



BAB 5

ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

5.1 Analisis Hasil Wawancara

Berdasarkan hasil wawancara yang telah dilakukan, dapat ditarik beberapa kesimpulan berupa material major penghasil limbah. Material-material tersebut adalah besi terutama *wire mesh* dan kayu sisa *framework* konvensional. Upaya menangani limbah-limbah tersebut berupa menjual kembali limbah-limbah yang dapat dijual ke manufaktur penyedia material, memberikan limbah secara cuma-cuma kepada warga sekitar dan para pengrajin dan terakhir dengan menggunakan kembali limbah-limbah yang dapat digunakan.

Proyek pembangunan Pasar Umum Gianyar berusaha meminimalisir limbah yang dihasilkan dengan berbagai cara. Di lokasi proyek juga terdapat lahan untuk mengelompokkan limbah agar memudahkan dalam memutuskan tindakan yang perlu dilakukan terhadap limbah-limbah tersebut.

Reverse supply chain masih belum familiar dalam proyek pembangunan Pasar Umum Gianyar namun proyek tersebut telah menerapkan kegiatan *direct reuse*, *remanufacturing*, *recycle* dan juga *landfill*.

5.2 Analisis Data *Analytical Hierarchy Process*

Kuesioner yang telah diisi dan menjadi data primer harus diolah. Pengolahan analisis data AHP dapat dilakukan dengan instrumen berupa perhitungan manual dengan aplikasi Excel dan atau dengan bantuan aplikasi *Expert Choice*.

Perhitungan data AHP tidak hanya dapat dilakukan dengan cara Excel akan tetapi juga dapat dengan bantuan aplikasi berupa *Expert Choice*. Aplikasi *Expert Choice* hanya perlu memasukan data kuesioner dan kemudian akan memberikan *output* berupa tampilan hierarki, nilai *local priority* atau *criteria weight* dan *global priority* atau *weight sum value*. *Expert choice* memberikan peringkat prioritas baik bagi kriteria, sub kriteria dan alternatif.

Penelitian ini menggunakan instrumen perhitungan secara manual dengan bantuan Excel. Perhitungan manual dilakukan terhadap hasil pengisian kuesioner. Hasil pengisian kuesioner diambil dari (6) enam responden. Data-data angka dari



responden disusun ke dalam sebuah matriks untuk dicari nilai *geometric mean*-nya.

Perhitungan analisis data AHP untuk kriteria dapat diperlihatkan sebagai berikut.

1. Perhitungan *geometric mean* menggunakan data pada kriteria level 1. Rumus *geometric mean* adalah sebagai berikut.

$$G = \sqrt[6]{5 \times 5 \times \frac{1}{7} \times 1 \times \frac{1}{4} \times \frac{1}{7}} = 0,709$$

Hasil perhitungan *geometric mean* dapat diperlihatkan pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Hasil Perhitungan GM Kriteria

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	GM
Eco-Env	5,00	5,00	0,143	1,00	0,250	0,143	0,709

2. Hasil *geometric mean* dijumlahkan per kolom dalam matriks perbandingan berpasangan. Hasil penjumlahan dapat diperlihatkan pada Tabel 5.2.

Tabel 5.2 Hasil Penjumlahan Kolom Kriteria

	Economy	Environment
Economy	1	0,7095
Environment	1,4095	1
Σ	2,4095	1,7095

3. Setelah didapatkan jumlah masing-masing kolom, maka dihitung nilai kenormalan kriteria matriks. Hasil perhitungan kenormalan dapat diperlihatkan pada Tabel 5.3. Dari hasil normalisasi matriks kriteria dapat dilihat bahwa responden menilai dalam hal *reverse supply chain*, lingkungan (*environment*) dianggap lebih penting dari pada ekonomi. Hal itu karena responden menganggap kegiatan dalam *reverse supply chain* merupakan upaya untuk menjaga lingkungan dan mengurangi limbah. Hasil tadi Tabel 5.3 menunjukkan bahwa dalam *supply chain* terutama RSC tidak hanya fokus dalam hal biaya namun juga mempertimbangkan lingkungan.

Tabel 5.3 Hasil Normalisasi Matriks Kriteria

	Economy	Environment
Economy	0,4150	0,4150
Environment	0,5850	0,5850
Σ	1	1



4. Hasil perhitungan kenormalan kriteria kemudian diolah menjadi beban kriteria atau *criteria weight* atau dalam aplikasi *Expert Choice* dikenal juga dengan nama *local priority* dengan cara mencari nilai rata-rata tiap baris. Sebagai contoh:

$$\text{Eco} = (0,415+0,415)/2 = 0,415$$

Hasil perhitungan *criteria weight* dapat diperlihatkan pada Tabel 5.4.

Tabel 5.4 Hasil *Criteria Weight* Kriteria

	Economy	Environment	Criteria Weight
Economy	0,4150	0,4150	0,4150
Environment	0,5850	0,5850	0,5850
Σ	1	1	1

5. Nilai *criteria weight* kemudian dikalikan dengan nilai input responden untuk mendapatkan nilai konsistensi. Hasil perhitungan nilai konsistensi kriteria dapat diperlihatkan pada Tabel 5.5.

Tabel 5.5 Hasil Nilai Konsistensi Kriteria

	Economy	Environment
Economy	0,4150	0,4150
Environment	0,5850	0,5850

6. Nilai konsistensi kriteria yang telah didapatkan kemudian dijumlah untuk mendapatkan *weight sum value* atau *global priority*. Hasil perhitungan *weight sum value* dapat diperlihatkan pada Tabel 5.6.

Tabel 5.6 Hasil *Weight Sum Value* Kriteria

	Economy	Environment	Weight Sum Value
Economy	0,4150	0,4150	0,8301
Environment	0,5850	0,5850	1,1699

7. Setelah *weight sum value* didapatkan maka nilai *eigen* (λ) dapat dihitung dengan membagi *weight sum value* (WSV) dengan *criteria weight* (CW). Hasil perhitungan dapat diperlihatkan pada Tabel 5.7.

Tabel 5.7 Hasil Nilai *Eigen* Kriteria

	Eco	Env	CW	WSV	λ
Eco	0,4150	0,4150	0,4150	0,8301	2
Env	0,5850	0,5850	0,5850	1,1699	2



8. Setelah didapatkan nilai *eigen* maka dihitung nilai λ max, nilai konsistensi indeks (CI) dan nilai rasio konsistensi (CR). Hasil perhitungan adalah sebagai berikut.

$$\lambda_{\max} = \frac{2+2}{2} = 2$$

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n-1} = \frac{2-2}{2-1} = 0$$

$$CR = 0$$

Perhitungan untuk sub kriteria dan alternatif juga melalui langkah yang sama dari langkah 1 hingga langkah 8. Hasil perhitungan yang didapat dengan cara manual tidak jauh beda dengan hasil input aplikasi *Expert Choice* sehingga yang diperlihatkan adalah hasil perhitungan manual. Hasil perhitungan antar sub kriteria dalam kriteria ekonomi dapat diperlihatkan pada Tabel 5.8.

Tabel 5.8 Matriks Perbandingan Sub Kriteria Ekonomi

	Normalisasi					CW	WSV	λ
	CC	EC	TC	PC	OC			
CC	0,115	0,114	0,050	0,179	0,153	0,122	0,646	5,3
EC	0,203	0,202	0,267	0,167	0,172	0,202	1,099	5,435
TC	0,335	0,110	0,146	0,075	0,230	0,179	0,951	5,313
PC	0,112	0,209	0,339	0,173	0,133	0,193	1,066	5,521
OC	0,235	0,365	0,198	0,407	0,312	0,303	1,615	5,3
	λ maks							5,52
	CI							0,13
	CR							0,12

Keterangan:

CC : *Collect cost*

EC : *Eco-cost*

TC : *Transport cost*

PC : *Process cost*

OC : *Operational cost*

CW : *Criteria weight*

WSV : *Weight sum value*

λ : Nilai *eigen*

CI : Nilai konsistensi indeks

CR : Nilai rasio konsistensi

Tabel 5.8 merupakan tabel yang berisi matriks perbandingan antara sub kriteria dalam kriteria ekonomi. Berdasarkan Tabel 5.8 dapat dilihat bahwa prioritas paling besar adalah sub kriteria biaya operasional (OC). Hal ini karena menurut



responden dalam hal biaya menyangkut limbah, biaya operasional berpengaruh dalam pengambilan keputusan dalam menangani limbah proyek.

Selain perhitungan sub kriteria ekonomi (*economy*), dilakukan juga perhitungan pada sub kriteria lingkungan (*environment*). Hasil perhitungan antar sub kriteria dalam kriteria lingkungan dapat diperlihatkan pada Tabel 5.9.

Tabel 5.9 Matriks Perbandingan Sub Kriteria Lingkungan

	Normalisasi						CW	WSV	λ
	LC	AoL	SS	RoV	EI	KS			
LC	0,105	0,114	0,054	0,080	0,102	0,160	0,102	0,48	4,715
AoL	0,122	0,132	0,210	0,255	0,215	0,054	0,165	0,98	5,963
SS	0,187	0,061	0,096	0,149	0,088	0,076	0,11	0,6	5,473
RoV	0,152	0,060	0,075	0,116	0,146	0,136	0,114	0,56	4,944
EI	0,316	0,190	0,339	0,246	0,309	0,395	0,299	1,47	4,921
KS	0,118	0,443	0,226	0,154	0,140	0,179	0,21	1,21	5,763
λ maks									5,963
CI									0,241
CR									0,194

Keterangan:

- LC : *Landfill cost*
 AoL : *Availability of landfill*
 SS : *Site Space*
 RoV : *Requirement of virgin material*
 EI : *Environment impact*
 KS : *Knowledge of sorting*
 CW : *Criteria weight*
 WSW : *Weight sum value*
 λ : Nilai *eigen*
 CI : Nilai konsistensi indeks
 CR : Nilai rasio konsistensi

Tabel 5.9 merupakan tabel yang berisi matriks perbandingan antara sub kriteria dalam kriteria lingkungan. Berdasarkan Tabel 5.9 dapat dilihat bahwa prioritas paling besar adalah sub kriteria dampak lingkungan (EI). Hal ini karena menurut responden dampak lingkungan merupakan prioritas utama dalam hal pengambilan keputusan terkait dengan limbah.

Kegiatan *reverse supply chain* merupakan kegiatan yang dilakukan untuk mengurangi dampak buruk proyek bagi lingkungan sehingga wajar dampak lingkungan menjadi prioritas. Tabel 5.10 merupakan tabel yang berisi matriks



perbandingan antara alternatif kriteria dalam sub kriteria biaya pengumpulan limbah (CC).

