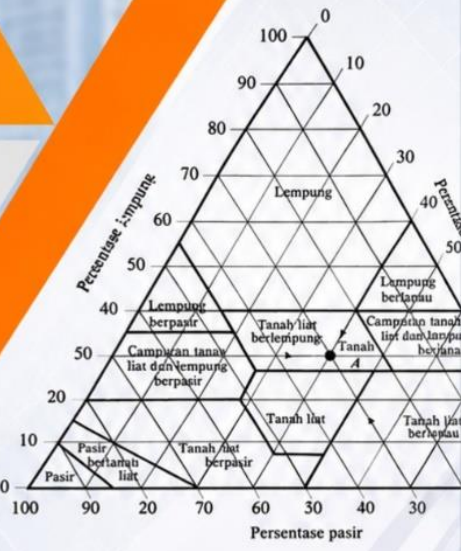
METODE DAN TEKNOLOGI KONSTRUKSI

Dr. Ir. Lies Kurniawati Wulandari, M.T.





ITN Press

Metode Dan Teknologi Konstruksi

Dr Ir Lies Kurniawati Wulandari,MT

November 2026

ITN Press

Metode Dan Teknologi Konstruksi

Penulis: Dr Ir Lies Kurniawati Wulandari,MT

Editor : Aditya Endra Sayekti

Desain : Septiani Rosydah

Uk. : .xi + 145 hlm (15,5 x 23)

Diterbitkan oleh

Jl. Sigura - Gura No.2, Sumbersari,

Kec. Lowokwaru,

Kota Malang, Jawa Timur

Email: press@itn.ac.id

E-ISBN : 978-634-05-8723-4

Anggota Ikapi

No. 420/ Anggota Luar Biasa/JTI/2024

Cetakan , Tahun 2026

Dicetak oleh : ITN Press

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang Dilarang keras memperbanyak, memfotocopy sebagian Atau seluruh isi buku ini, serta memperjual belikannya Tanpa mendapat izin tertulis dari Penerbit

Kata Pengantar

Puji syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya sehingga buku Metode dan Teknologi Konstruksi ini dapat disusun. Buku ini diharapkan menjadi referensi bagi mahasiswa, dosen, praktisi, dan pembaca yang ingin memahami metode serta perkembangan teknologi di bidang konstruksi.

Pelaksanaan konstruksi menuntut pemahaman yang baik mengenai metode kerja, pemilihan material, penggunaan peralatan, pengendalian mutu, dan pengelolaan proyek. Perkembangan teknologi juga mendorong pelaksanaan pekerjaan agar semakin efektif, efisien, aman, dan memperhatikan keberlanjutan. Oleh karena itu, buku ini disusun untuk memberikan pemahaman mengenai berbagai aspek metode dan teknologi konstruksi, baik dari sisi teknis maupun manajerial.

Materi dalam buku ini diharapkan dapat mendukung kegiatan pembelajaran, penelitian, dan praktik di bidang teknik sipil. Mahasiswa dapat memanfaatkannya untuk memperkuat pemahaman terhadap konsep dan penerapan konstruksi, sedangkan dosen, peneliti, serta praktisi dapat menjadikannya sebagai bahan referensi dan pengembangan wawasan sesuai kebutuhan.

Penulis menyadari bahwa buku ini masih memiliki keterbatasan dan terbuka untuk penyempurnaan seiring perkembangan ilmu pengetahuan, teknologi, serta standar di bidang konstruksi. Kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi perbaikan buku ini pada masa mendatang.

Penulis menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan dalam penyusunan buku ini. Semoga buku Metode dan Teknologi Konstruksi memberikan manfaat bagi pembaca serta turut mendukung pengembangan ilmu pengetahuan dan peningkatan kualitas sumber daya manusia di bidang konstruksi Indonesia.

Malang, November 2026

Penulis

Dr. Ir. Lies Kurniawati Wulandari, MT

DAFTAR ISI

Kata Pengantar iii
DAFTAR ISI v
DAFTAR GAMBAR viii
DAFTAR TABEL xi
BAB I BAHAN BAKU BETON DAN TAMBAHAN 1
1.1 Bahan Baku Utama Beton 1
1.2 Agregat Dalam Campuran Beton 3
1.3 Lusi (Lumpur Sidoarjo) Bahan tambahan Beton 7
BAB II ALAT BERAT DAN FUNGSINYA 38
2.1 Pengertian Alat Berat 38
2.2 Jenis Alat Berat dan Fungsinya 41
2.3 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Pemilihan Alat Berat .. 49
2.4 Produksi Alat Berat 57
BAB III METODE DAN TEKNOLOGI KONTRUKSI 64
3.1 Konsep dan Ruang Lingkup Konstruksi 64
3.2 Konsep Metode dan Teknologi Konstruksi 67
3.3 Bidang, Sumber Daya, dan Jenis Pelaksanaan Konstruksi .. 72
3.4 Metode Pelaksanaan Konstruksi Bangunan Gedung 74
3.5 Perkembangan dan Proses Kontruksi 80
3.6 Perencanaan, Pelaksanaan dan Produktivitas Konstruksi ... 83
3.7 Metode High Rise Building 86

BAB IV KONTROL KUALITAS 92
4.1 Kontrol Kualitas dalam Metode Pelaksanaan Konstruksi.... 92
4.2 Peranan Kontrol Kualitas dalam Teknologi Konstruksi 94
4.3 Perencanaan Pengendalian Kualitas..... 96
4.4 Pengendalian Kualitas Berdasarkan Tahapan Pekerjaan .. 100
4.5 Metode Sampling dalam Kontrol Kualitas..... 102
4.6 Pengendalian Kualitas pada Berbagai Jenis Pekerjaan Konstruksi 104
4.7 Mutu Konstruksi 108
4.8 Pencapaian Kontrol Kualitas dan Mutu secara Efektif dan Efisien 111
BAB V PENERAPAN METODE KONTRUKSI DAN TEKNOLOGI KONTRUKSI 116
5.2 Penerapan Metode Dan Teknologi Konstruksi Pekerjaan Perkerasan Beton Semen (Rigid Pavement) 120
5.3 Penerapan Metode dan Teknologi Kontruksi SPAM Jaringan perpiaan..... 122
5.4 Penerapan metode dan teknologi kontruksi pada proyek pembangunan tempat pelelangan ikan 125
5.5 Penerapan Metode dan Teknologi Kontruksi Dalam Layanan Air Limbag Domestik 127
5.6 Penerapan Metode dan Teknologi pada Pekerjaan Perkerasan Lentur Hot Mix Asphalt..... 129
5.7 Penerapan Metode dan Teknologi Kontruksi Pembanguanan OXO The Residence 132
5.8 Penerapan Metode dan Teknologi Konstruksi Pekerjaan Saluran Drainase Metode Precast 134

5.9 Penerapan Metode dan Teknologi Konstruksi Berbasis Data Science & Analytics 137
5.10 Penerapan Metode dan Kontruksi pada Bangunan Gedung Negara 139
5.11 Penerapan Metode dan Teknologi Konstruksi pada Proyek Jalan Lintas Selatan 141
DAFTAR PUSTAKA 146
GLOSARIUM 150
BIODATA PENULIS 159

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Lusi 1 Silt loam tanah liat berlanau.....8
Gambar 1. 2 Lusi 2 SLit loam tanah liat berlanau 8
Gambar 1. 3 Grafik gradsi gabungan agregat halus dan kasar.....10
Gambar 1. 4 Eletron image on sample 1 perbesaran 250X.....23
Gambar 1. 5 Lusi (Lumpur Sidoarjo).....24
Gambar 1. 6 electron image on sample 1 perbesar 5000x 25
Gambar 1. 7 Percobaan LUSI Sem edx 31
Gambar 2. 1 Gambar Alat berat.....42
Gambar 2. 2 Motor Grader.....44
Gambar 2. 3 excavator 45
Gambar 2. 4 Crane 46
Gambar 2. 5 Loader dan dozer.....46
Gambar 2. 6 Roller.....47
Gambar 2. 7 Crushe 48
Gambar 2. 8 concrete spreader.....49
Gambar 3. 1 Metode Konstruksi.....69
Gambar 3. 2 Ilustrasi lima sumber daya konstruksi (5M).....73
Gambar 3. 3 Siklus umum proses konstruksi berdasarkan SIDCOM. 76
Gambar 3. 4 Ilustrasi urutan umum metode Bottom-Up. 77
Gambar 3. 5 Ilustrasi urutan umum metode Top-Down 78

Gambar 3. 6 Pebandingan prinsi metode bottom-up dan top-down 79
Gambar 3. 7 Alur persiapan dan pengendalian awal proyek gedung bertingkat tinggi. 89
Gambar 4. 1 Konsep Dasar Kontrol Kualitas Konstruksi 92
Gambar 4. 2 Peranan Kontrol Kualitas dalam Teknologi Konstruksi 95
Gambar 4. 3 Perencanaan Pengendalian Kualitas 97
Gambar 4. 4 Pengendalian Kualitas Berdasarkan Tahapan Pekerjaan 100
Gambar 4. 5 Metode Sampling dalam Kontrol Kualitas 103
Gambar 4. 6 Pengendalian Kualitas pada Berbagai Jenis Pekerjaan Konstruksi 105
Gambar 5. 1 Dinding Penahan Tanah (DPT) 116
Gambar 5. 2 Gambar Rencana Dinding Penahan Tanah 118
Gambar 5. 3 Hasil Pekerjaan Dinding Penahan Tanah 119
Gambar 5. 4 Crossing Sungai 122
Gambar 5. 5 Crossing Jalan Raya 122
Gambar 5. 6 Drilling The Pilot Hole 123
Gambar 5. 7Asphalt mixing plant (AMP) 130
Gambar 5. 8 proses pembelian barang dari supplier 133
Gambar 5. 9 Proses manajemen gudang 134
Gambar 5. 10 Pengerjaan Saluran Drainase 136
Gambar 5. 11 Jalur JLS 142
Gambar 5. 12 Ilustrasi lapisan badan jalan 142

Gambar 5. 13 Teknologi Pembangunan JLS 143

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Gradasi gabungan agregat halus dan kasar 9
Tabel 1. 2 Bahan Lolos Saringan 11
Tabel 1. 3 Kadar air agregat 13
Tabel 1. 4 berat jenis dan penyerapan agregat halus 14
Tabel 1. 5 Berat jenis dan penyerapan agegat kasar 10/20 mm 14
Tabel 1. 6 Berat jenis semen portland 15
Tabel 1. 7 Konsistensi normal dan waktu ikat semen 16
Tabel 1. 8 Keausan agegrat dengan mesin abrasi los angeles (500 putaran) 18
Tabel 1. 9 Perancangan campuran beton dengan metode modifikasi SNI 19
Tabel 1. 10 Campuran Beton 20
Tabel 1. 11 pengujian material 21
Tabel 1. 12 kompisisi akhir campuran kondisi lapangan 22
Tabel 1. 13 full result on sample 1 perbesaran 250X 23
Tabel 1. 14 Full result on sample 1 perbesar 5000x 26
Tabel 1. 15 Tabel uji kuat Tekan beton LUSI 28
Tabel 1. 16 Konsistensi normal dan waktu ikat semen 32

BAB I BAHAN BAKU BETON DAN TAMBAHAN

1.1 Bahan Baku Utama Beton

Beton merupakan salah satu material konstruksi yang paling banyak digunakan dalam pembangunan berbagai jenis infrastruktur, seperti gedung, jembatan, jalan, bendungan, pelabuhan, dan struktur lainnya. Penggunaan beton yang luas disebabkan oleh beberapa keunggulan, antara lain memiliki kuat tekan yang tinggi, dapat dibentuk sesuai kebutuhan, bahan penyusunnya relatif mudah diperoleh, serta memiliki ketahanan yang baik terhadap berbagai kondisi lingkungan. Namun, kualitas beton sangat dipengaruhi oleh jenis, mutu, proporsi, dan karakteristik bahan penyusunnya.

Secara umum, beton tersusun atas semen, air, agregat halus, dan agregat kasar. Semen berfungsi sebagai bahan pengikat, air diperlukan untuk proses hidrasi semen, sedangkan agregat merupakan material pengisi yang membentuk sebagian besar volume beton. Agregat halus dan agregat kasar harus memiliki karakteristik yang sesuai, seperti gradasi, ukuran butir, kebersihan, kekuatan, berat jenis, dan daya serap air. Kualitas masing-masing bahan tersebut akan berpengaruh terhadap sifat beton segar maupun beton setelah mengeras.

Dalam perkembangannya, kebutuhan konstruksi semakin beragam sehingga beton tidak hanya dituntut memiliki kuat tekan yang tinggi, tetapi juga harus memiliki workability, durabilitas, permeabilitas rendah, waktu pengerasan yang sesuai, serta kemampuan menghadapi kondisi lingkungan tertentu. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut, digunakan bahan tambahan atau *admixture*. Bahan tambahan dapat berupa bahan kimia maupun bahan mineral yang ditambahkan ke dalam campuran beton dalam jumlah tertentu untuk memodifikasi sifat beton.

Bahan tambahan kimia, seperti water reducer, superplasticizer, retarder, accelerator, dan air-entraining admixture, dapat digunakan untuk meningkatkan kemudahan pengerjaan, mengurangi kebutuhan air, mengatur waktu pengerasan, maupun meningkatkan karakteristik tertentu dari beton. Sementara itu, bahan tambahan mineral seperti fly ash, silica fume, slag, dan pozzolan dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan kinerja beton sekaligus mendukung penggunaan material yang lebih efisien dan berkelanjutan.

Selain bahan-bahan tersebut, penggunaan serat dalam beton juga semakin berkembang. Serat baja, polypropylene, kaca, maupun serat alami dapat digunakan untuk membantu mengendalikan retak dan meningkatkan ketangguhan beton. Pada konstruksi beton bertulang, beton juga dipadukan dengan baja tulangan karena beton

memiliki kemampuan menahan tekan yang baik, sedangkan baja berperan penting dalam menahan gaya tarik.

Secara sederhana, beton dapat dinyatakan sebagai campuran:

$$Beton = semen + air + agregat\ halus + agregat\ kasar + bahan\ tambahan.$$

Semen dan air membentuk pasta semen melalui proses hidrasi. Pasta tersebut kemudian mengikat agregat halus dan agregat kasar sehingga terbentuk massa beton yang padat dan kuat setelah mengalami pengerasan.

1.2 Agregat Dalam Campuran Beton

Agregat merupakan salah satu komponen utama dalam campuran beton yang memiliki proporsi terbesar dibandingkan dengan bahan penyusun lainnya. Secara umum, agregat dapat menempati sekitar 60–75% dari volume beton. Keberadaan agregat tidak hanya berfungsi sebagai bahan pengisi, tetapi juga berperan penting dalam menentukan sifat mekanis, workability, kestabilan volume, durabilitas, serta keekonomisan beton. Oleh karena itu, pemilihan jenis dan mutu agregat merupakan salah satu faktor penting dalam menghasilkan beton yang memenuhi persyaratan teknis.

Agregat dalam campuran beton terdiri atas agregat halus dan agregat kasar. Agregat halus umumnya berupa pasir, sedangkan agregat kasar dapat berupa kerikil atau batu pecah. Kedua jenis

agregat tersebut harus memiliki karakteristik yang sesuai, baik dari segi ukuran butir, gradasi, bentuk, tekstur permukaan, berat jenis, penyerapan air, maupun kebersihannya. Kombinasi agregat yang tepat akan menghasilkan susunan butir yang lebih padat sehingga rongga dalam campuran dapat diminimalkan.

Agregat memiliki beberapa fungsi penting dalam campuran beton, yaitu:

1. Sebagai bahan pengisi (filler)

   Agregat mengisi sebagian besar volume beton sehingga jumlah pasta semen yang diperlukan dapat dikurangi. Hal ini memberikan keuntungan dari sisi ekonomi karena semen merupakan salah satu komponen beton yang relatif mahal.

2. Membentuk kerangka beton

   Agregat kasar membentuk kerangka utama yang memberikan kekakuan dan stabilitas pada beton. Pasta semen kemudian mengikat butiran agregat menjadi suatu massa yang padat.

3. Meningkatkan kekuatan beton

   Sifat agregat, seperti kekuatan, kekerasan, bentuk, dan tekstur permukaan, dapat memengaruhi kekuatan beton. Agregat yang kuat dan memiliki ikatan yang baik dengan pasta semen dapat mendukung pencapaian kuat tekan beton yang lebih tinggi.

4. Mengurangi perubahan volume

   Pasta semen mengalami perubahan volume akibat proses hidrasi, pengeringan, dan perubahan kadar air. Kehadiran agregat dapat membatasi perubahan volume tersebut sehingga risiko penyusutan beton dapat dikurangi.

5. Meningkatkan kestabilan dan durabilitas

   Agregat yang memiliki ketahanan terhadap abrasi, cuaca, dan lingkungan agresif dapat membantu meningkatkan daya tahan beton selama masa layan.

6. Meningkatkan efisiensi penggunaan semen

   Gradasi agregat yang baik dapat mengurangi volume rongga antarbutir. Dengan demikian, kebutuhan pasta semen untuk mengisi rongga dapat dikurangi.

Berdasarkan ukuran butirnya, agregat yang digunakan dalam beton dibedakan menjadi dua kelompok utama, yaitu agregat halus dan agregat kasar.

a. Agregat Halus

Agregat halus merupakan agregat yang digunakan untuk mengisi ruang di antara butiran agregat kasar. Material yang umum digunakan adalah pasir alam dan pasir hasil pemecahan batu. Agregat halus berpengaruh terhadap workability, kebutuhan air, kepadatan, dan kualitas permukaan beton.

Gradasi agregat halus perlu diperhatikan karena pasir yang terlalu halus dapat meningkatkan kebutuhan air dan pasta semen.

Sebaliknya, pasir yang terlalu kasar dapat menghasilkan campuran yang kurang mudah dikerjakan. Oleh karena itu, diperlukan distribusi ukuran butir yang sesuai agar campuran beton dapat mencapai kondisi yang optimum.

b. Agregat Kasar

Agregat kasar merupakan agregat yang digunakan sebagai kerangka utama beton. Material yang umum digunakan adalah kerikil alam dan batu pecah. Agregat kasar memberikan kontribusi terhadap kekuatan dan kekakuan beton serta membantu mengurangi perubahan volume akibat penyusutan pasta semen.

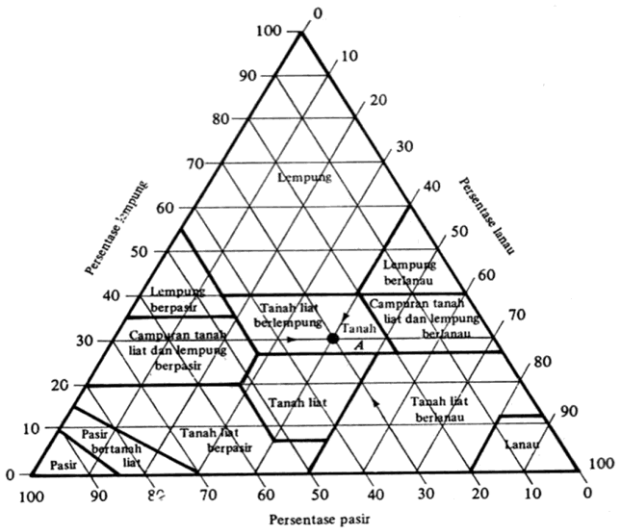
Ukuran maksimum agregat kasar harus disesuaikan dengan dimensi elemen beton, jarak antar tulangan, tebal selimut beton, dan metode pelaksanaan pengecoran. Agregat yang terlalu besar dapat menyulitkan proses pengecoran, terutama pada elemen dengan tulangan yang rapat.

Kuat tekan beton tidak hanya dipengaruhi oleh jenis dan jumlah semen, tetapi juga oleh karakteristik agregat. Agregat yang memiliki kekuatan dan ketahanan yang baik dapat mendukung pencapaian kuat tekan beton.Pada beton dengan mutu tinggi, kualitas agregat menjadi semakin penting karena kegagalan beton dapat terjadi melalui agregat, pasta semen, maupun zona transisi antara agregat dan pasta semen yang dikenal sebagai Interfacial Transition Zone (ITZ)**.**

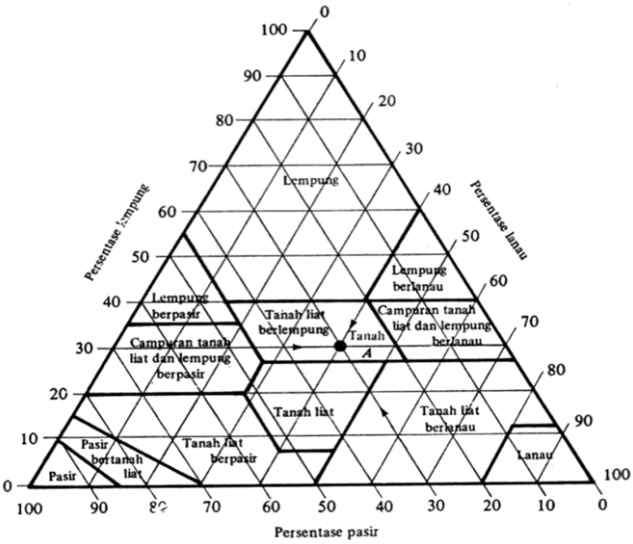
Ikatan yang baik antara agregat dan pasta semen akan menghasilkan struktur beton yang lebih kompak. Sebaliknya, agregat yang lemah, terlalu berpori, atau memiliki permukaan yang tercemar dapat menurunkan kualitas ikatan dan pada akhirnya memengaruhi kekuatan beton.

1.3 Lusi (Lumpur Sidoarjo) Bahan tambahan Beton

LUSI merupakan singkatan dari Lumpur Sidoarjo, yaitu material lumpur yang berasal dari semburan lumpur di wilayah Sidoarjo, Jawa Timur. Material LUSI memiliki karakteristik yang menyerupai material tanah berbutir halus karena tersusun atas fraksi lempung (clay), lanau (silt), dan sebagian kecil pasir. Dalam konteks bahan konstruksi, LUSI dapat dikaji sebagai material alternatif atau bahan tambahan dalam pembuatan material konstruksi, termasuk beton. Pemanfaatan LUSI menjadi salah satu upaya untuk mengurangi permasalahan lingkungan akibat timbunan lumpur sekaligus menghasilkan material yang mempunyai nilai guna.



Gambar 1. 1 Lusi 1 Silt loam tanah liat berlanau

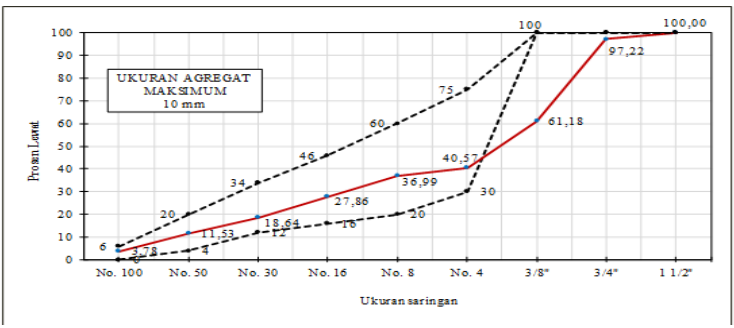


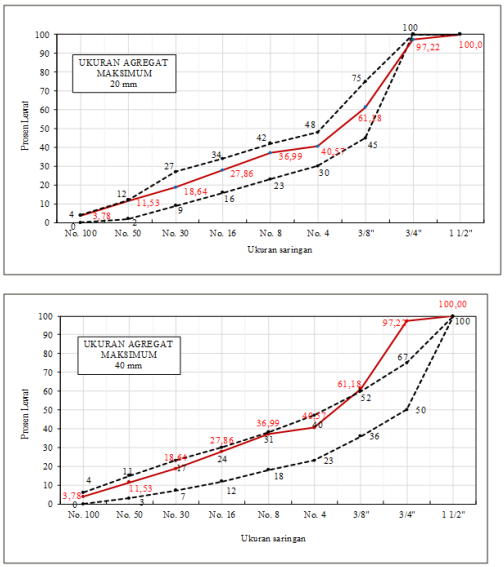
Gambar 1. 2 Lusi 2 SLit loam tanah liat berlanau

Berdasarkan Gambar 1.1 dan Gambar 1.2, hasil klasifikasi tekstur lumpur Sidoarjo (LUSI) menggunakan diagram segitiga (*Soil Texture Triangle*) menunjukkan bahwa sampel LUSI 1 dan LUSI 2 termasuk dalam kelompok *Silt Loam* atau lempung berlanau. Klasifikasi ini menunjukkan bahwa material lumpur Sidoarjo memiliki kandungan lanau yang relatif dominan dengan campuran pasir dan liat. Karakteristik tersebut memengaruhi kemampuan material dalam menahan air, permeabilitas, dan plastisitas. Hasil klasifikasi ini menjadi dasar untuk mengetahui karakteristik awal lumpur Sidoarjo serta mengevaluasi potensinya sebagai bahan alternatif dalam bidang konstruksi.

Tabel 1. 1 Gradasi gabungan agregat halus dan kasar

Ukuran saringan	Lewat Kumulatif Agregat		% Lolos Agregat		% Lolos Agregat Gabungan Halus & Kasar
	Halus	Kasar	Halus	Kasar	
			42,00	58,00	Hasil
76 mm (3")	100,00	100,00	42,00	58,00	100,00
38 mm (1 1/2")	100,00	100,00	42,00	58,00	100,00
19 mm (3/4")	100,00	95,20	42,00	55,22	97,22
9,6 mm (3/8")	100,00	33,06	42,00	19,18	61,18
4,8 mm (No. 4)	95,99	0,44	40,32	0,25	40,57
2,4 mm (No. 8)	87,65	0,31	36,81	0,18	36,99
1,2 mm (No. 16)	66,00	0,24	27,72	0,14	27,86
0,6 mm (No. 30)	44,12	0,18	18,53	0,11	18,64
0,3 mm (No. 50)	27,23	0,15	11,44	0,09	11,53
0,2 mm (No. 100)	8,82	0,12	3,71	0,07	3,78
0,1 mm (No. 200)	2,14	0,10	0,90	0,06	0,96
pan	0,20	0,00	0,08	0,00	0,08





Gambar 1. 3 Grafik gradsi gabungan agregat halus dan kasar

Berdasarkan Tabel 1.1, penggabungan agregat menggunakan komposisi agregat halus sebesar 42% dan agregat kasar sebesar 58%. Perhitungan dilakukan berdasarkan hasil pengujian analisis saringan (sieve analysis) dengan memperhatikan persentase material yang lolos pada setiap ukuran saringan. Persentase lolos agregat gabungan dihitung menggunakan rumus:

$$P_g = (P_h X 42\%) + (P_k X\ 58\%)$$

Hasil perhitungan tersebut kemudian disajikan dalam bentuk grafik pada Gambar 1.3 denan variasi ukuran agregat maksimum 10 mm, 20 mm, dan 40 mm.

Grafik menunjukkan hubungan antara ukuran saringan dan persentase agregat yang lolos. Garis gradasi gabungan memperlihatkan distribusi ukuran butiran dari agregat halus dan kasar. Perbedaan ukuran agregat maksimum menghasilkan pola gradasi yang berbeda sehingga perlu disesuaikan dengan kebutuhan perencanaan campuran beton.

Tabel 1. 2 Bahan Lolos Saringan

Nomor test			I	II
Berat tempat + contoh awal	(W_1)	(gram)	3283,3	3278,7
Berat tempat	(W_2)	(gram)	158,4	153,1
Berat contoh awal	(W_3)	(gram)	3124,9	3125,6
Data contoh setelah pencucian dengan air, kemudian dikeringkan dengan oven				
Berat tempat + contoh oven stlh cuci	(W_4)	(gram)	3248,3	3241,8
Berat contoh oven	$W_5 = W_4 - W_2$	(gram)	3089,9	3088,7
Jumlah bahan lewat saringan no. 200	$W_6 = \frac{W_3 - W_5}{W_3} X\ 100\%$		1,12	1,18
Jumlah bahan lewat saringan no. 200 rata - rata %			1,15	

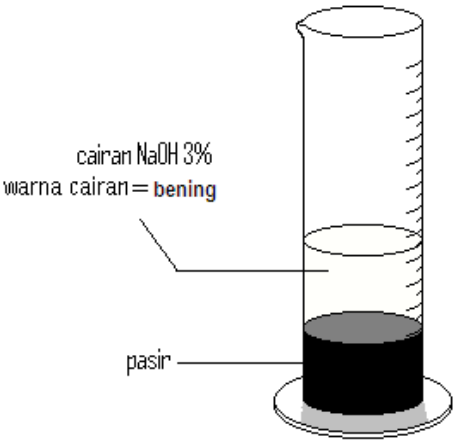
Kadar lumpur dan kadara zar orgnik pada agregat halus. Dari hasil pengujian kadar lumpur yang telah dilaksanakan didapakan hasil sebagai berikut .

$V1\ tinggi\ pasir = 475\ ml$

$V2\ tinggi\ lumpur = 3\ ml$

$$kadar\ lumpur = \frac{V_2}{V_1 + V_2} x\ 100\% = 0{,}63\%$$

Dengan hasil tersebut maka pasir yang diperiksa memenuhi syarat digunakan untuk campuran beton, dikarenakan kadar lumpurnya <5%. Untuk pengujian zat organic agregat halus didapatkan warna beningm yang berarti bahwa bahan yang diperiksa mempunyai kandungan zat orgnaik yang dapat menurunkan kekuatan beton sebesar 0%. Dengan demikain dapat disimpulkan bahwa pasir yang diperiksa memenuho syarat untuk dipergunakan sebagai agregat halus untuk campuran beton



Tabel 1. 3 Kadar air agregat

AGREGAT KASAR 10/20 mm			ASLI		SSD	
	Nomor test		D	F	A	B
A.	Berat tempat	(gr)	3060	2760	109,3	110,1
B.	Berat tempat + contoh	(gr)	11060	15760	2128,9	2687,9
C.	Berat tempat + contoh kering o	(gr)	10980	15620	2085,3	2629,9
D.	Kadar air = $\frac{B-C}{C-A}$ x 100 %	(%)	1,01	1,09	2,21	2,30
F.	Kadar air rata-rata	(%)	1,05		2,25	

AGREGAT HALUS			ASLI		SSD	
	Nomor test		A	B	A	B
A.	Berat tempat	(gr)	2770	2910	109,1	110,1
B.	Berat tempat + contoh	(gr)	7770	7910	2047,5	2222,2
C.	Berat tempat + contoh kering o	(gr)	7760	7900	2036,9	2210,9
D.	Kadar air = $\frac{B-C}{C-A}$ x 100 %	(%)	0,20	0,20	0,55	0,54
F.	Kadar air rata-rata	(%)	0,20		0,54	

Berdasarkan tabel pengujian yang disajikan, pengujian dilakukan terhadap dua jenis material agregat, yaitu agregat kasar ukuran 10/20 mm dan agregat halus. Masing-masing material diuji dalam dua kondisi, yaitu kondisi asli dan kondisi SSD (Saturated Surface Dry). Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik kadar air agregat serta membandingkan kondisi material sebelum dan sesudah mencapai kondisi SSD.

