BAB 7
PERANCANGAN SISTEM *MATERIAL HANDLING*

7.1 Analisis Perpindahan

Prosedur awal yang digunakan dalam perancangan mengacu pada metode *Systematic Handling Analysis* (SHA) sebagai pendekatan perancangan sistem material handling pada kedua gudang bahan baku dalam perancangan yaitu gudang *SBM & Wheatbran* dan gudang *Medior ingredient & Limestone.* Tahapan awal yaitu melakukan analisis perpindahan yang mengacu pada sub sub bab 2.2.3 agar dapat menentukan *material handling* yang sesuai dengan arah perpindahannya per tiap area dan pada masing-masing gudang.

Pada analisis perpindahan, divisualisasikan ke dalam tabel matriks perpindahan yang dapat dilihat pada Tabel 7.1 hingga 7.3. Tabel matriks perpindahan digunakan untuk menggambarkan perpindahan per tiap area dan arah gerak pada bahan baku. Hasil dari matriks perpindahan kemudian digunakan sebagai dasar dalam penyusunan pola aliran dan pemilihan *material handling* pada tahapan selanjutnya dalam metode SHA.

Tabel 7.1 Matriks perpindahan SBM dan *Wheatbran*

Flat storage SBM & Wheatbran	*Intake*	*Pit*	*Intake Tower*	*Transport*	*Distribution Area*	*Storage*	*Outtake*	*Outtake Tower*
Intake		Vertikal *(Continuous)*						
Pit			Horizontal *(Continuous)*					
Intake Tower				Vertikal *(Continuous)*				
Transport					Horizontal - Vertikal *(Continuous)*			
Distribution Area						Horizontal *(Continuous)*		
Storage							Horizontal *(Continuous)*	
Outtake								Horizontal - Vertikal *(Continuous)*
Outtake Tower								

UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA

Tabel 7.2 Matriks perpindahan *medior ingredients*

Medior Ing	*Intake*	*Pit*	*Intake Tower*	*Distribution Area*	*Medior Ing Storage*	*Outtake*	*Outtake Tower*
Intake		Vertikal *(Continuous)*					
Pit			Horizontal *(Continuous)*				
Intake Tower				Vertikal *(Continuous)*			
Distribution Area					Horizontal *(Continuous)*		
Medior Ing Storage						Horizontal *(Intermittent)*	
Outtake							Horizontal - Vertikal *(Continuous)*
Outtake Tower							

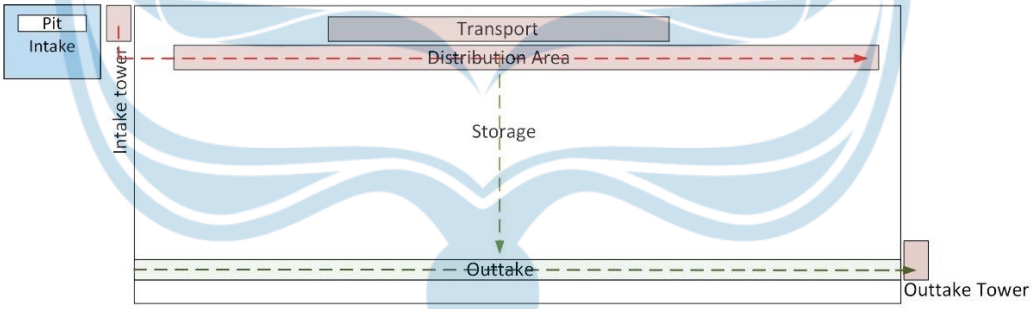
Tabel 7.3 Matriks perpindahan *limestone*

Limestone	*Intake*	*Pit*	*Intake Tower*	*Distribution Area*	*Limestone Storage*	*Outtake*	*Outtake Tower*
Intake		Vertikal *(Continuous)*					
Pit			Horizontal *(Continuous)*				
Intake Tower				Vertikal *(Continuous)*			
Distribution Area					Horizontal - Vertikal *(Continuous)*		
Limestone Storage						Horizontal *(Intermittent)*	
Outtake							Horizontal - Vertikal *(Continuous)*
Outtake Tower							