Tabel 5.10 Matriks Perbandingan Alternatif Dalam Sub Kriteria CC

	Normalisasi				CW	WSV	λ
	DR	RM	RC	LF			
DR	0,151	0,137	0,120	0,214	0,155	0,650	4,190
RM	0,266	0,241	0,171	0,379	0,264	1,106	4,187
RC	0,438	0,491	0,348	0,200	0,369	1,562	4,233
LF	0,146	0,132	0,361	0,207	0,212	0,890	4,204
λ maks							4,233
CI							0,078
CR							0,069

Keterangan:

- DR : *Direct reuse*
 RM : *Remanufacturing*
 RC : *Recycling*
 LF : *Landfill*
 CW : *Criteria weight*
 WSV : *Weight sum value*
 λ : Nilai *eigen*
 CI : Nilai konsistensi indeks
 CR : Nilai rasio konsistensi

Pada Tabel 5.10 merupakan tabel yang berisi matriks perbandingan antara alternatif satu dengan lainnya dalam sub kriteria biaya pengumpulan limbah (CC). Berdasarkan Tabel 5.10 dapat dilihat bahwa prioritas paling besar adalah alternatif *recycling* (RC). Hal ini karena menurut responden, dalam proyek pembangunan Pasar Umum Gianyar, limbah yang di *recycle* adalah limbah *framework* atau limbah kayu. Limbah ini di *recycle* oleh para pengrajin kayu di daerah sekitar proyek. Biaya pengumpulan limbah kayu tidak ada karena limbah kayu diberikan secara cuma-cuma pada warga dengan syarat warga mengambil sendiri di lokasi limbah kayu diletakkan. Hal ini yang menyebabkan *recycle* dianggap paling penting jika berbicara tentang biaya pengumpulan.

Setelah alternatif-alternatif dibandingkan dalam sub kriteria biaya pengumpulan limbah, selanjutnya alternatif-alternatif dibandingkan dalam sub



kriteria *eco-cost*. Tabel 5.11 merupakan tabel yang berisi matriks perbandingan antara alternatif kriteria dalam sub kriteria biaya ekologi (EC).

Tabel 5.11 Matriks Perbandingan Alternatif Dalam Sub Kriteria EC

	Normalisasi				CW	WSV	λ
	DR	RM	RC	LF			
DR	0,371	0,452	0,412	0,208	0,361	1,500	4,159
RM	0,175	0,214	0,231	0,302	0,230	0,962	4,174
RC	0,245	0,252	0,272	0,374	0,286	1,190	4,165
LF	0,208	0,083	0,085	0,117	0,123	0,504	4,092
λ maks							4,174
CI							0,058
CR							0,052

Setelah alternatif-alternatif dibandingkan dalam sub kriteria *eco-cost*, selanjutnya alternatif-alternatif dibandingkan dalam sub kriteria biaya transportasi. Tabel 5.12 merupakan tabel yang berisi matriks perbandingan antara alternatif kriteria dalam sub kriteria biaya transportasi (TC).

Tabel 5.12 Matriks Perbandingan Alternatif Dalam Sub Kriteria TC

	Normalisasi				CW	WSV	λ
	DR	RM	RC	LF			
DR	0,443	0,495	0,461	0,313	0,428	1,768	4,133
RM	0,151	0,169	0,170	0,285	0,194	0,792	4,084
RC	0,269	0,279	0,280	0,305	0,283	1,161	4,104
LF	0,137	0,058	0,089	0,097	0,095	0,384	4,032
λ maks							4,133
CI							0,044
CR							0,040

Tabel 5.13 merupakan tabel yang berisi matriks perbandingan antara alternatif kriteria dalam sub kriteria biaya proses limbah (PC).

Tabel 5.13 Matriks Perbandingan Alternatif Dalam Sub Kriteria PC

	Normalisasi				CW	WSV	λ
	DR	RM	RC	LF			
DR	0,407	0,552	0,584	0,169	0,428	1,934	4,518
RM	0,143	0,194	0,172	0,397	0,226	1,017	4,492
RC	0,115	0,186	0,166	0,295	0,191	0,858	4,505
LF	0,335	0,068	0,078	0,139	0,155	0,677	4,365
λ maks							4,518
CI							0,173
CR							0,154



Pada Tabel 5.14 merupakan tabel yang berisi matriks perbandingan antara alternatif kriteria dalam sub kriteria biaya operasional limbah (OC).

Tabel 5.14 Matriks Perbandingan Alternatif Dalam Sub Kriteria OC

	Normalisasi				CW	WSV	λ
	DR	RM	RC	LF			
DR	0,389	0,629	0,318	0,327	0,416	1,864	4,484
RM	0,072	0,116	0,277	0,147	0,153	0,641	4,185
RC	0,324	0,111	0,265	0,343	0,261	1,075	4,123
LF	0,216	0,144	0,140	0,182	0,171	0,729	4,276
λ maks							4,484
CI							0,161
CR							0,144

Tabel 5.15 merupakan tabel yang berisi matriks perbandingan antara alternatif kriteria dalam sub kriteria biaya pembuangan limbah (LC).

Tabel 5.15 Matriks Perbandingan Alternatif Dalam Sub Kriteria LC

	Normalisasi				CW	WSV	λ
	DR	RM	RC	LF			
DR	0,376	0,500	0,299	0,291	0,367	1,529	4,171
RM	0,184	0,245	0,394	0,262	0,271	1,135	4,181
RC	0,279	0,138	0,222	0,324	0,241	0,983	4,082
LF	0,160	0,116	0,085	0,124	0,121	0,498	4,106
λ maks							4,181
CI							0,060
CR							0,054

Tabel 5.16 merupakan tabel yang berisi matriks perbandingan antara alternatif kriteria dalam sub kriteria ketersediaan tempat pembuangan akhir (AoL).

Tabel 5.16 Matriks Perbandingan Alternatif Dalam Sub Kriteria AoL

	Normalisasi				CW	WSV	λ
	DR	RM	RC	LF			
DR	0,345	0,305	0,418	0,283	0,338	1,369	4,055
RM	0,275	0,243	0,192	0,292	0,251	1,010	4,032
RC	0,229	0,350	0,277	0,303	0,290	1,176	4,056
LF	0,150	0,102	0,112	0,123	0,122	0,491	4,033
λ maks							4,056
CI							0,019
CR							0,017

Setelah alternatif-alternatif dibandingkan dalam sub kriteria ketersediaan tempat pembuangan akhir. Selanjutnya alternatif-alternatif dibandingkan dalam



sub kriteria luas TPA. Tabel 5.17 merupakan tabel yang berisi matriks perbandingan antara alternatif kriteria dalam sub kriteria luas TPA (SS).

Tabel 5.17 Matriks Perbandingan Alternatif Dalam Sub Kriteria SS

	Normalisasi				CW	WSV	λ
	DR	RM	RC	LF			
DR	0,385	0,431	0,619	0,155	0,398	1,837	4,621
RM	0,140	0,157	0,110	0,199	0,151	0,678	4,484
RC	0,132	0,304	0,213	0,509	0,289	1,316	4,548
LF	0,343	0,109	0,058	0,138	0,162	0,699	4,323
λ maks							4,621
CI							0,207
CR							0,185

Tabel 5.18 merupakan tabel yang berisi matriks perbandingan antara alternatif kriteria dalam sub kriteria Kebutuhan material murni (RoV).

Tabel 5.18 Matriks Perbandingan Alternatif Dalam Sub Kriteria RoV

	Normalisasi				CW	WSV	λ
	DR	RM	RC	LF			
DR	0,522	0,580	0,590	0,372	0,516	2,164	4,194
RM	0,119	0,133	0,120	0,232	0,151	0,616	4,071
RC	0,169	0,211	0,191	0,261	0,208	0,858	4,121
LF	0,189	0,077	0,098	0,134	0,125	0,506	4,059
λ maks							4,194
CI							0,065
CR							0,058

Tabel 5.19 merupakan tabel yang berisi matriks perbandingan antara alternatif kriteria dalam sub kriteria dampak lingkungan (EI).

Tabel 5.19 Matriks Perbandingan Alternatif Dalam Sub Kriteria EI

	Normalisasi				CW	WSV	λ
	DR	RM	RC	LF			
DR	0,524	0,632	0,448	0,471	0,519	2,209	4,258
RM	0,104	0,126	0,257	0,082	0,142	0,656	4,613
RC	0,281	0,117	0,240	0,365	0,251	0,977	3,896
LF	0,091	0,125	0,054	0,082	0,088	0,340	3,860
λ maks							4,613
CI							0,204
CR							0,183



Pada Tabel 5.20 memperlihatkan tabel yang berisi matriks perbandingan antara alternatif kriteria dalam sub kriteria pengetahuan tentang pengelompokan limbah (KS).

Tabel 5.20 Matriks Perbandingan Alternatif Dalam Sub Kriteria KS

	Normalisasi				CW	WSV	λ
	DR	RM	RC	LF			
DR	0,272	0,318	0,274	0,227	0,272	1,096	4,022
RM	0,222	0,260	0,281	0,289	0,263	1,058	4,020
RC	0,235	0,219	0,237	0,257	0,237	0,952	4,020
LF	0,272	0,204	0,208	0,227	0,228	0,915	4,020
λ maks							4,022
CI							0,007
CR							0,007

Setelah didapatkan nilai *criteria weight* atau *local priority* dari kriteria, sub kriteria dan alternatif dalam AHP untuk *reverse supply chain*, maka dilakukan pengelompokan terhadap nilai *criteria weight*. Tujuan pengelompokan nilai tertinggi *criteria weight* adalah mencari peringkat kriteria dalam kegiatan *reverse supply chain* di proyek pembangunan Pasar Umum Gianyar. Hasil pengelompokan *criteria weight* sub kriteria untuk kriteria berdasarkan hitungan serta aplikasi *Expert Choice* dalam *reverse supply chain* dapat diperlihatkan pada Tabel 5.21.

Tabel 5.21 *Criteria Weight* dari Berbagai Kriteria

ekonomi		Lingkungan	
0,415		0,585	
CC	0,122	LC	0,102
EC	0,202	AoL	0,165
TC	0,179	SS	0,110
PC	0,193	RoV	0,114
OC	0,303	EI	0,299
		KS	0,210

Tabel 5.21 merupakan tabel pengelompokan untuk mencari peringkat prioritas pada kriteria ekonomi dan lingkungan. Nilai *criteria weight* sub kriteria yang telah dikelompokkan kemudian dikalikan dengan nilai *criteria weight* kriteria masing-masing. Hasil perkalian *criteria weight* masing-masing sub kriteria



dengan kriteria dapat diperlihatkan pada Tabel 5.22 dan persentase dari prioritas kriteria dapat diperlihatkan pada Gambar 5.1.

