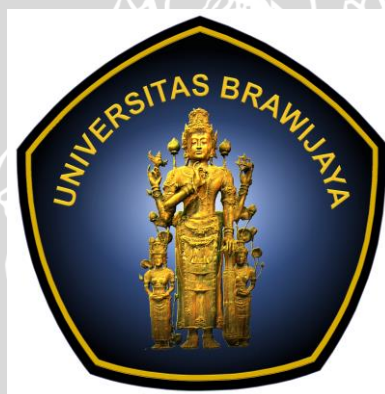


**PERENCANAAN ALOKASI CRANE DENGAN METODE
PROMETHEE PADA PROYEK *SHUTDOWN* PABRIK**

**SKRIPSI
TEKNIK INDUSTRI KONSENTRASI MANAJEMEN SISTEM INDUSTRI**

**Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik**



**ALVIN MUHAMMAD 'AINUL YAQIN
NIM. 105060701111001**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2016**

LEMBAR PERSETUJUAN

PERENCANAAN ALOKASI *CRANE* DENGAN METODE PROMETHEE PADA PROYEK *SHUTDOWN* PABRIK

SKRIPSI TEKNIK INDUSTRI KONSENTRASI MANAJEMEN SISTEM INDUSTRI

**Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik**



Disusun oleh:

**ALVIN MUHAMMAD 'AINUL YAQIN
NIM. 105060701111001**

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Dosen Pembimbing I

Oyong Novareza, ST., MT., Ph.D.
NIP. 19741115 200604 1 002

Dosen Pembimbing II

Rahmi Yuniarti, ST., MT.
NIP. 19840624 200812 2 004

LEMBAR PENGESAHAN

PERENCANAAN ALOKASI *CRANE* DENGAN METODE PROMETHEE PADA PROYEK *SHUTDOWN* PABRIK

SKRIPSI TEKNIK INDUSTRI KONSENTRASI MANAJEMEN SISTEM INDUSTRI

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



ALVIN MUHAMMAD 'AINUL YAQIN
NIM. 105060701111001

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing
pada tanggal 12 Juni 2016

Dosen Pembimbing I

Oyong Novareza, ST., MT., Ph.D.

NIP. 19741115 200604 1 002

Dosen Pembimbing II

Rahmi Yuniarti, ST., MT.

NIP. 19840624 200812 2 004

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Industri

Ishardita Pambudi Tama, ST., MT., Ph.D.

NIP. 19730819 199903 1 002

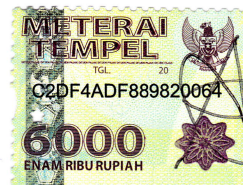
PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam naskah skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya, tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu perguruan tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Malang, Februari 2016

Mahasiswa,



Alvin Muhammad 'Ainul Yaqin

NIM. 105060701111001

PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah Subhanahu wa Ta'ala karena hanya atas berkat, rahmat, dan hidayah-Nya sajalah penulis dapat merampungkan skripsi yang sedang pembaca pegang ini. Tidak lupa selawat dan salam penulis panjatkan untuk Rasulullah Muhammad Shallallahu 'Alaihi wa Sallam beserta keluarga, sahabat-sahabat, dan seluruh umatnya hingga akhir zaman.

Skripsi berjudul **“PERENCANAAN ALOKASI CRANE DENGAN METODE PROMETHEE PADA PROYEK SHUTDOWN PABRIK”** ini penulis susun untuk memenuhi salah satu persyaratan memperoleh gelar Sarjana Strata Satu (S-1) di Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.

Penulis menyadari skripsi ini tidak dapat terselesaikan tanpa bantuan dari berbagai pihak, oleh karena itu tidak lupa penulis sampaikan terima kasih kepada:

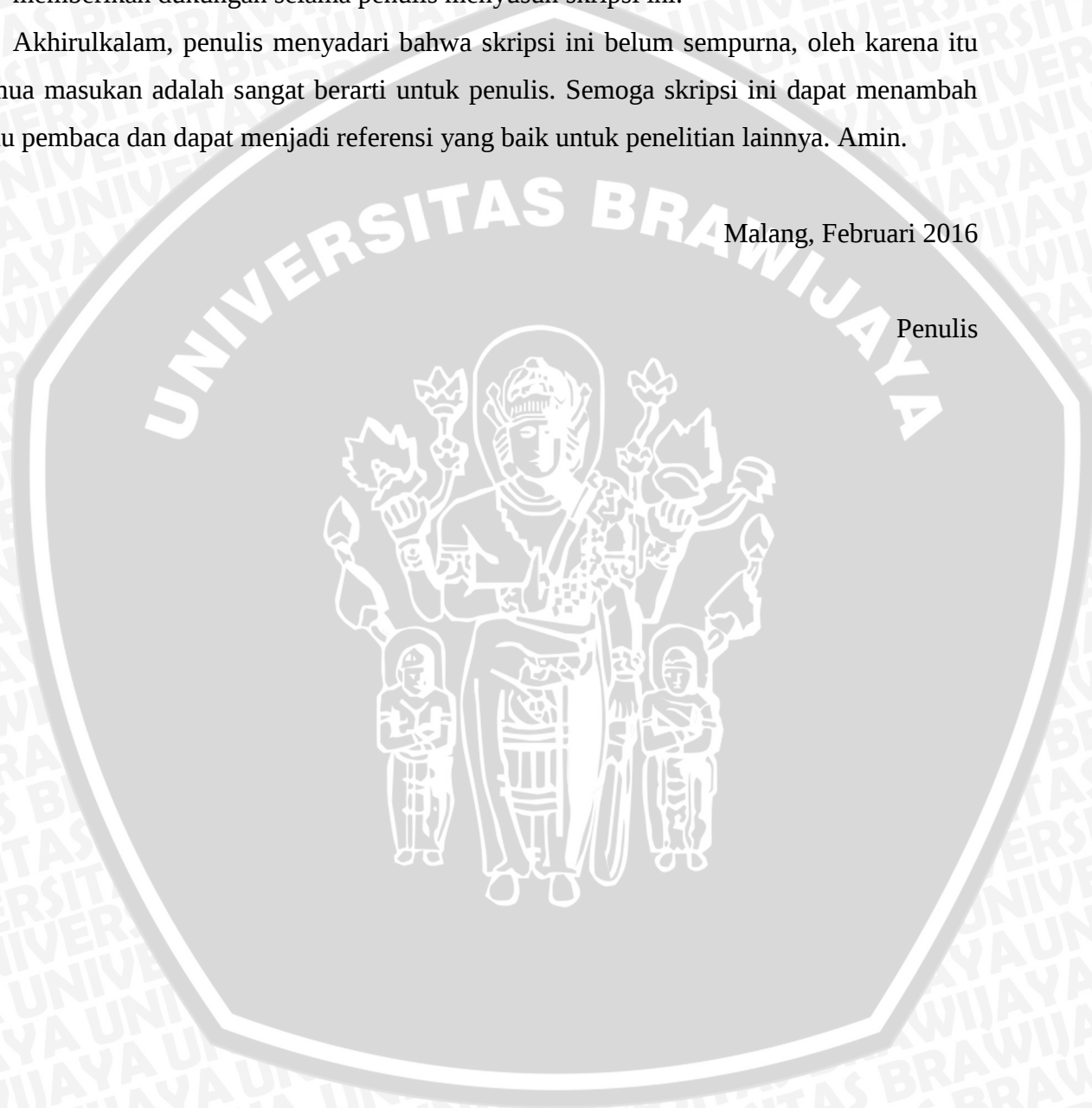
1. Ibu dan Bapak untuk doanya yang tak pernah putus mengalir.
2. Bapak Ishardita Pambudi Tama, ST., MT., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
3. Bapak Arif Rahman, ST., MT. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
4. Bapak Remba Yanuar Efranto, ST., MT. selaku Ketua Kelompok Dosen Keahlian Manajemen Sistem Industri Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
5. Bapak Oyong Novareza, ST., MT., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing I yang telah membimbing penulis dari awal hingga skripsi ini selesai disusun.
6. Ibu Rahmi Yuniarti, ST., MT. selaku Dosen Pembimbing II yang juga telah membimbing penulis dari awal hingga skripsi ini selesai disusun.
7. Bapak Iwan Wicaksono selaku *Supervisor Turnaround, PM/PdM, and Project Maintenance Planning and Turnaround Section Maintenance Department PT Badak NGL* yang telah mendampingi penulis melakukan pengumpulan data untuk skripsi ini.
8. Bapak Ahmad Ruzhansyah selaku *Senior Operator Machinery and Heavy Equipment Section Maintenance Department PT Badak NGL* yang juga telah mendampingi penulis melakukan pengumpulan data untuk skripsi ini.
9. Staf Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Brawijaya lainnya yang tidak penulis sebutkan namanya satu per satu yang telah banyak memberikan masukan untuk penulis terkait penyusunan skripsi ini.

10. Staf PT Badak NGL lainnya yang tidak penulis sebutkan namanya satu per satu yang juga telah banyak memberikan masukan untuk penulis terkait penyusunan skripsi ini.
11. Seluruh keluarga yang telah banyak memberikan dukungan selama penulis menyusun skripsi ini.
12. Sahabat-sahabat yang tidak penulis sebutkan namanya satu per satu yang telah banyak memberikan dukungan selama penulis menyusun skripsi ini.

Akhirulkalam, penulis menyadari bahwa skripsi ini belum sempurna, oleh karena itu semua masukan adalah sangat berarti untuk penulis. Semoga skripsi ini dapat menambah ilmu pembaca dan dapat menjadi referensi yang baik untuk penelitian lainnya. Amin.

Malang, Februari 2016

Penulis



DAFTAR ISI

	Halaman
PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
RINGKASAN	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	4
1.3 Rumusan Masalah	4
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Tujuan Penelitian.....	5
1.6 Manfaat Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Penelitian Terdahulu.....	7
2.2 Pemilihan <i>Crane</i>	8
2.3 Pengambilan Keputusan Kriteria Majemuk	9
2.4 PROMETHEE	11
2.2.1 Pengertian PROMETHEE	11
2.2.2 Prosedur PROMETHEE	11
BAB III METODE PENELITIAN	23
3.1 Jenis Penelitian	23
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian	23
3.3 Prosedur Pelaksanaan Penelitian	23
3.4 Diagram Alir Penelitian.....	26
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	29
4.1 Gambaran Umum Perusahaan	29
4.1.1 Profil PT Badak NGL	29
4.1.2 Sejarah PT Badak NGL	30
4.1.3 Visi dan misi PT Badak NGL	31
4.1.4 Struktur organisasi PT Badak NGL	33
4.2 Penyajian dan Pengolahan Data	37
4.2.1 Pemetaan lokasi	37
4.2.2 Identifikasi kebutuhan lokasi	40
4.2.3 Penentuan dan pembobotan kriteria.....	46
4.2.4 Penetapan alternatif.....	50

4.2.5 Penentuan tipe dan parameter fungsi preferensi kriteria	54
4.2.6 Pemeringkatan alternatif	63
4.2.6.1 Pemeringkatan alternatif lokasi 1	63
4.2.6.2 Pemeringkatan alternatif lokasi 2	65
4.2.6.3 Pemeringkatan alternatif lokasi 3	67
4.2.6.4 Pemeringkatan alternatif lokasi 4	69
4.2.6.5 Pemeringkatan alternatif lokasi 5	70
4.2.6.6 Pemeringkatan alternatif lokasi 6	73
4.2.6.7 Pemeringkatan alternatif lokasi 7	77
4.3 Analisis dan Pembahasan	79
4.3.1 Analisis hasil penetapan alternatif	79
4.3.2 Analisis hasil penentuan dan pembobotan kriteria	80
4.3.3 Analisis hasil pemeringkatan alternatif	81
4.3.4 Pembaruan peta lokasi	83
BAB V PENUTUP	87
5.1 Kesimpulan	87
5.2 Saran	87

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
Tabel 1.1	Identifikasi kebutuhan seluruh lokasi	2
Tabel 2.1	Perbandingan penelitian terdahulu dengan penelitian ini.....	8
Tabel 2.2	Kriteria pemilihan <i>crane</i>	9
Tabel 2.3	Parameter tipe preferensi kriteria	17
Tabel 4.1	Identifikasi kebutuhan lokasi 1.....	41
Tabel 4.2	Identifikasi kebutuhan lokasi 2.....	41
Tabel 4.3	Identifikasi kebutuhan lokasi 3.....	42
Tabel 4.4	Identifikasi kebutuhan lokasi 4.....	43
Tabel 4.5	Identifikasi kebutuhan lokasi 5.....	44
Tabel 4.6	Identifikasi kebutuhan lokasi 6.....	44
Tabel 4.7	Identifikasi kebutuhan lokasi 7.....	45
Tabel 4.8	Matriks hubungan kebutuhan dan kriteria	48
Tabel 4.9	Rekapitulasi pembobotan kriteria.....	49
Tabel 4.10	Bobot kriteria ternormalisasi	49
Tabel 4.11	Alternatif pemilihan <i>crane</i>	50
Tabel 4.12	Batasan penetapan alternatif.....	52
Tabel 4.13	Hasil penetapan alternatif	53
Tabel 4.14	Kaidah kriteria	54
Tabel 4.15	Beban material lokasi 7	55
Tabel 4.16	Nilai kriteria efisiensi	55
Tabel 4.17	Nilai selisih kriteria efisiensi lokasi 7.....	55
Tabel 4.18	Nilai kriteria jenis <i>boom</i>	57
Tabel 4.19	Nilai kriteria jenis <i>carrier</i>	58
Tabel 4.20	Nilai kriteria jenis pengimbang	59
Tabel 4.21	Nilai kriteria kapasitas angkat	59
Tabel 4.22	Nilai selisih kriteria kapasitas angkat lokasi 7.....	59
Tabel 4.23	Nilai kriteria luas <i>chassis</i>	61
Tabel 4.24	Nilai selisih kriteria luas <i>chassis</i> lokasi 7	61
Tabel 4.25	Nilai kriteria panjang <i>boom</i>	62
Tabel 4.26	Nilai selisih kriteria panjang <i>boom</i> lokasi 7	62
Tabel 4.27	Rekapitulasi data lokasi 1	63

Tabel 4.28	Rekapitulasi perhitungan nilai dan indeks preferensi lokasi 1	65
Tabel 4.29	Rekapitulasi perhitungan <i>leaving flow</i> dan <i>entering flow</i> lokasi 1....	65
Tabel 4.30	Hasil pemeringkatan alternatif lokasi 1.....	65
Tabel 4.31	Rekapitulasi data lokasi 2.....	65
Tabel 4.32	Rekapitulasi perhitungan nilai dan indeks preferensi lokasi 2.....	66
Tabel 4.33	Rekapitulasi perhitungan <i>leaving flow</i> dan <i>entering flow</i> lokasi 2....	67
Tabel 4.34	Hasil pemeringkatan alternatif lokasi 2.....	67
Tabel 4.35	Rekapitulasi data lokasi 3.....	67
Tabel 4.36	Rekapitulasi perhitungan nilai dan indeks preferensi lokasi 3.....	68
Tabel 4.37	Rekapitulasi perhitungan <i>leaving flow</i> dan <i>entering flow</i> lokasi 3....	68
Tabel 4.38	Hasil pemeringkatan alternatif lokasi 3.....	69
Tabel 4.39	Rekapitulasi data lokasi 4.....	69
Tabel 4.40	Rekapitulasi perhitungan nilai dan indeks preferensi lokasi 4.....	70
Tabel 4.41	Rekapitulasi perhitungan <i>leaving flow</i> dan <i>entering flow</i> lokasi 4....	70
Tabel 4.42	Hasil pemeringkatan alternatif lokasi 4.....	70
Tabel 4.43	Rekapitulasi data lokasi 5.....	71
Tabel 4.44	Rekapitulasi perhitungan nilai dan indeks preferensi lokasi 5.....	72
Tabel 4.45	Rekapitulasi perhitungan <i>leaving flow</i> dan <i>entering flow</i> lokasi 5....	72
Tabel 4.46	Hasil pemeringkatan alternatif lokasi 5.....	73
Tabel 4.47	Rekapitulasi data lokasi 6.....	73
Tabel 4.48	Rekapitulasi perhitungan nilai dan indeks preferensi lokasi 6.....	74
Tabel 4.49	Rekapitulasi perhitungan <i>leaving flow</i> dan <i>entering flow</i> lokasi 6....	76
Tabel 4.50	Hasil pemeringkatan alternatif lokasi 6.....	76
Tabel 4.51	Rekapitulasi data lokasi 7.....	77
Tabel 4.52	Rekapitulasi perhitungan nilai dan indeks preferensi lokasi 7.....	78
Tabel 4.53	Rekapitulasi perhitungan <i>leaving flow</i> dan <i>entering flow</i> lokasi 7....	79
Tabel 4.54	Hasil pemeringkatan alternatif lokasi 7.....	79
Tabel 4.55	Hasil pemeringkatan alternatif keseluruhan	81
Tabel 4.56	Hasil pemrioritasan lokasi.....	81
Tabel 4.57	Rencana alokasi <i>crane</i> hari ke-12	82

DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
Gambar 2.1	Kriteria biasa.....	13
Gambar 2.2	Kriteria kuasi	14
Gambar 2.3	Kriteria dengan preferensi linier.....	15
Gambar 2.4	Kriteria level.....	15
Gambar 2.5	Kriteria dengan preferensi linier dan area yang tidak berbeda.....	16
Gambar 2.6	Kriteria Gaussian	17
Gambar 2.7	Hubungan antar <i>node</i>	19
Gambar 2.8	<i>Leaving flow</i> dan <i>entering flow</i>	20
Gambar 2.9	<i>Partial ranking</i>	21
Gambar 2.10	<i>Complete ranking</i>	21
Gambar 3.1	Diagram alir penelitian	27
Gambar 4.1	Struktur organisasi PT Badak NGL.....	33
Gambar 4.2	Struktur organisasi Departemen Perawatan PT Badak NGL.....	35
Gambar 4.3	Peta lokasi pengangkatan beban berat.....	39
Gambar 4.4	<i>Boom telescopic</i> dan <i>boom lattice</i>	57
Gambar 4.5	<i>Wheel-mounted</i> dan <i>crawler-mounted</i>	57
Gambar 4.6	<i>Counterweight-based</i> dan <i>outrigger-based</i>	58
Gambar 4.7	Persentase bobot kriteria keseluruhan	80
Gambar 4.8	Diagram Gantt rencana alokasi <i>crane</i> hari ke-12	83
Gambar 4.9	Peta alokasi <i>crane</i>	85

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Halaman ini sengaja dikosongkan



DAFTAR LAMPIRAN

No.	Judul	Halaman
Lampiran 1	Kuesioner Pembobotan Kriteria	91



UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Halaman ini sengaja dikosongkan



RINGKASAN

Alvin Muhammad ‘Ainul Yaqin, Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Februari 2016, *Perencanaan Alokasi Crane dengan Metode PROMETHEE pada Proyek Shutdown Pabrik*, Dosen Pembimbing: Oyong Novareza dan Rahmi Yuniarti.

PT Badak NGL adalah perusahaan swasta yang bergerak di bidang pengolahan gas alam. Salah satu proyek yang ada di PT Badak NGL adalah *shutdown* (perbaikan menyeluruh). Salah satu pekerjaan pada *shutdown* adalah pekerjaan pengangkatan beban berat dengan menggunakan *crane* (derek). Koordinasi alokasi *crane* pada *shutdown* di PT Badak NGL masih menyulitkan petugas di lokasi proyek dan *motor pool* (pul alat berat) terkait ketersediaan *crane*. Hal ini terjadi karena belum ada rencana alokasi *crane* tetap untuk proyek tersebut. Oleh karena itu dibutuhkan identifikasi kriteria-kriteria yang mempengaruhi pemilihan *crane* dalam rangka menghasilkan rencana alokasi *crane* tetap untuk menangani keperluan pekerjaan pengangkatan beban berat selama *shutdown*.

Metode yang digunakan dalam perencanaan alokasi *crane* adalah *Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation* (PROMETHEE). Perencanaan alokasi *crane* dilakukan dengan cara melakukan pemetaan lokasi, penetapan alternatif, penentuan kriteria, pembobotan kriteria, penentuan tipe dan parameter fungsi preferensi kriteria, pemeringkatan alternatif, lalu pembaruan peta lokasi.

Berdasarkan hasil pengolahan data, diidentifikasi 7 kriteria yang mempengaruhi pemilihan *crane*, antara lain efisiensi, jenis *boom* (lengan), jenis *carrier* (pembawa), jenis pengimbang, kapasitas angkat, luas *chassis* (sasis), dan panjang *boom*. Secara keseluruhan, efisiensi adalah kriteria dengan bobot terbesar (0,249376559) sedangkan jenis *carrier* adalah kriteria dengan bobot terkecil (0,036575229). Adapun rencana alokasi *crane* tetap yang dihasilkan adalah dengan mengalokasikan *crane* pada 7 lokasi yang berbeda, antara lain lokasi 1 (lokasi prioritas ke-2, dengan urutan prioritas *crane* untuk digunakan yaitu A_2 lalu A_4), lokasi 2 (lokasi prioritas ke-3, dengan urutan prioritas *crane* untuk digunakan yaitu A_2 , A_5 , lalu A_4), lokasi 3 (lokasi prioritas ke-6, dengan urutan prioritas *crane* untuk digunakan yaitu A_5 , A_2 , lalu A_4), lokasi 4 (lokasi prioritas ke-1, dengan urutan prioritas *crane* untuk digunakan yaitu A_4 lalu A_2), lokasi 5 (lokasi prioritas ke-7, dengan urutan prioritas *crane* untuk digunakan yaitu A_{10} , A_5 , A_4 , A_2 , lalu A_3), lokasi 6 (lokasi prioritas ke-4, dengan urutan prioritas *crane* untuk digunakan yaitu A_2 , A_6 , A_9 , A_1 , A_4 , A_3 , A_{10} , A_5 , lalu A_7), dan lokasi 7 (lokasi prioritas ke-5, dengan urutan prioritas *crane* untuk digunakan yaitu A_1 , A_{10} , A_5 , A_4 , A_2 , lalu A_3).

Kata kunci: *Mobile Crane*, *Multicriteria Decision Making* (MCDM), *Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation* (PROMETHEE), *Crane Selection*

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Halaman ini sengaja dikosongkan



SUMMARY

Alvin Muhammad ‘Ainul Yaqin, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering of Universitas Brawijaya, February 2016, *Crane Allocation Planning Using PROMETHEE Method on Plant Shutdown Project*, Academic Supervisors: Oyong Novareza and Rahmi Yuniarti.

PT Badak NGL is a private company which engages in the field of natural gas processing. One of the projects at PT Badak NGL is shutdown. One of the tasks during shutdown is the heavy lifting using crane. Crane allocation coordination on shutdown at PT Badak NGL was still difficult for workers at project site and motor pool related to the crane availability. This happened because there is no fixed crane allocation plan for the project. Therefore, it requires a criteria identification that influence the crane selection in order to make a fixed crane allocation plan to handle the heavy lifting tasks during shutdown.

The method used on crane allocation planning is the Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation (PROMETHEE). Crane allocation planning done by mapping the locations, determining the alternatives, determining the criteria, weighting the criteria, determining the criteria's type and preference function parameter, ranking the alternatives, then updating the map.

Based on data processing results, there are 7 identified criteria that influence the crane selection including efficiency, boom type, carrier type, the type of outrigger system, lifting capacity, chassis width, and boom length. Overall, efficiency is the criterion with the biggest weight (0,249376559) while carrier type is the criterion with the smallest weight (0,036575229). The fixed crane allocation plan produced is to allocate cranes at 7 different locations including location 1 (2nd priority location, with the priority order of the cranes to be used are A_2 then A_4), location 2 (3rd priority location, with the priority order of the cranes to be used are A_2 , A_5 , then A_4), location 3 (6th priority location, with the priority order of the cranes to be used are A_5 , A_2 , then A_4), location 4 (1st priority location, with the priority order of the cranes to be used are A_4 then A_2), location 5 (7th priority location, with the priority order of the cranes to be used are A_{10} , A_5 , A_4 , A_2 , then A_3), location 6 (4th priority location, with the priority order of the cranes to be used are A_2 , A_6 , A_9 , A_1 , A_4 , A_3 , A_{10} , A_5 , then A_7), and location 7 (5th priority location, with the priority order of the cranes to be used are A_1 , A_{10} , A_5 , A_4 , A_2 , then A_3).

Keywords: Mobile Crane, Multicriteria Decision Making (MCDM), Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation (PROMETHEE), Crane Selection

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Halaman ini sengaja dikosongkan



BAB I PENDAHULUAN

Dalam bab ini akan diuraikan latar belakang, identifikasi masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, dan manfaat penelitian.

1.1 Latar Belakang

Salah satu proyek yang berhubungan dengan pemeliharaan mesin-mesin produksi adalah *shutdown* (perbaikan menyeluruh). *Shutdown* didefinisikan sebagai kegiatan periodik terencana dengan menonaktifkan sementara satu atau lebih unit produksi dari sistem (Neikirk, 2011). *Shutdown* juga berarti proyek restorasi *train* (pabrik) untuk mengembalikan kondisi *train* tersebut pada performa terbaiknya. Terdapat berbagai macam pekerjaan yang dilakukan selama *shutdown*, salah satunya pekerjaan pengangkatan beban berat. Pekerjaan pengangkatan beban berat meliputi transportasi, penanganan, dan pemasangan material-material yang pada umumnya memiliki berat dan dimensi yang tidak bisa ditangani manusia secara langsung tanpa alat bantu khusus. Pekerjaan ini tidak bisa dilepaskan dari fungsi sebuah pesawat angkat yang disebut *crane* (derek). *Crane* adalah alat pengangkat yang pada umumnya dilengkapi drum tali baja, tali baja, dan rantai yang dapat digunakan untuk mengangkat dan menurunkan material secara vertikal serta memindahkannya secara horizontal. *Crane* menggunakan satu atau lebih mesin sederhana untuk menciptakan keuntungan mekanis dan demikian mampu memindahkan beban di luar kemampuan normal manusia.

PT Badak NGL adalah perusahaan swasta yang bergerak di bidang pengolahan gas alam. Di PT Badak NGL, *shutdown* untuk setiap *train* (total 8 *train*) dilaksanakan setiap empat tahun sekali. Berdasarkan data *shutdown train* G PT Badak NGL periode 2013-2017, PT Badak NGL menggunakan 10 *crane* pada proyek berdurasi 30 hari tersebut. Ke-10 *crane* tersebut pada dasarnya digunakan untuk menangani material berat yang harus diangkat atau dipindahkan sebagai salah satu prosedur pemeliharaan mesin-mesin produksi yang harus diselesaikan oleh pekerja di lokasi proyek selama *shutdown*, misalnya mengangkat *blind* (penutup sementara), memasang *cover* (penutup permanen), mencabut *bundle* (rangkai), dan lain-lain. Adapun identifikasi kebutuhan seluruh lokasi disajikan dalam Tabel 1.1.

Tabel 1.1 Identifikasi Kebutuhan Seluruh Lokasi

Lokasi	Jumlah Pekerjaan	Jam Kerja (Jam)		Beban Material (Ton)			Ketinggian Pengangkatan (m)			Radius Pemindahan (m)		
		Rata-rata	Total	Rata-rata	Minimal	Maksimal	Rata-rata	Minimal	Maksimal	Rata-rata	Minimal	Maksimal
1	47	1,79	84	8,92	0,1	27	4,47	0,6	25	3,57	1,5	12
2	18	1,67	30	1,02	0,1	4	7,08	1,5	12	7,28	2	15
3	5	1,68	8	1,3	0,2	4,5	7,2	4	16	5,2	2	10
4	52	1,72	89,5	1,34	0,1	9	6,68	0,5	12	6,53	1,5	20
5	3	1,33	4	0,43	0,3	0,5	5,33	2	12	6	4	10
6	18	1,58	28,5	1,31	0,1	3	3,61	1,5	3,61	4,67	1,5	8
7	11	1,86	20,5	0,82	0,1	2,5	5	0,5	10	3,41	1,5	6
$\Sigma = 7$	$\Sigma = 154$	$\Sigma = 264,5$ $\mu = 1,72$		$\mu = 2,16$ $\min = 0,1$ $\max = 27$			$\mu = 5,62$ $\min = 0,5$ $\max = 25$			$\mu = 5,23$ $\min = 1,5$ $\max = 20$		

Berdasarkan Tabel 1.1, diketahui terdapat 154 pekerjaan pengangkatan beban berat dengan total jam kerja 264,5 jam yang tersebar di tujuh lokasi selama *shutdown train* G PT Badak NGL periode 2013-2017 berlangsung. Rata-rata waktu yang diperlukan untuk melakukan sebuah pekerjaan pengangkatan beban berat selama proyek adalah 1,72 jam. Material yang diangkat bervariasi bebannya, dari yang paling ringan misalnya *blind* G1E-2 yaitu pelat logam yang digunakan sebagai penutup sementara *CO₂ absorber overhead cooler* (pendingin atas pengisap *CO₂*) seberat 100 kg, sampai yang paling berat misalnya *bundle* G1E-5B yaitu sebuah rangkai pada *amine regenerator reboiler* (ketel pembangkit amina) seberat 27 ton. Rata-rata beban material yang diangkat selama proyek adalah 2,16 ton. Ketinggian pengangkatan material pun bervariasi, dari yang paling pendek misalnya pada pengangkatan dan penggeseran *mainway cover* (penutup permanen jalur utama) yang terletak pada ketinggian 0,5 m, sampai yang paling tinggi misalnya pada pengangkatan sebuah alat yang bernama *secenser* G1C-5 yang terletak pada *amine regenerator* (pembangkit amina) setinggi 25 m. Rata-rata ketinggian pengangkatan material selama proyek adalah 5,62 m. Diketahui pula bahwa karakteristik pemindahan material pun bervariasi radiusnya, dari yang paling pendek misalnya pada pengangkatan G1LV-3 untuk dibawa truk dari *valve shop* (bengkel katup) ke *plant* (pabrik) 1 sejauh 1,5 m, sampai yang paling jauh misalnya pada pengangkatan sebuah *pressure safety valve* (katup pengaman tekanan) tertentu yang terletak sejauh 20 m. Rata-rata radius pemindahan material selama proyek adalah 5,23 m.

Pada proyek tersebut, saat ada material berat yang harus diangkat, petugas di lokasi proyek menghubungi petugas di *motor pool* (pul alat berat) agar mengirim *crane*. Petugas di *motor pool* akan menanyakan petugas di lokasi proyek soal lokasi, berat, dan ketinggian material yang hendak diangkat. Hal ini membantu petugas di *motor pool* menentukan *crane*

apa yang tepat untuk dikirim. Penentuan ini juga dipengaruhi oleh ketersediaan *crane* di *motor pool*. Apabila sudah selesai dipakai, *crane* dikirim kembali ke *motor pool*. Jarak antara lokasi proyek dengan *motor pool* lebih kurang 1 km. Koordinasi ini menyulitkan para pekerja karena petugas di lokasi proyek harus menghubungi petugas di *motor pool* dulu saat ada pekerjaan pengangkatan beban berat (*crane* tidak tersedia di lokasi proyek). Selain itu petugas di *motor pool* kesulitan soal alokasi *crane* padahal pekerjaan pengangkatan beban berat di PT Badak NGL pada waktu yang bersamaan tidak hanya terdapat di *train* yang sedang *shutdown* saja, namun juga di lokasi lain seperti dermaga muatan, galangan kapal, bengkel pengelasan, bengkel peralatan, dan lain-lain.

Oleh karena itu penelitian ini dimaksudkan untuk menghasilkan rencana alokasi *crane* tetap untuk keperluan pekerjaan pengangkatan beban berat selama *shutdown* dengan studi kasus *shutdown train* G PT Badak NGL periode 2013-2017. Diharapkan dengan adanya rencana tersebut maka pekerjaan para pekerja menjadi lebih mudah karena adanya kejelasan mengenai penempatan *crane* di lokasi proyek. Rencana yang dimaksudkan untuk memudahkan pekerjaan petugas di lokasi proyek dan petugas di *motor pool* selama *shutdown* ini tidak hanya bermanfaat untuk perencanaan *shutdown train* G selanjutnya saja, namun juga untuk perencanaan *shutdown* ketujuh *train* lainnya. Hal ini dikarenakan ke-8 *train* PT Badak NGL memiliki mesin-mesin produksi dan karakteristik pekerjaan pengangkatan beban berat yang sama selama *shutdown*. Manfaat lainnya adalah untuk meminimalkan jumlah *crane* PT Badak NGL yang melakukan pekerjaan pengangkatan beban berat yang tidak konsisten selama *shutdown* dan mempermudah PT Badak NGL untuk melakukan estimasi biaya operasional *crane* selama *shutdown*.

Untuk menghasilkan rencana alokasi *crane* yang dimaksud maka dibutuhkan proses pemilihan *crane*. Menurut Dharmapuri (2013), pada proyek konstruksi yang umum, pemilihan sebuah *crane* yang tepat memiliki pengaruh yang signifikan terhadap waktu, biaya, dan keselamatan operasi konstruksi. Banyak faktor yang harus dipertimbangkan untuk proses pemilihan. Menurut Al-Hussein (1995) faktor yang mempengaruhi pemilihan *crane* diidentifikasi dan diklasifikasikan atas faktor teknis, faktor kontraktual, serta faktor ekonomis. Faktor-faktor ini bisa jadi bertentangan antara satu dengan yang lainnya, bisa jadi tidak. Oleh karena itu permasalahan penelitian ini masuk dalam kategori permasalahan pengambilan keputusan kriteria majemuk atau lebih dikenal dengan istilah *Multicriteria Decision Making* (MCDM). MCDM merujuk pada pengambilan keputusan yang dihadapkan dengan beberapa kriteria yang biasanya bertentangan (Xu dan Yang, 2001). Penelitian ini menggunakan *Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation*

(PROMETHEE). PROMETHEE adalah sistem pendukung pengambilan keputusan kriteria majemuk yang memungkinkan pembangunan suatu *outranking* (pemeringkatan lebih tinggi) antar alternatif-alternatif yang berbeda (Deshmukh, 2013). Dasar PROMETHEE adalah perbandingan berpasangan varian, langkah demi langkah dari sudut pandang semua kriteria. Hasilnya adalah intensitas formulasi preferensial antar pasangan varian, pada penilaian dari sudut pandang semua kriteria (Moldřík, Gurecký, dan Paszek, 2009). PROMETHEE digunakan pada penelitian ini karena metode ini menyediakan enam bentuk fungsi preferensi kriteria yang aplikatif terutama terhadap permasalahan pengambilan keputusan kriteria majemuk dengan objek berupa *crane* yang memiliki ukuran-ukuran dasar penilaian yang bersifat kuantitatif.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang sudah diuraikan sebelumnya, maka identifikasi masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pada *shutdown train* G PT Badak NGL periode 2013-2017, petugas di lokasi proyek mengalami kesulitan terkait ketersediaan *crane* untuk keperluan pekerjaan pengangkatan beban berat, selain itu petugas di *motor pool* juga mengalami kesulitan terkait alokasi *crane* terhadap proyek lainnya pada waktu yang bersamaan.
2. Belum ada rencana alokasi *crane* tetap untuk keperluan pekerjaan pengangkatan beban berat pada *shutdown* di PT Badak NGL.

