



Thomasonan, S.T., M.T.

PEMINDAHAN TANAH MEKANIS

Buku I

PEMINDAHAN TANAH MEKANIS

Penulis:

Thomasonan, S.T., M.T.



PEMINDAHAN TANAH MEKANIS

Penulis:

Thomasonan, S.T., M.T.

ISBN : 978-623-89040-7-5

Editor : Maradona Asri, S.E.

Penerbit :

UNTAG Press

Anggota IKAPI No. No. 292/Anggota Luar Biasa/JTE/2024

Jl. Pawiyatan Luhur Bendan Dhuwur,

Semarang-Jawa Tengah

Telp. 085712500634

Fax . (053) 63227658

Email: untagpress@untagsmg.ac.id

Hak Cipta dilindungi oleh Undang - Undang
Dilarang mengutip atau memperbanyak sebagian atau seluruh
isi karya tulis ini dalam bentuk apapun.

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya sehingga buku ajar **Pemindahan Tanah Mekanis (PTM)** ini dapat disusun dan diselesaikan dengan baik. Buku ini disiapkan sebagai salah satu sumber pembelajaran bagi mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, khususnya dalam memahami prinsip-prinsip dasar serta aplikasi alat berat dalam pekerjaan tanah.

Mata kuliah Pemindahan Tanah Mekanis memiliki peran strategis dalam dunia konstruksi karena hampir seluruh pekerjaan teknik sipil—baik pembangunan jalan, jembatan, bendungan, saluran irigasi, maupun reklamasi—melibatkan aktivitas pemindahan, perataan, dan pemadatan tanah dalam skala yang luas. Oleh karena itu, penguasaan konsep, metode kerja, serta perhitungan produktivitas alat berat menjadi kompetensi penting yang perlu dikuasai oleh calon insinyur teknik sipil.

Buku ajar ini disusun secara sistematis mulai dari pengenalan jenis alat berat, karakteristik material tanah, teknik penggalian, perhitungan biaya, hingga aspek manajemen operasi dan keselamatan kerja. Selain itu, disertakan pula contoh soal, tabel teknis, serta studi kasus yang dapat memperkuat pemahaman mahasiswa dalam konteks praktik lapangan.

Penulis menyadari bahwa penyusunan buku ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi perbaikan di masa yang akan datang. Semoga buku ajar ini dapat memberikan manfaat dan menjadi referensi yang berharga, tidak hanya bagi mahasiswa tetapi juga bagi para dosen, praktisi, dan semua pihak yang berkecimpung dalam dunia konstruksi dan alat berat.

Semarang, [23 April 2025]

Penulis

PRAKATA

Segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas rahmat, taufik, dan hidayah-Nya, sehingga buku ajar ini yang berjudul "**Pemindahan Tanah Mekanis (PTM)**" dapat diselesaikan dengan baik. Buku ini disusun sebagai bagian dari upaya untuk memberikan kontribusi dalam pengembangan bahan ajar di lingkungan pendidikan tinggi, khususnya di bidang Teknik Sipil.

Pemindahan Tanah Mekanis merupakan mata kuliah yang sangat penting karena membekali mahasiswa dengan pemahaman mendalam mengenai alat berat, karakteristik tanah, metode kerja di lapangan, hingga analisis produktivitas dan biaya yang berkaitan dengan kegiatan pemindahan tanah. Dalam buku ini, penulis berupaya menghadirkan materi yang tersusun secara sistematis dan aplikatif, serta disertai contoh-contoh perhitungan yang relevan.

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada semua pihak yang telah membantu dalam proses penyusunan buku ini, khususnya kepada rekan-rekan dosen, mahasiswa, dan praktisi teknik sipil yang telah memberikan masukan dan motivasi.

Penulis menyadari bahwa buku ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu segala kritik dan saran sangat penulis harapkan demi penyempurnaan di masa mendatang. Semoga buku ajar ini dapat memberikan manfaat bagi para pembaca, khususnya para mahasiswa dan pengajar di bidang teknik sipil.

Semarang, [23 April 2025]

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	1
PRAKATA.....	4
DAFTAR ISI.....	5
DAFTAR GAMBAR.....	9
DAFTAR TABEL	10
BAB 1 PENDAHULUAN.....	13
1.1 Latar Belakang Penggunaan Alat Berat dalam Konstruksi KONSRTUKSI.	13
1.2 Manfaat Penggunaan Alat Berat untuk Efisiensi BMW (Biaya, Mutu, Waktu)	13
BAB 2 DASAR-DASAR PEMINDAHAN TANAH MEKANIS	15
2.1 Pengertian PTM.....	15
2.2 Faktor yang Perlu Diperhatikan dalam Pekerjaan PTM	15
2.3 Sifat Fisik Tanah yang Berpengaruh terhadap Pemindahan Tanah.....	16
2.4 Pengembangan Material dalam Pemindahan Tanah Mekanis	17
2.5 Sifat Material dan Pengaruhnya terhadap Pemindahan Tanah Mekanis....	25
BAB 3 PERENCANAAN PEKERJAAN PTM.....	35
3.1 Survei dan Studi Lapangan.....	35
3.1.1 Topografi dan kontur wilayah kerja	35
3.1.2 Jenis dan kondisi tanah (lewat uji laboratorium atau in-situ).....	37
3.1.3 Aksesibilitas lokasi alat berat	39
3.1.4 Kondisi drainase dan kemungkinan genangan	41
3.1.5 Lingkungan sekitar yang mempengaruhi pelaksanaan pekerjaan	43
3.2 Penentuan Volume Pekerjaan Tanah.....	45
3.3 Pemilihan Metode Pelaksanaan.....	48
3.4 Pemilihan Jenis Alat Berat	57
3.5 Jadwal Pelaksanaan dan Logistik.....	71
3.6 Estimasi Biaya dalam Pekerjaan PTM	72
BAB 4 KLASIFIKASI ALAT BERAT	75
4.1 Klasifikasi Fungsional dan Operasional Alat Berat.....	75
4.1.1 Klasifikasi Fungsional	75
4.1.2 Klasifikasi Operasional.....	75
4.2 Jenis Alat Berat Berdasarkan Fungsinya	75

4.2.1	Alat Pengolah Lahan (Land Clearing).....	75
4.2.2	Alat Penggali (Excavating Equipment).....	76
4.2.3	Alat Pengangkut (Hauling Equipment).....	76
4.2.4	Alat Pemadat (Compacting Equipment).....	76
4.2.5	Alat Penempatan Akhir (Finishing Equipment).....	76
4.2.6	Alat Pemroses Material.....	77
4.3	Kesimpulan	77
BAB 5	APLIKASI ALAT BERAT PADA PROYEK KONSTRUKSI.....	78
5.1	Proyek Gedung (High-rise, Komersial, Industrial).....	78
5.2	Proyek Jalan	78
5.3	Proyek Jembatan	78
5.4	Proyek Irigasi dan Saluran.....	79
5.5	Proyek Bendungan (Dam).....	79
5.6	Proyek Dredging (Pengerukan).....	80
5.7	Kesimpulan	80
BAB 6	ALAT BERAT DAN ATTACHMENT	81
6.1	Pengertian Alat Utama dan Alat Tambahan.....	81
6.1.1	Alat Utama	81
6.1.2	Alat Tambahan	81
6.2	Jenis-Jenis Tractor dan Dozer	81
6.2.1	Tractor.....	81
6.2.2	Dozer (Bulldozer).....	82
6.3	Excavator dan Tipe Attachment-nya	82
6.3.1	Pengertian Excavator.....	82
BAB 7	PRODUKTIVITAS DAN KINERJA ALAT	84
7.1	Kapasitas Kerja dan Produksi	84
7.1.1	Kapasitas Kerja (<i>Capacity</i>)	84
7.1.2	Produksi (Production)	84
7.2	Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kinerja Alat.....	84
7.3	Perhitungan Produktivitas Alat	85
7.3.1	Rumus Umum:	85
7.3.2	Contoh Perhitungan:	85
7.4	Kesimpulan	85
BAB 8	PERHITUNGAN BIAYA.....	87

8.1	Biaya Pemilikan (Ownership Cost).....	87
8.1.1	Komponen Biaya Pemilikan:.....	87
8.2	Biaya Operasi (Operating Cost).....	87
8.2.1	Komponen Biaya Operasi:.....	87
8.3	Contoh Perhitungan Biaya Alat.....	88
8.4	Kesimpulan.....	88
BAB 9	METODE KERJA PTM.....	90
9.1	Pembersihan Lahan (Clearing).....	90
9.2	Penggalian (Excavating).....	90
9.3	Pemuatan (Loading).....	90
9.4	Pengangkutan (Hauling).....	90
9.5	Penimbunan (Filling).....	91
9.6	Pemadatan (Compaction).....	91
9.7	Finishing.....	91
9.8	Ripping.....	92
9.9	Blasting.....	92
9.10	Hauling.....	92
9.11	Kesimpulan.....	92
BAB 10	PEMILIHAN ALAT BERAT YANG EFISIEN.....	95
10.1	Faktor Pemilihan Alat Berat.....	95
10.2	Kombinasi Peralatan untuk Efisiensi.....	95
10.3	Kesimpulan.....	96
BAB 11	MANAJEMEN OPERASI DAN KESELAMATAN KERJA.....	98
11.1	Organisasi Kerja.....	98
11.2	Prosedur Keselamatan Kerja (K3) Alat Berat.....	98
11.3	Sistem Pelaporan dan Pemeliharaan Alat.....	99
11.4	Kesimpulan.....	100
BAB 12	Pengenalan Alat Berat Untuk Pengerukan (Dredging).....	102
12.1	Bucket Dredger (Kapal Keruk Ember Rantai).....	102
12.2	Dipper Dredger.....	102
12.3	Suction Dredger (Kapal Keruk Hisap).....	103
12.4	Cutter Suction Dredger (CSD).....	104
12.5	Clamshell Dredger.....	105
12.6	TSHD – Trailing Suction Hopper Dredger.....	106

12.7	Kesimpulan Perbandingan	107
BAB 13	PENGENALAN ALAT BERAT UNTUK KONSTRUKSI MARITIM	111
13.1	Alat Berat dalam Konstruksi Pelabuhan.....	111
13.2	Alat Berat dalam Konstruksi Breakwater.....	111
13.3	Alat Berat dalam Konstruksi Revetment.....	112
13.4	Kombinasi Crane, Excavator, dan Barge	112
13.5	Kesimpulan	114
DAFTAR PUSTAKA.....		115

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2-1 Keadaan Material Dalam Earth Moving	18
Gambar 2-2 Penanganan Pemindahan Tanah.....	28
Gambar 2-3 Menentukan nilai kekerasan tantan dengan Seismic Test Meter	28
Gambar 2-4 Grafik Ground Pressure Versus Daya Dukung Tanah.....	30
Gambar 3-1 Topografi dan Kontur Wilayah Kerja	36
Gambar 3-2 Pengambilan Sampel Tanah dan Pengujiannya	39
Gambar 3-3 Aksesibilitas Lokasi Alat Berat.....	41
Gambar 3-4 Drainase Pada Pekerjaan PTM	43
Gambar 3-5 Dampak Pekerjaan Terhadap Lingkungan.....	45
Gambar 3-6 Excavator.....	60
Gambar 3-7 Backhoe Loader	60
Gambar 3-8 Bulldozer (Dozer).....	60
Gambar 3-9 Wheel Loader / Front Loader.....	61
Gambar 3-10 Motor Grader	61
Gambar 3-11 Dump Truck	62
Gambar 3-12 Scraper.....	62
Gambar 3-13 Vibratory Roller.....	62
Gambar 3-14 Sheep Foot Roller.....	63
Gambar 3-15 Pneumatic Roller	63
Gambar 3-16 Compactor Mini	63
Gambar 17 Metode kerja PTM	93
Gambar 12-1 Bucket Dredger.....	102
Gambar 12-2 Dipper Dredger	103
Gambar 12-3 Suction Dredger.....	104
Gambar 12-4 Cutter Suction Dredger	105
Gambar 12-5 Clamshell Dredger	106
Gambar 12-6 Trailing Suction Hopper Dredger	107
Gambar 13-1 Alat Berat dalam Konstruksi Maritim.....	114

DAFTAR TABEL

Tabel 2-1 Swelling Factor Material	19
Tabel 2-2 Faktor Konversi Volume Tanah/Material.....	20
Tabel 2-3 Volume Material Berdasarkan Kondisi	21
Tabel 2-4 Load Factor, Swell dan Berat Jenis Material	23
Tabel 2-5 Nilai Daya Dukung Minimum Tanah	29
Tabel 2-6 Penggunaan Alat Uji.....	31
Tabel 2-7 Daya Dukung Tanah Minimum Untuk Alat Berat	32
Tabel 2-8 Penggunaan Tipe Alat Komatsu	32
Tabel 2-9 Spesifikasi Alat Berat Komatsu Berdasarkan Jenis Tanah 1	33
Tabel 2-10 Spesifikasi Alat Berat Komatsu Berdasarkan Jenis Tanah 2	33
Tabel 3-1 Uji Lapangan (In-Situ Test).....	37
Tabel 3-2 Jenis Uji Laboratorium dan Tujuan.....	38
Tabel 3-3 Kondisi Material dan Karakteristik.....	46
Tabel 3-4 Koefisien Swell dan Shrinkage.....	46
Tabel 3-5 Perbandingan Kondisi Material dalam Pelaksanaan PTM	50
Tabel 3-6 Kategori Jarak Pemindahan Tanah	50
Tabel 3-7 Pengaruh Jarak terhadap Pemilihan Alat.....	51
Tabel 3-8 Perbandingan Jarak Pemindahan Tanah dan Pemilihan Alat.....	51
Tabel 3-9 Ketersediaan Alat Berat dan Sumber Daya.....	54
Tabel 3-10 Perbandingan Jenis Pekerjaan dalam PTM	56
Tabel 3-11 Jenis Alat Pekerjaan Penggalan	57
Tabel 3-12 Jenis Alat Pekerjaan Pengangkutan.....	57
Tabel 3-13 Jenis Alat Pekerjaan Perataan	58
Tabel 3-14 Jenis Alat Pekerjaan Pemadatan	58
Tabel 3-15 Pemilihan Jenis Alat Berat Berdasarkan Jenis Pekerjaan	59
Tabel 3-16 Jenis-Jenis Alat Berat dalam PTM	64
Tabel 3-17 Pengaruhnya Jenis Tanah Terhadap Alat Berat	65
Tabel 3-18 Keterkaitan Slope.....	65
Tabel 3-19 Karakteristik Tanah dan Medan dalam PTM.....	66
Tabel 3-20 Efisiensi Alat Berat Berdasarkan Kapasitas, Kecepatan, dan Cycle Time	69
Tabel 3-21 Contoh Kombinasi Alat Ideal	70

Tabel 3-22 Estimasi Biaya Pekerjaan PTM	74
Tabel 4-1 Klasifikasi Fungsional Alat Berat	75
Tabel 4-2 Klasifikasi Operasional Alat Berat	75
Tabel 4-3 Klasifikasi Alat Pengolah Lahan Berdasarkan Fungsinya	75
Tabel 4-4 Klasifikasi Alat Penggali Berdasarkan Fungsinya	76
Tabel 4-5 Klasifikasi Alat Pengangkut Berdasarkan Fungsinya	76
Tabel 4-6 Klasifikasi Alat Pemadat Berdasarkan Fungsinya	76
Tabel 4-7 Klasifikasi Alat Penempatan Akhir Berdasarkan Fungsinya	76
Tabel 4-8 Klasifikasi Alat Pemroses Material Berdasarkan Fungsinya.....	77
Tabel 5-1 Alat dalam Proyek Gedung Berdasarkan Fungsinya	78
Tabel 5-2 Alat dalam Proyek Jalan Berdasarkan Fungsinya.....	78
Tabel 5-3 Alat dalam Proyek Jembatan Berdasarkan Fungsinya.....	79
Tabel 5-4 Alat dalam Proyek Irigasi dan Saluran Berdasarkan Fungsinya	79
Tabel 5-5 Alat dalam Proyek Bendungan Berdasarkan Fungsinya	80
Tabel 5-6 Alat dalam Proyek Dredging Berdasarkan Fungsinya.....	80
Tabel 6-1 Jenis Tractor	81
Tabel 6-2 Jenis Dozer	82
Tabel 6-3 Tipe Attachment Excavator	82
Tabel 7-1 Kapasitas Kerja Alat	84
Tabel 8-1 Komponen Biaya Pemilikan	87
Tabel 8-2 Kapasitas Biaya Operasi.....	87
Tabel 8-3 Contoh Perhitungan Biaya ALAT.....	88
Tabel 8-4 Komponen dan Estimasi Biaya Operasi.....	88
Tabel 10-1 Aspek Kondisi Lapangan dalam Pemilihan Alat Berat.....	95
Tabel 10-2 Aspek Jenis Tanah dalam Pemilihan Alat Berat	95
Tabel 10-3 Aspek Volume Pekerjaan dalam Pemilihan Alat Berat	95
Tabel 10-4 Kombinasi Ideal Berdasarkan Fungsinya.....	96
Tabel 11-1 Struktur Umum Organisasi Lapangan	98
Tabel 11-2 Standar Prosedur Umum K3	98
Tabel 11-3 Sistem Pelaporan.....	99
Tabel 11-4 Jadwal Pemeliharaan Alat.....	100
Tabel 12-1 Perbandingan Jenis Alat Dredger.....	107
Tabel 12-2 Perbandingan Jenis Kapal Keruk.....	108
Tabel 12-3 Jenis Kapal Keruk dalam Reklamasi.....	109

Tabel 12-4 Jenis Kapal Keruk dalam Proyek Sungai	109
Tabel 13-1 Alat Berat dalam Konstruksi Pelabuhan.....	111
Tabel 13-2 Alat Berat dalam Konstruksi Breakwater	111
Tabel 13-3 Alat Berat dalam Konstruksi Revetment.....	112
Tabel 13-4 Kombinasi Crane, Excavator, dan Barge	112

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Penggunaan Alat Berat dalam Konstruksi KONSRTUKSI

Dalam dunia konstruksi modern, penggunaan alat berat telah menjadi elemen penting yang tidak terpisahkan. Kebutuhan akan percepatan waktu pelaksanaan proyek, peningkatan mutu hasil pekerjaan, serta efisiensi biaya telah mendorong penggunaan berbagai jenis alat berat. Alat berat seperti excavator, bulldozer, motor grader, dump truck, dan wheel loader mampu menggantikan pekerjaan manual yang membutuhkan banyak tenaga kerja dengan waktu yang lebih cepat dan hasil yang lebih akurat.

Seiring berkembangnya teknologi, alat berat kini juga telah dilengkapi dengan sistem kendali elektronik, teknologi GPS, dan telematika yang dapat memantau performa serta produktivitas alat secara real-time. Hal ini memungkinkan pengelolaan proyek yang lebih efektif dan efisien.

Penggunaan alat berat tidak hanya terbatas pada proyek-proyek besar seperti pembangunan jalan raya, bendungan, jembatan, dan pelabuhan, tetapi juga telah merambah ke sektor-sektor lain seperti pertambangan, pertanian, dan proyek reklamasi. Oleh karena itu, pemahaman mengenai prinsip kerja, pengoperasian, serta manajemen alat berat sangat penting bagi para pelaku industri konstruksi.

1.2 Manfaat Penggunaan Alat Berat untuk Efisiensi BMW (Biaya, Mutu, Waktu)

Penggunaan alat berat dalam pelaksanaan proyek konstruksi membawa dampak positif yang sangat signifikan terhadap tiga aspek utama proyek, yaitu:

- **Biaya (Cost):** Penggunaan alat berat dapat mengurangi kebutuhan tenaga kerja manusia dalam jumlah besar, serta mempercepat proses kerja sehingga menurunkan biaya upah, waktu sewa peralatan, dan biaya operasional lainnya. Selain itu, manajemen alat berat yang baik juga dapat menekan biaya perawatan dan pemeliharaan.
- **Mutu (Quality):** Alat berat memiliki presisi kerja yang tinggi, sehingga dapat meningkatkan kualitas hasil pekerjaan. Contohnya dalam pekerjaan pemadatan tanah, penggunaan compactor dengan kontrol tekanan akan menghasilkan kepadatan yang seragam dan sesuai spesifikasi teknis.

- **Waktu (Time):** Dengan alat berat, waktu pelaksanaan pekerjaan dapat dipersingkat secara signifikan. Pekerjaan yang semula membutuhkan waktu berminggu-minggu secara manual, dapat diselesaikan dalam hitungan hari dengan dukungan peralatan yang sesuai.

Dengan kata lain, alat berat merupakan instrumen utama dalam mendukung keberhasilan proyek konstruksi, khususnya dalam memenuhi target BMW secara optimal.

BAB 2

DASAR-DASAR PEMINDAHAN TANAH MEKANIS

2.1 Pengertian PTM

Pemindahan Tanah Mekanis (PTM) adalah suatu kegiatan teknis dalam proyek konstruksi yang bertujuan untuk memindahkan material tanah dari suatu tempat ke tempat lain secara sistematis dengan menggunakan alat berat. Proses ini mencakup tahapan penggalian, pemuatan, pengangkutan, penimbunan, perataan, hingga pemadatan tanah sesuai dengan rencana dan kebutuhan proyek.

PTM merupakan bagian yang sangat penting dalam pekerjaan tanah karena akan memengaruhi kestabilan, efisiensi kerja, serta keberhasilan konstruksi bangunan yang berdiri di atasnya. Pekerjaan pemindahan tanah dapat dilakukan pada proyek jalan, bendungan, pelabuhan, fondasi bangunan, dan reklamasi.

2.2 Faktor yang Perlu Diperhatikan dalam Pekerjaan PTM

Dalam pelaksanaan PTM, terdapat beberapa faktor penting yang harus diperhatikan agar pekerjaan berjalan efisien, aman, dan sesuai target. Faktor-faktor tersebut antara lain:

1. Jenis dan Sifat Tanah

Karakteristik tanah sangat memengaruhi metode dan alat yang digunakan. Misalnya, tanah berpasir lebih mudah dipindahkan dibandingkan tanah liat yang memiliki kohesi tinggi.

2. Volume dan Jarak Pemindahan

Semakin besar volume dan semakin jauh jarak pemindahan, maka dibutuhkan peralatan dan perencanaan yang lebih matang untuk efisiensi waktu dan biaya.

3. Jenis Alat Berat yang Digunakan

Pemilihan alat berat harus disesuaikan dengan kondisi medan, jenis material, dan produktivitas yang diharapkan. Contohnya, excavator untuk penggalian dan dump truck untuk pengangkutan.

4. Topografi dan Kondisi Medan

Kemiringan, kelembaban, dan kekerasan permukaan akan memengaruhi manuver alat berat dan teknik pelaksanaan pekerjaan tanah.

5. Cuaca dan Kondisi Lingkungan

Cuaca buruk dapat memperlambat pekerjaan dan meningkatkan risiko kecelakaan. Drainase yang baik harus disiapkan untuk menghindari genangan air.

6. Produktivitas Alat dan Efisiensi Kerja

Waktu siklus (cycle time), kapasitas bucket, dan kemampuan operator akan memengaruhi hasil kerja. Koordinasi antar alat juga harus optimal.

7. Faktor Keamanan dan Keselamatan Kerja (K3)

Seluruh aktivitas harus memperhatikan prosedur keselamatan agar tidak terjadi kecelakaan yang merugikan pekerja maupun peralatan.

8. Biaya Operasional dan Pemeliharaan Alat

Perhitungan biaya harus mencakup bahan bakar, suku cadang, serta pemeliharaan alat agar tidak terjadi pemborosan.

Dengan memahami dan mempertimbangkan seluruh faktor di atas, pekerjaan PTM dapat dilaksanakan secara efektif, efisien, dan aman sesuai standar teknik yang berlaku.

2.3 Sifat Fisik Tanah yang Berpengaruh terhadap Pindahkan Tanah

Pemahaman terhadap sifat fisik tanah sangat penting dalam pekerjaan pemindahan tanah mekanis, karena karakteristik tanah akan memengaruhi metode kerja, pemilihan alat, serta produktivitas dan hasil akhir pekerjaan. Berikut adalah beberapa sifat fisik utama tanah yang harus diperhatikan:

1. Berat Jenis (Specific Gravity)

Berat jenis adalah perbandingan massa jenis partikel tanah terhadap massa jenis air. Nilai ini menentukan berat relatif suatu jenis tanah dan digunakan untuk perhitungan volume dan kapasitas angkut. Tanah dengan berat jenis tinggi akan lebih berat untuk dipindahkan dan memerlukan alat dengan tenaga yang lebih besar.

