihak, baik dari pemerintah, institusi pendidikan tinggi, maupun mitra internasional. Manajer industri skala menengah perlu memanfaatkan semangat inovasi ini dengan memperkuat budaya kreatif, mengoptimalkan sumber daya litbang, dan menjalin kemitraan strategis untuk meningkatkan daya saing produk prototipe. Selain itu, manajer di sektor industri secara umum juga perlu memahami bahwa diversifikasi kerjasama, meskipun tidak selalu langsung signifikan, tetap memiliki potensi besar dalam mendukung inovasi jangka panjang. Diperlukan platform untuk melahirkan kerjasama riset dari berbagai sektor, serta meningkatkan komitmen dalam menciptakan inovasi sebagai *output* kerjasama riset. Bagi manajer industri, penting untuk berperan aktif dalam mendorong pembentukan platform tersebut dan memastikan bahwa perusahaan dapat menjadi bagian integral dari ekosistem riset dan inovasi nasional.

5. Daftar Pustaka

- Antonio García-Sánchez, David Siles, & María de Mar Vázquez-Méndez. (2018). Innovation, Competitiveness and Prosperity: A Factor Analysis of Innovation Indicators in Spain. *Management Studies*, 6(5). <https://doi.org/10.17265/2328-2185/2018.05.006>
- Baker, M. R., Steins, N. A., Pastoors, M. A., Neuenfeldt, S., de Boer, A., Haasnoot, D., Madsen, S., Muller, J., Post, K., Sparrevoorn, C. R., & van der Meij, M. (2023). A new era for science-industry research collaboration – a view towards the future. In *Frontiers in Marine Science* (Vol. 10). Frontiers Media SA. <https://doi.org/10.3389/fmars.2023.1144181>
- Baleeiro Passos, J., Valle Enrique, D., Costa Dutra, C., & Schwengber ten Caten, C. (2023). University industry collaboration process: a systematic review of literature. In *International Journal of Innovation Science* (Vol. 15, Issue 3, pp. 479–506). Emerald Publishing. <https://doi.org/10.1108/IJIS-11-2021-0216>
- Berawi, M. A., Suwartha, N., Asvial, M., Harwahyu, R., Suryanegara, M., Setiawan, E. A., Surjandari, I., Zagloel, T. Y. M., & Maknun, I. J. (2020). Digital Innovation: Creating Competitive Advantages. *International Journal of Technology*, 11(6), 1076–1080. <https://doi.org/10.14716/ijtech.v11i6.4581>
- Chang, Y. W. (2014). Exploring scientific articles contributed by industries in Taiwan. *Scientometrics*, 99(2), 599–613. <https://doi.org/10.1007/s11192-013-1222-2>
- Dai, D., Fan, Y., Wang, G., & Xie, J. (2022). Digital Economy, R&D Investment, and Regional

- Green Innovation—Analysis Based on Provincial Panel Data in China. *Sustainability*, 14(11), 6508. <https://doi.org/10.3390/su14116508>
- Das, R. C. (2020). Interplays among R&D spending, patent and income growth: new empirical evidence from the panel of countries and groups. *Journal of Innovation and Entrepreneurship*, 9(1). <https://doi.org/10.1186/s13731-020-00130-8>
- Dimov, D., & Taneva, N. (2019). *The R&D personnel – a key competitive factor for the innovative enterprises in Bulgaria*. July. <https://doi.org/10.3846/cibmee.2019.088>
- Draper, N. R., & Smith, H. (1998). *Applied regression analysis* (Third ed.). Wiley.
- Fajrin, J. (2018). *Kerjasama Pengembangan Teknologi Bangunan Tradisional: Peluang dan Tantangan Penerapan Teknologi Kayu Laminasi untuk Revitalisasi Bangunan Tradisional; Studi kasus pada bangunan tradisional di NTB*.
- Hendayana, Y., Suryana, Ahman, E., & Mulyadi, H. (2019). *The Effect of Innovation on Business Competitiveness of Small and Medium Enterprise in Indonesia*. 100(Icoi), 116–120. <https://doi.org/10.2991/icoi-19.2019.21>
- Hosmer, D. W., & Lemeshow, S. (2000). *Applied Logistic Regression - Hosmer*. John Wiley & Sons, Inc.
- Jacob, B. A., & Lefgren, L. (2011). The impact of research grant funding on scientific productivity. *Journal of Public Economics*, 95(9–10), 1168–1177. <https://doi.org/10.1016/j.jpubeco.2011.05.005>
- Jin, S., & Lee, K. (2020). The government R&D funding and management performance: The mediating effect of technology innovation. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 6(4), 1–13. <https://doi.org/10.3390/joitmc6040094>
- Khuan, H., Andriani, E., & Rukmana, A. Y. (2023). The Role of Technology in Fostering Innovation and Growth in Start-up Businesses. *West Science Journal Economic and Entrepreneurship*, 1(08), 348–357.
- Lauff, C. A., Kotys-Schwartz, D., & Rentschler, M. E. (2018). What is a prototype? what are the roles of prototypes in companies? *Journal of Mechanical Design, Transactions of the ASME*, 140(6). <https://doi.org/10.1115/1.4039340>
- Li, H., & Hu, B. (2014). Study on Efficiency Optimization of R&D Resources Allocation in Shanghai. *American Journal of Industrial and Business Management*, 04(05), 217–222. <https://doi.org/10.4236/ajibm.2014.45029>
- Loukil, K. (2018). The Impact of R&D Collaboration on Technological Innovation in European Countries. *Academic Journal of Economic Studies*, 4(4), 34–41.
- Magistretti, S., Dell’Era, C., Verganti, R., & Bianchi, M. (2022). The contribution of Design Thinking to the R of R&D in technological innovation. *R and D Management*, 52(1), 108–125. <https://doi.org/10.1111/radm.12478>
- Martias, L. D. (2021). Statistika Deskriptif Sebagai Kumpulan Informasi. *Fihris: Jurnal Ilmu Perpustakaan Dan Informasi*, 16(1), 40. <https://doi.org/10.14421/fhrs.2021.161.40-59>
- Mulugeta, T. (2021). *Impacts of R&D Expenditures On Firms’ Innovation and Financial Performance: A Panel Data Evidence from Ethiopian Firms*.
- Namusonge, M., Muathe, S., & Kiveu, M. N. (2019). Effect of innovation on firm competitiveness: the case of manufacturing SMEs in Nairobi County, Kenya. *International Journal of Business Innovation and Research*, 18(3), 307. <https://doi.org/10.1504/ijbir.2019.10019560>
- Nelson, J., Berlin, A., Menold, J., & Parkinson, M. (2020). The role of digital prototyping tools in learning factories. *Procedia Manufacturing*, 45(2019), 528–533. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.04.073>
- OECD. (2015). *Frascati Manual 2015 The Measurement of Scientific, Technological and Innovation Activities*.
- OECD. (2022). *OECD Business Innovation Indicators: Highlights* (Issue April). <https://www.oecd.org/innovation/inno/innovati-on-indicators-2021-highlights.pdf>
- Patwary, A. K., & Fauzan, F. (2020). The Impact of Human, Structural, and Relational Capital on Product Development Performance in Manufacturing Organizations in Indonesia: Mediating Role of Organizational Learning Capabilities and R&D Resources. *IRASD Journal of Management*, 2(2), 69–78. <https://doi.org/10.52131/jom.2020.0202.0017>
- Pegkas, P., Staikouras, C., & Tsamadias, C. (2019). Does research and development expenditure impact innovation? Evidence from the European Union countries. *Journal of Policy Modeling*, 41(5), 1005–1025. <https://doi.org/10.1016/j.jpolmod.2019.07.001>
- Prokop, V., Stejskal, J., Klimova, V., & Zitek, V. (2021). The role of foreign technologies and R&D in innovation processes within catching-up CEE countries. *PLoS ONE*, 16(4 April 2021), 1–23. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0250307>
- Pusat Data dan Informasi BRIN. (2022). *Hasil Survei Litbang Sektor Industri Tahun 2021*. RIN Dataverse.
- Roberts, D. L., Palmer, R., & Hughes, M. (2022). Innovating the product innovation process to enable co-creation. *R and D Management*, 52(3), 484–497. <https://doi.org/10.1111/radm.12492>
- Sharma, C. (2019). Effects of R&D and foreign technology transfer on productivity and innovation: an enterprises-level evidence from Bangladesh. *Asian Journal of Technology Innovation*, 27(1), 46–70. <https://doi.org/10.1080/19761597.2019.1597634>