Tabel 5.22 Hasil Prioritas Kriteria

	ekonomi		Lingkungan
	0,415		0,585
CC	0,122	LC	0,102
EC	0,202	AoL	0,165
TC	0,179	SS	0,110
PC	0,193	RoV	0,114
OC	0,303	EI	0,299
		KS	0,210



Gambar 5.1 Persentase Prioritas Kriteria

Berdasarkan Tabel 5.22 berdasarkan perhitungan manual dapat disimpulkan bahwa responden menganggap kriteria lingkungan lebih penting dari kriteria ekonomi dalam *reverse supply chain*. Hal itu berarti, *reverse supply chain* sangat mempengaruhi lingkungan serta pengambilan keputusan demi menjaga lingkungan. seperti yang telah dijelaskan oleh *site manager* proyek pembangunan Pasar Umum Gianyar sebelumnya.

Nilai akhir *weight criteria* lingkungan diperoleh sebesar 0,585 atau 58,49%. Berdasarkan hasil prioritas dapat disusun pula peringkat dalam masing-masing

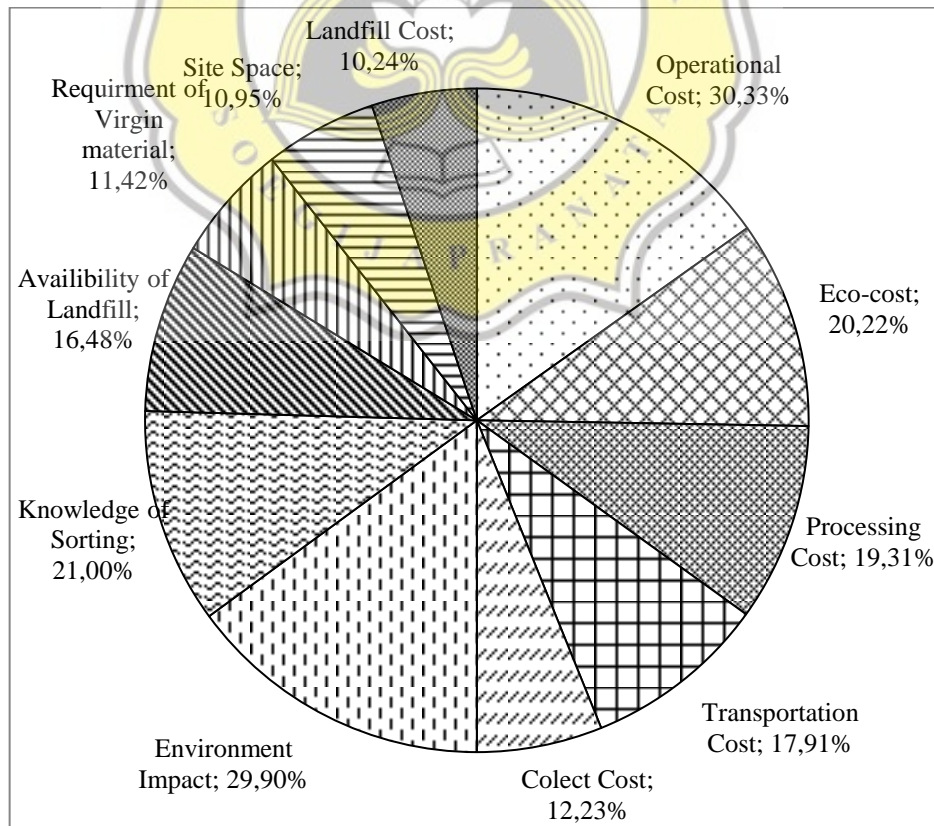


kriteria. Peringkat pada setiap kriteria dapat diperlihatkan pada Tabel 5.23 dan persentase prioritas sub kriteria dapat diperlihatkan pada Gambar 5.2.

Tabel 5.23 Peringkat Dalam Kriteria

Kriteria ekonomi		
Peringkat	sub kriteria	Prioritas
1	<i>Operational Cost</i>	0,303
2	<i>Eco-Cost</i>	0,202
3	<i>Process Cost</i>	0,193
4	<i>Transport Cost</i>	0,177
5	<i>Collect Cost</i>	0,122

Kriteria lingkungan		
Peringkat	sub kriteria	Prioritas
1	<i>Environment Impact</i>	0,299
2	<i>Knowledge of Sorting</i>	0,210
3	<i>Availability of Landfill</i>	0,165
4	<i>Requirement of Virgin material</i>	0,114
5	<i>Site Space</i>	0,110
6	<i>Landfill Charge</i>	0,102



Gambar 5.2 Persentase Prioritas Sub Kriteria



Selanjutnya dicari prioritas pada alternatif. Langkah yang sama digunakan seperti pengelompokan pada kriteria. *Criteria weight* atau *local priority* dari tiap kriteria, sub kriteria dan alternatif digabungkan. Hasil pengelompokan *criteria weight* untuk alternatif dalam *reverse supply chain* dapat diperlihatkan pada Tabel 5.24.

Tabel 5.24 Pengelompokan *Criteria Weight* untuk Alternatif

	0,415					0,585					
	ekonomi					lingkungan					
	0,12	0,20	0,18	0,19	0,30	0,10	0,16	0,11	0,11	0,30	0,21
	CC	EC	TC	PC	OC	LC	AoL	SS	RoV	EI	KS
DR	0,16	0,36	0,43	0,43	0,42	0,37	0,34	0,40	0,52	0,52	0,27
RM	0,26	0,23	0,19	0,23	0,15	0,27	0,25	0,15	0,15	0,14	0,26
RC	0,37	0,29	0,28	0,19	0,26	0,24	0,29	0,29	0,21	0,25	0,24
LF	0,21	0,12	0,10	0,16	0,17	0,12	0,12	0,16	0,12	0,09	0,23

Tabel 5.24 merupakan tabel pengelompokan untuk mencari peringkat prioritas pada alternatif yang tersedia. Nilai *criteria weight* alternatif dikalikan dengan *criteria weight* sub kriteria yang telah dikelompokkan kemudian dikalikan dengan nilai *criteria weight* kriteria masing-masing. Hasil perkalian *criteria weight* dapat diperlihatkan pada Tabel 5.25.

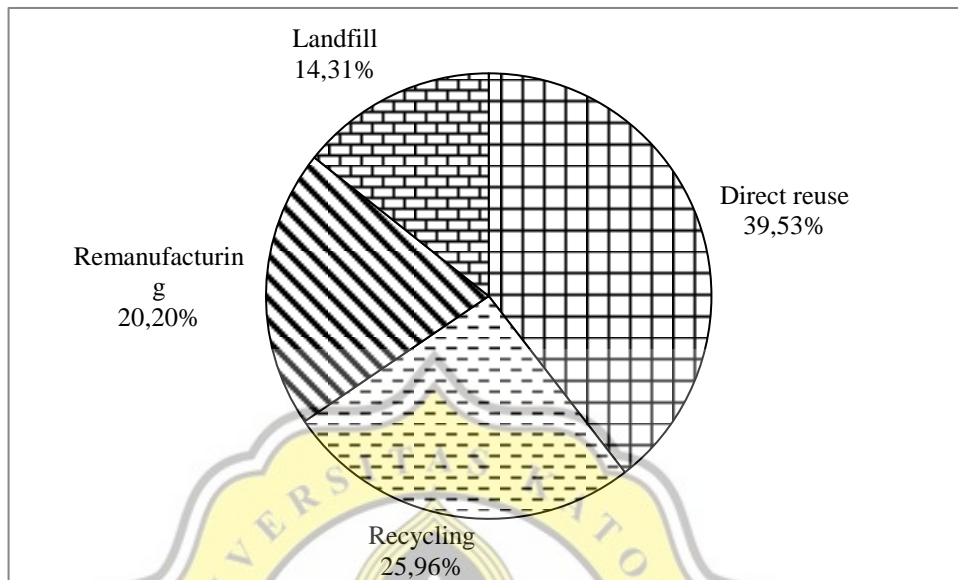
Tabel 5.25 Hasil Prioritas Alternatif

	ekonomi					lingkungan						Σ
	CC	EC	TC	PC	OC	LC	AoL	SS	RoV	EI	KS	
DR	0,01	0,03	0,03	0,03	0,05	0,02	0,03	0,03	0,03	0,09	0,03	0,40
RC	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,01	0,03	0,02	0,01	0,04	0,03	0,26
RM	0,01	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,02	0,03	0,20
LF	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03	0,14

Berdasarkan Tabel 5.25 mengacu pada perhitungan manual dapat disimpulkan bahwa responden menganggap alternatif dengan prioritas tertinggi adalah *direct reuse* atau penggunaan kembali secara langsung material limbah dalam *reverse supply chain*. Dapat dilihat dari nilai akhir *weight criteria direct reuse* sebesar 0,395 atau 38,5 %. Peringkat kedua adalah *recycling* dengan *weight criteria* sebesar 0,26 atau 26%. Peringkat ketiga dari alternatif adalah *remanufacturing* dengan *weight criteria* 0,2 atau 20 % dan terakhir *landfill*



dengan *weight criteria* 0,14 atau 14%. Persentase alternatif dapat diperlihatkan pada Gambar 5.3.



Gambar 5.3 Persentase Prioritas Alternatif

Berdasarkan hasil prioritas dapat disusun pula peringkat dalam masing-masing kriteria. Peringkat pada setiap kriteria dapat diperlihatkan pada Tabel 5.26.