2. Kepadatan (Density)

Kepadatan adalah massa tanah per satuan volume. Tanah dengan kepadatan tinggi memiliki volume kerja yang lebih kecil untuk massa yang sama dibanding tanah dengan kepadatan rendah. Dalam praktik PTM, kepadatan digunakan untuk menghitung produktivitas alat dan kebutuhan tenaga kerja.

3. Kelembaban (Moisture Content)

Kandungan air dalam tanah sangat memengaruhi kemudahan penggalian, pemuatan, dan pemadatan. Tanah yang terlalu basah menjadi lengket dan berat, sementara tanah yang terlalu kering bisa berdebu dan susah dipadatkan. Kadar air yang ideal diperlukan agar tanah mudah digali namun tetap padat saat ditimbun kembali.

4. Konsistensi dan Kohesi

Konsistensi menunjukkan kekakuan tanah, sedangkan kohesi adalah daya tarik antar partikel tanah. Tanah liat memiliki kohesi tinggi sehingga lebih sulit dipindahkan dibandingkan tanah berpasir. Kohesi tinggi membuat tanah menggumpal dan menempel pada alat berat, membutuhkan pembersihan lebih sering.

5. Ukuran dan Distribusi Butiran

Tanah dengan ukuran butir besar (kerikil dan pasir kasar) cenderung lebih mudah ditangani karena tidak lengket. Sedangkan tanah lempung atau silty clay memerlukan tenaga dan teknik khusus karena mudah menggumpal dan susah mengalir. Distribusi butiran mempengaruhi tingkat pemadatan dan drainase tanah.

6. Sudut Geser Dalam (Internal Friction Angle)

Merupakan ukuran kemampuan tanah menahan gaya geser. Tanah dengan sudut geser dalam yang tinggi seperti pasir cenderung stabil dalam lereng curam, sedangkan tanah lempung dengan sudut kecil lebih mudah longsor. Nilai ini digunakan untuk menentukan desain kemiringan timbunan dan galian.

7. Swelling dan Shrinkage

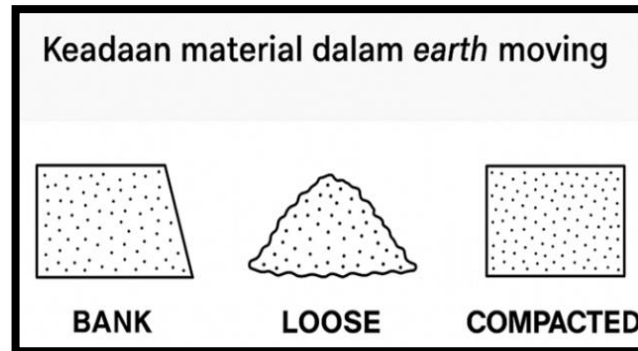
Beberapa jenis tanah (seperti lempung aktif) mengalami perubahan volume saat kadar air berubah. Swelling adalah pembengkakan saat basah, sedangkan shrinkage adalah penyusutan saat mengering. Hal ini dapat menyebabkan perbedaan volume antara kondisi asli (bank), lepas (loose), dan padat (compacted), serta memengaruhi perhitungan kebutuhan timbunan dan galian.

Dengan memahami sifat-sifat fisik tanah tersebut, perencanaan pemindahan tanah mekanis dapat dilakukan secara lebih akurat dan efisien, serta meminimalkan risiko kegagalan konstruksi akibat kesalahan teknis di lapangan.

2.4 Pengembangan Material dalam Pemindahan Tanah Mekanis

Dalam konteks pekerjaan tanah dan pemindahannya, "pengembangan material" merujuk pada perubahan volume tanah akibat gangguan terhadap struktur

alami tanah, terutama saat proses penggalian dan pemuatan berlangsung. Tanah dalam keadaan asli (*bank condition*) biasanya lebih padat dibanding saat sudah terganggu (*loose condition*). Perubahan ini harus diperhitungkan dalam perencanaan agar volume material yang dipindahkan, diangkut, dan dipadatkan sesuai dengan kebutuhan lapangan.



Gambar 2-1 Keadaan Material Dalam *Earth Moving*

"Keadaan Material dalam Earth Moving" yang menggambarkan kondisi material dalam bentuk **bank**, **loose**, dan **compacted** secara visual. Terdapat tiga kondisi material yang umum dikenal dalam pekerjaan PTM:

1. Bank (Natural/In-situ Condition)

Tanah dalam keadaan asli, belum terganggu, masih berada di tempatnya. Volume tanah pada kondisi ini digunakan sebagai acuan awal dalam perencanaan volume galian.

2. Loose (Terurai)

Tanah dalam kondisi sudah terganggu, telah digali dan menjadi lebih gembur. Volume tanah meningkat akibat pelepasan ikatan antar butir. Dalam kondisi ini, tanah memerlukan lebih banyak ruang saat diangkut, misalnya menggunakan dump truck.

3. Compacted (Dipadatkan)

Tanah yang telah dipadatkan kembali dengan alat berat (*compactor*) hingga mencapai kepadatan yang diinginkan. Volume tanah pada kondisi ini biasanya lebih kecil dibanding kondisi loose, tetapi lebih besar dari kondisi bank karena terdapat ruang pori yang lebih sedikit.

Faktor Konversi Volume (Volume Change Factors)

Dalam perhitungan teknis, terdapat faktor konversi volume yang umum digunakan:

- **Swell Factor:** Faktor pengembangan dari bank ke loose. Misalnya, tanah liat memiliki swell factor sekitar 25–40%.
- **Shrinkage Factor:** Faktor penyusutan dari loose ke compacted. Misalnya, setelah dipadatkan, tanah bisa menyusut hingga 10–15% dari kondisi loose.

Contoh : Jika 1 m³ tanah dalam keadaan asli (bank) setelah digali menjadi 1,25 m³ dalam keadaan loose, maka swell factor = 1,25.

Pentingnya Perhitungan Pengembangan Material

- Menentukan jumlah kendaraan angkut (dump truck) yang dibutuhkan
- Menyesuaikan volume pekerjaan timbunan dan galian
- Menghindari kekurangan atau kelebihan material di lapangan
- Menjamin hasil pemadatan sesuai dengan standar teknis

Dengan memperhitungkan pengembangan material secara cermat, pekerjaan tanah dapat dilaksanakan lebih tepat, efisien, dan sesuai spesifikasi teknik yang dipersyaratkan dalam dokumen kontrak.

Tabel Swelling Factor Material

Tabel 2-1 Swelling Factor Material

Jenis Material	Swell Factor (%)
Tanah Lempung (Clay)	25
Pasir (Sand)	12
Kerikil (Gravel)	10
Tanah Berbatu (Rock - blasted)	50
Batuan Keras (Rock - hard)	67
Lanau (Silt)	20
Tanah Gambut (Peat)	200

Contoh Perhitungan Produktivitas Alat Berat Berdasarkan Swelling Factor

Berikut adalah contoh perhitungan produktivitas excavator dengan mempertimbangkan swell factor dari material yang dipindahkan:

Data Diketahui:

- Jenis Alat Berat: Excavator
- Jenis Material: Tanah Lempung (Clay)
- Swell Factor: 25%
- Waktu Siklus (Cycle Time): 30 detik
- Kapasitas Bucket: 1,2 m³ (loose)
- Efisiensi Kerja: 50 menit per jam
- Tujuan: Hitung produktivitas dalam m³ bank per jam

Langkah Perhitungan:

- **Langkah 1: Hitung Jumlah Siklus per Jam**
Siklus per jam = (50 menit × 60) / 30 = 100 siklus
- **Langkah 2: Hitung Volume Loose per Jam**
Volume loose = 100 siklus × 1,2 m³ = 120 m³
- **Langkah 3: Konversi ke Kondisi Bank**
Volume bank = 120 / 1,25 = 96 m³

Hasil:

Produktivitas excavator untuk tanah lempung adalah 96 m³ bank per jam.

Tabel Faktor Konversi Volume Tanah/Material (Termasuk Pecahan Batu)

Tabel 2-2 Faktor Konversi Volume Tanah/Material

Jenis Material	Swell Factor (%)	Shrinkage Factor (%)	Faktor Bank to Loose	Faktor Loose to Compacted
Tanah Lempung (Clay)	25	10	1.25	0.9
Pasir (Sand)	12	7	1.12	0.93
Kerikil (Gravel)	10	5	1.1	0.95
Batuan Meledak (Blasted Rock)	50	17	1.5	0.83
Tanah Gambut (Peat)	200	50	3.0	0.5
Base Course (Agregat Dasar)	12	7	1.12	0.93
Subbase Course (Agregat Subdasar)	10	6	1.1	0.94
Batu Pecah 3/4" (Crushed Stone)	8	5	1.08	0.95
Batu Belah (Quarry Rock)	40	15	1.4	0.85

Jenis Material	Swell Factor (%)	Shrinkage Factor (%)	Faktor Bank to Loose	Faktor Loose to Compacted
Abu Batu (Stone Dust)	5	3	1.05	0.97

✓ Kelompok Volume Material

1. Kondisi Asli (Bank Condition)

- Material masih dalam kondisi alami, belum terganggu di lokasi asal.
- Digunakan sebagai acuan perhitungan awal (basis volume kerja).

2. Kondisi Gembur (Loose Condition)

- Material telah digali, dipindahkan, atau mengalami gangguan.
- Volume meningkat karena struktur tanah pecah dan pori membesar.
- Umumnya digunakan saat pemuatan ke truk/dump atau dalam stockpile.

3. Kondisi Padat (Compacted Condition)

- Material telah dipadatkan menggunakan alat berat hingga mencapai kepadatan teknis tertentu.
- Digunakan dalam pekerjaan timbunan, lapisan pondasi, dll.

Tabel Volume Material Berdasarkan Kondisi (Asli, Gembur, Padat)

Tabel 2-3 Volume Material Berdasarkan Kondisi

Jenis Material	Volume Asli (Bank)	Volume Gembur (Loose)	Volume Padat (Compacted)
Tanah Lempung (Clay)	1.00	1.250	1.1250
Pasir (Sand)	1.00	1.120	1.0416
Batu Pecah 3/4" (Crushed Stone)	1.00	1.080	1.0260
Batu Belah (Quarry Rock)	1.00	1.400	1.1900
Abu Batu (Stone Dust)	1.00	1.050	1.0185

Cara Perhitungan Volume dari Berbagai Keadaan Tanah

1. Tiga Kondisi Volume Tanah

- Bank Condition (BC): Tanah dalam kondisi asli, belum terganggu.

- Loose Condition (LC): Tanah dalam kondisi terurai setelah digali, volumenya membesar.
- Compacted Condition (CC): Tanah dalam kondisi telah dipadatkan, volumenya mengecil.

2. Rumus Konversi Volume

- Dari Bank ke Loose :

$$VLC = VBC \times Swell Factor$$

Contoh:

Jika tanah lempung memiliki **swell factor 1,25**, maka:

$$1 m^3 Bank \rightarrow 1 \times 1,25 = 1,25 m^3 Loose$$

3. Dari Loose ke Compacted:

$$VCC = VLC \times Shrinkage Factor$$

Contoh:

Jika tanah lempung setelah digemburkan 1,25 m³ dan **shrinkage factor 0,90**, maka :

$$VCC = 1,25 \times 0,90 = 1,125 m^3$$

4. Perhitungan Balik dari Timbunan ke Galian

Jika diketahui kebutuhan timbunan (compacted), dan ingin menghitung volume galian dalam kondisi bank :

$$V_{BC} = \frac{V_{CC}}{Swell Factor \times Shrinkage Factor}$$

Contoh Soal:

Sebuah proyek membutuhkan timbunan 1.000 m³ tanah padat (CC). Diketahui:

- Swell Factor : 1,25
- Shrinkage Factor : 0,90

Hitung volume tanah dalam kondisi bank yang harus digali!

Jawaban:

$$V_{BC} = \frac{1.000}{1,25 \times 0,90} = \frac{1.000}{1,125} = 888,89 m^3$$

Tabel Load Factor, Swell (%) dan Berat Jenis Material

Tabel 2-4 Load Factor, Swell dan Berat Jenis Material

Jenis Material	Load Factor	Swell (%)	Berat Jenis (kg/m ³)
Tanah Lempung (Clay)	0.8	25	1.600
Pasir (Sand)	0.9	12	1.700
Kerikil (Gravel)	0.95	10	1.800
Tanah Berbatu (Blasted Rock)	0.67	50	2.000
Tanah Gambut (Peat)	0.33	200	800
Abu Batu (Stone Dust)	0.95	5	2.100
Base Course	0.9	12	2.200
Subbase Course	0.92	10	2.150

Contoh Soal dan Jawaban: Load Factor, Swell, dan Berat Jenis Material

Sebuah dump truck membawa tanah lempung (clay) dalam kondisi loose sebanyak 12 m³. Diketahui:

- Load Factor tanah lempung = 0,80
- Swell = 25%
- Berat jenis tanah lempung = 1600 kg/m³

Hitunglah:

- Volume tanah dalam kondisi bank (asli)
- Berat tanah yang dibawa dump truck tersebut

Jawaban:

$$\begin{aligned} \text{Volume bank} &= \text{volume loose} \times \text{load factor} \\ &= 12 \times 0,80 \\ &= 9,6 \text{ m}^3 \text{ (bank)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat tanah} &= \text{volume loose} \times \text{berat jenis} \\ &= 12 \text{ m}^3 \times 1600 \text{ kg/m}^3 \\ &= 19.200 \text{ kg atau } 19,2 \text{ ton} \end{aligned}$$

Jadi, volume tanah dalam kondisi bank adalah 9,6 m³ dan berat total tanah adalah 19,2 ton.

Penugasan Mahasiswa

Mata Kuliah : Pemindahan Tanah Mekanis

Tugas : Individu

Topik : Analisis Volume dan Berat Material Berdasarkan Data Lapangan

Deskripsi Tugas

Mahasiswa diminta untuk melakukan perhitungan volume dan berat material yang dipindahkan dalam pekerjaan tanah dengan mempertimbangkan kondisi material (bank, loose, compacted), swell factor, shrinkage factor, load factor, dan berat jenis material.

Petunjuk Pengerjaan

1. Pilih salah satu jenis material berikut: tanah lempung, pasir, kerikil, atau batu pecah.
2. Asumsikan volume material loose yang diangkut oleh alat berat dalam 1 jam.
3. Hitung:
 - a. Volume dalam kondisi bank
 - b. Volume dalam kondisi compacted
 - c. Berat total material yang diangkut
4. Sertakan asumsi dan data yang digunakan (load factor, swell factor, berat jenis, dll).
5. Jawaban ditulis tangan atau diketik rapi dan dikumpulkan dalam format PDF.
6. Tenggat waktu: [Tanggal ditentukan oleh dosen]

Tujuan Pembelajaran

- ✓ Mahasiswa mampu menerapkan konsep volume tanah berdasarkan kondisi fisik.
- ✓ Mahasiswa memahami konversi satuan dan faktor material dalam konteks pekerjaan tanah.
- ✓ Mahasiswa mampu melakukan estimasi dan perencanaan logistik alat berat berdasarkan perhitungan teknis.

2.5 Sifat Material dan Pengaruhnya terhadap Pemindahan Tanah Mekanis

Dalam pekerjaan pemindahan tanah mekanis, sifat-sifat fisik material sangat menentukan keberhasilan dan efisiensi pelaksanaan di lapangan. Beberapa sifat utama yang dimiliki material seperti tanah dan batuan memberikan pengaruh langsung terhadap pemilihan metode kerja, jenis alat berat, perhitungan volume, serta waktu pelaksanaan. Berikut ini dijelaskan pengaruh masing-masing sifat material terhadap proses pemindahan tanah :

1. Berat Jenis dan Kepadatan

Material dengan berat jenis tinggi memerlukan alat berat dengan kapasitas dan tenaga yang lebih besar untuk memindahkannya. Kepadatan juga mempengaruhi kapasitas angkut alat seperti dump truck dan volume hasil pekerjaan.

2. Kelembaban (Moisture Content)

Tanah yang terlalu basah menjadi lengket dan sulit dipindahkan, sedangkan tanah yang terlalu kering menjadi berdebu dan susah dipadatkan. Oleh karena itu, kadar air tanah perlu dikontrol untuk memastikan efisiensi penggalian dan pemadatan.

3. Kohesi dan Sudut Geser Dalam

Tanah dengan kohesi tinggi (seperti lempung) memerlukan tenaga lebih besar untuk digali dan cenderung menempel pada alat. Tanah dengan sudut geser dalam rendah rentan terhadap longsor sehingga perlu teknik pemotongan atau penyanggaan khusus.

4. Swelling dan Shrinkage

Material yang mengalami perubahan volume besar saat basah atau kering (contoh: tanah ekspansif) menyulitkan dalam pengendalian volume kerja. Pengaruh ini sangat penting untuk diperhitungkan dalam desain timbunan dan perencanaan hauling.

5. Ukuran dan Gradasi Butiran

Material berbutir kasar (kerikil, pasir) cenderung lebih mudah digali dan tidak menempel pada alat. Sedangkan material berbutir halus seperti lanau atau lempung memerlukan penggalian yang lebih hati-hati dan cenderung menggumpal.

6. Abrasivitas

Material berbatu atau memiliki butiran tajam dapat menyebabkan keausan

cepat pada bucket, blade, atau komponen alat berat lainnya. Ini akan meningkatkan biaya pemeliharaan dan downtime alat.

7. Kompresibilitas

Material yang sangat kompresibel akan menyusut signifikan saat dipadatkan, sehingga memerlukan volume timbunan lebih banyak dari yang direncanakan.

8. Load Factor dan Swell Factor

Load factor digunakan untuk menghitung konversi volume dari loose ke bank condition, dan swell factor untuk menghitung perubahan volume saat material digali. Perhitungan yang akurat diperlukan agar jumlah siklus alat berat dapat diprediksi dengan tepat.

Dengan memahami dan mengelola pengaruh sifat-sifat material ini, perencanaan pekerjaan tanah dapat dilakukan lebih akurat, efisien, serta meminimalkan risiko teknis dan ekonomis di lapangan.

Pengukuran kekerasan tanah bisa dilakukan dengan cara shear meter, ripper meter, seismic (suara atau getaran) dan soil investigation drill (pengeboran). Untuk penentuan nilai kekerasan yang diukur dengan menggunakan seismic test meter, besarnya nilai kekerasan ditunjukkan dalam satuan m/sec (Satuan Seismic Wave Velocity Batuan Secara Umum). Hasilnya bisa secara sederhana digambarkan dengan seismic test meter dilakukan seperti Gambar 2-3. Hasilnya bisa diketahui kekerasan dan kedalaman masing-masing lapisan keras sampai yang lunak.

✓ Tujuan dari Pengukuran Kekerasan Tanah

Mengetahui:

- Tingkat kekerasan tanah/batuan di lapisan bawah
- Kedalaman masing-masing lapisan
- Metode pemindahan atau penggalian yang tepat

□ Metode Pengukuran Kekerasan

1. Shear Meter

- Mengukur kekuatan geser tanah di lapangan (shear strength)
- Digunakan pada tanah lempung, lanau, dll

2. Ripper Meter

- Menentukan apakah suatu batuan bisa diripper (dibelah) menggunakan alat berat seperti bulldozer + ripper

3. Seismic Test (Seismic Wave Velocity)

- Mengukur kecepatan gelombang seismik yang melewati tanah
- Satuan: m/s
- Digunakan untuk klasifikasi kekerasan tanah dan batuan:
 - < 500 m/s: lunak
 - 500–1500 m/s: sedang
 - 1500 m/s: keras (perlu blasting/ripper)

4. Soil Investigation Drill

- Pengeboran langsung (bor log) untuk mengetahui jenis dan urutan lapisan tanah secara aktual
- Biasanya digunakan untuk validasi hasil uji tidak langsung (seismik)

□ Langkah Penyelesaian (Interpretasi Data Lapangan)

Misal data hasil uji seismik menunjukkan:

- Kedalaman 0–2 m: 400 m/s
- Kedalaman 2–5 m: 900 m/s
- Kedalaman 5–10 m: 1600 m/s

Maka:

- 0–2 m: Tanah lunak → Excavator cukup
- 2–5 m: Tanah keras sedang → Excavator besar atau ditambah ripper
- 5–10 m: Batuan keras → Diperlukan ripper kuat atau blasting

✦ Kesimpulan Penyelesaian

Dengan data seismic wave velocity, Anda dapat:

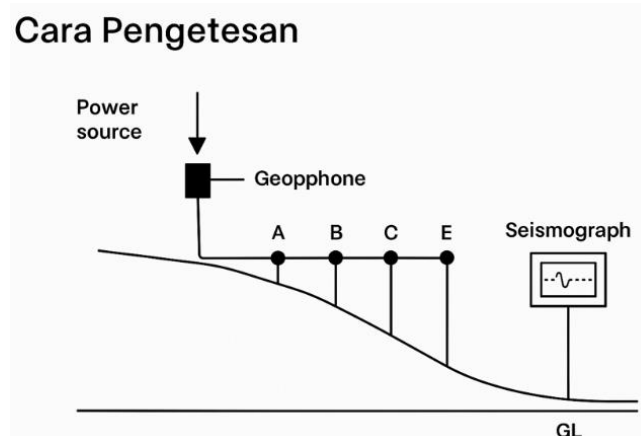
1. Menentukan jenis alat berat yang sesuai
2. Menyusun urutan pekerjaan penggalian
3. Menghitung waktu dan biaya lebih akurat (karena tahu tingkat kesulitan)
4. Menentukan metode khusus seperti ripping atau blasting jika perlu



Gambar 2-2 Penanganan Pemindahan Tanah Berdasarkan Kecepatan Gelombang Seismik

Cara Pengetesan

Dengan menempatkan sedikit tertanam alat geophone A B C D E dengan jarak tertentu kemudian dirangkaikan sedemikian hingga ujung kabel pada power source, atau lagi dihubungkan dengan alat pengukur (seismographs). Setelah power source dipukul beberapa kali, maka pada alat tersebut didapat kertas primer yang memberi gambaran kekerasan material tersebut. Dengan demikian dapat disimpulkan tipe alat berat yang cocok dan jumlah masing-masing tipe sesuai volume yang diketahui.



Gambar 2-3 Menentukan nilai kekerasan tantan dengan Seismic Test Meter

☑ Daya Dukung Tanah terhadap Alat Berat

🔗 Mengapa Daya Dukung Tanah Penting bagi Alat Berat?

- Agar alat berat tidak tenggelam, terjebak, atau tergelincir saat beroperasi.
- Untuk memastikan kestabilan dan keamanan alat berat, terutama alat dengan beban besar seperti dump truck, crane, dan excavator.

- Untuk menentukan apakah perlu jalan kerja sementara, seperti geotekstil, gravel pad, atau mat foundation.

Hubungan antara Tekanan Roda/Track dan Daya Dukung Tanah

Tekanan kontak (contact pressure) alat berat harus lebih kecil dari daya dukung tanah.

Rumus Tekanan Kontak:

$$q = \frac{W}{A}$$

Q : tekanan kontak (kPa)

W : berat alat (kN)

A : luas kontak roda atau track (m²)

Jika $q > q_{all} \rightarrow$ alat berisiko tenggelam atau amblas.