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah yang sudah disebutkan sebelumnya, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Apa saja kriteria-kriteria yang mempengaruhi pemilihan *crane* untuk keperluan pekerjaan pengangkatan beban berat pada *shutdown* di PT Badak NGL?
2. Apa rencana alokasi *crane* tetap untuk menangani keperluan pekerjaan pengangkatan beban berat pada *shutdown* di PT Badak NGL dengan menggunakan PROMETHEE?

1.4 Batasan Masalah

Agar pembahasan masalah menjadi lebih terfokus, maka pada penelitian ini ditetapkan batasan sebagai berikut:

1. Lingkup pengamatan penelitian hanya pada *shutdown train* G PT Badak NGL periode 2013-2017.

2. *Crane* PT Badak NGL yang diteliti hanya *mobile crane* (derek yang dapat berpindah) dengan kode label “BK”.
3. Tujuh *crane* PT Badak NGL yang tidak digunakan pada *shutdown train* G periode 2013-2017 karena rusak, sedang diperbaiki, dan dialokasikan untuk proyek lain tidak diteliti.

1.5 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang sudah disebutkan sebelumnya, maka tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi kriteria-kriteria yang mempengaruhi pemilihan *crane* untuk keperluan pekerjaan pengangkatan beban berat pada *shutdown* di PT Badak NGL.
2. Membuat rencana alokasi *crane* tetap untuk menangani keperluan pekerjaan pengangkatan beban berat pada *shutdown* di PT Badak NGL dengan menggunakan PROMETHEE.

1.6 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat antara lain:

1. Mempermudah pekerjaan petugas di lokasi proyek terkait ketersediaan *crane* untuk keperluan pekerjaan pengangkatan beban berat pada *shutdown* di PT Badak NGL.
2. Mempermudah pekerjaan petugas di *motor pool* terkait alokasi *crane* PT Badak NGL terhadap *shutdown* dengan proyek lainnya pada waktu yang bersamaan.
3. Meminimalkan jumlah *crane* PT Badak NGL yang melakukan pekerjaan pengangkatan beban berat yang tidak konsisten selama *shutdown*.
4. Mempermudah PT Badak NGL untuk melakukan estimasi biaya operasional *crane* selama *shutdown*.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Dalam bab ini akan diuraikan penelitian terdahulu, teori, dan argumen ilmiah yang ditelusuri di perpustakaan atau tempat sejenisnya, luar jaringan atau dalam jaringan, untuk memperkuat landasan teoritis penelitian.

2.1 Penelitian Terdahulu

Beberapa penelitian terdahulu yang menjadi rujukan penelitian ini antara lain:

1. Dalalah, Al-Oqla, dan Hayajneh (2010). Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan metode sistematis pemilihan *crane* yang mempertimbangkan faktor-faktor konstruktif dengan *Analytic Hierarchy Process* (AHP) dan analisis sensitivitas. Pada penelitian ini tiga jenis *crane* ditetapkan menjadi alternatif, lalu desain bangunan, kapabilitas, ekonomi, keamanan, dan kondisi tempat ditetapkan menjadi lima kriteria. Kelima kriteria tersebut diuraikan menjadi 13 subkriteria, antara lain tinggi bangunan, durasi proyek, catu daya, frekuensi pengangkatan beban, visibilitas operator, biaya masuk, *setup* (persiapan), dan keluar, biaya sewa, produktivitas, perencanaan dan teknik awal, keamanan, stabilitas dan kondisi tanah, kebutuhan akses jalan dan aksesibilitas tempat, serta *operating clearance* (keberesan operasional). Penelitian ini menyimpulkan bahwa *tower crane* (derek menara) disarankan untuk dipilih.
2. Dağdeviren (2008). Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan suatu pendekatan pemilihan peralatan beratribut jamak yang aplikatif terhadap persoalan pembelian mesin giling dengan AHP, PROMETHEE, dan analisis sensitivitas terhadap bobot kepentingan kriteria. Pada penelitian ini terdapat lima mesin giling yang dinilai berdasarkan enam kriteria, antara lain harga, berat, tenaga, poros, diameter, dan tak yang bobot kepentingan keenamnya didapatkan dengan matriks perbandingan berpasangan AHP. Setelah itu dibuat matriks evaluasi dan dilakukan tabulasi enam kriteria yang ada berdasarkan fungsi preferensi, bobot, serta parameter. Setelah itu dihitung *partial ranking* (pemeringkatan sebagian) dengan PROMETHEE I. *Complete ranking* (pemeringkatan lengkap) dihitung setelahnya dengan PROMETHEE II. Penelitian ini menyimpulkan bahwa MM-5 disarankan untuk dipilih.

3. Sawhney dan Mund (2002). Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan model pemilihan jenis *crane* dengan *IntelliCrane*, yaitu suatu prototipe alat pemilihan *crane* yang membantu pemilihan jenis dan model *crane* berdasarkan set masukan yang menggambarkan operasi konstruksi dalam pertimbangan tertentu. Dengan menggunakan data historis dan alat komputasi kecerdasan buatan canggih seperti *adaptive probabilistic neural networks* (jaringan syaraf probabilistik adaptif), *IntelliCrane* mengotomatiskan pemilihan jenis *crane*. Pada penelitian ini tiga jenis *crane* ditetapkan menjadi alternatif pada tiga studi kasus untuk validasi sistem. Penelitian ini menyimpulkan bahwa *IntelliCrane* memiliki tingkat kesuksesan sebesar 92,1%.

Penentuan kriteria pada penelitian Dalalah, dkk. (2010) serta Sawhney dan Mund (2002), meskipun tidak secara khusus meneliti pemilihan *mobile crane* untuk keperluan pekerjaan pengangkatan beban berat selama *shutdown*, dapat menjadi referensi penentuan kriteria pada penelitian ini. Lalu penerapan PROMETHEE yang digunakan Dağdeviren (2008) untuk pemilihan peralatan beratribut jamak dapat menjadi referensi penerapan PROMETHEE pada penelitian ini. Perbandingan penelitian terdahulu dengan penelitian ini disajikan dalam Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Ini

Penelitian	Dalalah, dkk. (2010)	Dağdeviren (2008)	Sawhney dan Mund (2002)	Penelitian ini (2016)
Metode	AHP dan analisis sensitivitas	AHP, PROMETHEE, dan analisis sensitivitas	<i>Adaptive probabilistic neural networks</i>	PROMETHEE
Hasil	Rekomendasi untuk memilih <i>tower crane</i>	Rekomendasi untuk memilih MM-5	Rekomendasi untuk menggunakan <i>IntelliCrane</i>	Rekomendasi rencana alokasi <i>crane</i> pada <i>shutdown</i> di perusahaan

2.2 Pemilihan Crane

Crane adalah alat pengangkat yang pada umumnya dilengkapi drum tali baja, tali baja, dan rantai yang dapat digunakan untuk mengangkat dan menurunkan material secara vertikal serta memindahkannya secara horizontal. *Crane* menggunakan satu atau lebih mesin sederhana untuk menciptakan keuntungan mekanis dan demikian mampu memindahkan beban di luar kemampuan normal manusia. Menurut Dharmapuri (2013), dalam industri konstruksi beberapa *crane* umumnya melakukan tugas transportasi tingkat tinggi dan tugas di lokasi dengan bangunan padat. Pengangkatan beban berat adalah tugas proses konstruksi yang membutuhkan perencanaan cermat. Pada proyek konstruksi yang umum, pemilihan sebuah *crane* yang tepat memiliki pengaruh yang signifikan terhadap waktu, biaya, dan keselamatan operasi konstruksi. Banyak faktor yang harus dipertimbangkan untuk proses

pemilihan. Menurut Al-Hussein (1995) faktor yang mempengaruhi pemilihan *crane* diidentifikasi dan diklasifikasikan atas faktor teknis, faktor kontraktual, serta faktor ekonomis. Faktor teknis umumnya menunjukkan kelayakan *crane* yang dipilih untuk melakukan tugasnya, terutama terkait lokasi, beban, dan peralatan. Faktor kontraktual umumnya memperhitungkan kondisi proyek dan kondisi pasar. Lalu faktor ekonomis terutama digunakan untuk menentukan apakah akan menyewa atau membeli *crane* tertentu dengan mempertimbangkan kepemilikan dan biaya operasional. Berdasarkan penelitian Mikut (2012) serta Sawhney dan Mund (2002), ditentukan tujuh kriteria yang mempengaruhi pemilihan *crane* yang dapat dijadikan acuan dalam melakukan perencanaan alokasi *crane* untuk keperluan pekerjaan pengangkatan beban berat selama *shutdown*. Kriteria pemilihan *crane* disajikan dalam Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Kriteria Pemilihan *Crane*

Kriteria	Referensi
Efisiensi	Mikut (2012)
Jenis <i>Boom</i> (Lengan)	Mikut (2012)
Jenis <i>Carrier</i> (Pembawa)	Mikut (2012) serta Sawhney dan Mund (2002)
Jenis Pengimbang	Mikut (2012) serta Sawhney dan Mund (2002)
Kapasitas Angkat	Mikut (2012)
Luas <i>Chassis</i> (Sasis)	Mikut (2012) serta Sawhney dan Mund (2002)
Panjang <i>Boom</i>	Mikut (2012) serta Sawhney dan Mund (2002)

2.3 Pengambilan Keputusan Kriteria Majemuk

Xu dan Yang (2001) menjelaskan bahwa pengambilan keputusan kriteria majemuk atau lebih dikenal dengan istilah *Multicriteria Decision Making* (MCDM) merujuk pada pengambilan keputusan yang dihadapkan dengan beberapa kriteria yang biasanya bertentangan. Permasalahan terkait MCDM adalah umum dalam kehidupan sehari-hari. Dalam konteks personal, rumah atau mobil yang dibeli seseorang bisa ditandai hubungannya dengan faktor harga, ukuran, gaya, keamanan, kenyamanan, dan lain-lain. Dalam konteks bisnis, permasalahan MCDM lebih rumit dan biasanya berskala besar. Misalnya, banyak perusahaan di Eropa yang mengadakan penilaian kinerja organisasi menggunakan ratusan kriteria dan subkriteria yang diatur dalam model keunggulan bisnis European Foundation for Quality Management (EFQM). Departemen pembelian di perusahaan-perusahaan besar harus sering mengevaluasi pemasok-pemasok mereka menggunakan berbagai kriteria di bidang yang berbeda-beda seperti pelayanan purna jual, manajemen kualitas, stabilitas finansial, dan lain-lain.

Menurut Hwang dan Yoon (dalam Xu dan Yang, 2001) terdapat dua jenis metode MCDM: *noncompensatory* (nonkompensasi) dan *compensatory* (kompensasi). Metode *noncompensatory* tidak mengizinkan tarik-ulur antar atribut. Sebuah nilai yang tidak

menguntungkan dalam satu atribut tidak dapat diimbangi oleh nilai yang menguntungkan dalam atribut yang lain. Setiap atribut harus berdiri sendiri. Oleh karena itu perbandingan dibuat berdasarkan basis atribut oleh atribut. Metode-metode MCDM dalam kategori ini dipuji karena kesederhanaannya, contohnya metode *dominance* (dominasi), metode *maxmin* (maksimal-minimal), metode *maxmax* (maksimal-maksimal), metode *conjunctive constraint* (pembatas konjungtif), dan metode *disjunctive constraint* (pembatas disjungtif). Sedangkan metode *compensatory* mengizinkan tarik-ulur antar atribut. Sedikit penurunan dalam satu atribut diterima jika dikompensasi oleh beberapa peningkatan dalam satu atau lebih atribut yang lain. Metode *compensatory* dapat diklasifikasikan menjadi empat subkelompok, antara lain metode-metode *scoring* (penskoran), metode-metode *compromising* (kompromistis), metode-metode *concordance* (konkordansi), dan pendekatan *Evidential Reasoning* (ER). Lalu menurut Turskis dan Zavadskas (2010) terdapat empat jenis metode MCDM yang dapat digunakan untuk solusi masalah yang kompleks antara lain:

1. Metode-metode berdasarkan pengukuran kuantitatif. Metode-metode berdasarkan teori utilitas kriteria majemuk seperti *Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution* (TOPSIS), *Simple Additive Weighting* (SAW), *Linear Programming Techniques for Multidimensional Analysis of Preference* (LINMAP), *Complex Proportional Assessment* (COPRAS) dan modifikasinya, *Complex Proportional Assessment Method with Grey Interval Numbers* (COPRAS-G), serta *Additive Ratio Assessment* (ARAS) masuk dalam kelompok ini.
2. Metode-metode berdasarkan pengukuran awal kualitatif. Metode-metode hierarki analitis dan metode-metode teori himpunan acak masuk dalam kelompok ini.
3. Metode-metode preferensi komparatif berdasarkan perbandingan berpasangan alternatif-alternatif. Kelompok ini terdiri atas modifikasi-modifikasi *Elimination et Choix Traduisant la Réalité* (ELECTRE), PROMETHEE, *Utilités Additives* (UTA), *Multicriteria Satisfaction Analysis* (MUSA), *Analytic Centre Utilité Additives* (ACUTA), *Tratement des Alternatives Compte Tenu de l'Importance des Critères* (TACTIC), *Organization Rangement et Synthèse de Données Relationnelles* (ORESTE), dan metode-metode lainnya.
4. Metode-metode berdasarkan pengukuran kualitatif yang tidak dikonversikan ke variabel-variabel kuantitatif. Kelompok ini mencakupi metode-metode analisis pengambilan keputusan verbal dan menggunakan data kualitatif untuk lingkungan keputusan yang melibatkan tingkat ketidakpastian yang tinggi.

2.4 PROMETHEE

2.4.1 Pengertian PROMETHEE

PROMETHEE adalah sistem pendukung pengambilan keputusan kriteria majemuk yang memungkinkan pembangunan suatu *outranking* antar alternatif-alternatif yang berbeda (Deshmukh, 2013). Dasar PROMETHEE adalah perbandingan berpasangan varian, langkah demi langkah dari sudut pandang semua kriteria. Hasilnya adalah intensitas formulasi preferensial antar pasangan varian, pada penilaian dari sudut pandang semua kriteria (Moldřík, dkk., 2009). PROMETHEE masuk dalam kelompok metode-metode preferensi komparatif berdasarkan perbandingan berpasangan alternatif-alternatif (Turskis dan Zavadskas, 2010). Prinsip yang digunakan dalam PROMETHEE adalah penetapan prioritas alternatif yang telah ditetapkan berdasarkan pertimbangan $(\forall_1 |f_i(\cdot) \rightarrow R[\text{real world}])$, dengan kaidah dasar persamaan $\text{Max}\{f_1(x), f_2(x), f_3(x), \dots, f_j(x), \dots, f_k(x) | x \in R\}$ dengan K yang merupakan sejumlah kumpulan alternatif, dan $f_i (i = 1, 2, \dots, K)$ merupakan nilai ukuran relatif kriteria untuk masing-masing alternatif. Dalam aplikasinya sejumlah kriteria telah ditetapkan untuk menjelaskan K yang merupakan penilaian dari R .

2.4.2 Prosedur PROMETHEE

Prosedur PROMETHEE meliputi langkah-langkah berikut:

1. Menentukan beberapa alternatif. Alternatif bisa diartikan dengan objek yang akan dipilih. Pada perhitungan penyeleksian dengan PROMETHEE diperlukan penentuan beberapa objek yang akan dipilih (minimal dua objek), yang antara objek yang satu dengan objek lainnya akan dibandingkan.
2. Menentukan beberapa kriteria. Setelah melakukan penentuan objek yang akan dipilih, maka dalam perhitungan pemilihan PROMETHEE juga diperlukan penentuan beberapa kriteria sebagai syarat atau ketentuan dalam pemilihan.
3. Menentukan dominasi kriteria. Ketika menentukan dominasi kriteria, pembuat keputusan harus menentukan bobot atau dominasi kriteria dari kriteria lainnya. Setiap kriteria boleh memiliki nilai bobot yang sama atau berbeda. Nilai f merupakan nilai nyata dari suatu kriteria $f: K \rightarrow R$ dan tujuannya berupa prosedur optimasi. Untuk setiap alternatif $a \in K$, $f(a)$ merupakan evaluasi dari alternatif tersebut untuk suatu kriteria. Pada saat dua alternatif dibandingkan, $a, b \in K$ harus dapat ditentukan perbandingan preferensinya. Penyampaian intensitas (P) dari preferensi alternatif a terhadap alternatif b sedemikian rupa sehingga:

- a. $P(a, b) = 0$, berarti tidak ada perbedaan antara a dan b , atau tidak ada preferensi dari a lebih baik dari b .
- b. $P(a, b) \sim 0$, berarti lemah preferensi dari a lebih baik dari b .
- c. $P(a, b) \sim 1$, berarti kuat preferensi dari a lebih baik dari b .
- d. $P(a, b) = 1$, berarti mutlak preferensi dari a lebih baik dari b .

Dalam metode ini fungsi preferensi sering kali menghasilkan nilai fungsi yang berbeda antara dua evaluasi sehingga:

$$P(a, b) = f(a) - f(b) \quad (2-1)$$

Sumber: Fernández (2013)
dengan:

P = preferensi

f = alternatif

Untuk semua kriteria, suatu alternatif akan dipertimbangkan memiliki nilai kriteria lebih baik ditentukan oleh nilai f dan akumulasi dari nilai ini menentukan nilai preferensi atas masing-masing alternatif yang akan dipilih.

4. Menentukan tipe preferensi untuk setiap kriteria yang paling cocok yang didasarkan pada data dan pertimbangan dari pembuat keputusan. Dalam PROMETHEE disajikan enam bentuk fungsi preferensi kriteria. Hal ini tentu saja tidak mutlak, tetapi bentuk ini cukup baik untuk beberapa kasus. Untuk memberikan gambaran yang lebih baik terhadap area yang tidak sama, digunakan fungsi selisih nilai kriteria antara alternatif $H(d)$ yang hal ini mempunyai hubungan langsung pada fungsi preferensi. Fernández (2013) memaparkan macam-macam kriteria dalam PROMETHEE adalah sebagai berikut:

- a. Kriteria Biasa (*Usual Criterion*)

$$H(d) = \begin{cases} 0 & \text{jika } d \leq 0 \\ 1 & \text{jika } d > 0 \end{cases} \quad (2-2)$$

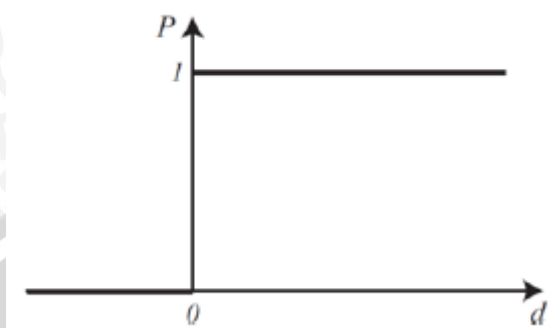
Sumber: Fernández (2013)
dengan:

$H(d)$ = fungsi selisih kriteria antar alternatif

d = selisih nilai kriteria

Pada kasus ini tidak ada beda (sama penting) antara a dan b jika dan hanya jika $f(a) = f(b)$. Apabila nilai kriteria pada masing-masing alternatif memiliki nilai berbeda, pembuat keputusan membuat preferensi mutlak untuk alternatif memiliki nilai yang lebih baik. Untuk melihat kasus preferensi pada kriteria biasa, ilustrasinya dapat dicermati dari perlombaan lari maraton. Seorang peserta dengan

peserta lain akan memiliki peringkat yang mutlak berbeda walaupun hanya dengan selisih nilai (waktu) yang teramat kecil, dan dia akan memiliki peringkat yang sama jika dan hanya jika waktu tempuhnya sama atau selisih nilai di antara keduanya sebesar nol. Fungsi $H(d)$ untuk fungsi preferensi ini disajikan dalam Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Kriteria biasa
Sumber: Fernández (2013)

b. Kriteria Kuasi (*Quasi Criterion*)

$$H(d) = \begin{cases} 0 & \text{jika } d \leq q \\ 1 & \text{jika } d > q \end{cases} \quad (2-3)$$

Sumber: Fernández (2013)

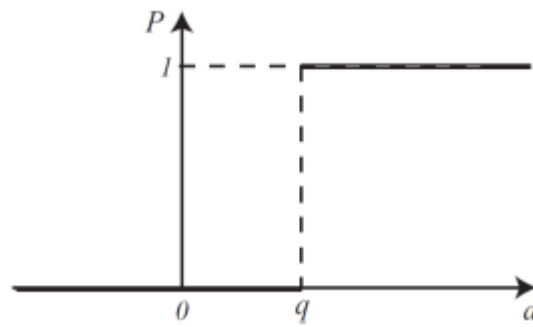
dengan:

$H(d)$ = fungsi selisih kriteria antar alternatif

d = selisih nilai kriteria

q = nilai ambang bawah

Dua alternatif memiliki preferensi yang sama penting selama selisih atau nilai $H(d)$ masing-masing alternatif untuk kriteria tertentu tidak melebihi nilai q , dan apabila selisih hasil evaluasi untuk masing-masing alternatif melebihi nilai q , maka terjadi bentuk preferensi mutlak sesuai Persamaan (2-3). Jika pembuat keputusan menggunakan kriteria kuasi, dia harus menentukan nilai q yang nilai ini dapat menjelaskan pengaruh yang signifikan dari suatu kriteria. Dalam hal ini preferensi yang lebih baik diperoleh apabila terjadi selisih antara dua alternatif di atas q . Misalnya seseorang akan dianggap mutlak lebih kaya apabila selisih nilai kekayaannya lebih besar Rp10 juta dan apabila selisih kekayaannya kurang dari Rp10 juta juga dipandang sama kaya. Fungsi $H(d)$ untuk fungsi preferensi ini disajikan dalam Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Kriteria kuasi
Sumber: Fernández (2013)

c. Kriteria dengan Preferensi Linier

Kriteria dengan preferensi linier dapat menjelaskan bahwa selama nilai selisih memiliki nilai yang lebih rendah dari p , preferensi dari pembuat keputusan meningkat secara linier dengan nilai d . Jika nilai d lebih besar dibandingkan dengan nilai p , maka terjadi preferensi mutlak sesuai Persamaan (2-4).

$$H(d) = \begin{cases} 0 & \text{jika } d \leq 0 \\ \frac{d}{p} & \text{jika } 0 < d \leq p \\ 1 & \text{jika } d > p \end{cases} \quad (2-4)$$

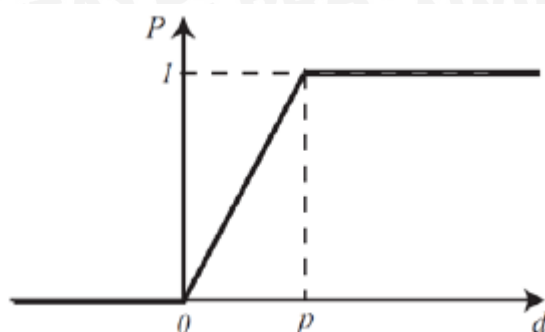
Sumber: Fernández (2013)
dengan:

$H(d)$ = fungsi selisih kriteria antar alternatif

d = selisih nilai kriteria

p = nilai ambang atas

Pada saat pembuat keputusan mengidentifikasi beberapa kriteria untuk tipe ini, dia harus menentukan nilai dari kecenderungan atas (nilai p). Dalam hal ini nilai d di atas p telah dipertimbangkan akan memberikan preferensi mutlak dari suatu alternatif. Misalnya, akan terjadi preferensi dalam hubungan linier kriteria kecerdasan seseorang dengan orang lain apabila nilai ujian seseorang berselisih di bawah 30, apabila di atas 30 poin maka mutlak orang tersebut lebih cerdas dibandingkan dengan orang lain. Fungsi $H(d)$ untuk fungsi preferensi ini disajikan dalam Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Kriteria dengan preferensi linier
Sumber: Fernández (2013)

d. Kriteria Level (*Level Criterion*)

$$H(d) = \begin{cases} 0 & \text{jika } d \leq q \\ 0,5 & \text{jika } q < d \leq p \\ 1 & \text{jika } d > p \end{cases} \quad (2-5)$$

Sumber: Fernández (2013)

dengan:

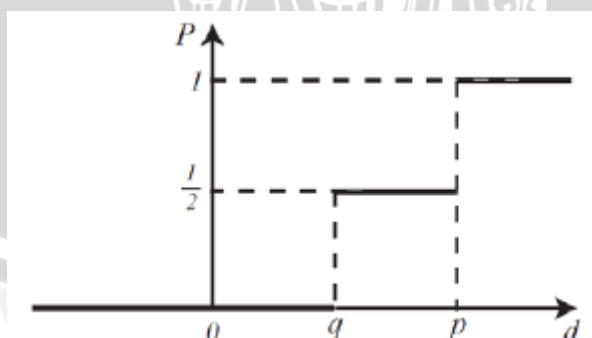
$H(d)$ = fungsi selisih kriteria antar alternatif

d = selisih nilai kriteria

q = nilai ambang bawah

p = nilai ambang atas

Dalam kasus ini kecenderungan tidak berbeda q dan kecenderungan preferensi p adalah ditentukan secara simultan. Jika berada di antara nilai q dan p , hal ini berarti situasi preferensi yang lemah ($H(d) = 0,5$). Fungsi $H(d)$ untuk fungsi preferensi ini disajikan dalam Gambar 2.4 dan pembuat keputusan telah menentukan kedua kecenderungan untuk kriteria ini.



Gambar 2.4 Kriteria level
Sumber: Fernández (2013)

Bentuk kriteria level dapat dijelaskan misalnya dalam penetapan nilai jarak preferensi jarak tempuh antar kota. Misalnya jarak antara Bandung-Cianjur sebesar 60 km, Cianjur-Bogor sebesar 68 km, Bogor-Jakarta sebesar 45 km, dan Cianjur-

Jakarta 133 km. Telah ditetapkan bahwa selisih di bawah 10 km maka jarak antar kota tersebut adalah tidak berbeda, selisih jarak sebesar 10-30 relatif berbeda dengan preferensi yang lemah, dan selisih di atas 30 km diidentifikasi memiliki preferensi mutlak berbeda. Dalam kasus ini selisih jarak antara Bandung-Cianjur dan Cianjur-Bogor dianggap tidak berbeda ($H(d) = 0$) karena selisih jaraknya di bawah 10 km, yaitu 8 km, sedangkan preferensi jarak antara Cianjur-Bogor dan Jakarta-Bogor dianggap berbeda dengan preferensi yang lemah ($H(d) = 0,5$) karena memiliki selisih yang berada pada interval 10-30 km, yaitu 23 km. Terjadi preferensi mutlak ($H(d) = 1$) antara jarak Cianjur-Jakarta dan Bogor-Jakarta karena memiliki selisih jarak lebih dari 30 km.

- e. Kriteria dengan Preferensi Linier dan Area yang Tidak Berbeda

$$H(d) = \begin{cases} 0 & \text{jika } d \leq q \\ \frac{d-q}{p-q} & \text{jika } q < d \leq p \\ 1 & \text{jika } d > p \end{cases} \quad (2-6)$$

Sumber: Fernández (2013)

dengan:

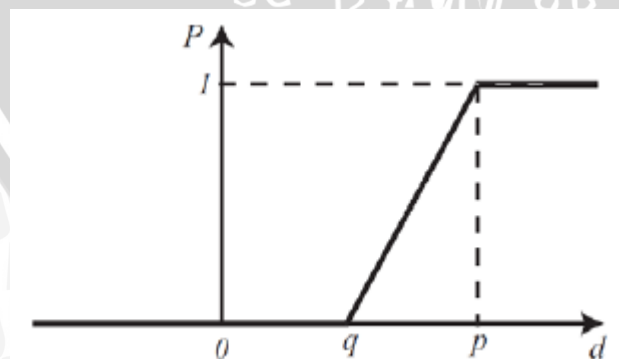
$H(d)$ = fungsi selisih kriteria antar alternatif

d = selisih nilai kriteria

q = nilai ambang bawah

p = nilai ambang atas

Pada kasus ini pembuat keputusan mempertimbangkan peningkatan preferensi secara linier dari tidak berbeda hingga preferensi mutlak dalam area antara dua kecenderungan q dan p sesuai Persamaan (2-6). Dua parameter tersebut telah ditentukan. Fungsi $H(d)$ untuk fungsi preferensi ini disajikan dalam Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Kriteria dengan preferensi linier dan area yang tidak berbeda
Sumber: Fernández (2013)

f. Kriteria Gaussian (*Gaussian Criterion*)

$$H(d) = \begin{cases} 0 & \text{jika } d \leq 0 \\ 1 - \exp\left(-\frac{d^2}{2\sigma^2}\right) & \text{jika } d > 0 \end{cases} \quad (2-7)$$

Sumber: Fernández (2013)

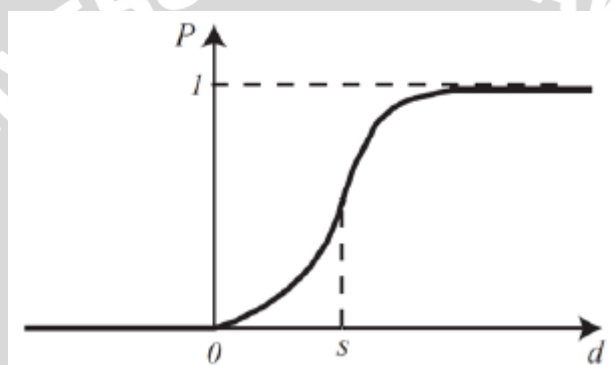
dengan:

$H(d)$ = fungsi selisih kriteria antar alternatif

d = selisih nilai kriteria

σ = nilai ambang Gaussian

Fungsi ini bersyarat apabila telah ditentukan nilai σ dan dapat dibuat berdasarkan distribusi normal dalam statistik sesuai Persamaan (2-7). Fungsi $H(d)$ untuk fungsi preferensi ini disajikan dalam Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Kriteria Gaussian
Sumber: Fernández (2013)

- Memberikan nilai parameter atau kecenderungan untuk setiap kriteria berdasarkan preferensi yang telah dipilih. Nilai kecenderungan tersebut adalah nilai *indifference* (pengabaian), *preference* (preferensi), dan *Gaussian* (Gaussian). Parameter tipe preferensi kriteria disajikan dalam Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Parameter Tipe Preferensi Kriteria

Tipe Preferensi Kriteria	Parameter
Kriteria Biasa	—
Kriteria Kuasi	q
Kriteria dengan Preferensi Linier	p
Kriteria Level	q, p
Kriteria dengan Preferensi Linier dan Area yang Tidak Berbeda	q, p
Kriteria Gaussian	σ

Sumber: Noorfithriani (2009)

- Perhitungan *entering flow* (aliran masuk), *leaving flow* (aliran keluar), dan *net flow* (aliran bersih). Berikut merupakan definisi dari nilai *entering flow*, *leaving flow*, dan *net flow*:

- Nilai *entering flow* adalah jumlah dari yang memiliki arah mendekat dari suatu *node* (simpul). Jadi bisa diartikan nilai *entering flow* adalah nilai positif yang diberikan pada sebuah objek pemilihan yang memiliki arah mendekat dari suatu *node*.
- Nilai *leaving flow* merupakan kebalikan dari nilai *entering flow*. Nilai *leaving flow* adalah jumlah dari yang memiliki arah menjauh dari suatu *node*. Jadi bisa diartikan nilai *leaving flow* adalah nilai negatif yang diberikan pada sebuah objek pemilihan yang memiliki arah menjauh dari suatu *node*.
- Nilai *net flow* adalah nilai penilaian secara lengkap. Lengkap yang dimaksud adalah penilaian yang didapat dari nilai *entering flow* yang dikurangi nilai *leaving flow*. Jadi bisa diartikan nilai *net flow* adalah nilai akhir atau hasil yang didapat dari nilai positif yang dikurangi nilai negatif dari suatu *node*.

Tujuan pembuat keputusan adalah menetapkan fungsi preferensi P_i dan π_i untuk semua kriteria $f_i (i = 1, \dots, k)$ dari masalah optimasi kriteria majemuk. Bobot π_i merupakan ukuran relatif dari kepentingan kriteria f_i . Jika semua kriteria memiliki nilai kepentingan yang sama dalam pengambilan keputusan maka semua nilai bobot adalah sama. Indeks preferensi kriteria majemuk ditentukan berdasarkan rata-rata bobot dari fungsi preferensi P_i sesuai Persamaan (2-8).

$$\delta(a, b) = \sum_{i=1}^n \pi_i P_i(a, b): \forall a, b \in A \quad (2-8)$$

Sumber: Fernández (2013)
dengan:

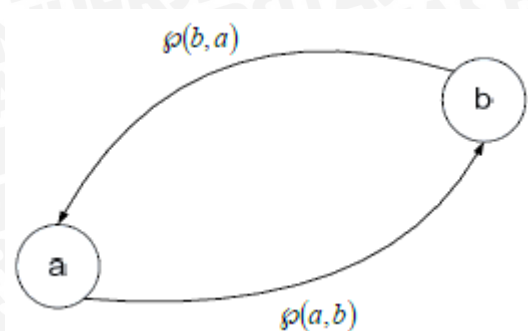
$\delta(a, b)$ = intensitas preferensi pembuat keputusan

$\delta(a, b)$ merupakan intensitas preferensi pembuat keputusan yang menyatakan bahwa alternatif a lebih baik dari alternatif b dengan pertimbangan secara simultan dari seluruh kriteria. Hal ini dapat disajikan dengan nilai antara 0 dan 1, dengan ketentuan sebagai berikut:

- $\delta(a, b) = 0$, menunjukkan preferensi yang lemah untuk alternatif a lebih dari alternatif b berdasarkan semua kriteria.
- $\delta(a, b) = 1$, menunjukkan preferensi yang kuat untuk alternatif a lebih dari alternatif b berdasarkan semua kriteria.