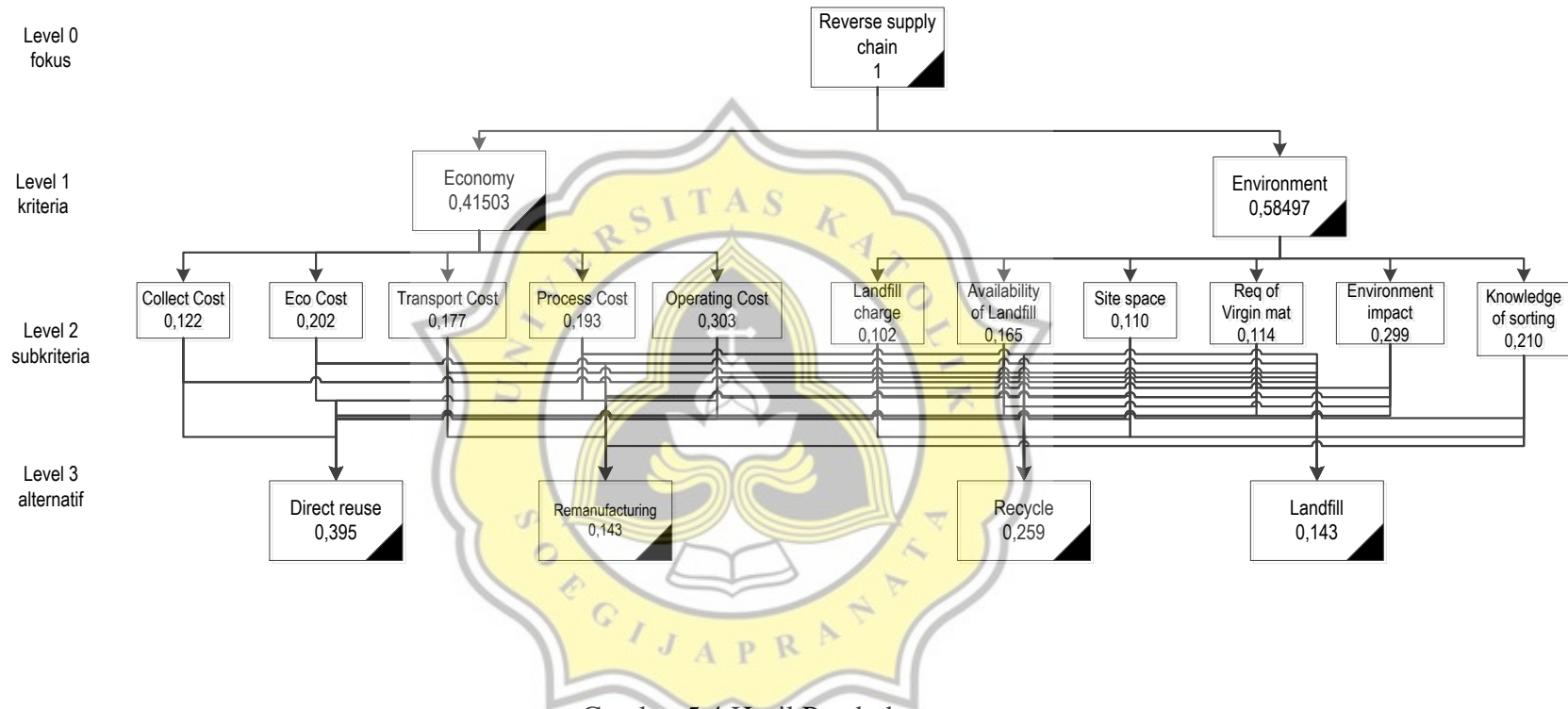
Tabel 5.26 Peringkat Prioritas Alternatif

peringkat	alternatif	prioritas
1	<i>Direct Reuse</i>	0,395
2	<i>Recycling</i>	0,260
3	<i>Remanufacturing</i>	0,202
4	<i>Landfill</i>	0,143

Hasil yang sama dengan Tabel 5.26 didapatkan pula dengan bantuan aplikasi *Expert Choice*. Berdasarkan peringkat yang ada, maka dapat disimpulkan bahwa proyek Pasar Umum Gianyar menjadikan *direct reuse* sebagai kegiatan utama demi mengurangi limbah pada proyek. Selanjutnya adalah kegiatan *recycling*, *remanufacturing* dan terakhir adalah *landfill*. Hal ini karena dalam proyek, pembuangan limbah ke TPA hanya dilakukan pada limbah plastik sementara limbah pada struktur lebih banyak digunakan kembali maupun di *recycle* oleh warga sekitar.



Hasil pembobotan kriteria, sub kriteria dan alternatif dapat diperlihatkan pada Gambar 5.4.



Gambar 5.4 Hasil Pembobotan



5.3 Analisis Data Limbah

Data limbah konstruksi pada pekerjaan struktur penelitian ini diperoleh dari data pembelian material yang diakumulasi dengan sisa material sebelum pembelian dan data keluar material sesuai kebutuhan proyek pembangunan Pasar umum Gianyar.

Data sisa limbah didapat dari mengurangi volume masuk material dengan volume material keluar. Setelah data limbah didapat maka akan dibagikan dengan total volume material masuk lalu dikalikan dengan 100% untuk mendapat persentase limbah. Salah satu contoh perhitungan adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Limbah buis beton} &= \text{Volume masuk} - \text{Volume keluar} \\ &= 73 - 73 \\ &= 0 \\ \% \text{ limbah} &= \frac{0}{73} \times 100\% \\ &= 0\% \end{aligned}$$

Data material dapat diperlihatkan pada Tabel 5.27.

Tabel 5.27 Data Volume Material

Material (1)	Volume masuk (2)	Sat (3)	Volume keluar (4)	Limbah (2-4) = (5)	% limbah (5/2*100) = (6)
Buis beton	73	Bh	73	0	0%
Besi ulir 22	9045	Btg	8389	656	7,253%
Besi ulir 19	18216	Btg	17915	301	1,652%
Besi ulir 16	12716	Btg	12716	0	0%
Besi ulir 13	26383	Btg	22053	4330	16,412%
Besi ulir 10	5673	Btg	5631	42	0,74%
Besi polos 10	37259	Btg	36958	301	0,808%
Besi polos 8	4650	Btg	3510	1140	24,516%
RM K225	101	m ³	101	0	0%
RM K500	92,5	m ³	92,5	0	0%
RM K300	9579,75	m ³	9579,75	0	0%
RM B0	177	m ³	170	7	3,95%
plywood 9mm	3744	Lbr	3744	0	0%
Plywood 6mm	148	Lbr	148	0	0%
Wire mesh M10	11340	m ²	11045,2	294,839	2,6%
Wire mesh M8	50372	m ²	39179,7	11192,58	22,22%
Wire mesh M5	113	m ²	113	0	0%
Kolom praktis	1500	Btg	1145	355	23,667%

Data yang diperlukan berupa biaya yang dikeluarkan ketika pembelian dan biaya yang muncul dari total pemakaian. Biaya dihitung dengan mengalikan jumlah



pesan dengan harga. Rumus ini berasal dari buku panduan *greenship* milik GBCI. Salah satu contoh perhitungan total harga material dan total harga material keluar konstruksi pada pekerjaan struktur adalah sebagai berikut.

Total harga beli buis beton : $73 \times \text{Rp } 190.000 = \text{Rp } 13.870.000$

Total harga material keluar buis beton : $73 \times \text{Rp } 190.000 = \text{Rp } 13.870.000$

Rincian pengolahan data dapat diperlihatkan pada Tabel 5.28.

Tabel 5.28 Perhitungan Biaya Material Pekerjaan Struktur (Besi, Beton, Kayu)

Material (1)	Volume masuk (2)	Sat (3)	Volume keluar (4)	Harga per Unit (5)	Total Harga Beli Material (2 x 5) = (6)	Total Harga Material keluar (4 x 5) = (7)
Buis beton	73	bh	73	Rp 190.000	Rp 13.870.000	Rp 13.870.000
Besi ulir 22	9045	btg	8389	Rp 241.650	Rp 2.185.724.250	Rp 2.027.201.850
Besi ulir 19	18216	btg	17915	Rp 180.900	Rp 3.295.274.400	Rp 3.240.823.500
Besi ulir 16	12716	btg	12716	Rp 127.980	Rp 1.627.393.680	Rp 1.627.393.680
Besi ulir 13	26383	btg	22053	Rp 84.864	Rp 2.238.966.912	Rp 1.871.505.792
Besi ulir 10	5673	btg	5631	Rp 52.360	Rp 297.038.280	Rp 294.839.160
Besi polos 10	37259	btg	36958	Rp 49.950	Rp 1.861.087.050	Rp 1.846.052.100
Besi polos 8	4650	btg	3510	Rp 36.700	Rp 170.655.000	Rp 128.817.000
RM K225	101	m ³	101	Rp 710.000	Rp 71.710.000	Rp 71.710.000
RM K500	92,5	m ³	92,5	Rp 1.070.000	Rp 98.975.000	Rp 98.975.000
RM K300	9579,75	m ³	9579,75	Rp 780.000	Rp 7.472.205.000	Rp 7.472.205.000
RM B0	177	m ³	170	Rp 590.000	Rp 104.430.000	Rp 100.300.000
plywood 9mm	3744	Lbr	3744	Rp 109.000	Rp 408.096.000	Rp 408.096.000
Plywood 6mm	148	Lbr	148	Rp 75.000	Rp 11.100.000	Rp 11.100.000
Wire mesh M10	11340	m ²	11045,2	Rp 64.886	Rp 735.803.951	Rp 716.673.049
Wire mesh M8	50372	m ²	39179,7	Rp 40.886	Rp 2.059.506.432	Rp 1.601.889.852
Wire mesh M5	113	m ²	113	Rp 18.839	Rp 2.136.364	Rp 2.136.364
Kolom praktis	1500	Btg	1145	Rp 37.850	Rp 56.775.000	Rp 43.338.250

Setelah data biaya pekerjaan diestimasi, selanjutnya diestimasikan persentase limbah yang muncul akibat pekerjaan pembesian, beton dan kayu. Limbah didapatkan dari pengurangan total harga beli material terhadap total harga limbah. Setelah diperoleh nilai limbah, maka biaya limbah akan dibagi dengan total harga beli material untuk mendapatkan persentase limbah. Salah satu contoh perhitungan persentase limbah adalah sebagai berikut.

Limbah besi 22 = $\text{Rp } 2.185.724.250 - \text{Rp } 2.027.201.850$

= $\text{Rp } 158.522.400$

persentase limbah = $\frac{158.522.400}{2.185.724.250} \times 100\%$

= $7,253\%$



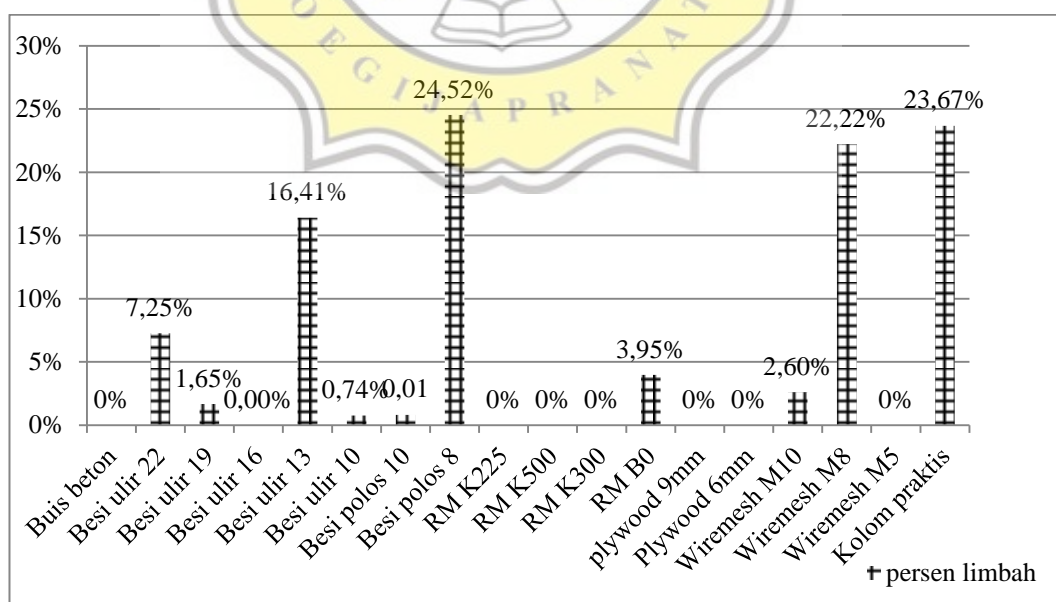
Tugas Akhir
Pengaruh *Reverse Construction Supply Chain* Pada *Green Building*
(Studi Kasus Pada Proyek Pembangunan Pasar Umum Gianyar)

Hasil estimasi limbah dapat diperlihatkan pada Tabel 5.29.

