

LAMPIRAN II
SURAT EDARAN DIREKTUR
JENDERAL BINA KONSTRUKSI
NOMOR 68/SE/Dk/2024
TENTANG TATA CARA
PENYUSUNAN PERKIRAAN BIAYA
PEKERJAAN KONSTRUKSI
BIDANG PEKERJAAN UMUM DAN
PERUMAHAN RAKYAT

Acuan dalam Penyusunan AHSP

A. Faktor Bahan dan Campuran
A.1 Faktor Konversi Bahan

Tabel A.1 – Faktor Pemampatan (*Buckling Factor*) (Fk)

Jenis Tanah	Kondisi Tanah Semula	Kondisi tanah yang akan dikerjakan		
		Asli	Lepas	Padat
Pasir	A	1,000	1,110	0,950
	B	0,900	1,000	0,860
	C	1,050	1,170	1,000
Tanah Liat Berpasir	A	1,000	1,250	0,900
	B	0,800	1,000	0,720
	C	1,100	1,390	1,000
Tanah Liat	A	1,000	1,430	0,900
	B	0,700	1,000	0,630
	C	1,110	1,590	1,000
Tanah campur Kerikil	A	1,000	1,180	1,080
	B	0,850	1,000	0,910
	C	0,930	1,090	1,000
Kerikil	A	1,000	1,130	1,030
	B	0,880	1,000	0,910
	C	0,970	1,100	1,000
Kerikil Kasar	A	1,000	1,420	1,290
	B	0,700	1,000	0,910
	C	0,770	1,100	1,000
Pecahan cadas atau batuan lunak	A	1,000	1,650	1,220
	B	0,610	1,000	0,740
	C	0,820	1,350	1,000
Pecahan granit atau batuan keras	A	1,000	1,700	1,310
	B	0,590	1,000	0,770
	C	0,760	1,300	1,000
Pecahan batu	A	1,000	1,750	1,400
	B	0,570	1,000	0,800
	C	0,710	1,240	1,000
Bahan hasil peledakan	A	1,000	1,800	1,300
	B	0,560	1,000	0,720
	C	0,770	1,380	1,000
A adalah Asli B adalah Lepas C adalah Padat				
Bibliografi: 2) <i>Specification and Application Handbook</i> , Komatsu, Edition 28-Des 2007. Pg. 15A-3				
Contoh: Alat penggali (<i>Excavator</i>) pada umumnya menghasilkan bahan Lepas, sehingga Tanah liat, dari Lepas Ke Padat, atau dari 1 ke 0,63, maka Fk = 0,63 Tanah liat berpasir dari Lepas ke Asli, dari 1 ke 0,8, maka Fk = 0,80				

A.2 Berat Isi Bahan Baku, Bahan Olahan dan Campuran

Koefisien seperti berat isi atau berat jenis dan koefisien lainnya yang tidak tercantum dalam tabel berikut dapat digunakan berdasarkan hasil uji laboratorium.

Tabel A.2.a – Berat Isi dan Penyerapan Agregat Kasar dan Halus

No.	Nama Bahan	Lokasi	Berat Isi Lepas (BiL) (T/m³)	Berat Isi Padat (BiP) (T/m³)
1	Agregat Kasar	Sumatera	1,278 - 1,319	1,380 - 1,687
		Jawa - Bali	1,257 - 1,368	1,370 - 1,614
		Nusa Tenggara	1,271 - 1,350	1,382 - 1,690
		Kalimantan	1,260 - 1,340	1,371 - 1,650
		Sulawesi	1,269 - 1,371	1,364 - 1,621
		Maluku	1,251 - 1,350	1,391 - 1,606
		Papua	1,300 - 1,350	1,300 - 1,600
2	Agregat Halus	Sumatera	1,293 - 1,319	1,308 - 1,650
		Jawa - Bali	1,282 - 1,340	1,308 - 1,650
		Nusa Tenggara	1,200 - 1,362	1,360 - 1,664
		Kalimantan	1,288 - 1,350	1,375 - 1,670
		Sulawesi	1,280 - 1,353	1,390 - 1,631
		Maluku	1,206 - 1,330	1,379 - 1,605
		Papua	1,250 - 1,340	1,350 - 1,600
Bila pada tabel, data tidak tersedia atau ditemukan nilai di luar angka-angka pada tabel maka data yang digunakan adalah data hasil pengujian Laboratorium.				

Tabel A.2.b – Berat Isi Agregat, Pasir, Tanah, Konversi Bahan Padat dan Lepas

No.	Nama Bahan	Berat Isi Padat (BiP) (T/m³)	Berat Isi Lepas (BiL) (T/m³)	Konversi bahan (Fk)	
				Fk1	Fk2
				L ke P	P ke L
1	WBMA/ DBMA	1.740 - 1.920	1.582 - 1.699	0.897	1.115
2	Batu belah (gunung/kali), boulder	1.200 - 1.250	0.914 - 0.960	0.765	1.307
3	Batu Kali	1.200 - 1.250	0.960 - 0.971	0.788	1.268
4	Chip (lolos ¾ ' tertahan No.4)	1.220 - 1.680	1.109 - 1.150	0.797	1.255
5	Chip (lolos No. 4 tertahan No.8)	1.430 - 1.680	1.300 - 1.327	0.849	1.177
6	Agregat Halus, hasil pemecah batu	1.380 - 1.680	1.254 - 1.624	0.938	1.066
7	Agregat Kasar, hasil pemecah batu	1.255 - 1.650	1.200 - 1.283	0.867	1.154
8	Agregat Kls A	1.740 - 1.810	1.303 - 1.582	0.811	1.232
9	Agregat Kls B	1.760 - 1.800	1.324 - 1.600	0.821	1.219
10	Sirtu	1.620 - 2.050	1.373 - 1.473	0.783	1.277
11	Pasir Pasang, Pasir Kasar/beton	1.520 - 1.620	1.243 - 1.422	0.848	1.180
12	Pasir Urug/ Tanah pilihan	1.300 - 1.600	1.040 - 1.151	0.760	1.316
13	Tanah biasa/tanah urug	1.300 - 1.450	1.040 - 1.145	0.795	1.258
15	Agregat ringan	1.352	1.057	0.782	1.279
16	Pasangan batu kosong	1.550 - 1.700	1.250 - 1.400	0.815	1.227
17	Material humus	1.300 - 1.500	1.100 - 1.200	0.823	1.215
18	Slag pecah (broken)	1.762 - 2.110	1.182 - 1.762	0.753	1.328
19	Slag padat (solid)	2.110			
Faktor konversi dapat diambil berdasarkan berat isi maksimum atau berat isi minimum, atau berat isi rata-rata keduanya. Bila ditemukan nilai di luar angka tersebut, atau bahan lain yang diperlukan, dapat digunakan berdasarkan bukti hasil uji Laboratorium					