Indeks preferensi ditentukan berdasarkan nilai hubungan *outranking* pada sejumlah kriteria dari masing-masing alternatif. Hubungan ini dapat disajikan sebagai grafik nilai *outranking* yang *node*-nya merupakan alternatif berdasarkan penilaian kriteria tertentu. Di antara *node a* dan *b* terdapat garis lengkung yang mempunyai nilai $\delta(b, a)$ dan

$\delta(a, b)$ (tidak ada hubungan khusus antara $\delta(b, a)$ dan $\delta(a, b)$). Hal ini disajikan dalam Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Hubungan antar node
Sumber: Noorfithriani (2009)

Arah dalam grafik nilai *outranking* untuk setiap node a dalam grafik nilai *outranking* ditentukan berdasarkan *leaving flow* dengan Persamaan (2-9).

$$\varphi^+(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{x \in a} \delta(A, x) \quad (2-9)$$

Sumber: Fernández (2013)
dengan:

$\varphi^+(a)$ = nilai *leaving flow*

n = jumlah alternatif

$\delta(A, x)$ = intensitas preferensi pembuat keputusan

$\delta(a, x)$ menunjukkan preferensi bahwa alternatif a lebih baik dari alternatif x . *Leaving flow* adalah jumlah dari nilai garis lengkung yang memiliki arah menjauh dari node a dan hal ini merupakan karakter pengukuran *outranking*, selain itu juga merupakan suatu ukuran atau nilai yang menunjukkan kekuatan dari alternatif. Nilai terbesar pada *leaving flow* merupakan alternatif yang terbaik. Hal ini disajikan dalam Gambar 2.8. Sedangkan pada *entering flow* nilai yang terkecil merupakan alternatif yang terbaik. Secara simetris dapat ditentukan *entering flow* dengan Persamaan (2-10).

$$\varphi^-(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{x \in a} \delta(A, x) \quad (2-10)$$

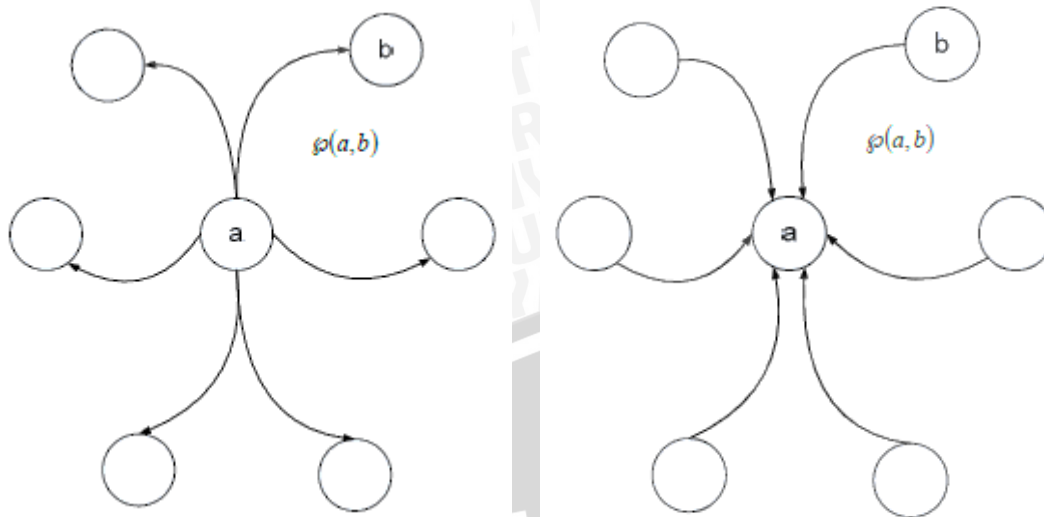
Sumber: Fernández (2013)
dengan:

$\varphi^-(a)$ = nilai *entering flow*

n = jumlah alternatif

$\delta(A, x)$ = intensitas preferensi pembuat keputusan

Entering flow merupakan suatu ukuran atau nilai yang menunjukkan kelemahan dari alternatif. *Entering flow* diukur berdasarkan karakter *outranking* dari a , seperti yang disajikan dalam Gambar 2.8.



Gambar 2.8 *Leaving flow* (kiri) dan *entering flow* (kanan)
Sumber: Noorfithriani (2009)

Sedangkan *net flow* menunjukkan suatu nilai total dari kekuatan dan kelemahan yang dimiliki oleh alternatif, yang dalam penentuannya digunakan Persamaan (2-11).

$$\varphi(a) = \varphi^+(a) - \varphi^-(a) \quad (2-11)$$

Sumber: Fernández (2013)
dengan:

$\varphi(a)$ = nilai *net flow*

$\varphi^+(a)$ = nilai *leaving flow*

$\varphi^-(a)$ = nilai *entering flow*

Penjelasan dari hubungan *outranking* dibangun atas pertimbangan untuk masing-masing alternatif pada grafik nilai *outranking*, berupa pemeringkatan sebagian (PROMETHEE I) atau pemeringkatan lengkap (PROMETHEE II) pada sejumlah alternatif yang mungkin, yang dapat diusulkan kepada pembuat keputusan untuk memperkaya penyelesaian masalah. PROMETHEE I dan PROMETHEE II dijelaskan lebih lanjut sebagai berikut:

a. PROMETHEE I

Nilai terbesar pada *leaving flow* dan nilai yang kecil dari *entering flow* merupakan alternatif yang terbaik. *Leaving flow* dan *entering flow* menyebabkan:

aP^+b jika $\varphi^+(a) > \varphi^+(b)$

aI^+b jika $\varphi^+(a) = \varphi^+(b)$

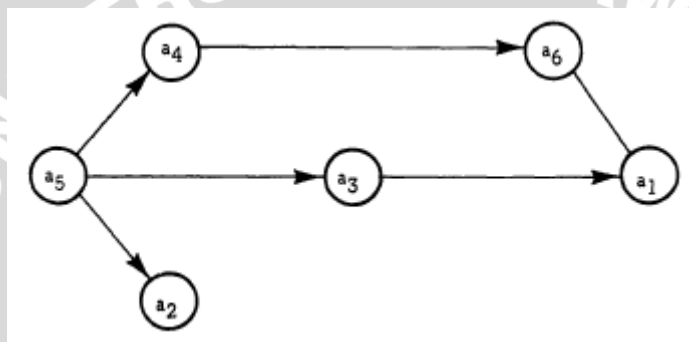
aP^-b jika $\varphi^-(a) < \varphi^-(b)$

aI^-b jika $\varphi^-(a) = \varphi^-(b)$

PROMETHEE I menampilkan *partial preorder* (praorder sebagian) (P_I, I_I, R_I) dengan mempertimbangkan interaksi dari dua *preorder*.

$$f(x) = \begin{cases} \text{jika } aP^+b \text{ dan } aP^-b \\ aP_I b (a \text{ outrank } b) \text{ atau } aP^+b \text{ dan } aI^-b \\ \text{atau } aI^+b \text{ dan } aP^-b \\ aI_I b (a \text{ tidak beda dengan } b) \text{ jika } aI^+b \text{ dan } aI^-b \\ aR_I b (a \text{ dan } b \text{ incomparable) jika pasangan lain} \end{cases}$$

Partial preorder diajukan kepada pembuat keputusan untuk membantu pengambilan keputusan masalah yang dihadapinya. PROMETHEE I masih menyisakan bentuk *incomparable* (yang tak ada bandingannya) atau dengan kata lain hanya memberikan solusi *partial preorder*. Hal ini disajikan dalam Gambar 2.9.



Gambar 2.9 *Partial ranking*
Sumber: Brans dan Vincke (1985)

b. PROMETHEE II

Complete preorder (praorder lengkap) dalam K adalah penghindaran dari bentuk *incomparable*. *Complete preorder* (P_{II}, I_{II}) disajikan dalam bentuk *net flow* berdasarkan pertimbangan persamaan $aP_{II}b$ jika $(a) > \varphi(b)$ dan $aP_{II}b$ jika $(a) = \varphi(b)$. Melalui *complete preorder*, informasi bagi pembuat keputusan lebih realistis. Hal ini disajikan dalam Gambar 2.10.



Gambar 2.10 *Complete ranking*
Sumber: Brans dan Vincke (1985)

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB III

METODE PENELITIAN

Metode penelitian adalah suatu proses sistematis, analitis, empiris, dan terkendali yang dilakukan untuk mengetahui sesuatu (Gulö, 2000). Dalam bab ini akan diuraikan jenis penelitian, tempat dan waktu penelitian, prosedur pelaksanaan penelitian, serta diagram alir penelitian.

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini masuk dalam kategori jenis penelitian deskriptif. Menurut Gulö (2000), berdasarkan tiga pertanyaan dasar yang menentukan jenis penelitian secara empiris, yaitu apa, bagaimana, dan mengapa, maka jenis penelitian deskriptif didasarkan pada pertanyaan dasar yang kedua, yaitu bagaimana. Dengan penelitian deskriptif dicari tahu lagi bagaimana suatu masalah terjadi. Dalam penelitian deskriptif tidak hanya diteliti masalah itu sendiri, tetapi juga variabel-variabel lain yang berhubungan dengan masalah itu, kemudian variabel-variabel tersebut diuraikan atas faktor-faktornya.

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di PT Badak NGL (Jl. Raya Kutai 1, Komplek PT Badak NGL, Bontang, Kalimantan Timur) pada Februari 2015-Februari 2016.

3.3 Prosedur Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini akan dilaksanakan dengan prosedur berupa langkah-langkah yang terdiri atas tahap pendahuluan, tahap pengumpulan dan pengolahan data, serta tahap analisis dan kesimpulan.

1. Tahap Pendahuluan

Tahap pendahuluan terdiri atas langkah-langkah berikut:

a. Studi Lapangan

Langkah pertama adalah mengamati dan mencermati pelaksanaan pekerjaan pengangkatan beban berat selama *shutdown* di PT Badak NGL.

b. Studi Literatur

Langkah selanjutnya adalah penelusuran referensi di perpustakaan atau tempat sejenisnya, luar jaringan atau dalam jaringan, semua informasi yang berhubungan dengan penelitian untuk memperkuat landasan teoritis penelitian.

c. Identifikasi Masalah

Langkah selanjutnya adalah identifikasi masalah penelitian berdasarkan latar belakang penelitian.

d. Penetapan Rumusan Masalah

Langkah selanjutnya adalah penetapan rumusan masalah penelitian berdasarkan identifikasi masalah penelitian.

e. Penetapan Tujuan Penelitian

Langkah selanjutnya adalah penetapan tujuan penelitian berdasarkan rumusan masalah penelitian.

2. Tahap Pengumpulan dan Pengolahan Data

Tahap pengumpulan dan pengolahan data terdiri atas langkah-langkah berikut:

a. Pengumpulan Data

Langkah selanjutnya adalah pengumpulan data primer dan sekunder melalui interviu, observasi, serta dokumentasi. Data primer adalah data yang diperoleh langsung dari sumber asli (tidak melalui media perantara) yang dapat berupa opini individu, opini kelompok, hasil observasi terhadap benda, kejadian, kegiatan, atau hasil pengujian. Data primer pada penelitian ini antara lain:

- 1) Data beban, ketinggian, dan radius pekerjaan pengangkatan beban berat pada *shutdown train* G PT Badak NGL periode 2013-2017.
- 2) Data kriteria yang mempengaruhi pemilihan *crane* untuk keperluan pekerjaan pengangkatan beban berat pada *shutdown* di PT Badak NGL.

Sedangkan data sekunder adalah data yang diperoleh secara tidak langsung melalui media perantara (diperoleh dan dicatat orang lain) yang dapat berupa bukti, catatan, atau laporan historis yang telah tersusun dalam arsip yang dipublikasikan atau tidak. Data sekunder pada penelitian ini antara lain:

- 1) Laporan harian pekerjaan pengangkatan beban berat pada *shutdown train* G PT Badak NGL periode 2013-2017.
- 2) *Plot plan* (gambar rencana bidang tanah untuk penempatan fasilitas) *train* G PT Badak NGL.

b. Pemetaan Lokasi

Langkah selanjutnya adalah pembuatan peta lokasi pengangkatan beban berat. Peta yang dimaksud adalah representasi *train* PT Badak NGL melalui gambar yang menyatakan letak dan batas lokasi pekerjaan pengangkatan beban berat selama *shutdown*.

c. Identifikasi Kebutuhan Lokasi

Langkah selanjutnya adalah identifikasi kebutuhan lokasi yang dilakukan melalui studi lapangan dan interviu dengan pihak PT Badak NGL. Prosedur ini dilakukan untuk mendapatkan informasi-informasi penting yang akan digunakan sebagai salah satu acuan penentuan kriteria.

d. Penentuan dan Pembobotan Kriteria

Langkah selanjutnya adalah penentuan kriteria pemilihan *crane* untuk keperluan pekerjaan pengangkatan beban berat pada *shutdown* di PT Badak NGL. Kriteria antar lokasi pengangkatan beban berat bisa jadi tidak sama dan ditentukan berdasarkan kebutuhan setiap lokasi. Selain itu juga dilakukan pembobotan kriteria pada setiap lokasi pengangkatan beban berat. Pada langkah ini pun juga dilakukan identifikasi urutan kepentingan kriteria setiap lokasi.

e. Penetapan Alternatif

Langkah selanjutnya adalah penetapan alternatif. Alternatif pada penelitian ini adalah ke-10 *crane* PT Badak NGL yang digunakan pada *shutdown train* G periode 2013-2017.

f. Penentuan Tipe dan Parameter Fungsi Preferensi Kriteria

Langkah selanjutnya adalah penentuan tipe dan parameter fungsi kriteria berdasarkan enam bentuk fungsi preferensi kriteria pada setiap lokasi pengangkatan beban berat.

g. Pemeringkatan Alternatif

Langkah selanjutnya adalah pemeringkatan alternatif terhadap kriteria. Pemeringkatan yang dilakukan pada setiap lokasi pengangkatan beban berat ini bertujuan untuk menetapkan *crane* terpilih setiap lokasi.

h. Pembaruan Peta Lokasi

Langkah selanjutnya adalah pembaruan peta lokasi pengangkatan beban berat. Pembaruan yang dimaksud adalah pembubuhan *crane* terpilih setiap lokasi pada peta lokasi pengangkatan beban berat.

3. Tahap Analisis dan Kesimpulan

Tahap analisis dan kesimpulan terdiri atas langkah-langkah berikut:

a. Analisis dan Pembahasan

Langkah selanjutnya adalah analisis serta pembahasan hasil tahap pengumpulan dan pengolahan data.

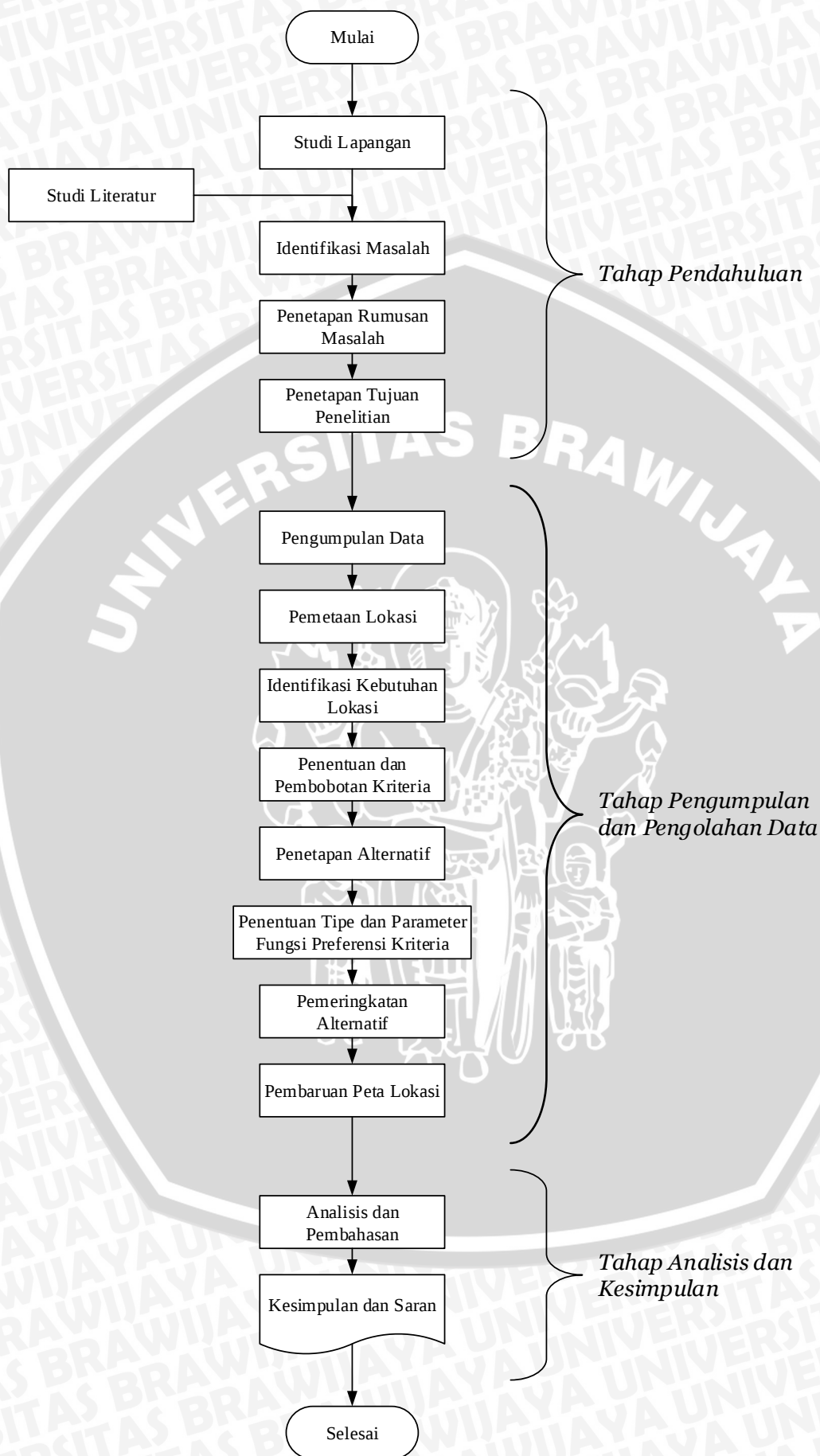
b. Kesimpulan dan Saran

Langkah terakhir adalah penarikan kesimpulan untuk menjawab rumusan masalah. Pada langkah ini juga dilakukan penarikan saran.

3.4 Diagram Alir Penelitian

Langkah-langkah penelitian yang telah dijelaskan sebelumnya akan disajikan dalam sebuah diagram alir. Adapun diagram alir penelitian ini disajikan dalam Gambar 3.1.





Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini akan diuraikan gambaran umum perusahaan, penyajian dan pengolahan data, serta analisis dan pembahasan.

4.1 Gambaran Umum Perusahaan

4.1.1 Profil PT Badak NGL

PT Badak NGL dibentuk pada 26 November 1974 oleh Pertamina, Huffco Inc., dan Japan Indonesia LNG Company (JILCO) dengan komposisi kepemilikan saham Pertamina sebesar 55%, Huffco Inc. sebesar 30%, serta JILCO sebesar 15%. Dalam perjanjian kerja sama disebutkan bahwa PT Badak NGL tidak akan memperoleh keuntungan dari usaha ini. PT Badak NGL hanya menjadi salah satu jaringan di tengah rantai bisnis LNG, dengan demikian perusahaan ini lebih merupakan organisasi pelaksana yang bersifat nonprofit. Pada 1980 konstruksi *train* C dan D PT Badak NGL dimulai dikarenakan meningkatnya permintaan LNG dari Jepang, lalu pada 1988 fasilitas *Liquefied Petroleum Gas* (LPG) diproduksi serta hasilnya diekspor ke Jepang.

Sehubungan dengan terus meningkatnya permintaan LNG dari Jepang, Taiwan, dan Korea Selatan, akhirnya *train* E PT Badak NGL dibangun pada 1987-1989, lalu *train* F dibangun pada 1991-1993. Sejak 1992 beberapa hasil produksi dari PT Badak NGL juga telah diekspor ke Korea Selatan. Perkembangan pabrik PT Badak NGL lalu dilanjutkan dengan pembangunan *train* G yang selesai pada 1997 dan *train* H yang selesai pada akhir 1999. Dengan operasi 8 *train*, kapasitas produksi PT Badak NGL mampu mencapai lebih kurang 22 juta ton LNG per tahun. Memasuki milenium ketiga, PT Badak NGL telah berkembang dan mampu menjadi pabrik dengan produksi LNG terbesar di dunia. Sampai dengan 13 Desember 2001 PT Badak NGL telah mengapalkan LNG sebanyak 4.500 kali dengan proyeksi 5.000 pengapalan di kuartal kedua 2003. PT Badak NGL juga memiliki kemampuan untuk menangani tiga pengapalan pada saat yang bersamaan dengan melengkapi dermaga pemuatan ketiga pada akhir 1999 yang dibangun untuk mengantisipasi peningkatan frekuensi pengapalan di masa mendatang agar dapat mempertahankan tingkat pelayanan kepada pembeli LNG. Cadangan gas alam untuk menghasilkan LNG masih cukup

untuk melayani pembeli dalam jangka panjang di bawah kontrak dan kepastian pengiriman. PT Badak NGL memiliki empat pipa paralel yang mampu mengirim 3.600 MMSCFD gas alam ke pabrik untuk proses lebih lanjut. Akhirnya, pabrik PT Badak NGL menjadi salah satu pabrik dengan pengalaman besar dalam industri LNG dunia dan menjadi aset vital untuk rantai bisnis LNG Indonesia.

4.1.2 Sejarah PT Badak NGL

Perjalanan PT Badak NGL bermula dari ditemukannya cadangan gas alam dalam jumlah yang sangat besar di dua area terpisah. Area pertama terletak di lapangan gas Arun, Aceh Utara, yang ditemukan oleh Mobil Oil Indonesia pada akhir 1971. Area kedua adalah lapangan gas Badak, Kalimantan Timur, yang ditemukan oleh Huffco Inc. pada awal 1972. Kedua perusahaan ini bekerja di bawah kontrak bagi hasil dengan Pertamina. Saat itu bisnis LNG belum banyak dikenal dan hanya ada empat kilang LNG di seluruh dunia yang memiliki pengalaman 3-4 tahun pengoperasian. Walau tanpa pengalaman sebelumnya di bidang LNG, Pertamina, Mobil Oil Indonesia, dan Huffco Inc. bersepakat untuk mengembangkan proyek LNG yang dapat mengekspor gas alam berbentuk cair dalam jumlah besar. Sejarah mencatat bahwa proyek ini memang didasari oleh optimisme dan ambisi kuat dengan keyakinan atas kuatnya permintaan pasar. Bulan-bulan penuh kerja keras pun dijalani oleh Pertamina, Mobil Oil Indonesia, dan Huffco Inc. untuk menjual proyek kepada konsumen LNG potensial, penyandang dana potensial, serta mitra potensial di seluruh dunia. Upaya tersebut akhirnya membuahkan hasil dengan disepakatinya kontrak penjualan LNG terhadap lima perusahaan Jepang, antara lain Chubu Electric Co., Kansai Electric Power Co., Kyushu Electric Power Co., Nippon Steel Corp., dan Osaka Gas Co., Ltd. pada 5 Desember 1973.

Kontrak yang kemudian dikenal dengan “*The 1973 Contract*” (“Kontrak 1973”) itu berisi komitmen dari para pembeli untuk mengimpor LNG Indonesia selama 20 tahun, yang saat itu kilang LNG itu sendiri pun belum selesai didirikan. Sementara itu pada pertengahan 1977 Pertamina telah menyepakati untuk menyuplai LNG dari kedua kilang LNG yang akan dibangun dalam waktu 42 bulan. Dengan didirikannya kilang-kilang LNG maka pembuatan kapal tanker untuk armada transportasi dan pembangunan beberapa terminal penerima, termasuk jadwal pengatur pembiayaan atas proyek-proyek itu pun harus dilaksanakan secara simultan. Berkat kerja sama berbagai pihak, proyek besar ini pun telaksana. Hal ini tentu tak lepas dari adanya dukungan perusahaan-perusahaan asing, bank, lembaga-lembaga keuangan serta kerja sama dari tiga negara, antara lain Indonesia, Jepang, dan Amerika Serikat.

Berbekal optimisme, ambisi, dan kerja keras bersama, tinta sejarah pun telah digoreskan. PT Badak NGL tercatat sebagai tombak dari sejarah industri LNG Indonesia. PT Badak NGL selama lebih dari 33 tahun telah memberikan kontribusi yang cukup besar pada perindustrian gas internasional sehingga PT Badak NGL dikenal sebagai perusahaan profesional yang terpercaya dan dapat diandalkan.

4.1.3 Visi dan Misi PT Badak NGL

Visi PT Badak NGL adalah menjadi perusahaan energi kelas dunia yang terdepan dalam inovasi. “Perusahaan energi kelas dunia” berarti menjadi perusahaan yang mampu memenuhi kebutuhan energi negara-negara di dunia. Lalu “terdepan dalam inovasi” berarti menjadi perusahaan yang selalu berusaha menemukan hal-hal baru dari yang sudah ada atau yang sudah dikenal sebelumnya, baik itu gagasan, metode, atau alat yang dapat membawa perubahan ke arah yang lebih baik. Lalu misi PT Badak NGL adalah memproduksi energi bersih serta mengelola dengan standar kinerja terbaik sehingga menghasilkan nilai tambah maksimal bagi pemangku kepentingan. “Energi bersih” berarti energi yang ramah lingkungan baik dalam proses maupun hasil. Lalu “standar kinerja terbaik” berarti berpedoman pada standar kinerja internasional, yaitu *Safety, Health, Environment-Quality Management System* (SHE-Q MS) untuk mencapai standar budaya keselamatan kelas dunia terkait *Environmental Management System* (EMS) ISO 14001 demi tercapainya hasil produksi yang ramah lingkungan sesuai standar sistem manajemen kualitas dan ISO 9001:2000 demi tercapainya kualitas produk yang memenuhi persyaratan pelanggan, serta standar praktik industri terbaik untuk mencapai tingkat kepatuhan yang diharapkan pemerintah. Lalu “nilai tambah maksimal” berarti memberikan kontribusi maksimal untuk memenuhi kebutuhan para pemangku kepentingan. Lebih jauh, moto PT Badak NGL adalah selalu menjadi yang terbaik. Moto ini disertai dengan nilai-nilai berikut:

1. Profesionalisme, yang berarti memberikan hasil dengan kualitas terbaik, andal, dan kompetitif melalui komitmen pribadi, fokus, serta perbaikan terus-menerus yang berkesinambungan. Nilai ini disertai panduan perilaku berikut:
 - a. Memberikan hasil kerja dengan kualitas terbaik pada setiap kesempatan.
 - b. Bertindak cermat dengan menghindari pengulangan masalah (andal).
 - c. Menjadikan standar terbaik sebagai acuan dalam menetapkan target (kompetitif).
 - d. Tidak menghindari tanggung jawab terhadap tugas yang dibebankan (komitmen).
 - e. Menetapkan skala prioritas dalam melaksanakan pekerjaan (fokus).

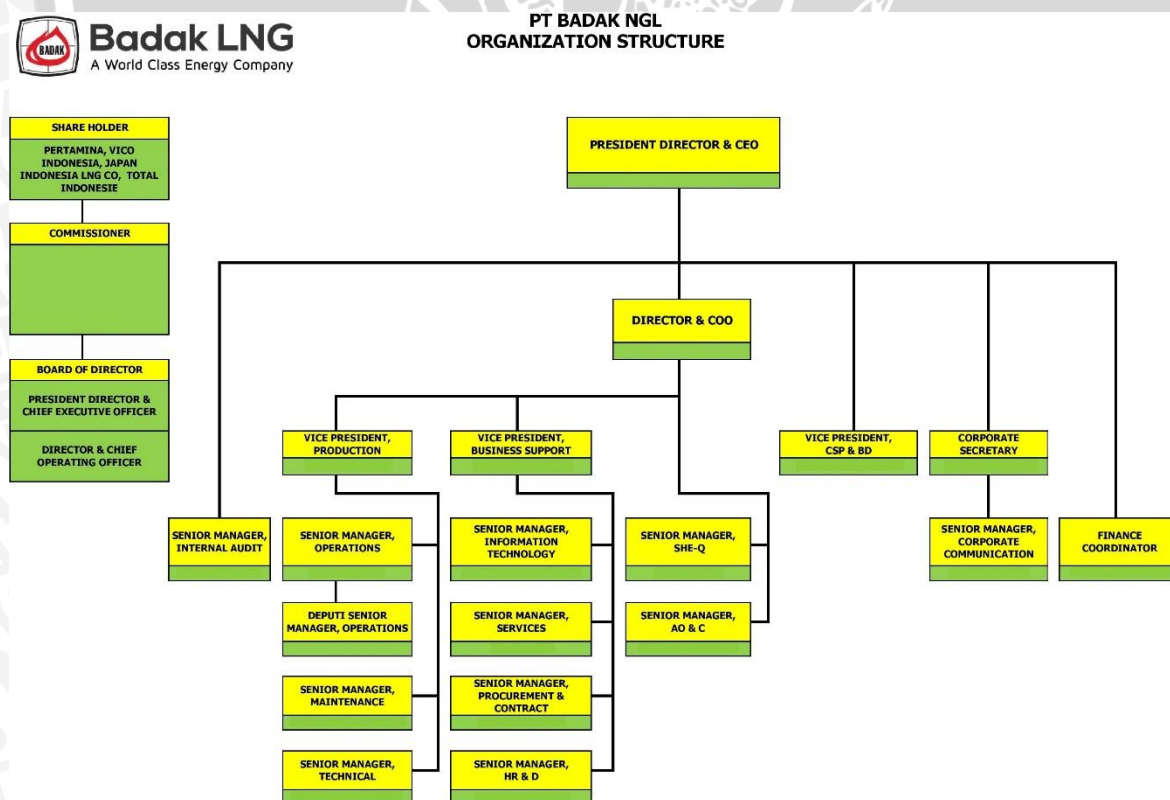
- f. Melakukan perbaikan secara terus-menerus untuk meningkatkan kualitas hasil kerja.
2. Integritas, yang berarti kesatuan perkataan dengan perbuatan melalui kejujuran, transparansi, dan mengutamakan kepentingan perusahaan di atas kepentingan pribadi. Nilai ini disertai panduan perilaku berikut:
 - a. Selaras antara kata dengan perbuatan.
 - b. Bersikap jujur.
 - c. Mengemukakan data dan informasi secara akurat serta benar (transparan).
 - d. Mengutamakan kepentingan perusahaan di atas kepentingan pribadi dan unit kerja.
 - e. Menyelesaikan kewajiban terlebih dahulu sebelum meminta hak.
3. Bermartabat, yang berarti menjaga citra perusahaan dan menghormati kesetaraan martabat manusia. Nilai ini disertai panduan perilaku berikut:
 - a. Bangga terhadap tugas dan pekerjaan.
 - b. Mempunyai kepercayaan diri yang tinggi.
 - c. Bersikap sopan dan santun.
 - d. Berpikir positif dan saling menghormati sesama pekerja.
4. Inovatif, yang berarti mencari peluang untuk mencapai keunggulan dengan terus-menerus melakukan pembelajaran termasuk belajar dari kegagalan untuk maju. Nilai ini disertai panduan perilaku berikut:
 - a. Mencari peluang untuk mendapatkan keunggulan (berusaha untuk menjadi yang terbaik).
 - b. Belajar dari kegagalan dan kesalahan (belajar dari pengalaman).
 - c. Secara proaktif merespon perubahan.
 - d. Meningkatkan kompetensi untuk bersaing dengan persyaratan kerja.
5. Keamanan, kesehatan, dan lingkungan, yang berarti menjadikan aspek keamanan, kesehatan, dan lingkungan sebagai acuan dalam menjalankan seluruh kegiatan kerja serta kegiatan bisnis. Nilai ini disertai panduan perilaku berikut:
 - a. Mencari peluang untuk keunggulan.
 - b. Melakukan *Hazard Identification and Risk Assessment* (HIRA) dalam melakukan seluruh kegiatan.
 - c. Melakukan pekerjaan dengan prosedur operasi standar.

4.1.4 Struktur Organisasi PT Badak NGL

PT Badak NGL dipimpin oleh seorang presiden direktur yang berkedudukan di Jakarta, sedangkan tanggung jawab pelaksanaan kegiatan operasi kilang LNG dan LPG dipegang oleh seorang manajer umum yang berkedudukan di Bontang. Manajer umum membawahi dua divisi dan lima departemen antara lain:

1. *Production Division* (Divisi Produksi)
2. *Business Support Division* (Divisi Pendukung Bisnis)
3. *Accounting Operation and Control Department* (Departemen Operasi dan Kontrol Akuntansi)
4. *Internal Audit Department* (Departemen Audit Internal)
5. *Safety, Health, and Environment Quality Department* (Departemen Kualitas Keselamatan, Kesehatan, dan Lingkungan)
6. *Corporate Strategic Planning and Business Development Department* (Departemen Perencanaan Strategis dan Pengembangan Bisnis Perusahaan)
7. *Corporate Secretary Department* (Departemen Sekretaris Perusahaan)

Dua divisi dan lima departemen yang telah disebutkan memiliki pembagian menjadi departemen-departemen serta seksi-seksi masing-masing. Struktur organisasi PT Badak NGL disajikan dalam Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Struktur organisasi PT Badak NGL

Sumber: <http://www.badaklng.co.id/in/struktur.html> (diakses 12 Agustus 2015)

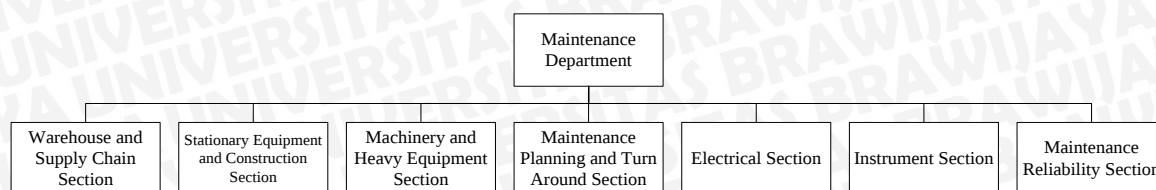
Agar penguraian gambaran umum perusahaan terkait struktur organisasi menjadi lebih terfokus, maka pada penelitian ini hanya diuraikan lebih jauh suborganisasi yang berhubungan dengan lingkup pengamatan penelitian, yaitu *shutdown train* G PT Badak NGL periode 2013-2017. Meskipun *shutdown* merupakan proyek yang direncanakan dan dilaksanakan bersama oleh sejumlah departemen di PT Badak NGL, pada dasarnya *shutdown* merupakan tanggung jawab utama *Maintenance Department* (Departemen Perawatan) yang berada di bawah Divisi Produksi, bersama *Operations Department* (Departemen Operasi) serta *Technical Department* (Departemen Teknis). Departemen Perawatan PT Badak NGL bertanggung jawab atas perencanaan dan pelaksanaan atas pemeliharaan peralatan dan bangunan, baik kawasan kilang maupun nonkilang beserta pelabuhan serta jaringan perpipaan yang terhubung dengan sumur gas. Secara rinci, tugas atau tanggung jawab Departemen Perawatan PT Badak NGL meliputi:

1. Pemeriksaan yang bersifat rutin, yaitu harian, bulanan, tiga bulanan, enam bulanan, dan tahunan.
2. Pembersihan alat-alat.
3. Pengkalibrasian alat-alat.
4. Penggantian atau perbaikan alat-alat yang rusak sehingga dapat dipakai kembali.