Contoh Nilai Daya Dukung Minimum Tanah untuk Operasi Alat Berat

Tabel 2-5 Nilai Daya Dukung Minimum Tanah

Jenis Tanah	Daya Dukung Tanah (kPa)	Jenis Alat yang Bisa Beroperasi
Lempung lunak	30–50	Alat ringan, perlu track lebar, kadang perlu perkuatan
Pasir lepas	75–150	Excavator kecil-menengah, dump truck kecil
Pasir padat/kerikil	200–300	Excavator besar, dump truck besar, grader
Tanah stabil/berbatu	> 400	Crane, dozer, alat berat tanpa modifikasi

Solusi Jika Tanah Tidak Cukup Kuat

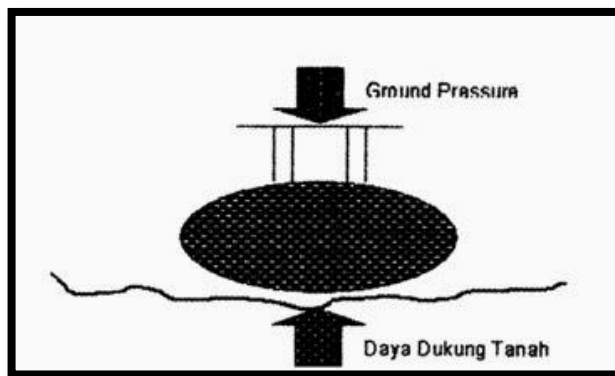
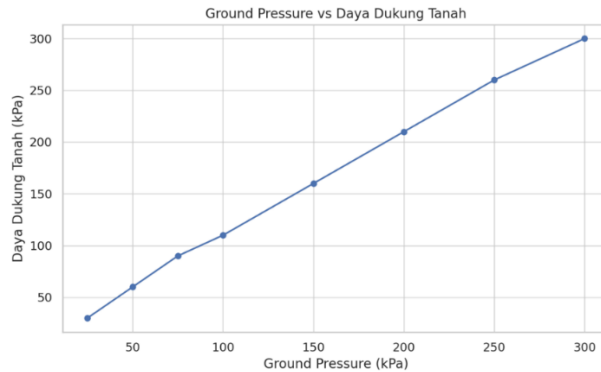
- Gunakan alat dengan track lebar atau ban tekanan rendah
- Buat jalan kerja sementara dengan batu, geotekstil, atau mat besi
- Ganti metode kerja, misalnya tidak lewatkan alat berat langsung di atas tanah lunak

Contoh Kasus Sederhana

Excavator seberat 20 ton dengan area track 2 m² beroperasi di tanah dengan daya dukung 75 kPa.

$$\text{Tekanan kontak} = \frac{20000 \text{ kg} \times 9,81}{2} = 98,1 \text{ kPa}$$

Karena 98,1 > 75 kPa, maka tanah terlalu lunak, perlu solusi seperti mat atau pengerasan jalur.



Gambar 2-4 Grafik Ground Pressure Versus Daya Dukung Tanah

Nilai daya dukung tanah dapat diketahui melalui pengukuran langsung di lapangan menggunakan berbagai alat uji geoteknik. Berikut adalah alat-alat yang umum digunakan untuk mengukur daya dukung tanah:

✓ Alat Pengukuran Langsung Daya Dukung Tanah di Lapangan

1. SPT (Standard Penetration Test)

- **Metode** : Pemukulan pipa standar ke dalam tanah menggunakan palu jatuh
- **Hasil** : Nilai N-SPT (jumlah pukulan per 30 cm penetrasi)
- **Kegunaan** : Menentukan kekuatan tanah dan korelasi dengan daya dukung
- **Lokasi** : Dilakukan di lubang bor

2. CPT (Cone Penetration Test) / Uji Sondir

- **Metode** : Penetrasi konus baja ke dalam tanah tanpa pukulan
- **Hasil** : Nilai tahanan ujung (q_c) dan gesekan selimut (f_s)
- **Kegunaan** : Sangat akurat untuk menentukan daya dukung & stratifikasi tanah
- **Kelebihan** : Bisa otomatis (CPTu – dengan pori sensor)

3. Plate Load Test

- **Metode** : Memberikan beban bertingkat pada pelat baja yang diletakkan di atas tanah
- **Hasil** : Grafik hubungan antara beban dan penurunan (settlement)
- **Kegunaan** : Menghitung daya dukung ijin langsung
- **Lokasi** : Cocok untuk proyek skala besar

4. DCPT (Dynamic Cone Penetration Test)

- **Metode** : Penetrasi konus dengan beban dinamis (palu)
- **Hasil** : Jumlah pukulan per kedalaman
- **Kegunaan** : Cepat untuk survei awal dan korelasi nilai daya dukung

5. CBR Test (California Bearing Ratio)

- **Metode** : Memberikan beban penetrasi pada contoh tanah
- **Lokasi** : Bisa di lapangan (field CBR) atau laboratorium
- **Kegunaan** : Menentukan kekuatan lapisan tanah dasar, sangat berguna untuk perkerasan jalan

Kesimpulan

Tabel 2-6 Penggunaan Alat Uji

Alat Uji	Langsung di Lapangan	Output Utama	Cocok untuk
SPT	Ya	N-value	Pondasi bangunan
CPT / Sondir	Ya	q_c , f_s	Detil lapisan tanah
Plate Load Test	Ya	q_{all} langsung	Proyek besar
DCPT	Ya	Jumlah pukulan	Survey cepat
CBR	Ya / Lab	Nilai CBR (%)	Jalan dan timbunan

Tabel Daya Dukung Tanah Minimum untuk Alat Berat

Tabel 2-7 Daya Dukung Tanah Minimum Untuk Alat Berat

Jenis Tanah	Daya Dukung Minimum (kPa)	Jenis Alat Berat yang Aman Digunakan	Cone Index (kg/cm ²)	Daya Tekan Alat (kg/cm ²)
Tanah Lempung Lunak	30 – 50	Alat ringan, excavator kecil, gunakan track lebar atau perkuatan jalan kerja	< 5	< 0.5
Lanau Jenuh Air	40 – 70	Dozer ringan, excavator kecil, perlu jalur gravel atau geotekstil	5 – 8	0.5 – 0.8
Pasir Lepas	75 – 150	Excavator medium, dump truck kecil	8 – 15	0.8 – 1.5
Pasir Padat / Kerikil	200 – 300	Dump truck besar, excavator besar, grader	15 – 25	1.5 – 2.5
Tanah Berbatu / Stabil	> 400	Semua jenis alat berat termasuk crane dan paver	> 25	> 2.5

Standar teknis alat berat merk Komatsu (misalnya excavator, bulldozer, dump truck, dll.) — khususnya dalam hal:

- Berat operasional
- Daya tekan roda atau track (kg/cm²)
- Jenis pekerjaan/tanah yang sesuai
- Referensi Cone Index & Ground Pressure

Contoh Tabel Komatsu (Sederhana)

Tabel 2-8 Penggunaan Tipe Alat Komatsu

Tipe Alat Komatsu	Berat Operasional (ton)	Ground Pressure (kg/cm ²)	Cocok untuk Tanah
Komatsu D65EX	20	0,45	Lunak – Sedang
Komatsu D155AX	41	0,77	Sedang – Keras
Komatsu PC200	20	0,42	Lempung, pasir lepas

Tipe Alat Komatsu	Berat Operasional (ton)	Ground Pressure (kg/cm ²)	Cocok untuk Tanah
Komatsu PC300	30	0,58	Lempung padat, batuan ringan
Komatsu HD465	55 (Dump Truck)	>2,5	Jalan kerja stabil

Spesifikasi Alat Berat Komatsu Berdasarkan Jenis Tanah

Tabel 2-9 Spesifikasi Alat Berat Komatsu Berdasarkan Jenis Tanah 1

Tipe Alat Komatsu	Berat Operasional (ton)	Ground Pressure (kg/cm ²)	Jenis Tanah yang Cocok	Keterangan Tambahan
Komatsu D65EX (Bulldozer)	20	0.45	Tanah lunak hingga sedang	Sering digunakan untuk pekerjaan pematangan lahan
Komatsu D155AX (Bulldozer)	41	0.77	Tanah sedang hingga keras	Digunakan di tambang atau timbunan besar
Komatsu PC200 (Excavator)	20	0.42	Lempung, pasir lepas	Excavator serbaguna proyek umum
Komatsu PC300 (Excavator)	30	0.58	Lempung padat, batuan ringan	Untuk penggalian skala besar
Komatsu HD465 (Dump Truck)	55	2.5	Jalan kerja stabil, batu pecah	Khusus hauling kapasitas besar

Spesifikasi Alat Berat Komatsu Berdasarkan Jenis Tanah

Tabel 2-10 Spesifikasi Alat Berat Komatsu Berdasarkan Jenis Tanah 2

Tipe Alat Komatsu	Berat Operasional (ton)	Ground Pressure (kg/cm ²)	Jenis Tanah yang Cocok	Keterangan Tambahan
Komatsu D65EX (Bulldozer)	20	0.45	Tanah lunak hingga sedang	Sering digunakan untuk pekerjaan pematangan lahan
Komatsu D155AX (Bulldozer)	41	0.77	Tanah sedang hingga keras	Digunakan di tambang atau timbunan besar

Tipe Alat Komatsu	Berat Operasional (ton)	Ground Pressure (kg/cm²)	Jenis Tanah yang Cocok	Keterangan Tambahan
Komatsu PC200 (Excavator)	20	0.42	Lempung, pasir lepas	Excavator serbaguna proyek umum
Komatsu PC300 (Excavator)	30	0.58	Lempung padat, batuan ringan	Untuk penggalian skala besar
Komatsu HD465 (Dump Truck)	55	2.5	Jalan kerja stabil, batu pecah	Khusus hauling kapasitas besar
Komatsu WA320 (Wheel Loader)	15	1.6	Timbunan granular, material lepas	Loader untuk pekerjaan pengangkutan cepat
Komatsu GD655 (Motor Grader)	18	1.4	Tanah rata hingga berbatu ringan	Pemotongan dan perataan akhir jalan

BAB 3

PERENCANAAN PEKERJAAN PTM

Perencanaan pekerjaan pemindahan tanah mekanis merupakan langkah awal yang sangat penting untuk menjamin keberhasilan pelaksanaan proyek konstruksi, terutama dalam aspek efisiensi waktu, biaya, dan mutu. Perencanaan yang baik melibatkan peninjauan kondisi lapangan, karakteristik material, pemilihan metode kerja, dan alat berat yang tepat.

3.1 Survei dan Studi Lapangan

Sebelum pekerjaan dimulai, diperlukan survei lapangan untuk mengetahui:

3.1.1 Topografi dan kontur wilayah kerja

Topografi dan kontur wilayah kerja adalah dasar utama dalam perencanaan pekerjaan pemindahan tanah mekanis (PTM). Informasi ini memberikan gambaran tentang kemiringan, elevasi, dan bentuk permukaan lahan yang sangat memengaruhi:

- Volume galian dan timbunan
- Metode kerja dan arah pergerakan alat berat
- Stabilitas lereng dan kebutuhan pemadatan

✓ Hal-Hal yang Harus Dilaksanakan pada Tahap Topografi & Kontur

1. Survei Topografi

- Dilakukan menggunakan alat Total Station, Theodolite, atau Drone GPS Mapping.
- Tujuannya: menghasilkan peta kontur (elevasi) dan data digital seperti DEM.
- Output: peta dengan interval kontur (biasanya setiap 0,5 m atau 1 m).

2. Analisis Bentuk Lahan

- Menentukan daerah datar, landai, curam.
- Menentukan titik-titik tinggi dan rendah (cut and fill).
- Mengidentifikasi area kritis seperti lereng tajam, alur air, dan zona rawan longsor.

3. Penetapan Titik Referensi dan Bench Mark

- Titik referensi tetap (BM) digunakan untuk kontrol elevasi selama pelaksanaan.
- Dibuat permanen dengan patok beton atau logam.

4. Pemodelan Cut and Fill

- Menggunakan software seperti AutoCAD Civil 3D, Surfer, atau HEC-RAS.
- Tujuan: menyeimbangkan volume galian dan timbunan.
- Menentukan zona galian (cut) dan zona timbunan (fill).

5. Perencanaan Arah dan Jalur Alat Berat

- Ditentukan berdasarkan kontur untuk menghindari tanjakan ekstrem.
- Alat berat akan bergerak melintang kontur atau mengikuti elevasi bertahap.

Gambaran Pelaksanaan di Lapangan

1. Pengukuran Awal

- Tim survei mengukur titik-titik elevasi di lapangan secara grid (misal setiap 10 m).
- Titik diinput ke software untuk membuat peta kontur.

2. Penandaan Area Kerja

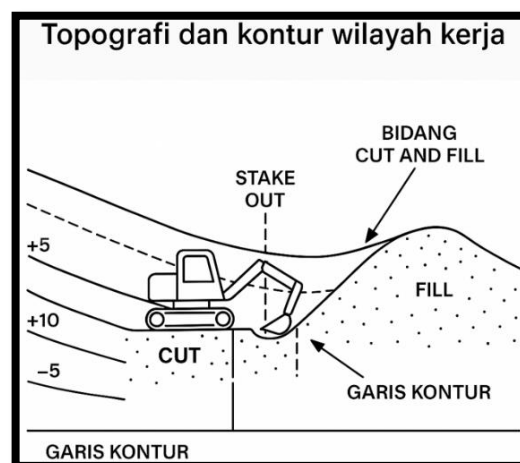
- Zona cut diberi tanda cat/simen merah, zona fill warna biru.
- Stake out dilakukan menggunakan patok elevasi dan garis batas kerja.

3. Koordinasi dengan Operator

- Operator alat berat diberikan peta kerja.
- Alat berat seperti dozer, grader, dan excavator bekerja mengikuti arah perencanaan.

4. Pemantauan Elevasi

- Setiap pekerjaan dicek elevasinya secara periodik agar tidak overcut/overflow.
- Dapat menggunakan alat digital level atau drone monitoring.



Gambar 3-1 Topografi dan Kontur Wilayah Kerja

3.1.2 Jenis dan kondisi tanah (lewat uji laboratorium atau in-situ)

Langkah-langkah pelaksanaan identifikasi jenis dan kondisi tanah dalam pekerjaan *Pemindahan Tanah Mekanis (PTM)*, lengkap dengan gambaran pelaksanaannya:

☑ Jenis dan Kondisi Tanah (Dari Uji Laboratorium atau In-situ)

🔗 Tujuan:

- Mengetahui karakteristik fisik dan mekanik tanah untuk menentukan metode kerja dan alat berat yang sesuai.
- Menghindari kegagalan seperti penurunan, longsor, atau pemadatan yang tidak maksimal.

□ Hal-Hal yang Harus Dilaksanakan

1. Pengambilan Sampel Tanah

- Disturbed sample: tanah terganggu, cukup untuk uji klasifikasi (pakai auger/manual boring)
- Undisturbed sample: tanah tidak terganggu, diambil dengan Shelby Tube/alat khusus untuk uji kekuatan geser dan konsolidasi

2. Uji Lapangan (In-Situ Test)

Tabel 3-1 Uji Lapangan (In-Situ Test)

Metode	Alat	Tujuan
SPT (Standard Penetration Test)	Palu 63,5 kg + tabung	Dapatkan nilai N untuk kekuatan tanah
CPT (Sondir)	Konus penetrasi	Uji tahanan ujung (qc) dan gesekan selimut
DCPT	Konus + palu	Uji cepat penetrasi untuk korelasi kekuatan tanah
Field CBR	Penetrasi beban pada tanah	Tentukan daya dukung lapangan
Uji Berat Jenis Lapangan (Sand Cone Test)	Kerucut pasir	Tentukan kepadatan relatif tanah setelah pemadatan

3. Uji Laboratorium

Tabel 3-2 Jenis Uji Laboratorium dan Tujuan

Jenis Uji	Tujuan
Uji Saringan & Hidrometer	Mengetahui distribusi butiran (gradasi)
Atterberg Limit	Menentukan plastisitas tanah lempung
Proctor Test	Menentukan kadar air optimum dan kepadatan maksimum
Triaksial Test	Mengukur kuat geser tanah
Consolidation Test	Mengetahui pemampatan jangka panjang tanah

Gambaran Pelaksanaan Lapangan

1. Tahap Mobilisasi

- Tim geoteknik membawa bor mini, alat SPT, sondir, dan logbook.

2. Pengeboran dan Logging

- Lokasi titik uji di-grid dan ditandai. Bor dilakukan hingga kedalaman tertentu (misal 10 m).
- Setiap lapisan tanah dicatat jenis, warna, plastisitas.

3. Pengujian di Lokasi

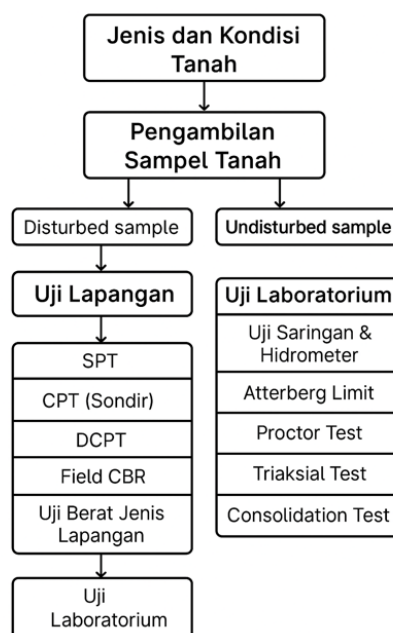
- SPT dilakukan tiap 1,5 m.
- Sondir dilakukan di lokasi representatif tanpa penggalian.
- Hasil langsung dibaca atau terekam digital.

4. Pengambilan Sampel ke Laboratorium

- Sampel diberi label lengkap dan dikirim ke lab.
- Uji lanjut seperti proctor, saringan, konsistensi dilakukan.

5. Penyusunan Laporan Tanah

- Data tanah diplot dalam bentuk bore log, profil tanah, dan kurva kuat geser.
- Disertakan rekomendasi teknik (jenis alat, metode timbunan, kebutuhan pemadatan, dsb.)



Gambar 3-2 Pengambilan Sampel Tanah dan Pengujiannya

3.1.3 Aksesibilitas lokasi alat berat

Aksesibilitas lokasi alat berat dalam pekerjaan *Pemindahan Tanah Mekanis (PTM)*, lengkap dengan langkah pelaksanaan dan gambaran aplikatif di lapangan:

☑ Aksesibilitas Lokasi Alat Berat

📌 Tujuan:

Menjamin kelancaran mobilisasi, operasional, dan manuver alat berat dari dan menuju area kerja tanpa mengganggu produktivitas dan keamanan.

🔧 Hal-Hal yang Harus Dilaksanakan

1. Survei Rute dan Titik Masuk

- Identifikasi jalan akses eksisting dari luar ke lokasi proyek.
- Tentukan lebar jalan minimum, radius tikungan, dan kekuatan jalan (daya dukung terhadap ground pressure alat).
- Cek halangan vertikal: kabel listrik, jembatan, gorong-gorong, dan tanjakan.

2. Perencanaan Jalur Mobilisasi

- Buat layout jalur khusus alat berat (terpisah dari jalur pekerja atau kendaraan ringan).
- Tandai zona tikungan, zona belok, tanjakan, dan spot istirahat/servis.
- Jika jalan belum tersedia, rancang jalan kerja sementara menggunakan material granular, geotekstil, atau plat baja (mat).

3. Penguatan Jalan Kerja (Jika Diperlukan)

- Tanah lunak perlu distabilisasi (pasir batu, sirtu, atau base coarse).
- Pemadatan lapisan jalan kerja dengan vibro roller untuk menghindari kerusakan jalur.
- Pemasangan geotekstil di bawah jalur hauling untuk mencegah tenggelam.

4. Penataan Zona Parkir dan Manuver

- Sediakan area parkir alat berat dengan permukaan stabil dan drainase baik.
- Buat zona putar (turning zone) untuk alat besar seperti dump truck dan grader.
- Pasang rambu-rambu dan marka arah pergerakan alat berat.

5. Koordinasi Waktu dan Urutan Mobilisasi

- Susun jadwal mobilisasi bertahap: jangan semua alat datang bersamaan.
- Koordinasikan izin lintas dengan pemerintah daerah jika lewat jalan umum.

Gambaran Pelaksanaan di Lapangan

1. Pra-Mobilisasi

- Tim teknis meninjau rute masuk dan memetakan kondisi jalan.
- Jika perlu, dilakukan pembukaan akses baru dengan dozer dan excavator.

2. Pengerasan Jalan Kerja

- Lapisan tanah lunak dikupas, ditimbun dengan material granular.
- Dilakukan pemadatan per lapis.

3. Pemasangan Geotekstil / Plat Baja

- Diletakkan di jalur kritis agar alat berat tidak tenggelam saat hauling.

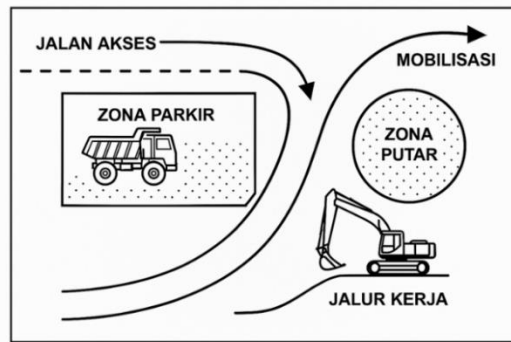
4. Pembuatan Zona Parkir dan Servis

- Diratakan, diberi gravel, dan disediakan tempat pengisian BBM/oli.

5. Pengawasan Harian

- Operator dan safety man memantau kondisi jalan dan memberi peringatan dini jika jalur rusak.

Aksesibilitas lokasi alat berat



Gambar 3-3 Aksesibilitas Lokasi Alat Berat

3.1.4 Kondisi drainase dan kemungkinan genangan

Kondisi drainase dan kemungkinan genangan dalam pekerjaan *Pemindahan Tanah Mekanis (PTM)*, lengkap dengan langkah yang harus dilaksanakan serta gambaran pelaksanaannya di lapangan.

✓ Pentingnya Drainase dalam PTM

Drainase yang buruk akan menyebabkan:

- Genangan air yang menghambat operasi alat berat
- Tanah menjadi lunak, kehilangan daya dukung
- Keterlambatan pekerjaan dan peningkatan biaya

🔧 Langkah-Langkah yang Harus Dilaksanakan

1. Survey Hidrologi dan Drainase Eksisting

- Identifikasi alur air alami, saluran, sungai terdekat, dan arah aliran air
- Tentukan titik rawan genangan berdasarkan topografi
- Periksa debit limpasan saat hujan (gunakan rumus Rational atau software hidrologi)

2. Perencanaan Sistem Drainase Sementara

- Rancang parit keliling area kerja (cut-off drain)
- Buat saluran pembuangan air (ditch) di sisi jalur alat berat
- Tambahkan cross drain (pipa melintang) di titik-titik jalur hauling
- Pasang sumur resapan atau kolam sedimentasi jika diperlukan

3. Pengaturan Elevasi dan Kemiringan

- Atur kemiringan minimum (1–2%) pada jalan kerja dan timbunan untuk aliran air
- Hindari menciptakan cekungan atau depresi tempat air bisa tergenang

4. Material Penutup Jalan yang Tahan Air

- Gunakan gravel pad, sirtu, atau geotekstil di atas tanah lunak
- Tambahkan lapisan impermeabel jika jalur sering terendam

5. Pemantauan dan Pemeliharaan Berkala

- Periksa saluran setelah hujan
- Bersihkan endapan lumpur atau tanaman yang menyumbat
- Tambal bagian jalan kerja yang rusak atau berlubang akibat genangan

Gambaran Pelaksanaan di Lapangan

1. Pra-kerja

- Tim survei memetakan lokasi rawan genangan berdasarkan kontur
- Titik genangan ditandai dan dibuat rencana pengaliran air

2. Penggalian Parit

- Dozer atau excavator membuat saluran terbuka di sisi luar area kerja
- Parit dihubungkan ke drainase alami atau kolam pembuangan

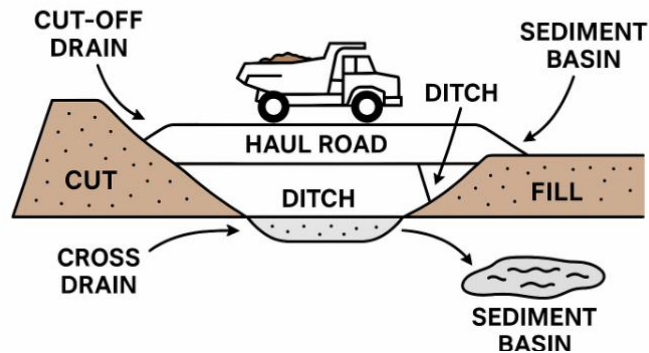
3. Pengaturan Kemiringan Permukaan

- Jalan kerja dan area galian/timbunan diratakan dengan kemiringan keluar
- Pekerjaan dipandu oleh leveler/surveyor

4. Pemeliharaan Rutin

- Drainase dibersihkan tiap minggu atau setelah hujan besar
- Genangan langsung ditangani agar tidak merusak lapisan kerja

Drainase pada Pekerjaan PTM



Gambar 3-4 Drainase Pada Pekerjaan PTM

3.1.5 Lingkungan sekitar yang mempengaruhi pelaksanaan pekerjaan

❖ Lingkungan Sekitar yang Mempengaruhi Pekerjaan PTM

Lingkungan sekitar proyek bisa mendukung atau menghambat kelancaran pelaksanaan. Faktor-faktor yang perlu diperhatikan meliputi:

❖ Hal-Hal yang Harus Diperhatikan dan Dilaksanakan

1. Kawasan Pemukiman dan Akses Masyarakat

- Risiko: gangguan kebisingan, debu, dan getaran terhadap warga.
- Langkah:
 - Sosialisasi ke masyarakat sebelum pekerjaan dimulai.
 - Pembuatan papan peringatan dan jalur alternatif.
 - Pembatasan jam kerja alat berat (misal: 07.00–17.00).
 - Gunakan alat berat yang low noise jika memungkinkan.