Tabel A.2.c – Berat Isi Asbuton

No.	Nama Bahan	Berat isi Padat (T/m³)	
1	Asbuton halus, asbuton butir, mikro asbuton Tipe 5/20; 50/30,	1,02	1,04
1. Asbuton butir Tipe 5/20 : Kelas penetrasi 5 (0,1 mm) dan kelas kadar bitumen 20 %.			
2. Asbuton butir Tipe 50/30 : Kelas penetrasi 50 (0,1 mm) dan kelas kadar bitumen 30 %.			
Bila ditemukan nilai di luar angka tersebut, atau bahan lain yang diperlukan, dapat digunakan berdasarkan bukti hasil uji Laboratorium			

Tabel A.2.d– Berat Isi Campuran Beraspal

No.	Nama Bahan	Lokasi	Berat Isi Padat (D) (T/m³)	Kadar Aspal (%)
1	AC-WC	Sumatera	2,211 - 2,344	5,700 - 6,400
		Jawa - Bali	2,225 - 2,380	5,800 - 6,600
		Nusa Tenggara	2,288 - 2,374	5,800 - 6,600
		Kalimantan	2,290 - 2,317	5,700 - 6,600
		Sulawesi	2,276 - 2,378	5,700 - 6,600
		Maluku	2,254 – 2,365	5,800 - 6,500
		Papua	2,270 - 2,360	5,700 - 6,200
2	AC-BC	Sumatera	2,266 - 2,381	5,600 - 6,200
		Jawa - Bali	2,229 - 2,370	5,600 - 6,100
		Nusa Tenggara	2,296 - 2,387	5,600 - 6,000
		Kalimantan	2,211 - 2,393	5,660 - 6,000
		Sulawesi	2,285 – 2,320	5,600 - 6,000
		Maluku	2,276 – 2,387	5,700 – 5,600
		Papua	2,275 - 2,370	5,600 - 6,000
3	AC-Base	Sumatera	2,270 - 2,305	5,500 - 5,900
		Jawa - Bali	2,230 – 2,300	5,500 - 5,800
		Nusa Tenggara	2,211 - 2,392	5,500 - 5,800
		Kalimantan	2,291 - 2,375	5,500 - 5,700
		Sulawesi	2,200 - 2,340	5,500 - 5,600
		Maluku	2,200 - 2,340	5,500 - 5,900
		Papua	2,200 - 2,300	5,500 - 5,800
4	AC-WC Mod	Sumatera	2,249 - 2,318	5,700 - 6,300
		Jawa - Bali	2,232 - 2,366	5,800 - 6,600
		Nusa Tenggara	2,234 - 2,362	6,000 - 6,200
		Kalimantan	2,290 - 2,317	5,800 - 6,300
		Sulawesi	2,276 - 2,310	5,700 - 5,800
		Maluku	2,232 – 2,340	5,800 - 6,200
		Papua	2,280 - 2,375	5,700 - 6,200
5	AC-BC Mod	Sumatera	2,264 – 2,305	5,600 - 6,200
		Jawa - Bali	2,269 - 2,336	5,600 - 6,100
		Nusa Tenggara	2,284 - 2,362	5,660 – 5,800
		Kalimantan	2,211 - 2,393	5,660 - 6,000
		Sulawesi	2,220 - 2,340	5,600 - 5,700
		Maluku	2,216 – 2,308	5,700 - 6,000
		Papua	2,290 - 2,390	5,600 - 6,000
6	AC-Base Mod	Sumatera	2,270 - 2,305	5,500 - 5,900
		Jawa - Bali	2,230 - 2,349	5,500 - 5,800
		Nusa Tenggara	2,211 - 2,392	5,500 - 5,800
		Kalimantan	2,291 - 2,375	5,500 - 5,700
		Sulawesi	2,210 - 2,360	5,500 - 5,600
		Maluku	2,200 - 2,340	5,500 - 5,900
		Papua	2,200 - 2,320	5,500 - 5,800

No.	Nama Bahan	Lokasi	Berat Isi Padat (D) (T/m ³)	Kadar Aspal (%)
7	HRS-WC	Sumatera	2,170 - 2,290	5,960 - 6,520
		Jawa - Bali	2,170 - 2,290	5,360 - 6,520
		Nusa Tenggara	2,240 - 2,310	5,500 - 6,400
		Kalimantan	2,160 - 2,250	6,600 - 7,300
		Sulawesi	2,160 - 2,220	6,100 - 6,840
		Maluku	2,081 - 2,153	4,950 - 5,300
		Papua	2,200 - 2,220	6,000 - 8,000
8	HRS-Base		2,211 - 2,344	5,700 - 6,400
9	<i>Split Mastic/Matrix Asphalt (SMA) Tipis</i>		2,225 - 2,380	5,800 - 6,600
10	Latasir A		2,288 - 2,374	5,800 - 6,600
11	Latasir B		2,290 - 2,317	5,700 - 6,600
12	Cold Mix Recycled Foam Bitumen (CMRFB)		2,276 - 2,378	5,700 - 6,600
13	Cold Paving Hot Mix Asbuton (CPHMA)		2,254 - 2,365	5,800 - 6,500
N/A : Data tidak tersedia atau belum pernah diterapkan di wilayah tersebut. Bila pada tabel, data tidak tersedia atau ditemukan nilai di luar angka-angka pada tabel maka data yang digunakan adalah data hasil pengujian Laboratorium.				

Tabel A.2.e – Berat Isi Semen, Abu, Aspal, Kapur Curah dan Lateks

No.	Nama Bahan	Berat isi padat		Berat Jenis
		(T/m³)		
		Min	Maks	
1	Semen	1,250	1,506	3,140 – 3,150
2	Kapur	1,073	1,075	2,600 – 2,650
3	Abu terbang (<i>Fly ash</i>)	1,370	1,750	2,200 – 2,800
4	<i>Aspal</i>	0,960	1,050	0,860 – 1,020
5	<i>Superplasticizer</i> untuk beton semen	1,050	1,065	1,180 – 1,200
6	Zeolit	1,200	1,400	2,200 – 2,800
7	Polimer/ Lateks	1,020	1,100	1,100
8	Emulsifier	0,950	0,985	0,985
9	HCl	1,160	1,190	1,190
10	CaCl	1,980	2,150	2,150
11	Aspal emulsi, MC	0,975	0,985	0,985
12	Aditif aspal	0,990	1,008	1,008
13	Sealant aspal	1,005	1,008	1,006
Bila ditemukan nilai di luar angka tersebut, atau bahan lain yang diperlukan, dapat digunakan berdasarkan bukti hasil uji Laboratorium				