Lebih jauh, sistem pemeliharaan kilang yang dilakukan Departemen Perawatan PT Badak NGL dibagi menjadi tiga macam antara lain:

1. Perawatan korektif, yang merupakan perbaikan peralatan yang dilakukan langsung setelah terjadi kerusakan pada peralatan tersebut.
2. Perawatan preventif, yang merupakan pemeliharaan yang dilaksanakan berdasarkan waktu yang telah ditentukan baik atas dasar rekomendasi pembuat peralatan, regulasi pemerintah, maupun evaluasi mandiri. Pekerjaan perawatan preventif yang tidak dapat dikerjakan pada saat *plant* sedang aktif dikerjakan saat *plant* tidak beroperasi (saat *shutdown*).
3. Perawatan prediktif, yang merupakan pekerjaan yang dilaksanakan berdasarkan hasil pengamatan ketika peralatan sedang beroperasi. Contoh pengamatan saat pabrik beroperasi adalah pengamatan korosi, pengukuran vibrasi mesin berputar, analisa sampel minyak pelumas, pemeriksaan bahan isolasi, pengukuran kabel, dan lain-lain.

Terdapat tujuh seksi dalam Departemen Perawatan PT Badak NGL, sebagaimana disajikan dalam Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Struktur organisasi Departemen Perawatan PT Badak NGL

Ketujuh seksi dalam Departemen Perawatan PT Badak NGL antara lain:

1. *Stationary Equipment and Construction Section* (Seksi Peralatan dan Konstruksi Stasioner)

Adapun tanggung jawab dari seksi ini antara lain:

- a. Pemeliharaan dan perbaikan semua peralatan statis seperti bejana bertekanan, pipa, alat penukar panas, dan lain-lain.
- b. Melaksanakan perawatan preventif untuk semua peralatan statis.
- c. Pekerjaan pada fasilitas-fasilitas nonlistrik, noninstrumen, nonbergerak, dan nonberputar seperti pagar serta fasilitas pernaungan.
- d. Perbaikan dan perawatan fasilitas-fasilitas yang berada di luar lokasi *plant*.

2. *Machinery and Heavy Equipment Section* (Seksi Permesinan dan Alat Berat)

Tanggung jawab dari seksi ini adalah untuk merawat dan memperbaiki mesin berputar serta bergerak yang terdapat di *plant* maupun di luar *plant*. Seksi ini dibagi menjadi tiga subseksi antara lain:

- a. *Machine and Welding Shop Subsection* (Subseksi Bengkel Mesin dan Pengelasan), yang bertanggung jawab untuk melakukan pengelasan, pembubutan, penggerindaan, dan lain-lain yang berhubungan dengan reparasi dan modifikasi peralatan.
- b. *Field Rotating Equipment Subsection* (Subseksi Peralatan Lapangan yang Berputar), yang bertanggung jawab untuk memelihara dan memperbaiki semua peralatan berputar yang ada di kilang agar tetap handal, efisien, serta aman.
- c. *Machinery Reliability and Preventive Maintenance Subsection* (Subseksi Reliabilitas Permesinan dan Perawatan Preventif), yang bertanggung jawab untuk melakukan perawatan preventif dan perawatan prediktif pada seluruh peralatan berputar yang ada di kilang.

3. *Warehouse and Supply Chain Section* (Seksi Gudang dan Rantai Pasok)

Seksi ini bertanggung jawab untuk memelihara sejumlah material dan onderdil yang digunakan untuk pengoperasian kilang. Tugas umum seksi ini antara lain:

- a. Menyediakan bahan kimia untuk keperluan pemrosesan dan bahan bakar untuk kendaraan operasional.
- b. Menyimpan suku cadang untuk seluruh peralatan yang ada di kilang.
- c. Menjaga nilai persediaan pada level tertentu yang dianggap efisien.
- d. Menerima dan memeriksa kuantitas serta kualitas material yang dibeli.
- e. Memproses pembelian material untuk keperluan *shutdown* dan proyek pembongkaran mesin.

4. *Electrical Section* (Seksi Elektris)

Tanggung jawab seksi ini adalah untuk memperbaiki, memelihara, serta memasang suku cadang apabila ada kerusakan yang terjadi pada instalasi komponen elektrik di pabrik. Seksi ini dibagi dalam empat subseksi antara lain:

- a. *Trains and Utilities Subsection* (Subseksi Pabrik dan Utilitas), yang bertugas untuk menangani pemeliharaan komponen-komponen listrik yang dipakai pada sistem pembangkit tenaga listrik dan distribusi serta perlengkapan di PT Badak NGL, baik yang digunakan di *plant* maupun di lingkungan perumahan serta bertanggung jawab terhadap kelancaran operasi alat-alat listrik yang digunakan di semua unit *train*.
- b. *Off-Plot, Plant Support Facilities, and Feeder Subsection* (Subseksi Luar Kilang, Fasilitas Pendukung Pabrik, dan Pengisian), yang bertugas untuk menangani pemeliharaan komponen-komponen listrik di luar kilang dan pada fasilitas-fasilitas pendukung pabrik serta pengisian seperti unit penyimpanan LNG serta LPG.
- c. *Plant Support Facilities and Feeder Subsection* (Subseksi Fasilitas Pendukung Pabrik dan Pengisian), yang bertanggung jawab terhadap pemeliharaan fasilitas-fasilitas peralatan listrik dan pengisian yang ada di *plant*.
- d. *Preventive Maintenance, Air Conditioning, and Shop Subsection* (Subseksi Perawatan Preventif, Pengaturan Suhu Udara, dan Bengkel), yang bertanggung jawab untuk memonitor kelayakan alat-alat listrik yang dipakai di *plant*. Tanggung jawab utama subseksi ini adalah untuk melakukan kalibrasi peralatan, perawatan preventif pengatur suhu udara, serta perbaikan motor-motor dengan kapasitas di bawah 200 HP.

5. *Instrument Section* (Seksi Instrumen)

Seksi ini dibagi menjadi empat subseksi antara lain:

- a. *Instrument Shop Subsection* (Subseksi Bengkel Instrumen), yang bertanggung jawab untuk memperbaiki dan memelihara seluruh peralatan instrumentasi yang ada di *plant*, rumah sakit, dan lain-lain.

- b. *Train and Preventive Maintenance Subsection* (Subseksi Pabrik dan Perawatan Preventif), yang bertanggung jawab untuk melakukan perbaikan dan pemeliharaan peralatan instrumentasi di *plant* serta melakukan perawatan preventif untuk menjaga kualitas peralatan.
 - c. *Utilities, Storage/Loading, and Off-Plot Subsection* (Subseksi Utilitas, Penyimpanan/Pemuatan, dan Luar Kilang), yang bertugas untuk memelihara dan memperbaiki seluruh peralatan instrumentasi yang ada di daerah utilitas, penyimpanan atau pemuatan, serta luar kilang.
 - d. *DCS and PLC Group Subsection* (Subseksi Grup DCS dan PLC), yang bertanggung jawab untuk melaksanakan pemeliharaan dan perbaikan DCS (*Distributed Control System*) serta PLC (*Programmable Logic Controller*) seluruh *plant*.
6. *Maintenance Planning and Turn Around Section* (Seksi Perencanaan Perawatan dan Perbaikan Menyeluruh)
- Tanggung jawab seksi ini adalah untuk melakukan perencanaan atau pemrograman, koordinasi, pelayanan, dan pengontrolan yang berhubungan dengan perawatan pabrik.
7. *Realibility Section* (Seksi Reliabilitas)
- Seksi ini bertanggung jawab terhadap keandalan setiap *train* pemrosesan LNG dan LPG beserta utilitas pendukungnya.

4.2 Penyajian dan Pengolahan Data

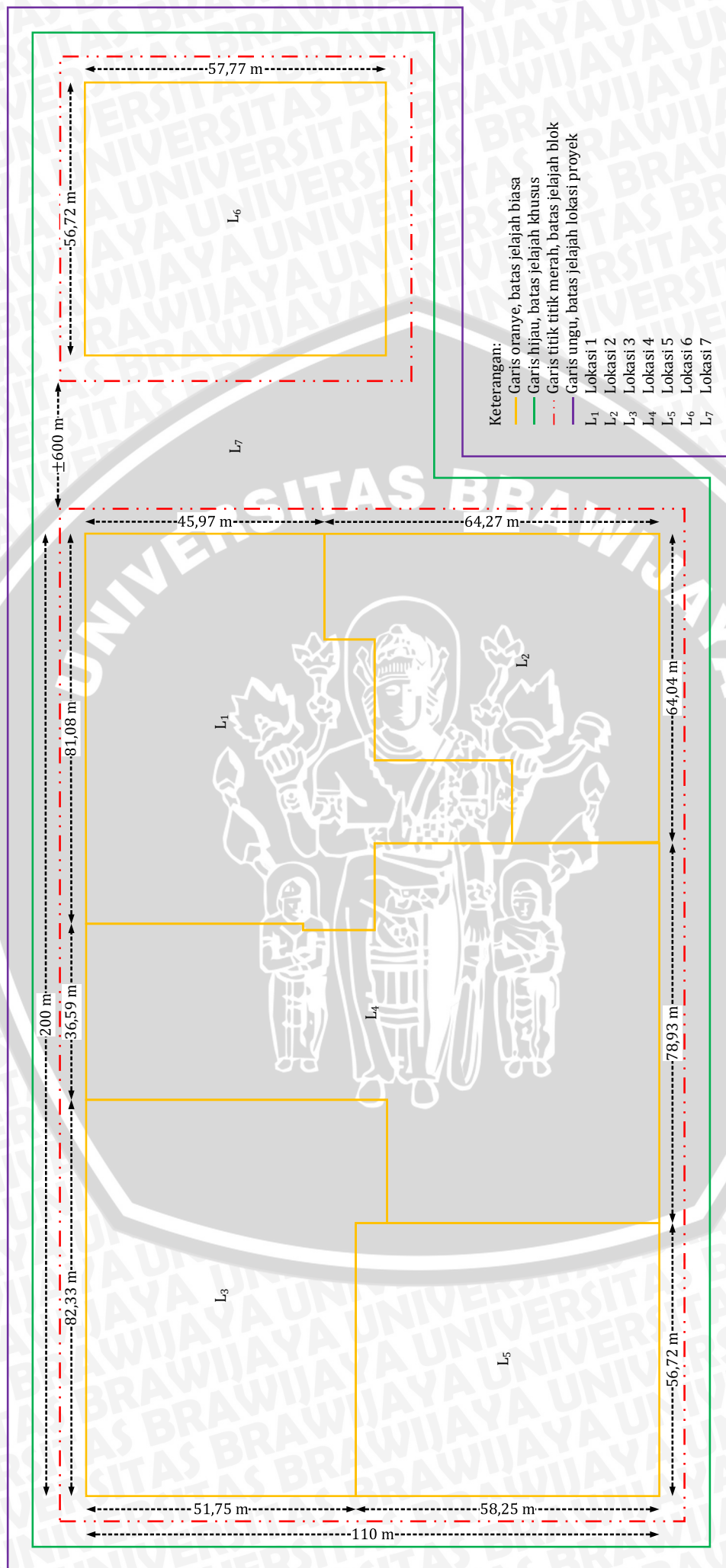
4.2.1 Pemetaan Lokasi

Langkah pertama penyajian dan pengolahan data adalah pemetaan lokasi. Peta lokasi pengangkatan beban berat dimaksud sebagai representasi *train* PT Badak NGL melalui gambar yang menyatakan letak dan batas lokasi pekerjaan pengangkatan beban berat selama *shutdown*. Pembuatan peta ini ditujukan untuk memberikan gambaran terkait lokasi dimana *crane-crane* terpilih akan diletakkan. Peta dibuat berdasarkan *plot plan train* G PT Badak NGL serta arahan dari PT Badak NGL. Peta lokasi pengangkatan beban berat disajikan dalam Gambar 4.3.

Berdasarkan Gambar 4.3 diketahui terdapat tujuh lokasi pekerjaan pengangkatan beban berat. Jumlah ini menandakan jumlah pemilihan *crane* yang akan dilakukan pada penelitian. Garis oranye yang membatasi lokasi 1-6 menandakan batas jelajah biasa, yang merupakan batas lokasi pekerjaan pengangkatan beban berat lokasi-lokasi tersebut. Sedangkan garis hijau menandakan batas jelajah khusus, yang merupakan batas lokasi pekerjaan pengangkatan beban berat lokasi 7 secara khusus karena karakteristik pekerjaan

pengangkatan beban berat lokasi 7 pada dasarnya adalah pekerjaan pendukung proyek, artinya *crane* yang terpilih pada lokasi 7 adalah *crane* yang bertugas untuk mendukung jalannya proyek di lokasi 1-6. Dalam peta ditunjukkan bahwa lokasi 1-5 terletak lebih kurang 600 m terhadap lokasi 6. Hal ini dikarenakan lokasi 1-5 dan lokasi 6 terletak dalam blok yang berbeda. Lokasi 1-5 terletak dalam blok pemrosesan utama, sedangkan lokasi 6 terletak dalam blok utilitas *cooling water* (air pendingin). Batas jelajah blok ditandai garis titik titik merah, sedangkan batas jelajah lokasi proyek ditandai garis ungu.





Gambar 4.3 Peta lokasi pengangkatan beban berat

4.2.2 Identifikasi Kebutuhan Lokasi

Langkah selanjutnya adalah identifikasi kebutuhan lokasi yang dilakukan melalui studi lapangan dan interviu dengan pihak PT Badak NGL. Prosedur ini dilakukan untuk mendapatkan informasi-informasi penting yang akan digunakan sebagai salah satu acuan penentuan kriteria. Berdasarkan hasil pemetaan lokasi, diketahui terdapat tujuh lokasi pengangkatan beban berat. Adapun identifikasi kebutuhan setiap lokasi adalah sebagai berikut:

1. Lokasi 1

Lokasi 1 pada dasarnya adalah lokasi tempat beradanya peralatan utama dan peralatan pendukung proses pemurnian gas. Berdasarkan data *shutdown train* G PT Badak NGL periode 2013-2017, terdapat 47 pekerjaan pengangkatan beban berat di lokasi 1 dengan total jam kerja 84 jam. Hal ini menandakan bahwa rata-rata waktu yang diperlukan untuk melakukan setiap pekerjaan pengangkatan beban berat di lokasi 1 adalah 1,79 jam. Material yang diangkat di lokasi 1 bervariasi bebannya, dari yang paling ringan misalnya *blind* G1E-2 yaitu pelat logam yang digunakan sebagai penutup sementara *CO₂ absorber overhead cooler* seberat 100 kg, sampai yang paling berat misalnya *bundle* G1E-5B yaitu sebuah rangkai pada *amine regenerator reboiler* seberat 27 ton. Adapun rata-rata beban material yang diangkat di lokasi 1 adalah 8,92 ton. Ketinggian pengangkatan material pun bervariasi, dari yang paling pendek misalnya pada pemasangan *valve block* (penghalang katup) G1G-1 yang terletak pada *lean amine pump* (pompa tegak lurus amina) setinggi 0,6 m, sampai yang paling tinggi misalnya pada pengangkatan sebuah alat yang bernama *secenser* G1C-5 yang terletak pada *amine regenerator* setinggi 25 m. Adapun rata-rata ketinggian pengangkatan material di lokasi 1 adalah 4,47 m. Diketahui pula bahwa karakteristik pemindahan material di lokasi 1 pun bervariasi radiusnya, dari yang paling pendek misalnya pada pengangkatan G1LV-3 untuk dibawa truk dari *valve shop* ke *plant* 1 sejauh 1,5 m, sampai yang paling jauh misalnya pada pengangkatan *bonnet cover* (penutup kap mesin) G1E-101 untuk dipindahkan dari *condensate flash drum vent condenser* (kondensator lubang angin drum kilat kondensat) sejauh 12 m. Adapun rata-rata radius pemindahan material di lokasi 1 adalah 3,57 m. Adapun identifikasi kebutuhan lokasi 1 disajikan dalam Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Identifikasi Kebutuhan Lokasi 1

Jumlah Pekerjaan	Jam Kerja (Jam)		Beban Material (Ton)			Ketinggian Pengangkatan (m)			Radius Pemindahan (m)		
	Rata-rata	Total	Rata-rata	Minimal	Maksimal	Rata-rata	Minimal	Maksimal	Rata-rata	Minimal	Maksimal
47	1,79	84	8,92	0,1	27	4,47	0,6	25	3,57	1,5	12

2. Lokasi 2

Lokasi 2 pada dasarnya adalah lokasi tempat beradanya peralatan utama dan peralatan pendukung proses dehidrasi. Berdasarkan data *shutdown train* G PT Badak NGL periode 2013-2017, terdapat 18 pekerjaan pengangkatan beban berat di lokasi 2 dengan total jam kerja 30 jam. Hal ini menandakan bahwa rata-rata waktu yang diperlukan untuk melakukan setiap pekerjaan pengangkatan beban berat di lokasi 2 adalah 1,67 jam. Material yang diangkat di lokasi 2 bervariasi bebannya, dari yang paling ringan misalnya *test ring* (cincin uji) G2E-2 yaitu cincin logam pengujian *fuel gas compressor after cooler* (pendingin kompresor bahan bakar) seberat 100 kg, sampai yang paling berat misalnya *rotor casing* (selubung baling-baling) G2KT-1 yaitu tabung penutup *turbine driver for fuel gas compressor* (penggerak turbin untuk kompresor bahan bakar) seberat 4 ton. Adapun rata-rata beban material yang diangkat di lokasi 2 adalah 1,02 ton. Ketinggian pengangkatan material pun bervariasi, dari yang paling pendek misalnya pada pengangkatan *blower* (peniup) G2C-2 yang terletak pada *feed dryer* (pengering pemakanan) setinggi 1,5 m, sampai yang paling tinggi misalnya pada pencabutan *control valve* (katup kontrol) G2UV-51 setinggi 12 m. Adapun rata-rata ketinggian pengangkatan material di lokasi 2 adalah 7,08 m. Diketahui pula bahwa karakteristik pemindahan material di lokasi 2 pun bervariasi radiusnya, dari yang paling pendek misalnya pada pelepasan *test ring* G2E-2 dari *fuel gas compressor after cooler* sejauh 2 m, sampai yang paling jauh misalnya pada pengangkatan *control valve* G2KV-9 dari *lube and seal oil system for turbine driver* (sistem minyak pelumas dan segel untuk penggerak turbin) sejauh 15 m. Adapun rata-rata radius pemindahan material di lokasi 2 adalah 7,28 m. Adapun identifikasi kebutuhan lokasi 2 disajikan dalam Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Identifikasi Kebutuhan Lokasi 2

Jumlah Pekerjaan	Jam Kerja (Jam)		Beban Material (Ton)			Ketinggian Pengangkatan (m)			Radius Pemindahan (m)		
	Rata-rata	Total	Rata-rata	Minimal	Maksimal	Rata-rata	Minimal	Maksimal	Rata-rata	Minimal	Maksimal
18	1,67	30	1,02	0,1	4	7,08	1,5	12	7,28	2	15

3. Lokasi 3

Lokasi 3 pada dasarnya adalah lokasi tempat beradanya peralatan utama dan peralatan pendukung proses fraksinasi. Berdasarkan data *shutdown train* G PT Badak NGL periode 2013-2017, terdapat 5 pekerjaan pengangkatan beban berat di lokasi 3 dengan total jam kerja 8 jam. Hal ini menandakan bahwa rata-rata waktu yang diperlukan untuk melakukan setiap pekerjaan pengangkatan beban berat di lokasi 3 adalah 1,6 jam. Material yang diangkat di lokasi 3 bervariasi bebannya, dari yang paling ringan misalnya botol argon G3C-4 yaitu tabung *deethanizer column* (kolom deethanizer) seberat 200 kg, sampai yang paling berat misalnya *landing mat* (matras pendaratan) seberat 4,5 ton. Adapun rata-rata beban material yang diangkat di lokasi 3 adalah 1,3 ton. Ketinggian pengangkatan material pun bervariasi, dari yang paling pendek misalnya pada pengangkatan G3G-5A yaitu *butane returns pump* (pompa balik butana) setinggi 4 m, sampai yang paling tinggi misalnya pada pengangkatan *test ring* G3E-9 yang terletak pada *debutanizer column overhead condenser* (kondensator atas kolom debutanizer) setinggi 16 m. Adapun rata-rata ketinggian pengangkatan material di lokasi 3 adalah 7,2 m. Diketahui pula bahwa karakteristik pemindahan material di lokasi 3 pun bervariasi radiusnya, dari yang paling pendek misalnya pada penurunan sebuah *pressure safety valve* tertentu yang diturunkan untuk dibawa truk sejauh 2 m, sampai yang paling jauh misalnya pada pengangkatan *test ring* G3E-9 untuk dipindahkan dari *debutanizer column overhead condenser* sejauh 10 m. Adapun rata-rata radius pemindahan material di lokasi 3 adalah 5,2 m. Adapun identifikasi kebutuhan lokasi 3 disajikan dalam Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Identifikasi Kebutuhan Lokasi 3

Jumlah Pekerjaan	Jam Kerja (Jam)		Beban Material (Ton)			Ketinggian Pengangkatan (m)			Radius Pemindahan (m)		
	Rata-rata	Total	Rata-rata	Minimal	Maksimal	Rata-rata	Minimal	Maksimal	Rata-rata	Minimal	Maksimal
5	1,6	8	1,3	0,2	4,5	7,2	4	16	5,2	2	10

4. Lokasi 4

Lokasi 4 pada dasarnya adalah lokasi tempat beradanya peralatan utama dan peralatan pendukung proses pendinginan. Berdasarkan data *shutdown train* G PT Badak NGL periode 2013-2017, terdapat 52 pekerjaan pengangkatan beban berat di lokasi 4 dengan total jam kerja 89,5 jam. Hal ini menandakan bahwa rata-rata waktu yang diperlukan untuk melakukan setiap pekerjaan pengangkatan beban berat di lokasi 4 adalah 1,72 jam. Material yang diangkat di lokasi 4 bervariasi bebannya, dari yang paling ringan

misalnya *divider plate* (pelat pembagi) G4E-2 yaitu logam pipih pemisah *propane condenser* (kondensator propana) seberat 100 kg, sampai yang paling berat misalnya *cover* G4E-9 yaitu penutup permanen *low level propane evaporator* (penguap propana level rendah) seberat 9 ton. Adapun rata-rata beban material yang diangkat di lokasi 4 adalah 1,34 ton. Ketinggian pengangkatan material pun bervariasi, dari yang paling pendek misalnya pada pengangkatan sebuah motor dari *electric shop* (bengkel listrik) untuk kemudian diangkut ke *train* G setinggi 0,5 m, sampai yang paling tinggi misalnya pada pengangkatan *cover* G4E-2A untuk dipasang pada *propane condenser* setinggi 12 m. Adapun rata-rata ketinggian pengangkatan material di lokasi 4 adalah 6,68 m. Diketahui pula bahwa karakteristik pemindahan material di lokasi 4 pun bervariasi radiusnya, dari yang paling pendek misalnya pada pengangkatan motor G4E-6B dibawa truk dari *compressor aftercooler* (pendingin kompresor) sejauh 1,5 m, sampai yang paling jauh misalnya pada pengangkatan sebuah *pressure safety valve* tertentu yang terletak sejauh 20 m. Adapun rata-rata radius pemindahan material di lokasi 4 adalah 6,53 m. Adapun identifikasi kebutuhan lokasi 4 disajikan dalam Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Identifikasi Kebutuhan Lokasi 4

Jumlah Pekerja	Jam Kerja (Jam)		Beban Material (Ton)			Ketinggian Pengangkatan (m)			Radius Pemindahan (m)		
	Rata-rata	Total	Rata-rata	Minimal	Maksimal	Rata-rata	Minimal	Maksimal	Rata-rata	Minimal	Maksimal
52	1,72	89,5	1,34	0,1	9	6,68	0,5	12	6,53	1,5	20

5. Lokasi 5

Lokasi 5 pada dasarnya adalah lokasi tempat beradanya peralatan utama dan peralatan pendukung proses pencairan. Berdasarkan data *shutdown train* G PT Badak NGL periode 2013-2017, terdapat 3 pekerjaan pengangkatan beban berat di lokasi 5 dengan total jam kerja 4 jam. Hal ini menandakan bahwa rata-rata waktu yang diperlukan untuk melakukan setiap pekerjaan pengangkatan beban berat di lokasi 5 adalah 1,33 jam. Material yang diangkat di lokasi 5 bervariasi bebannya, dari yang paling ringan misalnya *valve* (katup) G5PV-15 seberat 300 kg, sampai yang paling berat misalnya *valve* G5PV-2 seberat 500 kg. Adapun rata-rata beban material yang diangkat di lokasi 5 adalah 0,43 ton. Ketinggian pengangkatan material pun bervariasi, dari yang paling pendek misalnya pada pengangkatan *valve* G5PV-2 yang terletak pada ketinggian 2 m, sampai yang paling tinggi misalnya pada pengangkatan *valve* G5PV-15 yang terletak pada ketinggian 12 m. Adapun rata-rata ketinggian pengangkatan material di lokasi 5 adalah 5,33 m. Diketahui pula bahwa karakteristik pemindahan material di lokasi 5 pun

bervariasi radiusnya, dari yang paling pendek misalnya pada pencabutan G5TV-1 sejauh 4 m, sampai yang paling jauh misalnya pada pengangkatan G5PV-15 sejauh 10 m. Adapun rata-rata radius pemindahan material di lokasi 5 adalah 6 m. Adapun identifikasi kebutuhan lokasi 5 disajikan dalam Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Identifikasi Kebutuhan Lokasi 5

Jumlah Pekerjaan	Jam Kerja (Jam)		Beban Material (Ton)			Ketinggian Pengangkatan (m)			Radius Pemindahan (m)		
	Rata-rata	Total	Rata-rata	Minimal	Maksimal	Rata-rata	Minimal	Maksimal	Rata-rata	Minimal	Maksimal
3	1,33	4	0,43	0,3	0,5	5,33	2	12	6	4	10

6. Lokasi 6

Lokasi 6 pada dasarnya adalah lokasi tempat beradanya peralatan utilitas air pendingin. Berdasarkan data *shutdown train* G PT Badak NGL periode 2013-2017, terdapat 18 pekerjaan pengangkatan beban berat di lokasi 6 dengan total jam kerja 28,5 jam. Hal ini menandakan bahwa rata-rata waktu yang diperlukan untuk melakukan setiap pekerjaan pengangkatan beban berat di lokasi 6 adalah 1,58 jam. Material yang diangkat di lokasi 6 bervariasi bebannya, dari yang paling ringan misalnya sebuah drum limbah lumpur seberat 100 kg, sampai yang paling berat misalnya *stop block* (penghalang) seberat 3 ton. Adapun rata-rata beban material yang diangkat di lokasi 6 adalah 1,31 ton. Ketinggian pengangkatan material pun bervariasi, dari yang paling pendek misalnya pada penurunan sebuah *container* (peti kemas) yang terletak pada ketinggian 1,5 m, sampai yang paling tinggi misalnya pada pengangkatan *stop block* yang terletak pada ketinggian 6 m. Adapun rata-rata ketinggian pengangkatan material di lokasi 6 adalah 3,61 m. Diketahui pula bahwa karakteristik pemindahan material di lokasi 6 pun bervariasi radiusnya, dari yang paling pendek misalnya pada pengangkatan *mainway cover* untuk dipindahkan sejauh 1,5 m, sampai yang paling jauh misalnya pada pengangkatan *valve breaker* (pembongkar katup) untuk dipasang di *cooling water* sejauh 8 m. Adapun rata-rata radius pemindahan material di lokasi 6 adalah 4,67 m. Adapun identifikasi kebutuhan lokasi 6 disajikan dalam Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Identifikasi Kebutuhan Lokasi 6

Jumlah Pekerjaan	Jam Kerja (Jam)		Beban Material (Ton)			Ketinggian Pengangkatan (m)			Radius Pemindahan (m)		
	Rata-rata	Total	Rata-rata	Minimal	Maksimal	Rata-rata	Minimal	Maksimal	Rata-rata	Minimal	Maksimal
18	1,58	28,5	1,31	0,1	3	3,61	1,5	3,61	4,67	1,5	8

7. Lokasi 7

Berdasarkan data *shutdown train* G PT Badak NGL periode 2013-2017, terdapat 11 pekerjaan pengangkatan beban berat di lokasi 7 dengan total jam kerja 20,5 jam. Hal ini menandakan bahwa rata-rata waktu yang diperlukan untuk melakukan setiap pekerjaan pengangkatan beban berat di lokasi 7 adalah 1,86 jam. Material yang diangkat di lokasi 7 bervariasi bebannya, dari yang paling ringan misalnya *mainway cover* seberat 100 kg, sampai yang paling berat misalnya *valve block* seberat 2,5 ton. Adapun rata-rata beban material yang diangkat di lokasi 7 adalah 0,82 ton. Ketinggian pengangkatan material pun bervariasi, dari yang paling pendek misalnya pada pengangkatan dan penggeseran *mainway cover* yang terletak pada ketinggian 0,5 m, sampai yang paling tinggi misalnya pada pengangkatan sebuah *valve* di *plant* 19 yang terletak pada ketinggian 10 m. Adapun rata-rata ketinggian pengangkatan material di lokasi 7 adalah 5 m. Diketahui pula bahwa karakteristik pemindahan material di lokasi 7 pun bervariasi radiusnya, dari yang paling pendek misalnya pada pengangkatan sebuah pompa untuk dipindahkan sejauh 1,5 m, sampai yang paling jauh misalnya pada pengangkatan *cooling water head pump* (pompa kepala air pendingin) untuk dipindahkan ke truk guna dibawa ke *shop* (bengkel) sejauh 6 m. Adapun rata-rata radius pemindahan material di lokasi 7 adalah 3,41 m. Adapun identifikasi kebutuhan lokasi 7 disajikan dalam Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Identifikasi Kebutuhan Lokasi 7

Jumlah Pekerjaan	Jam Kerja (Jam)		Beban Material (Ton)			Ketinggian Pengangkatan (m)			Radius Pemindahan (m)		
	Rata-rata	Total	Rata-rata	Minimal	Maksimal	Rata-rata	Minimal	Maks.	Rata-rata	Minimal	Maksimal
11	1,86	20,5	0,82	0,1	2,5	5	0,5	10	3,41	1,5	6

Berdasarkan identifikasi kebutuhan per lokasi yang sudah dilakukan, secara umum disimpulkan bahwa identifikasi kebutuhan keperluan pengangkatan beban berat pada *shutdown* di PT Badak NGL adalah sebagai berikut:

1. Dibutuhkan instrumen pengangkatan yang mampu bergerak leluasa di dalam lokasi proyek karena intensitas kerja yang tinggi dan ruang gerak terbatas yang disebabkan oleh tata letak mesin-mesin produksi yang berdempetan dan konstruksi antar *train* yang berdekatan.
2. Dibutuhkan instrumen pengangkatan yang dapat menjangkau material dengan letak yang tinggi dan jarak yang jauh.

3. Dibutuhkan instrumen pengangkatan yang meskipun dapat mengangkat, menahan, dan memindahkan material dengan beban yang berat, namun tetap tepat dan sesuai dalam memanfaatkan kapasitas instrumen tersebut.

4.2.3 Penentuan dan Pembobotan Kriteria

Setelah dilakukan identifikasi kebutuhan lokasi, selanjutnya dilakukan curah pendapat dan diskusi dengan pihak PT Badak NGL yang di dalamnya dilakukan pemaduan antara hasil identifikasi kebutuhan lokasi dengan referensi ilmiah yang berhubungan dengan penelitian. Pemaduan dilakukan dengan cara membuat matriks hubungan kebutuhan dan kriteria. Hal ini dilakukan guna menentukan kriteria yang akan digunakan dalam penelitian. Melalui hal ini diharapkan didapatkan kriteria yang mengakomodasi kebutuhan PT Badak NGL dan memiliki kekuatan landasan teoritis. Adapun kriteria yang dimasukkan dalam matriks adalah kriteria yang mengacu pada penelitian Mikut (2012) serta Sawhney dan Mund (2002), antara lain:

1. Efisiensi

Efisiensi *crane* mengacu pada pemilihan *crane* yang benar-benar memanfaatkan kapasitasnya selama proyek (Mikut, 2012). Efisiensi adalah penting karena berkaitan dengan biaya operasional, apalagi pada proyek-proyek yang menggunakan *crane* sewa. Misalnya sebuah *crane* dipilih untuk melakukan pekerjaan pengaturan struktur baja namun menggunakan kapasitasnya dengan persentase yang sangat kecil, maka kapasitas angkat *crane* tersebut terlalu besar untuk pekerjaan tersebut dan hal tersebut bukan merupakan suatu bentuk penggunaan sumber daya yang efisien.

2. Jenis *Boom*

Jenis *boom* berkaitan dengan ruang kerja. Mikut (2012) menjelaskan bahwa dalam pemilihan *crane* adalah penting untuk mempertimbangkan apakah ada ruang yang memadai untuk merakit *boom crane*. *Crane* besar dengan *boom* berjenis *lattice* (kisi) biasanya tidak memerlukan ruang yang signifikan untuk membangun suprastrukturnya, tetapi membutuhkan ruang yang signifikan untuk merakit *boom* dan *jib* (lengan proyeksi). Meskipun ada cara-cara untuk membangun *boom* dan *jib* di udara, membangunnya di tanah lebih disukai karena persoalan keselamatan, biaya, serta jadwal. Oleh karena itu, dengan menambahkan panjang *boom* dan *jib* maka besar ruang yang dibutuhkan untuk membangunnya juga diperhitungkan. Di sisi lain, *crane* dengan *boom* berjenis *telescopic* (teleskopis) umumnya tidak memerlukan prosedur ini.