Tabel 5.29 Estimasi Biaya Pekerjaan Struktur (Besi, Beton, Kayu)

Material (1)	Total Harga Beli Material (2)	Total Harga Material keluar (3)	Sisa (2-3)=(4)	persen limbah (5)
Buis beton	Rp 13.870.000	Rp 13.870.000	Rp -	0%
Besi ulir 22	Rp 2.185.724.250	Rp 2.027.201.850	Rp 158.522.400	7,253%
Besi ulir 19	Rp 3.295.274.400	Rp 3.240.823.500	Rp 54.450.900	1,652%
Besi ulir 16	Rp 1.627.393.680	Rp 1.627.393.680	Rp -	0%
Besi ulir 13	Rp 2.238.966.912	Rp 1.871.505.792	Rp 367.461.120	16,412%
Besi ulir 10	Rp 297.038.280	Rp 294.839.160	Rp 2.199.120	0,74%
Besi polos 10	Rp 1.861.087.050	Rp 1.846.052.100	Rp 15.034.950	0,808%
Besi polos 8	Rp 170.655.000	Rp 128.817.000	Rp 41.838.000	24,516%
RM K225	Rp 71.710.000	Rp 71.710.000	Rp -	0%
RM K500	Rp 98.975.000	Rp 98.975.000	Rp -	0%
RM K300	Rp 7.472.205.000	Rp 7.472.205.000	Rp -	0%
RM B0	Rp 104.430.000	Rp 100.300.000	Rp 4.130.000	3,95%
plywood 9mm	Rp 408.096.000	Rp 408.096.000	Rp -	0%
Plywood 6mm	Rp 11.100.000	Rp 11.100.000	Rp -	0%
Wire mesh M10	Rp 735.803.951	Rp 716.673.049	Rp 19.130.902	2,6%
Wire mesh M8	Rp 2.059.506.432	Rp 1.601.889.852	Rp 457.616.580	22,22%
Wire mesh M5	Rp 2.136.364	Rp 2.136.364	Rp -	0%
Kolom praktis	Rp 56.775.000	Rp 43.338.250	Rp 13.436.750	23,667%

Persentase limbah per material dapat diolah menjadi grafik yang dapat diperlihatkan pada Gambar 5.5.



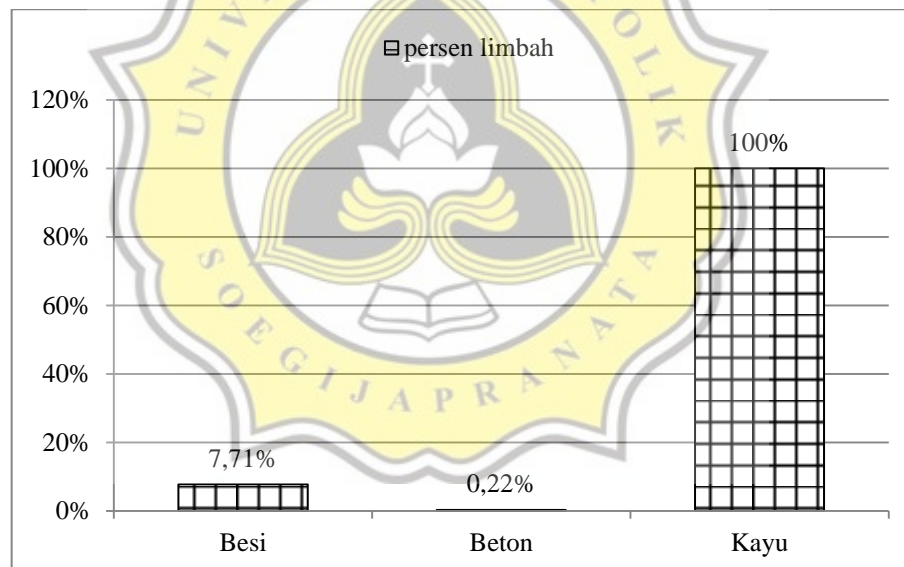
Gambar 5.5 Persentase Limbah Proyek



Berdasarkan Gambar 5.5 dapat diperlihatkan bahwa persentase limbah terbanyak jika dilihat dari materialnya adalah material besi polos 8 yang mencapai 24,52%. Tujuan pengubahan satuan data ke rupiah adalah untuk memudahkan penggabungan data dan perbandingan. Data ini kemudian diolah lagi dengan mengelompokkan masing-masing material berdasarkan bahan dasarnya, yaitu kayu, besi dan beton. Berdasarkan hasil pengelompokan didapatkan data pada Tabel 5.30 dan Gambar 5.6.

Tabel 5.30 Limbah Besi, Beton, dan Kayu

Material (1)	Total Harga Beli Material (2)	Total Harga Material Keluar (3)	Sisa (2-3)=(4)	% limbah (4/2x100)=(5)
Besi	Rp 14.473.586.319	Rp 13.357.332.347	Rp 1.116.253.972	7,712%
Beton	Rp 7.817.965.000	Rp 7.800.398.250	Rp 17.566.750	0,225%
Kayu	Rp 419.196.000	Rp 419.196.000	Rp -	100%



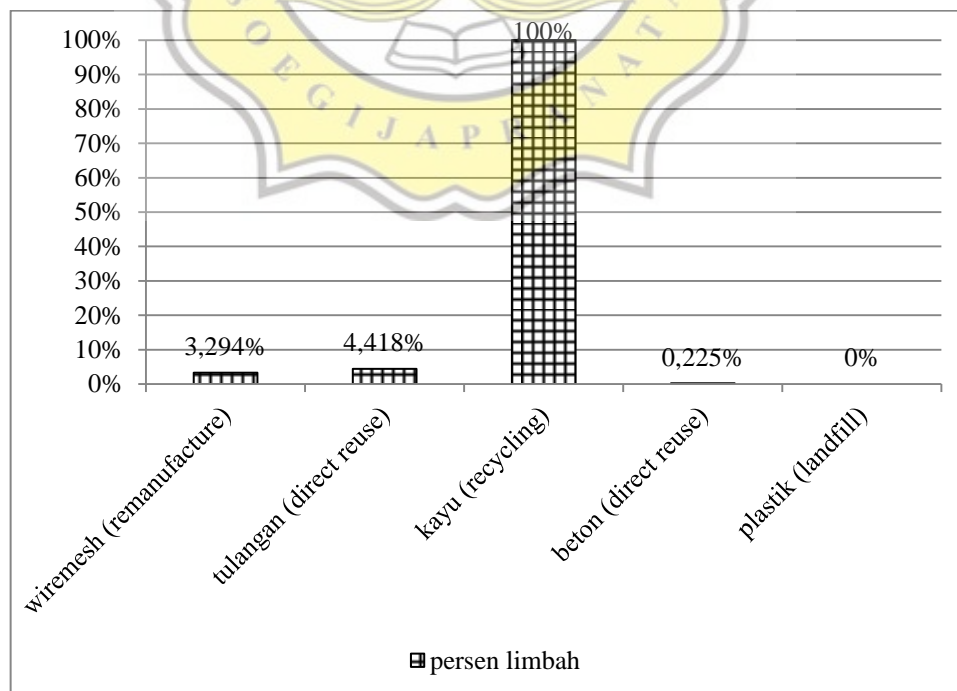
Gambar 5.6 Persentase Limbah Besi, Beton, dan Kayu terhadap Total Harga Beli Pada data Tabel 5.30 dan Gambar 5.6 terdapat nilai limbah kayu yang 100%. Seluruh material kayu digunakan hanya sebanyak dua hingga tiga kali pemakaian saja, setelah itu material kayu menjadi limbah. Seluruh material yang digunakan menyebabkan nilai sisa dari material kayu menjadi 0. Namun setelah dua hingga tiga kali pemakaian material kayu akan menjadi limbah 100%. Nilai 100% muncul akibat limbah 100% di *recycling*.



Berdasarkan persentase pengelompokan limbah, limbah terbanyak yang dihasilkan dalam proyek pembangunan Pasar Umum Gianyar adalah limbah kayu dan disusul oleh limbah besi. Dari wawancara dengan *site manager* dan tim BGH, didapati bahwa limbah *wire mesh* akan dikirimkan kembali ke manufaktur untuk di manufaktur kembali. Limbah-limbah potongan besi sendiri langsung digunakan sebagai stek-stek pada bangunan sementara sisa beton digunakan sebagai perkerasan. Untuk limbah kayu diberikan secara cuma-cuma kepada masyarakat dan pengrajin untuk digunakan kembali sebagai material benda-benda seni. Hasil wawancara kemudian digabungkan dengan data persentase limbah dan memunculkan alternatif *reverse supply chain*. Hasil pengelompokan dapat diperlihatkan pada Tabel 5.31 dan Gambar 5.7.