Tabel A.2.f - Berat Jenis Cat, Oli, Wax dan Minyak

No.	Nama Bahan	Berat Jenis	
		Min	Maks
1	Cat <i>thermoplastic</i> (variasi)	1,990	2,150
2	Cat <i>coldplastic</i> (utk zona aman)		1,200
3	Cat <i>Roadline waterbased</i> (area parkir dll)		1,200
4	Cat non thermoplastic (solvent based)	1,500	1,600
5	Cat besi, anti karat	1,300	1,600
6	Cat tembok	1,300	1,400
7	Minyak tanah	0,8	0,805
8	Minyak: Bensin, Premium	0,729	0,732
9	Minyak: <i>Bunker Oil</i> (BO), MFO, FO, MC	0,86	0,902
10	Minyak: Oli mesin SAE 40-50	0,862	0,874
11	Minyak: Solar	0,835	0, 840
12	Minyak: <i>Thinner</i>	0,628	0,680
13	Wax		0,87
Bila ditemukan nilai di luar angka tersebut, atau bahan lain yang diperlukan, dapat digunakan berdasarkan bukti hasil uji Laboratorium			
<i>Cat thermoplastic</i> digunakan sebagai garis menerus, modul, zebra cross, tanda panah, zevron, yang mana permukaan hasil aplikasinya berbentuk datar. Karakter/spesifikasi dari thermoplastic: Berat jenis (kg/L) :1,99. Titik lunak (°c) :106. Indeks cahaya (%)			
<i>Cat roadline waterbase</i> digunakan untuk membuat design areal parkir, garis pembatas parkir, tanda panah, blok pulau (island) dan penomoran. Selain itu jenis cat ini juga bisa digunakan untuk membuat desain lapisan permukaan pada lapangan olahraga serta untuk membuat lapisan permukaan lantai pabrik dan gudang pada sector industry. Karakteristik Berat jenis : 1,20			
<i>Cat solven base</i> digunakan untuk membuat tanda pada permukaan bandara(taxi way, run way, apron dan service road) serta bisa diaplikaikan untuk membuat tanda pada permukaan jalan dan pengaturan area parkir. Cat jenis ini lebih bagus untuk pengecatan kansteen karena cat ini selain cerah glooss juga memberi efek reflektif pada malam hari. Karakter cat: Berat jenis : 1,5-1,6. Kekentalan : 78-80. Daya tutup (kg/m2) : 1,75-2m2. Waktu pengeringan : 15-30 menit			
<i>Cat coldplastic</i> digunakan u ntuk zona selamat sekolah, jalur bus khusus, jalur sepeda dan zona rawan kecelakaan lalu lintas lainnya			

Tabel A.2.g - Berat Isi Campuran Berbasis Semen

No.	Nama Bahan	Berat Isi Campuran	Keterangan
		(T/m³)	
1	Beton semen tp tulangan	2.230 - 2.311	
2	Beton semen dg tulangan	2.430 - 2.511	
3	Beton Karet	2.240 - 2.380	s/d 9% berat
4	Beton serat (<i>fiber</i>)	2.240 - 2.389	s/d 0,4% berat
5	Beton ringan	1.440 - 1.840	www.NRMCA.org
6	<i>Lean concrete</i>	2.200 - 2.360	
7	Mortar busa	0.600 - 0.800	
8	Grouting semen	2.250 - 2.300	
9	Mortar semen-pasir	2.200 - 2.350	
10	Soil Semen	1.600 - 2.060	K.Semen:3 -- 8
11	CTB, RCC	2.140 - 2.310	
12	<i>Cement Treated Recycled Base (CTRB)</i>	2.065 - 2.112	
Bila ditemukan nilai di luar angka tersebut, atau bahan lain yang diperlukan, dapat digunakan berdasarkan bukti hasil uji Laboratorium			

Tabel A.2.h - Berat Isi Bahan Plastik, Kayu, Pipa (PVC, HDPE, GIP, DCIP),
Baja

No.	Nama Bahan	Minimum	Maksimum	Berat Jenis
		(T/m³)	(T/m³)	
1	Backer rod	0,340	0,350	
2	Plastik Polietilin			0,965
3	Polurethane foam			0,360
4	Epoxy resin			1,610
5	Bonding breaker			0,965
6	Curing Compound			1,000
7	PVC (Polyvinyl chloride)	0,500	1,200	
8	HDPE (High Density Poly-Ethylene)	0,500	1,000	
9	GIP (Galvanized Irin Pipe)	7,550	8,450	
10	DCIP (Ductile Cast Iron Pipe)	7,500	8,650	
11	Kayu	0,650	0,950	
12	Baja tulangan, Baja profil			7,856
13	Asphaltic plug	1,400	1,600	
14	Silicon seal			1,34
15	Karet alam, sintetis, neoprene	1025	1170	
16	Lem PVC	0,95	0,98	
Bila ditemukan nilai di luar angka tersebut, atau bahan lain yang diperlukan, dapat digunakan berdasarkan bukti hasil uji Laboratorium				

A.3 Faktor Kehilangan Bahan (Fh)

Tabel A.3.a - Faktor Kehilangan Bahan Berbentuk Curah dan Kemasan
pada Pekerjaan Jalan Beraspal

Bentuk Bahan	Perkiraan Jumlah bahan yang digunakan	
	< 100 m³	≥ 100 m³
Curah	1,053 – 1,080	1,032 – 1,068
Kemasan	1,022 – 1,040	1,009 – 1,033
Catatan :		
Sebagai ilustrasi, bila persediaan bahan yang ditimbun sebanyak 100 m³ maka bahan yang harus disiapkan adalah sebanyak 1,068 x 100 m³ = 1068 m³.		
Bila jumlah bahan kurang dari 100 kemasan ambil Fh maksimum 1,04 dan bila lebih besar dari pada 100 kemasan diambil Fh maksimum 1,033. Jadi bila bahan yang ditimbun sebanyak 200 kemasan akan mengalami kehilangan atau rusak mencapai sekitar 7 kemasan (sekitar 3,3%).		

Tabel A.3.b - Faktor Kehilangan Bahan Berbentuk Curah dan Kemasan
pada Pekerjaan Berbasis Semen atau Beton Semen

Bentuk bahan	Faktor kehilangan %
Semen	1,010 - 1,020
Pasir/ Agregat halus	1,050 – 1,100
Agregat kasar	1,050 – 1,100
Superplasticizer	1,010 - 1,020

Apabila digunakan angka/nilai diluar yang tercantum dalam tabel
harus merupakan hasil pengujian laboratorium

Tabel A.3.c - Faktor kehilangan Cat

Bentuk bahan	Alat yang digunakan	Faktor kehilangan (LF)	
		Min	Maks
Cat berbasis air	Manual	0,010	0,450
	Mekanis	0,080	0,350
Cat berbasis minyak	Manual	0,010	0,350
	Mekanis	0,080	0,250

A.4 - Komposisi Campuran Beton

Tabel A.4 - Komposisi Bahan Campuran Beton Semen Terhadap Berat
(Asumsi s = 3,5%; SU2018 Tb.7.1.3.2)