3. Jenis Carrier

Jenis *carrier* berkaitan dengan mobilitas *crane* dan kondisi tanah pada proyek. Sawhney dan Mund (2002) menjelaskan bahwa mobilitas *mobile crane* di lokasi proyek atau kebutuhan akan sebuah *tower crane* dikondisikan oleh faktor topografi medan. Tanah dapat mendorong kebutuhan atau mencegah penggunaan jenis *crane* tertentu. Mikut (2012) menjelaskan bahwa kondisi tanah yang ada dan terdapatnya utilitas bawah tanah dapat menentukan ukuran atau jenis *crane*. Jika kondisi tanah lemah atau terdapat banyak utilitas bawah tanah, maka mungkin lebih bijaksana untuk memilih *crane* yang membebankan tekanan bantalan tanah yang lebih rendah. Secara umum, semakin besar kapasitas *crane*, semakin tinggi tekanan bantalan tanah yang akan diinduksi.

4. Jenis Pengimbang

Jenis pengimbang berkaitan dengan relokasi *crane* di lokasi proyek. Sawhney dan Mund (2002) menjelaskan bahwa jumlah atau frekuensi relokasi dapat mempengaruhi kecukupan jenis *crane*. *Crane wheel-mounted* (berlandasan roda) perlu *outrigger* (cadik) yang harus ditarik dan diperpanjang setiap siklus bergerak. Prosedur ini biasanya lebih memakan waktu daripada relokasi *crane crawler-mounted* (berlandasan kelabang). Mikut (2012) mencontohkan misalnya *crane hydraulic all-terrain* (hidraulis untuk segala medan) yang biasanya memiliki kapasitas yang lebih besar daripada *crane rough-terrain* (medan kasar), biasanya membutuhkan waktu persiapan yang lebih lama daripada *crane rough-terrain* karena *counterweight* (imbangan berat) *crane hydraulic all-terrain* biasanya diangkut secara terpisah sehingga berpengaruh pada biaya mobilisasi. Di sisi lain, *crane rough-terrain* memiliki set *outrigger* sehingga biaya mobilisasi dapat diminimalisir.

5. Kapasitas Angkat

Kapasitas angkat jelas merupakan kriteria yang umumnya harus ada dalam suatu pemilihan *crane* karena fungsi *crane* pada dasarnya adalah untuk mengangkat sesuatu. Meskipun ada banyak faktor yang perlu dipertimbangkan ketika pertama kali menaksir proyek yang membutuhkan sebuah *crane*, sebagian besar pertimbangan tersebut terkait dengan beban yang harus dipindahkan (Mikut, 2012).

6. Luas Chassis

Luas *chassis* berkaitan dengan keterbatasan ruang kerja di lokasi proyek. Sawhney dan Mund (2002) menjelaskan bahwa hubungan antara area konstruksi dan lokasi proyek sangat penting. Mikut (2012) menjelaskan bahwa lokasi proyek dapat membatasi ukuran dan jenis *crane* untuk proyek tersebut.

7. Panjang *Boom*

Sama seperti kapasitas angkat, panjang *boom* juga merupakan kriteria yang umumnya harus ada dalam suatu pemilihan *crane* karena berkaitan dengan tinggi konstruksi di lokasi proyek. Sawhney dan Mund (2002) menjelaskan bahwa tinggi *hook* (kait) adalah persyaratan teknis yang harus dipertimbangkan saat menghitung panjang *boom* minimum atau memilih *crane*. Mikut (2012) menjelaskan bahwa jangkauan *crane* yang dibutuhkan dapat benar-benar menentukan konfigurasi *boom* dan *jib* dari sebuah *crane*. Kendala lokasi proyek sering berpengaruh ketika mempertimbangkan jangkauan *crane*. Semakin jauh *crane* harus menjangkau, semakin panjang *boom* dan *jib* yang akan diperlukan.

Adapun matriks hubungan kebutuhan dan kriteria disajikan dalam Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Matriks Hubungan Kebutuhan dan Kriteria

Kebutuhan	Kriteria	Efisiensi	Jenis boom	Jenis carrier	Jenis pengimbang	Kapasitas angkat	Luas chassis	Panjang boom
Mampu bergerak leluasa di dalam lokasi proyek			✓	✓	✓		✓	
Dapat menjangkau material dengan letak yang tinggi								✓
Dapat menjangkau material dengan jarak yang jauh								✓
Dapat mengangkat, menahan, dan memindahkan material dengan beban yang berat						✓		
Tepat dan sesuai dalam memanfaatkan kapasitas instrumen		✓						

Berdasarkan matriks yang telah dibuat maka diketahui bahwa semua kriteria yang diajukan mengakomodasi semua kebutuhan PT Badak NGL, oleh karena itu semua kriteria tersebut diterima sebagai kriteria penelitian. Setelah penentuan kriteria, langkah selanjutnya adalah membuat kuesioner untuk menentukan bobot kriteria pada setiap lokasi pekerjaan pengangkatan beban berat. Penilaian terhadap kuesioner dilakukan oleh seorang responden dari PT Badak NGL yang memegang jabatan sebagai *supervisor Turnaround, Preventive Maintenance/Predictive Maintenance, and Project* (pengawas Perbaikan Menyeluruh, Perawatan Preventif/Perawatan Prediktif, dan Proyek). Responden tersebut adalah orang yang bertanggung jawab terhadap pengawasan pelaksanaan *shutdown* di PT Badak NGL. Keputusan menggunakan responden tunggal didasari atas kebutuhan akan kapabilitas, pengalaman, dan konsistensi penilaian yang tinggi. Lebih jauh, keputusan tersebut juga merupakan rekomendasi dari PT Badak NGL. Dalam proses pengisian kuesioner, diberikan petunjuk bahwa apabila terdapat kriteria yang tidak relevan terhadap pekerjaan pengangkatan beban berat pada *shutdown* di lokasi tertentu, kriteria tersebut diinstruksikan

untuk dicoret dan tidak perlu diisi bobotnya. Adapun karena PROMETHEE tidak menyediakan ukuran penilaian yang baku untuk melakukan pembobotan kriteria, maka penetapan ukuran penilaian pembobotan kriteria diserahkan kepada perancang model pemeringkatan berdasarkan kebutuhan model pemeringkatan itu sendiri. Ukuran penilaian pembobotan kriteria yang digunakan pada penelitian ini adalah interval 1-7, dengan 1 sebagai nilai tingkat kepentingan minimal dan 7 sebagai nilai tingkat kepentingan maksimal. Rekapitulasi pembobotan kriteria disajikan dalam Tabel 4.9.

Tabel 4.9 Rekapitulasi Pembobotan Kriteria

Kriteria	Kode	Bobot						
		L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	L_6	L_7
Efisiensi	f_1	7	7	7	7	7	6	7
Jenis Boom	f_2	2	2	3	2	4	2	5
Jenis Carrier	f_3	1	1	1	1	1	1	1
Jenis Pengimbang	f_4	4	5	2	6	2	5	4
Kapasitas Angkat	f_5	5	4	6	3	3	4	2
Luas Chassis	f_6	3	3	5	5	5	-	6
Panjang Boom	f_7	6	6	4	4	6	3	3

Berdasarkan Tabel 4.9 diketahui bahwa kriteria luas *chassis* pada lokasi 6 dicoret dan tidak diisi bobotnya oleh responden. Responden menilai bahwa hubungan antara karakteristik pekerjaan pengangkatan beban berat di lokasi 6 dengan kriteria luas *chassis* dalam pemilihan *crane* adalah tidak bersangkut paut. Hal ini disebabkan karena responden menilai bahwa akses lokasi 6 luas karena terletak dalam blok sendiri, berbeda dengan lokasi 1-5 yang terletak berdampingan dalam satu blok sehingga dibutuhkan *crane-crane* berbasis tertentu untuk menangani pekerjaan pengangkatan beban berat di lokasi-lokasi tersebut. Selanjutnya, karena pengolahan data dalam PROMETHEE menghendaki agar total bobot seluruh kriteria dalam suatu pemeringkatan bernilai 1, maka diperlukan normalisasi bobot kriteria. Nilai bobot kriteria ternormalisasi didapatkan dengan cara membagikan nilai bobot kriteria yang dihitung dengan total bobot seluruh kriteria yang dihitung. Sebagai contoh f_7 terhadap L_2 , maka:

$$f(7) = \frac{w(f_7)}{\sum w} = \frac{6}{7+2+1+5+4+3+6} = 0,214285714$$

Bobot kriteria ternormalisasi disajikan dalam Tabel 4.10.

Tabel 4.10 Bobot Kriteria Ternormalisasi

Kriteria	Bobot						
	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	L_6	L_7
f_1	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,285714286	0,25
f_2	0,071428571	0,071428571	0,107142857	0,071428571	0,142857143	0,095238095	0,178571429
f_3	0,035714286	0,035714286	0,035714286	0,035714286	0,035714286	0,047619048	0,035714286
f_4	0,142857143	0,178571429	0,071428571	0,214285714	0,071428571	0,238095238	0,142857143

Lanjutan Tabel 4.10 Bobot Kriteria Ternormalisasi

Kriteria	Bobot						
	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	L_6	L_7
f_5	0,178571429	0,142857143	0,214285714	0,107142857	0,107142857	0,19047619	0,071428571
f_6	0,107142857	0,107142857	0,178571429	0,178571429	0,178571429	-	0,214285714
f_7	0,214285714	0,214285714	0,142857143	0,142857143	0,214285714	0,142857143	0,107142857

4.2.4 Penetapan Alternatif

Langkah selanjutnya adalah penetapan alternatif. Berdasarkan data yang diperoleh, PT Badak NGL menggunakan 10 *crane* pada *shutdown train* G PT Badak NGL periode 2013-2017. Ke-10 *crane* ini ditetapkan menjadi alternatif pada penelitian ini. Adapun alternatif pemilihan *crane* disajikan dalam Tabel 4.11.

Tabel 4.11 Alternatif Pemilihan *Crane*

No.	Crane	Merk	Jenis	Kapasitas Angkat (Ton)	Panjang Boom (m)	Kode	Foto
1	BK-07	Grove	RT-49	10	15,5	A_1	
2	BK-13	Manitowoc	4000-Vicon	150	45,5	A_2	
3	BK-17	P&H	160	150	18	A_3	

Lanjutan Tabel 4.11 Alternatif Pemilihan Crane

No.	Crane	Merk	Jenis	Kapasitas Angkat (Ton)	Panjang Boom (m)	Kode	Foto
4	BK-46	Grove	TMS-875	75	35	A ₄	
5	BK-47	Grove	RT-525-E	25	22,9	A ₅	
6	BK-48	Grove	YB-4409-XL	7	9	A ₆	
7	BK-49	Grove	RT-640-E	40	10,1	A ₇	
8	BK-50	Grove	RT-530E-W	30	8,8	A ₈	

Lanjutan Tabel 4.11 Alternatif Pemilihan *Crane*

No.	Crane	Merk	Jenis	Kapasitas Angkat (Ton)	Panjang Boom (m)	Kode	Foto
9	BK-51	Grove	YB-4411	7,7	10	A ₉	
10	BK-52	Grove	YB-5518	16	16,6	A ₁₀	

Rencana alokasi yang dimaksud pada penelitian ini menghendaki agar masing-masing lokasi pekerjaan pengangkatan beban berat selama *shutdown* ditangani dengan sebuah *crane* saja, artinya akan tersedia sebuah *crane* di lokasi masing-masing yang paling cocok untuk menangani pekerjaan pengangkatan beban berat di lokasi-lokasi tersebut. Hal ini berarti sebuah *crane* ditetapkan bisa atau tidaknya menjadi alternatif pada sebuah lokasi tertentu apabila *crane* tersebut memenuhi dua syarat, yaitu memiliki kapasitas angkat yang lebih besar atau sama dengan beban material maksimal pekerjaan pengangkatan beban berat di lokasi tersebut dan memiliki *boom* yang lebih panjang atau sama dengan kebutuhan panjang *boom* maksimal pekerjaan pengangkatan beban berat di lokasi tersebut. Kedua syarat yang menjadi batasan penetapan alternatif ini disajikan dalam Tabel 4.12. Adapun prosedur ini tidak menjadi bagian dari PROMETHEE karena kedua syarat yang sudah dijelaskan sebelumnya harus dipenuhi secara multak, sedangkan PROMETHEE digunakan untuk menimbang syarat-syarat yang memiliki hubungan tarik-ulur nilai atribut. Lebih jauh, prosedur ini tidak menentukan peringkat suatu alternatif terhadap alternatif lainnya, melainkan hanya menentukan validitas penetapan alternatif.

Tabel 4.12 Batasan Penetapan Alternatif

Lokasi	Beban Material Maksimal (Ton)	Kebutuhan Panjang <i>Boom</i> Maksimal (m)
L ₁	27	26,2
L ₂	4	19,2
L ₃	4,5	18,9
L ₄	9	23,3
L ₅	0,5	15,6
L ₆	3	8,9
L ₇	2,5	10,8

Maka, sebagai contoh A_2 terhadap L_1 diketahui kapasitas angkat A_2 sebesar 150 ton, panjang *boom* A_2 sebesar 45,5 m, sedangkan beban material maksimal L_1 sebesar 27 ton, dan kebutuhan panjang *boom* maksimal L_1 sebesar 26,2 m, maka A_2 ditetapkan menjadi alternatif pemilihan *crane* L_1 karena kedua syarat terpenuhi. Contoh lain A_5 terhadap L_4 diketahui kapasitas angkat A_5 sebesar 25 ton, panjang *boom* A_5 sebesar 22,9 m, sedangkan beban material maksimal L_4 sebesar 9 ton, dan kebutuhan panjang *boom* maksimal L_4 sebesar 23,3 m, maka A_5 tidak ditetapkan menjadi alternatif pemilihan *crane* L_4 karena salah satu syarat tidak terpenuhi. Hasil penetapan alternatif disajikan dalam Tabel 4.13.

Tabel 4.13 Hasil Penetapan Alternatif

Alternatif	Lokasi						
	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	L_6	L_7
A_1						✓	✓
A_2	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
A_3					✓	✓	✓
A_4	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
A_5		✓	✓		✓	✓	✓
A_6						✓	
A_7						✓	
A_8							
A_9						✓	
A_{10}					✓	✓	✓

Dalam Tabel 4.13 *crane* yang ditetapkan menjadi alternatif pemilihan ditandai dengan tanda centang (✓), sedangkan *crane* yang tidak ditetapkan menjadi alternatif pemilihan tidak ditandai. Berdasarkan Tabel 4.13 diketahui bahwa A_8 tidak bisa ditetapkan menjadi alternatif pemilihan *crane* pada lokasi manapun karena A_8 tidak memenuhi kedua syarat pada satu pun lokasi, dan diketahui pula bahwa:

1. A_2 dan A_4 ditetapkan menjadi alternatif pemilihan *crane* pada lokasi 1.
2. A_2 , A_4 , dan A_5 ditetapkan menjadi alternatif pemilihan *crane* pada lokasi 2.
3. A_2 , A_4 , dan A_5 ditetapkan menjadi alternatif pemilihan *crane* pada lokasi 3.
4. A_2 dan A_4 ditetapkan menjadi alternatif pemilihan *crane* pada lokasi 4.
5. A_2 , A_3 , A_4 , A_5 , dan A_{10} ditetapkan menjadi alternatif pemilihan *crane* pada lokasi 5.
6. A_1 , A_2 , A_3 , A_4 , A_5 , A_6 , A_7 , A_9 , dan A_{10} ditetapkan menjadi alternatif pemilihan *crane* pada lokasi 6.
7. A_1 , A_2 , A_3 , A_4 , A_5 , dan A_{10} ditetapkan menjadi alternatif pemilihan *crane* pada lokasi 7.

4.2.5 Penentuan Tipe dan Parameter Fungsi Preferensi Kriteria

Langkah selanjutnya adalah penentuan tipe dan parameter fungsi kriteria. Langkah ini dilakukan pada setiap lokasi pekerjaan pengangkatan beban berat. Namun sebelumnya, harus ditentukan terlebih dahulu kaidah masing-masing kriteria, apakah maksimasi atau minimasi. Kaidah kriteria disajikan dalam Tabel 4.14.

Tabel 4.14 Kaidah Kriteria

Kriteria	Kaidah	Penjelasan
f_1	Maksimasi	Nilai sebuah alternatif semakin baik jika nilai efisiensi alternatif tersebut semakin besar
f_2	Maksimasi	Nilai sebuah alternatif semakin baik jika nilai jenis <i>boom</i> alternatif tersebut semakin besar
f_3	Maksimasi	Nilai sebuah alternatif semakin baik jika nilai jenis <i>carrier</i> alternatif tersebut semakin besar
f_4	Maksimasi	Nilai sebuah alternatif semakin baik jika nilai jenis pengimbang alternatif tersebut semakin besar
f_5	Maksimasi	Nilai sebuah alternatif semakin baik jika nilai kapasitas angkat alternatif tersebut semakin besar
f_6	Minimasi	Nilai sebuah alternatif semakin baik jika nilai luas <i>chassis</i> alternatif tersebut semakin kecil
f_7	Maksimasi	Nilai sebuah alternatif semakin baik jika nilai panjang <i>boom</i> alternatif tersebut semakin besar

Dalam PROMETHEE terdapat enam tipe preferensi kriteria, antara lain kriteria biasa (tipe I), kriteria kuasi (tipe II), kriteria dengan preferensi linier (tipe III), kriteria level (tipe IV), kriteria dengan preferensi linier dan area yang tidak berbeda (tipe V), dan kriteria Gaussian (tipe VI). Penentuan tipe preferensi dari masing-masing kriteria memiliki beberapa alasan yang mendasarinya antara lain:

1. Data yang digunakan untuk nilai pada kriteria dikategorikan sebagai estimasi kasar yaitu skala 1-5 sesuai dengan tipe I, II, dan IV.
2. Perbandingan antara dua alternatif memperlihatkan kecenderungan yang tidak sama untuk nilai dengan selisih tertentu sesuai dengan tipe II dan IV.
3. Fungsi preferensi yang paling cocok untuk kriteria kuantitatif (misalnya harga, biaya, energi, dan lain-lain) sesuai dengan tipe III dan V.
4. Fungsi preferensi yang kurang sering digunakan karena lebih sulit untuk penentuan parameter, nilai σ berada di antara ambang q dan p sesuai dengan tipe VI.

Adapun penentuan tipe dan parameter fungsi kriteria pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Efisiensi

Kriteria efisiensi cocok untuk tipe preferensi kriteria dengan preferensi linier dan area yang tidak berbeda (tipe V) karena peningkatan preferensi secara linier dari tidak berbeda hingga preferensi mutlak dalam area antara dua kecenderungan q dan p ikut

dipertimbangkan. Lebih jauh, nilai dari masing-masing perbedaan memperlihatkan tahap perbedaan intensitas preferensi lemah atau kuat. Nilai kriteria efisiensi didapatkan melalui membagi nilai rata-rata beban material suatu lokasi dengan nilai kapasitas angkat sebuah *crane*. Sebagai contoh, dicari nilai kriteria efisiensi A_1 pada lokasi 7. Adapun beban material lokasi 7 disajikan dalam Tabel 4.15 dan perhitungannya yaitu sebagai berikut:

Tabel 4.15 Beban Material Lokasi 7

No.	Pekerjaan	Beban Material (Ton)
1	Pengangkatan dan pendirian tiang listrik barat <i>train</i> G	1
2	Pengangkatan <i>straccer</i> di daerah <i>fiberglass</i>	2
3	Pencabutan <i>block valve</i>	1,5
4	Pengangkatan <i>pressure safety valve train</i> G untuk <i>valve shop</i> 14 EA	0,3
5	Pengangkatan pompa <i>train</i> G	0,75
6	Pengangkatan <i>block valve</i> 24" <i>train</i> G	2,5
7	Pengangkatan <i>blower</i> tangki <i>plant</i> 19 <i>train</i> G	0,3
8	Pengangkatan <i>valve plant</i> 19 <i>train</i> G	0,3
9	Pengangkatan <i>cover mainway recycle line</i>	0,1
10	Pengangkatan <i>head pump cooling water</i> dari <i>shop</i>	0,15
11	Pengangkatan <i>head pump cooling water</i> di daerah <i>fiberglass</i> area 9 untuk <i>shop</i>	0,15

Sumber: PT Badak NGL

$$f(A_1) = \frac{1+2+1,5+0,3+0,75+2,5+0,3+0,3+0,1+0,15+0,15}{11} = \frac{0,822727273}{10} = 0,082272727 \approx 8,23\%$$

Sehingga diketahui bahwa nilai kriteria efisiensi A_1 pada lokasi 7 adalah sebesar 8,23%. Adapun nilai kriteria efisiensi disajikan dalam Tabel 4.16 dan karena menggunakan tipe V, maka diperlukan penentuan nilai parameter q serta p pada masing-masing lokasi. Sebagai contoh, nilai selisih kriteria efisiensi lokasi 7 disajikan dalam Tabel 4.17 dan penentuan nilai parameter q serta p pada lokasi 7 adalah sebagai berikut:

Tabel 4.16 Nilai Kriteria Efisiensi

Alternatif	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	A_7	A_9	A_{10}
L_1	-	5,95	-	11,89	-	-	-	-	-
L_2	-	0,68	-	1,36	4,09	-	-	-	-
L_3	-	0,87	-	1,73	5,2	-	-	-	-
L_4	-	0,89	-	1,78	-	-	-	-	-
L_5	-	0,29	0,29	0,58	1,73	-	-	-	2,71
L_6	13,08	0,87	0,87	1,74	5,23	18,69	3,27	16,99	8,18
L_7	8,23	0,55	0,55	1,1	3,29	-	-	-	5,14

Tabel 4.17 Nilai Selisih Kriteria Efisiensi Lokasi 7

$f_j(\dots, \dots)$	$A_x - A_y$	d	$d - \bar{d}$	$(d - \bar{d})^2$
$\pi(A_1, A_2)$	7,68	7,68	4,056	16,451136
$\pi(A_1, A_3)$	7,68	7,68	4,056	16,451136
$\pi(A_1, A_4)$	7,13	7,13	3,506	12,292036
$\pi(A_1, A_5)$	4,94	4,94	1,316	1,731856

Lanjutan Tabel 4.17 Nilai Selisih Kriteria Efisiensi Lokasi 7

$f_j(\dots, \dots)$	$A_x - A_y$	d	$d - \bar{d}$	$(d - \bar{d})^2$
$\pi(A_1, A_{10})$	3,09	3,09	-0,534	0,285156
$\pi(A_2, A_1)$	-7,68	7,68	4,056	16,451136
$\pi(A_2, A_3)$	0	0	-3,624	13,133376
$\pi(A_2, A_4)$	-0,55	0,55	-3,074	9,449476
$\pi(A_2, A_5)$	-2,74	2,74	-0,884	0,781456
$\pi(A_2, A_{10})$	-4,59	4,59	0,966	0,933156
$\pi(A_3, A_1)$	-7,68	7,68	4,056	16,451136
$\pi(A_3, A_2)$	0	0	-3,624	13,133376
$\pi(A_3, A_4)$	-0,55	0,55	-3,074	9,449476
$\pi(A_3, A_5)$	-2,74	2,74	-0,884	0,781456
$\pi(A_3, A_{10})$	-4,59	4,59	0,966	0,933156
$\pi(A_4, A_1)$	-7,13	7,13	3,506	12,292036
$\pi(A_4, A_2)$	0,55	0,55	-3,074	9,449476
$\pi(A_4, A_3)$	0,55	0,55	-3,074	9,449476
$\pi(A_4, A_5)$	-2,19	2,19	-1,434	2,056356
$\pi(A_4, A_{10})$	-4,04	4,04	0,416	0,173056
$\pi(A_5, A_1)$	-4,94	4,94	1,316	1,731856
$\pi(A_5, A_2)$	2,74	2,74	-0,884	0,781456
$\pi(A_5, A_3)$	2,74	2,74	-0,884	0,781456
$\pi(A_5, A_4)$	2,19	2,19	-1,434	2,056356
$\pi(A_5, A_{10})$	-1,85	1,85	-1,774	3,147076
$\pi(A_{10}, A_1)$	-3,09	3,09	-0,534	0,285156
$\pi(A_{10}, A_2)$	4,59	4,59	0,966	0,933156
$\pi(A_{10}, A_3)$	4,59	4,59	0,966	0,933156
$\pi(A_{10}, A_4)$	4,04	4,04	0,416	0,173056
$\pi(A_{10}, A_5)$	1,85	1,85	-1,774	3,147076

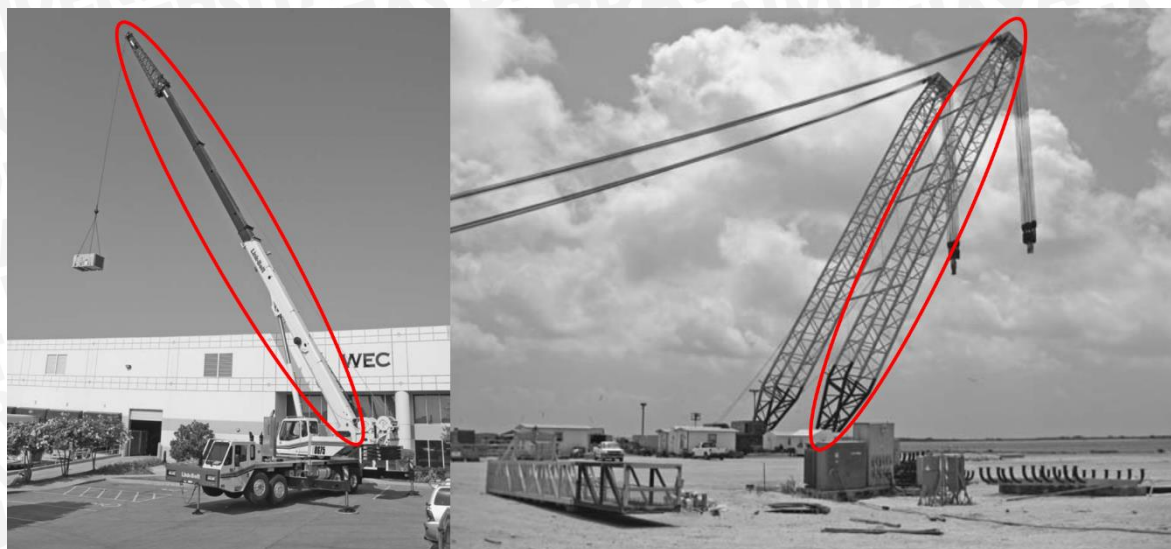
$$\bar{d} = \frac{\sum d}{N} = \frac{7,68+7,68+\dots+1,85}{30} = \frac{108,72}{30} = 3,624$$

$$q = \sqrt{\frac{\sum (d - \bar{d})^2}{N}} = \sqrt{\frac{16,451136+16,451136+\dots+3,147076}{30}} = \sqrt{\frac{176,09872}{30}} = \sqrt{5,869957333} = 2,422799483$$

$$p = \bar{d} + q = 3,624 + 2,422799483 = 6,046799483$$

2. Jenis Boom

Berdasarkan data yang diperoleh, dari ke-10 crane hanya terdapat dua jenis boom yaitu boom telescopic dan boom lattice. Kedua jenis boom ini diilustrasikan dalam Gambar 4.4. Merujuk Mikut (2012) crane dengan boom telescopic adalah lebih baik untuk keperluan pekerjaan pengangkatan beban berat selama shutdown daripada crane dengan boom lattice karena berkaitan dengan ruang kerja, biaya, dan jadwal. Crane dengan boom lattice memerlukan lebih banyak ruang kerja dan waktu untuk disiapkan, yang juga berakibat lebih banyak biaya yang harus dikeluarkan daripada crane dengan boom telescopic.



Gambar 4.4 *Boom telescopic* (kiri) dan *boom lattice* (kanan)
Sumber: Shapiro dan Shapiro (2010)

Untuk keperluan pengolahan data, maka penilaian biner diperlukan. Ditentukan bahwa *crane* dengan *boom telescopic* memiliki nilai 1 sedangkan *crane* dengan *boom lattice* memiliki nilai 0. Nilai kriteria jenis *boom* disajikan dalam Tabel 4.18 dan karena menggunakan tipe I, maka tidak diperlukan penentuan nilai parameter pada masing-masing lokasi.

Tabel 4.18 Nilai Kriteria Jenis *Boom*

Alternatif	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	A ₆	A ₇	A ₉	A ₁₀
Nilai	1	0	0	1	1	1	1	1	1

3. Jenis *Carrier*

Berdasarkan data yang diperoleh, dari ke-10 *crane* hanya terdapat dua jenis *carrier* yaitu *wheel-mounted* dan *crawler-mounted*. Kedua jenis *carrier* ini diilustrasikan dalam Gambar 4.5.



Gambar 4.5 *Wheel-mounted* (kiri) dan *crawler-mounted* (kanan)
Sumber: Shapiro dan Shapiro (2010)

Merujuk Mikut (2012) jika kondisi tanah lemah atau terdapat banyak utilitas bawah tanah, maka lebih bijaksana untuk memilih *crane* yang membebankan tekanan bantalan tanah yang lebih rendah. *Crane wheel-mounted* membebankan tekanan bantalan tanah yang lebih rendah daripada *crane crawler-mounted* sehingga dalam hal ini *crane wheel-mounted* lebih baik daripada *crane crawler-mounted*. Lebih jauh, *crane crawler-mounted* membutuhkan bantalan tambahan selama pengoperasian agar tidak merusak jalan di bawahnya sehingga *crane crawler-mounted* membutuhkan waktu lebih banyak untuk dipersiapkan daripada *crane wheel-mounted*. Pilihan yang terbatas (hanya dua pilihan) membuat penilaian jenis *carrier* memiliki preferensi mutlak, dalam hal ini *crane wheel-mounted* adalah mutlak lebih baik daripada *crane crawler-mounted*, sehingga kriteria ini cocok untuk tipe preferensi kriteria biasa (tipe I). Untuk keperluan pengolahan data, maka penilaian biner diperlukan. Ditentukan bahwa *crane wheel-mounted* memiliki nilai 1 sedangkan *crane crawler-mounted* memiliki nilai 0. Nilai kriteria jenis *carrier* disajikan dalam Tabel 4.19 dan karena menggunakan tipe I, maka tidak diperlukan penentuan nilai parameter pada masing-masing lokasi.

Tabel 4.19 Nilai Kriteria Jenis *Carrier*

Alternatif	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	A_7	A_9	A_{10}
Nilai	1	0	1	1	1	1	1	1	1

4. Jenis Pengimbang

Berdasarkan data yang diperoleh, dari ke-10 *crane* hanya terdapat dua jenis pengimbang yaitu *counterweight-based* (berdasar imbangan berat) dan *outrigger-based* (berdasar cadik). Kedua jenis pengimbang ini diilustrasikan dalam Gambar 4.6.



Gambar 4.6 *Counterweight-based* (kiri) dan *outrigger-based* (kanan)
Sumber: Shapiro dan Shapiro (2010)

Sawhney dan Mund (2002) menjelaskan bahwa *crane wheel-mounted* perlu *outrigger* yang harus ditarik dan diperpanjang setiap siklus bergerak. Prosedur ini biasanya lebih memakan waktu daripada relokasi *crane crawler-mounted* yang berdasar imbalan berat. Hal ini membuat *crane counterweight-based* lebih baik daripada *crane outrigger-based*. Pilihan yang terbatas (hanya dua pilihan) membuat penilaian jenis pengimbang memiliki preferensi mutlak, dalam hal ini *crane counterweight-based* adalah mutlak lebih baik daripada *crane outrigger-based*, sehingga kriteria ini cocok untuk tipe preferensi kriteria biasa (tipe I). Untuk keperluan pengolahan data, maka penilaian biner diperlukan. Ditentukan bahwa *crane counterweight-based* memiliki nilai 1 sedangkan *crane outrigger-based* memiliki nilai 0. Nilai kriteria jenis pengimbang disajikan dalam Tabel 4.20 dan karena menggunakan tipe I, maka tidak diperlukan penentuan nilai parameter pada masing-masing lokasi.