Tabel 1. 4 berat jenis dan penyerapan agregat halus

		Putih	Coklat	Rata-rata
Berat contoh kering oven	Bk	497,6	497,3	497,5
Berat contoh kering permukaan jenuh	Bj	500,1	500,1	500,1
Berat piknometer diisi air pada 25°C	B	658,1	663,0	660,6
Berat piknometer + contoh + air (25°C)	Bt	974,9	978,6	976,8
Berat Jenis (bulk)	$\frac{Bk}{(B+Bj-Bt)}$	2,71	2,70	2,71
Berat jenis kering permukaan jenuh	$\frac{Bj}{(B+Bj-Bt)}$	2,73	2,71	2,72
Berat jenis semu (apparent)	$\frac{Bk}{(B+Bk-Bt)}$	2,75	2,74	2,74
Penyerapan (absorbsi)	$\frac{Bj-Bk}{Bk} x100\%$	0,50	0,56	0,53

Tabel 1. 5 Berat jenis dan penyerapan agegat kasar 10/20 mm

		I	II	Rata-rata
Berat contoh kering oven	Bk	4891,6	4888,1	4889,85
Berat contoh kering permukaan jenuh	Bj	5000,8	5000,5	5000,7
Berat contoh di dalam air	Ba	3145,6	3152,5	3149,1
Berat Jenis (bulk)	$\frac{Bk}{Bj-Ba}$	2,64	2,65	**2,64**
Berat jenis kering permukaan jenuh	$\frac{Bj}{Bj-Ba}$	2,70	2,71	**2,70**
Berat jenis semu (apparent)	$\frac{Bk}{Bk-Ba}$	2,80	2,82	**2,81**
Penyerapan (absorbsi)	$\frac{Bj-Bk}{Bk} x100\%$	2,23	2,30	**2,27**

Tabel 1. 6 Berat jenis semen portland

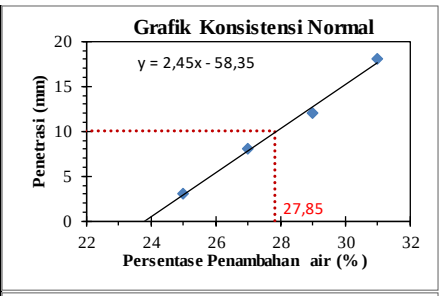
			I	II	Rata-rata
Berat semen		(gr)	64,00	64,00	64,00
Pembacaan pertama pada skala botol		V_1	0,50	0,40	0,45
Pembacaan kedua pada skala botol		V_2	20,80	20,70	20,75
Isi cairan yang dipindahkan oleh semen dengan berat tertentu		$V_2 - V_1$	20,30	20,30	20,30
Berat isi air pada 4^oC		d (gr/cm^3)	1,00	1,00	1,00
Berat jenis semen	$\frac{\text{Berat semen}}{(V_2 - V_1)} \times d$		3,15	3,15	3,15

Pengujian berat jenis semen Portland dilakukan untuk mengetahui nilai berat jenis semen berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan sebanyak dua kali, yaitu pengujian I dan pengujian II. Hasil dari kedua pengujian tersebut kemudian dihitung nilai rata-ratanya untuk memperoleh nilai berat jenis semen yang lebih representatif.

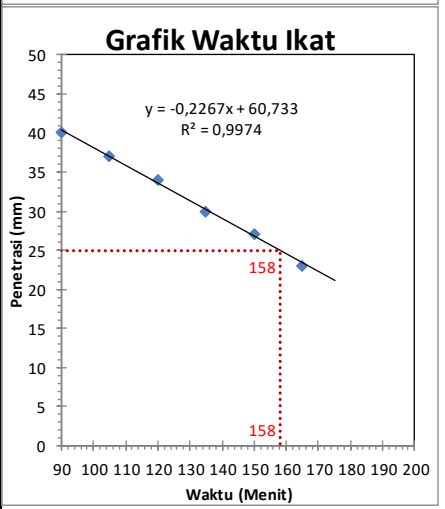
Berat jenis semen Portland merupakan salah satu parameter penting dalam perencanaan campuran beton karena berpengaruh terhadap perhitungan proporsi bahan penyusun beton, khususnya dalam menentukan kebutuhan semen berdasarkan volume absolut. Nilai berat jenis yang diperoleh dapat digunakan sebagai dasar dalam perhitungan rancangan campuran beton (mix design).

Tabel 1. 7 Konsistensi normal dan waktu ikat semen

KONSISTENSI NORMAL				
No.	Berat semen	Penambahan air		Penetrasi (mm)
		ml	%	
1	300	75	25,00	3
2	300	81	27,00	8
3	300	87	29,00	12
4	300	93	31,00	18



WAKTU IKAT		
Awal		
No.	Waktu (menit)	Penetrasi (mm)
1	90	40
2	105	37
3	120	34
4	135	30
5	150	27
6	165	23
7	180	Berbekas
8	195	Berbekas
9	210	Berbekas
10	225	Berbekas
11	240	Berbekas
12	255	Tidak berbekas
Akhir		
255		



Hasil :

Konsistensi normal :	27,85 %
Waktu ikat awal :	158 menit
Waktu ikat akhir :	255 menit

Berdasarkan hasil pengujian konsistensi normal semen Portland, diperoleh hubungan antara persentase penambahan air dengan nilai penetrasi jarum. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui jumlah air yang diperlukan agar semen mencapai konsistensi normal. Dari grafik konsistensi normal diperoleh

persamaan regresi linear $y = 2{,}45\ x\ 58{,}35$. Berdasarkan persamaan tersebut, dengan mengacu pada nilai penetrasi sebesar 10 mm, diperoleh persentase penambahan air sebesar 27,85%. Nilai tersebut menunjukkan bahwa kebutuhan air untuk mencapai konsistensi normal semen adalah sebesar 27,85% dari berat semen yang digunakan.

Selanjutnya, pengujian waktu ikat semen dilakukan untuk mengetahui waktu yang diperlukan semen sejak bercampur dengan air hingga mengalami proses pengerasan. Pengujian waktu ikat terdiri atas waktu ikat awal dan waktu ikat akhir. Berdasarkan grafik waktu ikat awal, diperoleh persamaan regresi linear $y = -0{,}2267x + 60{,}733$, dengan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,9974. Dengan menggunakan nilai penetrasi sebesar 25 mm sebagai batas penentuan waktu ikat awal, diperoleh waktu ikat awal semen sekitar 158 menit.

Hasil tersebut menunjukkan bahwa semen Portland yang diuji membutuhkan waktu sekitar 158 menit untuk mencapai kondisi ikat awal. Sementara itu, waktu ikat akhir merupakan tahapan ketika semen telah mengalami pengerasan lebih lanjut. Pengujian waktu ikat akhir diperlukan untuk mengetahui keseluruhan proses pengikatan semen.

Dengan demikian, berdasarkan hasil pengujian, diperoleh nilai konsistensi normal semen sebesar 27,85% dan waktu ikat awal sebesar 158 menit. Kedua parameter tersebut merupakan

karakteristik penting semen Portland yang digunakan sebagai dasar dalam menilai kebutuhan air dan proses pengerasan semen pada pekerjaan konstruksi

Tabel 1. 8 Keausan agegrat dengan mesin abrasi los angeles (500 putaran)

Gradasi pemeriksaan		B (fraksi 10 - 20 mm)			
Saringan		I		II	
Lolos	tertahan	Berat sebelum	Berat sesudah	Berat sebelum	Berat sesudah
76,20 mm (3")	63,50 mm (2,5")				
63,50 mm (2,5")	50,80 mm (2")				
50,80 mm (2")	37,50 mm (1,5")				
37,50 mm (1,5")	25,40 mm (1")				
25,40 mm (1")	19,00 mm (3/4")				
19,00 mm (3/4")	12,50 mm (1/2")	2500,6		2500,2	
12,50 mm (1/2")	9,50 mm (3/8")	2500,3		2500,5	
9,50 mm (3/8")	6,30 mm (1/4")				
6,30 mm (1/4")	4,75 mm (No. 4)				
4,75 mm (No. 4)	2,38 mm (No. 8)				
Jumlah berat		5000,9		5000,7	
Berat tertahan saringan No.4 & 12			4218,1		4215,5

		I	II	
a	Berat benda uji semula (gr)	5000,9	5000,7	Rata-rata
b	Berat benda uji tertahan saringan No.4 & 12 (gr)	4218,1	4215,5	
	Keausan : $\frac{a-b}{a} x100\ \%$	15,65	15,70	15,68

Pengujian keausan agregat dengan menggunakan mesin Abrasi Los Angeles dilakukan untuk mengetahui tingkat ketahanan agregat terhadap benturan, gesekan, dan tumbukan. Pada pengujian ini digunakan agregat dengan gradasi B (fraksi 10–20 mm) yang diuji menggunakan mesin Los Angeles sebanyak 500 putaran.

Selama proses pengujian, agregat mengalami tumbukan dengan bola baja serta gesekan dengan dinding bagian dalam mesin sehingga menyebabkan sebagian agregat mengalami pengikisan, pecah, atau berubah menjadi butiran yang lebih kecil. Setelah proses pengujian selesai, agregat dikeluarkan dan dilakukan pengayakan untuk memisahkan material berdasarkan ukuran butirannya.

Tabel 1. 9 Perancangan campuran beton dengan metode modifikasi SNI

No.	Sebutan	Referensi Perhitungan	Nilai	
Komposisi campuran beton kondisi SSD / m^3				
19.	Semen	[14]	377,19	kg
20.	Air	[11]	215,00	kg
21.	Agregat kasar 10/20 mm (SSD)	[18]	982,43	kg
22.	Agregat halus (SSD)	[17]	711,41	kg
23.	Berat jenis beton segar	[19]+[20]+[21]+[22]	2286,03	kg
Komposisi campuran beton kondisi lapangan / m^3				
24.	Kadar air agregat kasar 10/20 mm	Tabel pemeriksaan	1,05	%
25.	Absorbsi agregat kasar 10/20 mm	Tabel pemeriksaan	2,27	%
26.	Kadar air agregat halus	Tabel pemeriksaan	0,20	%
27.	Absorbsi agregat halus	Tabel pemeriksaan	0,53	%
28.	Kelebihan air dalam agregat kasar 10/20 mm	[24]-[25]	-1,22	%
29.	Kelebihan air dalam agregat halus	[26]-[27]	-0,33	%
30.	Tambahan agregat kasar 10/20 mm	[28]*[21]/100	-11,95	kg
31.	Tambahan agregat halus	[29]*[22]/100	-2,36	kg
32.	Jumlah agregat kasar 10/20 mm (lapangan/asli)	[21]+[30]	970,48	kg
33.	Jumlah agregat halus (lapangan/asli)	[22]+[31]	709,05	kg
34.	Jumlah air Lapangan	[20]-[30]-[31]	229,32	kg
35.	Berat jenis beton segar	[19]+[32]+[33]+[34]	2286,03	kg

Perancangan campuran beton dengan metode modifikasi SNI yang bertujuan untuk menentukan kebutuhan bahan penyusun beton dalam setiap 1 m^3. Perhitungan dilakukan berdasarkan kondisi SSD dan kondisi lapangan dengan mempertimbangkan kadar air serta penyerapan agregat. Komposisi campuran meliputi semen, air, agregat halus, dan agregat kasar. Hasil perhitungan digunakan

sebagai acuan untuk menentukan proporsi bahan agar campuran beton sesuai dengan mutu yang direncanakan.

Tabel 1. 10 Campuran Beton

Komposisi Campuran Beton Per m³				
Bahan	**Variasi Lumpur Sidoarjo (%)**			
	0	**5**	**15**	**25**
Semen (Kg/m³)	377,19	377,19	377,19	377,19
Agregat Halus (Kg/m³)	709,05	673,60	602,69	531,79
Lumpur Lapindo (Kg/m³)	0,00	35,45	106,36	177,26
Agregat Kasar 10/120 (Kg/m³)	970,48	970,48	970,48	970,48
Air Bebas (Kg/m³)	215,00	215,00	215,00	215,00
Hitungan Air Lapangan (Kg/m³)	229,32	229,32	229,32	229,32
Air Terpakai (Kg/m³)	198,58	229,32	275,13	334,91
Komposisi Campuran Beton Berdasarkan Perbandingan Volume				
Bahan	**Perbandingan Volume**			
	Variasi Lumpur Sidoarjo (%)			
	0	**5**	**15**	**25**
Semen	1,00	1,00	1,00	1,00
Agregat Halus	1,30	1,24	1,11	0,98
Lumpur Lapindo	-	0,11	0,34	0,56
Agregat Kasar 10/20 mm	2,19	2,19	2,19	2,19
Hitungan Air Lapangan	0,74	0,74	0,74	0,74
Komposisi Campuran Beton Benda Uji Selinder				
Bahan	**Variasi Lumpur Sidoarjo (%)**			
	0	**5**	**15**	**25**
Semen (Kg)	20,00	20,00	20,00	20,00
Agregat Halus (Kg)	37,60	35,72	31,96	28,20
Lumpur Lapindo (Kg)	-	1,88	5,64	9,40
Agregat Kasar 10/20 mm (Kg)	51,47	51,47	51,47	51,47
Air Bebas (Kg/L)	11,40	11,40	11,40	11,40
Hitungan Air Lapangan (Kg/L)	12,16	12,16	12,16	12,16
Air Terpakai (Kg/L)	10,53	12,16	14,59	17,76
Jumlah Selinder	8	8	8	8
Slump Test (mm)	100	90	100	110

komposisi campuran beton per 1 m³ dengan variasi penambahan lumpur Sidoarjo sebesar 0%, 5%, 15%, dan 25%. Perancangan campuran disajikan berdasarkan komposisi bahan, perbandingan volume, serta komposisi benda uji silinder. Tabel ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi penambahan lumpur

Sidoarjo terhadap proporsi campuran beton dan sebagai acuan dalam pembuatan benda uji beton.

Tabel 1. 11 pengujian material

No.	Pengujian	Standar Acuan	Spesifikasi	Hasil	Keterangan
11	Kadar air *ssd* agregat (%) • Agregat halus • Agregat kasar 10mm/20mm	SNI 03-1971-1990	-	 0,54 2,25	-
12	Bj *bulk* agregat halus Bj *ssd* agregat halus Bj *apparent* agregat halus Penyerapan agregat halus (%)	SNI 1970:2008	Min. 2,5 - - Maks. 3	2,71 2,72 2,74 0,53	Memenuhi - - Memenuhi
13	Bj *bulk* agregat kasar 10/20mm Bj *ssd* agregat kasar 10/20mm Bj *apparent* agregat kasar 10/20mm Penyerapan agregat kasar 10/20 mm (%)	SNI 1969:2008	Min. 2,5 - - Maks. 3	2,64 2,70 2,81 2,27	Memenuhi - - Memenuhi
14	Bj semen portland	SNI 03-2531-1991	-	3,15	-
15	Konsistensi dan Waktu ikat semen •Waktu ikat awal (menit) •Waktu ikat akhir (menit)	SNI 15-2049-2004	 Min. 45 Maks. 375	 158 255	 Memenuhi Memenuhi
16	Abrasi (*los angeles) %*	SNI 2417:2008	Maks. 40	15,68	Memenuhi

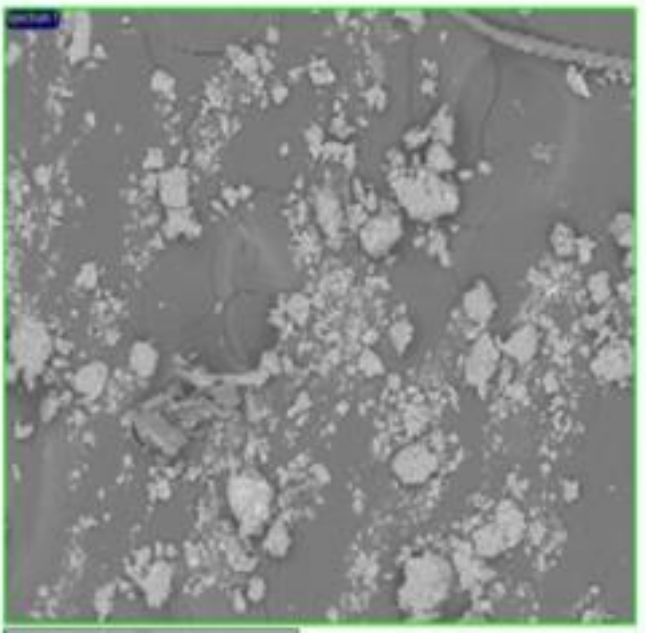
hasil pengujian material yang dilakukan untuk mengetahui kualitas dan kelayakan material yang akan digunakan dalam pelaksanaan penelitian. Pengujian ini mengacu pada standar yang berlaku, dengan memperhatikan spesifikasi yang telah ditentukan. Setiap material diuji berdasarkan parameter yang sesuai, kemudian hasil pengujian dicatat dan dibandingkan dengan standar acuan serta spesifikasi yang ditetapkan. Kolom keterangan digunakan untuk menjelaskan apakah material yang diuji telah memenuhi persyaratan

atau belum. Dengan adanya pengujian material ini, diharapkan material yang digunakan memiliki kualitas yang sesuai sehingga dapat mendukung keakuratan dan keberhasilan hasil penelitian.

Tabel 1. 12 kompisisi akhir campuran kondisi lapangan

Komposisi Akhir Campuran Kondisi Lapangan				
Jumlah Bahan Per m³	**Variasi Lumpur Lapindo (%)**			
	0	**5**	**15**	**25**
Semen (Kg)	377,19	377,19	377,19	377,19
Agregat Halus (Kg)	709,05	673,60	602,69	531,79
Lumpur Lapindo (Kg)	0,00	35,45	106,36	177,26
Agregat Kasar 10/120 (Kg)	970,48	970,48	970,48	970,48
Air Bebas (Kg)	215,00	215,00	215,00	215,00
Hitungan Air Lapangan (Kg)	229,32	229,32	229,32	229,32
Air Terpakai (Kg)	198,58	229,32	275,13	334,91

komposisi akhir campuran pada kondisi lapangan dengan variasi penambahan lumpur Lapindo sebesar 0%, 5%, 15%, dan 25%. Tabel ini menyajikan perbandingan jumlah masing-masing bahan yang digunakan dalam setiap variasi campuran untuk setiap 1 m^3. Perbedaan persentase penambahan lumpur Lapindo bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi kandungan lumpur Lapindo terhadap komposisi campuran yang dihasilkan. Komposisi akhir campuran tersebut disusun berdasarkan perhitungan kebutuhan material dengan mempertimbangkan kondisi lapangan, sehingga dapat menjadi acuan dalam proses pembuatan benda uji maupun pelaksanaan pengujian selanjutnya



Gambar 1. 4 Eletron image on sample 1 perbesaran 250X

Tabel 1. 13 full result on sample 1 perbesaran 250X

Element	Area (counts)	App. conc.	k ratio	Int. corrn.	Weight %	Weight % σ	Atomic %
Carbon	37659	82.078	0.379	0.837	53.121	0.862	62.546
Oxygen	21229	39.573	0.142	0.574	37.319	0.723	32.988
Sodium	796	0.518	0.002	0.909	0.309	0.046	0.190
Magnesium	1210	0.506	0.003	0.817	0.336	0.037	0.195
Aluminum	8551	3.289	0.024	0.893	1.995	0.061	1.046
Silicon	19895	7.964	0.064	0.924	4.668	0.106	2.351
Chlorine	1230	0.498	0.005	0.800	0.337	0.036	0.134
Potassium	793	0.471	0.004	1.018	0.250	0.036	0.091
Calcium	1098	0.673	0.006	0.955	0.382	0.039	0.135
Iron	1219	1.809	0.018	0.763	1.284	0.101	0.325



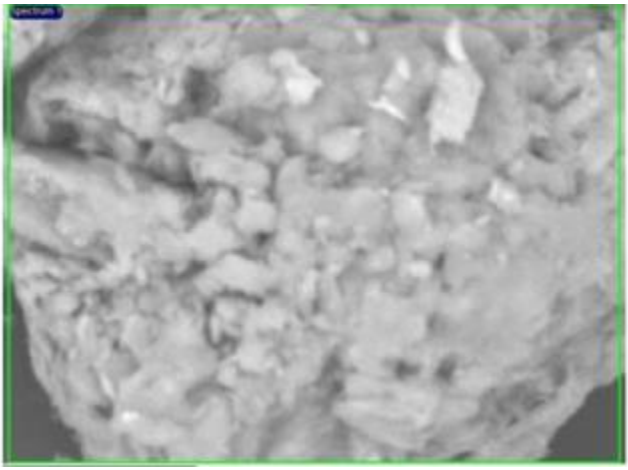
Gambar 1. 5 Lusi (Lumpur Sidoarjo)

Hasil pengujian Scanning Electron Microscope (SEM) pada Sampel 1 dengan perbesaran 250× menunjukkan bahwa LUSI memiliki permukaan yang tidak homogen. Partikel terlihat memiliki bentuk dan ukuran yang beragam, serta sebagian mengalami penggumpalan (aglomerasi). Adanya partikel halus di antara partikel yang lebih besar menunjukkan bahwa LUSI berpotensi berfungsi sebagai bahan pengisi (filler) dalam material konstruksi.

Hasil analisis Energy Dispersive X-ray (EDX) menunjukkan bahwa LUSI mengandung unsur C, O, Na, Mg, Al, Si, Cl, K, Ca, dan Fe. Unsur yang paling dominan adalah karbon (53,121%) dan oksigen (37,319%). Unsur mineral yang cukup menonjol antara lain silikon (4,668%), aluminium (1,995%), dan besi (1,284%), sedangkan unsur lainnya terdapat dalam jumlah kecil.

Kandungan silikon dan aluminium menunjukkan adanya komponen mineral silikat dan aluminosilikat dalam LUSI. Komponen tersebut berpotensi mendukung pemanfaatan LUSI sebagai bahan pengisi atau bahan tambahan dalam material konstruksi. Kandungan besi juga menunjukkan adanya mineral yang mengandung besi yang dapat memengaruhi karakteristik fisik material, seperti warna.

Secara keseluruhan, hasil SEM-EDX menunjukkan bahwa LUSI memiliki struktur partikel yang heterogen dan komposisi unsur yang beragam. Kandungan silikon dan aluminium menunjukkan adanya potensi untuk digunakan sebagai bahan alternatif dalam konstruksi. Namun, untuk mengetahui kelayakannya secara lebih pasti, diperlukan pengujian lanjutan seperti XRD, XRF, berat jenis, porositas, penyerapan air, dan kuat tekan.



Gambar 1. 6 electron image on sample 1 perbesar 5000x

Tabel 1. 14 Full result on sample 1 perbesar 5000x

Element	Area (counts)	App. conc.	k ratio	Int. corrn.	Weight %	Weight % σ	Atomic %
Carbon	5247	7.249	0.034	0.364	16.912	2.136	25.003
Oxygen	45851	54.179	0.194	0.920	50.030	1.316	55.527
Sodium	2444	1.009	0.005	0.873	0.982	0.065	0.758
Magnesium	3344	0.887	0.006	0.791	0.953	0.057	0.696
Aluminum	31818	7.756	0.057	0.873	7.542	0.214	4.964
Silicon	66102	16.773	0.135	0.862	16.526	0.446	10.448
Chlorine	3491	0.895	0.009	0.753	1.010	0.055	0.506
Potassium	1665	0.626	0.005	1.005	0.529	0.046	0.240
Calcium	2039	0.793	0.007	0.957	0.703	0.050	0.312
Titanium	622	0.294	0.003	0.803	0.311	0.056	0.115
Iron	4486	4.220	0.042	0.796	4.502	0.183	1.431

Hasil pengamatan SEM pada Sampel 1 dengan perbesaran 5000× menunjukkan bahwa permukaan LUSI terlihat kasar, tidak beraturan, dan terdiri atas partikel dengan bentuk serta ukuran yang beragam. Beberapa partikel tampak saling menempel dan membentuk aglomerasi. Kondisi ini menunjukkan bahwa LUSI memiliki struktur yang heterogen. Partikel halus yang mengisi ruang di antara partikel yang lebih besar berpotensi memengaruhi porositas, penyerapan air, dan kemampuan LUSI sebagai bahan pengisi (filler).

Hasil analisis EDX menunjukkan adanya unsur C, O, Na, Mg, Al, Si, Cl, K, Ca, Ti, dan Fe. Unsur yang dominan berdasarkan persentase berat adalah oksigen (50,030%), karbon (16,912%),

silikon (16,526%), aluminium (7,542%), dan besi (4,502%). Unsur lainnya, yaitu magnesium, natrium, klorin, kalium, kalsium, dan titanium, terdapat dalam jumlah yang lebih kecil.

Kandungan silikon (Si) sebesar 16,526% dan aluminium (Al) sebesar 7,542% menunjukkan adanya komponen mineral berbasis silikat dan aluminosilikat dalam LUSI. Kandungan besi sebesar 4,502% menunjukkan adanya mineral yang mengandung besi. Sementara itu, tingginya kandungan oksigen menunjukkan bahwa sebagian unsur dalam material kemungkinan berikatan dalam bentuk senyawa oksida atau mineral yang mengandung oksigen.

Jika dibandingkan dengan pengamatan pada perbesaran 250×, hasil pada 5000× memberikan informasi yang lebih spesifik terhadap area permukaan yang lebih kecil. Perbedaan kandungan unsur menunjukkan bahwa distribusi unsur pada LUSI dapat berbeda pada setiap lokasi pengamatan. Oleh karena itu, hasil EDX pada perbesaran 5000× perlu dipahami sebagai karakteristik dari area sampel yang dianalisis, bukan sebagai komposisi keseluruhan LUSI.

Secara keseluruhan, hasil SEM-EDX menunjukkan bahwa LUSI memiliki morfologi kasar dan heterogen serta mengandung unsur mineral yang beragam. Kandungan Si dan Al memberikan peluang untuk mengkaji LUSI sebagai bahan pengisi atau bahan tambahan mineral pada beton. Dengan proses pengeringan, penggilingan, dan pengendalian ukuran butir, LUSI berpotensi

membantu mengisi rongga dalam campuran beton. Namun, pemanfaatannya sebagai bahan tambahan beton tetap perlu didukung oleh pengujian XRD, XRF, berat jenis, porositas, penyerapan air, dan kuat tekan untuk menentukan karakteristik dan kadar penggunaannya yang sesuai.

Tabel 1. 15 Tabel uji kuat Tekan beton LUSI

Kode	Tanggal Buat	Tanggal Tes	Umur (hari)	Mutu K (kg/cm^2)	Berat (kg)	Tekanan hancur	Teg. Hancur Konv. 28 hari **	
							(MPa)	(kg/cm^2)
0% LUSI								
1	16/03/2021	13/04/2021	28	250	12.92	503	28.478	350.116
2	16/03/2021	13/04/2021	28	250	12.93	454	25.704	316.009
3	16/03/2021	13/04/2021	28	250	12.83	512	28.988	356.380
4	16/03/2021	13/04/2021	28	250	12.82	462	26.157	321.577
5	16/03/2021	13/04/2021	28	250	12.93	553	31.309	384.919
6	16/03/2021	13/04/2021	28	250	12.77	499	28.252	347.332
7	16/03/2021	13/04/2021	28	250	12.99	483	27.346	336.195
8	16/03/2021	13/04/2021	28	250	12.76	524	29.667	364.733
5% LUSI								
1	16/03/2021	13/04/2021	28	250	12.70	381	21.571	265.197
2	16/03/2021	13/04/2021	28	250	12.94	398	22.534	277.030
3	16/03/2021	13/04/2021	28	250	12.80	460	26.044	320.185
4	16/03/2021	13/04/2021	28	250	12.75	431	24.402	300.000
5	16/03/2021	13/04/2021	28	250	12.74	362	20.495	251.972
6	16/03/2021	13/04/2021	28	250	12.78	443	25.081	308.352
7	16/03/2021	13/04/2021	28	250	12.70	480	27.176	334.106
8	16/03/2021	13/04/2021	28	250	12.76	468	26.497	325.754

Kode	Tanggal Buat	Tanggal Tes	Umur (hari)	Mutu K (kg/cm^2)	Berat (kg)	Tekanan hancur	Teg. Hancur Konv. 28 hari **	
							(MPa)	(kg/cm^2)
15% LUSI								
1	16/03/2021	13/04/2021	28	250	12.42	305	17.268	212.297
2	16/03/2021	13/04/2021	28	250	12.40	302	17.098	210.209
3	16/03/2021	13/04/2021	28	250	12.44	311	17.608	216.473
4	16/03/2021	13/04/2021	28	250	12.44	308	17.438	214.385
5	16/03/2021	13/04/2021	28	250	12.45	290	16.419	201.856
6	16/03/2021	13/04/2021	28	250	12.56	297	16.815	206.728
7	16/03/2021	13/04/2021	28	250	12.45	298	16.872	207.424
8	16/03/2021	13/04/2021	28	250	12.35	299	16.929	208.120
25% LUSI								
1	16/03/2021	13/04/2021	28	250	12.24	215	12.173	149.652
2	16/03/2021	13/04/2021	28	250	12.09	214	12.116	148.956
3	16/03/2021	13/04/2021	28	250	12.09	208	11.776	144.779
4	16/03/2021	13/04/2021	28	250	11.94	183	10.361	127.378
5	16/03/2021	13/04/2021	28	250	11.95	211	11.946	146.868
6	16/03/2021	13/04/2021	28	250	12.08	211	11.946	146.868
7	16/03/2021	13/04/2021	28	250	12.08	220	12.456	153.132
8	16/03/2021	13/04/2021	28	250	11.94	205	11.607	142.691

Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan beton pada umur 28 hari, terlihat bahwa penggunaan LUSI memberikan pengaruh terhadap nilai kuat tekan beton. Beton tanpa penambahan LUSI (0%) memiliki kuat tekan rata-rata sebesar 28,09 MPa. Pada penambahan 5% LUSI, kuat tekan rata-rata menurun menjadi 24,23 MPa. Selanjutnya, pada penggunaan 15% LUSI, kuat tekan rata-rata sebesar 17,18 MPa, sedangkan penggunaan 25% LUSI menghasilkan kuat tekan rata-rata sebesar 11,80 MPa.