- Shi, J., & Xiao, Z. (2024). Research on the Impact of Inter-Industry Innovation Networks on Collaborative Innovation Performance: A Case Study of Strategic Emerging Industries. *Systems*, *12*(6). <https://doi.org/10.3390/systems12060211>
- Stawasz, E. (2019). Factors that Shape the Competitiveness of Small Innovative Companies Operating in International Markets with a Particular Focus on Business Advice. *Journal of Entrepreneurship, Management and Innovation*, *15*(1), 61–82. <https://doi.org/10.7341/20191513>
- Su, Y. S., Zheng, Z. X., & Chen, J. (2018). A multi-platform collaboration innovation ecosystem: the case of China. *Management Decision*, *56*(1), 125–142. <https://doi.org/10.1108/MD-04-2017-0386>
- Tajaddini, R., & Gholipour, H. F. (2021). Economic policy uncertainty, R&D expenditures and innovation outputs. *Journal of Economic Studies*, *48*(2), 413–427. <https://doi.org/10.1108/JES-12-2019-0573>
- Undang-Undang Republik Indonesia. (2019). *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 11 Tahun 2019 tentang Sistem Nasional Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2019 Nomor 148*.
- WIPO. (2021). *Global Innovation Index*. <https://www.globalinnovationindex.org/analysis-indicator/>
- World Bank. (2022). *Gross expenditure on R&D (GERD)*. https://tcdata360.worldbank.org/indicators/5b985527?country=IDN&indicator=40353&viz=line_chart&years=2013,2020
- Wu, J., Harrigan, K. R., Ang, S. H., & Wu, Z. (2019). The impact of imitation strategy and R&D resources on incremental and radical innovation: evidence from Chinese manufacturing firms. *Journal of Technology Transfer*, *44*(1), 210–230. <https://doi.org/10.1007/s10961-017-9621-9>
- Wulandari, A., Faruk, F. M., Doven, F. S., & Budyanra, B. (2020). Penerapan Metode Regresi Logistik Biner Untuk Mengetahui Determinan Kesiapsiagaan Rumah Tangga Dalam Menghadapi Bencana Alam. *Seminar Nasional Official Statistics*, *2019*(1), 379–389. <https://doi.org/10.34123/semnasoffstat.v2019i1.146>
- Yi, S., Rabnawaz, M., Jalal, W., & Zeb, A. (2023). The Nexus between Foreign Competition and Buying Innovation: Evidence from China's High-Technology Industry. *Sustainability (Switzerland)*, *15*(15). <https://doi.org/10.3390/su151511756>
- Zhou, X. B., Wei, W., Jang, C. L., & Chang, C. P. (2019). The impacts of government R&D expenditure on innovation in Chinese provinces: what's the role of corruption. *Buletin Ekonomi Moneter Dan Perbankan*, *21*(3), 409–430. <https://doi.org/10.21098/BEMP.V21I3.977>