Tabel 4.20 Nilai Kriteria Jenis Pengimbang

Alternatif	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	A_7	A_9	A_{10}
Nilai	0	1	0	0	0	0	0	0	0

5. Kapasitas Angkat

Sama seperti kriteria efisiensi, kriteria kapasitas angkat cocok untuk tipe preferensi kriteria dengan preferensi linier dan area yang tidak berbeda (tipe V) karena peningkatan preferensi secara linier dari tidak berbeda hingga preferensi mutlak dalam area antara dua kecenderungan q dan p ikut dipertimbangkan. Lebih jauh, nilai dari masing-masing perbedaan memperlihatkan tahap perbedaan intensitas preferensi lemah atau kuat. Nilai kriteria kapasitas angkat disajikan dalam Tabel 4.21 dan karena menggunakan tipe V, maka diperlukan penentuan nilai parameter q serta p pada masing-masing lokasi. Sebagai contoh, nilai selisih kriteria kapasitas angkat lokasi 7 disajikan dalam Tabel 4.22 dan penentuan nilai parameter q serta p pada lokasi 7 adalah sebagai berikut:

Tabel 4.21 Nilai Kriteria Kapasitas Angkat

Alternatif	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	A_7	A_9	A_{10}
L_1	-	150	-	75	-	-	-	-	-
L_2	-	150	-	75	25	-	-	-	-
L_3	-	150	-	75	25	-	-	-	-
L_4	-	150	-	75	-	-	-	-	-
L_5	-	150	150	75	25	-	-	-	16
L_6	10	150	150	75	25	7	40	7,7	16
L_7	10	150	150	75	25	-	-	-	16

Tabel 4.22 Nilai Selisih Kriteria Kapasitas Angkat Lokasi 7

$f_j(\dots, \dots)$	$A_x - A_y$	d	$d - \bar{d}$	$(d - \bar{d})^2$
$\pi(A_1, A_2)$	-140	140	63,2	3994,24
$\pi(A_1, A_3)$	-140	140	63,2	3994,24

Lanjutan Tabel 4.22 Nilai Selisih Kriteria Kapasitas Angkat Lokasi 7

$f_j(\dots, \dots)$	$A_x - A_y$	d	$d - \bar{d}$	$(d - \bar{d})^2$
$\pi(A_1, A_4)$	-65	65	-11,8	139,24
$\pi(A_1, A_5)$	-15	15	-61,8	3819,24
$\pi(A_1, A_{10})$	-6	6	-70,8	5012,64
$\pi(A_2, A_1)$	140	140	63,2	3994,24
$\pi(A_2, A_3)$	0	0	-76,8	5898,24
$\pi(A_2, A_4)$	75	75	-1,8	3,24
$\pi(A_2, A_5)$	125	125	48,2	2323,24
$\pi(A_2, A_{10})$	134	134	57,2	3271,84
$\pi(A_3, A_1)$	140	140	63,2	3994,24
$\pi(A_3, A_2)$	0	0	-76,8	5898,24
$\pi(A_3, A_4)$	75	75	-1,8	3,24
$\pi(A_3, A_5)$	125	125	48,2	2323,24
$\pi(A_3, A_{10})$	134	134	57,2	3271,84
$\pi(A_4, A_1)$	65	65	-11,8	139,24
$\pi(A_4, A_2)$	-75	75	-1,8	3,24
$\pi(A_4, A_3)$	-75	75	-1,8	3,24
$\pi(A_4, A_5)$	50	50	-26,8	718,24
$\pi(A_4, A_{10})$	59	59	-17,8	316,84
$\pi(A_5, A_1)$	15	15	-61,8	3819,24
$\pi(A_5, A_2)$	-125	125	48,2	2323,24
$\pi(A_5, A_3)$	-125	125	48,2	2323,24
$\pi(A_5, A_4)$	-50	50	-26,8	718,24
$\pi(A_5, A_{10})$	9	9	-67,8	4596,84
$\pi(A_{10}, A_1)$	6	6	-70,8	5012,64
$\pi(A_{10}, A_2)$	-134	134	57,2	3271,84
$\pi(A_{10}, A_3)$	-134	134	57,2	3271,84
$\pi(A_{10}, A_4)$	-59	59	-17,8	316,84
$\pi(A_{10}, A_5)$	-9	9	-67,8	4596,84

$$\bar{d} = \frac{\sum d}{N} = \frac{140+140+\dots+9}{30} = \frac{2304}{30} = 76,8$$

$$q = \sqrt{\frac{\sum (d - \bar{d})^2}{N}} = \sqrt{\frac{3994,24+3994,24+\dots+4596,84}{30}} = \sqrt{\frac{79372,8}{30}} = \sqrt{2645,76} = 51,4369517$$

$$p = \bar{d} + q = 76,8 + 51,4369517 = 128,2369517$$

6. Luas Chassis

Sama seperti kriteria kapasitas angkat, kriteria luas *chassis* cocok untuk tipe preferensi kriteria dengan preferensi linier dan area yang tidak berbeda (tipe V) karena peningkatan preferensi secara linier dari tidak berbeda hingga preferensi mutlak dalam area antara dua kecenderungan q dan p ikut dipertimbangkan. Lebih jauh, nilai dari masing-masing perbedaan memperlihatkan tahap perbedaan intensitas preferensi lemah atau kuat. Nilai kriteria luas *chassis* disajikan dalam Tabel 4.23 dan karena menggunakan tipe V, maka diperlukan penentuan nilai parameter q serta p pada masing-masing lokasi. Sebagai

contoh, nilai selisih kriteria luas *chassis* lokasi 7 disajikan dalam Tabel 4.24 dan penentuan nilai parameter q serta p pada lokasi 7 adalah sebagai berikut:

Tabel 4.23 Nilai Kriteria Luas *Chassis*

Alternatif	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	A_7	A_9	A_{10}
Nilai	L_1	-	47,07	-	39,29	-	-	-	-
	L_2	-	47,07	-	39,29	17,97	-	-	-
	L_3	-	47,07	-	39,29	17,97	-	-	-
	L_4	-	47,07	-	39,29	-	-	-	-
	L_5	-	47,07	36,38	39,29	17,97	-	-	10,47
	L_6	12,31	47,07	36,38	39,29	17,97	7,26	23,48	10,47
	L_7	12,31	47,07	36,38	39,29	17,97	-	-	10,47

Tabel 4.24 Nilai Selisih Kriteria Luas *Chassis* Lokasi 7

$f_j(\dots, \dots)$	$A_x - A_y$	d	$d - \bar{d}$	$(d - \bar{d})^2$
$\pi(A_1, A_2)$	-34,76	34,76	15,93666667	253,9773444
$\pi(A_1, A_3)$	-24,07	24,07	5,246666667	27,52751111
$\pi(A_1, A_4)$	-26,98	26,98	8,156666667	66,53121111
$\pi(A_1, A_5)$	-5,66	5,66	-13,16333333	173,2733444
$\pi(A_1, A_{10})$	1,84	1,84	-16,98333333	288,4336111
$\pi(A_2, A_1)$	34,76	34,76	15,93666667	253,9773444
$\pi(A_2, A_3)$	10,69	10,69	-8,133333333	66,15111111
$\pi(A_2, A_4)$	7,78	7,78	-11,04333333	121,9552111
$\pi(A_2, A_5)$	29,1	29,1	10,27666667	105,6098778
$\pi(A_2, A_{10})$	36,6	36,6	17,77666667	316,0098778
$\pi(A_3, A_1)$	24,07	24,07	5,246666667	27,52751111
$\pi(A_3, A_2)$	-10,69	10,69	-8,133333333	66,15111111
$\pi(A_3, A_4)$	-2,91	2,91	-15,91333333	253,2341778
$\pi(A_3, A_5)$	18,41	18,41	-0,413333333	0,170844444
$\pi(A_3, A_{10})$	25,91	25,91	7,086666667	50,22084444
$\pi(A_4, A_1)$	26,98	26,98	8,156666667	66,53121111
$\pi(A_4, A_2)$	-7,78	7,78	-11,04333333	121,9552111
$\pi(A_4, A_3)$	2,91	2,91	-15,91333333	253,2341778
$\pi(A_4, A_5)$	21,32	21,32	2,496666667	6,233344444
$\pi(A_4, A_{10})$	28,82	28,82	9,996666667	99,93334444
$\pi(A_5, A_1)$	5,66	5,66	-13,16333333	173,2733444
$\pi(A_5, A_2)$	-29,1	29,1	10,27666667	105,6098778
$\pi(A_5, A_3)$	-18,41	18,41	-0,413333333	0,170844444
$\pi(A_5, A_4)$	-21,32	21,32	2,496666667	6,233344444
$\pi(A_5, A_{10})$	7,5	7,5	-11,32333333	128,2178778
$\pi(A_{10}, A_1)$	-1,84	1,84	-16,98333333	288,4336111
$\pi(A_{10}, A_2)$	-36,6	36,6	17,77666667	316,0098778
$\pi(A_{10}, A_3)$	-25,91	25,91	7,086666667	50,22084444
$\pi(A_{10}, A_4)$	-28,82	28,82	9,996666667	99,93334444
$\pi(A_{10}, A_5)$	-7,5	7,5	-11,32333333	128,2178778

$$\bar{d} = \frac{\sum d}{N} = \frac{34,76+24,07+\dots+7,5}{30} = \frac{564,7}{30} = 18,82333333$$

$$q = \sqrt{\frac{\sum(d-\bar{d})^2}{N}} = \sqrt{\frac{253,9773444+27,52751111+\dots+128,2178778}{30}} = \sqrt{\frac{3914,959067}{30}} = \sqrt{130,4986356} = 11,42359994$$

$$p = \bar{d} + q = 18,82333333 + 11,42359994 = 30,24693327$$

7. Panjang Boom

Sama seperti kriteria luas *chassis*, kriteria panjang *boom* cocok untuk tipe preferensi kriteria dengan preferensi linier dan area yang tidak berbeda (tipe V) karena peningkatan preferensi secara linier dari tidak berbeda hingga preferensi mutlak dalam area antara dua kecenderungan q dan p ikut dipertimbangkan. Lebih jauh, nilai dari masing-masing perbedaan memperlihatkan tahap perbedaan intensitas preferensi lemah atau kuat. Nilai kriteria panjang *boom* disajikan dalam Tabel 4.25 dan karena menggunakan tipe V, maka diperlukan penentuan nilai parameter q serta p pada masing-masing lokasi. Sebagai contoh, nilai selisih kriteria panjang *boom* lokasi 7 disajikan dalam Tabel 4.26 dan penentuan nilai parameter q serta p pada lokasi 7 adalah sebagai berikut:

Tabel 4.25 Nilai Kriteria Panjang Boom

Alternatif	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	A_7	A_9	A_{10}
Nilai	L_1	-	45,5	-	35	-	-	-	-
	L_2	-	45,5	-	35	22,9	-	-	-
	L_3	-	45,5	-	35	22,9	-	-	-
	L_4	-	45,5	-	35	-	-	-	-
	L_5	-	45,5	18	35	22,9	-	-	16,6
	L_6	15,5	45,5	18	35	22,9	9	10,1	16,6
	L_7	15,5	45,5	18	35	22,9	-	-	16,6

Tabel 4.26 Nilai Selisih Kriteria Panjang Boom Lokasi 7

$f_j(\dots, \dots)$	$A_x - A_y$	d	$d - \bar{d}$	$(d - \bar{d})^2$
$\pi(A_1, A_2)$	-30	30	15,99333333	255,7867111
$\pi(A_1, A_3)$	-2,5	2,5	-11,50666667	132,4033778
$\pi(A_1, A_4)$	-19,5	19,5	5,493333333	30,17671111
$\pi(A_1, A_5)$	-7,4	7,4	-6,606666667	43,64804444
$\pi(A_1, A_{10})$	-1,1	1,1	-12,90666667	166,5820444
$\pi(A_2, A_1)$	30	30	15,99333333	255,7867111
$\pi(A_2, A_3)$	27,5	27,5	13,49333333	182,0700444
$\pi(A_2, A_4)$	10,5	10,5	-3,506666667	12,29671111
$\pi(A_2, A_5)$	22,6	22,6	8,593333333	73,84537778
$\pi(A_2, A_{10})$	28,9	28,9	14,89333333	221,8113778
$\pi(A_3, A_1)$	2,5	2,5	-11,50666667	132,4033778
$\pi(A_3, A_2)$	-27,5	27,5	13,49333333	182,0700444
$\pi(A_3, A_4)$	-17	17	2,993333333	8,960044444
$\pi(A_3, A_5)$	-4,9	4,9	-9,106666667	82,93137778
$\pi(A_3, A_{10})$	1,4	1,4	-12,60666667	158,9280444
$\pi(A_4, A_1)$	19,5	19,5	5,493333333	30,17671111
$\pi(A_4, A_2)$	-10,5	10,5	-3,506666667	12,29671111
$\pi(A_4, A_3)$	17	17	2,993333333	8,960044444

Lanjutan Tabel 4.26 Nilai Selisih Kriteria Panjang Boom Lokasi 7

$f_j(\dots, \dots)$	$A_x - A_y$	d	$d - \bar{d}$	$(d - \bar{d})^2$
$\pi(A_4, A_5)$	12,1	12,1	-1,906666667	3,635377778
$\pi(A_4, A_{10})$	18,4	18,4	4,393333333	19,30137778
$\pi(A_5, A_1)$	7,4	7,4	-6,606666667	43,64804444
$\pi(A_5, A_2)$	-22,6	22,6	8,593333333	73,84537778
$\pi(A_5, A_3)$	4,9	4,9	-9,106666667	82,93137778
$\pi(A_5, A_4)$	-12,1	12,1	-1,906666667	3,635377778
$\pi(A_5, A_{10})$	6,3	6,3	-7,706666667	59,39271111
$\pi(A_{10}, A_1)$	1,1	1,1	-12,90666667	166,5820444
$\pi(A_{10}, A_2)$	-28,9	28,9	14,89333333	221,8113778
$\pi(A_{10}, A_3)$	-1,4	1,4	-12,60666667	158,9280444
$\pi(A_{10}, A_4)$	-18,4	18,4	4,393333333	19,30137778
$\pi(A_{10}, A_5)$	-6,3	6,3	-7,706666667	59,39271111

$$\bar{d} = \frac{\sum d}{N} = \frac{30+2,5+\dots+6,3}{30} = \frac{420,2}{30} = 14,00666667$$

$$q = \sqrt{\frac{\sum (d - \bar{d})^2}{N}} = \sqrt{\frac{255,7867111+132,4033778+\dots+59,39271111}{30}} = \sqrt{\frac{2903,538667}{30}} =$$

$$\sqrt{96,78462222} = 9,837917575$$

$$p = \bar{d} + q = 14,00666667 + 9,837917575 = 23,84458424$$

4.2.6 Pemeringkatan Alternatif

4.2.6.1 Pemeringkatan Alternatif Lokasi 1

Peringkat alternatif lokasi 1 didapatkan setelah melakukan penentuan nilai preferensi, perhitungan indeks preferensi, serta perhitungan *leaving flow*, *entering flow*, dan *net flow*. Untuk itu, dibutuhkan rekapitulasi hasil pengolahan data dari langkah-langkah sebelumnya. Rekapitulasi data lokasi 1 disajikan dalam Tabel 4.27 dan pengolahan data selanjutnya adalah sebagai berikut:

Tabel 4.27 Rekapitulasi Data Lokasi 1

Kriteria	Bobot	Kaidah	Tipe Preferensi	Parameter	Satuan	Alternatif	
						A_2	A_4
f_1	0,25	Maksimasi	V	$q = 0$ $p = 5,94$	%	5,95	11,89
f_2	0,071428571	Maksimasi	I	-	-	0	1
f_3	0,035714286	Maksimasi	I	-	-	0	1
f_4	0,142857143	Maksimasi	I	-	-	1	0
f_5	0,178571429	Maksimasi	V	$q = 0$ $p = 75$	ton	150	75
f_6	0,107142857	Minimasi	V	$q = 0$ $p = 7,78$	m ²	47,07	39,29
f_7	0,214285714	Maksimasi	V	$q = 0$ $p = 10,5$	m	45,5	35

1. Penentuan Nilai Preferensi

Sebagai contoh, A_2 terhadap A_4 pada f_1 , maka:

$$Tipe V \rightarrow H(d) = \begin{cases} 0 & \text{jika } d \leq q \\ \frac{d-q}{p-q} & \text{jika } q < d \leq p \\ 1 & \text{jika } d > p \end{cases}$$

$$Max \rightarrow d = d \times 1 = (f(A_2) - f(A_4)) \times 1 = (5,95 - 11,89) \times 1 = -5,94$$

$$q = 0$$

$$p = 5,94$$

$$d < q \rightarrow H(d) = 0$$

2. Perhitungan Indeks Preferensi

Sebagai contoh, A_2 terhadap A_4 , maka:

$$\delta(a, b) = \sum_j^k w_j \cdot P_j(a, b)$$

$$\begin{aligned} \delta(A_2, A_4) &= (0,25 \times 0) + (0,071428571 \times 0) + (0,035714286 \times 0) + \\ &+ (0,142857143 \times 1) + (0,178571429 \times 1) + (0,107142857 \times 0) + \\ &+ (0,214285714 \times 1) = 0,535714286 \end{aligned}$$

3. Perhitungan *Leaving Flow*

Sebagai contoh, A_2 , maka:

$$\varphi^+(a) = \frac{1}{n-1} \sum_j^k \delta(a, b)$$

$$\varphi^+(A_2) = \frac{1}{2-1} (0 + 0,535714286) = 0,535714286$$

4. Perhitungan *Entering Flow*

Sebagai contoh, A_2 , maka:

$$\varphi^-(a) = \frac{1}{n-1} \sum_j^k \delta(a, b)$$

$$\varphi^-(A_2) = \frac{1}{2-1} (0 + 0,464285714) = 0,464285714$$

5. Perhitungan *Net Flow*

Sebagai contoh, A_2 , maka:

$$\varphi(a) = \varphi^+(a) - \varphi^-(a)$$

$$\varphi(A_2) = 0,535714286 - 0,464285714 = 0,071428571$$

Rekapitulasi perhitungan nilai dan indeks preferensi lokasi 1 disajikan dalam Tabel

4.28. Rekapitulasi perhitungan *leaving flow* dan *entering flow* lokasi 1 disajikan dalam Tabel

4.29. Lalu hasil pemeringkatan alternatif lokasi 1 disajikan dalam Tabel 4.30.

Tabel 4.28 Rekapitulasi Perhitungan Nilai dan Indeks Preferensi Lokasi 1

$f_j(\dots, \dots)$	f_1	f_2	f_3	f_4	f_5	f_6	f_7	δ
	Tipe V	Tipe I	Tipe I	Tipe I	Tipe V	Tipe V	Tipe V	
$\pi(A_2, A_2)$	0	0	0	0	0	0	0	0
$\pi(A_2, A_4)$	0	0	0	1	1	0	1	0,535714286
$\pi(A_4, A_2)$	1	1	1	0	0	1	0	0,464285714
$\pi(A_4, A_4)$	0	0	0	0	0	0	0	0
w	0,25	0,071428571	0,035714286	0,142857143	0,178571429	0,107142857	0,214285714	

Tabel 4.29 Rekapitulasi Perhitungan *Leaving Flow* dan *Entering Flow* Lokasi 1

Alternatif	A_2	A_4	φ^+
A_2	0	0,535714286	0,535714286
A_4	0,464285714	0	0,464285714
φ^-	0,464285714	0,535714286	

Tabel 4.30 Hasil Pemeringkatan Alternatif Lokasi 1

Alternatif	φ^+	Peringkat	φ^-	Peringkat	φ	Peringkat
A_2	0,535714286	1	0,464285714	2	0,071428571	1
A_4	0,464285714	2	0,535714286	1	-0,071428571	2

4.2.6.2 Pemeringkatan Alternatif Lokasi 2

Peringkat alternatif lokasi 2 didapatkan setelah melakukan penentuan nilai preferensi, perhitungan indeks preferensi, serta perhitungan *leaving flow*, *entering flow*, dan *net flow*. Untuk itu, dibutuhkan rekapitulasi hasil pengolahan data dari langkah-langkah sebelumnya. Rekapitulasi data lokasi 2 disajikan dalam Tabel 4.31 dan pengolahan data selanjutnya adalah sebagai berikut:

Tabel 4.31 Rekapitulasi Data Lokasi 2

Kriteria	Bobot	Kaidah	Tipe Preferensi	Parameter	Satuan	Alternatif		
						A_2	A_4	A_5
f_1	0,25	Maksimasi	V	$q = 1,160354352$ $p = 3,433687685$	%	0,68	1,36	4,09
f_2	0,071428571	Maksimasi	I	-	-	0	1	1
f_3	0,035714286	Maksimasi	I	-	-	0	1	1
f_4	0,178571429	Maksimasi	I	-	-	1	0	0
f_5	0,142857143	Maksimasi	V	$q = 31,18047822$ $p = 114,5138116$	ton	150	75	25
f_6	0,107142857	Minimasi	V	$q = 8,809101354$ $p = 28,20910135$	m ²	47,07	39,29	17,97
f_7	0,214285714	Maksimasi	V	$q = 5,366770185$ $p = 20,43343685$	m	45,5	35	22,9

1. Penentuan Nilai Preferensi

Sebagai contoh, A_2 terhadap A_5 pada f_2 , maka:

$$\text{Tipe I} \rightarrow H(d) = \begin{cases} 0 & \text{jika } d \leq 0 \\ 1 & \text{jika } d > 0 \end{cases}$$

$$\text{Max} \rightarrow d = d \times 1 = (f(A_2) - f(A_5)) \times 1 = (0 - 1) \times 1 = -1$$

$$d < 0 \rightarrow H(d) = 0$$

2. Perhitungan Indeks Preferensi

Sebagai contoh, A_2 terhadap A_5 , maka:

$$\delta(a, b) = \sum_j^k w_j \cdot P_j(a, b)$$

$$\begin{aligned} \delta(A_2, A_5) &= (0,25 \times 0) + (0,071428571 \times 0) + (0,035714286 \times 0) + \\ &+ (0,178571429 \times 1) + (0,142857143 \times 1) + (0,107142857 \times 0) + \\ &+ (0,214285714 \times 1) = 0,535714286 \end{aligned}$$

3. Perhitungan *Leaving Flow*

Sebagai contoh, A_2 , maka:

$$\varphi^+(a) = \frac{1}{n-1} \sum_j^k \delta(a, b)$$

$$\varphi^+(A_2) = \frac{1}{3-1} (0 + 0,326697986 + 0,535714286) = 0,431206136$$

4. Perhitungan *Entering Flow*

Sebagai contoh, A_2 , maka:

$$\varphi^-(a) = \frac{1}{n-1} \sum_j^k \delta(a, b)$$

$$\varphi^-(A_2) = \frac{1}{3-1} (0 + 0,107142857 + 0,461680764) = 0,28441181$$

5. Perhitungan *Net Flow*

Sebagai contoh, A_2 , maka:

$$\varphi(a) = \varphi^+(a) - \varphi^-(a)$$

$$\varphi(A_2) = 0,431206136 - 0,28441181 = 0,146794326$$

Rekapitulasi perhitungan nilai dan indeks preferensi lokasi 2 disajikan dalam Tabel

4.32. Rekapitulasi perhitungan *leaving flow* dan *entering flow* lokasi 2 disajikan dalam Tabel

4.33. Lalu hasil pemeringkatan alternatif lokasi 2 disajikan dalam Tabel 4.34.

Tabel 4.32 Rekapitulasi Perhitungan Nilai dan Indeks Preferensi Lokasi 2

$f_j(\dots, \dots)$	f_1	f_2	f_3	f_4	f_5	f_6	f_7	δ
	Tipe V	Tipe I	Tipe I	Tipe I	Tipe V	Tipe V	Tipe V	
$\pi(A_2, A_2)$	0	0	0	0	0	0	0	0
$\pi(A_2, A_4)$	0	0	0	1	0,525834261	0	0,340701094	0,326697986
$\pi(A_2, A_5)$	0	0	0	1	1	0	1	0,535714286
$\pi(A_4, A_2)$	0	1	1	0	0	0	0	0,107142857
$\pi(A_4, A_4)$	0	0	0	0	0	0	0	0
$\pi(A_4, A_5)$	0	0	0	0	0,225834261	0	0,446895784	0,12802542
$\pi(A_5, A_2)$	0,989580197	1	1	0	0	1	0	0,461680764
$\pi(A_5, A_4)$	0,690459962	0	0	0	0	0,644891683	0	0,241710528
$\pi(A_5, A_5)$	0	0	0	0	0	0	0	0
w	0,25	0,071428571	0,035714286	0,178571429	0,142857143	0,107142857	0,214285714	

Tabel 4.33 Rekapitulasi Perhitungan *Leaving Flow* dan *Entering Flow* Lokasi 2

Alternatif	A_2	A_4	A_5	φ^+
A_2	0	0,326697986	0,535714286	0,431206136
A_4	0,107142857	0	0,12802542	0,117584138
A_5	0,461680764	0,241710528	0	0,351695646
φ^-	0,28441181	0,284204257	0,331869853	

Tabel 4.34 Hasil Pemeringkatan Alternatif Lokasi 2

Alternatif	φ^+	Peringkat	φ^-	Peringkat	φ	Peringkat
A_2	0,431206136	1	0,28441181	2	0,146794326	1
A_4	0,117584138	3	0,284204257	3	-0,166620119	3
A_5	0,351695646	2	0,331869853	1	0,019825793	2

4.2.6.3 Pemeringkatan Alternatif Lokasi 3

Peringkat alternatif lokasi 3 didapatkan setelah melakukan penentuan nilai preferensi, perhitungan indeks preferensi, serta perhitungan *leaving flow*, *entering flow*, dan *net flow*. Untuk itu, dibutuhkan rekapitulasi hasil pengolahan data dari langkah-langkah sebelumnya. Rekapitulasi data lokasi 3 disajikan dalam Tabel 4.35 dan pengolahan data selanjutnya adalah sebagai berikut:

Tabel 4.35 Rekapitulasi Data Lokasi 3

Kriteria	Bobot	Kaidah	Tipe Preferensi	Parameter	Satuan	Alternatif		
						A_2	A_4	A_5
f_1	0,25	Maksimasi	V	$q = 1,475450967$ $p = 4,362117634$	%	0,87	1,73	5,2
f_2	0,107142857	Maksimasi	I	-	-	0	1	1
f_3	0,035714286	Maksimasi	I	-	-	0	1	1
f_4	0,071428571	Maksimasi	I	-	-	1	0	0
f_5	0,214285714	Maksimasi	V	$q = 31,18047822$ $p = 114,5138116$	ton	150	75	25
f_6	0,178571429	Minimasi	V	$q = 8,809101354$ $p = 28,20910135$	m ²	47,07	39,29	17,97
f_7	0,142857143	Maksimasi	V	$q = 5,366770185$ $p = 20,43343685$	m	45,5	35	22,9

1. Penentuan Nilai Preferensi

Sebagai contoh, A_4 terhadap A_2 pada f_3 , maka:

$$\text{Tipe I} \rightarrow H(d) = \begin{cases} 0 & \text{jika } d \leq 0 \\ 1 & \text{jika } d > 0 \end{cases}$$

$$\text{Max} \rightarrow d = d \times 1 = (f(A_4) - f(A_2)) \times 1 = (1 - 0) \times 1 = 1$$

$$d > 0 \rightarrow H(d) = 1$$

2. Perhitungan Indeks Preferensi

Sebagai contoh, A_4 terhadap A_2 , maka:

$$\delta(a, b) = \sum_j^k w_j \cdot P_j(a, b)$$

$$\delta(A_4, A_2) = (0,25 \times 0) + (0,107142857 \times 1) + (0,035714286 \times 1) + (0,071428571 \times 0) + (0,214285714 \times 0) + (0,178571429 \times 0) + (0,142857143 \times 0) = 0,142857143$$

3. Perhitungan *Leaving Flow*

Sebagai contoh, A_4 , maka:

$$\varphi^+(a) = \frac{1}{n-1} \sum_j^k \delta(a, b)$$

$$\varphi^+(A_4) = \frac{1}{3-1} (0,142857143 + 0 + 0,112235311) = 0,127546227$$

4. Perhitungan *Entering Flow*

Sebagai contoh, A_4 , maka:

$$\varphi^-(a) = \frac{1}{n-1} \sum_j^k \delta(a, b)$$

$$\varphi^-(A_4) = \frac{1}{3-1} (0,232778927 + 0 + 0,287897309) = 0,260338118$$

5. Perhitungan *Net Flow*

Sebagai contoh, A_4 , maka:

$$\varphi(a) = \varphi^+(a) - \varphi^-(a)$$

$$\varphi(A_4) = 0,127546227 - 0,260338118 = -0,132791891$$

Rekapitulasi perhitungan nilai dan indeks preferensi lokasi 3 disajikan dalam Tabel

4.36. Rekapitulasi perhitungan *leaving flow* dan *entering flow* lokasi 3 disajikan dalam Tabel

4.37. Lalu hasil pemeringkatan alternatif lokasi 3 disajikan dalam Tabel 4.38.

Tabel 4.36 Rekapitulasi Perhitungan Nilai dan Indeks Preferensi Lokasi 3

$f_j(\dots, \dots)$	f_1	f_2	f_3	f_4	f_5	f_6	f_7	δ
	Tipe V	Tipe I	Tipe I	Tipe I	Tipe V	Tipe V	Tipe V	
$\pi(A_2, A_2)$	0	0	0	0	0	0	0	0
$\pi(A_2, A_4)$	0	0	0	1	0,525834261	0	0,340701094	0,232778927
$\pi(A_2, A_5)$	0	0	0	1	1	0	1	0,428571429
$\pi(A_4, A_2)$	0	1	1	0	0	0	0	0,142857143
$\pi(A_4, A_4)$	0	0	0	0	0	0	0	0
$\pi(A_4, A_5)$	0	0	0	0	0,225834261	0	0,446895784	0,112235311
$\pi(A_5, A_2)$	0,988873799	1	1	0	0	1	0	0,568647021
$\pi(A_5, A_4)$	0,690952321	0	0	0	0	0,644891683	0	0,287897309
$\pi(A_5, A_5)$	0	0	0	0	0	0	0	0
w	0,25	0,107142857	0,035714286	0,071428571	0,214285714	0,178571429	0,142857143	

Tabel 4.37 Rekapitulasi Perhitungan *Leaving Flow* dan *Entering Flow* Lokasi 3

Alternatif	A_2	A_4	A_5	φ^+
A_2	0	0,232778927	0,428571429	0,330675178
A_4	0,142857143	0	0,112235311	0,127546227
A_5	0,568647021	0,287897309	0	0,428272165
φ^-	0,355752082	0,260338118	0,27040337	

Tabel 4.38 Hasil Pemeringkatan Alternatif Lokasi 3

Alternatif	φ^+	Peringkat	φ^-	Peringkat	φ	Peringkat
A_2	0,330675178	2	0,355752082	1	-0,025076904	2
A_4	0,127546227	3	0,260338118	3	-0,132791891	3
A_5	0,428272165	1	0,27040337	2	0,157868796	1

4.2.6.4 Pemeringkatan Alternatif Lokasi 4

Peringkat alternatif lokasi 4 didapatkan setelah melakukan penentuan nilai preferensi, perhitungan indeks preferensi, serta perhitungan *leaving flow*, *entering flow*, dan *net flow*. Untuk itu, dibutuhkan rekapitulasi hasil pengolahan data dari langkah-langkah sebelumnya. Rekapitulasi data lokasi 4 disajikan dalam Tabel 4.39 dan pengolahan data selanjutnya adalah sebagai berikut:

Tabel 4.39 Rekapitulasi Data Lokasi 4

Kriteria	Bobot	Kaidah	Tipe Preferensi	Parameter	Satuan	Alternatif	
						A_2	A_4
f_1	0,25	Maksimasi	V	$q = 0$ $p = 0,89$	%	0,89	1,78
f_2	0,071428571	Maksimasi	I	-	-	0	1
f_3	0,035714286	Maksimasi	I	-	-	0	1
f_4	0,214285714	Maksimasi	I	-	-	1	0
f_5	0,107142857	Maksimasi	V	$q = 0$ $p = 75$	ton	150	75
f_6	0,178571429	Minimasi	V	$q = 0$ $p = 7,78$	m ²	47,07	39,29
f_7	0,142857143	Maksimasi	V	$q = 0$ $p = 10,5$	m	45,5	35

1. Penentuan Nilai Preferensi

Sebagai contoh, A_2 terhadap A_4 pada f_4 , maka:

$$\text{Tipe I} \rightarrow H(d) = \begin{cases} 0 & \text{jika } d \leq 0 \\ 1 & \text{jika } d > 0 \end{cases}$$

$$\text{Max} \rightarrow d = d \times 1 = (f(A_2) - f(A_4)) \times 1 = (1 - 0) \times 1 = 1$$

$$d > 0 \rightarrow H(d) = 1$$

2. Perhitungan Indeks Preferensi

Sebagai contoh, A_2 terhadap A_4 , maka:

$$\delta(a, b) = \sum_j^k w_j \cdot P_j(a, b)$$

$$\begin{aligned} \delta(A_2, A_4) &= (0,25 \times 0) + (0,071428571 \times 0) + (0,035714286 \times 0) + \\ &+ (0,214285714 \times 1) + (0,107142857 \times 1) + (0,178571429 \times 0) + \\ &+ (0,142857143 \times 1) = 0,464285714 \end{aligned}$$

3. Perhitungan Leaving Flow

Sebagai contoh, A_2 , maka:

$$\varphi^+(a) = \frac{1}{n-1} \sum_j^k \delta(a, b)$$

$$\varphi^+(A_2) = \frac{1}{2-1} (0 + 0,464285714) = 0,464285714$$

4. Perhitungan *Entering Flow*

Sebagai contoh, A_2 , maka:

$$\varphi^-(a) = \frac{1}{n-1} \sum_j^k \delta(a, b)$$

$$\varphi^-(A_2) = \frac{1}{2-1} (0 + 0,535714286) = 0,535714286$$

5. Perhitungan *Net Flow*

Sebagai contoh, A_2 , maka:

$$\varphi(a) = \varphi^+(a) - \varphi^-(a)$$

$$\varphi(A_2) = 0,464285714 - 0,535714286 = -0,071428571$$

Rekapitulasi perhitungan nilai dan indeks preferensi lokasi 4 disajikan dalam Tabel 4.40. Rekapitulasi perhitungan *leaving flow* dan *entering flow* lokasi 4 disajikan dalam Tabel 4.41. Lalu hasil pemeringkatan alternatif lokasi 4 disajikan dalam Tabel 4.42.