Tabel 5.31 Persentase Limbah

Material (1)	Limbah (2)	Total Harga Beli (3)	persen limbah (2/3x100)=(4)
Wiremesh (rm)	Rp 476.747.482	Rp 14.473.586.319	3,294%
Tulangan (dr)	Rp 639.506.490	Rp 14.473.586.319	4,418%
Kayu (rc)	Rp 419.196.000	Rp 419.196.000	100%
Beton (dr)	Rp 17.566.750	Rp 7.817.965.000	0,225%
Landfill	Rp 156.000	Rp -	0%



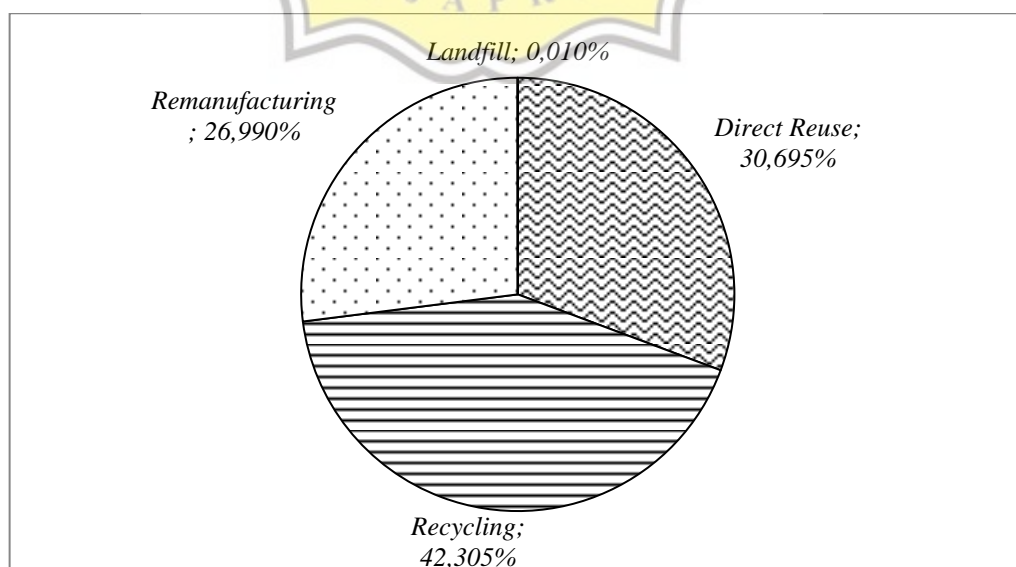
Gambar 5.7 Persentase Limbah Hasil Pengelompokan



Pada bagian *landfill* diperoleh nilai sebesar Rp 156.000. Nilai *landfill* berasal dari total limbah yang dibuang ke TPA. Berdasarkan hasil wawancara didapati bahwa selama masa proyek berjalan hingga waktu penelitian dilakukan, total limbah yang dibuang ke TPA adalah sebanyak 78 kg yang berasal dari limbah plastik. Harga 1 kg limbah plastik diberi harga Rp 2.000,00. Namun limbah plastik pada TPA tidak akan dibahas lebih jauh karena tidak termasuk dalam *scope* penelitian. Limbah akibat pekerjaan *framework* muncul akibat kayu yang biasa hanya dapat digunakan 2-3 kali. Setelah itu sudah tidak dapat digunakan. Proyek pembangunan Pasar Gianyar memberikan secara cuma-cuma seluruh limbah kayu agar warga sekitar dapat mengolahnya kembali menjadi karya seni. Berdasarkan Tabel 5.30 dan Gambar 5.8 maka limbah dapat dikelompokkan berdasarkan alternatif tindakan yang diterapkan terhadap masing-masing limbah. Hasil pengelompokan limbah berdasarkan alternatifnya dapat diperlihatkan pada Tabel 5.32 dan Gambar 5.8.

Tabel 5.32 Persentase Alternatif RSC pada Pekerjaan Struktur

Alternatif	Limbah	persen limbah
<i>Direct Reuse</i>	Rp 476.747.482	30,695%
<i>Recycling</i>	Rp 657.073.240	42,305%
<i>Remanufacturing</i>	Rp 419.196.000	26,99%
<i>Landfill</i>	Rp 156.000	0,01%
Total	Rp 1.553.172.722	100%



Gambar 5.8 Persentase Alternatif



5.4 Analisis *Point Reverse Supply Chain* dalam Penilaian *GreenShip*

Berdasarkan hasil wawancara dan pengumpulan data, terdapat 6 *point* dari *material and resource cycle* (MRC) yang dipengaruhi oleh *reverse supply chain*.

Point tersebut meliputi:

1. Menggunakan kembali material bekas, baik dari bangunan lama maupun tempat lain, berupa bahan struktur utama, fasad, plafon, lantai, partisi, kusen, dan dinding setara minimal 10 % dari total biaya material (1 *point*)
2. Menggunakan kembali material bekas, baik dari bangunan lama maupun tempat lain, berupa bahan struktur utama, fasad, plafon, lantai, partisi, kusen, dan dinding setara minimal 20 % dari total biaya material (1 *point*)
3. Menggunakan material yang merupakan hasil proses daur ulang minimal 5% dari total biaya material (1 *point*)
4. Desain yang menggunakan material modular atau pra fabrikasi (tidak termasuk *equipment*) sebesar 30% dari total biaya material (3 *point*)

Rangkuman total *point material and resource cycle* serta nilai yang telah berhasil terpenuhi oleh proyek pembangunan Pasar Umum Gianyar dapat diperlihatkan pada Tabel 5.33.

Tabel 5.33 *Point MRC* yang Terpenuhi Proyek Pasar Umum Gianyar

MRC	Total Point	Terpenuhi
MRC P	P	-
MRC 1	2	2
MRC 2	3	3
MRC 3	2	2
MRC 4	1	0
MRC 5	3	3
MRC 6	2	2
Total	14	12

Berdasarkan 14 *point* penilaian *material and resource cycle*, proyek pembangunan Pasar Umum Gianyar berhasil memperoleh 12 *point* dari total keseluruhan 14 *point*. Berdasarkan ke-12 *point* yang ada, 6 *point* yang dipengaruhi oleh *reverse supply chain* telah berhasil terpenuhi semua. Hasil *point reverse supply chain* dalam MRC yang telah terpenuhi dapat diperlihatkan pada Tabel 5.34.



Tabel 5.34 *Point RSC* dalam MRC

RSC dalam MRC	Total Point	Terpenuhi
Menggunakan kembali material bekas, baik dari bangunan lama maupun tempat lain, berupa bahan struktur utama, fasad, plafon, lantai, partisi, kusen, dan dinding setara minimal 10 % dari total biaya material	1	1
Menggunakan kembali material bekas, baik dari bangunan lama maupun tempat lain, berupa bahan struktur utama, fasad, plafon, lantai, partisi, kusen, dan dinding setara minimal 20 % dari total biaya material	1	1
Menggunakan material yang merupakan hasil proses daur ulang minimal 5% dari total biaya material	1	1
Desain yang menggunakan material modular atau prefabrikasi (tidak termasuk equipment) sebesar 30% dari total biaya material	3	3

Oleh karena itu, dapat dihitung persentase porsi kinerja *reverse supply chain* dalam proyek pembangunan Pasar Umum Gianyar.

$$\begin{aligned} \% \text{ RSC} &= \frac{6}{12} \times 100\% \\ &= 50\% \end{aligned}$$

Reverse supply chain berkontribusi sebesar 50 % dari *point* penilaian MRC dalam proyek pembangunan Pasar Umum Gianyar. Hal ini menunjukkan bahwa *reverse supply chain* dalam proyek memiliki porsi 50 % dalam kegiatan MRC dan proyek pembangunan Pasar Umum Gianyar telah memenuhi keenam *point* tersebut. Dapat disimpulkan bahwa *reverse supply chain* pada proyek pembangunan Pasar Umum Gianyar telah diterapkan dengan baik.

5.5 Pembahasan

Setelah dilakukan estimasi dan analisis data maka dapat disimpulkan terdapat dua hal penting dalam penelitian yaitu pengaruh *reverse supply chain* dan nilai *eco-cost* di dalamnya serta analisis limbah pada proyek *green building*. Dua hal penting tersebut dapat dibahas lebih jauh dengan membandingkan hasil penelitian ini dengan hasil-hasil penelitian sebelumnya. Berikut pembahasan dari dua hal utama dalam penelitian.



5.5.1. Pengaruh *reverse supply chain* dan nilai *eco-cost*

Berdasarkan hasil data kuesioner yang telah diolah dan diperhitungkan menjadi peringkat-peringkat pada AHP, didapati bahwa pada kriteria pertama, *reverse supply chain* dianggap lebih mempengaruhi lingkungan dari pada ekonomi. Merujuk pada Gambar 5.1, lingkungan memiliki nilai 60,15% dari perhitungan kriteria pertama sementara ekonomi hanya 39,85%. Hal ini sesuai dengan hasil wawancara dengan *site manager* di lapangan yang menyatakan bahwa dalam praktiknya, *reverse supply chain* lebih terlihat pengaruhnya dalam pengambilan keputusan yang berkaitan dengan lingkungan dan juga bangunan hijau (*green building*).

Pengaruh *reverse supply chain* dari hasil penelitian juga sesuai dengan Burchart-Korol, dkk., (2012), yang menyatakan bahwa pembangunan yang bersifat *green* dengan RSC berfokus pada peningkatan efisiensi ekologi serta perlindungan terhadap lingkungan sebagai konsep utamanya. Menurut Gupta (2013) menyatakan hal serupa bahwa *reverse supply chain* menggunakan pertimbangan terhadap lingkungan dan prinsip lingkungan sebagai dasar keputusan, sehingga hal-hal yang berhubungan dengan optimalisasi biaya mau pun keuntungan sulit diprediksi.

Pengaruh *reverse supply chain* lebih mudah dilihat dari sisi lingkungan dari pada sisi ekonomi. Sebagai contoh, limbah pada proyek pembangunan Pasar Umum Gianyar memiliki tempat dan telah dikelompokkan agar memudahkan aktivitas *reverse supply chain*. Hal ini menyebabkan lokasi proyek lebih ramah lingkungan dan memberikan *point* dalam hal bangunan hijau. Namun tentu kegiatan penanganan limbah ini memiliki biaya tersendiri.

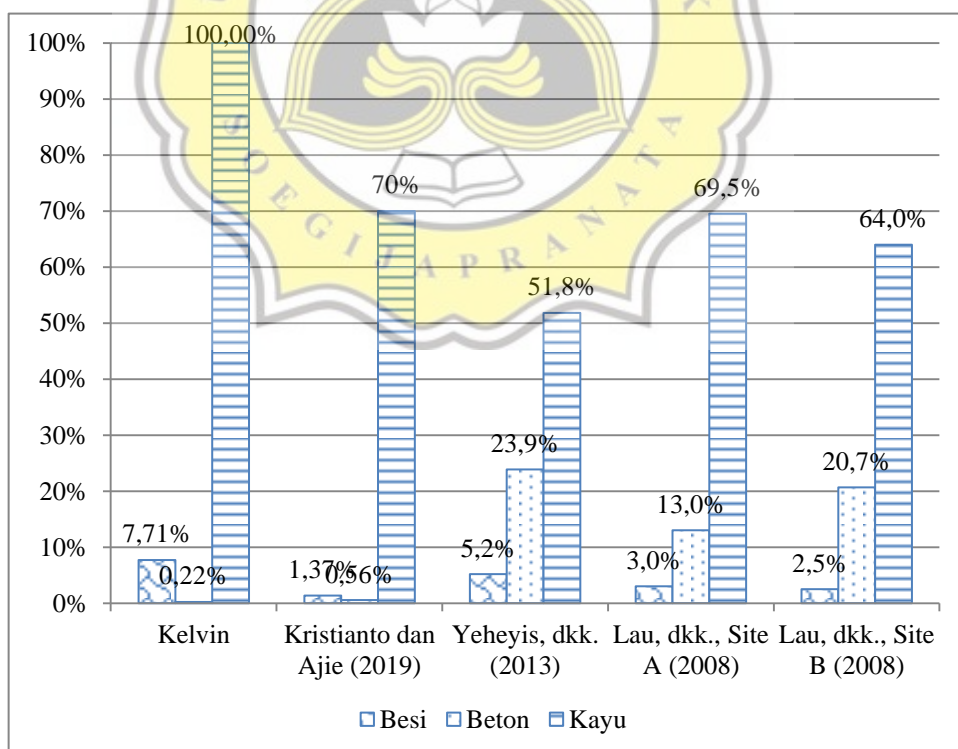
Berdasarkan variabel *eco-cost*, maka biaya tersendiri untuk penanganan dapat diestimasi. Biaya ini adalah biaya ekologi atau *eco-cost*. Biaya ekologi atau *eco-cost* yang dikeluarkan pun hanya menggunakan 0,03% dari total biaya seluruhnya pembangunan Pasar Umum Gianyar. *Eco-cost* yang dikeluarkan adalah sebesar Rp 69.822.750. *Eco-cost* menjadi sub kriteria peringkat kedua yang menjadi perhatian dalam pertimbangan ekonomi dalam pengambilan keputusan *reverse supply chain*.