2. Fasilitas Umum dan Infrastruktur Sekitar

- Risiko: kerusakan jaringan jalan, saluran air, kabel bawah tanah, dan bangunan sekitar.
- Langkah:
 - Pemetaan utilitas eksisting dengan instansi terkait (PDAM, PLN, Telkom).
 - Penempatan alat berat dan dump truck tidak boleh melebihi kapasitas jalan eksisting.
 - Gunakan mat baja atau plat kayu saat melintasi infrastruktur sensitif.

3. Vegetasi dan Kawasan Lindung

- Risiko: kerusakan pohon, area hijau, atau wilayah konservasi.

- Langkah:
 - Identifikasi dan hindari pohon-pohon besar atau tanaman dilindungi.
 - Pekerjaan dibatasi hanya pada area yang diizinkan dalam dokumen AMDAL atau UKL-UPL.

4. Kondisi Cuaca dan Iklim Lokal

- Risiko: hujan deras menyebabkan genangan, longsor, atau gangguan operasional.
- Langkah:
 - Monitoring cuaca harian dan jadwal ulang pekerjaan outdoor saat cuaca ekstrem.
 - Sediakan rain cover dan jalur evakuasi alat jika kondisi darurat.

5. Keamanan dan Akses Umum

- Risiko: masyarakat masuk ke area kerja, risiko kecelakaan.
- Langkah:
 - Pemasangan pagar pembatas dan pos jaga di area berisiko tinggi.
 - Penerangan malam hari dan rambu-rambu lalu lintas alat berat.
 - Koordinasi dengan aparat setempat dan pelibatan warga sebagai petugas keamanan proyek.

❖ Gambaran Pelaksanaan di Lapangan

1. Pra-Pekerjaan

- Tim proyek dan manajemen lingkungan survei area sekitar.
- Menyusun peta risiko dan rencana mitigasi.

2. Sosialisasi dan Koordinasi

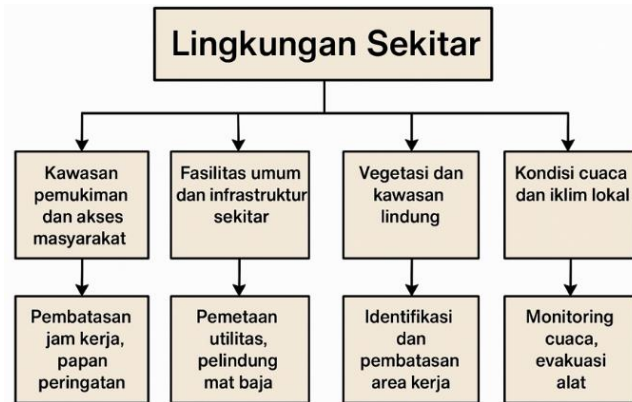
- Mengundang tokoh masyarakat dan aparat desa/kelurahan.
- Memberikan jadwal kerja, potensi dampak, dan jalur lalu lintas proyek.

3. Pemasangan Peralatan Perlindungan

- Rambu, papan informasi, barikade, dan pagar.
- Memasang karung pasir atau sabuk pengaman di area rawan longsor.

4. Monitoring Harian

- Pengawas lapangan memastikan tidak ada gangguan ke lingkungan sekitar.
- Jika terjadi dampak, langsung ditangani sesuai SOP.



Gambar 3-5 Dampak Pekerjaan Terhadap Lingkungan

3.2 Penentuan Volume Pekerjaan Tanah

Perhitungan volume galian dan timbunan dilakukan berdasarkan:

1. Peta Kontur dan Cross Section

- Peta Kontur adalah representasi dua dimensi dari permukaan bumi yang menunjukkan elevasi setiap titik dengan garis-garis kontur.
- Cross Section (penampang melintang) adalah irisan melintang tegak lurus terhadap sumbu jalan atau saluran untuk melihat perbedaan elevasi alami dengan elevasi rencana.

📌 Fungsi:

- Menentukan batas pekerjaan galian dan timbunan
- Menghitung luas penampang area yang akan digali atau ditimbun
- Menyusun perhitungan volume berdasarkan metode average end area atau grid method

2. Perhitungan Cut and Fill

- Cut = volume tanah yang harus digali untuk mencapai elevasi rencana
- Fill = volume tanah yang harus ditimbun untuk menaikkan permukaan hingga elevasi rencana

📌 Metode Umum:

- Metode Average End Area:

$$V = \frac{(A_1 + A_2)}{2} \times L$$

V : Volume

A : Luas Penampang

L : Jarak antar penampang

- Metode Grid (Kontur):
 - Buat kotak grid (misal 10 m x 10 m), hitung volume tiap kotak → totalisasi

📌 Tujuan:

Mencapai keseimbangan antara volume cut dan fill untuk efisiensi logistik dan biaya.

3. Faktor Konversi: Bank, Loose, dan Compacted

Tabel 3-3 Kondisi Material dan Karakteristik

Kondisi Material	Simbol	Karakteristik
Bank (Asli)	BC	Material dalam kondisi asli di lokasi (padat alami)
Loose (Gembur)	LC	Material setelah digali → mengembang
Compacted (Padat)	CC	Material setelah dipadatkan kembali dengan alat berat

📌 Konversi:

- Volume loose = Volume bank × Swell Factor
- Volume compacted = Volume loose × Shrinkage Factor

Contoh:

Jika swell factor = 1,25 → 1 m³ bank → 1,25 m³ loose

Jika shrinkage factor = 0,90 → 1,25 m³ loose → 1,125 m³ compacted

4. Koefisien Swell dan Shrinkage

- Swell Factor (%): Persentase penambahan volume material saat digali
- Shrinkage Factor (%): Persentase penyusutan volume saat dipadatkan kembali

Tabel 3-4 Koefisien Swell dan Shrinkage

Material	Swell (%)	Shrinkage (%)
Tanah Lempung	25%	10%

Pasir	12%	7%
Batuan meledak	50%	15%
Tanah gambut	> 100%	> 30%

🔗 Fungsi:

- Menghindari salah hitung kebutuhan alat angkut
- Menentukan volume material yang harus digali lebih banyak dari yang dibutuhkan dalam timbunan

❖ Kesimpulan

Setiap elemen ini saling berkaitan:

- Peta kontur dan cross section → Menentukan geometri dan luas area kerja
- Cut and fill → Menentukan lokasi dan volume pekerjaan
- Faktor konversi dan koefisien volume → Menentukan jumlah material nyata yang harus dipindahkan dan alat berat yang dibutuhkan

Dasar Perhitungan Volume Galian dan Timbunan

1. Peta Kontur dan Cross Section

Peta kontur menunjukkan elevasi permukaan tanah dengan garis-garis ketinggian. Cross section (penampang melintang) menggambarkan perbedaan elevasi alami dan rencana. Dari sini dapat dihitung luas potongan galian dan timbunan.

2. Perhitungan Cut and Fill

Cut adalah volume tanah yang digali, sedangkan fill adalah volume tanah yang ditimbun. Metode perhitungan umum:

- Metode Average End Area :

$$V = \frac{(A_1 + A_2)}{2} \times L$$

- Metode Grid/Kontur : menghitung volume tiap kotak lalu dijumlahkan seluruhnya.

3. Faktor Konversi: Bank, Loose, dan Compacted

Bank (BC) : Kondisi tanah asli di lapangan

Loose (LC) : Tanah setelah digali, mengembang

Compacted (CC) : Tanah setelah dipadatkan kembali

Konversi :

- $LC = BC \times Swell\ Factor$
- $CC = LC \times Shrinkage\ Factor$

4. Koefisien Swell dan Shrinkage

Swell : Persentase penambahan volume tanah saat digali

Shrinkage : Penyusutan volume saat tanah dipadatkan kembali

Contoh nilai umum:

- Tanah Lempung : Swell 25%, Shrinkage 10%
- Pasir : Swell 12%, Shrinkage 7%
- Batuan Meledak : Swell 50%, Shrinkage 15%
- Gambut : Swell >100%, Shrinkage >30%

Kesimpulan

Peta kontur dan cross section membantu mengenali bentuk lahan.

Perhitungan cut & fill menentukan volume pekerjaan.

Faktor konversi dan koefisien swell/shrinkage memastikan perhitungan lebih realistis sesuai kondisi di lapangan.

Volume ini penting untuk:

- Menentukan jumlah alat berat
- Menghitung siklus kerja (cycle time)
- Estimasi waktu dan biaya pekerjaan

3.3 Pemilihan Metode Pelaksanaan

Metode pelaksanaan pekerjaan PTM tergantung pada:

❖ **Kondisi Material: Lunak, Sedang, dan Keras**

Kondisi material sangat memengaruhi metode pelaksanaan dan pemilihan jenis alat berat. Berikut klasifikasinya:

1. Material Lunak

Contoh:

- Tanah lempung basah
- Lanau jenuh air
- Pasir lepas

Karakteristik:

- Mudah digali
- Daya dukung rendah (rawan amblas)
- Sensitif terhadap kelembaban dan genangan

Metode Pelaksanaan:

- Gunakan excavator ringan atau backhoe
- Buat jalur kerja menggunakan mat, geotekstil, atau gravel jika alat berisiko tenggelam
- Gunakan wheel loader jika pemindahan jarak pendek
- Pemadatan bertahap dengan compactor ringan dan kontrol kadar air

2. Material Sedang**Contoh:**

- Pasir padat
- Lempung kering dan keras
- Kerikil bercampur tanah

Karakteristik:

- Daya dukung cukup baik
- Bisa digali dengan alat berat biasa
- Lebih stabil saat dipotong dan ditimbun

Metode Pelaksanaan:

- Gunakan excavator kelas menengah (20–30 ton)
- Angkut dengan dump truck medium
- Bisa dilakukan cut and fill langsung
- Gunakan vibratory roller atau sheep foot roller untuk pemadatan optimal

3. Material Keras**Contoh:**

- Batu padas
- Batuan sedimen keras
- Tanah dengan bongkahan batu besar
- Lapisan tanah keras yang memerlukan ripper

Karakteristik:

- Sulit digali
- Memerlukan tenaga besar atau metode khusus
- Bisa merusak alat jika tidak ditangani sesuai

Metode Pelaksanaan:

- Gunakan dozer dengan ripper untuk membelah material

- Untuk batu besar: gunakan hydraulic breaker atau blasting (ledakan)
- Gunakan excavator kelas berat (PC300 ke atas)
- Pastikan alat dilindungi dari getaran dan benturan keras
- Angkut dengan dump truck heavy duty
- Pemadatan menggunakan alat berat dengan tonase tinggi

Kesimpulan

Memahami kondisi material sangat penting agar:

- Tidak terjadi underperformance alat berat
- Volume galian sesuai rencana
- Biaya operasional tetap efisien
- Waktu pelaksanaan terkendali

Tabel Perbandingan Kondisi Material dalam Pelaksanaan PTM

Tabel 3-5 Perbandingan Kondisi Material dalam Pelaksanaan PTM

Kondisi Material	Contoh Material	Karakteristik	Alat yang Digunakan	Metode Pelaksanaan
Lunak	Lempung basah, lanau, pasir lepas	Mudah digali, daya dukung rendah, sensitif air	Excavator ringan, loader, compactor ringan	Jalur diperkuat, gali dan timbun bertahap, kontrol air
Sedang	Lempung keras, pasir padat, kerikil bercampur tanah.	Stabil, daya dukung cukup, bisa digali biasa	Excavator medium, dump truck, vibratory roller	Cut-fill langsung, pemadatan normal
Keras	Padas, batu besar, tanah berbatu	Sulit digali, keras, bisa merusak alat	Dozer + ripper, breaker, excavator berat, dump truck besar	Ripping, breaking, blasting, pengangkutan berat

❖ Jarak Pindahkan Tanah (Haul Distance)

Jarak pemindahan tanah adalah panjang lintasan yang ditempuh alat berat dari lokasi penggalian (cut) ke lokasi timbunan (fill). Jarak ini sangat memengaruhi pemilihan alat, waktu kerja, dan biaya operasional.

Kategori Jarak Pindahan

Tabel 3-6 Kategori Jarak Pindahan Tanah

Kategori	Jarak Umum	Ciri-Ciri
----------	------------	-----------

Short Haul	< 300 meter	Jarak dekat, cocok untuk alat jenis dozer atau loader
Medium Haul	300 – 1.000 meter	Cocok untuk kombinasi alat: loader + dump truck kecil
Long Haul	> 1.000 meter	Perlu dump truck besar, efisiensi bahan bakar sangat penting

□ Pengaruh Jarak terhadap Pemilihan Alat

Tabel 3-7 Pengaruh Jarak terhadap Pemilihan Alat

Jarak	Alat Penggalian	Alat Angkut	Keterangan
Short Haul	Dozer, Excavator kecil	Dozer, Loader	Tidak efisien jika pakai dump truck
Medium Haul	Excavator	Dump truck kecil, articulated	Butuh koordinasi jalur
Long Haul	Excavator besar	Dump truck besar, ADT (Artic)	Efisiensi tinggi, perlu jalan angkut yang kuat

▣ Faktor Tambahan yang Dipertimbangkan

- Jenis material (tanah lunak vs batuan)
- Topografi rute (menanjak, menurun, berbelok)
- Kondisi jalan angkut (perlu pengerasan atau tidak)
- Produktivitas alat (cycle time)

🌀 Contoh Kasus

Dalam proyek jalan sepanjang 2 km, tanah hasil galian STA 1+000 harus ditimbun di STA 2+000 (1.000 meter).

- Karena > 1.000 m, ini adalah long haul
- Maka dipilih: Excavator + Dump Truck 20 ton
- Jika digunakan dozer, maka cycle time terlalu lama dan boros BBM

Tabel Perbandingan Jarak Pindahkan Tanah dan Pemilihan Alat

Tabel 3-8 Perbandingan Jarak Pindahkan Tanah dan Pemilihan Alat

Kategori Jarak	Jarak Umum	Alat Penggalian	Alat Angkut	Karakteristik & Catatan
----------------	------------	-----------------	-------------	-------------------------

Short Haul	< 300 m	Dozer, Excavator kecil	Dozer, Loader	Cepat, efisien tanpa kendaraan angkut khusus
Medium Haul	300 – 1.000 m	Excavator sedang	Dump Truck kecil, ADT ringan	Perlu koordinasi dan jalan hauling sementara
Long Haul	> 1.000 m	Excavator besar	Dump Truck besar, ADT berat	Efisiensi tinggi, pertimbangan bahan bakar & jalur tetap

❖ Ketersediaan Alat Berat dan Sumber Daya

📌 Pengertian:

Ketersediaan mengacu pada apakah **alat berat, tenaga kerja, bahan bakar, dan operator** tersedia pada waktu dan jumlah yang dibutuhkan untuk mendukung kelancaran pekerjaan.

🔧 Hal-Hal yang Harus Dilaksanakan

1. Inventarisasi Alat Berat

- Cek jumlah dan jenis alat berat yang tersedia:
 - Excavator, bulldozer, dump truck, motor grader, roller, loader, dll.
- Pastikan kondisi alat siap pakai (ready to use) dan memenuhi spesifikasi proyek.
- Verifikasi kelengkapan dokumen alat (sertifikasi, izin operasional, dll).

2. Ketersediaan Operator dan Mekanik

- Jumlah operator sesuai kebutuhan shift kerja.
- Operator memiliki sertifikat kompetensi (SIO).
- Mekanik lapangan siap menangani perbaikan ringan dan darurat.

3. Perencanaan Sumber Daya Pendukung

- Bahan bakar (solar), oli, dan pelumas tersedia secara rutin.
- Disiapkan tangki mobile atau stasiun pengisian di lokasi kerja.
- Suku cadang cepat pakai (filter, oli, ban, rantai) harus tersedia.

4. Jadwal Mobilisasi dan Demobilisasi

- Atur waktu kedatangan alat berdasarkan tahapan pekerjaan.
- Hindari alat menumpuk saat belum diperlukan.
- Siapkan rute masuk dan lokasi parkir alat.

5. Kesiapan Infrastruktur Pendukung

- Jalan kerja untuk alat berat harus kuat dan tidak becek.
- Pos pemeliharaan sementara atau gudang logistik kecil.

Gambaran Pelaksanaan di Lapangan

1. Pra-Pekerjaan

- Manajer alat atau site engineer melakukan cek kondisi alat.
- Koordinasi dengan vendor alat berat (jika sewa).
- Petakan waktu kerja tiap unit alat per area kerja.

2. Selama Pekerjaan

- Monitor jam kerja alat (hour meter).
- Pastikan **rotasi antar alat** agar tidak idle.
- Staf logistik bertugas mengatur distribusi bahan bakar.

3. Pasca Pekerjaan

- Alat yang selesai dipindahkan atau standby untuk area lain.
- Evaluasi kinerja alat dan efisiensi BBM/operator.

Catatan Penting

- Ketersediaan yang tidak sinkron → menyebabkan bottleneck
- Sumber daya habis saat alat aktif → berhentinya operasi
- Keterlambatan mobilisasi → menunda jadwal proyek keseluruhan

Checklist Ketersediaan Alat Berat dan Sumber Daya

Tabel 3-9 Ketersediaan Alat Berat dan Sumber Daya

Kategori	Kebutuhan yang Diperiksa	Catatan Tambahan
Alat Berat	Jumlah & jenis alat sesuai kebutuhan, kondisi layak pakai, dokumen lengkap	Harus sesuai urutan pekerjaan dan jadwal mobilisasi
Operator & Mekanik	Jumlah operator cukup, bersertifikat, mekanik tersedia untuk penanganan darurat	Rotasi shift jelas dan sistem laporan jam kerja
Bahan Bakar & Pelumas	Ketersediaan solar, oli, pelumas, tangki BBM mobile di lokasi	Distribusi harian dikoordinasikan dengan pengawas logistik
Suku Cadang	Filter, oli mesin, ban/crawler, sparepart kritikal ready	Wajib ada stok minimal di gudang lapangan
Logistik & Infrastruktur	Jalan akses alat, lokasi parkir, pos servis ringan, gudang logistik	Drainase dan permukaan harus mendukung operasional alat

❖ Jenis Pekerjaan dalam PTM

1. Pekerjaan Galian (Excavation)

Tujuan:

Mengangkat atau memindahkan tanah dari posisi asalnya untuk membuat level elevasi baru (misalnya: pondasi, saluran, jalan).

Jenis Galian:

- Galian biasa (tanah lempung, pasir)
- Galian keras (tanah berbatu atau padas)
- Galian struktur (untuk bangunan/fondasi)
- Galian saluran (untuk drainase atau irigasi)

Alat yang Digunakan:

- Excavator, backhoe, dozer, ripper (untuk tanah keras), breaker/blasting (untuk batu)

Catatan:

Galian perlu diawasi agar tidak overcut, dan sisi galian dijaga agar tidak longsor.

2. Pekerjaan Timbunan (Embankment / Fill)

Tujuan:

Menambah volume tanah untuk menaikkan elevasi (misal: badan jalan, tanggul, reklamasi).

Jenis Timbunan:

- Timbunan pilihan (material bagus, bebas organik)
- Timbunan biasa
- Timbunan di rawa (perlu preloading atau geotekstil)

Alat yang Digunakan:

- Dump truck (pengangkut), dozer (perata), grader (finishing)

Catatan:

Setiap lapis timbunan perlu disebar dan dipadatkan sebelum lapis berikutnya ditambahkan.

3. Pekerjaan Pemadatan (Compaction)

Tujuan:

Mengurangi rongga udara dan meningkatkan kepadatan tanah agar kuat dan stabil.

Alat yang Digunakan:

- Sheep foot roller (tanah lempung)
- Smooth drum roller (tanah granular, pasir)
- Vibratory roller
- Pneumatic roller

Parameter yang Diukur:

- Kepadatan lapangan (% dari proctor)
- Kadar air optimum
- Cone index (untuk alat berat)

Catatan:

Pemadatan dilakukan per lapis, biasanya tiap 20–30 cm, dan wajib diuji dengan sand cone atau CBR.

4. Pekerjaan Penyebaran (Spreading)

Tujuan:

Menyebarkan material timbunan atau lapisan penutup secara merata sebelum dipadatkan.

Proses:

- Material dibuang dari dump truck
- Didorong dan disebar oleh dozer atau motor grader
- Diratakan sesuai kemiringan yang direncanakan

Alat yang Digunakan:

- Dozer
- Motor grader
- Wheel loader (jika area kecil)

Catatan:

Permukaan harus diratakan sesuai cross section dan memiliki kemiringan drainase yang memadai.

🌀 Kesimpulan

Keempat pekerjaan di atas saling berurutan dan saling tergantung:

1. Galian → 2. Timbunan → 3. Penyebaran → 4. Pemasangan
 Kesalahan pada satu tahapan dapat menyebabkan pekerjaan berikutnya gagal (misal: timbunan yang tidak dipadatkan → ambles).

Contoh metode:

- Galian → Excavator → Dump Truck → Timbunan → Dozer → Compactor
- Penggalian keras → Ripper atau blasting → Loading

Tabel Perbandingan Jenis Pekerjaan dalam PTM

Tabel 3-10 Perbandingan Jenis Pekerjaan dalam PTM

Jenis Pekerjaan	Tujuan	Alat yang Digunakan	Catatan Penting
Galian	Mengurangi elevasi, membuat ruang/fondasi/saluran	Excavator, backhoe, dozer, ripper, breaker	Jaga kemiringan lereng, hindari overcut
Timbunan	Meninggikan permukaan, membuat badan jalan atau tanggul	Dump truck, dozer, grader	Lapis demi lapis, material harus memenuhi syarat teknis
Penyebaran	Meratakan material timbunan sebelum dipadatkan	Dozer, grader, loader	Permukaan harus rata dan sesuai cross section

Jenis Pekerjaan	Tujuan	Alat yang Digunakan	Catatan Penting
Pemadatan	Mengurangi rongga udara, meningkatkan kekuatan tanah	Sheep foot roller, smooth drum, vibratory roller	Periksa kadar air dan kepadatan tiap lapisan

3.4 Pemilihan Jenis Alat Berat

Pemilihan alat berat dalam proyek PTM tidak boleh sembarangan. Harus disesuaikan dengan fungsi kerja utama: apakah untuk menggali, mengangkut, meratakan, atau memadatkan tanah.