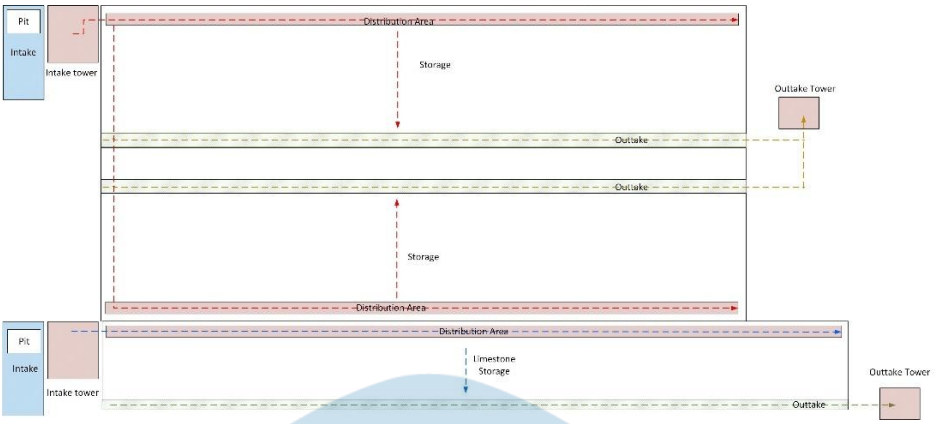
Area pada Tabel 7.1 sampai Tabel 7.3 adalah pembagian area pada gudang SBM dan *wheatbran, medior ingredients,* dan *limestone*. Pembagian area tersebut digunakan untuk mengetahui jenis perpindahan yaitu vertikal dan horizontal serta karakteristik perpindahan yaitu *continuous* dan *intermittent*. Area *intake* adalah area dalam bagian *receiving* yang berisi proses *unloading* material. Area *pit* adalah area lubang yang berada dibawah tanah untuk menampung material sementara sebelum dialirkan ke area *intake tower*. Area *intake tower* adalah *tower* yang digunakan untuk memindahkan material secara vertikal ke atas. Area *transport* adalah area penerimaan material dari *intake tower*, area ini hanya terdapat pada gudang SBM dan *wheatbran*. Area distribusi adalah area yang terletak di atas gudang untuk mendistribusikan material ke setiap bilik. Area *storage* adalah area penyimpanan material. Area *outtake* adalah area yang terletak di bawah tanah atau *pit* untuk mengalirkan material dari *storage* ke area *outtake tower*. Area *outtake tower* adalah area yang digunakan untuk mengalirkan material vertikal ke atas dari *pit* untuk dialirkan ke area produksi.

7.2 Visualisasi Perpindahan

Berikut merupakan visualisasi perpindahan yang memberikan informasi mengenai setiap area pada perancangan gudang SBM & *wheatbran* dan gudang *medior ingredient & limestone* yang dapat dilihat pada Gambar 7.1 dan Gambar 7.2.



Gambar 7.1 Visualisasi perpindahan material *soybean meal* & *wheatbran*



Gambar 7.2 Visualisasi perpindahan material *limestone* & *medior ingredients*

7.3 Perancangan *Material Handling* Awal

Material *handling* yang digunakan dalam perancangan ini dibagi dalam beberapa klasifikasi yaitu *industrial vehicle, conveyor, movable conveyor,* dan *auxiliary. Material handling* yang akan digunakan dalam perancangan akan dilakukan penelusuran terlebih dahulu dengan menyesuaikan karakteristik bahan baku.

7.3.1 Penelusuran material *handling*

Tahapan pertama dalam pemilihan *material handling* dilakukan penelurusan terhadap *material handling* yang dapat digunakan dalam bahan baku yang berbentuk curah.

a. *Conveyor*

Pada perancangan sistem *material handling*, *conveyor* yang digunakan dibedakan berdasarkan arah perpindahan material, yaitu *conveyor horizontal* dan *conveyor* vertikal. Pemilihan jenis *conveyor* dilakukan melalui proses penelusuran alternatif dengan mempertimbangkan karakteristik bahan baku dan kapasitas aliran material. Berikut merupakan beberapa alternatif *conveyor* yang dapat digunakan.

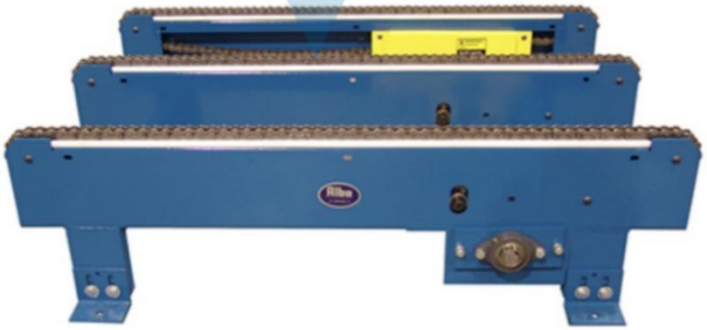
i. *Conveyor Horizontal*



Gambar 7.3 Alternatif 1 *troughed belt conveyor*
(Sumber: REMA TIP TOP AG, 2020)



Gambar 7.4 Alternatif 2 *screw conveyor horizontal* dan *vertical*
(Sumber: https://www.zzxfjxwm.com/product/%cf%86219-screw-conveyor/)



Gambar 7.5 Alternatif 3 *drag chain conveyor*
(Sumber: https://www.albamfg.com/products/drag-chain-conveyor/)

ii. *Conveyor Vertical*



Gambar 7.6 Alternatif 1 *belt bucket elevator*
(Sumber: https://surl.li/dzdjlp)



Gambar 7.7 Alternatif 2 *chain bucket elevator*
(Sumber: https://surli.cc/vlruyv)

Alternatif 3 pada *conveyor* vertikal yaitu *screw conveyor* yang dapat dilihat pada Gambar 7.4.

b. *Industrial Vehicle*

Industrial vehicle merupakan alat angkut yang digunakan untuk mendukung perpindahan material secara fleksibel di dalam area gudang. Pemilihan jenis *industrial vehicle* dilakukan berdasarkan hasil penelusuran alternatif dengan mempertimbangkan bentuk gudang dan karakteristik bahan baku yang ditangani. Berikut merupakan beberapa alternatif *industrial vehicle* yang dapat digunakan.