Tabel 4.40 Rekapitulasi Perhitungan Nilai dan Indeks Preferensi Lokasi 4

$f_j(\dots, \dots)$	f_1	f_2	f_3	f_4	f_5	f_6	f_7	δ
	Tipe V	Tipe I	Tipe I	Tipe I	Tipe V	Tipe V	Tipe V	
$\pi(A_2, A_2)$	0	0	0	0	0	0	0	0
$\pi(A_2, A_4)$	0	0	0	1	1	0	1	0,464285714
$\pi(A_4, A_2)$	1	1	1	0	0	1	0	0,535714286
$\pi(A_4, A_4)$	0	0	0	0	0	0	0	0
w	0,25	0,071428571	0,035714286	0,214285714	0,107142857	0,178571429	0,142857143	

Tabel 4.41 Rekapitulasi Perhitungan *Leaving Flow* dan *Entering Flow* Lokasi 4

Alternatif	A_2	A_4	φ^+
A_2	0	0,464285714	0,464285714
A_4	0,535714286	0	0,535714286
φ^-	0,535714286	0,464285714	

Tabel 4.42 Hasil Pemeringkatan Alternatif Lokasi 4

Alternatif	φ^+	Peringkat	φ^-	Peringkat	φ	Peringkat
A_2	0,464285714	2	0,535714286	1	-0,071428571	2
A_4	0,535714286	1	0,464285714	2	0,071428571	1

4.2.6.5 Pemeringkatan Alternatif Lokasi 5

Peringkat alternatif lokasi 5 didapatkan setelah melakukan penentuan nilai preferensi, perhitungan indeks preferensi, serta perhitungan *leaving flow*, *entering flow*, dan *net flow*. Untuk itu, dibutuhkan rekapitulasi hasil pengolahan data dari langkah-langkah sebelumnya. Rekapitulasi data lokasi 5 disajikan dalam Tabel 4.43 dan pengolahan data selanjutnya adalah sebagai berikut:

Tabel 4.43 Rekapitulasi Data Lokasi 5

Kriteria	Bobot	Kaidah	Tipe Preferensi	Parameter	Satuan	Alternatif				
						A_2	A_3	A_4	A_5	A_{10}
f_1	0,25	Maksimasi	V	$q = 0,840989893$ $p = 2,096989893$	%	0,29	0,29	0,58	1,73	2,71
f_2	0,142857143	Maksimasi	I	-	-	0	0	1	1	1
f_3	0,035714286	Maksimasi	I	-	-	0	1	1	1	1
f_4	0,071428571	Maksimasi	I	-	-	1	0	0	0	0
f_5	0,107142857	Maksimasi	V	$q = 57,1787548$ $p = 122,8787548$	ton	150	150	75	25	16
f_6	0,178571429	Minimasi	V	$q = 21,67459446$ $p = 40,57859446$	m ²	47,07	36,38	39,29	17,97	10,47
f_7	0,214285714	Maksimasi	V	$q = 9,022660362$ $p = 23,98266036$	m	45,5	18	35	22,9	16,6

1. Penentuan Nilai Preferensi

Sebagai contoh, A_3 terhadap A_4 pada f_5 , maka:

$$\text{Tipe V} \rightarrow H(d) = \begin{cases} 0 & \text{jika } d \leq q \\ \frac{d-q}{p-q} & \text{jika } q < d \leq p \\ 1 & \text{jika } d > p \end{cases}$$

$$\text{Max} \rightarrow d = d \times 1 = (f(A_3) - f(A_4)) \times 1 = (150 - 75) \times 1 = 75$$

$$q = 57,1787548$$

$$p = 122,8787548$$

$$q < d < p \rightarrow H(d) = \frac{d-q}{p-q} = \frac{75-57,1787548}{122,8787548-57,1787548} = 0,27125183$$

2. Perhitungan Indeks Preferensi

Sebagai contoh, A_3 terhadap A_4 , maka:

$$\delta(a, b) = \sum_j^k w_j \cdot P_j(a, b)$$

$$\begin{aligned} \delta(A_3, A_4) &= (0,25 \times 0) + (0,142857143 \times 0) + (0,035714286 \times 0) + \\ &+ (0,071428571 \times 0) + (0,107142857 \times 0,27125183) + (0,178571429 \times 0) + \\ &+ (0,214285714 \times 0) = 0,029062696 \end{aligned}$$

3. Perhitungan Leaving Flow

Sebagai contoh, A_3 , maka:

$$\varphi^+(a) = \frac{1}{n-1} \sum_j^k \delta(a, b)$$

$$\begin{aligned} \varphi^+(A_3) &= \frac{1}{5-1} (0,035714286 + 0 + 0,029062696 + 0,107142857 + \\ &+ 0,107142857) = 0,069765674 \end{aligned}$$

4. Perhitungan Entering Flow

Sebagai contoh, A_3 , maka:

$$\varphi^-(a) = \frac{1}{n-1} \sum_j^k \delta(a, b)$$

$$\varphi^-(A_3) = \frac{1}{5-1}(0,285714286 + 0 + 0,257123849 + 0,262086862 + 0,432865735) = 0,309447683$$

5. Perhitungan Net Flow

Sebagai contoh, A_3 , maka:

$$\varphi(a) = \varphi^+(a) - \varphi^-(a)$$

$$\varphi(A_3) = 0,069765674 - 0,309447683 = -0,239682009$$

Rekapitulasi perhitungan nilai dan indeks preferensi lokasi 5 disajikan dalam Tabel

4.44. Rekapitulasi perhitungan *leaving flow* dan *entering flow* lokasi 5 disajikan dalam Tabel

4.45. Lalu hasil pemeringkatan alternatif lokasi 5 disajikan dalam Tabel 4.46.

Tabel 4.44 Rekapitulasi Perhitungan Nilai dan Indeks Preferensi Lokasi 5

$f_j(\dots, \dots)$	f_1	f_2	f_3	f_4	f_5	f_6	f_7	δ
	Tipe V	Tipe I	Tipe I	Tipe I	Tipe V	Tipe V	Tipe V	
$\pi(A_2, A_2)$	0	0	0	0	0	0	0	0
$\pi(A_2, A_3)$	0	0	0	1	0	0	1	0,285714286
$\pi(A_2, A_4)$	0	0	0	1	0,27125183	0	0,09875265	0,12165255
$\pi(A_2, A_5)$	0	0	0	1	1	0	0,907576179	0,373052038
$\pi(A_2, A_{10})$	0	0	0	1	1	0	1	0,392857143
$\pi(A_3, A_2)$	0	0	1	0	0	0	0	0,035714286
$\pi(A_3, A_3)$	0	0	0	0	0	0	0	0
$\pi(A_3, A_4)$	0	0	0	0	0,27125183	0	0	0,029062696
$\pi(A_3, A_5)$	0	0	0	0	1	0	0	0,107142857
$\pi(A_3, A_{10})$	0	0	0	0	1	0	0	0,107142857
$\pi(A_4, A_2)$	0	1	1	0	0	0	0	0,178571429
$\pi(A_4, A_3)$	0	1	0	0	0	0	0,533244628	0,257123849
$\pi(A_4, A_4)$	0	0	0	0	0	0	0	0
$\pi(A_4, A_5)$	0	0	0	0	0	0	0,205704521	0,04407954
$\pi(A_4, A_{10})$	0	0	0	0	0	0	0,626827516	0,134320182
$\pi(A_5, A_2)$	0,476918875	1	1	0	0	0,392795469	0	0,367943195
$\pi(A_5, A_3)$	0,476918875	1	0	0	0	0	0	0,262086862
$\pi(A_5, A_4)$	0,246027155	0	0	0	0	0	0	0,061506789
$\pi(A_5, A_5)$	0	0	0	0	0	0	0	0
$\pi(A_5, A_{10})$	0	0	0	0	0	0	0	0
$\pi(A_{10}, A_2)$	1	1	1	0	0	0,789536899	0	0,569560161
$\pi(A_{10}, A_3)$	1	1	0	0	0	0,224048114	0	0,432865735
$\pi(A_{10}, A_4)$	1	0	0	0	0	0,377983789	0	0,317497105
$\pi(A_{10}, A_5)$	0,110676837	0	0	0	0	0	0	0,027669209
$\pi(A_{10}, A_{10})$	0	0	0	0	0	0	0	0
w	0,25	0,142857143	0,035714286	0,071428571	0,107142857	0,178571429	0,214285714	

Tabel 4.45 Rekapitulasi Perhitungan *Leaving Flow* dan *Entering Flow* Lokasi 5

Alternatif	A_2	A_3	A_4	A_5	A_{10}	φ^+
A_2	0	0,285714286	0,12165255	0,373052038	0,392857143	0,293319004
A_3	0,035714286	0	0,029062696	0,107142857	0,107142857	0,069765674
A_4	0,178571429	0,257123849	0	0,04407954	0,134320182	0,15352375
A_5	0,367943195	0,262086862	0,061506789	0	0	0,172884211

Lanjutan Tabel 4.45 Rekapitulasi Perhitungan *Leaving Flow* dan *Entering Flow* Lokasi 5

Alternatif	A_2	A_3	A_4	A_5	A_{10}	φ^+
A_{10}	0,569560161	0,432865735	0,317497105	0,027669209	0	0,336898052
φ^-	0,287947268	0,309447683	0,132429785	0,137985911	0,158580045	

Tabel 4.46 Hasil Pemeringkatan Alternatif Lokasi 5

Alternatif	φ^+	Peringkat	φ^-	Peringkat	φ	Peringkat
A_2	0,293319004	2	0,287947268	2	0,005371737	4
A_3	0,069765674	5	0,309447683	1	-0,239682009	5
A_4	0,15352375	4	0,132429785	5	0,021093965	3
A_5	0,172884211	3	0,137985911	4	0,0348983	2
A_{10}	0,336898052	1	0,158580045	3	0,178318007	1

4.2.6.6 Pemeringkatan Alternatif Lokasi 6

Peringkat alternatif lokasi 6 didapatkan setelah melakukan penentuan nilai preferensi, perhitungan indeks preferensi, serta perhitungan *leaving flow*, *entering flow*, dan *net flow*. Untuk itu, dibutuhkan rekapitulasi hasil pengolahan data dari langkah-langkah sebelumnya. Rekapitulasi data lokasi 6 disajikan dalam Tabel 4.47 dan pengolahan data selanjutnya adalah sebagai berikut:

Tabel 4.47 Rekapitulasi Data Lokasi 6

Kriteria	Bobot	Kaidah	Tipe Preferensi	Parameter	Satuan	Alternatif									
						A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	A ₆	A ₇	A ₉	A ₁₀	
f ₁	0,285714286	Maksimasi	V	q = 5,549209626 p = 13,72865407	%	13,08	0,87	0,87	1,74	5,23	18,69	3,27	16,99	8,18	
f ₂	0,095238095	Maksimasi	I	-	-	1	0	0	1	1	1	1	1	1	
f ₃	0,047619048	Maksimasi	I	-	-	1	0	1	1	1	1	1	1	1	
f ₄	0,238095238	Maksimasi	I	-	-	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
f ₅	0,19047619	Maksimasi	V	q = 52,98575018 p = 117,0357502	ton	10	150	150	75	25	7	40	7,7	16	
f ₇	0,142857143	Maksimasi	V	q = 10,85897677 p = 24,69786566	m	15,5	45,5	18	35	22,9	9	10,1	10	16,6	

1. Penentuan Nilai Preferensi

Sebagai contoh, A_4 terhadap A_1 pada f_7 , maka:

$$\text{Tipe V} \rightarrow H(d) = \begin{cases} 0 & \text{jika } d \leq q \\ \frac{d-q}{p-q} & \text{jika } q < d \leq p \\ 1 & \text{jika } d > p \end{cases}$$

$$\text{Max} \rightarrow d = d \times 1 = (f(A_4) - f(A_1)) \times 1 = (35 - 15,5) \times 1 = 19,5$$

$$q = 10,85897677$$

$$p = 24,69786566$$

$$q < d < p \rightarrow H(d) = \frac{d-q}{p-q} = \frac{19,5 - 10,85897677}{24,69786566 - 10,85897677} = 0,624401518$$

2. Perhitungan Indeks Preferensi

Sebagai contoh, A_4 terhadap A_1 , maka:

$$\delta(a, b) = \sum_j^k w_j \cdot P_j(a, b)$$

$$\delta(A_4, A_1) = (0,285714286 \times 0) + (0,095238095 \times 0) + (0,047619048 \times 0) + (0,238095238 \times 0) + (0,19047619 \times 0,18757611) + (0,142857143 \times 0,624401518) = 0,124929$$

3. Perhitungan *Leaving Flow*

Sebagai contoh, A_4 , maka:

$$\varphi^+(a) = \frac{1}{n-1} \sum_j^k \delta(a, b)$$

$$\varphi^+(A_4) = \frac{1}{9-1} (0,124929 + 0,142857143 + 0,15863112 + 0 + 0,01281093 + 0,187507527 + 0,142857143 + 0,18542582 + 0,095730632) = 0,131343664$$

4. Perhitungan *Entering Flow*

Sebagai contoh, A_4 , maka:

$$\varphi^-(a) = \frac{1}{n-1} \sum_j^k \delta(a, b)$$

$$\varphi^-(A_4) = \frac{1}{9-1} (0,202276762 + 0,303562692 + 0,065467454 + 0 + 0 + 0,285714286 + 0 + 0,285714286 + 0,031115993) = 0,146731434$$

5. Perhitungan *Net Flow*

Sebagai contoh, A_4 , maka:

$$\varphi(a) = \varphi^+(a) - \varphi^-(a)$$

$$\varphi(A_4) = 0,131343664 - 0,146731434 = -0,01538777$$

Rekapitulasi perhitungan nilai dan indeks preferensi lokasi 6 disajikan dalam Tabel 4.48. Rekapitulasi perhitungan *leaving flow* dan *entering flow* lokasi 6 disajikan dalam Tabel 4.49. Lalu hasil pemeringkatan alternatif lokasi 6 disajikan dalam Tabel 4.50.

Tabel 4.48 Rekapitulasi Perhitungan Nilai dan Indeks Preferensi Lokasi 6

$f_j(\dots, \dots)$	f_1	f_2	f_3	f_4	f_5	f_7	δ
	Tipe V	Tipe I	Tipe I	Tipe I	Tipe V	Tipe V	
$\pi(A_1, A_1)$	0	0	0	0	0	0	0
$\pi(A_1, A_2)$	0,814332858	1	1	0	0	0	0,375523674
$\pi(A_1, A_3)$	0,814332858	1	0	0	0	0	0,327904626
$\pi(A_1, A_4)$	0,707968666	0	0	0	0	0	0,202276762
$\pi(A_1, A_5)$	0,281289321	0	0	0	0	0	0,080368377
$\pi(A_1, A_6)$	0	0	0	0	0	0	0
$\pi(A_1, A_7)$	0,520914397	0	0	0	0	0	0,148832685
$\pi(A_1, A_9)$	0	0	0	0	0	0	0
$\pi(A_1, A_{10})$	0	0	0	0	0	0	0
$\pi(A_2, A_1)$	0	0	0	1	1	1	0,571428571
$\pi(A_2, A_2)$	0	0	0	0	0	0	0
$\pi(A_2, A_3)$	0	0	0	1	0	1	0,380952381
$\pi(A_2, A_4)$	0	0	0	1	0,343704135	0	0,303562692
$\pi(A_2, A_5)$	0	0	0	1	1	0,848407941	0,549772563

Lanjutan Tabel 4.48 Rekapitulasi Perhitungan Nilai dan Indeks Preferensi Lokasi 6

$f_j(\dots, \dots)$	f_1	f_2	f_3	f_4	f_5	f_7	δ
	Tipe V	Tipe I	Tipe I	Tipe I	Tipe V	Tipe V	
$\pi(A_2, A_6)$	0	0	0	1	1	1	0,571428571
$\pi(A_2, A_7)$	0	0	0	1	0,890152222	1	0,550505185
$\pi(A_2, A_9)$	0	0	0	1	1	1	0,571428571
$\pi(A_2, A_{10})$	0	0	0	1	1	1	0,571428571
$\pi(A_3, A_1)$	0	0	0	0	1	0	0,19047619
$\pi(A_3, A_2)$	0	0	1	0	0	0	0,047619048
$\pi(A_3, A_3)$	0	0	0	0	0	0	0
$\pi(A_3, A_4)$	0	0	0	0	0,343704135	0	0,065467454
$\pi(A_3, A_5)$	0	0	0	0	1	0	0,19047619
$\pi(A_3, A_6)$	0	0	0	0	1	0	0,19047619
$\pi(A_3, A_7)$	0	0	0	0	0,890152222	0	0,169552804
$\pi(A_3, A_9)$	0	0	0	0	1	0	0,19047619
$\pi(A_3, A_{10})$	0	0	0	0	1	0	0,19047619
$\pi(A_4, A_1)$	0	0	0	0	0,18757611	0,624401518	0,124929
$\pi(A_4, A_2)$	0	1	1	0	0	0	0,142857143
$\pi(A_4, A_3)$	0	1	0	0	0	0,443751177	0,15863112
$\pi(A_4, A_4)$	0	0	0	0	0	0	0
$\pi(A_4, A_5)$	0	0	0	0	0	0,089676508	0,01281093
$\pi(A_4, A_6)$	0	0	0	0	0,234414517	1	0,187507527
$\pi(A_4, A_7)$	0	0	0	0	0	1	0,142857143
$\pi(A_4, A_9)$	0	0	0	0	0,223485555	1	0,18542582
$\pi(A_4, A_{10})$	0	0	0	0	0,093899295	0,544915368	0,095730632
$\pi(A_5, A_1)$	0	0	0	0	0	0	0
$\pi(A_5, A_2)$	0	1	1	0	0	0	0,142857143
$\pi(A_5, A_3)$	0	1	0	0	0	0	0,095238095
$\pi(A_5, A_4)$	0	0	0	0	0	0	0
$\pi(A_5, A_5)$	0	0	0	0	0	0	0
$\pi(A_5, A_6)$	0	0	0	0	0	0,219744754	0,031392108
$\pi(A_5, A_7)$	0	0	0	0	0	0,140258603	0,020036943
$\pi(A_5, A_9)$	0	0	0	0	0	0,147484617	0,021069231
$\pi(A_5, A_{10})$	0	0	0	0	0	0	0
$\pi(A_6, A_1)$	0,007432091	0	0	0	0	0	0,002123455
$\pi(A_6, A_2)$	1	1	1	0	0	0	0,428571429
$\pi(A_6, A_3)$	1	1	0	0	0	0	0,380952381
$\pi(A_6, A_4)$	1	0	0	0	0	0	0,285714286
$\pi(A_6, A_5)$	0,967154973	0	0	0	0	0	0,276329992
$\pi(A_6, A_6)$	0	0	0	0	0	0	0
$\pi(A_6, A_7)$	1	0	0	0	0	0	0,285714286
$\pi(A_6, A_9)$	0	0	0	0	0	0	0
$\pi(A_6, A_{10})$	0,606494782	0	0	0	0	0	0,173284223
$\pi(A_7, A_1)$	0	0	0	0	0	0	0
$\pi(A_7, A_2)$	0	1	1	0	0	0	0,142857143
$\pi(A_7, A_3)$	0	1	0	0	0	0	0,095238095
$\pi(A_7, A_4)$	0	0	0	0	0	0	0
$\pi(A_7, A_5)$	0	0	0	0	0	0	0
$\pi(A_7, A_6)$	0	0	0	0	0	0	0
$\pi(A_7, A_7)$	0	0	0	0	0	0	0
$\pi(A_7, A_9)$	0	0	0	0	0	0	0
$\pi(A_7, A_{10})$	0	0	0	0	0	0	0

Lanjutan Tabel 4.48 Rekapitulasi Perhitungan Nilai dan Indeks Preferensi Lokasi 6

$f_j(\dots, \dots)$	f_1	f_2	f_3	f_4	f_5	f_7	δ
	Tipe V	Tipe I	Tipe I	Tipe I	Tipe V	Tipe V	
$\pi(A_9, A_1)$	0	0	0	0	0	0	0
$\pi(A_9, A_2)$	1	1	1	0	0	0	0,428571429
$\pi(A_9, A_3)$	1	1	0	0	0	0	0,380952381
$\pi(A_9, A_4)$	1	0	0	0	0	0	0,285714286
$\pi(A_9, A_5)$	0,759316897	0	0	0	0	0	0,216947685
$\pi(A_9, A_6)$	0	0	0	0	0	0	0
$\pi(A_9, A_7)$	0,998941973	0	0	0	0	0	0,285411992
$\pi(A_9, A_9)$	0	0	0	0	0	0	0
$\pi(A_9, A_{10})$	0,398656705	0	0	0	0	0	0,113901916
$\pi(A_{10}, A_1)$	0	0	0	0	0	0	0
$\pi(A_{10}, A_2)$	0,215270167	1	1	0	0	0	0,204362905
$\pi(A_{10}, A_3)$	0,215270167	1	0	0	0	0	0,156743857
$\pi(A_{10}, A_4)$	0,108905975	0	0	0	0	0	0,031115993
$\pi(A_{10}, A_5)$	0	0	0	0	0	0	0
$\pi(A_{10}, A_6)$	0	0	0	0	0	0	0
$\pi(A_{10}, A_7)$	0	0	0	0	0	0	0
$\pi(A_{10}, A_9)$	0	0	0	0	0	0	0
$\pi(A_{10}, A_{10})$	0	0	0	0	0	0	0
w	0,285714286	0,095238095	0,047619048	0,238095238	0,19047619	0,142857143	

Tabel 4.49 Rekapitulasi Perhitungan *Leaving Flow* dan *Entering Flow* Lokasi 6

Alternatif	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	A_7	A_9	A_{10}	φ^+
A_1	0	0,375523674	0,327904626	0,202276762	0,080368377	0	0,148832685	0	0	0,141863266
A_2	0,571428571	0	0,380952381	0,303562692	0,549772563	0,571428571	0,550505185	0,571428571	0,571428571	0,508813388
A_3	0,19047619	0,047619048	0	0,065467454	0,19047619	0,19047619	0,169552804	0,19047619	0,19047619	0,154377532
A_4	0,124929	0,142857143	0,15863112	0	0,01281093	0,187507527	0,142857143	0,18542582	0,095730632	0,131343664
A_5	0	0,142857143	0,095238095	0	0	0,031392108	0,020036943	0,021069231	0	0,03882419
A_6	0,002123455	0,428571429	0,380952381	0,285714286	0,276329992	0	0,285714286	0	0,173284223	0,229086256
A_7	0	0,142857143	0,095238095	0	0	0	0	0	0	0,029761905
A_9	0	0,428571429	0,380952381	0,285714286	0,216947685	0	0,285411992	0	0,113901916	0,213937461
A_{10}	0	0,204362905	0,156743857	0,031115993	0	0	0	0	0	0,049027844
φ^-	0,111119652	0,239152489	0,247076617	0,146731434	0,165838217	0,12260055	0,20036388	0,121049977	0,143102692	

Tabel 4.50 Hasil Pemeringkatan Alternatif Lokasi 6

Alternatif	φ^+	Peringkat	φ^-	Peringkat	φ	Peringkat
A_1	0,141863266	5	0,111119652	9	0,030743614	4
A_2	0,508813388	1	0,239152489	2	0,269660899	1
A_3	0,154377532	4	0,247076617	1	-0,092699085	6
A_4	0,131343664	6	0,146731434	5	-0,01538777	5
A_5	0,03882419	8	0,165838217	4	-0,127014027	8
A_6	0,229086256	2	0,12260055	7	0,106485707	2
A_7	0,029761905	9	0,20036388	3	-0,170601975	9
A_9	0,213937461	3	0,121049977	8	0,092887484	3
A_{10}	0,049027844	7	0,143102692	6	-0,094074847	7

4.2.6.7 Pemeringkatan Alternatif Lokasi 7

Peringkat alternatif lokasi 7 didapatkan setelah melakukan penentuan nilai preferensi, perhitungan indeks preferensi, serta perhitungan *leaving flow*, *entering flow*, dan *net flow*. Untuk itu, dibutuhkan rekapitulasi hasil pengolahan data dari langkah-langkah sebelumnya. Rekapitulasi data lokasi 7 disajikan dalam Tabel 4.51 dan pengolahan data selanjutnya adalah sebagai berikut:

Tabel 4.51 Rekapitulasi Data Lokasi 7

Kriteria	Bobot	Kaidah	Tipe Preferensi	Parameter	Satuan	Alternatif					
						A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	A ₁₀
f_1	0,25	Maksimasi	V	$q = 2,422799483$ $p = 6,046799483$	%	8,23	0,55	0,55	1,1	3,29	5,14
f_2	0,178571429	Maksimasi	I	-	-	1	0	0	1	1	1
f_3	0,035714286	Maksimasi	I	-	-	1	0	1	1	1	1
f_4	0,142857143	Maksimasi	I	-	-	0	1	0	0	0	0
f_5	0,071428571	Maksimasi	V	$q = 51,4369517$ $p = 128,2369517$	ton	10	150	150	75	25	16
f_6	0,214285714	Minimasi	V	$q = 11,42359994$ $p = 30,24693327$	m ²	12,31	47,07	36,38	39,29	17,97	10,47
f_7	0,107142857	Maksimasi	V	$q = 9,837917575$ $p = 23,84458424$	m	15,5	45,5	18	35	22,9	16,6

1. Penentuan Nilai Preferensi

Sebagai contoh, A_5 terhadap A_4 pada f_6 , maka:

$$\text{Tipe V} \rightarrow H(d) = \begin{cases} 0 & \text{jika } d \leq q \\ \frac{d-q}{p-q} & \text{jika } q < d \leq p \\ 1 & \text{jika } d > p \end{cases}$$

$$\text{Min} \rightarrow d = d \times -1 = (f(A_5) - f(A_4)) \times -1 = (17,97 - 39,29) \times -1 = 21,32$$

$$q = 11,42359994$$

$$p = 24,4$$

$$q < d < p \rightarrow H(d) = \frac{d-q}{p-q} = \frac{21,32-11,42359994}{30,24693327-11,42359994} = 0,52575173$$

2. Perhitungan Indeks Preferensi

Sebagai contoh, A_5 terhadap A_4 , maka:

$$\delta(a, b) = \sum_j^k w_j \cdot P_j(a, b)$$

$$\begin{aligned} \delta(A_5, A_4) &= (0,25 \times 0) + (0,178571429 \times 0) + (0,035714286 \times 0) + \\ &+ (0,142857143 \times 0) + (0,071428571 \times 0) + (0,214285714 \times 0,52575173) + \\ &+ (0,107142857 \times 0) = 0,112661085 \end{aligned}$$

3. Perhitungan Leaving Flow

Sebagai contoh, A_5 , maka:

$$\varphi^+(a) = \frac{1}{n-1} \sum_j^k \delta(a, b)$$

$$\varphi^+(A_5) = \frac{1}{6-1}(0 + 0,43739662 + 0,27998687 + 0,112661085 + 0 + 0) = 0,166008915$$

4. Perhitungan *Entering Flow*

Sebagai contoh, A_5 , maka:

$$\varphi^-(a) = \frac{1}{n-1} \sum_j^k \delta(a, b)$$

$$\varphi^-(A_5) = \frac{1}{6-1}(0,173647939 + 0,308897668 + 0,068418014 + 0,017303615 + 0 + 0) = 0,113653447$$

5. Perhitungan *Net Flow*

Sebagai contoh, A_5 , maka:

$$\varphi(a) = \varphi^+(a) - \varphi^-(a)$$

$$\varphi(A_5) = 0,166008915 - 0,113653447 = 0,052355468$$

Rekapitulasi perhitungan nilai dan indeks preferensi lokasi 7 disajikan dalam Tabel 4.52. Rekapitulasi perhitungan *leaving flow* dan *entering flow* lokasi 7 disajikan dalam Tabel 4.53. Lalu hasil pemeringkatan alternatif lokasi 7 disajikan dalam Tabel 4.54.

Tabel 4.52 Rekapitulasi Perhitungan Nilai dan Indeks Preferensi Lokasi 7

$f_j(\dots, \dots)$	f_1 Tipe V	f_2 Tipe I	f_3 Tipe I	f_4 Tipe I	f_5 Tipe V	f_6 Tipe V	f_7 Tipe V	δ
$\pi(A_1, A_1)$	0	0	0	0	0	0	0	0
$\pi(A_1, A_2)$	1	1	1	0	0	1	0	0,678571429
$\pi(A_1, A_3)$	1	1	0	0	0	0,671847002	0	0,572538643
$\pi(A_1, A_4)$	1	0	0	0	0	0,826442362	0	0,427094792
$\pi(A_1, A_5)$	0,694591754	0	0	0	0	0	0	0,173647939
$\pi(A_1, A_{10})$	0,184106103	0	0	0	0	0	0	0,046026526
$\pi(A_2, A_1)$	0	0	0	1	1	0	1	0,321428571
$\pi(A_2, A_2)$	0	0	0	0	0	0	0	0
$\pi(A_2, A_3)$	0	0	0	1	0	0	1	0,25
$\pi(A_2, A_4)$	0	0	0	1	0,306810525	0	0,047269093	0,169836726
$\pi(A_2, A_5)$	0	0	0	1	0,957852191	0	0,911143438	0,308897668
$\pi(A_2, A_{10})$	0	0	0	1	1	0	1	0,321428571
$\pi(A_3, A_1)$	0	0	0	0	1	0	0	0,071428571
$\pi(A_3, A_2)$	0	0	1	0	0	0	0	0,035714286
$\pi(A_3, A_3)$	0	0	0	0	0	0	0	0
$\pi(A_3, A_4)$	0	0	0	0	0,306810525	0	0	0,021915037
$\pi(A_3, A_5)$	0	0	0	0	0,957852191	0	0	0,068418014
$\pi(A_3, A_{10})$	0	0	0	0	1	0	0	0,071428571
$\pi(A_4, A_1)$	0	0	0	0	0,176602191	0	0,689820259	0,086523756
$\pi(A_4, A_2)$	0	1	1	0	0	0	0	0,214285714
$\pi(A_4, A_3)$	0	1	0	0	0	0	0,511333824	0,233357195
$\pi(A_4, A_4)$	0	0	0	0	0	0	0	0
$\pi(A_4, A_5)$	0	0	0	0	0	0	0,161500411	0,017303615
$\pi(A_4, A_{10})$	0	0	0	0	0,098477191	0	0,611286227	0,072529038
$\pi(A_5, A_1)$	0	0	0	0	0	0	0	0
$\pi(A_5, A_2)$	0,087527737	1	1	0	0	0,939068535	0	0,43739662

Lanjutan Tabel 4.52 Rekapitulasi Perhitungan Nilai dan Indeks Preferensi Lokasi 7

$f_j(\dots, \dots)$	f_1	f_2	f_3	f_4	f_5	f_6	f_7	δ
	Tipe V	Tipe I	Tipe I	Tipe I	Tipe V	Tipe V	Tipe V	
$\pi(A_5, A_3)$	0,087527737	1	0	0	0	0,371156369	0	0,27998687
$\pi(A_5, A_4)$	0	0	0	0	0	0,52575173	0	0,112661085
$\pi(A_5, A_5)$	0	0	0	0	0	0	0	0
$\pi(A_5, A_{10})$	0	0	0	0	0	0	0	0
$\pi(A_{10}, A_1)$	0	0	0	0	0	0	0	0
$\pi(A_{10}, A_2)$	0,598013388	1	1	0	0	1	0	0,578074776
$\pi(A_{10}, A_3)$	0,598013388	1	0	0	0	0,76959802	0	0,492988637
$\pi(A_{10}, A_4)$	0,446247383	0	0	0	0	0,92419338	0	0,309603284
$\pi(A_{10}, A_5)$	0	0	0	0	0	0	0	0
$\pi(A_{10}, A_{10})$	0	0	0	0	0	0	0	0
w	0,25	0,178571429	0,035714286	0,142857143	0,071428571	0,214285714	0,107142857	

Tabel 4.53 Rekapitulasi Perhitungan *Leaving Flow* dan *Entering Flow* Lokasi 7

Alternatif	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_{10}	φ^+
A_1	0	0,678571429	0,572538643	0,427094792	0,173647939	0,046026526	0,379575866
A_2	0,321428571	0	0,25	0,169836726	0,308897668	0,321428571	0,274318307
A_3	0,071428571	0,035714286	0	0,021915037	0,068418014	0,071428571	0,053780896
A_4	0,086523756	0,214285714	0,233357195	0	0,017303615	0,072529038	0,124799864
A_5	0	0,43739662	0,27998687	0,112661085	0	0	0,166008915
A_{10}	0	0,578074776	0,492988637	0,309603284	0	0	0,276133339
φ^-	0,09587618	0,388808565	0,365774269	0,208222185	0,113653447	0,102282541	

Tabel 4.54 Hasil Pemeringkatan Alternatif Lokasi 7

Alternatif	φ^+	Peringkat	φ^-	Peringkat	φ	Peringkat
A_1	0,379575866	1	0,09587618	6	0,283699686	1
A_2	0,274318307	3	0,388808565	1	-0,114490258	5
A_3	0,053780896	6	0,365774269	2	-0,311993373	6
A_4	0,124799864	5	0,208222185	3	-0,083422321	4
A_5	0,166008915	4	0,113653447	4	0,052355468	3
A_{10}	0,276133339	2	0,102282541	5	0,173850798	2

4.3 Analisis dan Pembahasan

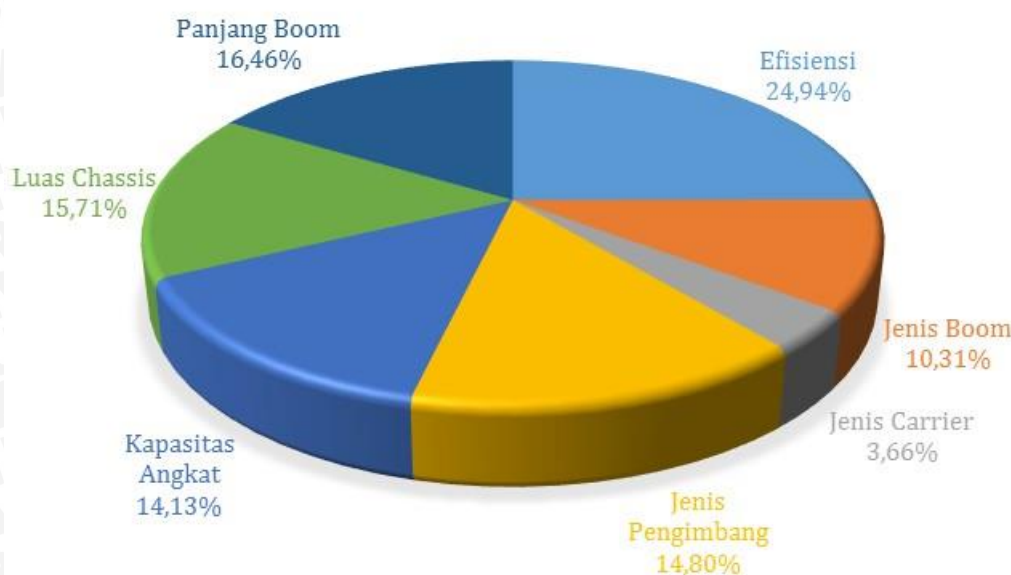
4.3.1 Analisis Hasil Penetapan Alternatif

Rencana alokasi yang dimaksud pada penelitian ini menghendaki agar masing-masing lokasi pekerjaan pengangkatan beban berat selama *shutdown* ditangani dengan sebuah *crane* saja, artinya akan tersedia sebuah *crane* di lokasi masing-masing yang paling cocok untuk menangani pekerjaan pengangkatan beban berat di lokasi-lokasi tersebut. Hal ini berarti sebuah *crane* ditetapkan bisa atau tidaknya menjadi alternatif pada sebuah lokasi tertentu apabila *crane* tersebut memenuhi dua syarat, yaitu memiliki kapasitas angkat yang lebih besar atau sama dengan beban material maksimal pekerjaan pengangkatan beban berat di lokasi tersebut dan memiliki *boom* yang lebih panjang atau sama dengan kebutuhan panjang *boom* maksimal pekerjaan pengangkatan beban berat di lokasi tersebut. Hal ini membuat A_8

tersisih untuk diproses pada lokasi 1-6, bahkan lokasi 7 yang memiliki karakteristik pekerjaan pengangkatan beban berat berupa pekerjaan pendukung proyek. Hal ini disebabkan karena meskipun memiliki kapasitas angkat yang cukup besar (30 ton), A_8 adalah *crane* dengan panjang *boom* terpendek (8,8 m) di antara 10 alternatif penelitian. Meskipun demikian, hal ini tidak berarti A_8 tidak bisa digunakan sama sekali selama *shutdown*. Terdapat beberapa pekerjaan pengangkatan beban berat yang masih bisa ditangani dengan A_8 , namun sekali lagi karena batasan penetapan alternatif yang telah disampaikan sebelumnya maka A_8 tersisih untuk proses selanjutnya.