Pemilihan alat harus mempertimbangkan:

❖ Jenis pekerjaan (penggalian, pengangkutan, perataan, pemadatan)

a. Pekerjaan Penggalian (Excavation)

Tujuan : Mengangkat material tanah atau batu dari lokasi asal (cut area)

Alat Berat yang Sesuai:

Tabel 3-11 Jenis Alat Pekerjaan Penggalian

Jenis Alat	Fungsi Khusus
Excavator	Menggali tanah berbagai kondisi (lunak-keras)
Backhoe Loader	Untuk area kecil dan fleksibel
Dozer + Ripper	Membelah tanah keras atau padas
Hydraulic Breaker	Memecah batu besar yang tidak bisa digali biasa

✎ *Catatan* : Pilih ukuran bucket yang sesuai dengan produktivitas yang diinginkan.

b. Pekerjaan Pengangkutan (Hauling/Transport)

Tujuan : Memindahkan material dari area cut ke fill (biasanya lebih dari 100 m)

Alat Berat yang Sesuai:

Tabel 3-12 Jenis Alat Pekerjaan Pengangkutan

Jenis Alat	Fungsi Khusus
Dump Truck	Angkut material dalam jarak sedang–jauh
ADT (Articulated Dump Truck)	Cocok untuk medan tidak rata atau proyek tambang
Scraper	Angkut + sebar sekaligus di jarak menengah

Wheel Loader	Untuk pemuatan cepat ke dump truck di stockpile
--------------	---

✎ *Catatan* : Perhatikan kapasitas muat dan konsumsi BBM.

c. Pekerjaan Perataan (Spreading & Grading)

Tujuan : Meratakan timbunan atau hasil pemotongan sesuai desain elevasi dan kemiringan

Alat Berat yang Sesuai:

Tabel 3-13 Jenis Alat Pekerjaan Perataan

Jenis Alat	Fungsi Khusus
Motor Grader	Meratakan dengan presisi tinggi, membentuk cross slope jalan
Dozer	Menyebarkan dan mendorong material dalam jumlah besar
Loader (jika area sempit)	Meratakan material di lokasi yang terbatas

✎ *Catatan* : Gunakan level kontrol GPS untuk pekerjaan presisi tinggi.

d. Pekerjaan Pemadatan (Compaction)

Tujuan : Memadatkan tanah atau timbunan agar stabil dan memenuhi spesifikasi teknik

Alat Berat yang Sesuai:

Tabel 3-14 Jenis Alat Pekerjaan Pemadatan

Jenis Alat	Fungsi Khusus
Sheep Foot Roller	Untuk tanah kohesif (lempung)
Smooth Drum Roller	Untuk pasir dan kerikil
Vibratory Roller	Getaran membantu pemadatan optimal
Pneumatic Roller	Untuk permukaan granular dan finishing perkerasan jalan

✎ *Catatan* : Perhatikan kadar air optimum dan lakukan uji sand cone atau DCP.

🌀 Kesimpulan

Pemilihan alat berat harus menyesuaikan:

- Jenis pekerjaan
- Kondisi material
- Volume pekerjaan
- Durasi dan lokasi kerja

Tabel Pemilihan Jenis Alat Berat Berdasarkan Jenis Pekerjaan

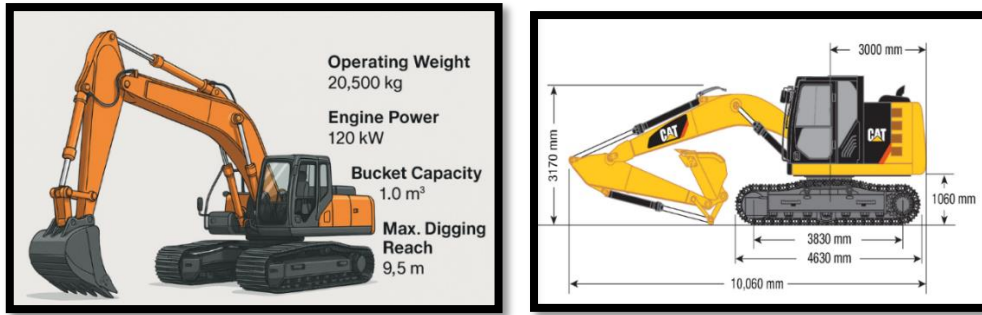
Tabel 3-15 Pemilihan Jenis Alat Berat Berdasarkan Jenis Pekerjaan

Jenis Pekerjaan	Alat Berat Utama	Fungsi Khusus	Catatan Penting
Penggalian	Excavator, Backhoe, Dozer + Ripper, Breaker	Menggali tanah lunak–keras, membelah batu atau padas	Pilih kapasitas bucket sesuai produktivitas dan jenis tanah
Pengangkutan	Dump Truck, ADT, Scraper, Wheel Loader	Mengangkut material dari lokasi galian ke timbunan	Cek kapasitas muat, efisiensi BBM, dan kondisi jalur hauling
Perataan	Motor Grader, Dozer, Loader	Meratakan hasil timbunan atau galian sesuai elevasi	Gunakan alat presisi (grader), pertimbangkan kontrol elevasi
Pemadatan	Sheep Foot Roller, Smooth Drum, Vibratory Roller, Pneumatic Roller	Memadatkan material agar stabil dan memenuhi spesifikasi	Sesuaikan alat dengan jenis tanah dan kadar air optimum

❖ Jenis-Jenis Alat Berat dalam PTM

1. Excavator

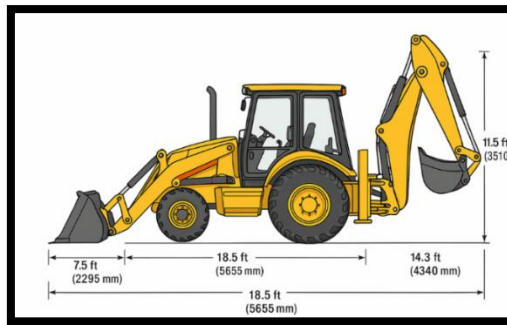
- **Fungsi** : Menggali tanah, bongkar muat, meratakan, dan membentuk lereng.
- **Variasi** : Crawler (rantai), wheeled (roda), long-arm, amphibious
- **Kelebihan** : Fleksibel dan dapat digunakan untuk galian dalam dan sempit.



Gambar 3-6 Excavator

2. Backhoe Loader

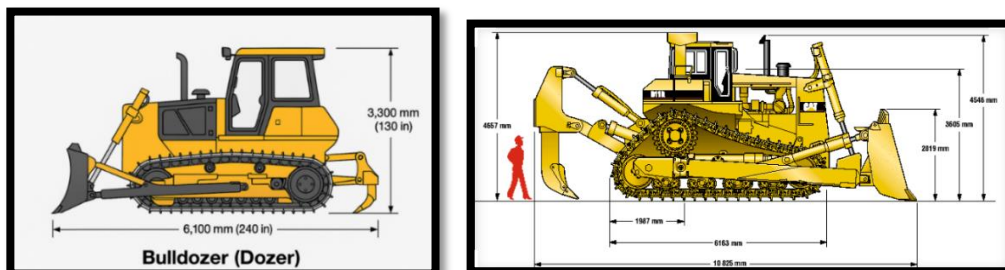
- **Fungsi** : Galian dangkal, pengangkutan tanah, pembersihan area kerja.
- **Kelebihan** : Serbaguna dan cocok untuk area terbatas.



Gambar 3-7 Backhoe Loader

3. Bulldozer (Dozer)

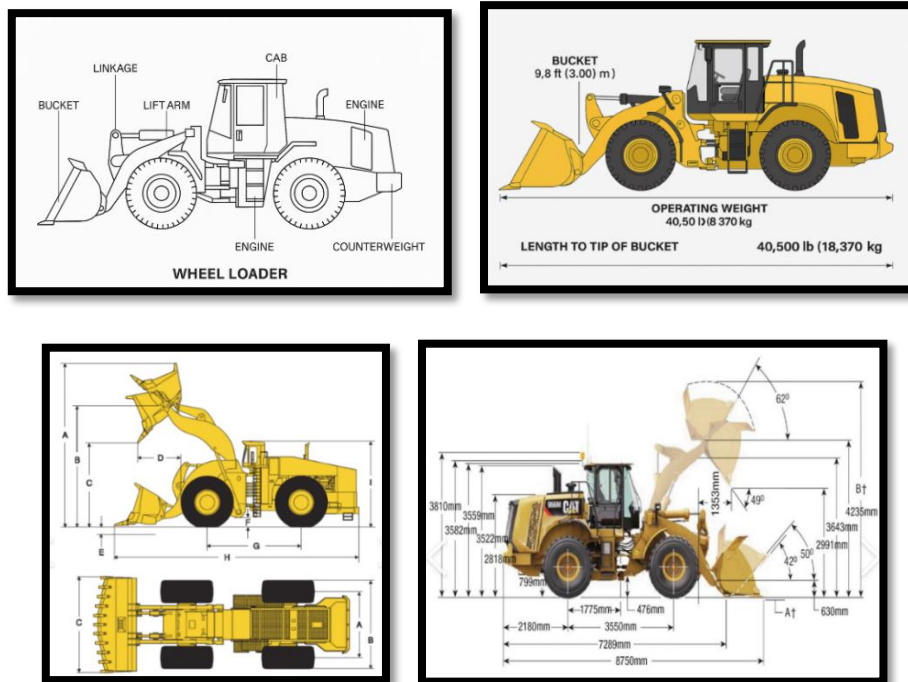
- **Fungsi** : Mendorong material, meratakan permukaan, membuka jalan kerja.
- **Jenis Blade** : Straight, Universal, Semi-U
- **Tambahan** : Bisa dilengkapi ripper untuk membelah tanah keras/padas.



Gambar 3-8 Bulldozer (Dozer)

4. Wheel Loader / Front Loader

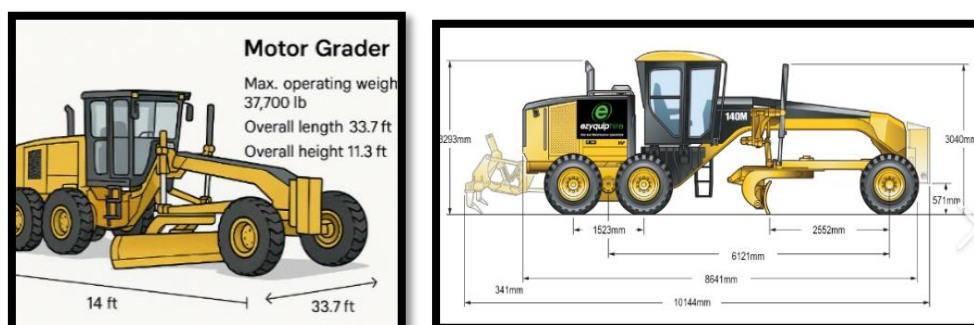
- **Fungsi** : Memuat material ke dump truck, mengangkat dan memindahkan material lepas.
- **Kelebihan** : Cepat dan efisien dalam pekerjaan loading dan stockpile.



Gambar 3-9 Wheel Loader / Front Loader

5. Motor Grader

- **Fungsi** : Meratakan permukaan jalan, membentuk lereng, membuat kemiringan saluran.
- **Fitur** : Blade presisi, ideal untuk pekerjaan finishing elevasi.

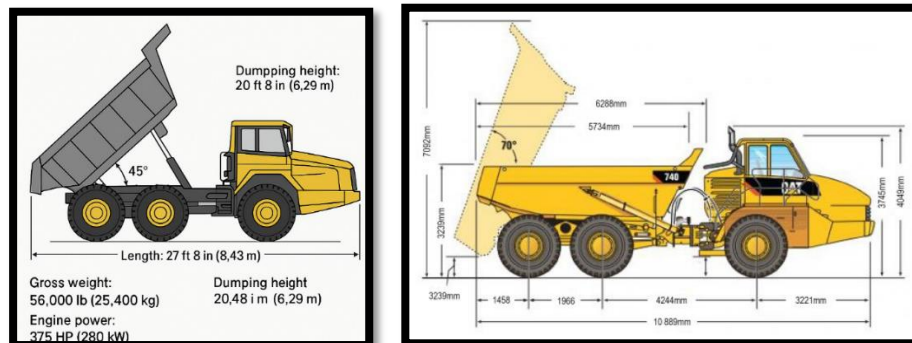


Gambar 3-10 Motor Grader

6. Dump Truck

- **Fungsi** : Mengangkut material hasil galian ke lokasi timbunan atau disposal area.

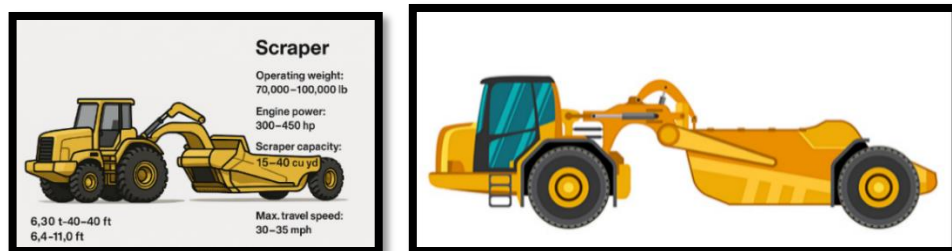
- **Jenis** : Rigid dump truck, articulated dump truck (ADT), off-road dump truck.
- **Kapasitas** : Umumnya 8–40 ton untuk proyek sipil.



Gambar 3-11 Dump Truck

7. Scraper

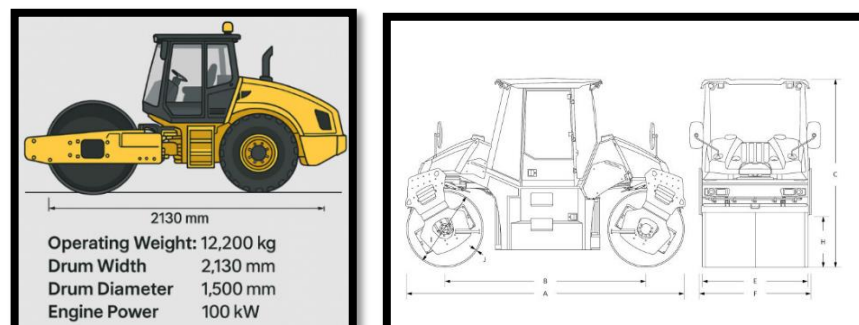
- **Fungsi** : Menggali, mengangkat, dan menyebarkan material dalam satu alat.
- **Efisien** : Untuk jarak hauling menengah dan proyek besar seperti bandara/jalan tol.



Gambar 3-12 Scraper

8. Vibratory Roller

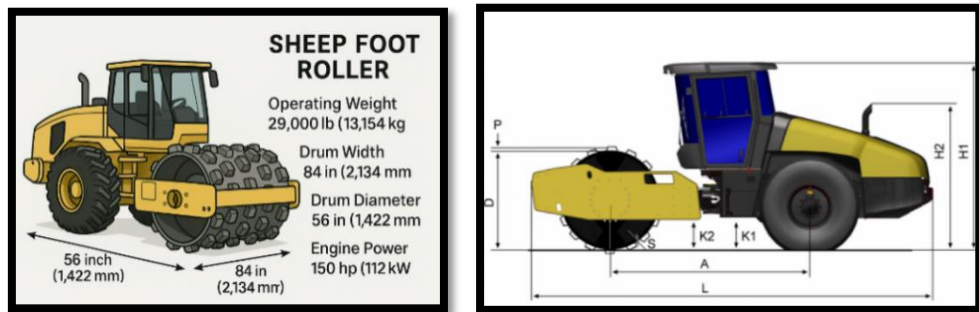
- **Fungsi** : Memadatkan tanah granular seperti pasir dan kerikil.
- **Jenis Drum** : Tunggal, ganda, dan pneumatic.



Gambar 3-13 Vibratory Roller

9. Sheep Foot Roller

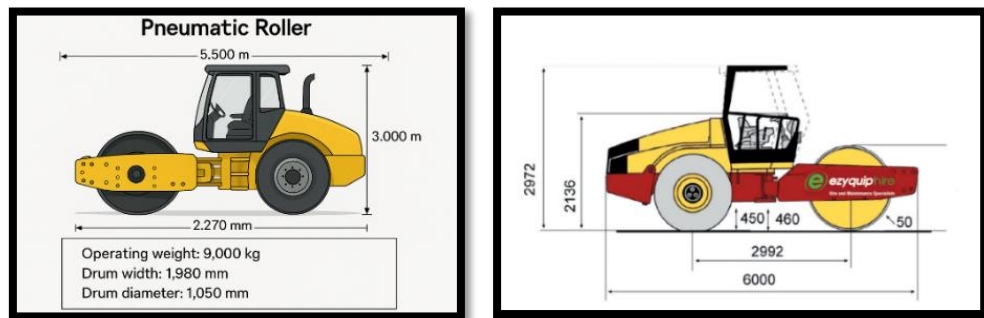
- **Fungsi** : Memadatkan tanah kohesif (lempung), menciptakan tekanan ke dalam tanah.
- **Karakteristik** : Roller bertaji, cocok untuk timbunan tinggi.



Gambar 3-14 Sheep Foot Roller

10. Pneumatic Roller

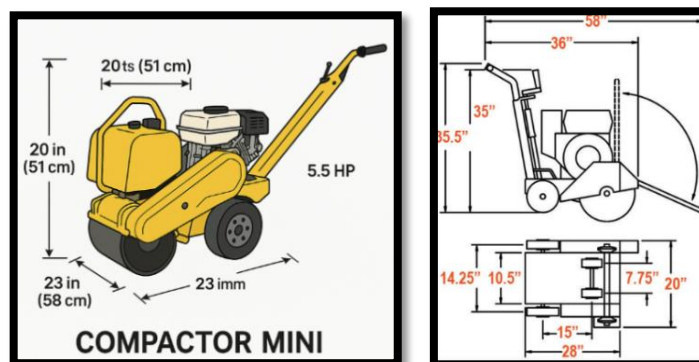
- **Fungsi** : Pemadatan lapisan permukaan dengan tekanan ban karet.
- **Aplikasi** : Finishing pada permukaan granular atau campuran aspal.



Gambar 3-15 Pneumatic Roller

11. Compactor Mini

- **Fungsi** : Pemadatan area sempit seperti saluran, pinggir pondasi, dan pedestrian.



Gambar 3-16 Compactor Mini

Pemilihan alat berat yang tepat akan menentukan:

- Efisiensi waktu kerja
- Kualitas hasil timbunan atau galian
- Biaya operasional dan konsumsi BBM

Tabel Jenis-Jenis Alat Berat dalam Pemindahan Tanah Mekanis (PTM)

Tabel 3-16 Jenis-Jenis Alat Berat dalam PTM

Jenis Alat Berat	Fungsi Utama	Keterangan Tambahan
Excavator	Menggali tanah, bongkar muat, bentuk lereng	Crawler dan wheeled, cocok untuk berbagai kondisi
Backhoe Loader	Galian dangkal dan pembersihan	Serbaguna, cocok untuk area sempit
Bulldozer (Dozer)	Mendorong material dan membuka lahan	Bisa dilengkapi ripper untuk tanah keras
Wheel Loader	Memuat dan memindahkan material lepas	Cepat dan efisien di area stockpile
Motor Grader	Meratakan jalan, membentuk elevasi dan lereng	Presisi tinggi, cocok untuk pekerjaan jalan
Dump Truck	Mengangkut material galian ke timbunan	Beragam kapasitas dan tipe (off-road, ADT)
Scraper	Gali, angkut, dan sebar dalam satu unit	Efektif di proyek besar dengan hauling menengah
Vibratory Roller	Pemadatan tanah granular (pasir, kerikil)	Drum getar, cocok untuk pasir/kerikil
Sheep Foot Roller	Pemadatan tanah kohesif (lempung)	Bentuk padat dalam, cocok untuk timbunan tinggi
Pneumatic Roller	Finishing permukaan dengan tekanan ban	Efektif di lapisan granular atau permukaan jalan
Compactor Mini	Pemadatan area kecil dan sempit	Digunakan pada saluran atau area pinggir

❖ Karakteristik Tanah dan Medan

Pemilihan alat berat harus disesuaikan dengan kondisi tanah dan bentuk medan di lokasi kerja, karena hal ini sangat memengaruhi produktivitas, stabilitas alat, dan keamanan kerja.

🔍 A. Karakteristik Tanah

a. Jenis Tanah

Tabel 3-17 Pengaruhnya Jenis Tanah Terhadap Alat Berat

Jenis Tanah	Sifat Utama	Pengaruh Terhadap Alat Berat
Lempung	Plastis, kohesif, mudah lengket	Butuh alat dengan track lebar, sulit hauling
Pasir	Tidak kohesif, mudah longsor	Perlu pemadatan ekstra, hati-hati pada slope
Kerikil	Stabil, drainase baik	Cocok untuk semua alat berat
Lanau	Halus, mudah jenuh air	Perlu penguatan jalur dan pengeringan dulu
Gambut	Organik, sangat lunak dan elastis	Perlu mat/raft, tidak cocok untuk alat berat langsung

b. Kelembaban Tanah

- Tanah jenuh air → cepat rusak saat dilewati alat berat.
- Tanah kering keras → cocok untuk hauling, tapi bisa sulit digali (butuh breaker atau ripper).

c. Kepadatan & Daya Dukung

- Jika daya dukung rendah, alat berat bisa tenggelam → perlu perkuatan jalur atau alat bertekanan rendah (low ground pressure).

d. Sifat Swell dan Shrinkage

- Tanah lempung tinggi plastisitas bisa mengembang saat basah dan menyusut saat kering, memengaruhi volume dan pemadatan.

🔍 B. Karakteristik Medan (Topografi / Kondisi Permukaan)

a. Kemiringan Medan (Slope)

Tabel 3-18 Keterkaitan Slope

Kemiringan (%)	Implikasi
< 5%	Aman untuk semua alat berat
5–12%	Diperlukan alat dengan tenaga dorong/track lebih besar
> 12%	Risiko tergelincir tinggi, perlu jalur bertangga atau winch

b. Kondisi Permukaan

- **Bergelombang / tidak rata** → gunakan dozer atau grader untuk meratakan.
- **Bebatuan besar** → hindari alat beroda, gunakan crawler atau ripper dulu.
- **Genangan / becek** → gunakan jalur kerja sementara, geotekstil, atau pelat baja.