CONTOH KOMPOSISI BETON : SLUMP 5 cm; PARTIKEL MAKS.3/4" & BJ KJP (SSD) (KSR & PSR) = 2,56 & FM PSR = 2,75								
No.	Mutu	fc' (MPa)	f.a.s (W/C)	Semen (kg)	Fly Ash (kg)	Agregat Halus (kg)	Agregat Kasar (kg)	Batu Belah (kg)
1	Beton mutu tinggi	50	0.339	460	115	647	894	-
2	Beton mutu tinggi	45	0.351	445	111	654	903	-
3	Beton mutu sedang	40	0.375	417	104	681	903	-
4	Beton mutu sedang	35	0.412	379	95	698	925	-
5	Beton mutu sedang	30	0.455	428		731	930	-
6	Beton mutu sedang	25	0.509	383		764	934	-
7	Beton mutu sedang	20	0.59	330		818	922	-
8	Beton mutu rendah	15	0.666	293		850	921	-
9	Beton siklop	15	0.666	195		567	614	688
10	Beton mutu rendah	10	0.7	279		873	909	-
CONTOH KOMPOSISI SELF COMPACTED CONCRETE (SCC) : SLUMP FLOW 60 cm; DATA LAINNYA SAMA DNG DIATAS								
1	SCC mutu sedang	30	0.455	428	157	760	744	
2	SCC mutu sedang	25	0.509	383	156	795	747	
3	SCC mutu sedang	20	0.59	330	151	851	738	
Catatan : contoh komposisi di atas adalah perkiraan rancangan campuran awal dan dapat disesuaikan dengan sifat-sifat bahan yang digunakan dan tidak dapat dijadikan dasar untuk menolak hasil pekerjaan. Penggunaan fly ash adalah alternatif untuk mereduksi penggunaan kadar semen tinggi yang umumnya rawan terhadap retak rambut								

Catatan:

1) *Fly ash* maksimal 25% dari berat semen, untuk yang bukan SCC dan *fly ash* pada SCC tidak boleh disubstitusi dengan semen, karena merupakan komponen *powder* untuk memberikan *slump flow* yang dikehendaki.

2) Agregat kasar adalah batu pecah maksimum 19 mm.

Tabel A.4.a disajikan contoh Komposisi Beton, Slump 5 cm, Ukuran Agregat maksimum ¾”, Berat Jenis kering permukaan jenuh (saturated surface dry, SSD) 2,66; Modulus kehalusan (Fineness Modulus) 2,75. Jika tidak menggunakan *fly ash* maka berat *fly ash* akan dianggap semen pada berat yang sama.

Tabel A.4.a – Praktek Standar untuk Pemilihan Proporsi Beton Normal, Beton Berat, dan Beton Massa (Pendekatan ACI 211.1)

Slump	=	100 ± 25	mm	(Beton Mutu Rendah dan Sedang)					
Slump	=	50 ± 25	mm	(Beton Mutu Tinggi)					
Agg	=	19	mm						
BJ (SSD) (KSR & PSR)	=	2.56		Fly Ash	=	20%			
FM PSR	=	2.75							
No.	Mutu	fc (MPa)	f.a.s (W/C)	PC (kg/m3)	Cementitious Materials		Agregat Halus (kg/m3)	Agregat Kasar (kg/m3)	Air (kg/m3)
					PC (kg/m3)	Fly Ash (kg/m3)			
1	Beton mutu tinggi	50	0.316	592	473	118	562	1009	187
2	Beton mutu tinggi	45	0.333	561	449	112	592	1009	187
3	Beton mutu sedang	40	0.357	565	452	113	573	1009	202
4	Beton mutu sedang	35	0.396	509	408	102	629	1009	202
5	Beton mutu sedang	31	0.431	468	468		671	1009	202
6	Beton mutu sedang	30	0.441	457	457		681	1009	202
7	Beton mutu sedang	28	0.461	437	437		701	1009	202
8	Beton mutu sedang	25	0.495	407	407		731	1009	202
9	Beton mutu sedang	21	0.548	368	368		770	1009	202
10	Beton mutu sedang	20	0.579	348	348		790	1009	202
11	Beton mutu rendah	17	0.627	322	322		817	1009	202
12	Beton mutu rendah	15	0.659	306	306		832	1009	202
13	Beton mutu rendah	10	0.755	267	267		871	1009	202
14	Beton mutu rendah	7.5	0.806	250	250		888	1009	202

A.5 - Berat Besi/Baja Tulangan, Baja Prategang/Kawat *Strand*

Tabel A.5.a - Berat Baja Tulangan Beton Batang Polos (BjTP) Per Meter

Baja Tulangan Polos (BjTP 280)						SNI 2052:2017
No.	Penamaan	Diameter nominal (d)	Panjang	Berat/Batang	Berat nominal per meter*	Luas penampang nominal (A)
		(mm)	(m)	(kg/batang)	(kg/m)	(mm ²)
1	P 6	6	12	2,66	0,222	28
2	P 8	8	12	4,74	0,395	50
3	P 10	10	12	7,40	0,617	79
4	P 12	12	12	10,65	0,888	113
5	P 14	14	12	14,50	1,208	154
6	P 16	16	12	18,94	1,578	201
7	P 19	19	12	26,71	2,226	284
8	P 22	22	12	35,81	2,984	380
9	P 25	25	12	46,24	3,853	491
10	P 28	28	12	58,00	4,834	616
11	P 31	31	12	75,76	6,313	804
12	P 36	36	12	95,88	7,990	1018
13	P 40	40	12	118,38	9,865	1257
14	P 50	50	12	184,96	15,413	1964

CATATAN:

- *sebagai referensi
- Cara menghitung luas penampang nominal, keliling nominal, berat nominal dan ukuran adalah sebagai berikut:

a) Luas penampang nominal (A) $A = 0,7854 \times d^2$ (mm²) d = diameter nominal (mm)

b) Berat nominal = $(0,785 \times 0,7854 \times d^2)/100$ (kg/m)

**Tabel A.5.b - Berat Baja Tulangan Beton Batang Sirip (BjTS) per Meter
(SNI 2052:2017)**

Baja Tulangan Polos (BjTS 320)									SNI 2052:2017	
No.	Penamaan	Diameter nominal (d)	Panjang	Berat/Batang	Berat nominal per meter	Luas Penampang Nominal (A)	Tinggi Sirip (H)		Jarak Sirip Melintang (A) Maks	Lebar Sirip Membujur (T) Maks
		(mm)					(m)	(kg/batang)		
1	S 6	6	12	2,66	0,222	28	0,3	0,6	4,2	4,7
2	S 8	8	12	4,74	0,395	50	0,4	0,8	5,6	6,3
3	S 10	10	12	7,40	0,617	79	0,5	1,0	7,0	7,9
4	S 13	13	12	12,50	1,042	133	0,7	1,3	9,1	10,2
5	S 16	16	12	18,94	1,578	201	0,8	1,6	11,2	12,6
6	S 19	19	12	26,71	2,226	284	1,0	1,9	13,3	14,9
7	S 22	22	12	35,81	2,984	380	1,1	2,2	15,4	17,3
8	S 25	25	12	46,24	3,853	491	1,3	2,5	17,5	19,7
9	S 29	29	12	62,22	5,185	661	1,5	2,9	20,3	22,8
10	S 32	32	12	75,76	6,313	804	1,6	3,2	22,4	25,1
11	S 36	36	12	95,88	7,990	1018	1,8	3,6	25,2	28,3
12	S 40	40	12	118,38	9,865	1257	2,0	4,0	28,0	31,4
13	S 50	50	12	184,96	15,413	1964	2,5	5,0	35,0	39,3
14	S 54	54	12	215,74	17,978	2290	2,7	5,4	37,8	42,3
15	S 57	57	12	240,37	20,031	2552	2,9	5,7	39,9	44,6