Gambar 7.8 Alternatif 1 *front-end loader*
(Sumber: https://trakindo.co.id/938-123940)

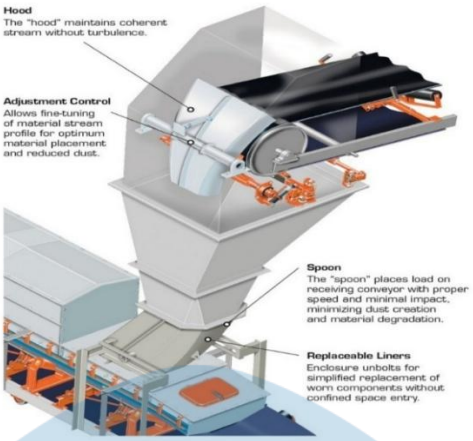


Gambar 7.9 Alternatif 2 *skid steer loader*
(Sumber: https://trakindo.co.id/id/232d3)

7.4 Modifikasi dan Pembatasan *Material Handling*

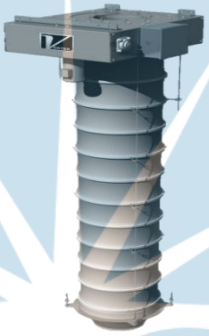
a. Modifikasi dan pembatasan gudang SBM dan wheatbran pada area transport menuju ke distribusi

Tahap modifikasi dilakukan pada area gudang SBM dan *wheatbran* pada area *transport* menuju ke distribusi. Pada sistem yang dirancang, material dari *intake* terlebih dahulu dipindahkan menuju area *transport* melalui perpindahan horizontal. Selanjutnya, material perlu dialirkan menuju area distribusi untuk disalurkan ke masing-masing bilik. Kondisi tersebut menimbulkan keterbatasan sistem berupa kebutuhan perubahan arah perpindahan material dari horizontal menjadi vertikal ke bawah. Berdasarkan kebutuhan tersebut, dilakukan evaluasi terhadap dua alternatif *auxiliary*, yaitu *chute* dan *spout*.



Gambar 7.10 *Chute*

(Sumber: https://www.at-minerals.com/en/artikel/artikel_en_938966.html)

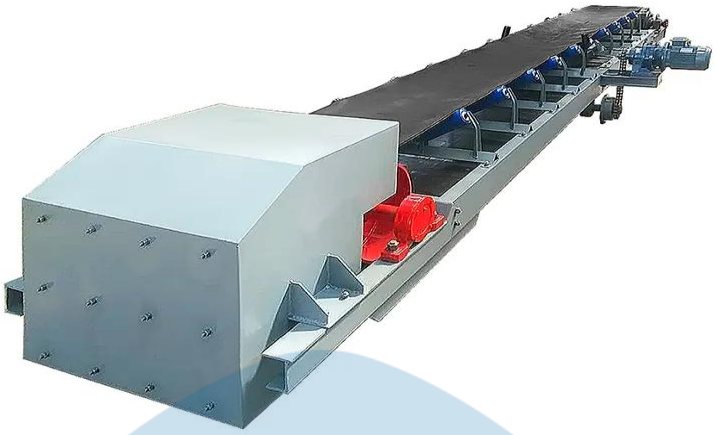


Gambar 7.11 *Spout*

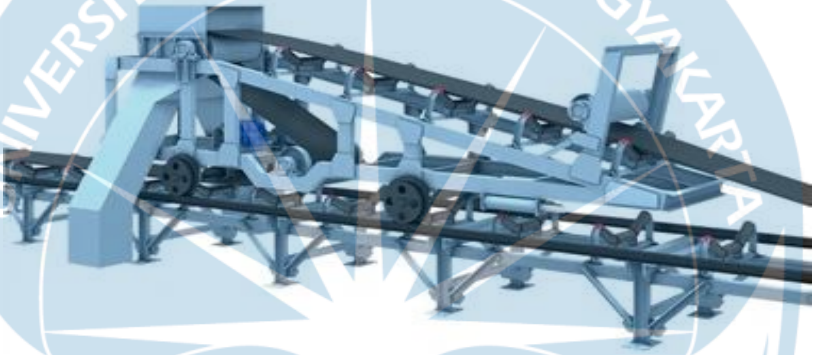
(Sumber: https://www.vortexglobal.com/resources/loading-spout-handling-glass-frit-blend)

b. Modifikasi dan pembatasan gudang SBM & *wheatbran* pada area distribusi

Tahap modifikasi dan pembatasan *material handling* dilakukan dengan menyesuaikan sistem *material handling* berdasarkan aliran dan karakteristik perpindahan material bahan baku pada sistem ini. Pada sistem distribusi material gudang *SBM & wheatbran* terdapat modifikasi yang dilakukan dengan mempertimbangkan dua alternatif mekanisme distribusi yaitu *tripper car* dan *shuttle conveyor.* Kedua alternatif dipertimbangkan sebagai modifikasi yang akan dilakukan karena terdapat keterbatasan yaitu diperlukannya perpindahan untuk melakukan distribusi pada setiap bilik yang bersifat *continuous* di *flat storage SBM & wheatbran* yang bersifat *dedicated.* Berikut merupakan gambar *tripper car* dan *shuttle conveyor.*