Kesimpulan

Karakteristik tanah dan medan harus dianalisis secara menyeluruh untuk:

- Menentukan jenis dan ukuran alat berat yang aman dan efisien
- Menyesuaikan metode kerja dan urutan pekerjaan
- Menghindari kecelakaan, kerusakan alat, dan pemborosan biaya

Tabel Karakteristik Tanah dan Medan dalam Pemilihan Alat Berat PTM

Tabel 3-19 Karakteristik Tanah dan Medan dalam PTM

Karakteristik	Sifat Utama	Pengaruh terhadap Alat Berat
Tanah Lempung	Plastis, kohesif, mudah lengket	Perlu track lebar, mudah lengket
Tanah Pasir	Longgar, mudah longsor, tidak kohesif	Butuh pemadatan tambahan, hati-hati lereng
Tanah Kerikil	Stabil, drainase baik	Cocok untuk semua alat
Tanah Lanau	Halus, mudah jenuh air	Sulit dipadatkan, butuh drainase dulu
Tanah Gambut	Sangat lunak, elastis, organik	Tidak cocok untuk beban berat langsung

Karakteristik	Sifat Utama	Pengaruh terhadap Alat Berat
Medan Datar	Stabil, cocok untuk semua alat berat	Aman untuk semua jenis alat
Medan Miring < 12%	Perlu traksi ekstra, risiko selip	Gunakan crawler, hindari ban
Medan Terjal > 12%	Perlu jalur khusus atau bertahap	Gunakan jalur zig-zag atau winch
Medan Bebatuan	Bisa merusak roda, perlu ripper	Gunakan alat dengan breaker/ripper
Medan Becek / Jenuh Air	Perlu perkuatan jalur (geotekstil/mat)	Jalur kerja harus diperkuat

❖ Efisiensi Alat: Kapasitas, Kecepatan, dan Cycle Time

✦ Pengertian:

Efisiensi alat adalah kemampuan alat berat menghasilkan pekerjaan maksimum dalam waktu minimum dan biaya serendah mungkin. Dihitung berdasarkan:

1. Kapasitas (Capacity)
2. Kecepatan Operasional (Operating Speed)
3. Cycle Time (Waktu Satu Siklus Kerja)

a. Kapasitas Alat Berat

Kapasitas Bucket atau Bak Muatan

- Excavator : 0,5 – 3 m³ (tergantung kelas)
- Loader : 1 – 5 m³
- Dump Truck : 6 – 30 m³
- Scraper : 8 – 20 m³

✦ Pengaruh:

- Semakin besar kapasitas → semakin cepat volume pekerjaan selesai
- Tapi: butuh alat angkut penunjang yang seimbang kapasitasnya

b. Kecepatan Operasional

Kecepatan Alat di Lapangan

- Dozer : 3–6 km/jam (dalam dorong material)
- Excavator : Tidak dalam km/jam, tapi waktu per gerakan
- Dump Truck : 20–40 km/jam (di jalan kerja)
- Scraper : 20–30 km/jam (saat penuh)

✎ *Pengaruh:*

- Jalan kerja harus mendukung kecepatan ideal (tidak terlalu becek, menanjak tajam)
- Perlu jalur satu arah atau pengaturan lalu lintas alat

c. Cycle Time (Waktu Siklus Kerja)

Siklus = Satu rangkaian penuh operasi alat

Misalnya pada dump truck:

- Isi (loading) + Angkut (travel to fill) + Bongkar (dumping) + Kembali kosong (return)

Contoh:

Jika 1 cycle = 10 menit, dan kapasitas muat = 10 m³:

- Maka 1 jam = 6 cycle × 10 m³ = **60 m³/jam**

✎ *Faktor yang Mempengaruhi:*

- Waktu tunggu (idle)
- Ketersediaan alat pengisi (excavator/loader)
- Panjang dan kondisi jalan hauling
- Kecepatan operator

📊 Efisiensi = Output / Input

$$\text{Produktivitas Alat} = \frac{\text{Volume per Cycle} \times \text{Siklus per Jam} \times \text{Faktor Efisiensi}}{1}$$

Contoh Faktor Efisiensi:

- Alat baru = 0,9
- Alat sedang = 0,75
- Alat tua = 0,6

🌀 Kesimpulan

- Alat dengan kapasitas besar belum tentu paling efisien jika cycle time lambat

- Efisiensi dipengaruhi oleh kombinasi alat, layout kerja, dan pengawasan operator
- Pemantauan cycle time secara berkala penting untuk mengoptimalkan armada alat

Tabel Efisiensi Alat Berat Berdasarkan Kapasitas, Kecepatan, dan Cycle Time

Tabel 3-20 Efisiensi Alat Berat Berdasarkan Kapasitas, Kecepatan, dan Cycle Time

Jenis Alat Berat	Kapasitas (m ³)	Kecepatan Operasional	Cycle Time (menit)	Faktor Efisiensi Umum
Excavator	0.5 – 3.0	Gerakan per siklus	1.5 – 3 (per ayunan)	0.75 – 0.9
Wheel Loader	1.0 – 5.0	5 – 15 km/jam	1 – 2 (per siklus muat)	0.8 – 0.95
Dump Truck	6 – 30	20 – 40 km/jam	8 – 15	0.7 – 0.9
Scraper	8 – 20	20 – 30 km/jam	10 – 12	0.65 – 0.85
Dozer	-	3 – 6 km/jam	Tergantung panjang dorongan	0.6 – 0.8

❖ Kombinasi Alat untuk Produktivitas Optimal

🔑 Tujuan:

- Menyelaraskan kemampuan antar alat (gali → angkut → sebar → padat)
- Meminimalkan waktu tunggu (idle time)
- Meningkatkan efisiensi per siklus kerja

a. Prinsip Dasar Kombinasi Alat

1. Kapasitas seimbang antar alat

- Misal: Excavator 1 m³ = cocok dengan dump truck kapasitas 6–10 m³ (agar 6–10 kali muat → 1 penuh)

2. Kecepatan dan volume sinkron

- Loader harus mampu isi dump truck dalam waktu cepat agar dump truck tidak menunggu

3. Jumlah alat pengangkut > alat pengisi

- o Idealnya: 1 Excavator ↔ 3 Dump Truck (agar tidak idle)

4. Alat pemadat sesuai material

- o Setelah penyebaran, langsung diikuti pemadatan per lapis

✚ Contoh Kombinasi Ideal

Tabel 3-21 Contoh Kombinasi Alat Ideal

Tahap Pekerjaan	Kombinasi Alat Berat	Keterangan
Penggalian & Pengangkutan	Excavator + Dump Truck	Excavator kelas 20–30 ton, dump truck 6–20 m ³
Pengangkutan & Penyebaran	Dump Truck + Dozer / Grader	Grader untuk perataan halus, dozer untuk awal sebaran
Pemuatan Material Long Haul	Wheel Loader + Dump Truck	Loader isi cepat dari stockpile
Cut and Fill langsung	Excavator + Dozer	Dozer langsung dorong hasil galian ke lokasi fill
Timbunan dan Pemadatan	Dozer / Grader + Vibratory Roller / Sheep Foot Roller	Pemadatan tiap lapis setelah sebaran
Galian keras	Dozer + Ripper + Excavator	Galian keras dibantu ripper, lalu diangkut excavator

b. Tips Optimalisasi Kombinasi Alat

- Pastikan alat berada dalam satu zona kerja yang efisien (jarak dekat, jalur baik)
- Atur rotasi armada hauling agar tidak saling menunggu
- Lakukan time study untuk tahu titik hambatan (idle, loading, travel)

🌀 Kesimpulan

Kombinasi alat yang tepat akan:

- Mengurangi total jam kerja
- Meningkatkan output harian
- Menghemat bahan bakar dan biaya operasional

Contoh kombinasi alat:

- Excavator + Dump Truck
- Dozer + Motor Grader
- Wheel Loader + Dump Truck

- Vibratory Roller + Water Tanker

3.5 Jadwal Pelaksanaan dan Logistik

Logistik dan jadwal pelaksanaan adalah tulang punggung keberhasilan pekerjaan PTM. Koordinasi antar alat dan tahapan kerja harus tersusun rapi agar tidak terjadi penumpukan atau kekosongan pekerjaan.

a. Buat Time Schedule Berdasarkan Durasi dan Volume Kerja

Tujuan: Menyusun jadwal kerja berdasarkan:

- Volume galian/timbunan (m^3)
- Kapasitas alat berat
- Produktivitas per jam

Langkah:

- Hitung total volume pekerjaan (cut & fill)
- Hitung produktivitas alat = volume/jam
- Tentukan jumlah alat yang diperlukan
- Buat bagan waktu (bar chart): penggalian, hauling, timbunan, pemadatan

✎ *Contoh:*

Jika volume timbunan $12.000 m^3$, dump truck kapasitas $6 m^3$, produktivitas $60 m^3/jam$ → durasi ± 200 jam kerja dump truck

b. Susun Mobilisasi dan Demobilisasi Alat Berat

Tujuan: Menyusun urutan dan waktu kedatangan/keberangkatan alat berat agar:

- Tidak terjadi kemacetan/penumpukan di lokasi
- Setiap alat datang sesuai urutan pekerjaan

Langkah:

- Susun jadwal mobilisasi bertahap: awal datang dozer, lalu excavator, kemudian dump truck
- Koordinasi angkutan alat berat (low bed truck)
- Siapkan lokasi unloading yang aman
- Demobilisasi dilakukan setelah pekerjaan alat selesai total

✎ *Catatan:* Perlu izin jalan jika alat dikirim melalui jalan umum (misal: excavator diangkut via trailer)

c. Rancang Jalur Kerja Alat Berat (Akses Hauling)

Tujuan: Mengatur rute pergerakan alat berat agar:

- Tidak bertabrakan atau macet
- Aman dari bahaya tergelincir/genangan

Langkah:

- Buat layout hauling dari cut ke fill
- Pisahkan jalur alat masuk vs keluar jika memungkinkan
- Jalur diperkeras (base course atau mat baja)
- Rancang tikungan cukup lebar untuk dump truck dan dozer

✎ *Perlu dipertimbangkan:* Elevasi, kemiringan, dan daya dukung tanah

d. Sediakan Area Parkir dan Perawatan Alat Berat

Tujuan: Menyediakan tempat aman untuk alat saat tidak digunakan dan lokasi perawatan ringan

Langkah:

- Tentukan zona parkir di dekat lokasi kerja (di luar jalur utama)
- Buat permukaan keras (gravel/sirtu) agar tidak amblas
- Siapkan kanopi atau tenda untuk servis ringan (ganti oli, filter)
- Sediakan drum BBM, alat servis, dan tempat buang limbah

✎ *Catatan:* Area parkir harus memiliki drainase baik dan cukup ruang untuk keluar masuk alat

🌀 Kesimpulan

Rencana pelaksanaan dan logistik yang rapi akan:

- Meningkatkan efisiensi kerja
- Mencegah keterlambatan proyek
- Menurunkan risiko kecelakaan kerja

3.6 Estimasi Biaya dalam Pekerjaan PTM

Estimasi biaya adalah proses menghitung seluruh pengeluaran yang dibutuhkan dalam pekerjaan PTM untuk memperoleh total anggaran yang **akurat, realistis, dan efisien.**

a. Biaya Peralatan (Sewa/Beli, Bahan Bakar, Pemeliharaan)

Rincian:

- Sewa alat per jam/hari/bulan (misal: excavator = Rp 250.000–350.000/jam)
- Beli alat (biaya investasi) untuk proyek jangka panjang atau milik internal
- Bahan bakar (solar): kebutuhan ± 10–25 liter/jam tergantung alat

- Pelumas, oli, dan filter
- Biaya pemeliharaan berkala dan perbaikan darurat
- Suku cadang cepat pakai (ban, track, oli)

✈ *Catatan:* Sewa lebih fleksibel untuk proyek jangka pendek.

b. Biaya Tenaga Kerja Operator dan Pengawas

Rincian:

- Gaji operator alat berat (bulanan atau harian), tergantung alat & lokasi
- Pengawas lapangan, surveyor, juru ukur
- Shift kerja: jika 2 shift, maka gaji operator dikalikan 2
- Uang makan, transport, dan tunjangan lembur

✈ *Perlu diperhatikan:* kompetensi dan jam kerja efektif operator sangat memengaruhi efisiensi alat.

c. Biaya Mobilisasi dan Logistik

Rincian:

- Transportasi alat berat ke lokasi proyek (pakai lowbed trailer)
- Biaya bongkar muat alat
- Pembuatan jalan akses sementara
- Pendirian basecamp alat, gudang pelumas, dan tempat parkir
- Distribusi BBM ke lapangan (pakai drum atau tangki BBM mobile)
- Air dan listrik untuk perawatan alat

✈ *Logistik baik = alat tidak idle = efisiensi tinggi.*

d. Biaya Tak Terduga dan Cadangan

Rincian:

- Overhaul mesin, ban pecah, breakdown alat
- Cuaca buruk, jalan kerja rusak, penyesuaian metode kerja
- Perubahan volume pekerjaan
- Cadangan untuk kenaikan harga BBM, material, dan upah

✈ *Umumnya dialokasikan 5%–10% dari total anggaran langsung.*

🌀 Kesimpulan

Estimasi biaya harus:

- Disusun berdasarkan produktivitas dan volume pekerjaan
- Menyesuaikan dengan durasi proyek dan risiko teknis
- Dilengkapi dengan rekap RAB per unit kerja (Rp/m³)

Tabel Estimasi Biaya Pekerjaan Pemindahan Tanah Mekanis (PTM)

Tabel 3-22 Estimasi Biaya Pekerjaan PTM

Kategori Biaya	Rincian	Persentase Estimasi (%)
Peralatan (Sewa/Beli, BBM, Perawatan)	Sewa/beli alat berat, solar \pm 10–25 L/jam, oli, filter, servis rutin	40–60%
Tenaga Kerja (Operator dan Pengawas)	Gaji operator, pengawas lapangan, lembur, uang makan, shift kerja	20–25%
Mobilisasi dan Logistik	Transportasi alat (lowbed), jalur akses, distribusi BBM, basecamp	10–20%
Tak Terduga dan Cadangan	Breakdown alat, cuaca buruk, perubahan volume, kenaikan harga	5–10%

Dengan perencanaan pekerjaan PTM yang sistematis dan terstruktur, pelaksanaan di lapangan dapat berjalan lebih efisien, minim risiko, dan mencapai target kualitas konstruksi yang diharapkan.

BAB 4

KLASIFIKASI ALAT BERAT

4.1 Klasifikasi Fungsional dan Operasional Alat Berat

4.1.1 Klasifikasi Fungsional

Mengacu pada fungsi utama alat berat dalam tahapan kerja konstruksi, terutama dalam pekerjaan tanah.

Tabel 4-1 Klasifikasi Fungsional Alat Berat

Fungsi Utama	Contoh Alat Berat
Pengolahan lahan	Dozer, motor grader, ripper
Penggalian	Excavator, backhoe
Pengangkutan	Dump truck, scraper
Penempatan akhir	Dozer, grader
Pemadatan	Sheep foot roller, vibratory roller
Pengolahan material	Crusher, screening plant

4.1.2 Klasifikasi Operasional

Mengacu pada cara alat bekerja atau dikendalikan:

Tabel 4-2 Klasifikasi Operasional Alat Berat

Jenis Operasional	Contoh
Statis	Compactor (roller), crane tower
Bergerak (mobil)	Dump truck, excavator, loader
Manual/semi otomatis	Hand compactor, mini roller
Otomatis (kontrol sensor/GPS)	Motor grader otomatis, alat dozer modern

4.2 Jenis Alat Berat Berdasarkan Fungsinya

4.2.1 Alat Pengolah Lahan (Land Clearing)

Fungsi : Membersihkan dan menyiapkan lahan sebelum pekerjaan utama dimulai.

Tabel 4-3 Klasifikasi Alat Pengolah Lahan Berdasarkan Fungsinya

Nama Alat	Fungsi Tambahan
Bulldozer	Mendorong tanah, menumbangkan semak/pohon
Ripper	Membongkar lapisan keras sebelum digali
Grader	Meratakan lahan, membuat slope awal

4.2.2 Alat Penggali (Excavating Equipment)

Fungsi : Menggali tanah/batuan dan memindahkannya ke alat angkut atau tempat lain.

Tabel 4-4 Klasifikasi Alat Penggali Berdasarkan Fungsinya

Nama Alat	Keterangan
Excavator	Fleksibel untuk semua jenis galian
Backhoe	Untuk area sempit dan galian saluran
Trencher	Penggalian parit/kabel/pipa
Dragline	Penggalian dalam (bendungan/tambang)

4.2.3 Alat Pengangkut (Hauling Equipment)

Fungsi: Mengangkut material hasil galian atau timbunan dari satu tempat ke tempat lain.

Tabel 4-5 Klasifikasi Alat Pengangkut Berdasarkan Fungsinya

Nama Alat	Keterangan
Dump Truck	Umum untuk semua jenis proyek PTM
Articulated Dump	Untuk medan berat dan bergelombang
Scraper	Gali → angkut → sebar langsung
Belt Conveyor	Khusus jarak dekat & volume masal

4.2.4 Alat Pematat (Compacting Equipment)

Fungsi: Memadatkan tanah/timbunan agar memenuhi kepadatan teknis.

Tabel 4-6 Klasifikasi Alat Pematat Berdasarkan Fungsinya

Nama Alat	Keterangan
Sheep Foot Roller	Tanah lempung (kohesif)
Smooth Drum Roller	Pasir dan kerikil (non kohesif)
Pneumatic Roller	Pemadatan akhir/lapisan permukaan
Vibratory Roller	Menggabungkan getaran dan beban

4.2.5 Alat Penempatan Akhir (Finishing Equipment)

Fungsi: Meratakan hasil timbunan dan membentuk profil permukaan sesuai desain.

Tabel 4-7 Klasifikasi Alat Penempatan Akhir Berdasarkan Fungsinya

Nama Alat	Keterangan
Motor Grader	Meratakan, membentuk kemiringan/slope
Dozer	Penyebar material secara kasar

Level Finisher	Digunakan pada proyek jalan/landasan
----------------	--------------------------------------

4.2.6 Alat Pemroses Material

Fungsi: Mengolah kembali material agar dapat digunakan ulang atau menjadi ukuran sesuai kebutuhan.

Tabel 4-8 Klasifikasi Alat Pemroses Material Berdasarkan Fungsinya

Nama Alat	Keterangan
Crusher	Menghancurkan batu atau beton
Screening Plant	Memisahkan ukuran agregat
Asphalt Mixing Plant	Produksi campuran aspal
Concrete Batching Plant	Produksi beton ready mix

4.3 Kesimpulan

Klasifikasi alat berat bertujuan untuk:

- Memilih alat yang sesuai dengan kebutuhan pekerjaan
- Merancang kombinasi alat yang efisien
- Memprediksi biaya, waktu, dan logistik operasional alat

BAB 5

APLIKASI ALAT BERAT PADA PROYEK KONSTRUKSI

5.1 Proyek Gedung (High-rise, Komersial, Industrial)

◆ Tahapan Terkait PTM:

- Pembersihan dan perataan lahan
- Galian pondasi dan basement
- Timbunan tanah urugan
- Pemadatan dan pengangkutan material

🔧 Alat Berat Umum Digunakan:

Tabel 5-1 Alat dalam Proyek Gedung Berdasarkan Fungsinya

Jenis Alat	Fungsi Utama
Excavator	Galian pondasi, basement
Backhoe Loader	Serbaguna, area sempit
Dozer	Meratakan, dorong urugan
Wheel Loader	Bongkar muat material
Compactor Mini	Pemadatan area sempit, pedestrian
Truck Mixer	Pengecoran beton struktur

5.2 Proyek Jalan

◆ Tahapan Terkait PTM:

- Pembukaan badan jalan (land clearing)
- Cut and fill
- Perataan dan pemadatan lapisan
- Pekerjaan perkerasan

🔧 Alat Berat Umum Digunakan:

Tabel 5-2 Alat dalam Proyek Jalan Berdasarkan Fungsinya

Jenis Alat	Fungsi Utama
Dozer	Land clearing dan dorong timbunan
Excavator	Cut & fill
Dump Truck	Hauling material timbunan
Motor Grader	Meratakan dan membentuk slope
Compactor / Roller	Pemadatan setiap lapisan
Asphalt Finisher	Pekerjaan perkerasan jalan

5.3 Proyek Jembatan

◆ Tahapan Terkait PTM:

- Galian abutment dan pondasi
- Penimbunan oprit (akses jembatan)
- Pemadatan lapisan per transition zone

🔧 Alat Berat Umum Digunakan:

Tabel 5-3 Alat dalam Proyek Jembatan Berdasarkan Fungsinya

Jenis Alat	Fungsi Utama
Excavator	Galian dan pengangkatan material
Crane / Crawler Crane	Pemasangan girder atau segment
Dump Truck	Pengangkutan material timbunan
Compactor	Pemadatan oprit
Barge + Excavator	Jika pekerjaan di atas sungai

5.4 Proyek Irigasi dan Saluran

◆ Tahapan Terkait PTM:

- Penggalan saluran primer/sekunder
- Timbunan tanggul
- Pemadatan sisi kanal
- Pengolahan lahan pertanian

🔧 Alat Berat Umum Digunakan:

Tabel 5-4 Alat dalam Proyek Irigasi dan Saluran Berdasarkan Fungsinya

Jenis Alat	Fungsi Utama
Excavator Long Arm	Galian saluran irigasi yang lebar
Dozer	Meratakan tanggul
Compactor	Pemadatan dinding dan dasar saluran
Backhoe	Pekerjaan detail di titik sempit
Dump Truck	Buang material galian/timbunan

5.5 Proyek Bendungan (Dam)

◆ Tahapan Terkait PTM:

- Penggalan tubuh bendung dan spillway
- Timbunan zona inti, shell, dan filter
- Pemadatan tiap lapisan
- Penataan jalur kerja yang luas

🔧 Alat Berat Umum Digunakan:

Tabel 5-5 Alat dalam Proyek Bendungan Berdasarkan Fungsinya

Jenis Alat	Fungsi Utama
Dozer D6–D9	Pekerjaan timbunan dan grading
Sheep Foot Roller	Pemadatan tanah lempung
Dump Truck HD	Pengangkutan material dari borrow area
Excavator PC300+	Galian volume besar
Grader	Pemotongan dan perataan slope

5.6 Proyek Dredging (Pengerukan)

◆ Tahapan Terkait PTM:

- Pengerukan sedimen di sungai/pelabuhan
- Transportasi material lumpur/batu
- Pembuangan (disposal) material

🔧 Alat Berat Umum Digunakan:

Tabel 5-6 Alat dalam Proyek Dredging Berdasarkan Fungsinya

Jenis Alat	Fungsi Utama
Cutter Suction Dredger (CSD)	Pengerukan material dasar sungai
Backhoe Dredger	Pengerukan dengan lengan panjang
Hopper Barge	Menampung material hasil keruk
Excavator Amphibi	Kerja di rawa dan perairan dangkal
Booster Pump	Mendorong lumpur ke disposal area

5.7 Kesimpulan

Pemilihan alat berat berdasarkan jenis proyek akan:

- Memastikan produktivitas optimal
- Menurunkan risiko kesalahan metode kerja
- Menyusun logistik proyek secara efisien

BAB 6

ALAT BERAT DAN ATTACHMENT

6.1 Pengertian Alat Utama dan Alat Tambahan

6.1.1 Alat Utama

Adalah alat berat yang memiliki fungsi utama dalam proses kerja konstruksi, biasanya menjadi penggerak utama atau alat pokok yang melakukan pekerjaan inti seperti penggalian, pemadatan, perataan, pengangkutan, dan pemrosesan.

Contoh Alat Utama:

- Excavator (alat utama untuk penggalian)
- Dozer (alat utama untuk perataan dan dorongan)
- Dump Truck (alat utama pengangkutan material)
- Compactor (alat utama pemadatan)

6.1.2 Alat Tambahan

Adalah alat atau perlengkapan pelengkap yang mendukung kinerja alat utama, tapi bukan pelaku utama dalam produksi. Bisa berupa attachment, alat angkut tambahan, atau alat bantu pemeliharaan.

Contoh Alat Tambahan:

- Ripper (pada dozer, untuk membongkar tanah keras)
- Hydraulic breaker (attachment pada excavator)
- Lampu sorot proyek, genset, pompa air
- Lowbed trailer (untuk mobilisasi alat)

6.2 Jenis-Jenis Tractor dan Dozer

6.2.1 Tractor

Adalah kendaraan penggerak utama yang digunakan untuk menarik, mendorong, atau memberi daya pada attachment. Dibedakan atas dasar sistem gerak:

Tabel 6-1 Jenis Tractor

Jenis Tractor	Karakteristik	Kegunaan Umum
Crawler Tractor	Berantai, daya cengkram kuat	Medan berat, lereng, tanah lunak
Wheeled Tractor	Beroda, kecepatan lebih tinggi	Medan datar, hauling ringan

6.2.2 Dozer (Bulldozer)

Dozer adalah crawler tractor yang dilengkapi blade (pisau) di bagian depan untuk mendorong, meratakan, atau memotong material. Jenis Dozer Berdasarkan Blade:

Tabel 6-2 Jenis Dozer

Jenis Blade	Bentuk Blade	Fungsi
S-Blade (Straight)	Lurus	Pemotongan dan perataan material keras
U-Blade (Universal)	Cekung dan lebar	Mendorong material dalam jumlah besar (long push)
SU-Blade (Semi-U)	Kombinasi S dan U	Mendorong material sedang dengan kontrol lebih baik
Angle Blade	Bisa miring ke kanan/kiri	Cocok untuk membuat parit, sudut, dan perataan miring

6.3 Excavator dan Tipe Attachment-nya


6.3.1 Pengertian Excavator

Excavator adalah alat berat dengan lengan (boom-arm-bucket) yang digunakan untuk menggali, mengangkat, dan memindahkan material. Umumnya berbasis track (crawler) atau roda (wheeled).

Tipe Attachment Excavator:

Tabel 6-3 Tipe Attachment Excavator

Attachment	Fungsi
General Bucket	Galian umum, tanah lepas, pasir
Rock Bucket	Galian berbatu, dengan penguat gigi dan baja tebal
Hydraulic Breaker	Memecah batu besar dan struktur beton
Grapple	Menjepit dan mengangkat batang pohon, besi, atau material tak beraturan
Auger	Membuat lubang vertikal di tanah (pondasi tiang pancang ringan)
Clamshell	Mengangkat material granular (pasir, kerikil) dari lokasi dalam
Ripper Arm	Merobek atau membuka lapisan tanah keras atau beku
Tilt Bucket	Meratakan tanah pada lereng, bisa miring kiri-kanan

 **Catatan** : Pemilihan attachment sangat memengaruhi produktivitas dan fleksibilitas excavator di lapangan.

BAB 7

PRODUKTIVITAS DAN KINERJA ALAT

7.1 Kapasitas Kerja dan Produksi

7.1.1 Kapasitas Kerja (*Capacity*)

Adalah kemampuan alat dalam mengolah material dalam satu siklus atau satu jam kerja.