CATATAN:

1. Diameter nominal hanya dipergunakan untuk perhitungan parameter nominal lainnya dan tidak perlu diukur
2. Cara menghitung luas penampang nominal, keliling nominal, berat nominal dan ukuran sirip/ulir adalah sebagai berikut
 - a. Luas penampang nominal (A)
 $A = 0,7854 \times d^2$ (mm²)
d = diameter nominal (mm)
 - b. Berat nominal = $(0,785 \times 0,7854 \times d^2)/100$ (kg/m)
 - c. Jarak sirip melintang maksimum = 0,70 d
 - d. Tinggi sirip minimum = 0,05 d
Tinggi sirip maksimum = 0,10 d
 - e. Jumlah 2 (dua) sirip membujur maksimum = 0,25 K
Keliling nominal (K)
 $K = 0,3142 \times d$ (mm)

Tabel A.5.c – Mutu Kawat Baja Prategang/Strand, Dimensi dan Berat (Kg/ m) (SNI 1154:2016)

Kawat Baja Prategang (KBjP-P7)					SNI 1154:2016
Simbol	Diameter Nominal Pilinan, (mm)	Toleransi Diameter, (mm)	Luas Penampang Nominal, (mm2)	Berat Nominal, (g /m')	Selisih Diameter Kawat Inti dan Kawat Luar, Min, (mm)
BHjP-P7 N.A KBjP-P7 R.A	6,4	± 0,40	23	182	0,025
	7,9		37	294	0,038
	9,5		52	405	0,051
	11,1		69,7	548	0,064
	12,7		92,8	730	0,078
	15,2		139	1090	0,102
KBjP-P7 N.A KBjP-P7 R.A	9,53	+ ,65 -0,15	55	430	0,051
	11,1		74,2	580	0,064
	12,7		98,7	780	0,076
	13,2		108	840	0,076
	14,3		124	970	0,089
	15,2		140	1100	0,102
	15,7		150	1200	0,102
	17,8		190	1500	0,114

Tabel A.5.d – Berat dan Dimensi Baja Tulangan Wire Mesh

Type	Diameter (mm)	Ukuran per lembar (m)	Spasi (cm)	Berat per lembar, normal	Berat Aktual (kg/lembar)			Berat per m ²	Berat normal per m ³ beton, Kg			
					Toleransi, mm				Tebal beton, m			
					0,2	0,3	0,5		0,2	0,25	0,3	0,35
M4	4	2,1 x 5,4	15 x 15	15,45	13,94	13,22	11,83	1,362	6,812	5,450	6,812	5,450
M5	5	2,1 x 5,4	15 x 15	24,14	22,24	21,33	19,55	2,129	10,644	8,515	10,644	8,515
M6	6	2,1 x 5,4	15 x 15	34,76	32,48	31,37	29,2	3,065	15,326	12,261	15,326	12,261
M7	7	2,1 x 5,4	15 x 15	47,31	44,64	43,34	40,79	4,172	20,860	16,688	20,860	16,688
M8	8	2,1 x 5,4	15 x 15	61,79	58,74	57,24	54,31	5,449	27,244	21,795	27,244	21,795
M9	9	2,1 x 5,4	15 x 15	78,2	74,76	73,07	69,75	6,896	34,480	27,584	34,480	27,584
M10	10	2,1 x 5,4	15 x 15	96,54	92,72	90,84	87,13	8,513	42,566	34,053	42,566	34,053
M11	11	2,1 x 5,4	15 x 15	116,82	112,61	110,53	106,44	10,302	51,508	41,206	51,508	41,206
M12	12	2,1 x 5,4	15 x 15	139,02	134,43	132,16	127,68	12,259	61,296	49,037	61,296	49,037

Tabel A.5.e – Perkiraan Baja Tulangan Untuk Konstruksi Beton

Jenis Konstruksi	Kg/m3	Volume (%)
Kolom	150 - 200	2 - 3
Balok	100 - 150	1,5 - 2
Pelat	80 - 100	0,5 - 1,5
Tiang Pancang	80- 100	2 - 3
Rakit (Raft)	90 - 120	-

Catatan : Angka tersebut adalah hanya perkiraan dan dapat berubah sesuai dengan rancangan (disain) atau sesuai dengan kebutuhan untuk kestabilan konstruksi. (Ref: Dari berbagai sumber)

Apabila digunakan angka/nilai diluar yang tercantum dalam tabel harus merupakan hasil pengujian laboratorium

B. Analisis Produktivitas Alat

Produktivitas dapat diartikan sebagai perbandingan antara *output* (hasil produksi) terhadap *input* (komponen produksi: tenaga kerja, bahan, peralatan, dan waktu). Jadi dalam Analisis Produktivitas dapat dinyatakan sebagai rasio antara *output* terhadap *input* dan waktu (jam atau hari). Bila *input* dan waktu kecil maka *output* semakin besar sehingga produktivitas semakin tinggi. Faktor yang mempengaruhi Analisis Produktivitas antara lain waktu siklus, faktor kembang-susut atau faktor konversi volume bahan, faktor alat, dan faktor kehilangan.

B.1 Waktu Siklus

Dalam operasi penggunaan alat dikenal pula waktu siklus, yaitu waktu yang diperlukan alat untuk beroperasi pada pekerjaan yang sama secara berulang untuk menghasilkan suatu produk. Waktu siklus ini akan berpengaruh terhadap kapasitas produksi dan Koefisien Peralatan.

Contoh penentuan waktu siklus (T_s) untuk *dump truck* yang mengangkut tanah, dihitung sejak mulai diisi sampai penuh (T_1), kemudian menuju tempat penumpahan (T_2), waktu pasti (penumpahan dan ambil posisi siap dimuat kembali, 1,25 - 1,65 menit) (T_3) dan kembali kosong ke tempat semula (T_4).

Waktu siklus,

$$T_s = T_1 + T_2 + T_3 + T_4, \text{ atau } T_s = \sum_{n=1}^n T_n \text{ dalam satuan menit} \quad (15)$$

Referensi: Komatsu, 2007

B.2 Faktor Pemampatan (*Bulking Factor*) (F_k)

Dalam menentukan keperluan bahan (bahan dasar yang ada di *quarry* perlu diperhitungkan pula adanya faktor pemampatan (bukan faktor kehilangan) akibat pengerjaan atau angkutan).