Gambar 7.12 Alternatif 1 *reversible shuttle conveyor*
(Sumber: https://www.skecon.com/product/tripper-conveyor/-belt-conveyor.html)



Gambar 7.13 Alternatif 2 *tripper car*
(Sumber: https://id.kunweimachine.com/belt-conveyor-machine/unloading-trolley/travelling-belt-tripper.html)

c. Modifikasi dan pembatasan distribusi *outtake* gudang *SBM & wheatbran*

Modifikasi juga dilakukan pada gudang *SBM & wheatbran* pada setelah material didistribusikan ke masing-masing bilik penyimpanan. Berdasarkan kebutuhan operasional gudang memerlukan proses pemerataan agar distribusi tumpukan material menjadi lebih merata dan kapasitas penyimpanan dapat dimanfaatkan secara optimal, kemudian perlu adanya perpindahan menuju pit *outtake*. Terdapat keterbatasan pada sistem penyimpanan karena gudang sudah pada sistem terotomasi kemudian tinggi tumpukan material dan volume material curah yang relatif besar menyebabkan proses pemerataan material secara manual menjadi kurang efektif dan sulit untuk dilakukan secara optimal. Maka dari itu, *material handling* yang digunakan yaitu *automatic leveling system* agar mendukung proses distribusi pada gudang.



Gambar 7.14 *Automatic levelling system*
(Sumber: https://www.youtube.com/watch?v=D5lyDRfDGU4)

d. Modifikasi dan pembatasan sistem perpindahan material gudang *medior ingredient*
Modifikasi juga dilakukan pada sistem perpindahan material di gudang *Medior Ingredient*. Pada sistem yang dirancang, material dari area *intake* perlu dialirkan menuju lokasi penyimpanan yang berbeda terdapat bilik atas dan bawah sesuai dengan penempatan material. Kondisi tersebut menimbulkan keterbatasan sistem berupa kebutuhan pemisahan aliran material yang datang dari *intake* dapat diarahkan menuju bilik penyimpanan yang sesuai. Berdasarkan keterbatasan tersebut, dilakukan modifikasi pada sistem perpindahan material melalui penambahan *two-way diverter gate* sebagai mekanisme pemisah aliran material. Penggunaan *two-way diverter gate* bertujuan untuk mengarahkan material dari jalur perpindahan utama menuju dua jalur distribusi yang berbeda.



Gambar 7.15 *Two-way diverter chute*
(Sumber: https://www.vortexglobal.com/products/pivoting-chute-diverter
https://www.almco.com/surface-finishing-machines/material-handling/)

7.5 Pemilihan *Material Handling*

Prosedur selanjutnya yaitu pemilihan *material handling* setelah dilakukannya penelusuraan terhadap *material handling* yang dapat digunakan dalam perancangan. Pemilihan *material handling* menggunakan hasil analisis dan berdasarkan prosedur sebelumnya yaitu modifikasi kemudian juga menggunakan metode *analytical hierarchy process* (AHP).

7.5.1 Pemilihan berdasarkan analisis dan modifikasi

Pemilihan *material handling* berdasarkan analisis dan modifikasi dilakukan pada alternatif yang dapat ditentukan secara langsung baik melalui evaluasi terhadap kapasitas angkut *material handling* terhadap aliran kapasitas kebutuhan material. Selain itu, pemilihan juga mempertimbangkan dari prosedur SHA yang sebelumnya yaitu modifikasi dan keterbatasan, karena alternatif di tentukan berdasarkan kemampuan alat dalam menyesuaikan kebutuhan sistem, pola aliran material serta kebutuhan operasional sehingga *material handling* yang terpilih mampu mendukung proses yang dibutuhkan. Oleh karena itu, pemilihan pada tahap ini tidak memerlukan metode *analytical hierarchy process* (AHP).

7.5.1.1 Pemilihan *industrial vehicle*

Pemilihan *industrial vehicle* dilakukan dengan membandingkan dua alternatif yang dapat digunakan pada sistem gudang untuk mendorong material jatuh ke dalam pit *outtake,* alternatif tersebut terdapat pada sub bab 7.3.1 yaitu *front end loader* dan *skid steer loader* Gambar 7.8 dan Gambar 7.9. Berdasarkan hasil analisis kemampuan kapasitas maksimum pemindahan pada material *medior ingredient* dan *limestone. Front end loader* memiliki kapasitas maksimum sebesar 5 ton, sedangkan *skid steer loader* memiliki kapasitas maksimum 1 ton. Perbedaan kapasitas maksimum ini menjadi pertimbangan dalam pemilihan karena harus dapat meliputi dari kebutuhan aliran material yaitu *medior ingredient* sebesar 4 ton per jam dan *limestone* sebesar 7 ton per jam.