Hasil tersebut menunjukkan adanya kecenderungan penurunan kuat tekan seiring dengan meningkatnya persentase LUSI dalam campuran beton. Penurunan ini dapat dipengaruhi oleh karakteristik

LUSI yang memiliki partikel halus dan heterogen serta kecenderungan membentuk aglomerasi, sehingga dapat memengaruhi ikatan antara pasta semen dan agregat. Dengan demikian, semakin tinggi kadar LUSI yang digunakan, semakin besar pengaruhnya terhadap kekuatan beton. Data pengujian ini menunjukkan bahwa penambahan LUSI perlu dilakukan dengan kadar yang terkontrol agar sifat mekanik beton tetap memenuhi kebutuhan penggunaannya.



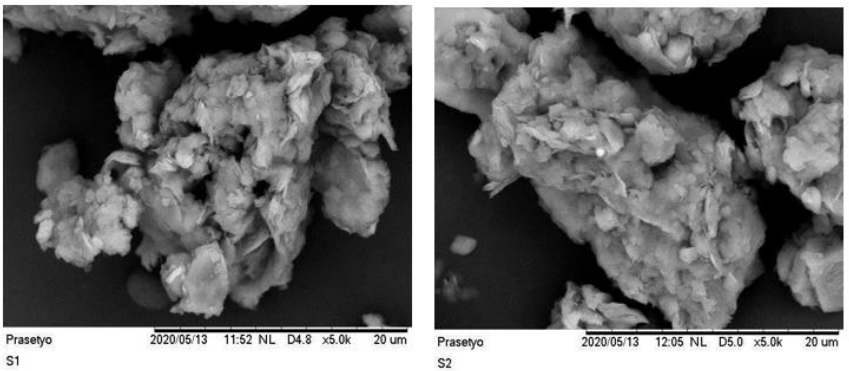
Grafik 1. 1 Hubungan kuat tekan & lusi

Grafik hubungan kuat tekan beton dengan variasi LUSI menunjukkan bahwa semakin besar persentase LUSI yang digunakan, semakin rendah nilai kuat tekan beton. Pada beton tanpa LUSI (0%), kuat tekan berada sekitar 350 kg/cm². Penambahan LUSI sebesar 5% menurunkan kuat tekan menjadi sekitar 300

kg/cm², kemudian pada 15% LUSI turun menjadi sekitar 210 kg/cm², dan pada 25% LUSI menjadi sekitar 150 kg/cm².

Kurva pada grafik menunjukkan hubungan yang cenderung menurun secara kuadratik, dengan persamaan $y = 0{,}1039x^2 - 10{,}714x + 347{,}73$ dan nilai $R^2 = 0{,}9999$. Nilai R^2 yang mendekati 1 menunjukkan bahwa persamaan tersebut memiliki kesesuaian yang sangat tinggi terhadap data pengujian.

Garis batas pada sekitar 250 kg/cm² menunjukkan nilai kuat tekan yang menjadi acuan pada grafik. Berdasarkan kurva, nilai tersebut diperkirakan berada pada variasi LUSI sekitar 10%. Dengan demikian, peningkatan kadar LUSI perlu dikendalikan karena penggunaan dalam jumlah yang lebih tinggi menyebabkan penurunan kuat tekan beton secara signifikan.



Gambar 1. 7 Percobaan LUSI Sem edx

Morfologi atau struktur permukaan dari suatu sampel padatan melalui suatu gambar dengan hasil yang hampit sama dari ke dua sampel tersebut.

Pada sampel menunjukkan bahwa antara sampel 1 dan sampel 2 tidak terjadi perbedaan yang begitu signifikan, struktur permukaan sampel 1 dan sampel 2 hampir sama namun pada sampel 2 terlihat lebih padat dibandingkan dengan sampel 1. Hasil SEM EDX menunjukkan bahwa unsur-unsur pada masing-masing sampel relatif sama

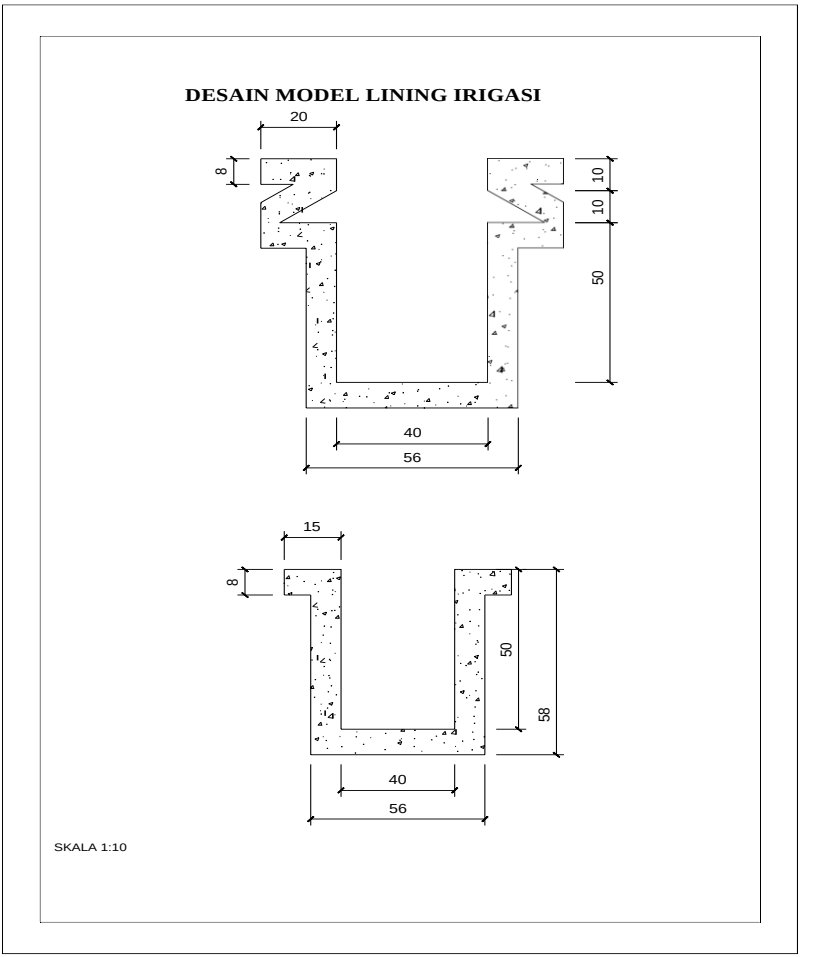
Tabel 1. 16 Konsistensi normal dan waktu ikat semen

KONSISTENSI NORMAL				
No.	Berat semen	Penambahan air		Penetrasi (mm)
		ml	%	
1	300	75	25.00	3
2	300	81	27.00	8
3	300	87	29.00	12
4	300	93	31.00	18
WAKTU IKAT				
Awal				
No.	Waktu (menit)	Penetrasi (mm)		
1	90	40		
2	105	37		
3	120	34		
4	135	30		
5	150	27		
6	165	23		
7	180	Berbekas		
8	195	Berbekas		
9	210	Berbekas		
10	225	Berbekas		
11	240	Berbekas		
12	255	Tidak berbekas		
Akhir				
255				

Konsistensi Normal hasil pengujian konsistensi normal dengan berat semen 300 gram menunjukkan bahwa peningkatan jumlah air menyebabkan peningkatan nilai penetrasi pasta semen. Pada penambahan air 75 ml (25%**)**, penetrasi sebesar 3 mm, kemudian meningkat menjadi 8 mm pada 81 ml (27%), 12 mm pada 87 ml (29%), dan 18 mm pada 93 ml (31%). Dengan demikian, semakin banyak air yang ditambahkan, pasta semen menjadi semakin mudah ditembus.

Waktu Ikat hasil pengujian waktu ikat menunjukkan bahwa penetrasi pasta semen semakin kecil seiring bertambahnya waktu. Pada umur 90 menit, penetrasi mencapai 40 mm, kemudian secara bertahap menurun menjadi 37 mm pada 105 menit, 34 mm pada 120 menit, 30 mm pada 135 menit, 27 mm pada 150 menit, dan 23 mm pada 165 menit. Pada waktu 180–240 menit, pasta semen masih meninggalkan bekas pada alat uji. Selanjutnya, pada 255 menit, pasta sudah tidak meninggalkan bekas.

Berdasarkan hasil tersebut, waktu ikat akhir pasta semen adalah 255 menit. Penurunan penetrasi menunjukkan bahwa pasta semen secara bertahap mengalami proses pengerasan akibat reaksi hidrasi semen hingga mencapai kondisi tidak lagi meninggalkan bekas pada pengujian



Salah satu alternatif pemanfaatannya adalah sebagai bahan campuran beton untuk pembuatan lapisan pelindung (*concrete lining*) pada saluran irigasi tersier dengan target mutu beton K-250 atau kuat tekan rencana sekitar 25 MPa. Campuran beton dalam penelitian ini terdiri atas lima material utama, yaitu semen Portland (*Portland Cement*) sebagai bahan pengikat, pasir sebagai agregat halus, Lumpur Sidoarjo sebagai bahan tambahan atau pengganti

sebagian pasir, kerikil sebagai agregat kasar, serta air sebagai bahan untuk proses hidrasi semen. Kelima material tersebut dicampurkan melalui proses pengadukan dengan komposisi tertentu untuk menghasilkan beton yang memenuhi persyaratan mutu yang direncanakan.

Komposisi material untuk setiap satu meter kubik beton terdiri atas semen sebesar 377,19 kg, pasir 673,60 kg, Lumpur Sidoarjo 35,45 kg, kerikil 970,48 kg, dan air sebanyak 215 kg. Penggunaan Lumpur Sidoarjo dalam campuran tersebut dimaksudkan untuk mengoptimalkan pemanfaatan material lokal sekaligus mengurangi ketergantungan terhadap agregat alam. Kandungan silika (SiO_2) dan alumina (Al_2O_3) dalam Lumpur Sidoarjo menjadi salah satu alasan material ini berpotensi dikembangkan sebagai bahan alternatif dalam bidang konstruksi.

Untuk mengetahui karakteristik material yang dihasilkan, dilakukan pengujian struktur mikro menggunakan metode *Scanning Electron Microscopy* (SEM) dan *Energy Dispersive X-ray Spectroscopy* (EDX). Hasil pengamatan SEM menunjukkan bahwa struktur permukaan sampel 1 dan sampel 2 relatif serupa, meskipun sampel 2 memperlihatkan struktur yang lebih padat dibandingkan sampel 1. Sementara itu, hasil analisis EDX menunjukkan bahwa unsur-unsur kimia pada kedua sampel relatif sama. Hasil tersebut memberikan gambaran mengenai karakteristik mikrostruktur beton yang menggunakan material Lumpur Sidoarjo.

Selain pengujian struktur mikro, dilakukan pula pengujian kuat tekan beton dengan variasi persentase penggunaan Lumpur Sidoarjo sebesar 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, dan 25%. Hasil pengujian menunjukkan bahwa beton tanpa penggunaan LUSI menghasilkan kuat tekan sebesar 350 kg/cm². Pada penambahan LUSI sebesar 5%, kuat tekan menurun menjadi 300 kg/cm², sedangkan pada persentase 10% diperoleh kuat tekan sebesar 250 kg/cm². Selanjutnya, penggunaan LUSI sebesar 15%, 20%, dan 25% menghasilkan kuat tekan masing-masing sebesar 200 kg/cm², 175 kg/cm², dan 150 kg/cm².

Berdasarkan hasil tersebut, terlihat adanya kecenderungan penurunan kuat tekan beton seiring dengan meningkatnya persentase penggunaan Lumpur Sidoarjo. Kondisi ini menunjukkan bahwa jumlah LUSI dalam campuran beton berpengaruh terhadap karakteristik mekanik beton yang dihasilkan. Oleh karena itu, penentuan proporsi penggunaan Lumpur Sidoarjo perlu dilakukan secara tepat agar pemanfaatannya tetap dapat memenuhi persyaratan mutu beton untuk konstruksi saluran irigasi.

Secara keseluruhan, penelitian ini menunjukkan bahwa Lumpur Sidoarjo memiliki potensi untuk dikembangkan sebagai material alternatif dalam pembuatan beton *lining* saluran irigasi tersier. Pemanfaatannya tidak hanya berorientasi pada inovasi teknologi konstruksi, tetapi juga menjadi salah satu solusi dalam mengurangi dampak lingkungan akibat keberadaan lumpur dalam

volume besar. Pengembangan lebih lanjut melalui pengujian sifat fisik, mekanik, dan durabilitas beton diperlukan untuk memperoleh komposisi campuran yang optimal sehingga dapat menghasilkan material konstruksi yang kuat, ekonomis, dan berkelanjutan.

BAB II ALAT BERAT DAN FUNGSINYA

2.1 Pengertian Alat Berat

Dalam bidang teknik sipil, pelaksanaan pekerjaan konstruksi melibatkan berbagai kegiatan yang membutuhkan tenaga, waktu, dan sumber daya yang cukup besar. Beberapa pekerjaan, seperti penggalian tanah, pemindahan material, pengangkutan, perataan, pemadatan, pengangkatan material, hingga pekerjaan pengecoran, memiliki tingkat kesulitan yang tinggi apabila seluruhnya dilakukan secara manual. Oleh karena itu, penggunaan alat berat menjadi bagian penting dalam menunjang pelaksanaan pekerjaan konstruksi.

Alat berat merupakan peralatan mekanis yang dirancang untuk membantu manusia melaksanakan pekerjaan dengan kapasitas dan tenaga yang lebih besar dibandingkan pekerjaan secara manual. Setiap jenis alat berat memiliki bentuk, kapasitas, sistem kerja, dan fungsi yang berbeda sesuai dengan pekerjaan yang akan dilaksanakan. Pemanfaatan alat berat dapat dijumpai pada pembangunan gedung, jalan, jembatan, bendungan, pelabuhan, saluran irigasi, pekerjaan tanah, maupun berbagai proyek infrastruktur lainnya.

Tujuan utama penggunaan alat berat adalah mempermudah pelaksanaan pekerjaan konstruksi dan meningkatkan produktivitas pekerjaan. Dengan bantuan alat berat, pekerjaan yang membutuhkan

tenaga manusia dalam jumlah besar dapat dilakukan dengan jumlah tenaga kerja yang lebih sedikit dan kapasitas pekerjaan yang lebih tinggi. Sebagai contoh, pekerjaan penggalian tanah dalam volume besar dapat dilakukan menggunakan excavator dalam waktu yang lebih singkat dibandingkan apabila dilakukan menggunakan tenaga manusia dan peralatan sederhana.

Selain mempercepat pekerjaan, penggunaan alat berat juga bertujuan meningkatkan efisiensi pelaksanaan proyek. Efisiensi dapat dilihat dari kemampuan alat dalam menyelesaikan volume pekerjaan yang besar dalam waktu tertentu. Penggunaan alat yang sesuai dapat mengurangi waktu kerja, meningkatkan kapasitas produksi, serta membantu menjaga kesinambungan pelaksanaan pekerjaan. Namun, penggunaan alat berat juga memerlukan perencanaan yang baik karena biaya pengadaan, mobilisasi, bahan bakar, operator, pemeliharaan, dan perbaikan dapat menjadi bagian yang cukup besar dari biaya proyek.

Dalam pelaksanaannya, pemilihan alat berat tidak dapat dilakukan hanya berdasarkan ukuran atau kapasitas alat. Pemilihan harus mempertimbangkan jenis pekerjaan, kondisi material, kondisi medan, volume pekerjaan, jarak pemindahan material, kapasitas alat, produktivitas, waktu pelaksanaan, biaya operasional, serta kondisi lingkungan kerja. Sebagai contoh, excavator lebih sesuai untuk pekerjaan penggalian, bulldozer digunakan untuk mendorong dan meratakan material, dump truck digunakan untuk mengangkut

material, sedangkan roller digunakan untuk memadatkan tanah atau lapisan perkerasan.

Penggunaan alat berat juga memiliki hubungan yang erat dengan produktivitas proyek. Produktivitas alat menunjukkan kemampuan alat dalam menghasilkan pekerjaan dalam satuan waktu tertentu. Semakin tepat pemilihan alat terhadap jenis pekerjaan dan kondisi lapangan, semakin besar kemungkinan produktivitas alat dapat dicapai secara optimal. Sebaliknya, penggunaan alat yang tidak sesuai dapat menyebabkan waktu tunggu, rendahnya kapasitas produksi, peningkatan konsumsi bahan bakar, dan pembengkakan biaya pekerjaan.

Selain produktivitas dan efisiensi, aspek keselamatan dan kesehatan kerja merupakan bagian penting dalam penggunaan alat berat. Alat berat memiliki ukuran dan tenaga yang besar sehingga pengoperasiannya harus dilakukan oleh operator yang kompeten. Area kerja juga harus diatur agar tidak menimbulkan risiko bagi pekerja maupun lingkungan sekitar. Pemeriksaan kondisi alat sebelum digunakan, penggunaan alat pelindung diri, pengaturan jalur pergerakan alat, komunikasi antara operator dan pekerja, serta pemeliharaan alat secara berkala merupakan bagian dari upaya menjaga keselamatan kerja.

Berdasarkan fungsinya, alat berat dapat dikelompokkan menjadi beberapa jenis, yaitu alat penggali, alat pemuat, alat pengangkut, alat pendorong, alat perata, alat pemadat, alat

pengangkat, serta alat yang digunakan untuk pekerjaan khusus. Excavator dan backhoe termasuk alat penggali, wheel loader digunakan sebagai alat pemuat, dump truck sebagai alat pengangkut, bulldozer sebagai alat pendorong, motor grader sebagai alat perata, roller sebagai alat pemadat, sedangkan crane digunakan sebagai alat pengangkat.

Dengan demikian, alat berat merupakan salah satu komponen penting dalam pelaksanaan konstruksi modern. Penggunaan alat berat yang tepat dapat membantu meningkatkan produktivitas, mempercepat waktu pelaksanaan, mengurangi beban pekerjaan manual, dan mendukung pencapaian efisiensi proyek. Oleh karena itu, pemahaman mengenai jenis, fungsi, kapasitas, produktivitas, biaya, dan keselamatan penggunaan alat berat menjadi pengetahuan penting bagi mahasiswa dan praktisi teknik sipil dalam merencanakan dan melaksanakan pekerjaan konstruksi.

2.2 Jenis Alat Berat dan Fungsinya

Alat berat dirancang untuk melakukan berbagai kegiatan guna untuk mempermudah melakukan pekerjaan manusia, selain itu juga alat berat berfungsi untuk menghemat biaya pengeluaran perusahaan tersebut dan juga mempercepat operator dalam melakukan pekerjaan. Alat yang umum dipakai dalam proyek kontruksi antara lain dozer, excavator, loader, truck, conveyor belt, roller dan compactor dll.



Gambar 2. 1 Gambar Alat berat

Pemilihan alat berat yang digunakan dalam suatu proyek konstruksi merupakan salah satu faktor penting yang dapat memengaruhi kelancaran pelaksanaan pekerjaan. Alat berat harus dipilih secara tepat berdasarkan jenis, ukuran, kapasitas, jumlah, kondisi lapangan, serta karakteristik pekerjaan. Pemilihan alat yang sesuai memungkinkan pekerjaan dilaksanakan dengan produktivitas yang optimal, waktu pelaksanaan yang lebih efisien, dan biaya yang dapat dikendalikan.

Sebaliknya, kesalahan dalam menentukan jenis atau kapasitas alat berat dapat menimbulkan berbagai permasalahan, seperti rendahnya produktivitas, waktu tunggu alat, meningkatnya biaya operasional, ketidakseimbangan antara alat utama dan alat pendukung, serta keterlambatan penyelesaian pekerjaan. Oleh

karena itu, sebelum alat berat digunakan, perlu dilakukan analisis terhadap kebutuhan pekerjaan dan kemampuan alat yang tersedia.

Salah satu cara untuk memahami alat berat adalah dengan melakukan kualifikasi berdasarkan fungsi utamanya. Kualifikasi fungsional merupakan pengelompokan alat berat berdasarkan jenis pekerjaan atau fungsi utama yang dilakukan oleh alat tersebut. Berdasarkan fungsi dasarnya, alat berat dapat dikelompokkan menjadi tujuh kelompok, yaitu alat pengolah lahan, alat penggali, alat pengangkut material, alat pemindah material, alat pemadat, alat pemroses material, dan alat penempatan akhir material

Kualifikasi fungsional alat berat adalah pembagian alat tersebut berdasarkan fungsi utama alat berat. Berdasarkan fungsinya alat berat dapat dibagi menjadi fungsi dasar adalah sebagai berikut

1. Alat pengolah lahan

   Kondisi lahan proyek yang masih asli yang terdapat semak atau pepohonan maka pembukaan lahan dapat dilakukan dengan dozer, pengangkatan tanah paling atas dapat menggunakan,scraper, sedangkan pembentukkan permukaan supaya rata digunakan dozer atau motor grader



Gambar 2. 2 Motor Grader

2. Alat penggali

Dikenal dengan istilah excavator, fungsi utamanya adalah untuk menggali, seperti dalam pekerjaan pembuatan basement atau saluran adalah



Gambar 2. 3 excavator

3. Alat pengangkut material

Pengangkutan material dapat dibagi menjadi pengangkutan horisontal maupun vertikal. Truk dan Wagon termasuk dalam alat pengangkutan horisontal karena material dipindahkan secara horisontal. Umumnya alat ini dipakai untuk pengangkutan material lepas (loose material) dengan jarak tempuh yang relatif jauh Sedangkan untuk alat pengangkutan secara vertikal dapat dilakukan oleh Crane. Material yang diangkut crane dipindahkan secara vertikal dari satu elevasi ke elevasi yang lebih tinggi, jarak jangkau pengangkutan crane relatif lebih kecil



Gambar 2. 4 Crane

4. Alat pemindah material ‘

Alat ini biasanya tidak digunakan sebagai alat transporatsi tetapi digunakan untuk memindahkan material dari satu alat ke alat yang lainnya. Loader dan Dozer adalah alat pemindahan material



Gambar 2. 5 Loader dan dozer

5. Alat pemadatan

Pada pekerjaan Penimbunan lahan biasanya dilakukan pemadatan, hal ini dilakukan untuk mendapatkan permukaan yang rata dan padat. Pemadatan dapat juga dilakukan untuk jalan tanah, jalan dengan perkerasan lentur maupun dengan perkerasan kaku, yang termasuk sebagai alat pemadatan adalah roller, pneumatic roller, compactor dan lain lain



Gambar 2. 6 Roller

6. Alat pemroses material

Alat ini dipakai untuk mengubah batuan dan mineral alam menjadi suatu bentuk dan ukuran yang diinginkan. Hasil dari alat ini adalah batuan yang bergradasi, semen, beton dan aspal. Yang termasuk dalam alat ini adalah crusher, concrete batch plant dan asphalt mixing plant



Gambar 2. 7 Crushe

7. Alat Penempatan akhir material

Fungsinya untuk menempatkan material pada tempat yang telah ditentukan, ditempat atau lokasi ini material disebarkan secara merata dan dipadatkan sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan contoh : concrete spreader, asphalt paver, motor grader dan alat pemadat



Gambar 2. 8 concrete spreader

2.3 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Pemilihan Alat Berat

Tidak semua jenis alat berat dapat digunakan pada setiap proyek konstruksi. Setiap alat memiliki karakteristik, kapasitas, kemampuan operasi, serta fungsi yang berbeda sehingga penggunaannya harus disesuaikan dengan kebutuhan pekerjaan. Pemilihan alat berat yang tepat merupakan salah satu faktor penting dalam menunjang keberhasilan pelaksanaan proyek. Sebaliknya, kesalahan dalam memilih jenis, kapasitas, jumlah, atau metode pengoperasian alat dapat menyebabkan produktivitas pekerjaan menurun, waktu pelaksanaan menjadi lebih panjang, biaya proyek meningkat, dan hasil pekerjaan tidak sesuai dengan rencana.

Pemilihan alat berat pada dasarnya dilakukan dengan mempertimbangkan kesesuaian antara fungsi alat, karakteristik pekerjaan, kondisi material, kondisi lapangan, metode pelaksanaan, waktu, dan biaya. Beberapa faktor utama yang perlu diperhatikan dalam pemilihan alat berat adalah sebagai berikut.

1. Fungsi yang Harus Dilaksanakan

Faktor pertama yang harus diperhatikan adalah fungsi atau jenis pekerjaan yang akan dilakukan. Alat berat memiliki fungsi yang berbeda-beda, seperti menggali, memuat, mengangkut, mendorong, meratakan, memadatkan, mengangkat, mengolah, dan menempatkan material.

Sebagai contoh, excavator lebih sesuai digunakan untuk pekerjaan penggalian, wheel loader untuk memuat dan memindahkan material, dump truck untuk mengangkut material, bulldozer untuk mendorong dan meratakan material, sedangkan roller digunakan untuk pemadatan. Oleh karena itu, alat yang dipilih harus memiliki kemampuan yang sesuai dengan fungsi pekerjaan yang akan dilaksanakan.

Pemilihan alat berdasarkan fungsi juga perlu mempertimbangkan apakah alat tersebut digunakan sebagai alat utama atau sebagai alat pendukung. Dalam pekerjaan pemindahan tanah, misalnya, excavator, dump truck, bulldozer, dan roller dapat bekerja sebagai suatu sistem yang saling mendukung.

2. Kapasitas Peralatan

Kapasitas alat merupakan kemampuan alat dalam menangani atau mengerjakan material dalam satu siklus atau satu satuan waktu. Pemilihan kapasitas harus disesuaikan dengan volume dan berat material, target waktu penyelesaian, serta kapasitas alat lain yang bekerja dalam sistem yang sama.

Penggunaan alat dengan kapasitas terlalu kecil dapat menyebabkan waktu pekerjaan menjadi lebih lama karena alat membutuhkan lebih banyak siklus untuk menyelesaikan pekerjaan. Sebaliknya, alat dengan kapasitas terlalu besar belum tentu memberikan efisiensi apabila volume pekerjaan kecil atau alat pendukung tidak mampu mengimbangi kapasitasnya.

Sebagai contoh, kapasitas bucket excavator harus dipertimbangkan bersama kapasitas dump truck. Apabila kapasitas excavator jauh lebih besar daripada kemampuan dump truck, excavator dapat mengalami waktu tunggu. Sebaliknya, jika kapasitas dump truck terlalu besar sementara excavator memiliki kapasitas kecil, proses pemuatan menjadi lebih lama.

Dengan demikian, kapasitas alat harus dipilih berdasarkan kebutuhan pekerjaan dan keserasian antara alat utama dengan alat pendukung.

3. Cara Operasi

Cara operasi berkaitan dengan bagaimana alat melakukan gerakan dan melaksanakan pekerjaannya. Faktor ini meliputi arah pergerakan, jarak pemindahan, kecepatan, frekuensi gerakan, waktu siklus, serta pola kerja alat.

Pada beberapa pekerjaan, material harus dipindahkan secara horizontal, sedangkan pada pekerjaan lainnya diperlukan pengangkatan secara vertikal. Dump truck, misalnya, digunakan terutama untuk pengangkutan material secara horizontal, sedangkan crane digunakan untuk mengangkat material secara vertikal maupun memindahkannya pada radius tertentu.

Jarak pemindahan material juga memengaruhi pemilihan alat. Alat yang sesuai untuk pemindahan jarak pendek belum tentu efisien untuk jarak jauh. Oleh sebab itu, karakteristik gerakan alat harus disesuaikan dengan kondisi dan kebutuhan pekerjaan.

4. Metode Pelaksanaan Konstruksi

Pemilihan alat berat sangat berkaitan dengan metode konstruksi yang digunakan. Suatu jenis pekerjaan dapat dilaksanakan menggunakan beberapa metode yang berbeda, dan setiap metode dapat membutuhkan kombinasi alat berat yang berbeda pula.

Beberapa hal yang dapat membatasi penggunaan alat antara lain akses menuju lokasi, kondisi lalu lintas, ruang kerja, urutan

pekerjaan, metode pembongkaran, serta kondisi bangunan atau struktur di sekitar proyek.

Sebagai contoh, penggunaan alat berukuran besar mungkin tidak memungkinkan pada lokasi proyek yang memiliki ruang kerja terbatas. Dalam kondisi tersebut, diperlukan alat yang lebih kecil dan memiliki kemampuan manuver yang lebih baik. Dengan demikian, metode pelaksanaan yang dipilih dapat memengaruhi jenis dan ukuran alat berat yang digunakan.

5. Faktor Ekonomi

Faktor ekonomi merupakan salah satu pertimbangan penting dalam pemilihan alat berat. Biaya penggunaan alat tidak hanya berupa harga pembelian atau biaya sewa, tetapi juga mencakup biaya operasi dan pemeliharaan.

Biaya operasi dapat meliputi bahan bakar, pelumas, operator, serta kebutuhan operasional lainnya. Sementara itu, biaya pemeliharaan meliputi perawatan rutin, penggantian komponen, perbaikan, dan kebutuhan pemeliharaan lainnya.

Alat dengan harga sewa yang lebih rendah belum tentu menghasilkan biaya pekerjaan yang lebih rendah apabila produktivitasnya juga rendah. Oleh karena itu, pemilihan alat perlu mempertimbangkan hubungan antara biaya penggunaan alat dan produktivitas yang dihasilkan.

Dalam proyek konstruksi, analisis ekonomi alat dapat dilakukan dengan membandingkan biaya kepemilikan atau sewa, biaya operasi, produktivitas, serta lama penggunaan alat.

6. Jenis Proyek

Jenis proyek sangat menentukan alat berat yang diperlukan. Setiap proyek mempunyai karakteristik pekerjaan, material, volume, dan kondisi lapangan yang berbeda.

Pada proyek gedung, alat seperti crane, excavator, concrete pump, tower crane, dan forklift dapat digunakan untuk berbagai pekerjaan. Pada proyek jalan, alat yang banyak digunakan antara lain motor grader, dump truck, asphalt finisher, dan roller. Sementara itu, pada pekerjaan bendungan atau irigasi, kebutuhan terhadap excavator, bulldozer, dump truck, dan alat pemadat dapat menjadi lebih dominan.

Demikian pula pada proyek pelabuhan, jembatan, pembukaan lahan, dan pekerjaan bendungan, pemilihan alat harus disesuaikan dengan karakteristik pekerjaan masing-masing.