Faktor pemampatan bahan (bahan baku yang ada di stock pile) disebabkan berbagai hal ditunjukkan dalam Tabel A.1

B.3 Koefisien Bahan, Peralatan, dan Tenaga Kerja

B.3.1 Koefisien Bahan

Bahan yang dimaksud adalah bahan/material yang memenuhi ketentuan/persyaratan yang tercantum dalam dokumen atau spesifikasi, mengenai jenis, kuantitas maupun komposisinya bila merupakan suatu produk

campuran (langsung tercantum pada tabel maupun tidak langsung berdasarkan perhitungan).

Perhitungan dilakukan antara lain berdasarkan:

- a. faktor konversi bahan;
- b. faktor pemampatan bahan; dan
- c. kuantitas.

Faktor konversi bahan dan faktor pemampatan bahan pada dasarnya dapat ditetapkan berdasarkan pengalaman, pengamatan dan hasil uji laboratorium. Untuk aplikasi dapat menggunakan tabel dalam dokumen Tata Cara Penyusunan Perkiraan Biaya Pekerjaan Konstruksi Bidang PUPR Bagian Umum.

Kuantitas bahan-bahan yang diperlukan dalam analisis adalah untuk mendapatkan koefisien bahan dalam satuan pengukuran (m^1 , m^2 , m^3 , ton, kg, liter, dan lain-lain). Simbol berat isi bahan pada umumnya berat isi padat (BiP). Bila dalam analisis diperlukan berat isi lepas, simbol berat isi lepas dapat menggunakan BiL.

Faktor konversi bahan dan faktor pemampatan bahan dapat berpengaruh terhadap analisis Koefisien Bahan.

Berbagai jenis tanah dalam keadaan asli (sebelum digali), telah menjadi lepas-lepas (*loose*) karena pengerjaan galian atau pengurugan menggunakan alat penggali, yang kemudian dipadatkan, kuantitasnya akan berlainan akibat dari faktor pengembangan dan penyusutan bahan.

Dalam dokumen Tata Cara Penyusunan Perkiraan Biaya Pekerjaan Konstruksi Bidang PUPR Bagian Bina Marga disajikan perhitungan kuantitas bahan pada pekerjaan pemadatan suatu bahan atau campuran.

- Bahan yang akan digunakan untuk pemadatan sebanyak $1 m^3$, maka kuantitas bahan yang disiapkan atau dibeli harus dalam kondisi lepas. Kuantitas bahan yang disediakan menjadi:

$$1 m^3 : F_k \quad (16)$$

- Bahan yang akan digunakan untuk pemadatan sebanyak 1 ton, maka kuantitas bahan yang disiapkan dalam satuan m^3 adalah dalam kondisi lepas. Kuantitas bahan yang disediakan menjadi:

$$1 \text{ ton} : D \quad (17)$$

- Bahan-bahan yang akan digunakan dalam satuan % untuk pemadatan sebanyak 1 (satu) ton, maka kuantitas bahan yang disiapkan dalam satuan berat (ton atau kg), menjadi:

$$\% \text{ Bahan} \times 1 \text{ m}^3 \times (1 \text{ untuk ton, atau } 1.000 \text{ untuk satuan kg}) \quad (18)$$

KETERANGAN:

% bahan	:	persentase bahan (agregat, tanah, dan lain-lain) yang digunakan dalam suatu campuran.
D _n	:	berat isi padat bahan (agregat, tanah, dan lain-lain) atau campuran beraspal yang digunakan.
BiL	:	berat isi lepas bahan (agregat, tanah, dan lain-lain) atau campuran beraspal yang digunakan. Berat isi lepas (BiL) sama dengan D dibagi faktor konversi lepas ke padat.
1 m ³	:	salah satu satuan pengukuran bahan atau campuran.
F _h	:	faktor kehilangan bahan berbentuk curah atau kemasan, yang besarnya bervariasi. Lihat dokumen Tata Cara Penyusunan Perkiraan Biaya Pekerjaan Konstruksi Bidang PUPR Bagian Umum.
F _k	:	faktor pemampatan (<i>bulking factor</i>), atau lepas ke asli yang besarnya kurang dari nilai 1 (satu). Lihat dalam dokumen Tata Cara Penyusunan Perkiraan Biaya Pekerjaan Konstruksi Bidang PUPR Bagian Umum.
1.000	:	perkalian dari satuan ton ke kg.
n	:	bilangan tetap yang ditulis <i>sub script</i> .

Contoh analisis untuk menentukan Koefisien Bahan diperlihatkan contoh dalam dokumen Tata Cara Penyusunan Perkiraan Biaya Pekerjaan Konstruksi Bidang PUPR Bagian Bina Marga.

B.3.2 Koefisien Peralatan

B.3.2.1 Hubungan Koefisien Alat dan Kapasitas Produksi

Koefisien Peralatan adalah waktu yang diperlukan (dalam satuan jam) oleh suatu alat untuk menyelesaikan atau menghasilkan produksi sebesar satu satuan kuantitas jenis pekerjaan. Data utama yang diperlukan untuk perhitungan efisiensi alat ini adalah:

- jenis alat;
- kapasitas produksi;
- faktor efisiensi alat;
- waktu siklus; dan
- kapasitas produksi alat.

Untuk keperluan analisis diperlukan satu atau lebih alat berat. Setiap alat mempunyai kapasitas produksi (Q) yang bermacam-macam, tergantung pada jenis alat, faktor efisiensi alat, kapasitas alat, dan waktu siklus.

Satuan kapasitas produksi alat adalah satu satuan pengukuran per jam. Koefisien alat (Ka) adalah berbanding terbalik dengan kapasitas produksi.

$$K_a = 1 / Q \quad (19)$$

Keterangan:

Ka : koefisien alat dengan satuan berupa satuan waktu (jam atau hari).

Q : kapasitas produksi dengan satuan berupa satuan pengukuran per satuan waktu.

Perhitungan hasil produksi alat dapat dilihat pada analisis biaya langsung untuk menghitung koefisien alat di dokumen Tata Cara Penyusunan Perkiraan Biaya Pekerjaan Konstruksi Bidang PUPR Bagian Bina Marga.

B.3.2.2 Kapasitas Produksi Alat

Berikut ini beberapa contoh rumus kapasitas produksi alat yang digunakan. Penyebutan merk semata-mata hanya untuk penyesuaian spesifikasi sesuai dengan katalog atau brosur.

1) Asphalt Mixing Plant (AMP) (E01)

Contoh alat: *Shin Saeng* (SPECO) –TSAP 1000 AS dengan modifikasi thermal oil heater (Mitra Boiler atau yang sejenis).

Sesuai dengan informasi katalog alat, spesifikasi teknis alat yang dimaksud adalah sebagai berikut:

- kapasitas amp, $C_p = v = 60$ ton/jam;
- tenaga penggerak, $P_w = 294$ hp;
- kapasitas tangki aspal, $C_a = (30.000 \times 2)$ liter;
- kapasitas *pugmill*, $M_p = 1.000$ kg (waktu pencampuran berdasarkan % *coating* bitumen terhadap agregat, tidak fix);
- kapasitas tangki oli pemanas (*heater oil, oil transfer fluid*), $C_{tf} = 179$ liter.