Penggunaan *skid steer loader* dengan kapasitas maksimum sebesar 1 ton dapat menyebakan frekuensi perpindahan menjadi lebih tinggi untuk memenuhi target ton per jam dari material *medior ingredient* dan *limestone,* sehingga beban kerja alat lebih tinggi atau diperlukannya penambahan unit untuk menurunkan siklus perpindahan. Pada *front end loader* dengan kapasitas sebesar 5 ton mampu memindahkan material dalam jumlah yang besar sehingga perpindahaan akan lebih minim dan alat yang digunakan juga lebih sedikit dibanding dengan *skid steer loader* yang memiliki kapasitas yang lebih kecil. Maka dari itu, *front end loader* dipilih karena lebih efektif dan dapat menyesuaikan kapasitas aliran dari material.

7.5.1.2 Material handling gudang SBM & *wheatbran* area transport

Pada prosedur sebelumnya, yaitu modifikasi dan keterbatasan, dilakukan modifikasi pertama pada gudang SBM & *wheatbran* di area *transport* dengan mempertimbangkan dua alternatif *auxiliary*, yaitu *chute* dan *spout* pada Gambar 7.10 dan Gambar 7.11 yang berfungsi untuk mendukung proses pendistribusian. Pemilihan kedua alternatif tersebut berdasarkan kesesuaian fungsi terhadap aliran perpindahan material yang akan diteruskan untuk mendistribusikan material.

Berdasarkan hasil evaluasi, *chute* dipilih karena memiliki fungsi yang sesuai yaitu untuk mengarahkan sekaligus untuk mengalirkan material dari area *transport* menuju sistem distribusi berikutnya. Penggunaan *chute* memberikan perpindahan yang lebih terarah. Sementara itu, *spout* tidak terpilih karena fungsi lebih difokuskan untuk menyalurkan atau menjatuhkan material secara langsung menuju titik pengeluaran akhir.

7.5.1.3 Material handling gudang SBM & *wheatbran* area distribusi

Modifikasi yang kedua pada gudang SBM & *wheatbran* di area distribusi, dilakukan karena adanya keterbatasan untuk menjatuhkan material per setiap bilik yang sudah tetap atau *dedicated.* Maka dilakukan pertimbangan dua alternatif mekanisme distribusi yaitu *tripper car* dan *shuttle conveyor* pada Gambar 7.12 dan Gambar 7.13.

Berdasarkan hasil evaluasi, *shuttle conveyor* dipilih karena dinilai memiliki konfigurasi sistem yang lebih sederhana dalam proses distribusi material. Material yang diterima dapat langsung didistribusikan menuju bilik penyimpanan yang dituju tanpa memerlukan mekanisme distribusi tambahan.

Sementara itu, penggunaan *tripper car* pada rancangan sistem memerlukan komponen tambahan berupa rel pergerakan serta konfigurasi elevasi pada conveyor untuk mengarahkan material menuju *tripper car* sebelum didistribusikan ke area penyimpanan sehingga jika sistem menggunakan *tripper car* akan lebih kompleks pada perpindahaan serta kebutuhan operasional alat.

7.5.2. Pemilihan berdasarkan AHP

Pada pemilihan *material handling* dengan menggunakan metode *analytical hierarchy process* (AHP) menggunakan aplikasi *Super decision* terdapat 2 goal yang akan dipilih yaitu horizontal dan vertikal *conveyor* diperlukannya metode AHP karena pada masing-masing alternatif pada sub bab 7.3.1 Gambar 7.3 hingga Gambar 7.7 memiliki karakteristik, kelebihan dan keterbatasan yang berbeda, sehingga tidak ada alternatif yang unggul pada seluruh kriteria dan berada pada ketidakpastian. Maka dari itu, dilakukannya penentuan *multi-criteria* kemudian dilanjutkan dengan pemilihan menggunakan metode AHP.

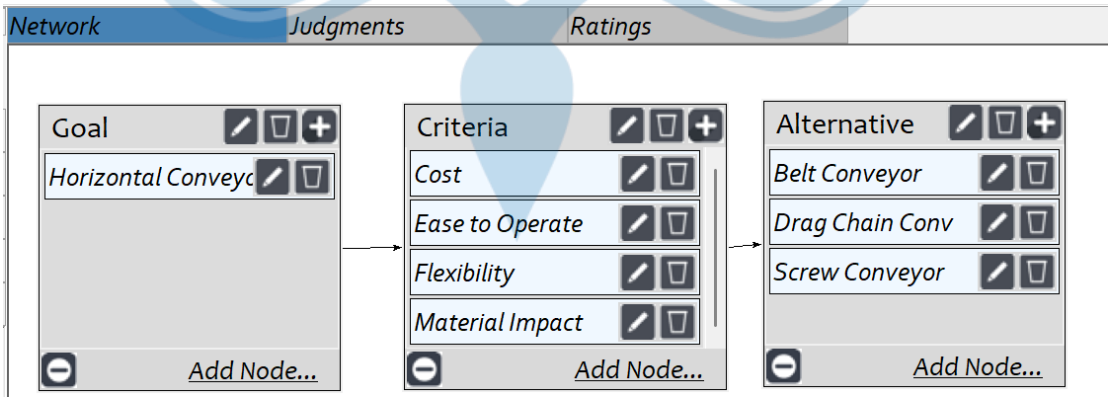
7.5.2.1 Kriteria AHP

Penentuan kriteria dalam metode *analytical hierarchy process* (AHP) didasarkan pada studi literatur dari penelitian yang dilakukan oleh Soufi et al. (2021) dan Satoglu dan Türkekul (2021), serta diskusi *stakeholder.* Studi yang didapatkan terkait dengan penggunaan metode AHP pada sistem tertentu untuk melakukan pemilihan *material handling,* dari jurnal yang telah ditelaah dilakukan analisis pada kriteria yang dapat digunakan menyesuaikan dari data yang didapatkan dan diperoleh.