7. Lokasi Proyek

Lokasi proyek mempunyai pengaruh terhadap pemilihan alat karena kondisi geografis dan lingkungan kerja dapat berbeda antara satu lokasi dengan lokasi lainnya. Proyek yang berada di dataran tinggi, dataran rendah, daerah perkotaan, daerah terpencil, atau

wilayah dengan akses terbatas dapat membutuhkan pertimbangan alat yang berbeda.

Kondisi lokasi juga memengaruhi proses mobilisasi dan demobilisasi alat. Alat dengan ukuran dan berat yang besar membutuhkan akses jalan yang memadai untuk mencapai lokasi proyek. Apabila akses terbatas, perlu dipertimbangkan penggunaan alat dengan ukuran yang sesuai atau metode mobilisasi tertentu.

Selain itu, faktor seperti ketersediaan bahan bakar, fasilitas perawatan, jarak dari lokasi proyek ke sumber material, dan kondisi lingkungan sekitar juga perlu diperhatikan.

8. Jenis dan Daya Dukung Tanah

Jenis dan daya dukung tanah merupakan faktor penting terutama pada pekerjaan yang menggunakan alat berat secara langsung di atas permukaan tanah. Kondisi tanah dapat berupa tanah keras, tanah padat, tanah lepas, tanah lunak, tanah berpasir, tanah berlempung, atau material berbatu.

Karakteristik tanah tersebut memengaruhi kemampuan alat untuk bergerak dan bekerja. Pada tanah lunak atau memiliki daya dukung rendah, alat berat dengan tekanan kontak yang besar dapat mengalami kesulitan bergerak atau bahkan mengalami penurunan ke dalam tanah.

Sebaliknya, pada permukaan yang keras dan stabil, alat dengan roda dapat beroperasi dengan lebih mudah. Oleh karena itu, kondisi

tanah perlu diperiksa sebelum alat ditentukan, terutama untuk pekerjaan penggalian, pengangkutan, pemadatan, dan pekerjaan yang membutuhkan mobilitas alat.

9. Kondisi Lapangan

Kondisi lapangan merupakan faktor yang berkaitan dengan keadaan fisik lokasi tempat alat berat akan beroperasi. Kondisi tersebut meliputi kemiringan medan, luas area kerja, kondisi permukaan, akses jalan, ruang gerak, keberadaan bangunan atau struktur lain, serta kondisi lingkungan sekitar.

Medan yang luas dan relatif datar memungkinkan penggunaan alat dengan ukuran dan kapasitas yang lebih besar. Sebaliknya, medan yang sempit, miring, atau memiliki banyak hambatan membutuhkan alat yang memiliki kemampuan manuver dan karakteristik yang sesuai.

Kondisi lapangan juga memengaruhi keselamatan pengoperasian alat. Area kerja harus memiliki ruang yang cukup untuk pergerakan alat, pemuatan, pembongkaran, dan pekerjaan operator. Pengaturan jalur alat serta pemisahan antara area kerja alat dan area pekerja perlu diperhatikan untuk mengurangi risiko kecelakaan

2.4 Produksi Alat Berat

Produksi alat berat merupakan kemampuan alat dalam menghasilkan pekerjaan dalam satuan waktu tertentu. Dalam materi ini, produksi alat dinyatakan dalam m^3/jam atau cu.yd/jam

$$Q = q\ X\ \frac{60}{Ws}\ X\ E$$

Dimana :

Q = produksi alat dalam satuan (m3/jam) atau cu.yd/h)
q = kapasitas alat per siklus (m3/siklus atau cu.yd/siklus)
Ws = waktu siklus (menit)
E = efesiensi kerja

Jadi produksi alat tergantung pada :

1. Jenis alat/ kapasitas alat
2. Waktu siklus: daya alat, kecepatan alat, kondisi lapangan
3. Efsiensi: kondisi alat, metode pelaksanaan, cuaca, topografi, keahlian operator, dll

2.4.1 Waktu Siklus

Waktu siklus adalah proses gerakan suatu alat yang dimulai dari gerakan awal hingga alat kembali lagi pada gerakan awal tersebut. Setiap jenis alat berat memiliki waktu siklus yang berbeda sesuai dengan rangkaian gerakan kerja yang dilakukan. Pada dumptruck, siklus kerja terdiri atas kegiatan memuat material, mengangkut material, membuang material, dan kembali ke lokasi pengambilan material. Pada bulldozer, siklus kerja meliputi

menancapkan blade, menggusur material, mengangkat blade, dan memutar. Sementara itu, pada dragline, siklus kerja terdiri atas melempar bucket, mengeruk material, mengangkat bucket, melakukan swing, membuang material, dan melakukan swing kembali.

Waktu siklus merupakan waktu yang dibutuhkan oleh alat berat untuk menyelesaikan satu rangkaian siklus pekerjaan. Secara umum, waktu siklus terdiri atas waktu tetap dan waktu variabel. Kedua komponen tersebut menjadi bagian penting dalam menentukan produktivitas suatu alat berat.

Waktu tetap adalah waktu yang digunakan untuk melakukan kegiatan yang relatif tidak dipengaruhi oleh jarak tempuh alat. Waktu tetap meliputi kegiatan memuat material, membuang material, serta melakukan manuver. Manuver merupakan kegiatan menempatkan atau mengatur posisi alat agar siap melakukan proses pemuatan maupun pembuangan material.

Waktu variabel adalah waktu yang digunakan oleh alat untuk berjalan dari tempat pengambilan material menuju tempat pembuangan dan kemudian kembali lagi dari tempat pembuangan ke tempat pengambilan material. Besarnya waktu variabel dipengaruhi oleh jarak yang ditempuh dan kecepatan alat selama melakukan perjalanan.

Pada dumptruck, waktu siklus dapat dihitung berdasarkan waktu perjalanan menuju tempat pembuangan, waktu perjalanan kembali, dan waktu tetap. Rumus yang digunakan adalah:

$$Ws = \frac{d}{Va} + \frac{d}{Vk} + t$$

Dalam rumus tersebut, Ws adalah waktu siklus, d adalah jarak angkut, Va adalah kecepatan angkut, Vk adalah kecepatan kembali, dan t adalah waktu tetap. Dengan demikian, waktu siklus dumptruck merupakan penjumlahan antara waktu perjalanan saat mengangkut material, waktu perjalanan saat kembali, dan waktu yang diperlukan untuk kegiatan tetap.

2.4.2 Penentuan Jumlah Alat dan Durasi Pekerjaan

Pada suatu pekerjaan yang menggunakan lebih dari satu jenis alat berat, perlu dilakukan perhitungan jumlah masing-masing alat agar pelaksanaan pekerjaan dapat dilakukan secara efektif dan durasi pekerjaan dapat dipersingkat. Penentuan jumlah alat dilakukan dengan memperhatikan produktivitas masing-masing alat yang digunakan dalam pekerjaan.

Penentuan jumlah alat dimulai dengan menentukan alat yang mempunyai produktivitas terbesar. Alat yang memiliki produktivitas terbesar tersebut kemudian diasumsikan berjumlah satu unit dan dijadikan sebagai acuan dalam menghitung kebutuhan alat jenis lainnya. Selanjutnya, jumlah alat jenis lain dihitung dengan

berpatokan pada produktivitas alat yang terbesar sehingga diperoleh komposisi alat yang sesuai dengan kebutuhan pekerjaan.

Jumlah alat yang dibutuhkan dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$ni = \frac{Qmax}{Qi}$$

Dalam rumus tersebut, $\mathbf{n_i}$ merupakan jumlah suatu jenis alat, **Qmax** adalah produksi alat terbesar, sedangkan $\mathbf{Q_i}$ adalah produksi suatu jenis alat. Perhitungan ini digunakan untuk menentukan kebutuhan alat jenis tertentu berdasarkan produktivitas alat yang menjadi acuan.

Durasi pekerjaan dapat ditentukan berdasarkan volume pekerjaan dan produksi total alat dengan produktivitas terkecil. Rumus yang digunakan adalah:

$$tw = \frac{V}{Qmin}$$

Dalam rumus tersebut, **tw** merupakan durasi pekerjaan, **V** adalah volume pekerjaan, dan **Qmin** adalah produksi total terkecil suatu alat. Dengan menggunakan hubungan antara volume pekerjaan dan produktivitas alat tersebut, durasi pekerjaan dapat diperkirakan sesuai dengan kemampuan produksi alat yang digunakan.

2.4.3 Sifat-Sifat Tanah dalam Pemindahan Tanah Mekanis (PTM)

Dalam Pemindahan Tanah Mekanis (PTM), terdapat tiga keadaan tanah yang perlu diperhatikan, yaitu keadaan asli, keadaan

lepas, dan keadaan padat. Keadaan asli merupakan kondisi tanah sebelum dilakukan pengerjaan, yang ukuran volumenya dinyatakan dalam Bank Measure (BM) atau BCY (Bank Cubic Yard)**.** Keadaan lepas merupakan kondisi tanah setelah mengalami pengerjaan atau gangguan (*disturb*), dengan ukuran volume yang dinyatakan dalam Loose Measure (LM) atau LCY (Loose Cubic Yard)**.** Sementara itu, keadaan padat merupakan kondisi tanah setelah ditimbun kembali dan kemudian dipadatkan. Volume tanah setelah pemadatan dapat menjadi lebih besar atau lebih kecil dibandingkan volume tanah pada keadaan asli, tergantung pada usaha pemadatan yang dilakukan

Perubahan volume tanah dari keadaan asli, lepas, hingga padat dapat dihitung menggunakan nilai pengembangan (*swell*) dan penyusutan (*shrinkage*). Pengembangan merupakan perubahan kondisi tanah dari keadaan asli menjadi keadaan lepas, sedangkan penyusutan merupakan perubahan kondisi tanah dari keadaan asli menjadi keadaan padat. Nilai pengembangan dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut

$$Sw = \left(\frac{B - L}{L}\right) X\ 100\% = \left(\frac{B}{L} - 1\right) X\ 100\%$$

$$Sh = \left(\frac{C - B}{C}\right) X100\% = \left(1 - \frac{B}{C}\right) X100\%$$

Dimana :

Sw = pengembangan (swell)
Sh = penyusutan (Shrinkage)
B = berat jenis keadaan asli
L = berat jenis keadaan lepas

C = berat jenis tanah keadaan padat

2.4.4 Load Factor (LF)

Load Factor (LF) adalah prosentase pengurangan kepadatan (*density*) material dari keadaan asli menjadi keadaan lepas. Load factor dapat dihitung menggunakan rumus sebagi berikut

$$LF = \frac{L}{B} = \frac{Volume\ Tanah\ Asli}{Volume\ Tanah\ Lepas}$$

$$Volume\ tanah\ asli = LF\ X\ volume\ tanah\ lepas$$

$$Sw = \left(\frac{1}{LF} - 1\right) x100\%$$

Produktivitas alat berat dalam pekerjaan pemindahan tanah dipengaruhi oleh beberapa sifat tanah, antara lain berat jenis material, kekerasan, daya ikat atau kohesivitas, serta bentuk material. Berat jenis material merupakan salah satu faktor yang perlu diperhatikan karena berat material dapat dinyatakan dalam satuan kg/m³, ton/m³, atau lb/cu.yd, dan biasanya dihitung berdasarkan kondisi tanah asli atau lepas. Berat material berpengaruh terhadap volume material yang dapat diangkut atau didorong oleh alat dan berkaitan dengan DBP atau rimpul. Selain berat material, kekerasan tanah juga memengaruhi produktivitas karena tanah yang lebih keras akan lebih sulit dikerjakan oleh alat berat. Faktor berikutnya adalah daya ikat atau kohesivitas, yaitu kemampuan butiran tanah untuk saling mengikat, yang dapat berpengaruh terhadap faktor luber atau *spillage factor*. Bentuk dan ukuran butiran tanah juga berpengaruh

terhadap pekerjaan alat, karena tanah yang mempunyai ukuran butiran kecil cenderung memiliki rongga berukuran kecil, sedangkan tanah dengan ukuran butiran besar mempunyai rongga yang lebih besar sehingga kondisi tersebut berpengaruh terhadap proses pengisian *bucket*.

BAB III METODE DAN TEKNOLOGI KONTRUKSI

Metode dan teknologi konstruksi merupakan bagian penting dalam proses pembangunan karena berfungsi menghubungkan dokumen perencanaan dengan pelaksanaan fisik di lapangan. Pelaksanaan pekerjaan meliputi kegiatan transformasi gambar rencana dan Rencana Kerja dan Syarat-Syarat (RKS) menjadi wujud nyata bangunan. Metode konstruksi merupakan proses perwujudan tersebut yang pada umumnya dilakukan secara bertahap. Dalam bangunan gedung, metode konstruksi juga dipahami sebagai rangkaian kegiatan pelaksanaan yang mengikuti prosedur dan dirancang berdasarkan pengetahuan atau standar yang telah diuji

3.1 Konsep dan Ruang Lingkup Konstruksi

Pelaksanaan pekerjaan konstruksi meliputi seluruh kegiatan yang dilakukan dalam mentransformasikan gambar-gambar rencana dan Rencana Kerja dan Syarat-syarat (RKS) menjadi suatu proses untuk mewujudkan bangunan secara nyata di lapangan. Metode konstruksi merupakan proses untuk mengubah gambar rencana menjadi wujud nyata suatu konstruksi bangunan yang pada umumnya dilakukan secara bertahap. Metode dan teknologi konstruksi merupakan salah satu faktor sumber daya pembangunan yang sangat penting dalam pengelolaan pelaksanaan pekerjaan pada industri konstruksi.

Dalam pelaksanaan konstruksi, manajemen proyek memiliki beberapa sasaran utama, yaitu memastikan progres dan penyelesaian proyek sesuai dengan anggaran dan target waktu, melaksanakan pekerjaan secara efisien dengan peningkatan kualitas, melakukan pembagian atau penyerahan wewenang, menciptakan kondisi pekerjaan yang aman dan memuaskan, membangun hubungan kerja yang dapat menciptakan motivasi, serta membentuk organisasi yang bekerja sebagai sebuah tim.

Industri jasa konstruksi secara umum terdiri atas bidang industri konstruksi dan industri manufacturing. Pada industri konstruksi, produk yang dihasilkan digunakan atau dimanfaatkan di tempat produk tersebut dibuat. Sementara itu, pada industri manufacturing, produk dibuat di suatu tempat tertentu, seperti pabrik, kemudian diangkut ke tempat dimana produk tersebut diperlukan atau digunakan.

Lingkup jasa konstruksi sangat beragam, meliputi bangunan gedung seperti perkantoran, rumah sakit, hotel, pabrik, apartemen, workshop, dan plaza atau mal. Selain itu, terdapat prasarana transportasi seperti jalan, jembatan, landasan terbang, dan dermaga. Bidang konstruksi juga mencakup pengairan seperti saluran irigasi dan bendungan serta berbagai bangunan fisik lainnya.

Pelaksanaan pembangunan suatu proyek secara umum terdiri atas tiga tahap, yaitu *Preliminary Engineering Studies*, *Engineering Design*, dan *Construction*. *Preliminary Engineering Studies*

merupakan kegiatan untuk merumuskan studi kelayakan dan ruang lingkup proyek berdasarkan kebutuhan umum atau keuntungan tertentu. *Engineering Design* merupakan kegiatan mempersiapkan gambar-gambar rencana serta Rencana Kerja dan Syarat-syarat. Selanjutnya, *Construction* merupakan tahap dimulainya pelaksanaan pekerjaan konstruksi sampai pekerjaan tersebut selesai.

Ketiga tahap tersebut saling berkaitan dan membentuk alur pengambilan keputusan proyek. Studi awal membantu memastikan bahwa kebutuhan, manfaat, batasan, dan kelayakan proyek telah dipahami sebelum desain rinci disusun. Tahap desain menerjemahkan kebutuhan ke dalam gambar, spesifikasi teknis, volume pekerjaan, serta perkiraan biaya. Tahap konstruksi melaksanakan dokumen tersebut dengan pengendalian mutu, waktu, biaya, keselamatan, dan lingkungan.

Pada setiap tahap diperlukan koordinasi antara pemilik pekerjaan, konsultan perencana, konsultan pengawas, kontraktor, pemasok, dan pihak terkait lainnya. Ketidaksesuaian informasi dapat menimbulkan perubahan pekerjaan, pemborosan material, keterlambatan, atau risiko keselamatan. Karena itu, dokumen perencanaan, persetujuan teknis, jadwal, dan catatan perubahan perlu dikelola secara tertib.

3.2 Konsep Metode dan Teknologi Konstruksi

Bangunan merupakan lingkungan buatan atau lingkungan binaan yang dibuat manusia untuk memenuhi berbagai kebutuhan hidup, seperti tempat beristirahat, berkumpul, berekreasi, dan mencari nafkah. Karena bangunan harus dibuat melalui rangkaian pekerjaan yang terencana, diperlukan suatu cara atau metode untuk mempercepat dan mengendalikan proses pembangunannya. Metode tersebut dikenal sebagai metode konstruksi.

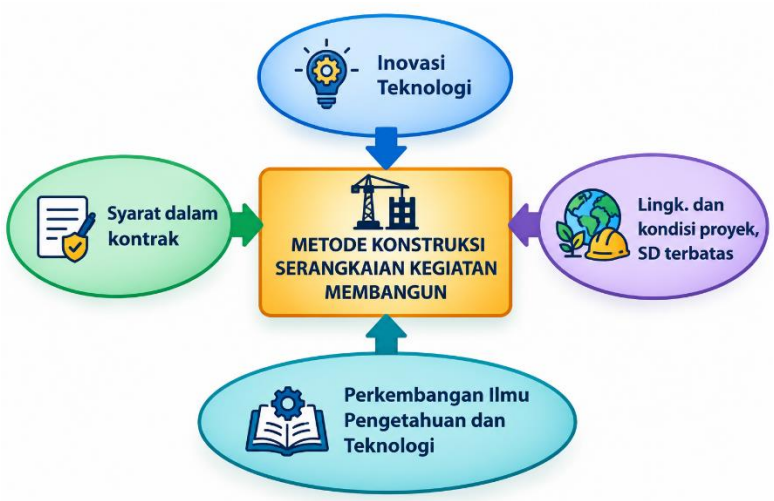
Metode konstruksi merupakan rangkaian kegiatan pelaksanaan konstruksi yang mengikuti prosedur dan dirancang berdasarkan pengetahuan atau standar yang telah diuji. Penerapannya tidak terlepas dari penggunaan teknologi sebagai pendukung untuk mempercepat proses pembangunan, meningkatkan efisiensi, dan mengendalikan biaya penggunaan bahan. Pada struktur gedung, perkembangan teknologi beton dan baja, misalnya, telah meningkatkan kemampuan material dan memungkinkan penerapan sistem konstruksi yang lebih ekonomis.

Teknologi dibutuhkan agar kegiatan pembangunan dapat berlangsung secara efektif dan efisien serta menghasilkan produk yang berkualitas dan sesuai dengan kebutuhan pengguna. Dalam pelaksanaan pembangunan, aspek metode konstruksi merupakan rangkaian kegiatan dan urutan pekerjaan yang dipadukan dengan persyaratan kontrak, ketersediaan tenaga kerja, serta kondisi lingkungan proyek seperti cuaca dan kondisi tanah.

Pemilihan metode konstruksi karena itu tidak berdiri sendiri. Metode harus mempertimbangkan inovasi teknologi, syarat kontrak, lingkungan dan kondisi proyek, keterbatasan sumber daya, rangkaian kegiatan membangun, serta perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi.

Secara praktis, pemilihan metode dapat dilakukan melalui beberapa langkah: mengidentifikasi karakteristik pekerjaan; memeriksa kondisi tanah, cuaca, akses, dan lingkungan sekitar; menetapkan kebutuhan mutu serta batas waktu; menyusun alternatif metode; membandingkan kebutuhan tenaga, alat, material, biaya, dan risiko; lalu memilih alternatif yang paling sesuai. Hasil pemilihan perlu dituangkan dalam metode kerja atau work method statement agar dipahami oleh seluruh tim pelaksana.

Indikator keberhasilan metode konstruksi tidak hanya berupa kecepatan. Metode yang baik harus menghasilkan pekerjaan sesuai spesifikasi, aman bagi pekerja dan masyarakat sekitar, meminimalkan dampak lingkungan, mudah diawasi, serta memiliki kebutuhan biaya yang dapat dipertanggungjawabkan.



Gambar 3. 1 Metode Konstruksi

Merupakan penghubung antara perencanaan dan pelaksanaan. Dalam penerapannya, metode perlu menerangkan urutan kerja, tenaga yang bertanggung jawab, peralatan yang digunakan, kebutuhan material, titik pemeriksaan mutu, dan tindakan pengendalian risiko. Metode dapat disesuaikan apabila kondisi lapangan berbeda dari asumsi desain, dengan tetap mengikuti prosedur persetujuan perubahan yang berlaku.

Perkembangan teknologi konstruksi dapat dilihat melalui teknologi bahan, teknologi desain, dan metode konstruksi. Pada teknologi bahan, kemajuan proses pembuatan baja dan beton berdampak pada peningkatan kekuatan material. Salah satu contoh yang dikemukakan dalam materi adalah penggunaan kabel baja

bermutu tinggi untuk mendukung perkembangan beton pratekan yang lebih ekonomis.

Pada teknologi desain, perangkat komputer yang semakin berkembang memungkinkan proses desain dilakukan lebih cepat dan menghasilkan lebih banyak alternatif. Hal ini mendukung penyusunan rancangan arsitektural dengan variasi bentuk dan tampilan yang lebih luas. Sementara itu, perkembangan bahan dan peralatan konstruksi dapat membantu agar jadwal dan biaya pelaksanaan semakin memenuhi persyaratan kontrak.

Bangunan tersusun atas berbagai komponen yang mempunyai fungsi berbeda tetapi saling melengkapi. Komponen dapat diklasifikasikan berdasarkan bahan yang digunakan, seperti beton, baja, dan kayu; berdasarkan pembentuk ruang, seperti lantai, atap, plafon, dinding, dan jendela; serta berdasarkan keahlian yang diterapkan, seperti arsitektur, mekanikal, dan elektrikal.

Perkembangan kebutuhan ruang dan keterbatasan lahan mendorong pembangunan gedung secara vertikal atau berlantai banyak. Kondisi ini menyebabkan inovasi teknologi dan metode konstruksi menjadi semakin penting. Kriteria fungsional bangunan yang dirancang arsitek berkaitan erat dengan sistem struktur dan analisis struktur yang dipilih.

Sistem struktur bangunan dapat berupa sistem padat, panel, box, pelat berlipat, rangka, maupun sistem struktur dasar dengan tingkat analisis yang lebih sederhana. Secara umum, sistem struktur

bangunan dibedakan menjadi sistem struktur bawah dan sistem struktur atas.

Pemilihan sistem struktur perlu mempertimbangkan fungsi bangunan, bentang ruang, jumlah lantai, kondisi tanah, beban yang bekerja, kemudahan pelaksanaan, ketersediaan material, dan biaya sepanjang umur bangunan. Sistem yang efisien pada satu proyek belum tentu paling sesuai untuk proyek lain. Oleh sebab itu, keputusan struktur harus didasarkan pada analisis teknis oleh tenaga ahli yang berwenang.

Struktur bawah berfungsi menyalurkan beban bangunan ke tanah dan menjaga kestabilan terhadap kondisi tanah di sekitarnya. Struktur atas menerima serta meneruskan beban dari lantai, atap, peralatan, dan penggunaan bangunan menuju struktur bawah. Hubungan keduanya harus direncanakan sebagai satu sistem agar perpindahan beban, kekakuan, dan kestabilan bangunan dapat dikendalikan.

Sistem struktur bawah mencakup pondasi, sloof, pangkal atau pilar jembatan, dinding penahan tanah untuk basement, dan lantai basement. Sistem struktur atas mencakup kolom, balok, bangunan atas jembatan, rangka baja atau beton, serta pelat lantai dan atap. Elemen-elemen tersebut dapat menggunakan sistem cor di tempat, pracetak, atau pratekan sesuai kondisi dan teknologi yang tersedia

3.3 Bidang, Sumber Daya, dan Jenis Pelaksanaan Konstruksi

Dalam industri konstruksi terdapat tiga bidang utama, yaitu *Building Construction*, *Industrial Project*, dan *Civil Engineering Works*. *Building Construction* meliputi pekerjaan gedung dan perumahan. *Industrial Project* mencakup pekerjaan pabrik dan *plant-equipment*. Sementara itu, *Civil Engineering Works* meliputi pekerjaan teknik sipil seperti jalan, jembatan, bendungan, pelabuhan, reklamasi, irigasi, dan pekerjaan sejenis lainnya.

Sumber daya pembangunan dalam industri konstruksi terdiri atas lima komponen yang dikenal sebagai 5M, yaitu tenaga kerja (*Man*), bahan atau material (*Materials*), peralatan (*Machines*), metode atau sistem pengelolaan (*Methods*), dan dana atau uang (*Moneys*). Kelima komponen tersebut merupakan sumber daya yang harus dikelola dengan baik agar pelaksanaan proyek dapat berjalan sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan.

Pengelolaan 5M perlu dilakukan secara terpadu. Tenaga kerja harus memiliki kompetensi dan pembagian tugas yang jelas; material harus memenuhi spesifikasi dan tersedia sesuai jadwal; peralatan harus sesuai kapasitas pekerjaan dan dipelihara; metode harus aman serta dapat dilaksanakan; sedangkan dana harus direncanakan dan dikendalikan berdasarkan kemajuan pekerjaan. Kekurangan satu komponen dapat menghambat komponen lainnya.



Gambar 3. 2 Ilustrasi lima sumber daya konstruksi (5M).

Metode konstruksi (*Construction Methods*) merupakan salah satu komponen sumber daya dalam pelaksanaan pembangunan. Metode konstruksi berfungsi sebagai alat atau sistem transformasi dari gambar-gambar rencana dan RKS menjadi wujud fisik bangunan. Oleh karena itu, metode konstruksi merupakan salah satu faktor penting dalam pengelolaan pelaksanaan pekerjaan pembangunan dalam manajemen proyek.

Jenis pelaksanaan pekerjaan konstruksi dapat dikelompokkan menjadi tiga golongan, yaitu *Typical Construction Works*, *Heavy Construction Works*, dan *Marine Works*. *Typical Construction Works* merupakan pekerjaan yang lazim terdapat pada pekerjaan konstruksi, seperti pekerjaan sumur kerja, ruang kerja *sub-structure*, galian pondasi, pondasi, dan *cofferdams*. *Heavy Construction Works* merupakan pekerjaan yang menggunakan banyak alat berat, seperti jalan, jembatan, gedung, *land clearing*, pabrik, irigasi, bendungan,

dan lapangan terbang. Adapun *Marine Works* merupakan pekerjaan yang dilaksanakan di atas atau di bawah permukaan air, seperti pelabuhan, pengerukan, reklamasi pantai, dan bendungan penahan gelombang.

Pengelompokan jenis pekerjaan membantu tim proyek memperkirakan tingkat kesulitan, kebutuhan alat, metode pengamanan, dan kompetensi yang diperlukan. Pekerjaan galian dan pondasi memerlukan pengendalian kestabilan tanah dan air; pekerjaan berat memerlukan pengaturan lintasan alat serta zona kerja; sedangkan pekerjaan laut memerlukan pertimbangan gelombang, pasang surut, arus, dan keselamatan kerja di perairan.

Pada semua jenis pekerjaan, identifikasi bahaya perlu dilakukan sebelum pekerjaan dimulai. Hasil identifikasi digunakan untuk menentukan prosedur kerja, alat pelindung diri, pembatasan area, pengawasan, serta rencana tanggap darurat yang sesuai dengan risiko aktual.

3.4 Metode Pelaksanaan Konstruksi Bangunan Gedung

Metode konstruksi yang dipilih harus disesuaikan dengan kondisi lingkungan proyek dan ketersediaan sumber daya. Dalam perencanaan pekerjaan, seluruh rangkaian kegiatan perlu dipandang sebagai satu kesatuan, mulai dari persiapan, fabrikasi atau pembuatan, transportasi, hingga pemasangan di lokasi. Setiap

tahapan memerlukan kesiapan lahan, peralatan, tenaga pelaksana, pengangkutan, tempat pemasangan, dan pengawasan.

Perencanaan pelaksanaan konstruksi pada dasarnya mencakup pemilihan metode, seleksi peralatan, penyusunan jadwal, pemenuhan kebutuhan sumber daya, serta pengaturan tata letak lokasi pekerjaan. Pemilihan metode juga perlu mempertimbangkan perkembangan teknologi, persyaratan kontrak, kondisi lapangan, dan keterbatasan sumber daya.

Rangkaian proses tersebut dapat dipahami melalui konsep SIDCOM, yaitu Survey and Investigation, Design, Construction, Operation, dan Maintenance. Survei dan investigasi menyediakan informasi awal; desain menerjemahkan kebutuhan menjadi rencana dan dokumen; konstruksi mewujudkan desain; operasi menggunakan bangunan sesuai fungsi; sedangkan pemeliharaan menjaga agar bangunan tetap dapat berfungsi sesuai umur kegunaannya.



Gambar 3. 3 Siklus umum proses konstruksi berdasarkan SIDCOM.

SIDCOM menegaskan bahwa proyek tidak berhenti ketika bangunan selesai dibangun. Informasi dari survei menjadi dasar desain; desain menjadi pedoman konstruksi; hasil konstruksi digunakan pada tahap operasi; dan pemeliharaan menjaga kinerja bangunan selama masa pemanfaatannya. Umpan balik dari operasi dan pemeliharaan dapat menjadi bahan evaluasi untuk proyek berikutnya.

Pada tahap survei dan investigasi, data yang dikumpulkan dapat mencakup pengukuran lahan, kondisi topografi, penyelidikan tanah, akses masuk, utilitas eksisting, serta potensi gangguan lingkungan. Tahap desain menyusun solusi teknis berdasarkan data tersebut. Tahap konstruksi melaksanakan pekerjaan dan mencatat perubahan lapangan. Tahap operasi dan pemeliharaan memerlukan dokumentasi hasil pekerjaan, manual penggunaan, jadwal inspeksi, dan catatan perbaikan.