Angka 0,03% dari total seluruhnya biaya pembangunan Pasar Umum Gianyar menunjukkan bahwa tidak perlu biaya besar dalam hal penanganan limbah dalam sebuah proyek pembangunan. Dengan bantuan dari warga sekitar sebagai pelaku *recycling* limbah, bank sampah sebagai lokasi *landfill* serta perjanjian *remanufacturing*, maka proyek pembangunan Pasar Umum Gianyar dapat menekan pengeluaran besar terkait penanganan limbah.

5.5.2. Analisis limbah

Hasil penelitian memperlihatkan kayu yang berasal dari pekerjaan *framework* sebagai penghasil limbah terbesar dalam proyek pembangunan Pasar Umum Gianyar. Setelah kayu, besi lalu yang terakhir adalah beton. Hasil penelitian kemudian dibandingkan dengan penelitian dengan metode estimasi limbah yang sama. Perbandingan hasil penelitian dengan penelitian terdahulu dapat diperlihatkan pada Gambar 5.9.



Gambar 5.9 Perbandingan dengan Hasil Penelitian Sebelumnya



Berdasarkan perhitungan jika limbah dibandingkan dengan jumlah material keluar maka didapati bahwa limbah kayu merupakan penghasil limbah terbanyak dalam proyek pembangunan. Hal ini selaras dengan hasil penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Kristianto dan Ajie (2019). Besi menempati peringkat kedua dan beton menjadi penghasil limbah paling sedikit.

Selain Kristianto dan Ajie (2019), penelitian dibandingkan juga dengan penelitian Yeheyis, dkk., (2013). Kayu pada penelitian Yeheyis, dkk., (2013) menjadi penghasil terbesar limbah konstruksi dengan nilai sebesar 51,8 %. Berbeda dengan penelitian yang telah dilakukan dan penelitian Kristianto dan Ajie (2019), beton menempati urutan kedua.

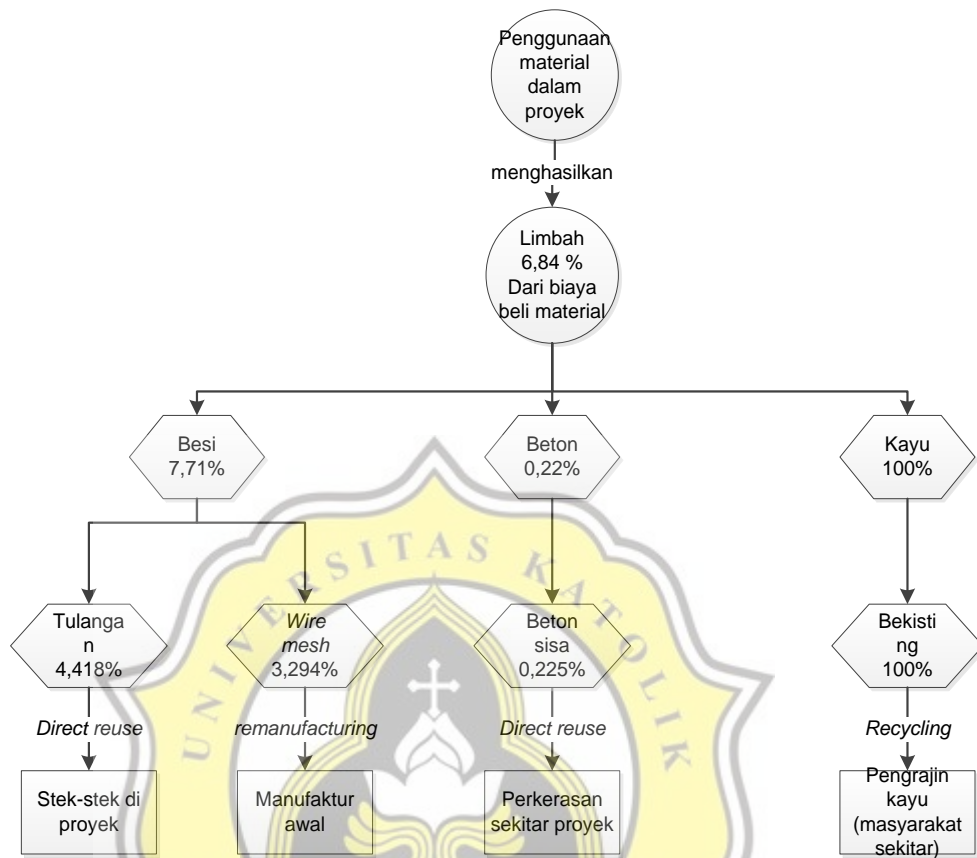
Lau, dkk., (2008) melakukan penelitian di dua tempat yang berbeda. Berdasarkan penelitian yang dilakukan Lau, dkk., (2008) di *Site A* dan *Site B*, kayu menjadi penghasil limbah terbesar karena kayu adalah *waste material* tertinggi di lokasi konstruksi karena sifat kayu yang mudah melengkung dan cacat ketika terkena cuaca. Hasil penelitian Lau, dkk., (2008) serupa dengan penelitian Yeheyis, dkk., (2013). Perbedaan terletak pada peringkat besi dan beton. Dalam penelitian Lau, dkk., (2008) dan Yeheyis, dkk., (2013) beton menempati urutan kedua sementara besi menempati urutan terakhir dalam penghasil limbah *major*. Hal ini terjadi akibat nilai jual serta nilai *recycle* yang tinggi pada pasar lokal. Material besi umumnya dikumpulkan kembali untuk digunakan kembali atau dijual kembali sehingga mengurangi jumlah limbah besi.

Berdasarkan penelitian-penelitian sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa kayu merupakan penghasil limbah terbesar dalam pekerjaan struktur. Hal ini terjadi karena kayu memiliki batas penggunaan. Setelah 2-3 kali penggunaan maka material kayu menjadi limbah.

Berdasarkan hasil yang didapat dari analisis data maka dapat dipetakan penanganan limbah pada proyek Pasar Umum Gianyar. Hasil pemetaan limbah pada proyek Pasar Umum Gianyar dapat diperlihatkan pada Gambar 5.10.



Tugas Akhir
Pengaruh *Reverse Construction Supply Chain* Pada *Green Building*
(Studi Kasus Pada Proyek Pembangunan Pasar Umum Gianyar)



Gambar 5.10 Pemetaan Limbah Pada Proyek Pasar Umum Gianyar

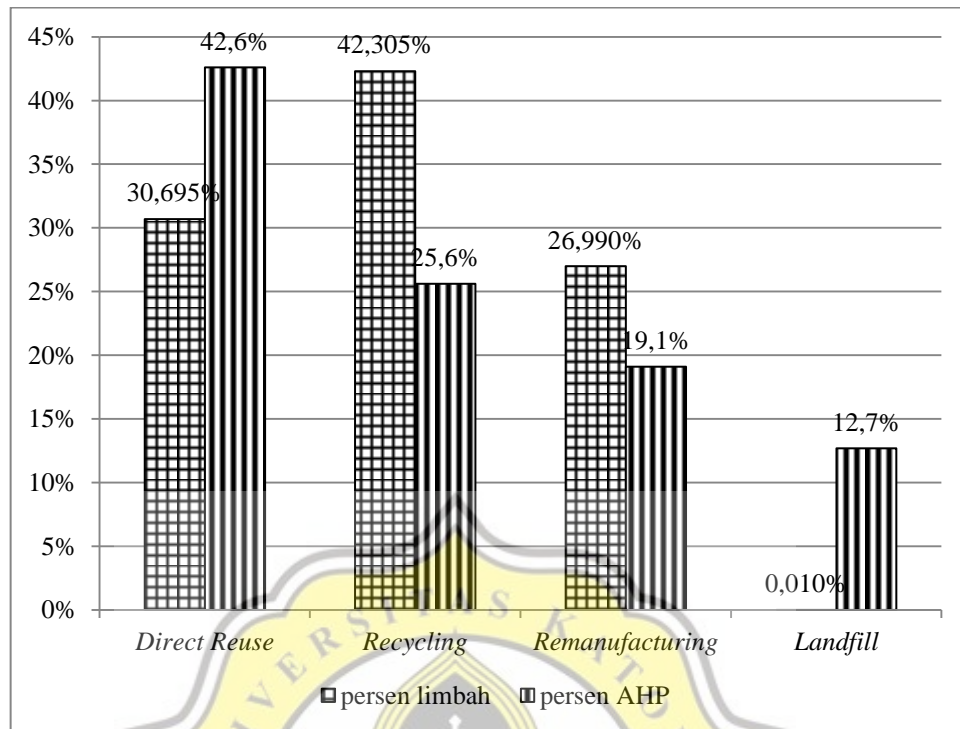
Selain memetakan, dapat dibandingkan pula persentase limbah secara riil di lapangan dengan hasil wawancara AHP. Hasil perbandingan persentase dapat diperlihatkan pada Tabel 5.35 dan Gambar 5.11.