Berdasarkan hasil analisis penyesuaian terhadap data yang ada diperoleh empat kriteria yang digunakan untuk memiih *material handling* untuk *horizontal* dan *vertical conveyor* yaitu *cost*, *ease to operate*, *flexibility*, dan *material impact*. Kriteria *cost* mempertimbangkan harga dari *material handling*, kriteria *ease to operate* digunakan untuk mengevaluasi tingkat kemudahan pengoperasian dan pemeliharaan alat dalam mendukung proses perpindahan material, kriteria *flexibility* digunakan untuk menilai kemampuan *material handling* dalam menyesuaikan kebutuhan operasional, perpindahan material dan kondisi tata letak gudang. Kriteria terakhir *material impact* digunakan untuk mempertimbangkan dampak penggunaan alat terhadap kondisi material selama proses perpindahan.

7.5.2.2 Hasil AHP

Pemilihan menggunakan metode AHP didasarkan pada berbagai kriteria kuantitatif dan kualitatif yang mempertimbangkan pendapat ahli, yaitu *project manager* dan *quantity surveyor* yang memiliki pengalaman dalam bidang *material handling*. Berikut merupakan hasil dari AHP menggunakan aplikasi *Super decision.*

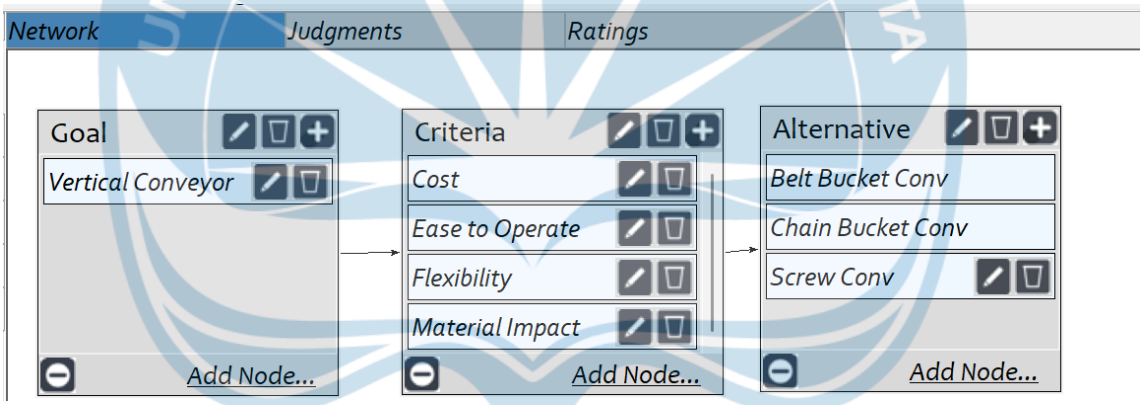


Gambar 7.16 Horizontal *conveyor SuperDecision*

Name	Graphic	Ideals	Normals	Raw
Belt Conveyor		1.000000	0.612401	0.306200
Drag Chain Conv		0.255476	0.156454	0.078227
Screw Conveyor		0.377441	0.231145	0.115573

Gambar 7.17 Hasil horizontal *conveyor*

Berdasarkan hasil pengolahan menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) pada aplikasi *Super decision,* diperoleh nilai prioritas alternatif pada kategori horizontal *conveyor* yang ditunjukkan melalui nilai normal prioritas. Hasil menunjukkan bahwa *belt conveyor* memiliki bobot prioritas tertinggi sebesar 0.612, diikuti oleh *screw conveyor* sebesar 0.231, dan *drag chain conveyor* sebesar 0.156. Maka, *belt conveyor* dipilih sebagai alternatif terbaik karena memiliki tingkat prioritas paling tinggi berdasarkan evaluasi terhadap seluruh kriteria yang telah ditentukan.



Gambar 7.18 Vertikal *conveyor SuperDecision*

Name	Graphic	Ideals	Normals	Raw
Belt Bucket Conv		1.000000	0.451234	0.225617
Chain Bucket Conv		0.463275	0.209045	0.104523
Screw Conv		0.752872	0.339721	0.169861

Gambar 7.19 Hasil vertikal *conveyor*

Berdasarkan hasil pengolahan menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) pada aplikasi *Super decision,* diperoleh nilai prioritas alternatif pada kategori vertikal *conveyor* yang ditunjukkan melalui nilai normal prioritas. Hasil menunjukkan bahwa *belt bucket conveyor* memiliki bobot prioritas tertinggi sebesar 0.451, diikuti oleh

screw conveyor sebesar 0.339, dan *chain bucket conveyor* sebesar 0.209. Maka, *belt bucket conveyor* dipilih sebagai alternatif terbaik karena memiliki tingkat prioritas paling tinggi berdasarkan evaluasi terhadap seluruh kriteria yang telah ditentukan.