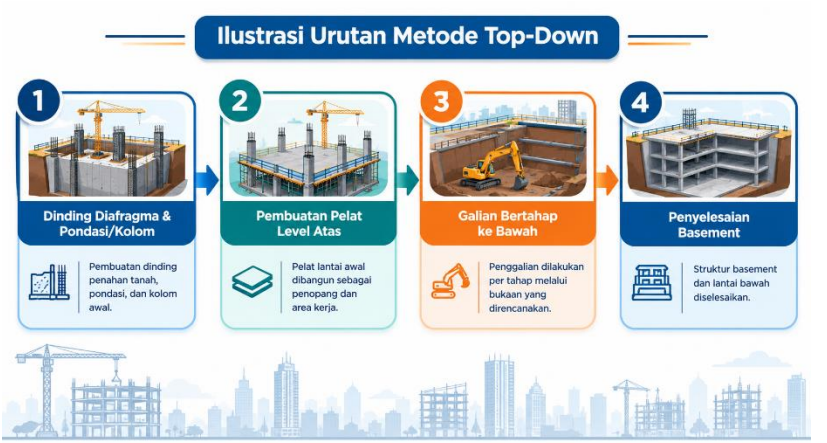
Metode konstruksi bangunan gedung dalam materi ini dibagi menjadi metode Bottom-Up dan Top-Down. Metode Bottom-Up sering digunakan pada bangunan berlantai banyak dengan pekerjaan yang dimulai dari bagian bawah menuju bagian atas. Urutan umumnya dimulai dari pekerjaan persiapan dan pengaturan arus transportasi, dilanjutkan penggalian tanah, pembuatan pondasi dan

pekerjaan dewatering, pembuatan dinding penahan tanah, kemudian kolom, lantai, balok, dan berulang sampai mencapai atap.

Metode Top-Down digunakan terutama pada proyek dengan ruang bebas yang terbatas karena terdapat bangunan di sekitar lokasi dan galian basement berisiko mengalami longsor jika menggunakan metode Bottom-Up. Pelaksanaannya dimulai dengan persiapan lokasi dan pembuatan dinding penahan atau dinding diafragma, dilanjutkan pekerjaan pondasi dan pemasangan kolom. Selanjutnya lantai dapat dicetak pada level tertentu sambil pekerjaan galian dilaksanakan ke arah bawah.



Gambar 3. 4 Ilustrasi urutan umum metode Bottom-Up.



Gambar 3. 5 Ilustrasi urutan umum metode Top-Down

Metode Bottom-Up relatif mudah dipahami karena pekerjaan galian dan struktur basement diselesaikan lebih dahulu sebelum struktur di atasnya dilanjutkan. Namun, metode ini dapat memerlukan ruang kerja terbuka yang luas dan sistem penahan tanah yang memadai. Pada lokasi padat, penggalian dalam dapat memengaruhi bangunan atau utilitas di sekitar sehingga pemantauan deformasi dan pengendalian air tanah menjadi penting.

Metode Top-Down dapat mengurangi kebutuhan ruang terbuka karena pelat lantai dibangun secara bertahap dan dapat membantu menopang dinding penahan tanah. Di sisi lain, metode ini memerlukan perencanaan detail, koordinasi pekerjaan vertikal dan horizontal, pengaturan akses alat serta pembuangan tanah, dan pengawasan cermat. Pemilihan metode harus berdasarkan kajian

teknis dan risiko, bukan anggapan bahwa satu metode selalu lebih baik daripada lainnya.

Pada metode Top-Down, urutan pekerjaan memungkinkan pembangunan bagian atas dan pekerjaan bawah berlangsung secara lebih terintegrasi. Tahapan dalam materi meliputi pembongkaran atau pemindahan pondasi lama bila diperlukan, persiapan permukaan tanah, pembuatan dinding diafragma, pekerjaan pondasi dan kolom, pembuatan lantai, kemudian penggalian tanah untuk melanjutkan pekerjaan pada bagian bawah.



Gambar 3. 6 Pebandingan prinsi metode bottom-up dan top-down

Pemilihan metode pelaksanaan tidak dapat dilakukan hanya berdasarkan kebiasaan. Metode harus dikaji berdasarkan kondisi proyek, keterbatasan ruang, karakteristik tanah, kebutuhan basement, sumber daya yang tersedia, serta persyaratan kontrak.

Metode yang tepat adalah metode yang dapat dilaksanakan secara aman dan mendukung pencapaian sasaran pekerjaan.

Dengan demikian, metode Bottom-Up dan Top-Down bukan sekadar urutan kerja, tetapi merupakan pilihan strategi pelaksanaan yang harus disesuaikan dengan kondisi proyek. Pemahaman terhadap sistem struktur, kondisi lingkungan, teknologi bahan dan peralatan, serta urutan kegiatan menjadi dasar penting dalam menentukan metode yang paling sesuai

Metode pelaksanaan konstruksi merupakan rangkaian kegiatan yang dirancang berdasarkan prosedur, teknologi, persyaratan kontrak, sumber daya, dan kondisi lingkungan proyek. Perkembangan teknologi memengaruhi bahan, desain, peralatan, dan metode pelaksanaan. Pada bangunan gedung, pemahaman terhadap sistem struktur bawah dan atas menjadi dasar untuk menyusun urutan pekerjaan. Dua pendekatan utama yang dibahas adalah Bottom-Up, yaitu pembangunan dari bawah ke atas, dan Top-Down, yaitu pendekatan yang memungkinkan pekerjaan struktur atas dan pekerjaan bawah dilaksanakan secara bertahap pada proyek dengan kondisi ruang dan risiko galian tertentu.

3.5 Perkembangan dan Proses Kontruksi

Aspek teknologi memiliki peranan penting dalam suatu proyek konstruksi dan banyak diterapkan melalui metode-metode pelaksanaan pekerjaan konstruksi. Penggunaan metode yang tepat, praktis, dan aman dapat membantu penyelesaian pekerjaan sehingga

target waktu, biaya, dan mutu dapat tercapai. Penerapan metode pelaksanaan konstruksi harus disesuaikan dengan kondisi lapangan dan jenis pekerjaan yang akan dilaksanakan. Dalam menentukan metode pelaksanaan konstruksi, diperlukan penguasaan terhadap metode-metode dasar pelaksanaan konstruksi. Dengan menggunakan dasar-dasar teknik dan analisis, dapat diperoleh metode pelaksanaan yang tepat dengan sasaran peningkatan kualitas dan biaya yang rendah. Untuk memperoleh metode pelaksanaan yang efisien, efektif, dan kompetitif, diperlukan pula pengetahuan mengenai perkembangan teknologi dalam bidang konstruksi.

Perencanaan pelaksanaan konstruksi pada dasarnya mencakup metode pelaksanaan konstruksi termasuk seleksi peralatan, skedul konstruksi, persyaratan sumber daya, serta *job lay-out* lokasi pekerjaan. Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi menyebabkan teknik konstruksi semakin kompleks. Pelaksanaan pekerjaan juga semakin terbagi ke dalam berbagai spesialisasi dan fungsi keteknikan, seperti struktur, arsitektur, mekanikal, elektrikal, dan interior. Dalam kondisi tersebut, kontraktor khusus atau subkontraktor dapat dilibatkan, sedangkan kontraktor utama bertindak sebagai koordinator atau supervisor seluruh kegiatan.

Metode pelaksanaan konstruksi yang berkembang di negara-negara Barat tidak dapat diterapkan begitu saja di Indonesia karena kondisi Indonesia memiliki karakteristik tertentu. Oleh karena itu, diperlukan studi yang lebih mendalam dan perbandingan berbagai

aspek agar sistem yang dipilih dapat disesuaikan dengan kondisi Indonesia. Pengetahuan mengenai teknologi dan metode konstruksi terbaru menjadi penting bagi pelaksana fisik atau kontraktor agar mampu menghadapi persaingan dan mengikuti perkembangan proyek-proyek konstruksi.

Adaptasi metode dari proyek lain perlu memperhatikan perbedaan iklim, curah hujan, kondisi geologi, ketersediaan material, kemampuan tenaga kerja, akses logistik, peraturan, dan budaya keselamatan. Teknologi yang berhasil di satu tempat perlu dievaluasi kesesuaiannya sebelum diterapkan di lokasi lain. Pengujian, simulasi urutan kerja, proyek percontohan, atau evaluasi risiko dapat digunakan untuk mengurangi ketidakpastian.

Koordinasi antardisiplin juga semakin penting karena pekerjaan struktur, arsitektur, mekanikal, elektrikal, dan interior sering berlangsung berurutan maupun tumpang tindih. Gambar kerja yang terkoordinasi, rapat lapangan, pengendalian perubahan, serta pencatatan isu teknis membantu mengurangi pekerjaan ulang dan konflik antarsistem.

Rangkaian kegiatan dalam proses konstruksi dikenal dalam manajemen proyek dengan istilah “SIDCOM”, yang terdiri atas *Survey and Investigation*, *Design*, *Construction*, *Operation*, dan *Maintenance*. *Survey and Investigation* meliputi kegiatan survei, observasi, investigasi, dan pengukuran. *Design* meliputi perencanaan teknik dan penyusunan dokumen proyek, seperti *Detail*

Engineering Design, Rencana Kerja dan Syarat-syarat, *Bill of Quantity*, serta rencana anggaran biaya. *Operation* merupakan kegiatan pascakonstruksi dalam penggunaan bangunan sesuai fungsinya, sedangkan *Maintenance* merupakan kegiatan pemeliharaan fisik untuk menjaga bangunan agar dapat berfungsi dengan baik sesuai umur kegunaannya.

3.6 Perencanaan, Pelaksanaan dan Produktivitas Konstruksi

Setiap pelaksanaan pekerjaan bangunan terlebih dahulu memerlukan perencanaan metode dan teknik pelaksanaan. Setiap proyek memiliki karakteristik yang berbeda sehingga metode yang digunakan pada proyek sebelumnya belum tentu dapat diterapkan secara langsung pada proyek berikutnya. Dalam melakukan perencanaan, perlu dilakukan pemilihan kombinasi antara tenaga kerja, alat, dan bahan, memperhatikan perkembangan teknik dan teknologi, berpikir secara rasional, membandingkan penggunaan alat berat dengan sistem padat karya, memperhatikan kuantitas dan kualitas bahan serta pekerjaan, dan menjaga hubungan kerja yang baik antara pemilik, perencana, dan pelaksana fisik.

Perencanaan persiapan pelaksanaan konstruksi mencakup *planning* dan *scheduling*. *Planning* merupakan proses pemilihan dan penetapan metode serta teknik pelaksanaan konstruksi tertentu beserta tata kerja pelaksanaan untuk suatu proyek dari beberapa alternatif yang mungkin digunakan. Sementara itu, *scheduling* merupakan penentuan waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan

setiap kegiatan pelaksanaan sehingga keseluruhan waktu tersebut menjadi waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan pekerjaan.

Kegiatan perencanaan persiapan pelaksanaan konstruksi dimulai dengan membuat apresiasi terhadap situasi dan kondisi proyek secara logis, bertahap, spesifik, dan teratur. Tahap pertama adalah merumuskan maksud-maksud fundamental dan menginventarisasi faktor-faktor yang mungkin timbul. Tahap kedua adalah menentukan berbagai cara yang mungkin digunakan untuk mencapai maksud tersebut. Tahap ketiga adalah menguji setiap cara yang *feasible* berdasarkan pertimbangan keuntungan, kerugian, kemudahan, dan kesulitan. Tahap keempat adalah memilih cara terbaik yang kemudian menjadi rencana pelaksanaan konstruksi.

Untuk memperoleh perencanaan yang tepat guna dan perhitungan biaya yang teliti, perlu dilakukan kajian terhadap seluruh gambar, RKS, dan kondisi yang tercantum dalam kontrak. Selain itu, perlu dilakukan pemeriksaan terhadap *Bill of Quantities* dan penyusunan apresiasi tertulis mengenai berbagai kemungkinan metode dan teknik pelaksanaan beserta alternatifnya. Kunjungan lapangan juga diperlukan untuk mempelajari kondisi topografi, geologi, iklim, dan faktor-faktor lainnya. Hasil kunjungan tersebut kemudian digunakan untuk mengevaluasi dan, apabila diperlukan, merevisi rencana pelaksanaan konstruksi. Hasil akhir dari proses perencanaan adalah penyusunan rencana pelaksanaan konstruksi dan *schedule*, metode pelaksanaan konstruksi, serta perhitungan biaya.

Kunjungan ke lapangan dapat dilakukan kembali apabila diperlukan untuk meningkatkan akurasi perencanaan dan penerapannya dalam pelaksanaan pekerjaan.

Perencanaan yang baik sebaiknya menghasilkan dokumen yang dapat dipakai langsung oleh tim pelaksana, antara lain jadwal induk, jadwal rinci, metode kerja, kebutuhan tenaga dan alat, rencana pengadaan material, tata letak proyek, rencana inspeksi dan pengujian, serta rencana keselamatan. Setiap dokumen perlu memiliki penanggung jawab, versi yang berlaku, dan mekanisme pembaruan.

Jadwal pekerjaan perlu memperlihatkan hubungan ketergantungan antarkegiatan. Keterlambatan pada pekerjaan yang menjadi prasyarat dapat memengaruhi kegiatan berikutnya. Pemantauan kemajuan secara berkala memungkinkan tim membandingkan rencana dengan realisasi, mengenali penyimpangan lebih awal, dan menetapkan tindakan koreksi yang realistis.

Produktivitas merupakan salah satu faktor penting dalam pelaksanaan konstruksi karena berpengaruh terhadap biaya bahan, peralatan, dan tenaga kerja. Produktivitas peralatan dapat dihitung berdasarkan satu siklus kerja (*works cycle*) dengan asumsi pelaksanaan ideal, sedangkan produktivitas tenaga kerja didasarkan pada pelaksanaan pekerjaan ideal selama jam kerja berdasarkan pengalaman yang kemudian disesuaikan dengan kondisi lapangan.

Produktivitas dapat dipahami sebagai perbandingan antara keluaran pekerjaan dan sumber daya atau waktu yang digunakan untuk menghasilkan keluaran tersebut. Pengukuran perlu memakai satuan yang konsisten, misalnya meter kubik per jam untuk pekerjaan galian atau meter persegi per hari untuk pekerjaan bekisting. Angka produktivitas aktual perlu dibandingkan dengan asumsi rencana dan dianalisis berdasarkan kondisi lapangan.

Produktivitas dipengaruhi oleh keterampilan pekerja, kondisi alat, ketersediaan material, cuaca, akses kerja, tata letak lokasi, waktu tunggu, serta koordinasi. Upaya peningkatan produktivitas dapat dilakukan melalui perencanaan suplai material, perawatan alat, pelatihan, pengurangan pekerjaan ulang, dan penataan alur kerja. Peningkatan produktivitas tetap harus menjaga mutu dan keselamatan.

Dengan demikian, sasaran utama penerapan Metode dan Teknologi Konstruksi adalah meningkatkan kualitas pekerjaan, menurunkan biaya, dan menyelesaikan pekerjaan tepat pada waktunya. Ketiga sasaran tersebut menjadi dasar penting dalam menentukan metode pelaksanaan konstruksi yang sesuai dengan kondisi proyek dan sumber daya yang tersedia.

3.7 Metode High Rise Building

High rise building merupakan bangunan bertingkat yang memiliki karakteristik khusus ditinjau dari ketinggian, sistem struktur, metode pelaksanaan, volume pekerjaan, serta tingkat

kompleksitas konstruksinya. Dalam materi metode pelaksanaan konstruksi, bangunan bertingkat dibedakan berdasarkan ketinggian dan spesifikasi persyaratan bangunan. Low rise building umumnya memiliki tiga sampai empat lantai atau ketinggian sekitar 10 meter, sedangkan high rise building merupakan bangunan yang memiliki lebih dari empat lantai atau ketinggian lebih dari 10 meter. Perbedaan tersebut menyebabkan pembangunan gedung bertingkat tinggi memerlukan perencanaan, pengendalian, dan metode pelaksanaan yang lebih terorganisasi dibandingkan dengan bangunan bertingkat rendah.

Gedung high rise memiliki karakteristik yang berpengaruh langsung terhadap metode pelaksanaannya. Luas setiap lantai pada umumnya berada pada kisaran 750 sampai 1.500 m^2, sedangkan bentuk struktur balok dan pelat lantai cenderung berulang atau tipikal pada beberapa lantai. Dimensi kolom juga dapat mengalami perubahan atau pengecilan pada setiap kelipatan lantai tertentu. Pada sistem open frame, shear wall umumnya ditempatkan pada area bukaan elevator dan berfungsi sebagai bagian penting dalam menahan gaya horizontal. Pelaksanaan proyek high rise juga ditandai oleh jadwal yang ketat, volume pekerjaan yang besar, banyaknya item pekerjaan, biaya yang harus dikendalikan secara ketat, serta tuntutan keselamatan kerja yang tinggi. Kondisi tersebut menyebabkan setiap tahapan pekerjaan harus direncanakan secara

matang agar produktivitas, mutu, waktu, biaya, dan keselamatan dapat dikendalikan secara bersamaan.

Sistem struktur pada gedung high rise dapat menggunakan beberapa pendekatan. Pada sistem portal balok dan kolom terbuka, beban vertikal dari pelat diteruskan kepada balok dan selanjutnya disalurkan ke kolom. Kolom tidak hanya menahan beban vertikal, tetapi juga berperan dalam menahan pengaruh horizontal atau goyangan bangunan. Pada sistem flat slab dan kolom, beban vertikal dari pelat diteruskan secara langsung kepada kolom, sedangkan pelat juga berfungsi sebagai diafragma struktur. Sementara itu, pada sistem bearing wall, beban vertikal dari pelat diteruskan langsung kepada dinding struktur. Dinding tersebut tidak hanya berfungsi sebagai dinding geser untuk menahan beban horizontal, tetapi juga memikul beban vertikal dari pelat. Oleh sebab itu, sistem struktur yang dipilih harus disesuaikan dengan karakteristik bangunan dan metode pelaksanaan yang akan diterapkan

Pekerjaan persiapan merupakan tahap awal yang sangat menentukan kelancaran pembangunan high rise building. Pada tahap ini dilakukan berbagai kegiatan yang berkaitan dengan manajemen proyek, penyediaan kantor proyek dan gudang, pengadaan peralatan utama maupun peralatan bantu, penyediaan sumber air bersih, penyediaan tenaga listrik dan penerangan malam, penyediaan gambar serta laporan, penyelidikan tanah, penyediaan passenger hoist dan tower crane, housekeeping, serta penyediaan alat

keselamatan kerja dan perlengkapan P3K. Persiapan juga mencakup kebutuhan administrasi dan asuransi proyek sehingga seluruh kegiatan dapat dilaksanakan berdasarkan ketentuan yang telah ditetapkan.



Gambar 3. 7 Alur persiapan dan pengendalian awal proyek gedung bertingkat tinggi.

Pada proyek high-rise, logistik vertikal menjadi perhatian utama karena material, peralatan, dan pekerja harus berpindah di antara banyak lantai. Tower crane, passenger hoist, jalur distribusi material, area bongkar muat, dan jadwal pengiriman perlu diatur agar tidak menimbulkan antrean atau konflik pekerjaan. Kapasitas dan penggunaan peralatan harus mengikuti perencanaan serta pemeriksaan keselamatan.

Pengendalian mutu dilakukan melalui pemeriksaan material masuk, persetujuan contoh material bila diperlukan, inspeksi pekerjaan, pengujian yang dipersyaratkan, dan dokumentasi hasil.

Pengendalian keselamatan dilakukan melalui identifikasi bahaya, pengarahan sebelum kerja, izin kerja untuk pekerjaan berisiko, inspeksi perancah dan alat angkat, pengamanan tepi lantai, serta kesiapan tanggap darurat.

Untuk bangunan bertingkat tinggi, koordinasi struktur bawah dan struktur atas perlu direncanakan sejak awal. Jadwal basement, pondasi, inti bangunan, pelat lantai, fasad, instalasi mekanikal-elektrikal, dan pekerjaan akhir harus saling terintegrasi. Perubahan pada satu paket pekerjaan dapat berdampak pada jalur logistik, urutan kerja, dan jadwal paket lainnya.

Selain fasilitas proyek, pekerjaan persiapan mencakup pembangunan fasilitas penunjang seperti ruang genset, ground water tank, sewage treatment plant, dan gardu PLN. Dari sisi organisasi pelaksanaan, proyek juga perlu menyiapkan site plan, HSE plan, dan quality plan. HSE plan berkaitan dengan keselamatan, kesehatan kerja, dan lingkungan, sedangkan quality plan digunakan untuk memastikan mutu pekerjaan sesuai dengan standar yang ditentukan. Perencanaan tersebut melibatkan struktur organisasi, kebijakan perusahaan, manajemen risiko, pelatihan, job safety analysis, induction, green construction, dan safety patrol. Dengan demikian, pekerjaan persiapan bukan hanya berkaitan dengan kesiapan fisik lokasi proyek, tetapi juga mencakup kesiapan manajemen, mutu, keselamatan, dan pengendalian risiko.

Persiapan pelaksanaan juga membutuhkan master schedule, work method statement, shop drawing schedule, work procedure, material schedule control sheet, serta jadwal penggunaan alat dan tenaga kerja. Dokumen-dokumen tersebut menjadi dasar koordinasi antara berbagai pihak yang terlibat dalam proyek. Sebelum pekerjaan konstruksi dimulai, dilakukan pula soil investigation, review desain struktur atas dan struktur bawah, serta pemeriksaan kesesuaian volume gambar dengan bill of quantity. Dengan proses tersebut, kondisi lapangan dan dokumen perencanaan dapat dipahami terlebih dahulu sehingga potensi permasalahan selama pelaksanaan dapat dikurangi

BAB IV KONTROL KUALITAS

4.1 Kontrol Kualitas dalam Metode Pelaksanaan Konstruksi

Kontrol kualitas atau *quality control* (QC) merupakan bagian penting dari sistem manajemen proyek konstruksi yang bertujuan untuk memastikan bahwa setiap tahapan pekerjaan dilaksanakan sesuai dengan persyaratan mutu yang telah ditetapkan. Penerapan kontrol kualitas mencakup pemeriksaan material, pengawasan metode pelaksanaan, pengujian hasil pekerjaan, serta evaluasi terhadap kemungkinan terjadinya penyimpangan. Melalui kegiatan tersebut, kualitas pekerjaan dapat dikendalikan sejak tahap persiapan hingga penyelesaian proyek.



Gambar 4. 1 Konsep Dasar Kontrol Kualitas Konstruksi

Dalam pelaksanaan konstruksi, kualitas tidak cukup dinilai hanya berdasarkan tampilan fisik bangunan. Pekerjaan yang terlihat rapi belum tentu memiliki kekuatan struktur, dimensi, atau karakteristik teknis yang sesuai dengan persyaratan desain. Oleh karena itu, penilaian kualitas harus didasarkan pada bukti objektif, seperti hasil pengukuran, laporan pengujian, dokumen pelaksanaan, dan hasil pemeriksaan terhadap spesifikasi teknis. Pendekatan ini diperlukan agar keputusan mengenai penerimaan atau perbaikan pekerjaan dapat dilakukan secara tepat dan dapat dipertanggungjawabkan.

Secara umum, kontrol kualitas konstruksi mencakup tiga unsur utama, yaitu kualitas material, kualitas proses, dan kualitas hasil pekerjaan. Kualitas material berkaitan dengan kesesuaian bahan yang digunakan terhadap persyaratan teknis, termasuk jenis, ukuran, sifat fisik, dan karakteristik mekanisnya. Kualitas proses berhubungan dengan kesesuaian metode pelaksanaan terhadap prosedur kerja, gambar rencana, dan ketentuan teknis yang telah disetujui. Sementara itu, kualitas hasil merupakan tingkat kesesuaian produk akhir dengan gambar kerja, spesifikasi, fungsi bangunan, serta kriteria penerimaan yang ditetapkan.

Ketiga unsur tersebut saling berkaitan dan memengaruhi keberhasilan suatu pekerjaan konstruksi. Material yang memenuhi standar tidak selalu menghasilkan konstruksi yang bermutu apabila metode pelaksanaannya tidak tepat. Sebaliknya, metode kerja yang

benar juga tidak dapat sepenuhnya mengatasi penggunaan material yang tidak memenuhi persyaratan. Dengan demikian, kontrol kualitas harus dilaksanakan secara terpadu terhadap material, proses, dan hasil pekerjaan agar konstruksi yang dihasilkan memenuhi persyaratan teknis, keselamatan, fungsi, dan umur layanan yang direncanakan.

4.2 Peranan Kontrol Kualitas dalam Teknologi Konstruksi

Perkembangan teknologi konstruksi telah mendorong penggunaan metode pelaksanaan yang semakin beragam, mulai dari penggunaan beton siap pakai, alat berat, sistem konstruksi pracetak, hingga teknologi digital seperti *Building Information Modeling* (BIM). Perkembangan tersebut memberikan peluang untuk meningkatkan produktivitas dan ketepatan pekerjaan, tetapi juga menuntut sistem pengendalian kualitas yang lebih terencana. Setiap teknologi yang digunakan harus mampu menghasilkan pekerjaan yang sesuai dengan persyaratan desain, spesifikasi teknis, dan standar yang berlaku.



Gambar 4. 2 Peranan Kontrol Kualitas dalam Teknologi Konstruksi

Kontrol kualitas berperan sebagai alat pengendalian teknis yang memastikan bahwa pekerjaan dilaksanakan sesuai dengan gambar kerja, spesifikasi, metode pelaksanaan, dan standar teknis yang telah ditentukan. Melalui pemeriksaan dan pengujian secara berkala, penyimpangan dapat diketahui lebih awal sehingga tindakan koreksi dapat dilakukan sebelum masalah berkembang menjadi kerusakan yang lebih besar. Oleh sebab itu, kontrol kualitas juga berfungsi sebagai sarana pencegahan terhadap kegagalan pekerjaan dan penurunan mutu konstruksi.

Selain berfungsi untuk mengendalikan aspek teknis, kontrol kualitas menjadi dasar dalam pengambilan keputusan proyek. Hasil

pemeriksaan digunakan untuk menentukan apakah suatu pekerjaan dapat diterima, memerlukan pengujian tambahan, atau harus diperbaiki sebelum pekerjaan berikutnya dilaksanakan. Keputusan tersebut perlu didasarkan pada kriteria penerimaan yang jelas dan bukti pemeriksaan yang memadai, bukan semata-mata pada penilaian subjektif.

Dari aspek biaya, penerapan kontrol kualitas dapat membantu mengurangi pemborosan material, pekerjaan ulang, keterlambatan, serta biaya perbaikan akibat ketidaksesuaian. Pengendalian yang dilakukan sejak awal umumnya lebih efisien dibandingkan dengan perbaikan setelah pekerjaan selesai atau setelah bangunan digunakan. Di samping itu, kontrol kualitas berperan dalam menyediakan dokumentasi proyek berupa catatan inspeksi, laporan pengujian, foto pelaksanaan, persetujuan pekerjaan, dan rekaman tindakan koreksi. Dokumentasi tersebut menjadi bukti bahwa pekerjaan telah diperiksa dan ditangani sesuai dengan prosedur yang ditetapkan.

4.3 Perencanaan Pengendalian Kualitas

Pengendalian kualitas yang efektif harus direncanakan sebelum pekerjaan fisik dimulai. Perencanaan diperlukan agar seluruh pihak yang terlibat memahami persyaratan mutu, metode pemeriksaan, pembagian tanggung jawab, serta tindakan yang harus dilakukan apabila ditemukan ketidaksesuaian. Tanpa perencanaan

yang memadai, kegiatan pemeriksaan berisiko dilakukan secara tidak teratur, tidak terdokumentasi, atau tidak sesuai dengan kebutuhan teknis proyek.



Gambar 4. 3 Perencanaan Pengendalian Kualitas

Langkah awal dalam perencanaan pengendalian kualitas adalah menetapkan persyaratan teknis yang menjadi dasar pelaksanaan pekerjaan. Persyaratan tersebut meliputi gambar kerja, spesifikasi teknis, standar yang berlaku, toleransi dimensi, serta kriteria penerimaan hasil pekerjaan. Dokumen tersebut harus dipahami oleh pelaksana, pengawas, dan personel pengendalian

kualitas agar tidak terjadi perbedaan penafsiran selama pelaksanaan konstruksi.

Tahap berikutnya adalah menyusun rencana inspeksi dan pengujian yang dikenal sebagai *Inspection and Test Plan* (ITP). Dokumen ini menjelaskan bagian pekerjaan yang harus diperiksa, jenis pemeriksaan atau pengujian yang diperlukan, frekuensi pemeriksaan, metode yang digunakan, pihak yang bertanggung jawab, serta kriteria penerimaan hasilnya. ITP juga dapat menetapkan titik pemeriksaan tertentu yang mengharuskan pekerjaan dihentikan sementara sampai pemeriksaan atau persetujuan yang dipersyaratkan selesai dilakukan. Ketentuan ini penting terutama untuk pekerjaan yang akan tertutup oleh pekerjaan berikutnya, seperti pemasangan tulangan sebelum pengecoran beton.

Perencanaan juga harus menetapkan pembagian tanggung jawab personel. Setiap pihak perlu mengetahui tugasnya dalam melaksanakan, memeriksa, menyetujui, dan mendokumentasikan pekerjaan. Pembagian tanggung jawab yang jelas dapat mengurangi risiko terlewatnya pemeriksaan serta mempercepat penanganan apabila ditemukan penyimpangan.