Tabel 5.35 Perbandingan Nilai Alternatif pada Limbah dan AHP

Alternatif	% limbah	% AHP
<i>Direct Reuse</i>	30,695	42,6
<i>Recycling</i>	42,305	25,6
<i>Remanufacturing</i>	26,99	19,1
<i>Landfill</i>	0,01	12,7



Tugas Akhir
Pengaruh *Reverse Construction Supply Chain* Pada *Green Building*
(Studi Kasus Pada Proyek Pembangunan Pasar Umum Gianyar)



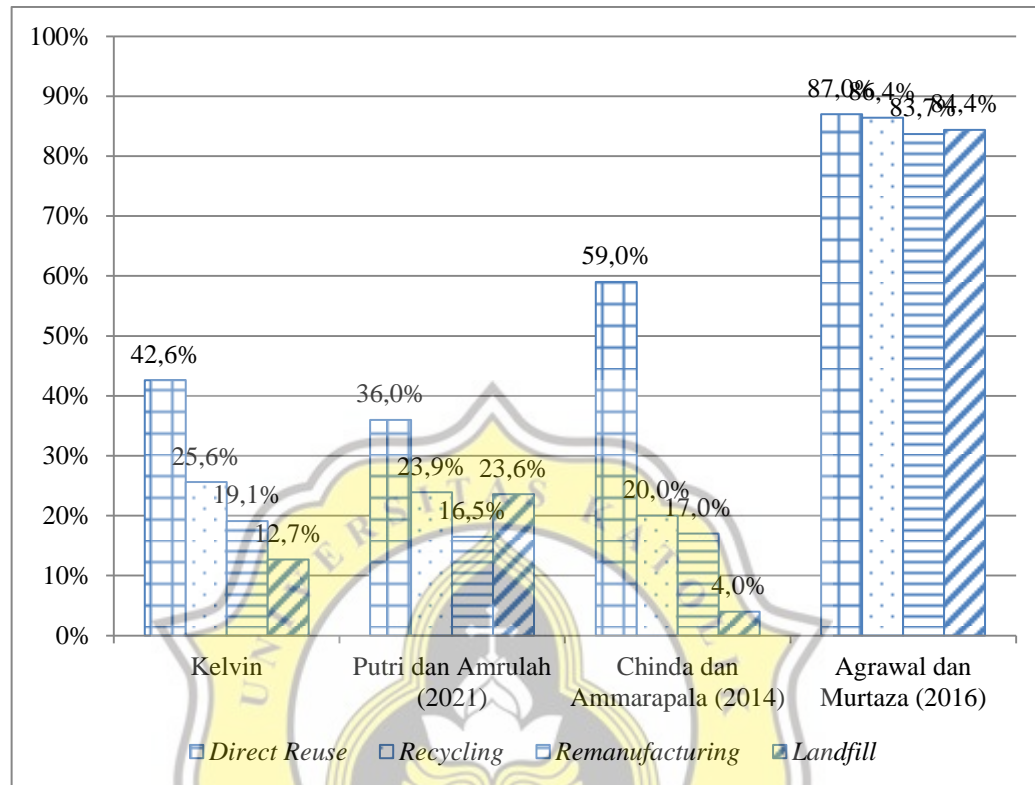
Gambar 5.11 Perbandingan Nilai Alternatif pada Limbah dan AHP

Berdasarkan perbandingan antara nilai persentase alternatif secara riil di lapangan dengan nilai persentase alternatif secara teoretis AHP dapat dilihat bahwa di lapangan kegiatan *recycle* jauh lebih tinggi dari *direct reuse* dan *remanufacturing*. Hal ini dikarenakan limbah *recycle* berasal dari material kayu yang setelah 2 hingga 3 kali pemakaian 100% akan menjadi limbah. Sementara limbah *landfill* muncul akibat sampah plastik yang dibandingkan dengan total harga limbah seluruhnya.

Terdapat perbedaan peringkat antara perhitungan AHP dengan persentase limbah. Perhitungan AHP dianggap sebagai persentase yang diharapkan oleh pihak pelaksana proyek sementara persentase limbah merupakan keadaan riil di lapangan. Kinerja *reverse supply chain* di dalam proyek pembangunan Pasar Umum Gianyar secara teori lebih mengutamakan *direct reuse* sebagai upaya pengurangan limbah. Secara riil-nya, *recycling* merupakan kegiatan yang mempunyai peringkat tertinggi dan porsi paling besar dalam *reverse supply chain* sementara secara teori *recycling* menjadi peringkat kedua.



Dilakukan perbandingan dengan penelitian sebelumnya terhadap *reverse supply chain*.. Hasil perbandingan dapat diperlihatkan pada Gambar 5.12.



Gambar 5.12 Perbandingan dengan Penelitian Sebelumnya

Perbandingan dilakukan dengan Chinda dan Ammarapala (2014). Berdasarkan perbandingan yang dilakukan dengan penelitian Chinda dan Ammarapala (2014), diperoleh hasil yang sama dalam hal peringkat alternatif pada hasil AHP. Selain Chinda dan Ammarapala (2014), dilakukan juga perbandingan dengan penelitian Putri dan Amrulah, (2021) serta Agrawal dan Murtaza (2016).

Sejalan dengan penelitian sebelumnya, *direct reuse* merupakan alternatif pilihan utama dalam hal penanganan limbah pada *reverse supply chain*. Selanjutnya, diikuti *recycling* sebagai pilihan kedua. Adapun perbedaan dari penelitian sebelumnya terletak pada peringkat *remanufacturing* dan *landfill*. *Landfill* menempati peringkat ketiga dan *remanufacturing* menempati peringkat akhir pada Penelitian Putri dan Amrulah, (2021) serta Agrawal dan Murtaza (2016).



Perbedaan peringkat *remanufacturing* dan *landfill* dapat terjadi akibat perbedaan prinsip penanganan limbah dalam proyek. Proyek Pasar Umum Gianyar mengupayakan segala limbah yang ada agar dapat dipergunakan kembali untuk meminimalisir pembuangan limbah. Hal ini menyebabkan pilihan alternatif *landfill* sebagai pilihan terakhir yang sedapat mungkin tidak digunakan. Tujuan ini berkaitan dengan sifat *green building* dari proyek pembangunan Pasar Umum Gianyar.

Menurut Burchart-Korol, dkk., (2012), hal ini terjadi karena *waste management* dalam proyek yang bersifat *green*, berdasarkan analisisnya umum mengutamakan *recycling* sebagai upaya penanggulangan limbah. Proyek yang bersifat *green* umumnya memiliki fokus untuk membangun bangunan yang berkelanjutan dengan konsep perlindungan terhadap lingkungan. Gupta (2013) menyatakan bahwa secara akademik pun *recycling* material menjadi salah satu praktik hijau yang paling penting dan perlu mendapatkan perhatian.

Secara teori, *direct reuse* diharapkan menjadi solusi utama dalam penanganan limbah. Hal ini terjadi karena pihak di lapangan menganggap bahwa *direct reuse* menjadi cara tercepat untuk menangani limbah segera digunakan kembali. Menurut Janani dan Kaveri (2020), fokus dalam penggunaan kembali limbah (*direct reuse*) yang ada merupakan langkah yang cerdas dari sisi ekonomi dan dapat merubah *progress* pekerjaan.

Selain mengurangi limbah, *direct reuse* dianggap menguntungkan karena memberi *added value* bagi limbah serta mudah dilaksanakan. Berbeda dengan *recycling* pihak proyek harus menumpuk dahulu limbah *recycling* lalu menunggu limbah tersebut diambil. Dengan mempertimbangkan keadaan covid yang tengah terjadi, pengambilan limbah *recycling* tidak dapat dilakukan setiap hari sehingga sempat terjadi penumpukan.

Kegiatan *recycling*, menurut Janani dan Kaveri (2020), yang dikolaborasikan dengan bidang bisnis lainnya serta *material trading* berpotensi terhadap *trading* material yang memberikan *benefit* bagi proyek. *Recycling* yang dilakukan di proyek pembangunan Pasar Umum Gianyar menjadi salah satu contoh nyata dari pernyataan Janani dan Kaveri (2020).



Remanufacturing menjadi pilihan ketiga dalam hal penanganan limbah pada pekerjaan struktur. *Remanufacture* dapat dilakukan karena pihak kontraktor memiliki perjanjian *return material* serta limbah yang dapat digunakan kembali. Selain itu menurut Gupta (2013) *remanufacturing* dianggap memberikan keuntungan baik dari segi lingkungan mau pun ekonomi.

Landfill menjadi pilihan terakhir karena berakhir dengan limbah dan selanjutnya dibuang. Hal ini akan menyebabkan pertambahan jumlah limbah yang sudah ada sehingga pilihan ini sedapat mungkin dihindari oleh pihak proyek pembangunan Pasar umum Gianyar yang mengutamakan *green building*.

Sobotka, dkk., (2017) menyatakan bahwa kunci dasar untuk mengembangkan *reverse supply chain* adalah pemilahan koleksi limbah. Menurut Janani dan Kaveri (2020), maksimalisasi dalam *reuse* dan *recycling* akan memastikan tidak ada material yang akan dikirimkan ke pembuangan akhir (*landfill*). Hal ini sejalan dengan apa yang diterapkan di proyek pembangunan Pasar Umum Gianyar. Pasar Umum Gianyar telah menyisihkan dana dan melaksanakan pemilahan limbah yang memudahkan dalam menerapkan *reverse supply chain*. Sobotka, dkk., (2017) juga menyatakan bahwa tidak mungkin *reverse supply chain* dapat dilakukan tanpa ada kegiatan pemilahan limbah terlebih dahulu.

Penelitian ini menunjukkan bahwa kesuksesan *reverse supply chain* diawali dengan kegiatan sederhana berupa pemilahan limbah seperti yang telah dilakukan oleh proyek pembangunan Pasar Umum Gianyar. Berdasarkan perspektif *reverse supply chain*, limbah yang dipandang negatif dapat diolah menjadi *added values* terutama untuk *green building*.

Kegiatan *reverse supply chain* ke depannya jika semakin dikembangkan dan diterapkan akan memberikan dampak positif bagi lingkungan. Selain memberi dampak positif bagi lingkungan, kegiatan *reverse supply chain* juga tentunya akan memberi reputasi yang positif bagi pelaku kegiatan pembangunan baik di mata masyarakat umum maupun para pelaku di bidang konstruksi.

Kegiatan *reverse supply chain* diharapkan dapat membantu upaya pengurangan MSW yang menurut Waste Atlas (2020), Indonesia menghasilkan 59.100.000/ ton per tahun.



Tugas Akhir
Pengaruh *Reverse Construction Supply Chain* Pada *Green Building*
(Studi Kasus Pada Proyek Pembangunan Pasar Umum Gianyar)

Kegiatan *reverse supply chain* juga membuka peluang bidang lain. Contohnya adalah kegiatan *recycling* pada proyek pembangunan Pasar Umum Gianyar yang menghasilkan material untuk karya seni kayu bagi masyarakat sekitar. Kegiatan ini memunculkan keuntungan baik bagi proyek juga bagi masyarakat sekitar.