7.6 Perancangan *Material Handling* Akhir

Berikut merupakan tabel dan gambar dari hasil pemilihan dan rancangan *material handling* serta aliran yang telah dirancang pada gudang SBM & *wheatbran* dan gudang *medior ingredient & limestone.*

Tabel 7.4 Matriks perpindahan sbm dan *wheatbran* beserta *material handling*

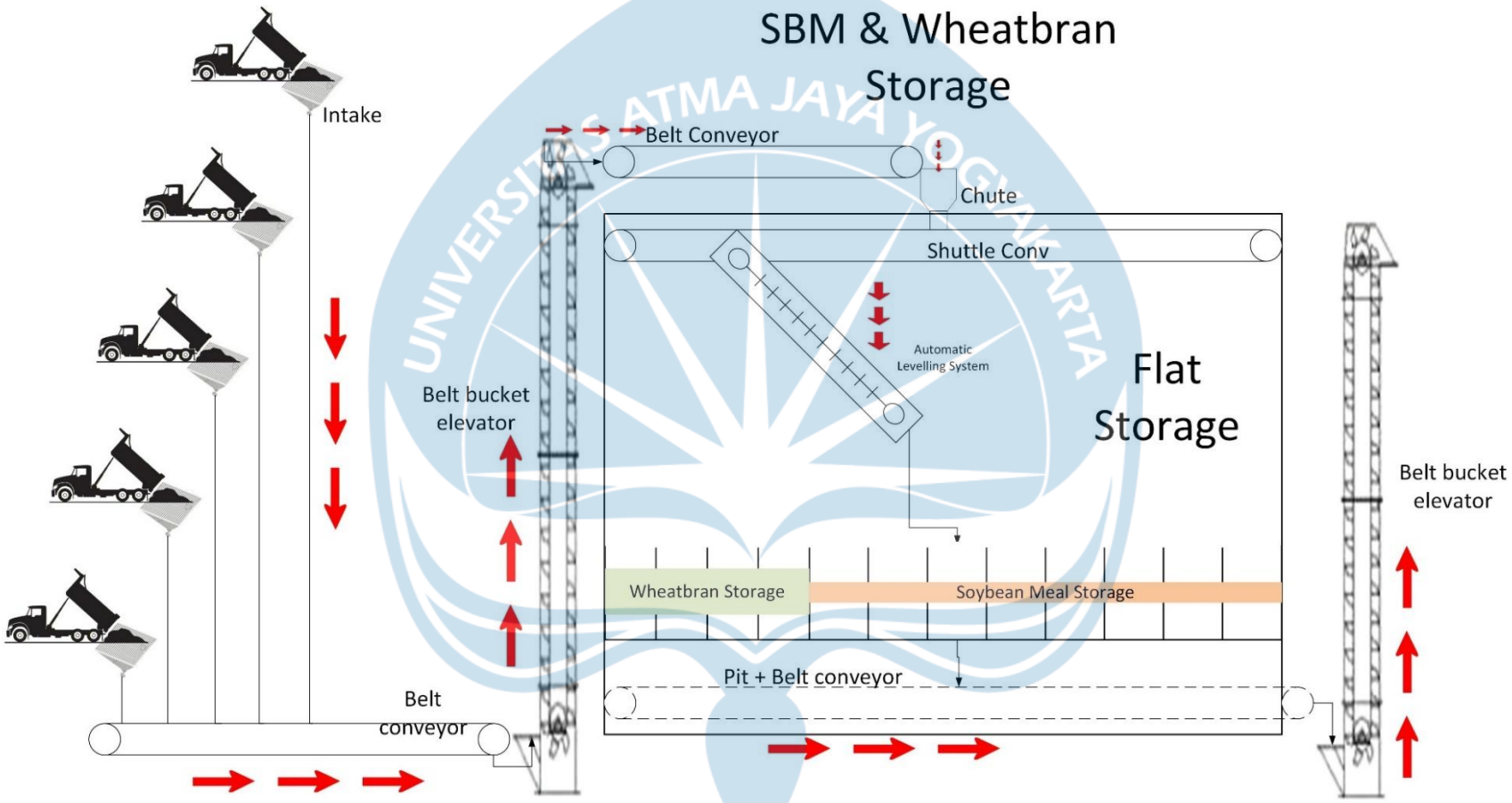
Flat storage SBM & Wheatbran	*Intake*	*Pit*	*Intake Tower*	*Transport*	*Distribution Area*	*Storage*	*Outtake*	*Outtake Tower*
Intake		*Truck Unloading*						
Pit			*Belt Conveyor*					
Intake Tower				*Belt Bucket Conveyor*				
Transport					*Belt Conveyor - Chute*			
Distribution Area						*Shuttle Conveyor*		
Storage							*Automatic Levelling System*	
Outtake								*Belt Conveyor - Belt Bucket Conveyor*
Outtake Tower								