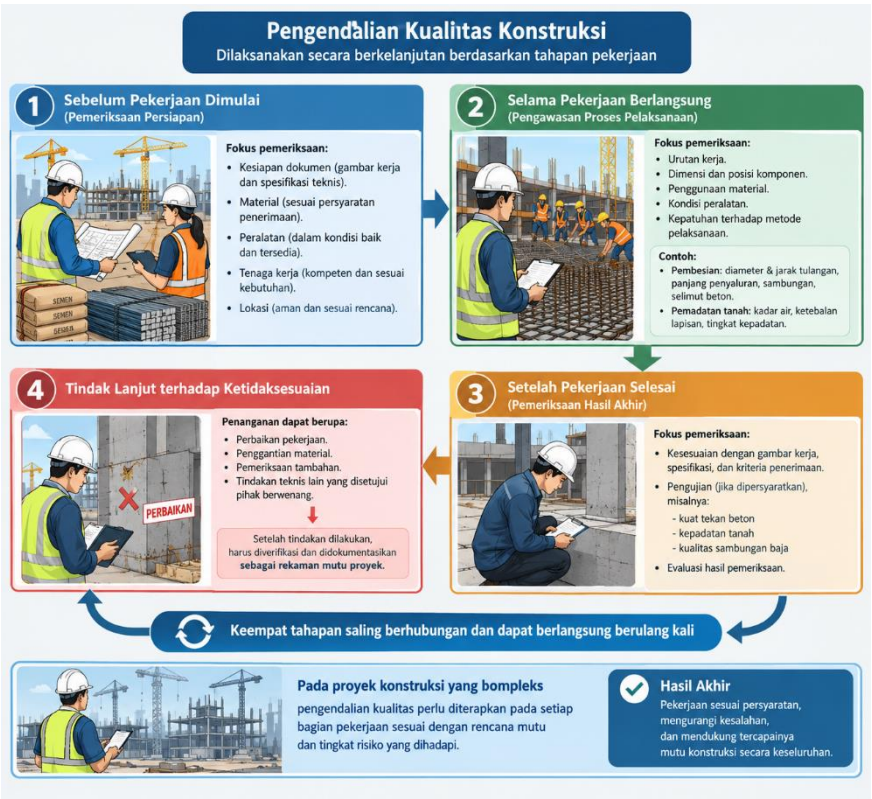
Ketersediaan peralatan pengujian menjadi unsur penting lainnya. Peralatan harus sesuai dengan jenis pengujian yang dilakukan, berada dalam kondisi layak pakai, dan memiliki status kalibrasi yang berlaku apabila dipersyaratkan. Penggunaan alat yang tidak sesuai atau tidak terkalibrasi dapat menyebabkan hasil

pengukuran kurang akurat dan berpotensi menghasilkan keputusan yang keliru.

Selain itu, dokumen mutu perlu disiapkan sebelum pelaksanaan pekerjaan. Dokumen tersebut dapat berupa formulir inspeksi, laporan pengujian, daftar ketidaksesuaian, laporan tindakan koreksi, serta catatan verifikasi hasil perbaikan. Perencanaan pengendalian kualitas juga perlu mempertimbangkan risiko pekerjaan. Pekerjaan yang memiliki tingkat risiko tinggi terhadap keselamatan, kekuatan struktur, atau fungsi bangunan memerlukan pengawasan dan pemeriksaan yang lebih ketat sesuai dengan ketentuan proyek.

Dengan adanya perencanaan yang sistematis, pengendalian kualitas tidak hanya menjadi kegiatan pemeriksaan setelah pekerjaan selesai, tetapi merupakan bagian dari proses pelaksanaan konstruksi yang terintegrasi sejak tahap persiapan.

4.4 Pengendalian Kualitas Berdasarkan Tahapan Pekerjaan



Gambar 4. 4 Pengendalian Kualitas Berdasarkan Tahapan Pekerjaan

Pengendalian kualitas konstruksi dilaksanakan secara berkelanjutan berdasarkan tahapan pekerjaan. Pada tahap sebelum pekerjaan dimulai, pemeriksaan difokuskan pada kesiapan dokumen, material, peralatan, tenaga kerja, dan lokasi. Gambar kerja serta spesifikasi teknis perlu dipastikan telah sesuai dengan dokumen yang berlaku. Material yang akan digunakan harus diperiksa berdasarkan persyaratan penerimaan, sedangkan peralatan dan

tenaga kerja harus tersedia sesuai kebutuhan pekerjaan. Kondisi lokasi juga perlu diperiksa untuk memastikan bahwa pekerjaan dapat dilaksanakan dengan aman dan sesuai rencana.

Selama pekerjaan berlangsung, kontrol kualitas diarahkan pada kesesuaian proses pelaksanaan. Pemeriksaan dilakukan terhadap urutan kerja, dimensi, posisi komponen, penggunaan material, kondisi peralatan, serta kepatuhan terhadap metode pelaksanaan yang telah disetujui. Sebagai contoh, pada pekerjaan pembesian, pemeriksaan dapat mencakup diameter dan jarak tulangan, panjang penyaluran, sambungan, serta selimut beton. Pada pekerjaan pemadatan tanah, pemeriksaan dapat mencakup kadar air, ketebalan lapisan, dan tingkat kepadatan sesuai persyaratan proyek.

Setelah pekerjaan selesai, dilakukan pemeriksaan terhadap hasil akhir untuk memastikan kesesuaiannya dengan gambar kerja, spesifikasi, dan kriteria penerimaan. Pengujian dapat dilakukan apabila dipersyaratkan, misalnya pengujian kuat tekan beton, pengujian kepadatan tanah, atau pemeriksaan kualitas sambungan baja. Hasil pemeriksaan kemudian dievaluasi untuk menentukan apakah pekerjaan dapat diterima atau masih memerlukan tindakan lanjutan.

Apabila ditemukan ketidaksesuaian, pekerjaan harus ditangani berdasarkan prosedur yang berlaku. Penanganan dapat berupa perbaikan, penggantian material, pemeriksaan tambahan, atau tindakan teknis lain yang telah disetujui oleh pihak berwenang.

Setelah tindakan dilakukan, hasilnya harus diverifikasi untuk memastikan bahwa persyaratan telah terpenuhi. Seluruh proses, mulai dari temuan awal hingga hasil verifikasi, perlu didokumentasikan sebagai bagian dari rekaman mutu proyek.

Keempat tahapan tersebut, yaitu pemeriksaan sebelum pekerjaan, pengawasan selama pekerjaan, pemeriksaan setelah pekerjaan, dan tindak lanjut terhadap ketidaksesuaian, saling berhubungan dan dapat berlangsung berulang kali. Pada proyek konstruksi yang kompleks, pengendalian kualitas perlu diterapkan pada setiap bagian pekerjaan sesuai dengan rencana mutu dan tingkat risiko yang dihadapi.

4.5 Metode Sampling dalam Kontrol Kualitas

Pada proyek konstruksi berskala besar, pemeriksaan terhadap seluruh material atau setiap bagian pekerjaan tidak selalu dapat dilakukan satu per satu. Dalam kondisi tersebut, metode *sampling* atau pengambilan sampel dapat digunakan untuk memperoleh informasi mengenai kualitas suatu kelompok material atau pekerjaan. Sampling merupakan bagian dari metode pengendalian kualitas yang harus dilaksanakan berdasarkan prosedur teknis dan ketentuan pengujian yang berlaku.



Gambar 4. 5 Metode Sampling dalam Kontrol Kualitas

Sampel yang diambil harus mewakili kelompok material atau pekerjaan yang dinilai. Keterwakilan sampel sangat penting karena hasil pengujian akan digunakan untuk menilai karakteristik kelompok tersebut sesuai dengan ketentuan yang ditetapkan. Apabila sampel tidak mewakili kondisi sebenarnya, hasil pengujian dapat memberikan gambaran yang keliru mengenai kualitas material atau pekerjaan.

Jumlah dan frekuensi pengambilan sampel harus ditentukan berdasarkan standar, spesifikasi proyek, rencana inspeksi dan pengujian, serta tingkat risiko pekerjaan. Proses pengambilan sampel juga perlu dilakukan dengan metode yang benar. Sampel harus diberi identitas yang jelas, ditangani dan disimpan sesuai

ketentuan, serta diuji menggunakan prosedur yang telah ditetapkan. Apabila diperlukan, informasi mengenai lokasi, waktu pengambilan, jenis material, dan nomor kelompok produksi harus dicatat untuk menjaga ketertelusuran hasil pengujian.

Hasil pengujian sampel selanjutnya dibandingkan dengan kriteria penerimaan yang berlaku. Apabila hasilnya memenuhi persyaratan, kelompok material atau pekerjaan dapat dinilai sesuai dengan prosedur penerimaan yang ditetapkan. Namun, apabila ditemukan penyimpangan, diperlukan evaluasi dan pemeriksaan lanjutan sesuai ketentuan teknis. Hasil satu sampel tidak boleh langsung digeneralisasikan di luar ruang lingkup yang diperbolehkan oleh metode pengujian atau standar yang digunakan.

Dengan demikian, sampling dapat membantu meningkatkan efisiensi pengendalian kualitas tanpa mengabaikan ketelitian pemeriksaan. Keberhasilannya sangat bergantung pada pemilihan sampel yang tepat, kepatuhan terhadap prosedur, penggunaan metode pengujian yang sesuai, serta penafsiran hasil berdasarkan kriteria penerimaan yang jelas.

4.6 Pengendalian Kualitas pada Berbagai Jenis Pekerjaan Konstruksi

Pengendalian kualitas harus disesuaikan dengan karakteristik setiap jenis pekerjaan konstruksi. Perbedaan material, metode pelaksanaan, fungsi struktur, dan tingkat risiko menyebabkan aspek yang diperiksa serta metode pengujiannya tidak selalu sama. Oleh

karena itu, pengendalian kualitas perlu mengacu pada spesifikasi proyek, gambar kerja, standar teknis, dan rencana inspeksi yang telah ditetapkan.



Gambar 4. 6 Pengendalian Kualitas pada Berbagai Jenis Pekerjaan Konstruksi

Pada pekerjaan tanah, pengendalian kualitas dilakukan untuk memastikan bahwa tanah yang digunakan atau dipadatkan memenuhi persyaratan teknis. Aspek yang diperiksa meliputi jenis tanah, kadar air, elevasi, ketebalan lapisan, dan tingkat kepadatan. Pemeriksaan dapat dilakukan melalui pengukuran lapangan dan pengujian tanah sesuai kebutuhan proyek. Hasilnya digunakan untuk

menilai apakah pekerjaan tanah telah memenuhi persyaratan sebelum dilanjutkan ke tahap berikutnya.

Pada pekerjaan fondasi, kontrol kualitas difokuskan pada kesesuaian dimensi, kedalaman, posisi, dan kondisi tanah dasar terhadap rencana. Metode pemeriksaan ditentukan berdasarkan jenis fondasi yang digunakan. Pada fondasi dangkal, pemeriksaan dapat mencakup dimensi galian, kondisi dasar fondasi, dan pemasangan tulangan. Sementara itu, pada fondasi dalam, pengendalian dapat melibatkan pemeriksaan proses pengeboran atau pemancangan, posisi elemen fondasi, serta pengujian yang dipersyaratkan dalam spesifikasi proyek.

Pada pekerjaan beton, pengendalian kualitas mencakup pemeriksaan bahan penyusun, komposisi campuran, kondisi beton segar, proses pengangkutan, pengecoran, pemadatan, perawatan, dan kekuatan beton setelah mengeras. Pemeriksaan beton segar dapat dilakukan melalui pengujian kelecakan sesuai metode yang ditetapkan, sedangkan mutu beton yang telah mengeras dapat dievaluasi melalui pengujian kuat tekan menggunakan benda uji atau metode lain yang diizinkan. Selain itu, sebelum pengecoran, perlu diperiksa kesiapan bekisting, posisi tulangan, selimut beton, serta kebersihan area pengecoran.

Pada pekerjaan baja, pengendalian kualitas dilakukan terhadap mutu material, ukuran dan dimensi elemen, kondisi sambungan, serta proses pengelasan apabila digunakan. Pemeriksaan dapat

dimulai dari peninjauan sertifikat atau dokumen material, dilanjutkan dengan pemeriksaan visual dan pengukuran dimensi. Pengujian sambungan atau pengelasan dilakukan sesuai persyaratan desain dan spesifikasi. Langkah tersebut diperlukan untuk memastikan bahwa elemen baja dan sambungannya memiliki kualitas yang sesuai dengan fungsi strukturalnya.

Pada pekerjaan pasangan bata, aspek yang diperiksa meliputi ketegakan dinding, kelurusan, ketebalan sambungan mortar, pola ikatan, serta kondisi permukaan. Pengendalian dapat dilakukan melalui pemeriksaan visual dan pengukuran menggunakan alat yang sesuai. Pekerjaan yang tidak memenuhi toleransi perlu diperbaiki sebelum dilanjutkan ke tahap plesteran atau pekerjaan penutup lainnya, sehingga kesalahan tidak tertutup dan menjadi lebih sulit ditangani.

Pada pekerjaan jalan, pengendalian kualitas mencakup ketebalan lapisan, elevasi, kemiringan, kepadatan, serta kualitas permukaan. Pemeriksaan geometrik digunakan untuk memastikan kesesuaian bentuk dan dimensi jalan dengan desain, sedangkan pengujian lapangan dilakukan untuk menilai karakteristik material dan tingkat pemadatan sesuai kebutuhan. Pengendalian juga perlu memperhatikan kondisi setiap lapisan sebelum lapisan berikutnya dikerjakan agar kualitas struktur perkerasan dapat terjaga.

Sementara itu, pada pekerjaan penyelesaian atau *finishing*, kontrol kualitas diarahkan pada kerataan, keseragaman warna,

kualitas sambungan, ketepatan pemasangan, dan kondisi permukaan. Pemeriksaan umumnya dilakukan melalui inspeksi visual dan pengukuran menggunakan alat yang sesuai. Meskipun pekerjaan finishing lebih banyak berkaitan dengan penampilan dan fungsi permukaan, aspek teknis tetap perlu diperhatikan karena dapat memengaruhi kenyamanan, ketahanan, kebersihan, dan kemudahan pemeliharaan bangunan.

Pelaksanaan pengendalian kualitas pada seluruh jenis pekerjaan tersebut harus disesuaikan dengan persyaratan teknis proyek dan standar yang berlaku. Tidak semua metode pengujian harus diterapkan pada setiap proyek. Jenis, jumlah, dan frekuensi pemeriksaan ditentukan berdasarkan karakteristik pekerjaan, spesifikasi, ketentuan teknis, serta tingkat risiko yang mungkin timbul. Dengan penerapan pengendalian kualitas yang tepat, setiap tahapan konstruksi diharapkan menghasilkan pekerjaan yang sesuai persyaratan, mengurangi kemungkinan terjadinya kesalahan, dan mendukung tercapainya mutu konstruksi secara keseluruhan.

4.7 Mutu Konstruksi

Mutu konstruksi merupakan tingkat kesesuaian hasil pekerjaan terhadap persyaratan teknis, fungsi, keselamatan, dan kinerja yang telah ditetapkan. Mutu tidak hanya dinilai dari tampilan bangunan, tetapi juga dari kemampuan bangunan menjalankan fungsinya secara aman dan bertahan sesuai masa layan yang direncanakan. Oleh

karena itu, mutu harus diperhatikan sejak tahap perencanaan, pemilihan material, pelaksanaan pekerjaan, hingga bangunan digunakan.

Mutu konstruksi mencakup tiga aspek utama, yaitu mutu desain, mutu pelaksanaan, dan mutu hasil akhir. Mutu desain berkaitan dengan kesesuaian rancangan terhadap kebutuhan pengguna dan ketentuan teknis. Mutu pelaksanaan menunjukkan kesesuaian proses pembangunan dengan gambar kerja dan spesifikasi. Sementara itu, mutu hasil akhir menunjukkan tingkat pemenuhan persyaratan setelah pekerjaan selesai. Sebagai contoh, pembangunan gedung perkuliahan harus memperhatikan kekuatan struktur, kenyamanan ruang, keamanan pengguna, instalasi listrik, sanitasi, dan ketahanan material.

Karakteristik mutu konstruksi meliputi kekuatan dan stabilitas struktur, keamanan bangunan, fungsionalitas, ketahanan material, ketepatan dimensi, kualitas estetika, serta kemudahan pemeliharaan. Seluruh karakteristik tersebut harus diperhatikan agar bangunan aman, nyaman, tahan lama, dan berfungsi sesuai perencanaan. Ketidaksesuaian pada salah satu aspek dapat menurunkan kualitas bangunan dan meningkatkan biaya perbaikan.

Untuk menjamin mutu, diperlukan sistem manajemen mutu yang mengatur kebijakan, sasaran, prosedur kerja, inspeksi, pengujian, dokumentasi, dan evaluasi. Sistem ini melibatkan pemilik proyek, konsultan perencana, konsultan pengawas, kontraktor, serta

pemasok material. Pemeriksaan dan pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa material dan hasil pekerjaan memenuhi persyaratan. Penerapan sistem manajemen mutu dapat mengacu pada prinsip ISO 9001, dengan tetap memenuhi standar teknis konstruksi yang berlaku.

Pengendalian dokumen dan rekaman mutu juga menjadi bagian penting dalam pelaksanaan proyek. Dokumen yang digunakan meliputi gambar kerja, spesifikasi teknis, metode pelaksanaan, rencana inspeksi, dan rencana pengujian. Sementara itu, rekaman mutu mencakup laporan pemeriksaan material, hasil pengujian laboratorium dan lapangan, formulir inspeksi, laporan ketidaksesuaian, serta berita acara pemeriksaan dan serah terima pekerjaan. Dokumen harus dikendalikan agar personel menggunakan informasi yang benar dan sesuai revisi terbaru.

Dalam pelaksanaan konstruksi, ketidaksesuaian mutu dapat terjadi apabila material, proses, atau hasil pekerjaan tidak memenuhi persyaratan. Contohnya adalah dimensi konstruksi yang tidak sesuai, material yang tidak memenuhi spesifikasi, hasil pengujian yang tidak mencapai kriteria penerimaan, atau pemasangan komponen yang menyimpang dari gambar kerja. Penanganannya dilakukan melalui identifikasi masalah, pengendalian pekerjaan, analisis penyebab, penetapan tindakan perbaikan, dan verifikasi hasil.

Koreksi dilakukan untuk memperbaiki ketidaksesuaian yang ditemukan, sedangkan tindakan korektif bertujuan menghilangkan

penyebab agar masalah tidak terulang. Seluruh proses perlu didokumentasikan sebagai bahan evaluasi dan peningkatan mutu. Dengan penerapan manajemen mutu, pengendalian dokumen, serta penanganan ketidaksesuaian secara konsisten, proyek konstruksi dapat menghasilkan bangunan yang aman, fungsional, tahan lama, efisien, dan sesuai dengan persyaratan teknis serta kebutuhan pengguna.

4.8 Pencapaian Kontrol Kualitas dan Mutu secara Efektif dan Efisien

Pencapaian kontrol kualitas dan mutu dalam proyek konstruksi bertujuan memastikan seluruh pekerjaan memenuhi persyaratan teknis dengan penggunaan biaya, waktu, tenaga kerja, dan material secara optimal. Keberhasilan proyek ditentukan oleh keseimbangan antara mutu, biaya, dan waktu. Ketiganya saling berkaitan karena pekerjaan yang tidak memenuhi standar mutu dapat menyebabkan perbaikan, pembongkaran, pembelian material tambahan, dan keterlambatan penyelesaian proyek.

Pengendalian kualitas perlu dilakukan sejak awal pekerjaan melalui perencanaan, pemeriksaan material, pengawasan pelaksanaan, dan pengujian hasil. Sebagai contoh, pemeriksaan tulangan sebelum pengecoran membutuhkan waktu dan tenaga, tetapi dapat mencegah kesalahan yang sulit diperbaiki setelah beton mengeras. Dengan demikian, pengendalian sejak awal dapat mengurangi risiko kerugian dan meningkatkan efisiensi proyek.

Salah satu aspek penting dalam pengendalian mutu adalah biaya mutu (*Cost of Quality*), yaitu seluruh biaya yang berkaitan dengan upaya memenuhi persyaratan mutu maupun akibat kegagalan dalam memenuhinya. Biaya mutu terdiri atas biaya pencegahan, biaya penilaian, kegagalan internal, dan kegagalan eksternal. Biaya pencegahan meliputi pelatihan tenaga kerja, perencanaan mutu, dan penyusunan prosedur kerja. Biaya penilaian mencakup inspeksi, pengujian laboratorium, dan kalibrasi alat ukur. Sementara itu, biaya kegagalan internal timbul akibat masalah yang ditemukan sebelum pekerjaan diserahkan, seperti pembongkaran dan pekerjaan ulang. Biaya kegagalan eksternal muncul setelah pekerjaan diserahkan atau bangunan digunakan, misalnya biaya perbaikan kerusakan dan penanganan klaim.

Pengelolaan biaya mutu tidak bertujuan menghilangkan pemeriksaan, melainkan menentukan kombinasi pencegahan, inspeksi, dan perbaikan yang paling tepat. Dengan meningkatkan kegiatan pencegahan, proyek dapat mengurangi kemungkinan terjadinya kesalahan dan menekan biaya pekerjaan ulang.

Pencapaian mutu juga dapat dilakukan melalui siklus PDCA (*Plan–Do–Check–Act*) sebagai metode perbaikan berkelanjutan. Tahap *Plan* dilakukan dengan menetapkan sasaran mutu, metode kerja, kriteria penerimaan, dan rencana inspeksi. Tahap *Do* merupakan pelaksanaan pekerjaan sesuai prosedur yang telah ditentukan. Tahap *Check* dilakukan dengan memeriksa hasil

pekerjaan dan membandingkannya dengan persyaratan. Selanjutnya, tahap *Act* dilakukan melalui perbaikan, penyempurnaan prosedur, dan pencegahan agar masalah yang sama tidak terulang.

Sebagai contoh, apabila hasil pengujian menunjukkan bahwa kepadatan tanah belum memenuhi spesifikasi, tim proyek perlu mengevaluasi kadar air, jenis material, ketebalan lapisan, dan metode pemadatan. Setelah perbaikan dilakukan, pengujian diulang sesuai prosedur. Hasil evaluasi tersebut digunakan untuk memperbaiki metode pelaksanaan pada pekerjaan berikutnya.

Efektivitas pengendalian kualitas perlu diukur menggunakan indikator kinerja yang jelas. Salah satunya adalah tingkat kelulusan pengujian, yaitu perbandingan jumlah hasil pengujian yang memenuhi persyaratan dengan jumlah seluruh hasil yang dinilai. Apabila 46 dari 50 hasil pengujian memenuhi kriteria penerimaan, tingkat kelulusannya adalah 92%. Indikator berikutnya adalah tingkat pekerjaan ulang, yang dihitung dengan membandingkan biaya pekerjaan ulang terhadap total biaya pekerjaan. Jika biaya pekerjaan ulang sebesar Rp15.000.000 dari total biaya pekerjaan Rp500.000.000, tingkat pekerjaan ulang mencapai 3%.

Selain kedua indikator tersebut, evaluasi mutu dapat dilakukan melalui persentase penyelesaian ketidaksesuaian, ketepatan pelaksanaan inspeksi, dan efektivitas tindakan korektif. Indikator tersebut membantu manajemen mengetahui perkembangan mutu,

mengidentifikasi masalah, serta menentukan tindakan perbaikan yang diperlukan.

Pemanfaatan teknologi digital juga dapat meningkatkan efektivitas dan efisiensi kontrol kualitas konstruksi. *Building Information Modeling* (BIM) membantu koordinasi desain dan identifikasi konflik antarsistem bangunan. Formulir inspeksi digital memudahkan pencatatan hasil pemeriksaan, foto, lokasi, dan status tindak lanjut. Sensor dan alat ukur digital membantu pemantauan kondisi tertentu, sedangkan *dashboard* mutu proyek menyajikan informasi mengenai hasil inspeksi, ketidaksesuaian, status perbaikan, dan tren pengujian. Sistem dokumentasi terpusat juga membantu pengendalian revisi dokumen serta penelusuran bukti mutu.

Meskipun teknologi digital memberikan banyak manfaat, penggunaannya tetap harus didukung kompetensi tenaga ahli, prosedur pemeriksaan yang benar, dan verifikasi teknis. Data yang dikumpulkan harus diperiksa keakuratannya sebelum digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan.

Dengan menerapkan perencanaan mutu, pengelolaan biaya, siklus PDCA, pengukuran kinerja, dan pemanfaatan teknologi digital secara tepat, kontrol kualitas dapat dilaksanakan secara efektif dan efisien. Upaya tersebut membantu mengurangi kesalahan, menekan pemborosan, menjaga jadwal proyek, dan

menghasilkan konstruksi yang aman, berkualitas, serta sesuai dengan persyaratan teknis dan kebutuhan pengguna.

BAB V PENERAPAN METODE KONTRUKSI DAN TEKNOLOGI KONTRUKSI

5.1 Penerapan Metode dan Teknologi Konstruksi Dinding Penahan Tanah

Penerapan metode dan teknologi konstruksi dinding penahan tanah pada ruas jalan talisayan–tanjung redeb, kabupaten berau, kalimantan timur : Oleh Bob Arun



Gambar 5. 1 Dinding Penahan Tanah (DPT)

Penerapan metode dan teknologi konstruksi dinding penahan tanah (DPT) pada proyek rekonstruksi Jalan Talisayan–Tanjung Redeb, Kabupaten Berau, Kalimantan Timur. Pembangunan dinding penahan tanah bertujuan untuk menjaga stabilitas lereng, menahan

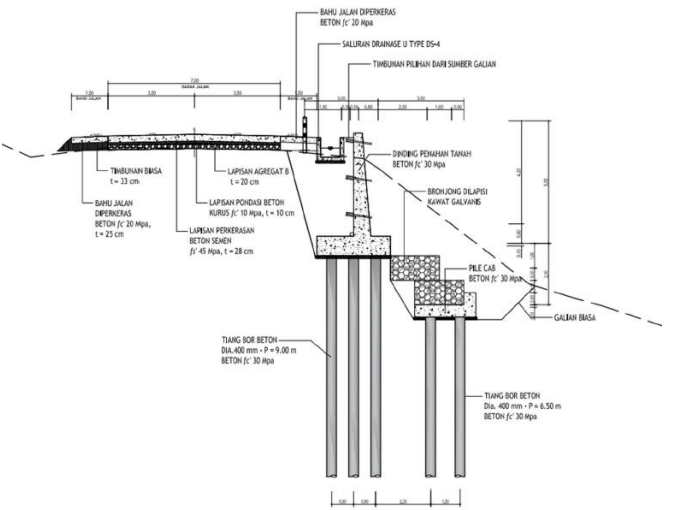
tekanan tanah lateral, mencegah longsor, serta melindungi badan jalan agar tetap aman dan berfungsi dengan baik.

Pelaksanaan konstruksi dinding penahan tanah dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu pekerjaan persiapan, pengukuran dan penentuan elevasi, pembersihan area kerja, penggalian tanah, pembangunan pondasi bore pile, pemasangan tulangan dan bekisting, pengecoran beton, pemasangan bronjong, pembangunan sistem drainase, serta pekerjaan penyelesaian. Setiap tahapan harus dilaksanakan secara sistematis sesuai gambar rencana dan spesifikasi teknis untuk memastikan kualitas serta keamanan struktur.

Teknologi konstruksi yang digunakan meliputi excavator untuk pekerjaan galian tanah, mesin bore pile untuk pembuatan pondasi dalam, concrete mixer truck untuk pengangkutan beton ready mix, dan dump truck untuk mengangkut material konstruksi. Penggunaan peralatan mekanis tersebut membantu meningkatkan produktivitas, mempercepat pelaksanaan pekerjaan, serta mendukung ketepatan pelaksanaan konstruksi. Penggunaan beton ready mix juga membantu menjaga konsistensi mutu beton yang digunakan pada struktur dinding penahan tanah.

Metode konstruksi pada proyek ini mengombinasikan struktur beton bertulang dengan sistem bronjong sebagai perlindungan lereng. Struktur beton bertulang berfungsi menahan tekanan tanah, sedangkan bronjong membantu melindungi lereng dari erosi akibat

aliran air. Sistem drainase juga memiliki peranan penting dalam mengurangi tekanan air di belakang struktur sehingga dapat mendukung kestabilan tanah dan konstruksi jalan.



Gambar 5. 2 Gambar Rencana Dinding Penahan Tanah

Dalam pelaksanaan proyek, konsultan pengawas melalui peran Site Engineer bertanggung jawab memastikan bahwa pekerjaan kontraktor sesuai dengan gambar rencana, spesifikasi teknis, dan standar mutu konstruksi. Pengawasan dilakukan terhadap pekerjaan galian, pondasi, pemasangan tulangan, bekisting, pengecoran beton, serta tahapan pekerjaan lainnya. Pengendalian mutu dan koordinasi antarpihak menjadi bagian penting dalam menjaga kelancaran pelaksanaan proyek.

Beberapa kendala yang ditemukan selama pekerjaan berlangsung adalah kerusakan alat bor pada saat pekerjaan bore pile dan keterlambatan pasokan beton ready mix. Kendala tersebut ditangani melalui koordinasi antara kontraktor pelaksana, konsultan pengawas, dan pemilik proyek agar dampaknya terhadap jadwal pekerjaan dapat dikendalikan.



Gambar 5. 3 Hasil Pekerjaan Dinding Penahan Tanah

Secara keseluruhan, penerapan metode konstruksi yang sistematis, pemilihan teknologi yang sesuai dengan kondisi lapangan, pengawasan yang efektif, serta koordinasi yang baik merupakan faktor penting dalam keberhasilan pembangunan dinding penahan tanah pada ruas Jalan Talisayan–Tanjung Redeb.

5.2 Penerapan Metode Dan Teknologi Konstruksi Pekerjaan Perkerasan Beton Semen (Rigid Pavement)

Metode Dan Teknologi Konstruksi Pekerjaan Perkerasan Beton Semen (Rigid Pavement) oleh Dewi Asnah.

Perkerasan beton semen (rigid pavement) merupakan salah satu jenis konstruksi jalan yang memiliki kekuatan struktural tinggi, umur layanan panjang, serta relatif tahan terhadap deformasi akibat beban kendaraan berat. Jenis perkerasan ini banyak digunakan pada jalan dengan lalu lintas tinggi. Keberhasilan pelaksanaannya sangat bergantung pada pemilihan metode konstruksi, penggunaan teknologi yang tepat, dan pengendalian mutu pekerjaan.

Pelaksanaan pekerjaan perkerasan beton semen dilakukan melalui beberapa tahapan, dimulai dari pekerjaan persiapan, penyiapan tanah dasar (subgrade), pembuatan lapis pondasi bawah (subbase), pemasangan bekisting, serta pemasangan dowel bar dan tie bar. Tahapan berikutnya adalah pengecoran beton, perataan dan pemadatan, pembuatan sambungan (joint), serta perawatan beton (curing). Setiap tahapan harus dilaksanakan secara sistematis sesuai gambar rencana dan spesifikasi teknis agar menghasilkan konstruksi yang kuat, stabil, dan tahan lama.

Dalam pelaksanaannya, berbagai teknologi dan peralatan konstruksi digunakan untuk meningkatkan produktivitas dan efisiensi pekerjaan. Excavator berfungsi untuk menggali dan memindahkan tanah, motor grader untuk meratakan permukaan,

vibratory roller untuk memadatkan tanah dan agregat, serta dump truck untuk mengangkut material. Sementara itu, batching plant digunakan untuk mencampur beton, concrete paver untuk menghamparkan beton, concrete vibrator untuk memadatkan beton, dan concrete cutter untuk memotong sambungan pada pelat beton.