Tabel 7-1 Kapasitas Kerja Alat

Jenis Alat	Kapasitas Umum
Excavator	0.5 – 3.0 m ³ /bucket
Wheel Loader	1.0 – 5.0 m ³
Dump Truck	6 – 30 m ³ /trip
Scraper	8 – 20 m ³
Compactor	Berdasarkan volume/lapisan (m ³ /jam)

7.1.2 Produksi (*Production*)

Merupakan hasil aktual pekerjaan alat per satuan waktu, biasanya dalam m³/jam atau m³/hari.

$$\text{Produksi} = \text{Kapasitas Alat} \times \text{Siklus per Jam} \times \text{Faktor Efisiensi}$$

7.2 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kinerja Alat

A. Faktor Alat

- Kapasitas bucket atau bak
- Kondisi fisik alat (baru/lama)
- Kecepatan kerja alat
- Jenis attachment

B. Faktor Operator

- Keahlian dan pengalaman operator
- Konsistensi kerja per jam
- Jumlah shift dan jam kerja

C. Faktor Lapangan

- Jenis dan kondisi tanah
- Jarak hauling (angkut)
- Cuaca (hujan → licin → cycle time ↑)
- Kemiringan medan

D. Faktor Organisasi

- Koordinasi antar alat (excavator vs dump truck)

- Jadwal maintenance dan availability
- Efisiensi rotasi alat dan perencanaan logistik

7.3 Perhitungan Produktivitas Alat

7.3.1 Rumus Umum:

$$Q = \frac{q \times n \times E}{1}$$

Keterangan:

Q : Produktivitas (m³/jam)

q : Kapasitas per siklus (m³)

n : Jumlah siklus per jam

E : Efisiensi kerja alat (umumnya 0.75–0.90)

7.3.2 Contoh Perhitungan:

Sebuah excavator memiliki bucket 1,2 m³. Dalam 1 jam, alat menyelesaikan 45 siklus, dan efisiensinya 80%.

$$\begin{aligned} Q &= 1,2 \times 45 \times 0,8 \\ &= 43,2 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q &= 1,2 \times 45 \times 0,8 \\ &= 43,2 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

Maka dalam 8 jam kerja :

$$\begin{aligned} Q_{\text{hari}} &= 43,2 \times 8 \\ &= 345,6 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{hari}} &= 43,2 \times 8 \\ &= 345,6 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

7.4 Kesimpulan

Mengetahui kapasitas dan produktivitas alat:

- Membantu menyusun jadwal pelaksanaan
- Menentukan jumlah alat yang dibutuhkan
- Memengaruhi biaya langsung pekerjaan PTM

Contoh Soal: Produktivitas Alat Berat (Excavator)

Soal:

Sebuah excavator bekerja untuk menggali tanah lempung dan memuatkannya ke dalam dump truck. Diketahui data sebagai berikut:

- Kapasitas bucket excavator = 1,2 m³
- Efisiensi kerja alat (efektivitas) = 80%
- Waktu siklus (cycle time) = 30 detik
- Faktor bucket fill (pengisian) = 0,9
- Faktor swell tanah lempung = 1,25
- Waktu kerja efektif = 1 jam

Hitunglah produktivitas aktual excavator dalam satuan m³ tanah asli per jam (bank cubic meter / BCM).

Langkah Penyelesaian

1. Hitung jumlah siklus per jam

$$\text{Siklus/jam} = \frac{3600 \text{ detik}}{30 \text{ detik/siklus}} = 120 \text{ siklus/jam}$$

2. Hitung volume per siklus (m³ loose)

$$\text{Volume/siklus} = 1,2 \times 0,9 = 1,08 \text{ m}^3 \text{ loose}$$

3. Hitung total volume per jam (loose)

$$\text{Volume/jam (loose)} = 1,08 \times 120 \times 0,8 = 103,68 \text{ m}^3 \text{ loose}$$

4. Konversi ke bank volume (BCM)

$$\text{Volume bank (BCM)} = \frac{103,68}{1,25} = 82,94 \text{ m}^3$$

Jawaban:

Produktivitas aktual excavator adalah sekitar 82,94 m³ tanah asli per jam (BCM/jam).

BAB 8

PERHITUNGAN BIAYA

8.1 Biaya Pemilikan (Ownership Cost)

Biaya ini tetap dikeluarkan meskipun alat tidak sedang digunakan, karena merupakan biaya kepemilikan jangka panjang.

8.1.1 Komponen Biaya Pemilikan:

Tabel 8-1 Komponen Biaya Pemilikan

Komponen	Keterangan
Depresiasi	Penurunan nilai alat akibat pemakaian dan umur ekonomis
Bunga	Biaya modal atau pinjaman untuk membeli alat
Asuransi	Proteksi risiko kerusakan, kehilangan alat
Pajak	Pajak tahunan kendaraan berat atau alat khusus (berlaku di beberapa wilayah)

✎ Rumus Depresiasi (Metode Garis Lurus):

$$\text{Depresiasi per tahun} = \frac{\text{Harga Beli} - \text{Nilai Sisa}}{\text{Umur Ekonomis (tahun)}}$$

8.2 Biaya Operasi (Operating Cost)

Biaya ini hanya terjadi saat alat digunakan, dan mencakup seluruh pengeluaran selama alat bekerja.

8.2.1 Komponen Biaya Operasi:

Tabel 8-2 Kapasitas Biaya Operasi

Komponen	Keterangan
Bahan Bakar	Solar ± 10–25 liter/jam tergantung jenis dan kapasitas alat
Pelumas/Oli	Diganti per interval jam kerja (misal: 250 jam)
Ban/Track	Penggantian ban/track sesuai umur pakai (misal: 2.000–4.000 jam)
Suku Cadang	Filter, seal, spare part minor
Operator	Gaji harian/bulanan, lembur, tunjangan

8.3 Contoh Perhitungan Biaya Alat

Contoh Excavator 20 Ton (Baru)

Tabel 8-3 Contoh Perhitungan Biaya ALAT

Komponen	Nilai
Harga beli	Rp 2.000.000.000
Nilai sisa	Rp 200.000.000
Umur ekonomis	5 tahun / 10.000 jam
Jam kerja per tahun	2.000 jam

► **A. Depresiasi per jam:**

$$\frac{(2.000.000.000 - 200.000.000)}{10.000} = Rp180.000/jam$$

► **B. Bunga + Asuransi + Pajak (asumsi 15%/tahun):**

$$15\% \times 2.000.000.000 = Rp300.000.000/tahun = Rp150.000/$$

► **C. Biaya Pemilikan per jam:**

$$Rp180.000 + Rp150.000 = \mathbf{Rp330.000/jam}$$

► **D. Biaya Operasi (perkiraan):**

Tabel 8-4 Komponen dan Estimasi Biaya Operasi

Komponen	Estimasi Biaya per Jam
Bahan Bakar	Rp 180.000 (20 liter × Rp 9.000)
Pelumas	Rp 20.000
Suku Cadang	Rp 30.000
Operator	Rp 50.000
Total	Rp 280.000/jam

► **Total Biaya Per Jam = Rp 330.000 + Rp 280.000 = Rp 610.000/jam**

8.4 Kesimpulan

- Biaya alat harus dihitung per jam kerja efektif
- Estimasi biaya penting untuk menyusun RAB pekerjaan PTM
- Pemisahan biaya pemilikan dan operasi → bantu evaluasi apakah alat lebih baik dibeli atau disewa

Contoh Soal 1: Biaya Pemilikan Alat

Sebuah excavator dibeli dengan harga Rp 1.200.000.000 dan diperkirakan memiliki umur ekonomis 5 tahun. Biaya asuransi dan pajak per tahun sebesar 2% dari harga beli. Hitunglah:

- a. Nilai depresiasi per tahun
- b. Biaya pemilikan tahunan

Jawaban:

- a. Nilai depresiasi per tahun:
= Harga beli / Umur ekonomis
= Rp 1.200.000.000 / 5 = Rp 240.000.000 per tahun
- b. Biaya asuransi & pajak = 2% × Rp 1.200.000.000 = Rp 24.000.000 per tahun
Biaya pemilikan tahunan = Rp 240.000.000 + Rp 24.000.000 = Rp 264.000.000

Contoh Soal 2: Biaya Operasi Alat Berat

Sebuah bulldozer mengonsumsi 18 liter solar per jam. Harga solar saat ini Rp 14.000/liter. Biaya pelumas Rp 5.000/jam, operator Rp 80.000/jam, dan perawatan Rp 20.000/jam. Hitunglah total biaya operasi per jam bulldozer tersebut.

Jawaban:

$$\begin{aligned} \text{Biaya BBM} &= 18 \times 14.000 = \text{Rp } 252.000 \\ \text{Total biaya operasi/jam} &= 252.000 + 5.000 + 80.000 + 20.000 = \text{Rp } 357.000 \end{aligned}$$

Contoh Soal 3: Biaya per Unit Produksi

Sebuah excavator memiliki biaya operasi Rp 400.000/jam dan mampu memindahkan 80 m³ tanah per jam.

Berapa biaya per m³ tanah yang dipindahkan?

Jawaban:

$$\begin{aligned} \text{Biaya per m}^3 &= \text{Total biaya} / \text{Produksi per jam} \\ &= \text{Rp } 400.000 / 80 = \text{Rp } 5.000/\text{m}^3 \end{aligned}$$

BAB 9

METODE KERJA PTM


9.1 Pembersihan Lahan (Clearing)

 **Tujuan:**

Menghilangkan semua hambatan di permukaan lahan seperti vegetasi, pohon, akar, batu, dan bangunan lama sebelum dimulainya pekerjaan tanah.

 **Alat dan Proses:**

- **Bulldozer:** Mendorong pohon, semak, dan meratakan permukaan.
- **Excavator + Grapple:** Mengangkat dan memuat pohon/batuan.
- **Truck:** Mengangkut hasil pembersihan ke disposal area.

 *Catatan:* Lahan harus bersih agar pekerjaan galian dan timbunan tidak terganggu oleh material organik.


9.2 Penggalian (Excavating)

 **Tujuan:**

Mengambil tanah dari lokasi yang direncanakan (cut) untuk keperluan timbunan atau dibuang.

 **Alat:**

- **Excavator:** Untuk semua jenis tanah.
- **Backhoe:** Untuk galian sempit (saluran/pipa).
- **Dozer/Ripper:** Untuk tanah keras/padas.

 *Catatan:* Penggalian dilakukan sesuai elevasi desain dan harus diawasi agar tidak overcut.


9.3 Pemuatan (Loading)

 **Tujuan:**

Memindahkan hasil galian ke atas alat angkut.

 **Alat:**

- **Excavator:** Memuat ke dump truck.
- **Wheel Loader:** Loading dari stockpile atau basecamp.

 *Catatan:* Posisi excavator dan dump truck harus ergonomis agar cycle time cepat.

9.4 Pengangkutan (Hauling)

 **Tujuan:**

Memindahkan material dari lokasi galian ke tempat timbunan atau disposal area.

 **Alat:**

- **Dump Truck**
- **Articulated Dump Truck (ADT)**
- **Scraper (cut-haul-spread)**

 **Catatan:** Rute hauling harus diperkeras dan aman dari genangan.


9.5 Penimbunan (Filling)

 **Tujuan:**

Mengisi area dengan tanah/timbunan untuk menaikkan elevasi atau membentuk struktur.

 **Alat:**

- **Dozer:** Menyebar tanah timbunan.
- **Grader:** Membentuk permukaan sesuai desain.
- **Excavator:** Untuk penimbunan di area sempit.

 **Catatan:** Penimbunan harus bertahap $\pm 20\text{--}30$ cm/lapis.

9.6 Pemasatan (Compaction)

 **Tujuan:**

Meningkatkan daya dukung tanah, mencegah ambles dan stabilitas struktur.

 **Alat:**

- **Sheep Foot Roller:** Tanah lempung.
- **Smooth Drum Roller:** Tanah granular.
- **Vibratory Roller / Pneumatic Roller:** Lapisan permukaan.

 **Catatan:** *Kepadatan* harus diuji (sand cone, DCP, dll) tiap lapis.

9.7 Finishing

 **Tujuan:**

Meratakan dan menyempurnakan elevasi sesuai cross section dan desain akhir.

 **Alat:**

- Motor Grader
- Dozer

 **Catatan:** Harus sesuai profil, terutama untuk badan jalan dan lereng.


9.8 Ripping

Tujuan:

Membongkar lapisan tanah keras yang tidak bisa langsung digali oleh excavator.

Alat:

- Dozer + Ripper

 *Catatan:* Digunakan untuk tanah padas, lapisan batu lunak, atau batuan terkonsolidasi.

9.9 Blasting

Tujuan:

Memecah batuan keras yang tidak bisa di-rip menggunakan bahan peledak.

Alat:


- Bor Peledak (Drilling Rig)
- Explosive Charge
- Breaker / Loader setelah blasting

 *Catatan:* Harus sesuai SOP K3 dan izin bahan peledak resmi.

9.10 Hauling

 *Ulangi* hauling sebagai siklus berulang:

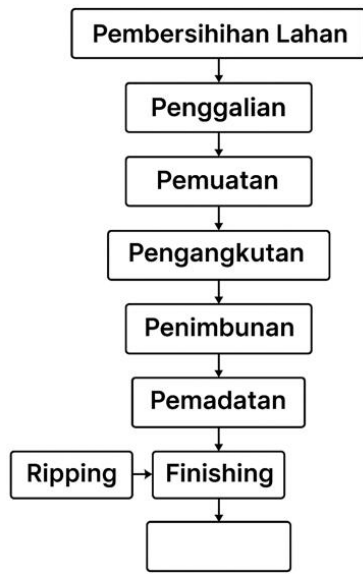
- Cut → Muat → Angkut → Timbun → Padat

 *Catatan:* Time study perlu untuk menghitung siklus waktu hauling → dasar perhitungan produktivitas.

9.11 Kesimpulan

Metode kerja PTM harus disusun berdasarkan:

- Urutan teknis pekerjaan
- Kondisi lapangan dan cuaca
- Kombinasi alat berat dan tenaga kerja



Metode Kerja PTM

Gambar 17 Metode kerja PTM

Contoh Soal 1: Pembersihan Lahan

Sebuah lahan seluas 2 hektar akan dibersihkan dari semak dan pepohonan. Diketahui alat bulldozer mampu membersihkan lahan dengan kecepatan 0,4 ha/jam. Berapakah waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan tersebut?

Jawaban:

Luas lahan = 2 ha

Produktivitas bulldozer = 0,4 ha/jam

Waktu yang dibutuhkan = $2 / 0,4 = 5$ jam

Contoh Soal 2: Penggalian dan Pemuatan

Sebuah excavator memiliki kapasitas bucket 1,2 m³ dan waktu siklus 40 detik. Faktor efisiensi kerja adalah 85% dan faktor bucket fill 0,9. Hitunglah produktivitas excavator dalam m³/jam (loose volume).

Jawaban:

Siklus/jam = $3600 / 40 = 90$ siklus

Volume/siklus = $1,2 \times 0,9 = 1,08$ m³

Produktivitas = $90 \times 1,08 \times 0,85 = 82,62$ m³/jam

Contoh Soal 3: Pengangkutan Material

Sebuah dump truck memiliki kapasitas muat 10 m³ dan waktu siklus penuh (muat, angkut, bongkar, kembali) 20 menit. Berapakah volume material yang dapat diangkut dalam 8 jam kerja?

Jawaban:

Siklus/jam = $60 / 20 = 3$ siklus

Siklus/8 jam = $3 \times 8 = 24$ siklus

Total volume = $24 \times 10 = 240$ m³

BAB 10

PEMILIHAN ALAT BERAT YANG EFISIEN

10.1 Faktor Pemilihan Alat Berat

Pemilihan alat berat yang tepat akan meningkatkan produktivitas, mengurangi waktu kerja, dan menurunkan biaya operasional.

A. Kondisi Lapangan

Tabel 10-1 Aspek Kondisi Lapangan dalam Pemilihan Alat Berat

Aspek Kondisi Lapangan	Pengaruh Pemilihan Alat
Topografi (datar, miring)	Medan miring → crawler; medan datar → wheeled OK
Akses jalan kerja	Jalan sempit → alat kecil (mini excavator, ADT)
Drainase / Genangan	Alat low ground pressure / amfibi jika lokasi becek

B. Jenis Tanah

Tabel 10-2 Aspek Jenis Tanah dalam Pemilihan Alat Berat

Jenis Tanah	Alat yang Disarankan
Tanah lempung	Dozer, sheep foot roller, excavator
Tanah berpasir	Smooth drum roller, loader, grader
Tanah keras/padas	Dozer + ripper, breaker, drilling + blasting
Rawa / basah	Excavator amfibi, dozer dengan track lebar

C. Volume Pekerjaan

Tabel 10-3 Aspek Volume Pekerjaan dalam Pemilihan Alat Berat

Skala Pekerjaan	Rekomendasi Alat
Kecil (<1.000 m ³)	Alat kecil: mini excavator, backhoe, dump truck kecil
Sedang (1.000–10.000 m ³)	Excavator 20–30 ton, dump truck 6–10 m ³
Besar (>10.000 m ³)	Excavator besar, ADT, dozer besar, scraper, roller HD

10.2 Kombinasi Peralatan untuk Efisiensi

Pemilihan alat yang efisien tidak hanya dilihat dari satu jenis alat, tapi bagaimana **kombinasi antar alat** bekerja secara sinergis dalam satu siklus pekerjaan.

◆ **Kombinasi Ideal Berdasarkan Fungsi:**

Tabel 10-4 Kombinasi Ideal Berdasarkan Fungsinya

Tahapan Kerja	Kombinasi Efisien	Catatan
Clearing / perataan awal	Dozer + Grader	Untuk lahan terbuka, efisien dan cepat
Penggalian	Excavator + Dump Truck (3 unit)	1 Excavator : 3 Dump Truck ideal rotasi
Timbunan dan sebar	Dump Truck + Dozer	Dozer menyebarkan material hasil dumping
Pemadatan	Sheep Foot / Vibratory Roller + Water Tank	Perlu kelembaban optimum untuk hasil maksimal
Finishing badan jalan	Grader + Compactor	Membentuk cross slope dan meratakan akhir
Medan berat / rawa	Excavator Amphibi + Barge atau pontoon	Cocok untuk proyek sungai dan reklamasi

10.3 Kesimpulan

Pemilihan alat berat yang efisien:

- Berdasarkan data teknis dan lapangan
- Mengutamakan produktivitas per jam dan biaya per m³
- Menghindari alat idle atau bottleneck

Contoh Soal 1: Efisiensi Waktu Kerja Alat Berat

Sebuah excavator bekerja selama 8 jam sehari. Namun, hanya 6,5 jam waktu kerja efektif yang tercatat karena sisanya digunakan untuk istirahat, pemeliharaan ringan, dan penyesuaian posisi alat.

Hitunglah efisiensi waktu kerja excavator tersebut.

Jawaban:

$$\begin{aligned}\text{Efisiensi} &= (\text{Waktu kerja efektif} / \text{Total waktu kerja}) \times 100\% \\ &= (6,5 / 8) \times 100\% = 81,25\%\end{aligned}$$

Contoh Soal 2: Biaya Pemeliharaan Alat Berat

Sebuah bulldozer bekerja selama 160 jam dalam sebulan. Biaya perawatan dan pemeliharaan adalah Rp 30.000 per jam.

Hitunglah total biaya pemeliharaan alat dalam sebulan.

Jawaban:

$$\text{Biaya pemeliharaan} = 160 \text{ jam} \times \text{Rp } 30.000 = \text{Rp } 4.800.000$$

BAB 11

MANAJEMEN OPERASI DAN KESELAMATAN KERJA

11.1 Organisasi Kerja

Manajemen operasi alat berat memerlukan struktur organisasi yang jelas agar setiap fungsi berjalan efisien, koordinatif, dan aman.

◆ Struktur Umum Organisasi Lapangan

Tabel 11-1 Struktur Umum Organisasi Lapangan

Jabatan/Fungsi	Tugas Utama
Site Manager / PM	Bertanggung jawab keseluruhan proyek dan alokasi sumber daya
Kepala Pelaksana / Supervisor	Koordinasi alat dan tenaga kerja di lapangan
Foreman Alat Berat	Penjadwalan, perintah kerja, evaluasi kinerja alat dan operator
Operator Alat Berat	Mengoperasikan alat sesuai SOP
Teknisi / Mekanik	Pemeliharaan dan perbaikan alat
Petugas Safety (K3)	Memastikan keselamatan kerja dan mitigasi risiko
Timekeeper / Logistik	Mencatat jam kerja alat, distribusi BBM, oli, dan suku cadang

✎ *Catatan:* Komunikasi antar bagian harus lancar, terutama dalam siklus kerja yang melibatkan banyak alat.

11.2 Prosedur Keselamatan Kerja (K3) Alat Berat

Keselamatan adalah prioritas dalam pengoperasian alat berat karena risikonya tinggi. Setiap pekerjaan wajib mengikuti SOP K3 yang telah ditetapkan.

◆ Standar Prosedur Umum

Tabel 11-2 Standar Prosedur Umum K3

Prosedur	Penjelasan
Briefing harian	Dilakukan sebelum shift dimulai, membahas kondisi alat dan lokasi kerja
Pemeriksaan alat (pre-start check)	Operator memeriksa rem, oli, BBM, sistem hidrolis, klakson, lampu

Prosedur	Penjelasan
Pemeriksaan lokasi kerja	Pastikan tidak ada orang di sekitar radius alat
Penggunaan APD wajib	Helm, rompi, sepatu safety, kacamata, sarung tangan
SOP naik-turun alat	Tangga, pegangan, posisi mesin mati saat naik turun
Jalur kerja dan sinyal operator	Jalur alat berat diberi tanda, sinyal tangan dan bendera digunakan
Larangan modifikasi alat tanpa izin	Dilarang mengganti sistem kerja alat tanpa persetujuan teknis

✎ *Catatan:* Setiap **kecelakaan** harus diinvestigasi dan dilaporkan.

11.3 Sistem Pelaporan dan Pemeliharaan Alat

Agar alat tetap efisien dan aman, dibutuhkan sistem dokumentasi dan pemeliharaan rutin.

◆ Sistem Pelaporan

Tabel 11-3 Sistem Pelaporan

Laporan	Isi Laporan	Petugas
Log Book Harian Alat	Jam kerja, bahan bakar, kondisi alat	Operator
Form Pemeriksaan Harian	Cek visual, oli, tekanan hidrolik, rem	Foreman / Mekanik
Laporan Gangguan / Kerusakan	Deskripsi masalah, waktu kejadian, solusi	Mekanik / Timekeeper
Laporan Safety Inspeksi	Kondisi lapangan, penggunaan APD, potensi bahaya	Petugas K3

◆ Jadwal Pemeliharaan (Preventive Maintenance)

Tabel 11-4 Jadwal Pemeliharaan Alat

Interval Pemeliharaan	Kegiatan
Harian (Daily)	Cek oli, BBM, air radiator, pembersihan saringan
Mingguan	Cek rem, tekanan hidrolik, kelistrikan, pelumasan titik gesek
Bulanan / per 250 jam	Ganti oli, filter, cek tekanan ban, kalibrasi sistem kontrol
Tahunan / overhaul	Pemeriksaan menyeluruh, bongkar komponen besar

✎ *Catatan:* Gunakan **checklist standar pabrikan** untuk memudahkan kontrol.

11.4 Kesimpulan

Manajemen operasi dan keselamatan kerja dalam proyek PTM harus:

- Didukung oleh struktur organisasi yang jelas
- Mengikuti SOP operasional dan K3 secara konsisten
- Menjalankan sistem pelaporan dan pemeliharaan alat secara rutin dan terdokumentasi

Contoh Soal 1: Organisasi Kerja

Sebutkan dan jelaskan tiga komponen utama dalam struktur organisasi kerja pada proyek yang melibatkan alat berat!

Jawaban:

1. Manajer Proyek: Bertanggung jawab atas perencanaan dan pengendalian seluruh pelaksanaan proyek.
2. Pengawas Lapangan: Mengawasi aktivitas operasional harian, khususnya penggunaan alat berat di lokasi.
3. Operator Alat Berat: Bertanggung jawab langsung dalam pengoperasian dan pemeliharaan ringan alat berat.

Contoh Soal 2: Prosedur Keselamatan

Jelaskan tiga prosedur keselamatan utama yang wajib diterapkan dalam pengoperasian alat berat di proyek konstruksi!