- bahan bakar pemanas agregat, $12 \times 0,7 \times C_p$; liter/jam
- bahan bakar pemanas oli, $0,001 \times C_a$, liter/jam
- oli pemanas (*transfer fluid oil*) = $C_{tf}/37.500$; liter/jam (35.000 s.d. 40.000 jam)

Dengan spesifikasi alat tersebut, maka dapat dihitung kapasitas produksi AMP/jam sebagai berikut:

Kapasitas produksi (ton/jam):

$$Q = v \times F_a \tag{20}$$

Keterangan:

v atau C_p : kapasitas AMP, 60 ton/jam.

F_a : faktor efisiensi alat AMP (diambil kondisi paling baik sekali, 0,83). Lihat Tabel A.5.

Tabel A.5 – Faktor Efisiensi Alat (F_a)

Kondisi operasi	Pemeliharaan mesin				
	Baik sekali	Baik	Sedang	Buruk	Buruk sekali
Baik sekali	0.83	0.81	0.76	0.70	0.63
Baik	0.78	0.75	0.71	0.65	0.60
Sedang	0.72	0.69	0.65	0.60	0.54
Buruk	0.63	0.61	0.57	0.52	0.45
Buruk sekali	0.53	0.50	0.47	0.42	0.32
Angka dalam warna kelabu adalah tidak disarankan. Faktor efisiensi ini adalah didasarkan atas kondisi operasi dan pemeliharaan secara umum. Faktor efisiensi untuk setiap jenis alat bisa berbeda. Lihat Tabel 5, Tabel 6, Tabel 7, dan Tabel 12.					

2) *Asphalt Finisher (Asphalt Paving Machine)* (E02)

Contoh alat: VÖGELE, SUPER 1203.

Sesuai dengan informasi katalog alat, spesifikasi teknis alat yang dimaksud adalah sebagai berikut:

- kapasitas *hopper*, $cp = 10$ ton;
- tenaga penggerak, $pw = 72,4$ HP;
- kapasitas lebar penghamparan, $b = 3,15$ m;
- kapasitas tebal penghamparan, $t = 0,25$ m (maksimum);
- kecepatan menghampar, $v = 5,00$ m/menit.

Kapasitas produksi (ton/jam):

$$Q = v \times b \times 60 \times F_a \times t \times D_1 \quad (21a)$$

Kapasitas produksi (m³/jam):

$$Q = v \times b \times 60 \times F_a \times t \quad (21b)$$

Kapasitas produksi (m²/jam):

$$Q = v \times b \times 60 \times F_a \quad (21c)$$

Keterangan:

v : kecepatan menghampar (5 m/menit).

F_a : faktor efisiensi alat AMP (diambil kondisi kerja paling baik sekali, 0,83). Lihat Tabel A.5.

b : lebar hamparan (m).

D₁ : berat isi campuran beraspal (ton/m³).

t : tebal, m (maksimum 0,25 m).

60 : perkalian 1 jam ke menit.

Jenis *asphalt finisher* dengan kapasitas lainnya:

- E02a, *asphalt finisher*; BF 223; 200 T/jam; 49,4 HP;
- E02b, *asphalt finisher*; BF 300P; 300 T/jam; 55,4 HP;
- E02c, *asphalt finisher*; BF 600C; 600 T/jam; 115 HP;
- A02d, *asphalt finisher*; BF 800C; 800 T/jam; 135 HP.

3) *Asphalt Sprayer (Hand Sprayer)* (E03)

Asphalt sprayer hanya digunakan di jalan lingkungan dan tidak digunakan lagi di Ditjen Bina Marga, yang mengharuskan penggunaan *Asphalt Distributor*. Contoh untuk perhitungan *asphalt distributor* ada di nomor 41).

Contoh *Hand Sprayer*: Bukaka BAS – 850 TA

Sesuai dengan informasi katalog alat, spesifikasi teknis alat yang dimaksud adalah sebagai berikut:

- Kapasitas tangki aspal, Cp = 850 - 1200 liter;
- Tenaga penggerak, Pw = 5,5 HP;

- Kapasitas pompa aspal, $p_a = 55$ liter/menit.

Kapasitas produksi (liter/jam) (berdasarkan banyaknya pemakaian aspal, Q1):

$$=V \times F_b \times F_a \quad (22a)$$

Kapasitas produksi (m^2 /jam) (berdasarkan luas permukaan yang disemprot aspal, Q2):

$$=V \times l_t \times F_b \times F_a \quad (22b)$$

Keterangan:

p_a : kapasitas pompa aspal (liter/menit).

F_a : faktor efisiensi alat (diambil kondisi baik sekali, $F_a = 0,83$).

l_t : pemakaian aspal (liter) tiap m^2 luas permukaan (misal $0,8$ liter/ m^2).

60 : perkalian 1 (satu) jam ke menit.

4) *Bulldozer* (E04)

Contoh: Komatsu D61 EX-15 (TQ)

Sesuai dengan informasi katalog alat, spesifikasi teknis alat yang dimaksud adalah sebagai berikut:

- Tenaga penggerak, $P_w = 155$ HP;
- Lebar/bentang pisau (*blade*), $L = 3,175$ m;
- Tinggi pisau, $H = 1,3$ m;
- Kapasitas pisau, $q = L \times H^2 = 5,366 = 5,4$ m^3 .

Data kondisi dan faktor-faktor diambil dari tabel maupun grafik buku referensi *Specification and Application Handbook, Komatsu Edition 28 Tahun 2007*, halaman 15A-4 dan 15A-5.

Jenis *Bulldozer* dengan kapasitas lainnya:

- E04a, *bulldozer*, D39EX-22; 2,21 M^3 ; 105 HP;
- E04b, *bulldozer*, D39PX-22; 2,3 M^3 ; 105 HP;
- E04c, *bulldozer*, D5R-XL; 4 M^3 ; 173 HP;
- E04d, *bulldozer*, D65P-12; 3,6 M^3 ; 190 HP;
- E04e, *bulldozer*, 200 HP; D85255-2; 3 M^3 ; 190 HP;
- E04f, *bulldozer*, D85E-55-2; 3,4 M^3 ; 210 HP.

a) Rumus kapasitas produksi (Q1) per m³ untuk menggusur/mengupas:

$$Q_1 = \frac{(L \times H^2) F_b \times F_m \times F_{aBul} \times 60}{T_s} \quad (23a)$$

atau

$$Q_1 = \frac{q \times F_b \times F_m \times F_{aBul} \times 60}{T_s} \quad (23b)$$

Keterangan:

F_{aBul} : faktor efisiensi alat *bulldozer*, 0,83 (kondisi baik).