Pengendalian mutu menjadi bagian penting dalam setiap tahapan pekerjaan. Pemeriksaan dilakukan terhadap kepadatan tanah dasar, ketebalan lapisan pondasi, dimensi pelat beton, serta kualitas campuran dan kekuatan beton. Selain itu, perawatan beton harus dilakukan dengan baik untuk menjaga kelembapan, mendukung proses hidrasi semen, dan mengurangi risiko retak dini. Penggunaan peralatan yang sesuai dan pengawasan yang konsisten dapat membantu mengurangi kesalahan pekerjaan serta meningkatkan kualitas hasil konstruksi.

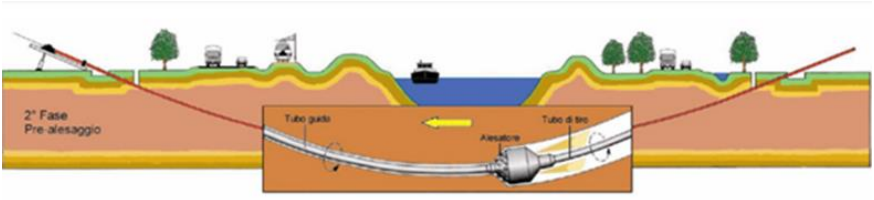
Dengan demikian, keberhasilan pembangunan perkerasan beton semen ditentukan oleh keterpaduan antara metode pelaksanaan, kualitas material, teknologi konstruksi, penggunaan peralatan, dan pengendalian mutu. Penerapan seluruh aspek tersebut secara efektif dan efisien diharapkan dapat menghasilkan konstruksi jalan yang kuat, aman, stabil, dan memiliki umur layanan yang panjang.

5.3 Penerapan Metode dan Teknologi Kontruksi SPAM Jaringan perpiaan

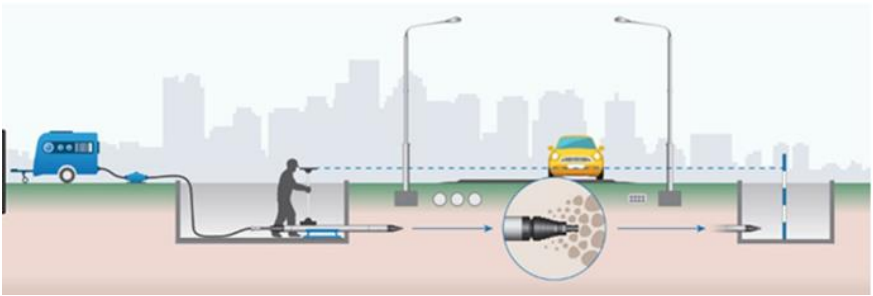
Metode Dan Teknologi Konstruksi Spam Jaringan Perpipaan

Oleh Dimas S Pamungkas

Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM) merupakan infrastruktur penting untuk memenuhi kebutuhan air bersih masyarakat. Pembangunan jaringan perpipaan mencakup sistem transmisi dan distribusi air minum. Tantangan konstruksinya meliputi kondisi geografis, kepadatan perkotaan, perlintasan sungai, serta upaya meminimalkan gangguan lalu lintas dan dampak lingkungan.



Gambar 5. 4 Crossing Sungai



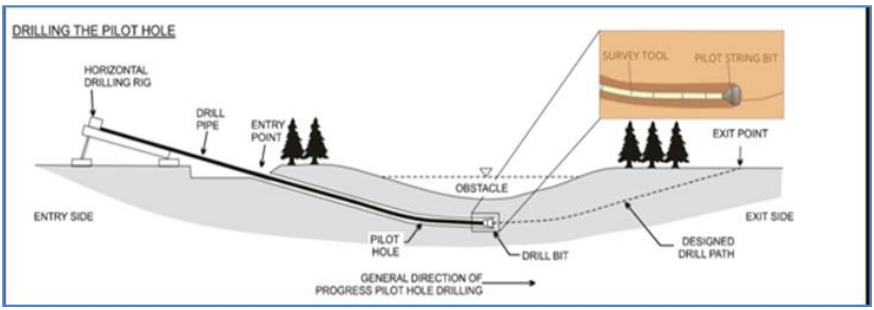
Gambar 5. 5 Crossing Jalan Raya

Metode Horizontal Directional Drilling (HDD) merupakan teknologi pemasangan pipa bawah tanah tanpa galian terbuka sepanjang jalur pemasangan (trenchless). Teknologi ini cocok digunakan pada perlintasan jalan raya, sungai, rel kereta api, dan kawasan perkotaan.

Pipa High-Density Polyethylene (HDPE) digunakan karena fleksibel, tahan terhadap gaya tarik sesuai batas desain, serta dapat disambung menggunakan metode Butt Fusion.

Tahapan utama pelaksanaan HDD meliputi:

1. Butt Fusion: Penyambungan pipa HDPE melalui proses pemanasan, penyatuan, dan pendinginan.
2. Pilot Hole: Pengeboran awal untuk membentuk jalur sesuai trase yang direncanakan.
3. Pre-Reaming: Pelebaran lubang bor agar sesuai dengan diameter pipa.
4. Pipe Pullback: Penarikan rangkaian pipa HDPE melalui lubang bor menuju titik masuk.



Gambar 5. 6 Drilling The Pilot Hole

Keberhasilan HDD sangat bergantung pada pengendalian gaya tarik pipa atau Safe Pulling Load (SPL). Makalah memberikan simulasi penggunaan pipa HDPE PE-100 berdiameter 315 mm dengan SDR 11 dan menghasilkan batas gaya tarik sebesar 26,27 ton-force. Untuk mengurangi risiko kerusakan pipa, diperlukan pengawasan kapasitas mesin HDD, pemasangan breakaway swivel, pengendalian suhu, serta pengaturan sirkulasi lumpur bentonite. Nilai SPL tersebut merupakan hasil simulasi berdasarkan asumsi dalam makalah, bukan batas yang berlaku untuk semua kondisi lapangan.

Meskipun metode Horizontal Directional Drilling (HDD) dikenal sebagai teknologi konstruksi tanpa galian terbuka (trenchless), dalam pelaksanaannya tetap diperlukan lubang kerja pada titik awal dan akhir jalur pengeboran. Lubang kerja tersebut terdiri atas Entry Pit dan Exit Pit yang memiliki fungsi penting dalam mendukung kelancaran proses pemasangan jaringan perpipaan. Entry Pit merupakan lubang kerja yang berada pada titik masuknya mata bor ke dalam tanah. Selain sebagai tempat awal pengeboran, lubang ini berfungsi untuk menampung lumpur hasil pengeboran serta mengendalikan sirkulasi bentonite yang digunakan untuk menjaga kestabilan lubang bor dan memperlancar proses pengeboran.

Sementara itu, Exit Pit merupakan lubang kerja yang berada pada titik akhir jalur pengeboran. Lubang ini berfungsi sebagai

tempat keluarnya mata bor, pemasangan alat pelebar lubang (reamer), serta persiapan penarikan pipa HDPE ke dalam lubang bor. Keberadaan kedua lubang kerja tersebut sangat penting karena menjadi bagian dari pengendalian teknis dan operasional selama proses konstruksi. Dengan perencanaan dimensi, posisi, dan fungsi lubang kerja yang tepat, pelaksanaan HDD dapat berlangsung lebih aman, efektif, dan efisien, sekaligus mengurangi risiko kerusakan pipa maupun gangguan terhadap lingkungan sekitar.

Penerapan teknologi HDD dengan pipa HDPE merupakan solusi konstruksi jaringan perpipaan SPAM yang efektif untuk mengurangi kebutuhan galian terbuka, gangguan lalu lintas, dan dampak terhadap lingkungan.Keberhasilan pelaksanaannya ditentukan oleh ketepatan pengeboran, kualitas sambungan Butt Fusion, pengendalian gaya tarik pipa, pengelolaan lumpur bentonite, serta perencanaan Entry Pit dan Exit Pit.

Teknologi HDD memungkinkan pembangunan jaringan perpipaan air minum yang lebih efisien dan minim gangguan permukaan, dengan tetap memperhatikan ketepatan metode konstruksi, keamanan material, dan pengendalian teknis di lapangan

5.4 Penerapan metode dan teknologi kontruksi pada proyek pembangunan tempat pelelangan ikan

Analisis Metode dan Teknologi Konstruksi pada Proyek Pembangunan Tempat Pelelangan Ikan (TPI) Harapan Baru Kota Samarinda oleh jupri

Pembangunan TPI Harapan Baru Kota Samarinda bertujuan meningkatkan fasilitas perdagangan dan distribusi hasil tangkapan nelayan. Bangunan ini dirancang dengan ruang pelelangan yang luas serta fasilitas pendukung seperti sanitasi, area parkir, dan pengolahan limbah. Penerapan metode konstruksi yang tepat diperlukan untuk menghasilkan bangunan yang berkualitas, aman, dan efisien

Pelaksanaan konstruksi dimulai dari pekerjaan persiapan, pengukuran lokasi, dan mobilisasi peralatan. Pekerjaan pondasi menggunakan tiang pancang minipile dengan metode jack-in pile untuk mengurangi getaran. Struktur utama menggunakan beton bertulang yang meliputi poer, sloof, kolom, dan pelat lantai. Sementara itu, rangka atap menggunakan baja profil WF untuk menghasilkan ruang yang luas tanpa banyak kolom penyangga.

Teknologi yang digunakan meliputi beton ready mix untuk meningkatkan mutu dan mempercepat pengecoran, hydraulic jack-in pile untuk pekerjaan pondasi, serta struktur baja bentang lebar untuk mendukung fungsi bangunan. Selain itu, digunakan turbin ventilator sebagai sistem sirkulasi udara alami dan atap zincalume dengan lapisan insulasi untuk membantu mengurangi panas di dalam bangunan.

Penggunaan teknologi modern seperti concrete pump, concrete vibrator, dan mobile crane membantu meningkatkan kecepatan, ketepatan, serta kualitas pekerjaan. Pemilihan metode

konstruksi yang sesuai juga mendukung pengendalian waktu, mutu, dan keselamatan kerja sehingga pelaksanaan proyek dapat berjalan lebih efektif dan efisien.

Penerapan metode dan teknologi konstruksi pada pembangunan TPI Harapan Baru Kota Samarinda merupakan upaya meningkatkan efisiensi pelaksanaan dan kualitas bangunan. Penggunaan pondasi jack-in pile, beton ready mix, serta rangka baja WF diharapkan menghasilkan bangunan yang kuat, aman, dan fungsional. Dengan penerapan teknologi yang tepat, fasilitas ini diharapkan mampu mendukung aktivitas perdagangan ikan dan meningkatkan perekonomian masyarakat.

5.5 Penerapan Metode dan Teknologi Kontruksi Dalam Layanan Air Limbag Domestik

Metode dan Teknologi Konstruksi Berbasis Pengalaman Inspektor Proyek Sanitasi Studi Kasus: Percepatan Layanan Air Limbah Domestik (Inpres) – Tangki Septik dan Sarana Pendukung Kabupaten Flores Timur, NTT Oleh Ignasius Domi Lewa Kelen

Pembangunan infrastruktur sanitasi merupakan upaya penting dalam meningkatkan kesehatan masyarakat dan kualitas lingkungan. Proyek Percepatan Layanan Air Limbah Domestik di Kabupaten Flores Timur bertujuan menyediakan fasilitas sanitasi berupa tangki septik, saluran pembuangan, dan sarana pendukung. Namun, pelaksanaannya menghadapi berbagai kendala teknis, keterbatasan

teknologi, serta permasalahan manajemen yang memengaruhi waktu penyelesaian pekerjaan.

Pelaksanaan proyek sanitasi menggunakan metode konstruksi konvensional (cast in situ) dengan sistem padat karya yang melibatkan tenaga kerja lokal. Metode ini memberikan keuntungan berupa pemberdayaan masyarakat dan biaya pelaksanaan yang relatif rendah. Namun, penggunaan tenaga kerja manual menyebabkan produktivitas pekerjaan kurang optimal sehingga waktu pelaksanaan menjadi lebih lama, terutama pada proyek dengan target penyelesaian yang ketat

Teknologi konstruksi yang digunakan dalam proyek masih tergolong sederhana, yaitu penggunaan peralatan manual dan metode pengukuran konvensional tanpa dukungan sistem digital. Keterbatasan tersebut memengaruhi efisiensi pekerjaan dan pengendalian pelaksanaan proyek. Oleh karena itu, diperlukan penerapan teknologi konstruksi yang lebih modern secara bertahap untuk meningkatkan produktivitas, ketepatan pekerjaan, dan efektivitas pengawasan.

Pelaksanaan proyek menghadapi kendala berupa sulitnya akses menuju lokasi, keterlambatan distribusi material, kondisi cuaca yang kurang mendukung, serta keterbatasan keterampilan tenaga kerja. Selain itu, perencanaan jadwal yang kurang realistis dan pengawasan yang belum optimal turut menyebabkan keterlambatan pekerjaan. Kondisi tersebut berdampak pada

ketidaksesuaian progres dengan jadwal, risiko penurunan mutu, dan potensi peningkatan biaya proyek.

Penerapan metode konstruksi konvensional pada proyek sanitasi di Kabupaten Flores Timur memberikan manfaat dalam pemberdayaan tenaga kerja lokal, tetapi masih memiliki keterbatasan dari segi produktivitas dan efisiensi waktu. Keterlambatan proyek dipengaruhi oleh faktor teknis, sumber daya manusia, dan manajemen pelaksanaan. Oleh karena itu, diperlukan peningkatan kompetensi tenaga kerja, pemanfaatan teknologi konstruksi secara bertahap, perencanaan jadwal yang lebih realistis, serta pengawasan mutu dan progres pekerjaan yang lebih efektif agar pelaksanaan proyek sanitasi dapat berjalan sesuai target waktu, biaya, dan kualitas yang direncanakan

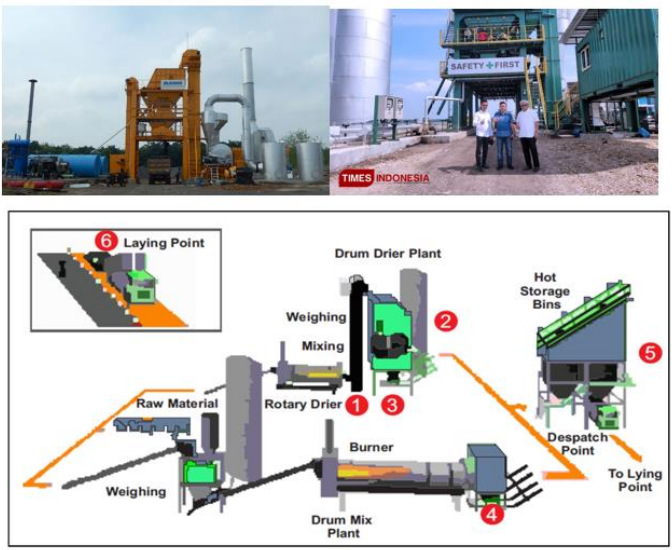
5.6 Penerapan Metode dan Teknologi pada Pekerjaan Perkerasan Lentur Hot Mix Asphalt

Metode Pelaksanaan dan Penggunaan Teknologi pada Pekerjaan Perkerasan Lentur Hot Mix Asphalt oleh Muhammad Musabiq Tirza

Pembangunan infrastruktur jalan memiliki peranan penting dalam mendukung pertumbuhan ekonomi, distribusi barang, dan konektivitas antarwilayah. Perkerasan lentur menggunakan campuran aspal panas (Hot Mix Asphalt) banyak diterapkan karena memiliki fleksibilitas yang baik dan relatif mudah dalam pelaksanaan maupun pemeliharaan. Keberhasilan konstruksi jalan

sangat dipengaruhi oleh ketepatan metode kerja, kualitas material, pengendalian suhu, serta penggunaan teknologi konstruksi yang sesuai.

Pelaksanaan pekerjaan perkerasan lentur dimulai dari persiapan permukaan jalan, pengukuran elevasi, dan pemeriksaan kondisi lapisan dasar. Selanjutnya dilakukan penyemprotan prime coat dan tack coat untuk meningkatkan ikatan antar lapisan. Campuran aspal panas kemudian dihampar menggunakan asphalt finisher dengan memperhatikan ketebalan, kemiringan, dan suhu campuran. Tahap berikutnya adalah pemadatan menggunakan roller melalui tiga tahapan, yaitu pemadatan awal, pemadatan lanjutan, dan pemadatan akhir untuk memperoleh kepadatan sesuai spesifikasi teknis.



Gambar 5. 7Asphalt mixing plant (AMP)

Teknologi utama yang digunakan meliputi Asphalt Mixing Plant (AMP) untuk menghasilkan campuran aspal yang homogen, dump truck untuk mengangkut campuran, asphalt finisher untuk penghamparan, serta tandem roller dan pneumatic tire roller untuk pemadatan. Penggunaan peralatan tersebut bertujuan meningkatkan produktivitas, menjaga keseragaman ketebalan lapisan, serta memastikan kualitas perkerasan sesuai standar Bina Marga.

Pengendalian mutu pekerjaan hot mix sangat bergantung pada kualitas agregat, kadar aspal, suhu campuran, dan tingkat kepadatan. Permasalahan yang sering terjadi meliputi penurunan suhu selama pengangkutan, ketidaksesuaian ketebalan lapisan, segregasi material, serta keterlambatan pemadatan. Kondisi tersebut dapat menyebabkan kerusakan dini berupa retak, alur, dan pelepasan butiran aspal. Oleh karena itu, diperlukan pengawasan teknis, kalibrasi peralatan, serta koordinasi pelaksanaan yang baik untuk menjaga kualitas pekerjaan.

Keberhasilan pekerjaan perkerasan lentur Hot Mix Asphalt ditentukan oleh keterpaduan antara metode pelaksanaan, teknologi konstruksi, dan pengendalian mutu. Penggunaan AMP, asphalt finisher, serta peralatan pemadat yang sesuai dapat meningkatkan efisiensi dan kualitas konstruksi jalan. Pengendalian suhu, ketebalan, dan kepadatan merupakan faktor utama untuk mencegah kerusakan dini serta memperpanjang umur pelayanan jalan. Dengan penerapan metode kerja yang tepat dan manajemen pelaksanaan yang efektif,

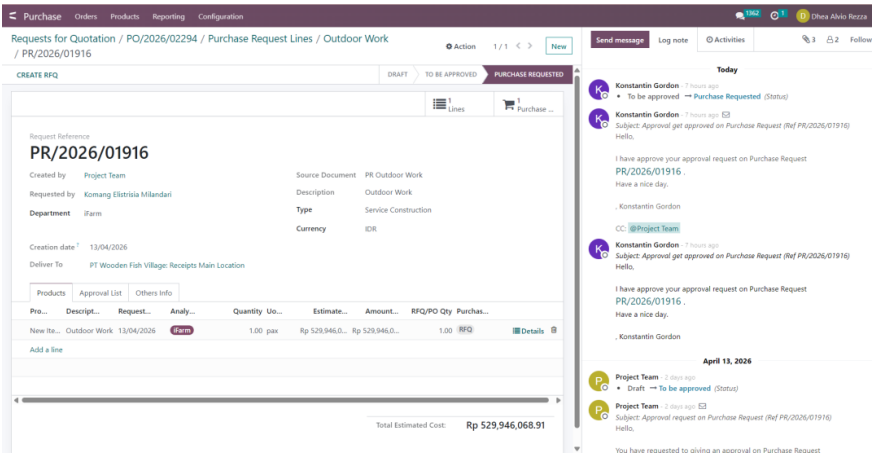
konstruksi perkerasan lentur diharapkan menghasilkan jalan yang kuat, aman, nyaman, dan berkelanjutan.

5.7 Penerapan Metode dan Teknologi Kontruksi Pembanguanan OXO The Residence

Implementasi Supply Chain Management (SCM) dalam Pelaksanaan Proyek Konstruksi : Proyek Pembangunan OXO The Residence, Nuanu, Tabanan, Bali oleh Zulul Warrommah Dhea Alvio Rezza

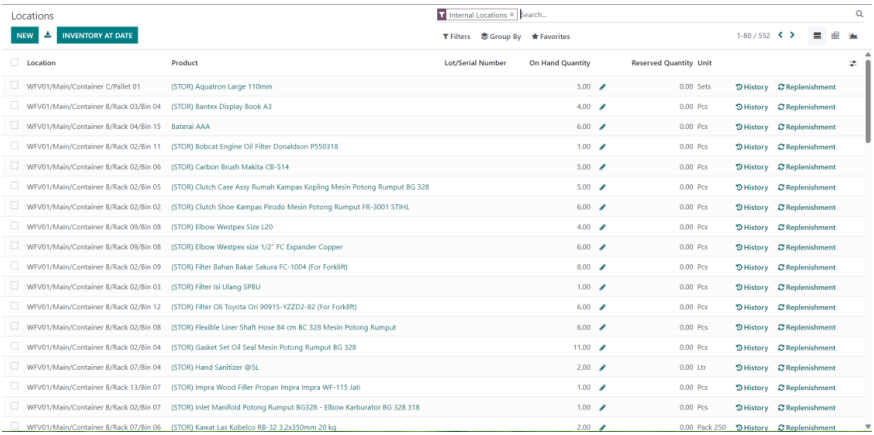
Proyek OXO The Residence di Bali menghadapi tantangan dalam pengadaan material yang dapat menyebabkan keterlambatan pekerjaan dan peningkatan biaya. Oleh karena itu, penerapan Supply Chain Management (SCM) diperlukan untuk mengelola aliran material, informasi, dan keuangan secara terintegrasi agar pelaksanaan proyek lebih efektif dan efisien.

Metode yang digunakan meliputi Supply Chain Operations Reference (SCOR) untuk mengevaluasi kinerja rantai pasok, Material Requirement Planning (MRP) untuk merencanakan kebutuhan material, analisis deskriptif untuk mengidentifikasi kondisi pengadaan, serta Engineer to Order (ETO) untuk menyesuaikan material dengan kebutuhan desain proyek.



Gambar 5. 8 proses pembelian barang dari supplier

Penerapan SCM didukung oleh perangkat lunak ERP Odoo yang digunakan untuk mengelola pengadaan, persediaan, gudang, dan keuangan. Sistem ini membantu pembuatan Request for Quotation (RFQ) dan Purchase Order (PO), pemantauan stok, pencatatan barang masuk dan keluar, serta pengendalian pembayaran kepada pemasok.



Gambar 5. 9 Proses manajemen gudang

Integrasi metode SCM dengan teknologi Odoo membantu meningkatkan ketepatan pengadaan material, mengurangi risiko keterlambatan, dan memperbaiki pengendalian biaya. Sistem informasi yang terintegrasi juga mendukung transparansi serta koordinasi antara pemilik proyek, kontraktor, subkontraktor, dan pemasok.

Penerapan SCM melalui metode SCOR, MRP, analisis deskriptif, dan ETO yang didukung teknologi Odoo dapat meningkatkan efisiensi biaya, waktu, dan mutu proyek konstruksi. Keberhasilannya memerlukan peningkatan kemampuan sumber daya manusia serta koordinasi yang baik antar pihak terkait.

5.8 Penerapan Metode dan Teknologi Konstruksi Pekerjaan Saluran Drainase Metode Precast

Metode dan Teknologi Konstruksi Pekerjaan Saluran Drainase Metode Precast oleh Yumil Dalfi

Pembangunan saluran drainase di wilayah Samarinda Seberang–Sanga-Sanga, Kalimantan Timur, bertujuan meningkatkan sistem pengendalian banjir dan mengurangi genangan air. Penggunaan metode beton pracetak (precast) menjadi alternatif terhadap metode konvensional karena mampu mempercepat pelaksanaan pekerjaan, meningkatkan kualitas konstruksi, serta mengurangi pengaruh cuaca terhadap kegiatan pembangunan

Pelaksanaan pekerjaan drainase menggunakan metode precast dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu persiapan lokasi, pengukuran, pekerjaan galian tanah, pembuatan lantai kerja, pengiriman elemen pracetak, pemasangan, penyambungan, dan penimbunan kembali. Komponen yang digunakan meliputi box culvert, U-ditch, dan cover slab. Elemen beton diproduksi terlebih dahulu di pabrik dengan pengendalian mutu, kemudian diangkut dan dipasang di lokasi proyek menggunakan alat berat.

Teknologi precast memungkinkan proses produksi beton dilakukan secara terkontrol sehingga menghasilkan dimensi yang presisi dan mutu yang lebih seragam. Pelaksanaan pekerjaan didukung penggunaan excavator untuk penggalian tanah, mobile crane untuk mengangkat dan memasang elemen beton, dump truck untuk mengangkut material, trailer untuk pengiriman komponen pracetak, serta vibro roller atau compactor untuk pemadatan tanah. Penggunaan alat berat tersebut membantu meningkatkan produktivitas dan ketepatan pemasangan.



Gambar 5. 10 Pengerjaan Saluran Drainase

Metode precast memiliki keunggulan berupa waktu pemasangan yang lebih singkat, kualitas beton yang konsisten, pengurangan pekerjaan pengecoran di lapangan, serta peningkatan keselamatan kerja. Metode ini juga lebih sesuai untuk wilayah dengan curah hujan tinggi karena sebagian besar proses produksi dilakukan di pabrik. Namun, penerapannya memerlukan perencanaan transportasi, pengangkatan elemen, dan penggunaan alat berat yang tepat karena biaya awal logistik dan peralatan relatif tinggi.

Penerapan metode precast pada pekerjaan saluran drainase merupakan solusi konstruksi yang efektif untuk meningkatkan efisiensi waktu, mutu, dan produktivitas pekerjaan. Penggunaan komponen beton pracetak serta dukungan alat berat memungkinkan pelaksanaan konstruksi berlangsung lebih cepat dan terkontrol

dibandingkan metode konvensional. Dengan perencanaan metode kerja, pengangkutan material, dan pemasangan yang tepat, teknologi precast dapat mendukung pembangunan sistem drainase yang berkualitas serta membantu meningkatkan pengendalian genangan dan banjir di wilayah Kalimantan Timur

5.9 Penerapan Metode dan Teknologi Konstruksi Berbasis Data Science & Analytics

Metode dan Teknologi Konstruksi Berbasis Data Science & Analytics Oleh Monica Ratna

Perkembangan teknologi telah mendorong industri konstruksi beralih dari metode konvensional menuju pengelolaan proyek berbasis data. *Data Science & Analytics* digunakan untuk mengolah data biaya, jadwal, material, dan risiko sehingga dapat membantu meningkatkan akurasi pengambilan keputusan serta efisiensi proyek. Integrasinya dengan BIM dan IoT juga memungkinkan pemantauan kondisi proyek secara lebih terintegrasi dan *real-time*

Data Science berperan dalam memprediksi biaya, menganalisis risiko, serta mengoptimalkan jadwal proyek berdasarkan data historis. Metode analisis yang digunakan antara lain regresi untuk memperkirakan biaya atau durasi dan *forecasting* untuk memprediksi kebutuhan material maupun kemungkinan keterlambatan. Pendekatan tersebut membantu pengelola proyek melakukan perencanaan secara lebih akurat.

Penerapan *Data Science* didukung oleh teknologi *Building Information Modeling* (BIM) dan *Internet of Things* (IoT). BIM membantu membentuk model digital proyek untuk mendukung visualisasi dan koordinasi, sedangkan IoT digunakan untuk memperoleh data lapangan secara *real-time*. Integrasi keduanya mendukung pengelolaan proyek konstruksi yang lebih efektif dan berbasis data

Studi kasus dalam makalah membahas penggunaan data historis untuk memprediksi keterlambatan proyek berdasarkan faktor seperti durasi, biaya, tenaga kerja, cuaca, dan keterlambatan material. Hasil analisis menunjukkan bahwa *machine learning* dapat membantu memprediksi keterlambatan sehingga manajemen dapat melakukan tindakan antisipatif. Namun, penerapannya masih menghadapi kendala berupa keterbatasan kualitas dan jumlah data, kemampuan SDM, kebutuhan investasi, serta kesiapan infrastruktur teknologi

Data Science & Analytics dapat meningkatkan efisiensi dan kualitas pengelolaan proyek konstruksi melalui analisis data yang lebih akurat. Penggunaan regresi dan *forecasting*, serta dukungan BIM dan IoT, dapat membantu memprediksi keterlambatan dan meningkatkan kualitas pengambilan keputusan. Penerapannya perlu dilakukan secara bertahap serta didukung peningkatan kompetensi SDM dan pengembangan sistem teknologi yang memadai

5.10 Penerapan Metode dan Kontruksi pada Bangunan Gedung Negara

Analisis Pengaruh Kontrak Konstruksi Terhadap Kinerja Proyek Bangunan Gedung Negara Di Kabupaten Tulungagung Melalui Metode Dan Teknologi Konstruksi Oleh Irma Zuhria Asfiansari

Kontrak konstruksi memiliki peran penting dalam menentukan keberhasilan proyek bangunan gedung negara, terutama dalam pencapaian target biaya, waktu, dan mutu. Kontrak merupakan dasar pelaksanaan pekerjaan yang mengatur ruang lingkup pekerjaan, nilai kontrak, jangka waktu, spesifikasi teknis, serta hak dan kewajiban pihak yang terlibat. Pengelolaan kontrak yang baik diperlukan untuk mengurangi risiko keterlambatan, perselisihan, dan ketidaksesuaian hasil pekerjaan.

Selain kontrak, pemilihan metode dan teknologi konstruksi yang tepat juga berpengaruh terhadap efektivitas dan efisiensi pelaksanaan proyek. Beberapa teknologi yang dapat diterapkan antara lain Building Information Modeling (BIM), konstruksi modular, serta penggunaan alat berat seperti tower crane. Penerapan metode dan teknologi tersebut perlu disesuaikan dengan kondisi lapangan, kebutuhan proyek, ketersediaan sumber daya, dan anggaran agar dapat meningkatkan produktivitas serta menjaga kualitas pekerjaan.

Pada proyek bangunan gedung negara di Kabupaten Tulungagung, terdapat permasalahan berupa keterlambatan penyelesaian pekerjaan, ketidaksesuaian mutu, dan kelemahan administrasi kontrak. Beberapa proyek mengalami perpanjangan waktu dari jadwal yang telah direncanakan. Kondisi ini menunjukkan bahwa keberhasilan proyek tidak hanya bergantung pada tersedianya dokumen kontrak, tetapi juga pada ketepatan perencanaan, koordinasi antarpihak, serta pengawasan pelaksanaan pekerjaan.