Jawaban:

1. Pemeriksaan Harian Alat: Memastikan kondisi mesin, rem, oli, dan komponen keselamatan lainnya sebelum digunakan.
2. Penggunaan Alat Pelindung Diri (APD): Seperti helm, rompi reflektif, sepatu safety, dan pelindung telinga.
3. Sistem Zona Aman: Penetapan jalur khusus untuk alat berat dan pembatasan area kerja untuk mencegah kecelakaan.

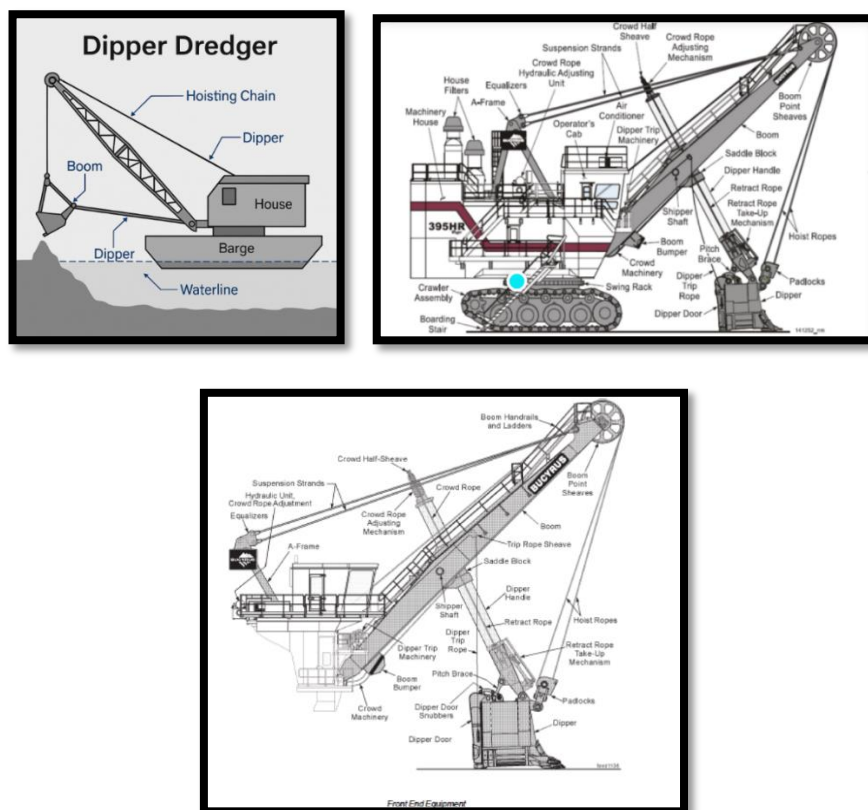
Contoh Soal 3: Sistem Pelaporan dan Pemeliharaan

Mengapa penting memiliki sistem pelaporan operasional alat berat, dan data apa saja yang sebaiknya tercatat?

Jawaban:

1. Sistem pelaporan berguna untuk mendeteksi potensi kerusakan lebih awal, merencanakan pemeliharaan, dan mengevaluasi performa alat.
2. Data penting yang perlu dicatat meliputi: jam kerja alat, konsumsi BBM, gangguan atau kerusakan, dan hasil kerja harian.

- Menggunakan lengan seperti excavator yang menurunkan bucket ke dasar dan mengeruk seperti tangan manusia.
 - Mirip cara kerja backhoe tapi dalam versi terapung.
- **Ciri Khas:**
- Digunakan untuk pengerukan berbatu atau keras (dasar sungai/bendungan).
 - Cocok untuk lokasi sempit seperti kanal dan pelabuhan kecil.
- **Kelebihan:**
- Kuat menggali material keras dan terkontrol.
 - Tidak memerlukan sistem pipa panjang.



Gambar 12-2 Dipper Dredger

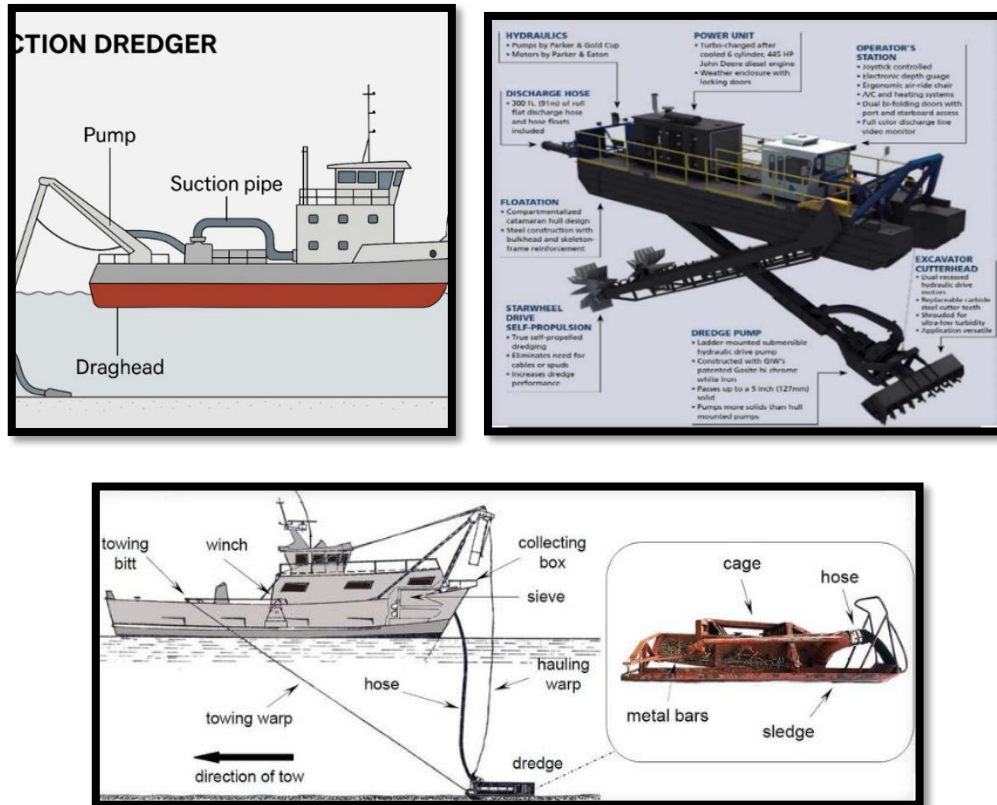
12.3 Suction Dredger (Kapal Keruk Hisap)

- **Deskripsi:**
- Menggunakan pompa vakum yang menyedot lumpur atau pasir melalui pipa dari dasar laut.
 - Tipe paling sederhana → seperti penyedot lumpur.
- **Ciri Khas:**
- Efisien untuk material lunak hingga sedang (lumpur, pasir).

- Kapasitas besar, cocok untuk reklamasi dan pengerukan rutin.

➤ **Kelebihan:**

- Kapasitas tinggi, operasi kontinu, cocok untuk lumpur tebal.
- Biaya operasional relatif murah.



Gambar 12-3 Suction Dredger

12.4 Cutter Suction Dredger (CSD)

➤ **Deskripsi:**

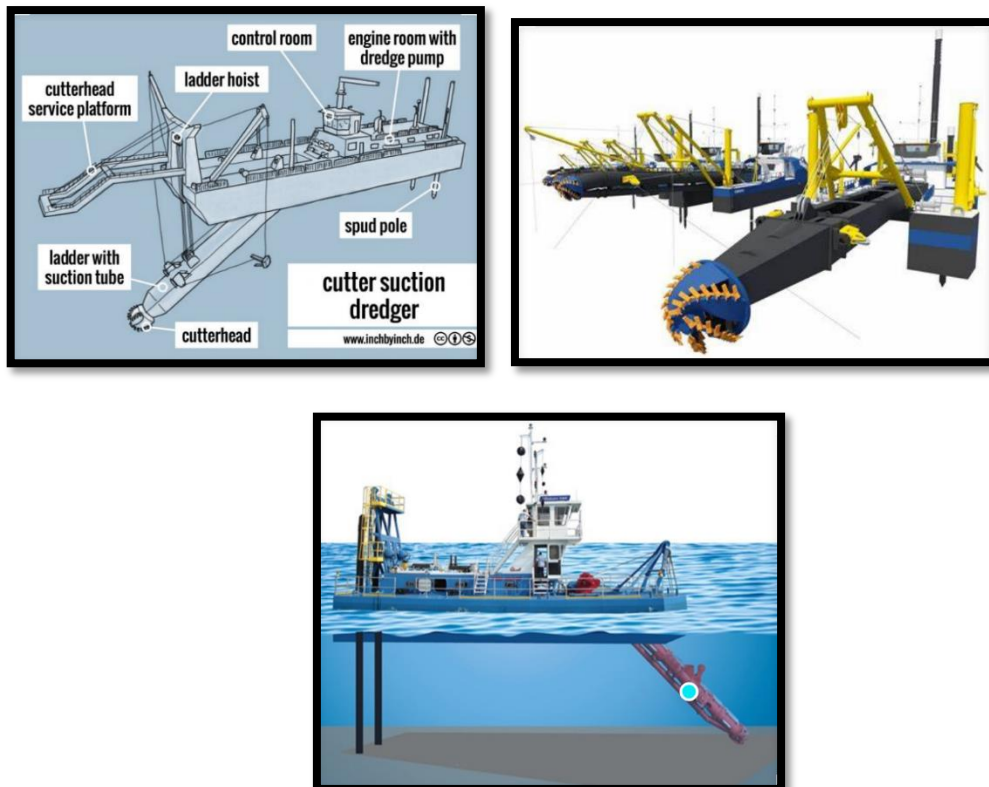
- Gabungan antara alat pemotong (cutter head) di ujung pipa isap dan pompa hisap.
- Cutter memecah material keras → disedot oleh pompa → dialirkan melalui pipa ke disposal area.

➤ **Ciri Khas:**

- Digunakan untuk pengerukan dasar yang keras/ sedang, seperti padas atau lempung keras.
- Umum pada reklamasi, pelabuhan, dan pengerukan besar.

➤ **Kelebihan:**

- Kapasitas besar dan kuat, bisa operasional 24 jam.
- Hasil langsung dipompa ke area timbunan (tidak perlu tongkang).



Gambar 12-4 Cutter Suction Dredger

12.5 Clamshell Dredger

➤ Deskripsi:

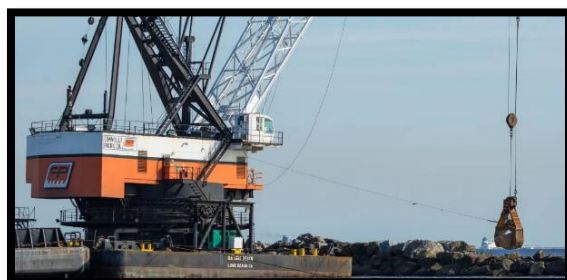
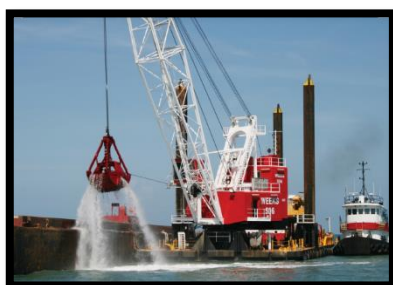
- Menggunakan grab bucket seperti tangan capit untuk mengambil material dari dasar dan mengangkatnya ke tongkang.
- Sistem kerja seperti crane terapung.

➤ Ciri Khas:

- Cocok untuk material lunak–keras termasuk batu dan bongkahan besar.
- Banyak digunakan di pelabuhan, proyek pemeliharaan, dan sungai sempit.

➤ Kelebihan:

- Fleksibel, bisa mencapai area sempit.
- Bisa dipasang di atas pontoon atau barge.



Gambar 12-5 Clamshell Dredger

12.6 TSHD – Trailing Suction Hopper Dredger

➤ Deskripsi:

TSHD adalah kapal keruk yang menggunakan pipa hisap panjang (drag arm) untuk menyedot material dari dasar laut saat kapal bergerak secara perlahan. Material hasil pengerukan disimpan dalam hopper (bak penampung) yang berada di dalam badan kapal.

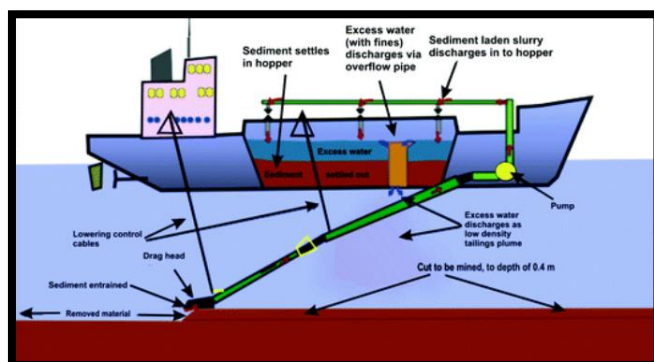
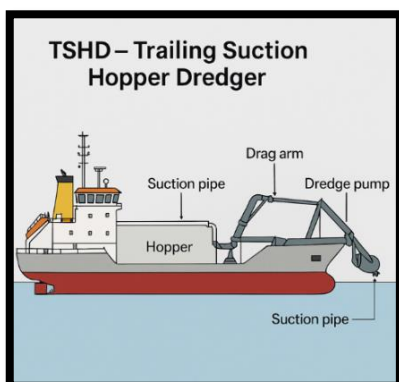
- Sistem hisap dilengkapi pompa dredge.
- Dapat melakukan pengerukan selama pelayaran (trailing).
- Setelah hopper penuh, material bisa dibuang melalui:
 - bottom doors (pintu bawah)
 - atau dipompa keluar ke lokasi reklamasi melalui pipa.

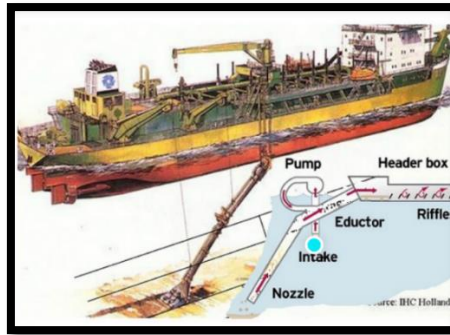
➤ Ciri Khas:

- Dilengkapi hopper besar untuk penyimpanan hasil pengerukan (hingga ribuan m³).
- Menggunakan drag head yang diseret di dasar laut.
- Self-propelled → bisa berlayar sendiri, tidak perlu ditarik.
- Dapat mengeruk di laut hingga kedalaman 30–60 meter atau lebih.

➤ Kelebihan:

- 🌀 **Cocok untuk laut lepas** dan pengerukan volume besar.
- 🔄 Efisiensi tinggi : mengeruk sambil bergerak → produktivitas konstan.
- 🗑️ Sistem tertutup → ramah lingkungan, mengurangi suspensi lumpur.
- 🏠 Multi-fungsi: bisa digunakan untuk reklamasi pantai, pemeliharaan alur pelayaran, dan penggalian pasir laut.





Gambar 12-6 Trailing Suction Hopper Dredger

12.7 Kesimpulan Perbandingan

Tabel 12-1 Perbandingan Jenis Alat Dredger

Jenis Dredger	Material Ideal	Operasi Utama	Lokasi Ideal
Bucket	Kerikil, pasir, tanah liat	Presisi tinggi, mekanis	Sungai kecil, industri
Dipper	Batu, tanah keras	Seperti excavator terapung	Kanal, sungai, bendung
Suction	Lumpur, pasir	Sedot material lunak	Pelabuhan, reklamasi
Cutter Suction	Lempung keras, padas	Potong + sedot	Pelabuhan besar, tambang
Clamshell	Batu besar, campuran	Capit lalu angkut	Pemeliharaan dermaga

Tabel Perbandingan Jenis-Jenis Kapal Keruk

Tabel 12-2 Perbandingan Jenis Kapal Keruk

Jenis Kapal Keruk	Material Ideal	Metode Operasi	Kelebihan	Lokasi Ideal
Bucket Dredger	Tanah liat, pasir, kerikil	Rantai ember mekanis	Presisi tinggi, cocok industri	Sungai kecil, pelabuhan industri
Dipper Dredger	Tanah keras, batu	Bucket seperti backhoe	Kuat, untuk area sempit & keras	Kanal, bendungan, tambang
Suction Dredger	Lumpur, pasir halus	Pompa hisap	Efisien untuk lumpur	Pelabuhan, reklamasi ringan
Cutter Suction Dredger (CSD)	Lempung keras, padas	Cutter + pompa hisap	Efektif untuk pengerukan besar	Pelabuhan besar, sungai dalam
Clamshell Dredger	Material campuran, batu besar	Capit/grab bucket	Fleksibel, cocok untuk pemeliharaan	Pelabuhan, sungai sempit

Fungsi dan Penggunaan Kapal Keruk dalam Proyek Reklamasi dan Sungai

1. Fungsi Kapal Keruk dalam Reklamasi

Reklamasi adalah proses pengurangan area perairan untuk dijadikan daratan. Kapal keruk berperan penting dalam pengerukan material dasar laut dan pengangkutan ke area reklamasi.

Fungsi kapal keruk dalam reklamasi:

- Mengambil material dari dasar laut untuk pengurangan
- Menjaga kedalaman dan stabilitas area pengerukan
- Mengangkut material dari lokasi pengerukan ke area reklamasi
- Mempercepat proses pembangunan lahan baru

Jenis kapal keruk umum:

Tabel 12-3 Jenis Kapal Keruk dalam Reklamasi

Jenis Kapal Keruk	Penggunaan dalam Reklamasi
TSHD (Trailing Suction Hopper Dredger)	Efisien untuk pengerukan laut dalam dan pengangkutan jarak jauh
CSD (Cutter Suction Dredger)	Efektif untuk material keras di dekat garis pantai
Clamshell Dredger	Cocok untuk lokasi kecil dan perairan dangkal

2. Fungsi Kapal Keruk dalam Proyek Sungai

Pengerukan sungai bertujuan untuk:

- Mengendalikan sedimentasi
- Menjaga kedalaman alur pelayaran
- Mencegah banjir
- Menghilangkan endapan lumpur atau sampah

Jenis kapal keruk umum:

Tabel 12-4 Jenis Kapal Keruk dalam Proyek Sungai

Jenis Kapal Keruk	Penggunaan dalam Sungai
Backhoe Dredger	Untuk sungai sempit dan dangkal
Cutter Suction Dredger	Untuk pengerukan endapan keras di sungai besar
Clamshell Dredger	Efektif untuk pengerukan spot tertentu

Contoh Soal 1: Jenis Kapal Keruk

Sebutkan dan jelaskan perbedaan antara Cutter Suction Dredger (CSD) dan Trailing Suction Hopper Dredger (TSHD) dari segi metode operasi dan penggunaannya!

Jawaban:

- Cutter Suction Dredger (CSD): Menggunakan pemotong berputar untuk menggali material keras dan menghisapnya ke dalam pipa. Cocok untuk pengerukan pelabuhan dan sungai dengan material padat.
- Trailing Suction Hopper Dredger (TSHD): Menghisap material lunak dari dasar laut sambil bergerak, lalu menyimpan hasil pengerukan dalam hopper. Efektif untuk pengerukan laut dalam dan reklamasi.

Contoh Soal 2: Fungsi Pekerjaan Dredging

Apa tujuan utama dari pekerjaan dredging dalam proyek konstruksi maritim dan bagaimana dampaknya terhadap lingkungan jika tidak dikendalikan?

Jawaban:

- Tujuan dredging antara lain: memperdalam alur pelayaran, reklamasi pantai, membuang sedimen yang mengganggu, dan membentuk profil dasar laut.
- Jika tidak dikendalikan, dredging dapat menyebabkan peningkatan kekeruhan, hilangnya habitat dasar laut, dan erosi pantai.

Contoh Soal 3: Pemilihan Alat Dredging

Suatu proyek reklamasi memerlukan pengerukan tanah lempung dan pasir di perairan dalam. Kapal keruk apa yang paling sesuai dan mengapa?

Jawaban:

- Kapal keruk yang sesuai adalah Trailing Suction Hopper Dredger (TSHD), karena dapat mengeruk dalam dan menyimpan material langsung dalam hopper, serta efektif untuk material lunak seperti lempung dan pasir di perairan luas.

BAB 13

PENGENALAN ALAT BERAT UNTUK KONSTRUKSI MARITIM

13.1 Alat Berat dalam Konstruksi Pelabuhan

Jenis Pekerjaan:

- Pembangunan dermaga (jetty, wharf)
- Pemancangan tiang pancang
- Penanganan elevasi dan pengerukan
- Bongkar muat material dermaga

Alat Berat Umum:

Tabel 13-1 Alat Berat dalam Konstruksi Pelabuhan

Alat Berat	Fungsi Utama
Crawler Crane	Pemancangan tiang pancang (pile driving), angkat beton precast
Hydraulic Excavator	Pengerukan lahan tepi laut, pengisian geobag, penggalian saluran dermaga
Barge / Pontoon	Alat angkut alat berat dan material di atas air
Hydraulic Hammer	Pemancangan dengan tenaga hidrolik
Wheel Loader	Bongkar muat material dari truk ke barge

13.2 Alat Berat dalam Konstruksi Breakwater

Jenis Pekerjaan:

- Pemasangan batu besar (armor stone)
- Pembangunan core layer, under layer, dan tetrapod
- Penimbunan bawah air secara bertahap

Alat Berat Umum:

Tabel 13-2 Alat Berat dalam Konstruksi Breakwater

Alat Berat	Fungsi
Long Arm Excavator	Menjangkau area dalam air dari garis pantai
Crane + Grab Bucket	Menurunkan batu berat atau concrete block dari ponton

Alat Berat	Fungsi
Barge dengan Excavator	Pemasangan batu dari atas laut
Dump Truck	Pengangkut material batu dari quarry ke pelabuhan

Catatan: Alat harus punya stabilitas tinggi karena bekerja di kondisi gelombang tinggi dan permukaan tidak rata.

13.3 Alat Berat dalam Konstruksi Revetment

Jenis Pekerjaan:

- Penataan lereng tepi pantai/sungai
- Pelapisan geotextile, batu, atau beton
- Pemadatan dan perkuatan dasar struktur

Alat Berat Umum:

Tabel 13-3 Alat Berat dalam Konstruksi Revetment

Alat Berat	Fungsi
Amphibious Excavator	Mengerjakan pemasangan material di daerah pasang surut
Dozer (Swamp Type)	Meratakan material di pinggir laut yang lunak
Vibratory Roller	Pemadatan struktur revetment di darat
Excavator + Clamshell	Menempatkan batu di slope air jika diperlukan

13.4 Kombinasi Crane, Excavator, dan Barge

Kombinasi Ideal:

Tabel 13-4 Kombinasi Crane, Excavator, dan Barge

Kombinasi	Kegunaan
Excavator + Barge	Pengerukan/pemasangan material dari laut langsung
Crane + Barge	Pemasangan tetrapod atau precast block di lokasi gelombang tinggi
Excavator + Dump Truck	Mobilisasi material dari quarry ke lokasi kerja
Crane + Hydraulic Hammer + Pontoon	Pemancangan dermaga di perairan dalam

Catatan Operasional:

- Barge harus memiliki anchor stabilizer agar tidak goyah saat operasi.
- Excavator yang digunakan di barge harus dilengkapi pengunci hidrolis agar tidak bergeser.
- Operasi kombinasi ini memerlukan koordinasi sinyal, komunikasi VHF, dan sistem keamanan maritim (life vest, pelampung, radar gelombang).

13.5 Kesimpulan

Pekerjaan maritim memerlukan alat berat yang:

- Kuat, stabil, dan tahan air laut
- Fleksibel untuk bekerja di atas barge, pantai, atau daerah rawa
- Didukung sistem kombinasi alat yang terkoordinasi dan efisien



Gambar 13-1 Alat Berat dalam Konstruksi Maritim

DAFTAR PUSTAKA

Rochmanhadi, Ir. (1992). *Alat-alat Berat dan Penggunaannya*.

Sudarto, Hasi. *Manajemen Peralatan*.

Suyono Sosrodarsono. *Pelaksanaan Alat Berat*.

Peurifoy, R.L. (1996). *Construction Planning, Equipment, and Methods*.

Dirjen Bina Marga. *Pedoman Peralatan Jalan*.

Universitas Hasanuddin. *Bahan Ajar PTM*.