Tabel 7.5 Matriks perpindahan *medior ingredients* beserta *material handling*

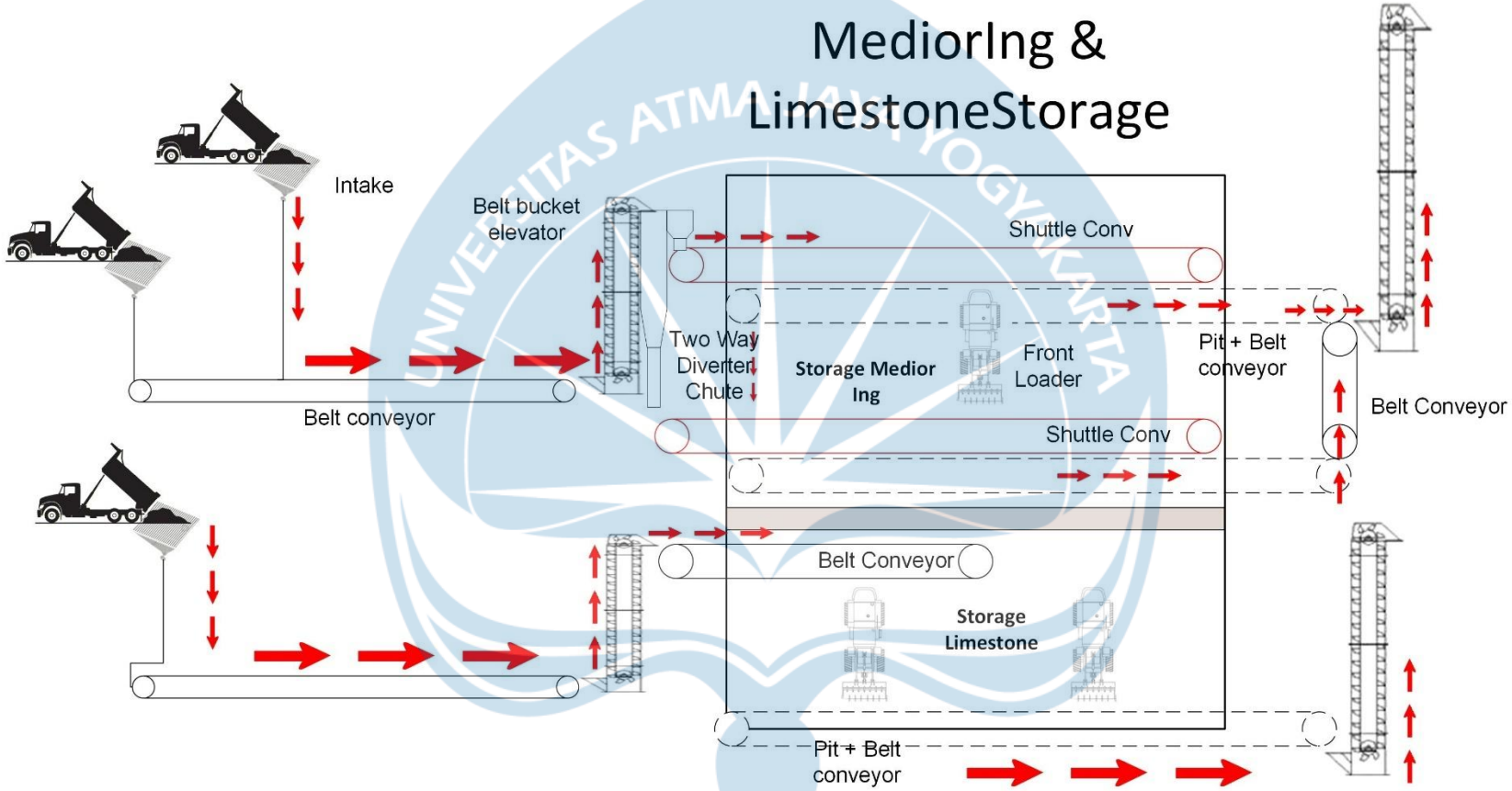
Medior Ing	*Intake*	*Pit*	*Intake Tower*	*Distribution Area*	*Medior Ing Storage*	*Outake*	*Outtake Tower*
Intake		*Truck Unloading*					
Pit			*Belt Conveyor*				
Intake Tower				*Belt Bucket Conveyor - Two way Diverter Chute*			
Distribution Area					*Shuttle Conveyor*		
Medior Ing Storage						*Front End loader (1)*	
Outtake							*Belt Conveyor - Belt Bucket Conveyor*
Outtake Tower							

Tabel 7.6 Matriks perpindahan *limestone* beserta *material handling*

Limestone	*Intake*	*Pit*	*Intake Tower*	*Distribution Area*	*Limestone Storage*	*Outtake*	*Outtake Tower*
Intake		*Truck Unloading*					
Pit			*Belt Conveyor*				
Intake Tower				*Belt Bucket Conveyor*			
Distribution Area					*Belt Conveyor*		
Limestone Storage						*Front End Loader* (2)	
Outtake							*Belt Conveyor - Belt Bucket Conveyor*
Outtake Tower							



Gambar 7.20 Aliran gudang sbm & *wheatbran*



Gambar 7.21 Aliran gudang *medior ingredient & limestone*