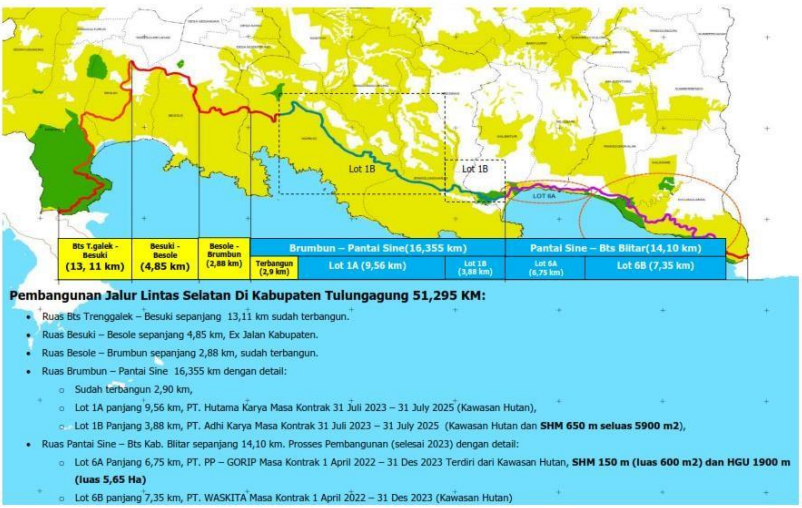
Untuk mengatasi permasalahan tersebut, diperlukan kejelasan isi kontrak, pemilihan metode konstruksi yang sesuai, pemanfaatan teknologi, dan pengawasan secara berkala. Perubahan pekerjaan juga harus dikelola sesuai ketentuan yang berlaku agar tidak mengganggu target biaya dan waktu. Selain itu, pemeriksaan mutu perlu dilakukan pada setiap tahapan pekerjaan untuk memastikan hasil konstruksi memenuhi spesifikasi yang telah ditetapkan.

Berdasarkan pembahasan tersebut, dapat disimpulkan bahwa pengelolaan kontrak konstruksi yang baik, didukung metode dan teknologi yang tepat, merupakan faktor penting dalam meningkatkan kinerja proyek bangunan gedung negara. Integrasi ketiga aspek tersebut, disertai koordinasi dan pengawasan yang konsisten, diharapkan dapat membantu proyek diselesaikan tepat waktu, sesuai anggaran, dan memenuhi standar mutu yang ditentukan.

5.11 Penerapan Metode dan Teknologi Konstruksi pada Proyek Jalan Lintas Selatan

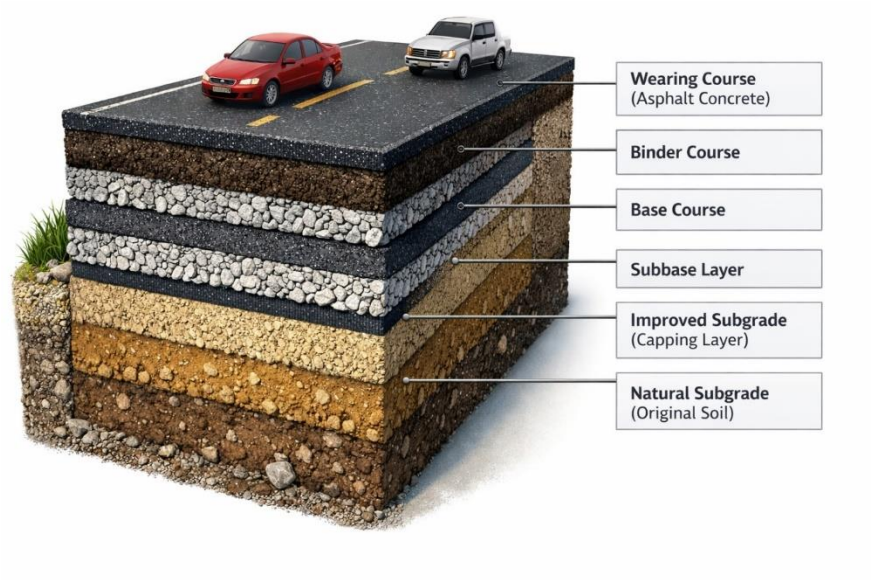
Metode Dan Teknologi Konstruksi Pada Proyek Jalan Lintas Selatan (Jls) Kabupaten Tulungagung Oleh Fika Pamungkas

Pembangunan Jalan Lintas Selatan (JLS) di Kabupaten Tulungagung merupakan bagian dari upaya meningkatkan konektivitas wilayah pesisir selatan Jawa Timur, mendorong pertumbuhan ekonomi, serta mendukung pengembangan pariwisata dan distribusi hasil pertanian maupun perikanan. Namun, kondisi geografis yang berbukit, lereng curam, curah hujan tinggi, dan kondisi tanah yang bervariasi menyebabkan pembangunan jalan ini memiliki tantangan teknis yang cukup besar. Oleh karena itu, diperlukan metode dan teknologi konstruksi yang tepat agar pekerjaan dapat dilaksanakan secara efektif, efisien, dan aman.



Gambar 5. 11 Jalur JLS

Metode konstruksi yang digunakan dalam pembangunan jalan meliputi pekerjaan tanah, stabilisasi lereng, perkerasan jalan, drainase, serta pembangunan jembatan dan struktur pelengkap. Pada pekerjaan tanah, metode cut and fill digunakan untuk menyeimbangkan volume galian dan timbunan sehingga kebutuhan material dari luar lokasi dapat dikurangi. Pekerjaan pemadatan dilakukan secara berlapis untuk memperoleh kepadatan dan daya dukung tanah yang sesuai. Selain itu, pengaturan pergerakan material dan keseimbangan penggunaan excavator, dump truck, serta bulldozer diperlukan untuk meningkatkan produktivitas dan mengurangi waktu tunggu alat.



Gambar 5. 12 Ilustrasi lapisan badan jalan

Stabilisasi lereng dan sistem drainase juga menjadi bagian penting dalam pembangunan JLS. Kondisi medan yang berbukit meningkatkan risiko longsor dan kerusakan badan jalan, terutama ketika curah hujan tinggi. Upaya penanganan dapat dilakukan melalui penggunaan geotekstil, geogrid, dinding penahan tanah, serta pengendalian aliran air permukaan dan bawah permukaan. Sementara itu, pemilihan jenis perkerasan, baik perkerasan lentur maupun kaku, harus mempertimbangkan daya dukung tanah dasar, beban lalu lintas, kondisi drainase, biaya pemeliharaan, dan umur layanan jalan. Pembangunan jembatan serta struktur pelengkap juga harus disesuaikan dengan kondisi lokasi, akses alat berat, dan kebutuhan pelaksanaan pekerjaan.



Gambar 5. 13 Teknologi Pembangunan JLS

Perkembangan teknologi konstruksi modern memberikan peluang untuk meningkatkan ketepatan dan efisiensi pelaksanaan proyek. Teknologi Building Information Modeling (BIM) dapat digunakan untuk mengintegrasikan data desain, menghitung volume pekerjaan, menyimulasikan metode pelaksanaan, dan mengendalikan perubahan desain. Selain itu, penggunaan drone, GNSS, dan pemodelan medan digital membantu meningkatkan akurasi survei, memantau progres pekerjaan tanah, serta mengidentifikasi potensi erosi dan longsor. Teknologi alat berat, seperti GPS machine control, sistem manajemen armada, dan telematika, juga dapat membantu mengendalikan produktivitas, konsumsi bahan bakar, waktu menganggur, serta kebutuhan pemeliharaan alat.

Efektivitas metode dan teknologi konstruksi pada proyek JLS sangat dipengaruhi oleh kesesuaian antara perencanaan, kondisi lapangan, dan pengendalian pelaksanaan. Permasalahan seperti ketidakseimbangan jumlah alat, keterbatasan area kerja, ketidakakuratan volume, kegagalan drainase, dan pekerjaan ulang akibat mutu yang tidak memenuhi persyaratan dapat menyebabkan peningkatan biaya dan keterlambatan. Oleh karena itu, diperlukan pengawasan mutu secara berkala, pemantauan kondisi lapangan, penerapan keselamatan dan kesehatan kerja, serta sistem pelaporan yang terintegrasi. Evaluasi biaya juga sebaiknya tidak hanya

memperhatikan biaya awal konstruksi, tetapi turut mempertimbangkan biaya pemeliharaan dan umur layanan jalan.

Berdasarkan pembahasan tersebut, dapat disimpulkan bahwa keberhasilan pembangunan JLS Kabupaten Tulungagung bergantung pada integrasi metode konstruksi dan teknologi modern. Penerapan metode cut and fill yang tepat, stabilisasi lereng, drainase yang memadai, pemilihan perkerasan sesuai kondisi lapangan, serta pemanfaatan teknologi digital dapat meningkatkan produktivitas dan mengurangi risiko konstruksi. Dengan perencanaan yang matang, pengendalian mutu, pengawasan keselamatan, dan pengelolaan sumber daya yang baik, proyek jalan diharapkan dapat mencapai kinerja yang optimal dari segi biaya, waktu, mutu, dan keberlanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

American Concrete Institute. (2019). *Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-19) and Commentary*. Farmington Hills, MI: American Concrete Institute.

Angreni, I. A. A., Handayani, J. T., & Apriani, R. (2022). *Manajemen Konstruksi*. Depok: Penerbit Gunadarma.

Asiyanto. (2008). *Manajemen Alat Berat untuk Konstruksi*. Jakarta: Pradnya Paramita.

ASTM International. (t.t.). *ASTM C33/C33M: Standard Specification for Concrete Aggregates*. West Conshohocken, PA: ASTM International.

ASTM International. (t.t.). *ASTM C150/C150M: Standard Specification for Portland Cement*. West Conshohocken, PA: ASTM International.

Azhar, S. (2011). Building Information Modeling (BIM): Trends, Benefits, Risks, and Challenges for the AEC Industry. *Leadership and Management in Engineering*, *11*(3), 241–252.

Badan Standardisasi Nasional. (2016). *SNI 6880:2016 Spesifikasi Beton Struktural*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.

Badan Standardisasi Nasional. (2018). *SNI 7974:2018 Spesifikasi Air Pencampur untuk Produksi Beton Semen Hidraulis*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.

Badan Standardisasi Nasional. (2019). *SNI 2847:2019 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.

Chudley, R., & Greeno, R. (2016). *Building Construction Handbook* (11th ed.). London: Routledge.

Dipohusodo, I. (1996). *Manajemen Proyek dan Konstruksi*. Yogyakarta: Kanisius.

Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2011). *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors* (2nd ed.). Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.

Ervianto, W. I. (2005). *Manajemen Proyek Konstruksi*. Yogyakarta: Andi.

Hardin, B., & McCool, D. (2015). *BIM and Construction Management: Proven Tools, Methods, and Workflows* (2nd ed.). Indianapolis, IN: Sybex.

Husen, A. (2009). *Manajemen Proyek: Perencanaan, Penjadwalan, dan Pengendalian Proyek*. Yogyakarta: Andi.

International Organization for Standardization. (2015). *ISO 9001:2015 Quality Management Systems—Requirements*. Geneva: ISO.

International Organization for Standardization. (2018). *ISO 45001:2018 Occupational Health and Safety Management Systems—Requirements with Guidance for Use*. Geneva: ISO.

International Organization for Standardization. (2018). *ISO 19650-1:2018 Organization and Digitization of Information About Buildings and Civil Engineering Works, Including Building Information Modelling (BIM)—Information Management Using Building Information Modelling—Part 1: Concepts and Principles*. Geneva: ISO.

International Organization for Standardization. (2020). *ISO 19650-3:2020 Organization and Digitization of Information About Buildings and Civil Engineering Works, Including Building Information Modelling (BIM)—Information Management Using Building Information Modelling—Part 3: Operational Phase of the Assets*. Geneva: ISO.

Kerzner, H. (2017). *Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling* (12th ed.). Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.

Kymmell, W. (2008). *Building Information Modeling: Planning and Managing Construction Projects with 4D CAD and Simulations*. New York: McGraw-Hill.

Mardiaman, dkk. (2025). *Manajemen Konstruksi Modern*. Penerbit Karya Bakti Makmur Indonesia.

McKinsey Global Institute. (2017). *Reinventing Construction: A Route to Higher Productivity*. New York: McKinsey & Company.

Mehta, P. K., & Monteiro, P. J. M. (2014). *Concrete: Microstructure, Properties, and Materials* (4th ed.). New York: McGraw-Hill Education.

Mindess, S., Young, J. F., & Darwin, D. (2003). *Concrete* (2nd ed.). Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.

Mulyono, T. (2004). *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Andi.

Neville, A. M. (2011). *Properties of Concrete* (5th ed.). Harlow: Pearson.

Nugroho, A. S. B., Rahmawati, Y., Adi, T. J. W., dkk. (2024). *Manajemen Proyek Konstruksi: Pembelajaran Berbasis Kasus Proyek*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

Nursin, A., Susilowati, F., & Martina, N. (2020). *Alat Berat untuk Proyek Konstruksi*. Depok: PNJ Press.

Occupational Safety and Health Administration. (t.t.). *29 CFR Part 1926—Safety and Health Regulations for Construction*. Washington, DC: U.S. Department of Labor.

Pattiraja, A. H., Gai, A. M., Pontan, D., & Sahrullah. (2024). *Manajemen Proyek Teknik Sipil: Strategi dan Taktik untuk Proyek Konstruksi*. Medan: PT Media Penerbit Indonesia.

Peurifoy, R. L., Schexnayder, C. J., Shapira, A., & Schmitt, R. L. (2018). *Construction Planning, Equipment, and Methods* (9th ed.). New York: McGraw-Hill Education.

Project Management Institute. (2021). *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide)* (7th ed.). Newtown Square, PA: Project Management Institute.

Rochmanhadi. (1992). *Alat-Alat Berat dan Penggunaannya*. Jakarta: Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum.

Soeharto, I. (1999). *Manajemen Proyek: Dari Konseptual sampai Operasional*. Jakarta: Erlangga.

GLOSARIUM

Accelerator. Bahan tambahan kimia yang mempercepat proses pengerasan atau perkembangan kekuatan awal beton.

Aglomerasi. Penggumpalan atau pengelompokan partikel-partikel kecil menjadi kumpulan yang lebih besar.

Agregat. Material berupa pasir, kerikil, atau batu pecah yang menjadi bagian utama campuran beton dan berfungsi sebagai pengisi serta pembentuk kerangka beton.

Agregat halus. Agregat yang umumnya berupa pasir dan mengisi ruang di antara butiran agregat kasar.

Agregat kasar. Agregat berupa kerikil atau batu pecah yang membentuk kerangka utama beton.

Air-entraining admixture. Bahan tambahan yang membentuk gelembung udara kecil dalam beton untuk memodifikasi sifat beton, terutama terkait ketahanan terhadap kondisi lingkungan tertentu.

Alat berat. Peralatan mekanis berkapasitas besar yang digunakan untuk membantu pekerjaan konstruksi, seperti menggali, mengangkut, meratakan, memadatkan, dan mengangkat material.

Asphalt Mixing Plant (AMP). Instalasi untuk memproduksi campuran beraspal dengan mencampur agregat, aspal, dan bahan lain sesuai komposisi yang ditentukan.

Backhoe. Jenis alat berat yang digunakan terutama untuk pekerjaan penggalian.

Batching plant. Instalasi untuk menakar dan mencampur bahan-bahan beton sesuai komposisi campuran yang direncanakan.

Beton. Material konstruksi yang umumnya tersusun atas semen, air, agregat halus, dan agregat kasar, yang mengeras melalui proses hidrasi semen.

Beton bertulang. Beton yang dipadukan dengan baja tulangan untuk membantu menahan gaya tarik, sementara beton terutama menahan gaya tekan.

Beton segar. Beton yang baru dicampur dan masih dapat diangkut, dituang, dipadatkan, serta dibentuk.

Bottom-up. Metode pelaksanaan konstruksi gedung bertingkat yang secara umum dimulai dari pekerjaan bagian bawah atau fondasi, kemudian berlanjut ke struktur di atasnya.

Box culvert. Struktur saluran berbentuk kotak, umumnya dari beton, yang digunakan untuk mengalirkan air atau sebagai gorong-gorong.

Building Information Modeling (BIM). Pendekatan pemodelan digital yang mengintegrasikan informasi desain dan konstruksi untuk membantu perencanaan, koordinasi, perhitungan volume, serta pemantauan proyek.

Bulldozer/Dozer. Alat berat yang digunakan untuk mendorong material, membuka lahan, dan membantu perataan tanah.

Compactor. Alat yang digunakan untuk memadatkan tanah, agregat, atau material lapisan konstruksi.

Concrete cutter. Peralatan untuk memotong beton, antara lain untuk membentuk sambungan pada pelat perkerasan.

Concrete paver. Peralatan untuk menghamparkan beton pada pekerjaan perkerasan atau pekerjaan konstruksi tertentu.

Concrete vibrator. Peralatan yang menghasilkan getaran untuk membantu pemadatan beton segar dan mengurangi rongga udara yang terperangkap.

Crane. Alat pengangkat yang digunakan untuk memindahkan material atau komponen konstruksi, terutama secara vertikal dan dalam jangkauan tertentu.

Crusher. Mesin untuk memecah batuan atau material keras menjadi ukuran yang lebih kecil.

Curing. Perawatan beton setelah pengecoran untuk menjaga kondisi kelembapan dan mendukung proses hidrasi serta perkembangan kekuatan.

Cut and fill. Metode pekerjaan tanah yang menyeimbangkan volume galian (cut) dan timbunan (fill) sesuai kebutuhan elevasi rencana.

Data Science & Analytics. Pendekatan pengolahan dan analisis data untuk memperoleh informasi yang dapat mendukung pemantauan, evaluasi, dan pengambilan keputusan proyek.

Daya dukung tanah. Kemampuan tanah menopang beban tanpa mengalami keruntuhan atau penurunan yang tidak dapat diterima.

Dinding Penahan Tanah (DPT). Struktur yang dirancang untuk menahan tekanan tanah dan membantu menjaga kestabilan tanah pada perbedaan elevasi.

Dowel bar. Batang penghubung pada sambungan pelat beton yang membantu meneruskan beban antar pelat sekaligus memungkinkan gerakan sambungan yang direncanakan.

Drone. Pesawat tanpa awak yang dapat digunakan untuk survei, dokumentasi, dan pemantauan kemajuan pekerjaan konstruksi.

Dump truck. Kendaraan angkut yang digunakan untuk membawa material dan menumpahkannya di lokasi tujuan.

Durabilitas. Kemampuan material atau struktur untuk mempertahankan kinerja selama masa layan ketika menghadapi pengaruh lingkungan dan penggunaan.

EDX (Energy Dispersive X-ray). Teknik analisis yang digunakan untuk mengidentifikasi unsur kimia pada area sampel, sering dipadukan dengan pengamatan mikroskop elektron.

Efisiensi kerja. Perbandingan antara hasil kerja yang dicapai dan sumber daya atau waktu yang digunakan dalam pelaksanaan pekerjaan.

Excavator. Alat berat yang digunakan untuk menggali, mengeruk, dan memindahkan material tanah atau material lain.

Fly ash. Material sisa pembakaran batu bara yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan tambahan mineral dalam campuran beton sesuai persyaratan teknis.

Fondasi. Bagian struktur yang meneruskan beban bangunan ke tanah pendukung.

Geogrid. Material geosintetik berbentuk jaringan yang digunakan untuk membantu perkuatan tanah atau lapisan konstruksi.

Geotekstil. Material geosintetik berbentuk lembaran yang dapat digunakan untuk fungsi pemisahan, filtrasi, drainase, atau perkuatan tanah.

GNSS. Sistem navigasi satelit global yang digunakan untuk menentukan posisi dan mendukung survei atau pemantauan lokasi.

Gradasi agregat. Distribusi ukuran butir agregat dalam suatu campuran.

Hidrasi semen. Reaksi kimia antara semen dan air yang menyebabkan pasta semen mengikat dan mengeras.

Hot Mix Asphalt (HMA). Campuran beraspal panas yang terdiri atas agregat dan aspal, diproduksi serta dihamparkan dengan pengaturan suhu tertentu.

Interfacial Transition Zone (ITZ). Zona peralihan pada batas antara permukaan agregat dan pasta semen dalam beton.

Kapasitas alat. Kemampuan alat untuk menangani atau menghasilkan pekerjaan dalam satu siklus atau satuan waktu.

Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3). Upaya untuk melindungi pekerja dan pihak terkait dari risiko kecelakaan serta gangguan kesehatan dalam kegiatan konstruksi.

Kontrol kualitas. Kegiatan pemeriksaan dan pengujian untuk memastikan material, proses, dan hasil pekerjaan memenuhi persyaratan yang ditetapkan.

Kuat tekan beton. Kemampuan beton menahan beban tekan, yang umumnya dinyatakan dalam MPa atau satuan tegangan lain.

LUSI (Lumpur Sidoarjo). Material lumpur dari wilayah Sidoarjo, Jawa Timur, yang dalam buku dibahas sebagai material alternatif atau bahan tambahan yang potensial untuk dikaji pada material konstruksi.

Manuver. Gerakan atau pengaturan posisi alat agar siap melakukan kegiatan kerja berikutnya.

Metode konstruksi. Tata cara atau rangkaian langkah yang dipilih untuk melaksanakan pekerjaan konstruksi dari persiapan hingga penyelesaian.

Motor grader. Alat berat yang digunakan untuk meratakan dan membentuk permukaan tanah atau lapisan material.

Mutu konstruksi. Tingkat kesesuaian hasil pekerjaan konstruksi terhadap gambar rencana, spesifikasi teknis, dan persyaratan yang berlaku.

Pasta semen. Campuran semen dan air yang melalui proses hidrasi dan berfungsi mengikat agregat dalam beton.

Pemadatan. Proses meningkatkan kepadatan material dengan mengurangi rongga udara melalui energi mekanis.

Perkerasan kaku (rigid pavement). Perkerasan jalan yang menggunakan pelat beton semen sebagai elemen struktural utama.

Perkerasan lentur. Struktur perkerasan jalan yang menggunakan lapisan beraspal dan mendistribusikan beban lalu lintas melalui susunan lapisannya.

Permeabilitas. Kemampuan material untuk dilalui cairan atau gas melalui pori-pori atau rongga yang saling terhubung.

Pozzolan. Bahan yang mengandung silika atau silika-alumina dan dapat bereaksi dengan produk hidrasi semen dalam kondisi yang sesuai.

Precast (beton pracetak). Elemen beton yang dibuat terlebih dahulu di lokasi produksi, kemudian diangkut dan dipasang di lokasi proyek.

Produktivitas alat. Jumlah pekerjaan yang dapat dihasilkan alat dalam satuan waktu tertentu.

Retarder. Bahan tambahan kimia yang memperlambat waktu pengerasan beton.

Roller. Alat pemadat yang digunakan pada tanah, agregat, atau lapisan perkerasan.

SEM (Scanning Electron Microscope). Mikroskop elektron yang digunakan untuk mengamati morfologi atau karakteristik permukaan sampel pada pembesaran tinggi.

Semen. Bahan pengikat hidraulis yang bereaksi dengan air dan membentuk pasta yang mengikat material penyusun beton.

Siklus kerja. Rangkaian gerakan atau kegiatan alat yang berulang untuk menyelesaikan satu unit pekerjaan.

Silica fume. Bahan tambahan mineral yang sangat halus dan kaya silika, yang dapat digunakan untuk memodifikasi kinerja beton sesuai rancangan campuran.

Slag. Material hasil samping proses industri, misalnya terak tanur, yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan tambahan mineral pada beton jika memenuhi persyaratan.

SPAM (Sistem Penyediaan Air Minum). Sistem infrastruktur untuk menyediakan air minum, termasuk komponen transmisi dan distribusi.

Spesifikasi teknis. Dokumen persyaratan yang menjelaskan mutu bahan, standar pelaksanaan, toleransi, metode pemeriksaan, dan kriteria penerimaan pekerjaan.

Subbase. Lapisan pondasi bawah di atas tanah dasar dan di bawah lapisan perkerasan berikutnya.

Subgrade. Tanah dasar yang disiapkan sebagai lapisan pendukung struktur perkerasan jalan.

Sumber daya konstruksi 5M. Kelompok sumber daya yang lazim mencakup man (tenaga kerja), machine (peralatan), material (bahan), money (biaya), dan method (metode).

Superplasticizer. Bahan tambahan kimia yang meningkatkan kemampuan alir atau kemudahan pengerjaan beton dengan mengurangi kebutuhan air pada campuran tertentu.

Telematika alat berat. Penggunaan teknologi komunikasi dan data untuk memantau lokasi, operasi, produktivitas, dan kondisi alat berat.

Tie bar. Batang baja pengikat pada sambungan perkerasan beton yang membantu menjaga agar pelat tetap terhubung.

Top-down. Metode pelaksanaan konstruksi gedung yang memungkinkan pekerjaan struktur atas dan pekerjaan bawah tanah dilakukan dengan urutan yang terintegrasi, sering dimulai dengan elemen penahan tanah dan pelat lantai tertentu.

Tower crane. Jenis crane yang digunakan terutama pada proyek gedung bertingkat untuk mengangkat dan memindahkan material ke berbagai elevasi.

U-ditch. Elemen saluran berbentuk huruf U yang umumnya dibuat dari beton pracetak untuk pekerjaan drainase.

Waktu menganggur (idle time). Waktu ketika alat atau sumber daya tidak melakukan pekerjaan produktif meskipun berada dalam periode operasi.

Waktu siklus. Waktu yang dibutuhkan alat untuk menyelesaikan satu rangkaian kerja dan kembali ke kondisi awal siklus.

Workability. Kemudahan beton segar untuk dicampur, diangkut, dituang, dipadatkan, dan diselesaikan tanpa mengalami pemisahan bahan yang tidak diinginkan.

XRD (X-ray Diffraction). Teknik analisis untuk mengidentifikasi fase atau struktur kristal dalam material.

XRF (X-ray Fluorescence). Teknik analisis untuk menentukan komposisi unsur, terutama unsur kimia, dalam suatu sampel material.

BIODATA PENULIS



Dr. Ir. Lies Kurniawati Wulandari, M.T adalah seorang akademisi dan peneliti di bidang Teknik Sipil yang saat ini menjabat sebagai Lektor Kepala. Beliau lahir di Malang pada tanggal 28 Juli 1963. Karier akademiknya dijalankan di Institut Teknologi Nasional (ITN) Malang, dengan fokus keilmuan pada sumber daya air, lingkungan, dan teknologi konstruksi berkelanjutan.

Pendidikan tinggi beliau dimulai dari jenjang Sarjana (S1) Teknik Sipil di Institut Teknologi Nasional Malang, kemudian melanjutkan Magister (S2) dan Doktor (S3) di bidang Teknik Sipil Sumber Daya Air di Universitas Brawijaya Malang. Latar belakang pendidikan ini menjadi fondasi kuat dalam pengembangan keilmuan dan penelitian yang beliau tekuni hingga saat ini.

Dalam perjalanan akademiknya, beliau aktif melakukan berbagai penelitian, khususnya terkait pengelolaan air, pengolahan limbah, teknologi ramah lingkungan, serta penerapan pendekatan berkelanjutan dalam pembangunan. Sejumlah penelitian yang telah dilakukan meliputi pengolahan limbah menggunakan tanaman vetiver (akar wangi), analisis rembesan bendungan dengan metode elemen hingga, serta pemanfaatan lumpur Sidoarjo sebagai material konstruksi.

Selain aktif dalam penelitian, beliau juga berkontribusi dalam kegiatan pengabdian kepada masyarakat, seperti pendampingan pengelolaan sampah, pengembangan sistem irigasi sederhana, hingga penerapan teknologi tepat guna dalam pengolahan air limbah domestik.

Sebagai penulis, beliau telah menghasilkan berbagai karya buku di bidang teknik sipil dan lingkungan, di antaranya terkait pengolahan greywater, blackwater, teknologi irigasi, serta pembangunan berkelanjutan berbasis masyarakat. Karya-karyanya telah diterbitkan oleh beberapa penerbit nasional dan digunakan sebagai referensi akademik maupun praktis.

Di samping itu, beliau juga aktif mempublikasikan artikel ilmiah pada jurnal nasional dan internasional bereputasi, serta memiliki sejumlah Hak Kekayaan Intelektual (HKI) berupa paten dan hak cipta di bidang teknologi pengolahan air dan konstruksi ramah lingkungan. Dengan pengalaman panjang di dunia akademik, penelitian, dan pengabdian masyarakat, beliau terus berkomitmen untuk mengembangkan ilmu pengetahuan dan teknologi yang bermanfaat bagi pembangunan berkelanjutan.

METODE DAN TEKNOLOGI KONSTRUKSI

Buku Metode dan Teknologi Konstruksi membahas berbagai aspek penting dalam pelaksanaan pekerjaan konstruksi, mulai dari bahan baku beton, penggunaan alat berat, metode pelaksanaan, hingga pengendalian kualitas dan penerapan teknologi pada proyek infrastruktur.

Pembahasan mencakup karakteristik bahan konstruksi, pemanfaatan material alternatif, pemilihan alat berat, produktivitas pekerjaan, serta metode pelaksanaan konstruksi yang efektif dan efisien. Buku ini juga menguraikan prinsip pengendalian kualitas untuk memastikan kesesuaian material, proses pelaksanaan, dan hasil pekerjaan terhadap persyaratan teknis yang ditetapkan. Berbagai studi kasus disajikan untuk memperlihatkan penerapan metode dan teknologi konstruksi pada pekerjaan dinding penahan tanah, perkerasan jalan, jaringan perpipaan, pembangunan gedung, saluran drainase, serta infrastruktur lainnya. Selain itu, buku ini memperkenalkan pemanfaatan Data Science & Analytics dalam mendukung perencanaan, pemantauan, dan pengambilan keputusan proyek konstruksi.

Disusun dengan memadukan pembahasan teknis dan contoh penerapan, buku ini diharapkan menjadi referensi bagi mahasiswa, dosen, peneliti, dan praktisi teknik sipil. Buku ini memberikan wawasan mengenai pentingnya pemilihan metode yang tepat, pemanfaatan teknologi, efisiensi sumber daya, serta pengendalian mutu untuk mendukung keberhasilan proyek konstruksi yang aman, berkualitas, dan berkelanjutan.



ITN Press
Diterbitkan oleh ITN PRESS
Jln. Sigura-Gura No. 2
Sumbersari, Kec. Lowokwaru
Kota Malang, Jawa Timur

IKAPI
IKATAN PENERBIT INDONESIA
ANGGOTA IKAPI NO.420/
ANGGOTA LUAR BIASA/JTI/2024

ISBN 978-634-05-8723-4 (PDF)
9 786340 587234