4.3.2 Analisis Hasil Penentuan dan Pembobotan Kriteria

Dari ketujuh lokasi pekerjaan pengangkatan beban berat yang ada, secara keseluruhan responden menilai kriteria efisiensi sebagai kriteria dengan bobot terbesar (0,249376559). Hal ini disebabkan karena responden menilai bahwa dalam perencanaan alokasi *crane* pada *shutdown*, pemilihan *crane* harus memastikan bahwa *crane* yang terpilih adalah *crane* yang benar-benar memanfaatkan kapasitasnya selama proyek. Sebaliknya, responden menilai kriteria jenis *carrier* sebagai kriteria dengan bobot terkecil (0,036575229). Hal ini disebabkan karena responden menilai bahwa meskipun *crane wheel-mounted* dan *crane crawler-mounted* membebankan tekanan bantalan tanah yang berbeda, pada dasarnya kondisi tanah lokasi proyek kuat serta tidak terdapat banyak utilitas bawah tanah. Persentase bobot kriteria keseluruhan disajikan dalam Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Persentase bobot kriteria keseluruhan

Meskipun demikian, perlu diingat bahwa responden menilai kriteria luas *chassis* sebagai kriteria yang tidak relevan terhadap lokasi 6. Hal ini disebabkan karena responden menilai

bahwa akses lokasi 6 luas karena terletak dalam blok sendiri, berbeda dengan lokasi 1-5 yang terletak berdampingan dalam satu blok sehingga dibutuhkan *crane-crane* berbasis kecil untuk menangani pekerjaan pengangkatan beban berat di lokasi-lokasi tersebut.

4.3.3 Analisis Hasil Pemeringkatan Alternatif

Hasil pemeringkatan alternatif keseluruhan disajikan dalam Tabel 4.55.

Tabel 4.55 Hasil Pemeringkatan Alternatif Keseluruhan

Peringkat	L_1		L_2		L_3		L_4		L_5		L_6		L_7	
	A	φ	A	φ	A	φ	A	φ	A	φ	A	φ	A	φ
1	A_2	0,071428571	A_2	0,146794326	A_5	0,157868796	A_4	0,071428571	A_{10}	0,178318007	A_2	0,269660899	A_1	0,283699686
2	A_4	-0,071428571	A_5	0,019825793	A_2	-0,025076904	A_2	-0,071428571	A_5	0,0348983	A_6	0,106485707	A_{10}	0,173850798
3	-	-	A_4	-0,166620119	A_4	-0,132791891	-	-	A_4	0,021093965	A_9	0,092887484	A_5	0,052355468
4	-	-	-	-	-	-	-	-	A_2	0,005371737	A_1	0,030743614	A_4	-0,083422321
5	-	-	-	-	-	-	-	-	A_3	-0,239682009	A_4	-0,01538777	A_2	-0,114490258
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A_3	-0,092699085	A_3	-0,311993373
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A_{10}	-0,094074847	-	-
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A_5	-0,127014027	-	-
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A_7	-0,170601975	-	-

Berdasarkan Tabel 4.55 diketahui bahwa A_2 terpilih sebagai peringkat pertama pada lokasi 1, 2, dan 6. Hal ini terjadi karena penentuan dan pembobotan kriteria pada lokasi 1, 2, dan 6 tidak berbeda secara signifikan. Menyikapi hal ini, PT Badak NGL merekomendasikan pemrioritasan lokasi berdasarkan total jam kerja untuk menghindari terjadinya terpilihnya sebuah *crane* pada lebih dari satu lokasi. Hal ini berarti lokasi yang memiliki total jam kerja terbanyak adalah prioritas pertama dan begitu seterusnya hingga didapatkan prioritas terakhir yaitu lokasi yang memiliki total jam kerja tersedikit. Hasil pemrioritasan lokasi disajikan dalam Tabel 4.56.

Tabel 4.56 Hasil Pemrioritasan Lokasi

Lokasi	Total Jam Kerja (Jam)	Prioritas
L_1	84	2
L_2	30	3
L_3	8	6
L_4	89,5	1
L_5	4	7
L_6	28,5	4
L_7	20,5	5

Sebagai contoh, urutan peringkat alternatif lokasi 2 secara berturut-turut adalah A_2 , A_5 , dan A_4 . Sampai sini maka A_2 adalah *crane* yang sebaiknya digunakan pada lokasi 2, namun diketahui pula bahwa A_2 juga menempati prioritas ke-1 pada lokasi 1 dan 6. Untuk mengatasi hal ini maka pengambilan keputusan harus mempertimbangkan urutan prioritas lokasi.

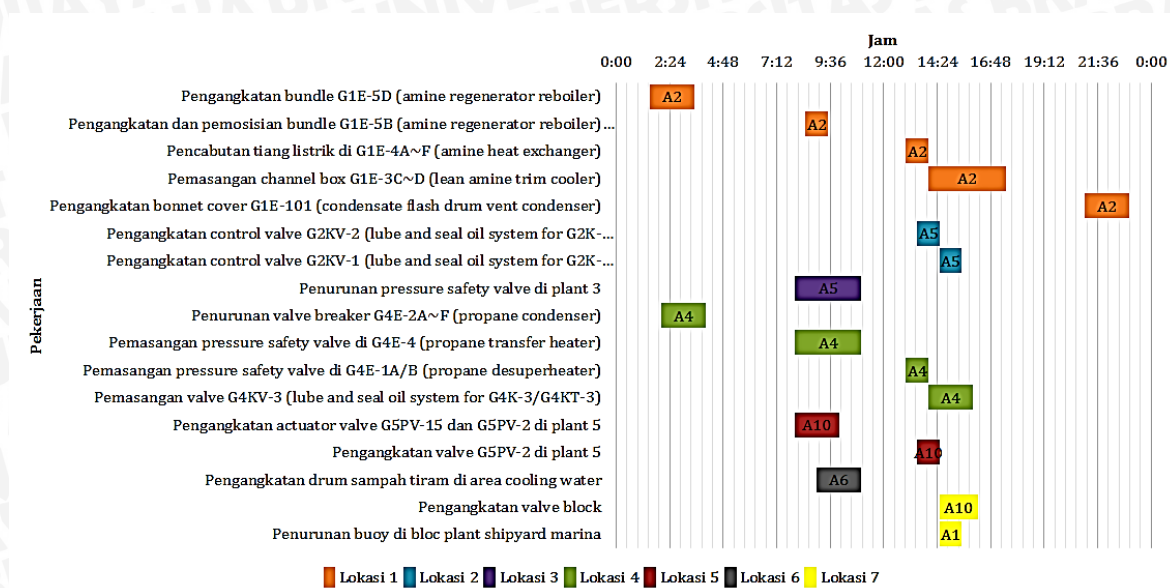
Diketahui bahwa lokasi 2 menempati urutan prioritas lokasi ke-3, yang berarti pengambilan keputusan untuk lokasi 2 tidak boleh mendahului hasil pengambilan keputusan pada lokasi dengan urutan prioritas lokasi ke-1 dan ke-2, yaitu lokasi 4 dan 1. Jika lokasi 4 menggunakan A_4 dan lokasi 1 sudah menggunakan A_2 , maka pilihan *crane* yang tersisa untuk lokasi 2 adalah A_5 . Hal ini dilakukan seterusnya sampai semua lokasi mendapatkan alokasi *crane*. Guna memberikan gambaran terkait pengambilan keputusan bilamana terjadi terpilihnya sebuah *crane* pada lebih dari satu lokasi pada waktu yang bersamaan, maka dapat dibuat contoh rencana alokasi *crane* dengan mengacu pada data *shutdown train* G PT Badak NGL periode 2013-2017. Sebagai contoh, rencana alokasi *crane* hari ke-12 disajikan dalam Tabel 4.57 dan adapun diagram Gantt rencana alokasi *crane* hari ke-12 disajikan dalam Gambar 4.8.

Tabel 4.57 Rencana Alokasi *Crane* Hari ke-12

No.	Pekerjaan	Jam			Lokasi	Crane
		Mulai	Durasi	Selesai		
1	Pengangkatan <i>bundle</i> G1E-5D (<i>amine regenerator reboiler</i>)	1:30	2:00	3:30	1	A_2
2	Pengangkatan dan pemosisian <i>bundle</i> G1E-5B (<i>amine regenerator reboiler</i>) ke parit	8:30	1:00	9:30	1	A_2
3	Pencabutan tiang listrik di G1E-4A~F (<i>amine heat exchanger</i>)	13:00	1:00	14:00	1	A_2
4	Pemasangan <i>channel box</i> G1E-3C~D (<i>lean amine trim cooler</i>)	14:00	3:30	17:30	1	A_2
5	Pengangkatan <i>bonnet cover</i> G1E-101 (<i>condensate flash drum vent condenser</i>)	21:00	2:00	23:00	1	A_2
6	Pengangkatan <i>control valve</i> G2KV-2 (<i>lube and seal oil system for G2K-2/G2KT-2</i>)	13:30	1:00	14:30	2	A_5
7	Pengangkatan <i>control valve</i> G2KV-1 (<i>lube and seal oil system for G2K-1/G2KT-1</i>)	14:30	1:00	15:30	2	A_5
8	Penurunan <i>pressure safety valve</i> di <i>plant</i> 3	8:00	3:00	11:00	3	A_5
9	Penurunan <i>valve breaker</i> G4E-2A~F (<i>propane condenser</i>)	2:00	2:00	4:00	4	A_4
10	Pemasangan <i>pressure safety valve</i> di G4E-4 (<i>propane transfer heater</i>)	8:00	3:00	11:00	4	A_4
11	Pemasangan <i>pressure safety valve</i> di G4E-1A/B (<i>propane desuperheater</i>)	13:00	1:00	14:00	4	A_4
12	Pemasangan <i>valve</i> G4KV-3 (<i>lube and seal oil system for G4K-3/G4KT-3</i>)	14:00	2:00	16:00	4	A_4
13	Pengangkatan <i>actuator valve</i> G5PV-15 dan G5PV-2 di <i>plant</i> 5	8:00	2:00	10:00	5	A_{10}
14	Pengangkatan <i>valve</i> G5PV-2 di <i>plant</i> 5	13:30	1:00	14:30	5	A_{10}
15	Pengangkatan drum sampah tiram di area <i>cooling water</i>	9:00	2:00	11:00	6	A_6
16	Pengangkatan <i>valve block</i>	14:30	1:45	16:15	7	A_{10}
17	Penurunan <i>buoy</i> di <i>bloc plant shipyard marina</i>	14:30	1:00	15:30	7	A_1

Berdasarkan Tabel 4.57 dan Gambar 4.8 diketahui bahwa pada hari ke-12 *shutdown* terdapat 17 pekerjaan pengangkatan beban berat, antara lain lima pekerjaan di lokasi 1, dua pekerjaan di lokasi 2, satu pekerjaan di lokasi 3, empat pekerjaan di lokasi 4, dua pekerjaan di lokasi 5, satu pekerjaan di lokasi 6, dan dua pekerjaan di lokasi 2. Guna menangani seluruh pekerjaan pengangkatan beban berat pada hari tersebut maka dialokasikan enam buah *crane*, antara lain A_1 , A_2 , A_4 , A_5 , A_6 , dan A_{10} . Pada lokasi 4 digunakan A_4 . Pada lokasi 1 digunakan A_2 . Pada lokasi 6 digunakan A_6 . Pada lokasi 3 digunakan A_5 yang kemudian menangani pekerjaan pengangkatan beban berat pada lokasi 2. Pada lokasi 5 digunakan A_{10} yang

kemudian menangani pekerjaan pengangkatan beban berat pada lokasi 7. Adapun A_1 digunakan bersamaan dengan A_{10} pada lokasi 7 karena terdapat dua pekerjaan pengangkatan beban berat pada waktu yang bersamaan.



Gambar 4.8 Diagram Gantt rencana alokasi *crane* hari ke-12

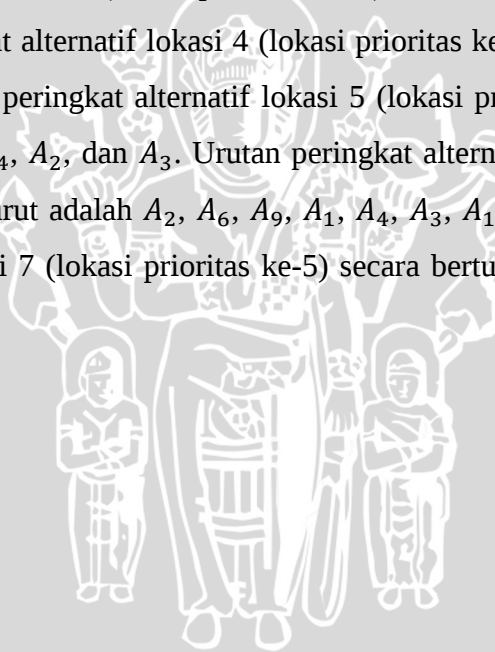
Contoh permasalahan terpilihnya sebuah *crane* pada waktu yang bersamaan terjadi pada A_2 . A_2 terpilih pada lokasi 1 dan 6 pada rentang waktu pukul 7:12-12:00, namun karena prioritas lokasi 1 lebih tinggi daripada lokasi 6 maka pada lokasi 6 digunakan A_6 yang merupakan peringkat alternatif urutan ke-2 lokasi 6. A_2 juga terpilih pada lokasi 1 dan 2 pada rentang waktu pukul 12:00-19:12, namun karena prioritas lokasi 1 lebih tinggi daripada lokasi 2 maka pada lokasi 2 digunakan A_5 yang merupakan peringkat alternatif urutan ke-2 lokasi 2. Maka melalui pemanfaatan hasil pemeringkatan alternatif keseluruhan dan hasil pemrioritasan lokasi, permasalahan bilamana terjadi terpilihnya sebuah *crane* pada lebih dari satu lokasi pada waktu yang bersamaan dapat teratasi.

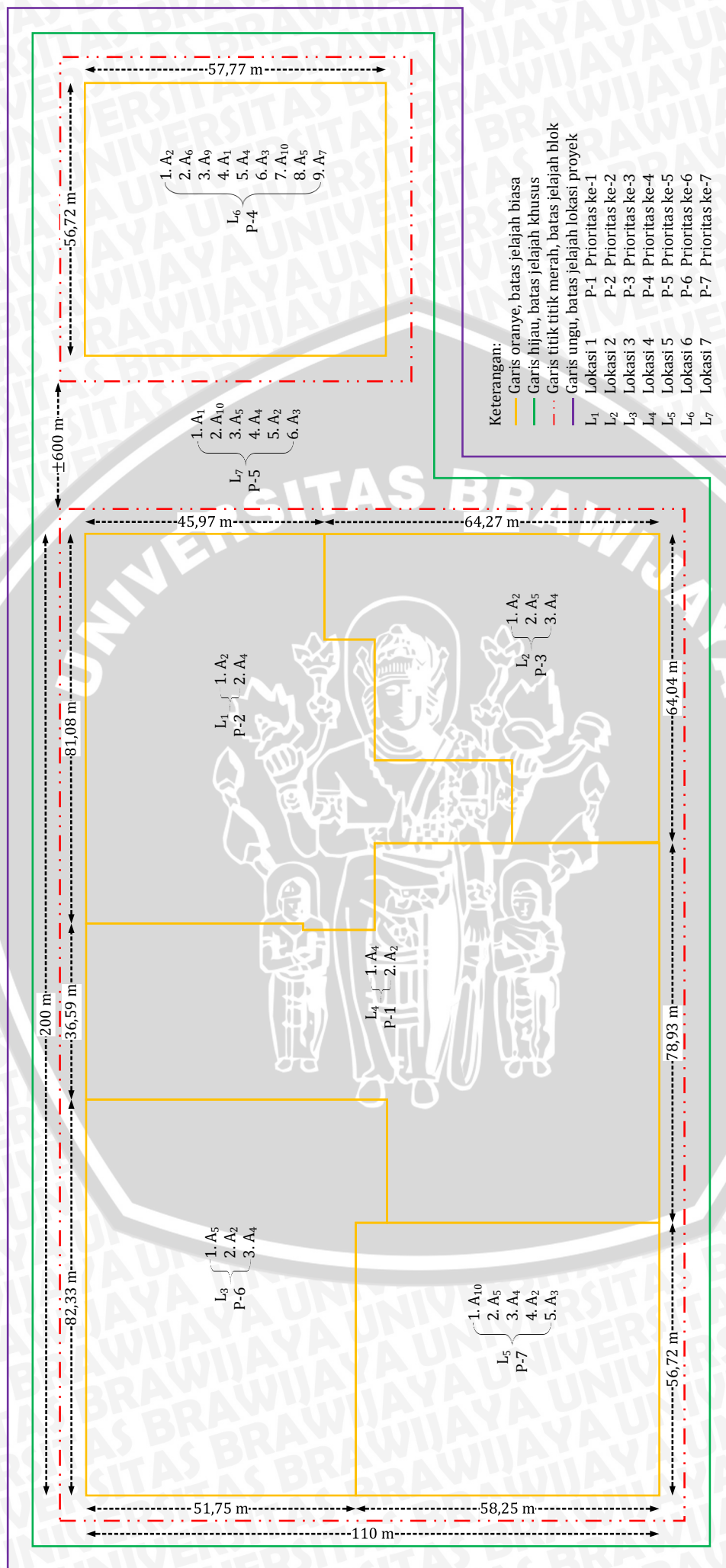
4.3.4 Pembaruan Peta Lokasi

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, maka pembaruan peta lokasi dapat dilakukan. Pembaruan peta lokasi dimaksud sebagai pembubuhan *crane* terpilih setiap lokasi pada lokasi pengangkatan beban berat untuk menghasilkan peta alokasi *crane*. Peta alokasi *crane* dibuat untuk meneruskan tujuan peta lokasi pengangkatan beban berat yaitu untuk memberikan gambaran terkait lokasi dimana *crane-crane* terpilih akan diletakkan. Peta alokasi *crane* disajikan dalam Gambar 4.9.

Berdasarkan Gambar 4.9 diketahui terdapat tujuh lokasi pekerjaan pengangkatan beban berat. Garis oranye yang membatasi lokasi 1-6 menandakan batas jelajah biasa, yang

merupakan batas lokasi pekerjaan pengangkatan beban berat lokasi-lokasi tersebut. Sedangkan garis hijau menandakan batas jelajah khusus, yang merupakan batas lokasi pekerjaan pengangkatan beban berat lokasi 7 secara khusus karena karakteristik pekerjaan pengangkatan beban berat lokasi 7 pada dasarnya adalah pekerjaan pendukung proyek, artinya *crane* yang terpilih pada lokasi 7 adalah *crane* yang bertugas untuk mendukung jalannya proyek di lokasi 1-6. Dalam peta ditunjukkan bahwa lokasi 1-5 terletak lebih kurang 600 m terhadap lokasi 6. Hal ini dikarenakan lokasi 1-5 dan lokasi 6 terletak dalam blok yang berbeda. Lokasi 1-5 terletak dalam blok pemrosesan utama, sedangkan lokasi 6 terletak dalam blok utilitas *cooling water*. Batas jelajah blok ditandai garis titik titik merah, sedangkan batas jelajah lokasi proyek ditandai garis ungu. Adapun urutan peringkat alternatif lokasi 1 (lokasi prioritas ke-2) secara berturut-turut adalah A_2 dan A_4 . Urutan peringkat alternatif lokasi 2 (lokasi prioritas ke-3) secara berturut-turut adalah A_2 , A_5 , dan A_4 . Urutan peringkat alternatif lokasi 3 (lokasi prioritas ke-6) secara berturut-turut adalah A_5 , A_2 , dan A_4 . Urutan peringkat alternatif lokasi 4 (lokasi prioritas ke-1) secara berturut-turut adalah A_4 dan A_2 . Urutan peringkat alternatif lokasi 5 (lokasi prioritas ke-7) secara berturut-turut adalah A_{10} , A_5 , A_4 , A_2 , dan A_3 . Urutan peringkat alternatif lokasi 6 (lokasi prioritas ke-4) secara berturut-turut adalah A_2 , A_6 , A_9 , A_1 , A_4 , A_3 , A_{10} , A_5 , dan A_7 . Lalu urutan peringkat alternatif lokasi 7 (lokasi prioritas ke-5) secara berturut-turut adalah A_1 , A_{10} , A_5 , A_4 , A_2 , dan A_3 .





Gambar 4.9 Peta alokasi crane

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB V PENUTUP

Dalam bab ini akan diuraikan kesimpulan dan saran yang ditarik berdasarkan hasil pengolahan data dan analisis yang telah dilakukan.

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengolahan data dan analisis yang telah dilakukan, maka pada penelitian ini ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Kriteria yang mempengaruhi pemilihan *crane* untuk keperluan pekerjaan pengangkatan beban berat pada *shutdown* di PT Badak NGL antara lain efisiensi, jenis *boom*, jenis *carrier*, jenis pengimbang, kapasitas angkat, luas *chassis*, dan panjang *boom*. Secara keseluruhan, efisiensi adalah kriteria dengan bobot terbesar (0,249376559 atau $\pm 24,94\%$ dari total bobot kriteria) sedangkan jenis *carrier* adalah kriteria dengan bobot terkecil (0,036575229 atau $\pm 3,66\%$ dari total bobot kriteria).
2. Rencana alokasi *crane* tetap untuk menangani keperluan pekerjaan pengangkatan beban berat pada *shutdown* di PT Badak NGL dengan menggunakan PROMETHEE adalah dengan mengalokasikan *crane* pada tujuh lokasi yang berbeda. Adapun urutan prioritas *crane* untuk digunakan pada lokasi 1 (lokasi prioritas ke-2) secara berturut-turut adalah A_2 dan A_4 . Urutan prioritas *crane* untuk digunakan pada lokasi 2 (lokasi prioritas ke-3) secara berturut-turut adalah A_2 , A_5 , dan A_4 . Urutan prioritas *crane* untuk digunakan pada lokasi 3 (lokasi prioritas ke-6) secara berturut-turut adalah A_5 , A_2 , dan A_4 . Urutan prioritas *crane* untuk digunakan pada lokasi 4 (lokasi prioritas ke-1) secara berturut-turut adalah A_4 dan A_2 . Urutan prioritas *crane* untuk digunakan pada lokasi 5 (lokasi prioritas ke-7) secara berturut-turut adalah A_{10} , A_5 , A_4 , A_2 , dan A_3 . Urutan prioritas *crane* untuk digunakan pada lokasi 6 (lokasi prioritas ke-4) secara berturut-turut adalah A_2 , A_6 , A_9 , A_1 , A_4 , A_3 , A_{10} , A_5 , dan A_7 . Lalu urutan prioritas *crane* untuk digunakan pada lokasi 7 (lokasi prioritas ke-5) secara berturut-turut adalah A_1 , A_{10} , A_5 , A_4 , A_2 , dan A_3 .

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan dari penelitian ini antara lain:

1. Perencanaan alokasi alat berat pada proyek dengan menggunakan metode-metode MCDM dapat disempurnakan dengan menggunakan metode-metode yang mempertimbangkan aspek-aspek praktis seperti penjadwalan dan pemosisian.
2. PT Badak NGL disarankan memanfaatkan hasil penelitian ini dalam pengalokasian *crane* pada *shutdown* selanjutnya agar mempermudah pekerjaan petugas di lokasi proyek (terkait ketersediaan *crane*) dan petugas di *motor pool* (terkait alokasi *crane* pada *shutdown* terhadap proyek lainnya pada waktu yang bersamaan). Hasil penelitian ini juga bermanfaat untuk meminimalkan jumlah *crane* yang melakukan pekerjaan pengangkatan beban berat yang tidak konsisten selama *shutdown* dan mempermudah estimasi biaya operasional *crane* selama *shutdown*.



DAFTAR PUSTAKA

- Al-Hussein, Mohamed. 1999. *An Integrated Information System for Crane Selection and Utilization*. Disertasi tidak dipublikasikan. Montreal: Concordia University.
- Brans, J. P. & Vincke, Ph. 1985. A Preference Ranking Organization Method: The PROMETHEE Method for Multiple Criteria Decision Making. *Management Science*. Vol. 31 No. 6. hlm: 647-656. Catonsville: Institute for Operations Research and the Management Sciences.
- Dağdeviren, Metin. 2008. Decision Making in Equipment Selection: An Integrated Approach with AHP and PROMETHEE. *Journal of Intelligent Manufacturing*. No. 19. hlm: 397-406. Berlin: Springer Science+Business Media.
- Dalalah, D., Al-Oqla, F. & Hayajneh, M. 2010. Application of the Analytic Hierarchy Process (AHP) in Multicriteria Analysis of the Selection of Cranes. *Jordan Journal of Mechanical and Industrial Engineering*. Vol. 4 No. 5. hlm: 567-578. Zarqa: Hashemite University.
- Deshmukh, S. C. 2013. Preference Ranking Organization Method of Enrichment Evaluation (PROMETHEE). *International Journal of Engineering Science Invention*. Vol. 2 No. 11. hlm: 28-34. Kolhapur: IJESI.
- Dharmapuri, Prakash. 2013. *Decision Making for Selection of an Optimum Crane in Construction Industry Using Artificial Intelligence Approach*. Disertasi tidak dipublikasikan. Hyderabad: Osmania University.
- Fernández, N. G. 2013. *The Management of Missing Values in PROMETHEE Methods*. Tesis tidak dipublikasikan. City of Brussels: École Polytechnique de Bruxelles.
- Figueira, J., Greco, S. & Ehrgott, M. 2005. *Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys*. New York City: Springer Science+Business Media.
- Gulö, W. 2000. *Metode Penelitian*. Jakarta: PT Gramedia Widiasarana Indonesia.
- Mikut, R. L., Jr. 2012. Heavy Lift Crane Selection. Makalah dalam *ASCE Construction Institute Summit*. American Society of Civil Engineers, Fort Worth, 8-11 November 2012.
- Moldřík, P., Gurecký, J. & Paszek, L. 2009. PROMETHEE Method and Sensitivity Analysis in the Software Application for the Support of Decision Making. Makalah dalam *10th International Conference on Electrical Power Quality and Utilization*. Institute of Electrical and Electronics Engineers, Lodz, 15-17 September 2009.
- Neikirk, David. 2011. *Turnaround/Shutdown Optimization: Plan for the 5 Phases of a Plant Maintenance Shutdown*. Schaumburg: Putman Media, Inc. [http://www05.abb.com/global/scot/scot267.nsf/veritydisplay/47e278d25b070dcc8525785a00689097/\\$file/turnaround%20plant%20services%20article.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot267.nsf/veritydisplay/47e278d25b070dcc8525785a00689097/$file/turnaround%20plant%20services%20article.pdf). (diakses 20 Januari 2015)
- Noorfithriani, Raisha. 2009. *Penerapan Metode PROMETHEE dalam Menganalisis Peringkat Bank Syariah Berdasarkan Kepuasan Nasabah pada Tiga Bank Syariah di*

Kota Yogyakarta. Skripsi tidak dipublikasikan. Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia.

Sawhney, Anil & Mund, André. 2002. Adaptive Probabilistic Neural Network Based Crane Type Selection System. *Journal of Construction Engineering and Management*. Vol. 128 No. 3. hlm: 265-273. Reston: American Society of Civil Engineers.

Shapiro, L. K. & Shapiro, J. P. 2010. *Cranes and Derricks, Fourth Edition*. New York City: McGraw-Hill Professional.

Turskis, Zenonas & Zavadskas, E. K. 2010. A Novel Method for Multiple Criteria Analysis: Grey Additive Ratio Assessment (ARAS-G) Method. *Informatica*. Vol. 21 No. 4. hlm: 597-610. Vilnius: Vilnius University.

Xu, Ling & Yang, Jian-Bo. 2001. *Introduction to Multicriteria Decision Making and the Evidential Reasoning Approach*. Manchester: University of Manchester Institute of Science and Technology.
https://phps.portals.mbs.ac.uk/Portals/49/docs/jyang/XuYang_MSM_WorkingPaperFinal.pdf. (diakses 26 Desember 2014)



Lampiran 1 Kuesioner Pembobotan Kriteria

PEMBOBOTAN KRITERIA UNTUK LOKASI 1

Berikut adalah tabel kriteria untuk lokasi 1 (L_1) yang hendak diisi bobotnya. Apabila terdapat kriteria yang tidak relevan terhadap pekerjaan pengangkatan beban berat pada proyek *shutdown* di lokasi 1 (L_1), kriteria tersebut harap dicoret dan tidak perlu diisi bobotnya.

Kriteria	Kode	Bobot
Efisiensi	$f_1(.)$	
Jenis <i>Boom</i>	$f_2(.)$	
Jenis <i>Carrier</i>	$f_3(.)$	
Jenis Pengimbang	$f_4(.)$	
Kapasitas Angkat	$f_5(.)$	
Luas <i>Chassis</i>	$f_6(.)$	
Panjang <i>Boom</i>	$f_7(.)$	

PEMBOBOTAN KRITERIA UNTUK LOKASI 2

Berikut adalah tabel kriteria untuk lokasi 2 (L_2) yang hendak diisi bobotnya. Apabila terdapat kriteria yang tidak relevan terhadap pekerjaan pengangkatan beban berat pada proyek *shutdown* di lokasi 2 (L_2), kriteria tersebut harap dicoret dan tidak perlu diisi bobotnya.

Kriteria	Kode	Bobot
Efisiensi	$f_1(.)$	
Jenis <i>Boom</i>	$f_2(.)$	
Jenis <i>Carrier</i>	$f_3(.)$	
Jenis Pengimbang	$f_4(.)$	
Kapasitas Angkat	$f_5(.)$	
Luas <i>Chassis</i>	$f_6(.)$	
Panjang <i>Boom</i>	$f_7(.)$	

PEMBOBOTAN KRITERIA UNTUK LOKASI 3

Berikut adalah tabel kriteria untuk lokasi 3 (L_3) yang hendak diisi bobotnya. Apabila terdapat kriteria yang tidak relevan terhadap pekerjaan pengangkatan beban berat pada proyek *shutdown* di lokasi 3 (L_3), kriteria tersebut harap dicoret dan tidak perlu diisi bobotnya.

Kriteria	Kode	Bobot
Efisiensi	$f_1(.)$	
Jenis <i>Boom</i>	$f_2(.)$	
Jenis <i>Carrier</i>	$f_3(.)$	
Jenis Pengimbang	$f_4(.)$	
Kapasitas Angkat	$f_5(.)$	
Luas <i>Chassis</i>	$f_6(.)$	
Panjang <i>Boom</i>	$f_7(.)$	

PEMBOBOTAN KRITERIA UNTUK LOKASI 4

Berikut adalah tabel kriteria untuk lokasi 4 (L_4) yang hendak diisi bobotnya. Apabila terdapat kriteria yang tidak relevan terhadap pekerjaan pengangkatan beban berat pada proyek *shutdown* di lokasi 4 (L_4), kriteria tersebut harap dicoret dan tidak perlu diisi bobotnya.

Kriteria	Kode	Bobot
Efisiensi	$f_1(.)$	
Jenis <i>Boom</i>	$f_2(.)$	
Jenis <i>Carrier</i>	$f_3(.)$	
Jenis Pengimbang	$f_4(.)$	
Kapasitas Angkat	$f_5(.)$	
Luas <i>Chassis</i>	$f_6(.)$	
Panjang <i>Boom</i>	$f_7(.)$	

PEMBOBOTAN KRITERIA UNTUK LOKASI 5

Berikut adalah tabel kriteria untuk lokasi 5 (L_5) yang hendak diisi bobotnya. Apabila terdapat kriteria yang tidak relevan terhadap pekerjaan pengangkatan beban berat pada proyek *shutdown* di lokasi 5 (L_5), kriteria tersebut harap dicoret dan tidak perlu diisi bobotnya.

Kriteria	Kode	Bobot
Efisiensi	$f_1(.)$	
Jenis <i>Boom</i>	$f_2(.)$	
Jenis <i>Carrier</i>	$f_3(.)$	
Jenis Pengimbang	$f_4(.)$	
Kapasitas Angkat	$f_5(.)$	
Luas <i>Chassis</i>	$f_6(.)$	
Panjang <i>Boom</i>	$f_7(.)$	

PEMBOBOTAN KRITERIA UNTUK LOKASI 6

Berikut adalah tabel kriteria untuk lokasi 6 (L_6) yang hendak diisi bobotnya. Apabila terdapat kriteria yang tidak relevan terhadap pekerjaan pengangkatan beban berat pada proyek *shutdown* di lokasi 6 (L_6), kriteria tersebut harap dicoret dan tidak perlu diisi bobotnya.

Kriteria	Kode	Bobot
Efisiensi	$f_1(.)$	
Jenis <i>Boom</i>	$f_2(.)$	
Jenis <i>Carrier</i>	$f_3(.)$	
Jenis Pengimbang	$f_4(.)$	
Kapasitas Angkat	$f_5(.)$	
Luas <i>Chassis</i>	$f_6(.)$	
Panjang <i>Boom</i>	$f_7(.)$	

PEMBOBOTAN KRITERIA UNTUK LOKASI 7

Berikut adalah tabel kriteria untuk lokasi 7 (L_7) yang hendak diisi bobotnya. Apabila terdapat kriteria yang tidak relevan terhadap pekerjaan pengangkatan beban berat pada proyek *shutdown* di lokasi 7 (L_7), kriteria tersebut harap dicoret dan tidak perlu diisi bobotnya.

Kriteria	Kode	Bobot
Efisiensi	$f_1(.)$	
Jenis <i>Boom</i>	$f_2(.)$	
Jenis <i>Carrier</i>	$f_3(.)$	
Jenis Pengimbang	$f_4(.)$	
Kapasitas Angkat	$f_5(.)$	
Luas <i>Chassis</i>	$f_6(.)$	
Panjang <i>Boom</i>	$f_7(.)$	

INFORMASI RESPONDEN

Nama :
 NIK :
 Jabatan :
 Seksi :
 Departemen :
 Perusahaan :

Bontang, Oktober 2015

TTD