Lihat Tabel A.6 – Faktor Efisiensi Alat Bulldozer (F_{aBul})

F_m : faktor kemiringan pisau (*grade*), diambil = 1,0 (mudah) untuk datar (0%). Lihat Gambar 4 – Faktor Kemiringan (*grade factor*, F_m) *Bulldozer*

F_b : faktor pisau (*blade factor*), diambil = 1,0 (mudah). Lihat Tabel A.7 – Faktor Pisau *Bulldozer* (*Blade Fill Factor*, F_b).

T_s : waktu siklus, $T_s = T_1 + T_2 + T_3 = \frac{1 \times 60}{v_F} + \frac{1 \times 60}{v_R} + Z$ (menit).

v_F : kecepatan mendorong/mengupas (maju) (3,0 km/Jam).

v_R : kecepatan mundur kembali, (4,0 km/jam).

l : jarak pengupasan, (30 m, asumsi).

T_1 : waktu mendorong (menit).

T_2 : waktu mundur (menit).

T_3 : waktu lain-lain (waktu transmisi peralatan hidrolis).

60 : perkalian 1 jam ke menit.

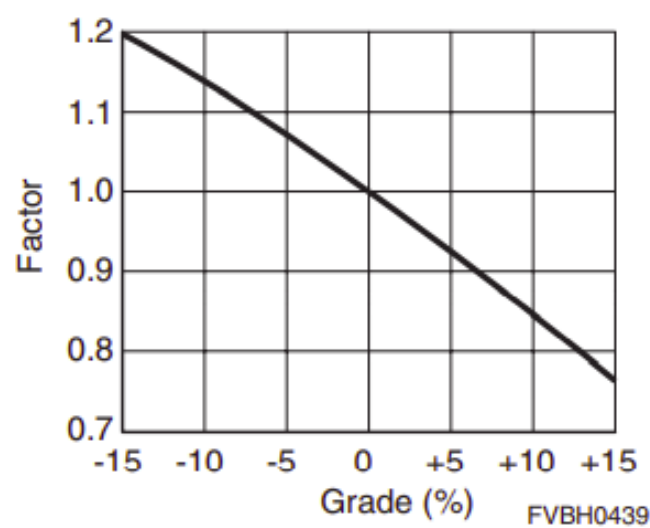
Z : waktu pasti (*fixed time*):

$Z = 0,10$ menit (transmisi jenis *Direct Drive*, DD).

$Z = 0,05$ menit (transmisi jenis *Torque Converter*, TC).

Tabel A.6 – Faktor Efisiensi Alat *Bulldozer* (F_{aBul})

Kondisi kerja	Efisiensi kerja
Baik	0,83
Sedang	0,75
Kurang baik	0,67
Buruk	0,58
Bibliografi: 2)Specifications and Application Hand book, Komatsu, Edition 28- Des2007, pg. 15A-5	



Gambar 4 - Faktor Kemiringan (*grade factor, F_m*) Bulldozer

Tabel A.7 – Faktor Pisau Bulldozer (*Blade Fill Factor, F_b*)

Kondisi kerja	Kondisi permukaan	Faktor pisau
Mudah	Tidak keras/ padat, tanah biasa, kadar air rendah, bahan timbunan	1,10 – 0,90
Sedang	Tidal terlalu keras/ padat, sedikit mengandung pasir, kerikil, agregat halus	0,90 – 0,70
Agak sulit	Kadar air agak tinggi, mengandung tanah liat, berpasir, kering/ keras	0,70 – 0,60
Sulit	Batu hasil ledakan, batu belah ukuran besar	0,60 – 0,40

b) Rumus kapasitas produksi untuk meratakan hamparan (m^2):

$$Q = \frac{1 \times \{ N \times (b - b_o) + b_o \} \times F_b \times F_m \times F_{aBul} \times 60}{N \times n \times T_s} \dots\dots\dots (23c)$$

Keterangan:

Q : kapasitas untuk perataan (m² / jam).

b : lebar pisau alat (m).

b_o : lebar overlap, (diambil 0,30 m); m.

n : jumlah lintasan (passing), (diambil n = 4 lintasan).

N : jumlah “lajur” lintasan pengupasan selebar b_{ef} = (b – b_o) di area pekerjaan, N (kali) dihitung sebagai berikut:

- U untuk lebar area pekerjaan (W), maka $N = W / b_{ef}$;

- W adalah lebar area pekerjaan (m).

l : jarak pengupasan (diambil 30 m) (m).

F_a : faktor efisiensi alat *bulldozer*. Lihat Tabel A.6.

F_b : faktor pisau (*blade*). Lihat Tabel A.7.

F_m : faktor kemiringan pisau (grade), diambil 1,0 utk datar (0%); 1,2 utk menurun (-15%); 0,7 utk menanjak (+15%).

T_S : waktu siklus,
$$T_s = T_1 + T_2 + T_3 = \frac{l \times 60}{v_F} + \frac{l \times 60}{v_R} + Z$$
 (menit).

Keterangan:

v_F kecepatan mendorong; 3,0 km/Jam atau disesuaikan;

v_R kecepatan mundur; 4,0 km/Jam atau disesuaikan;

T₁ waktu mendorong (menit);

T₂ waktu mundur (menit);

T₃ waktu lain-lain (waktu transmisi peralatan hidrolis Z antara 0,05 dan 0,1 menit);

60 adalah perkalian 1 jam ke menit;

Z adalah waktu pasti (*fixed time*):

- Z = 0,10 menit (transmisi jenis *Direct Drive*, DD);

- Z = 0,05 menit (transmisi jenis *Torque Converter*, TC).

Hasil produksi yang sebenarnya dari suatu peralatan yang digunakan bisa tidak sama dengan hasil perhitungan berdasarkan data kapasitas

yang tertulis pada brosur, karena banyaknya faktor-faktor yang mempengaruhi proses produksi.

5) Air compressor (E05)

Contoh alat: *Atlas Copco*, XA/S – 85Dd.

Sesuai dengan informasi katalog alat, spesifikasi teknis alat yang dimaksud adalah sebagai berikut:

- Kapasitas udara, $V = C_p = 180 \text{ CFM} = 5.000 \text{ liter/menit}$;
- Tenaga penggerak, $P_w = 75 \text{ HP}$.

Alat ini digunakan sebagai sumber tenaga berbentuk udara bertekanan tinggi untuk *jack hammer*, *rock drill*, atau *concrete breaker* untuk penghancuran. Digunakan pula untuk membersihkan area yang akan dikerjakan dari kotoran-kotoran dan debu dalam persiapan untuk pelapisan penyemprotan aspal lapis peresap atau aspal lapis perekat.

a) Pemakaian untuk *Jack Hammer*.

Contoh alat: *Atlas Copco* TEX – 21 S.

Sesuai dengan informasi katalog alat, spesifikasi teknis alat yang dimaksud adalah sebagai berikut:

- Kapasitas konsumsi udara $V = 1,33 \text{ m}^3/\text{menit}$;
- $F_a = 0,83$ (baik sekali). *Compresor* dan *Jack Hammer*. Lihat Tabel A.5;
- Kapasitas produksi (pemecahan / penghancuran) tiap m^2 luas permukaan = 5 menit (asumsi);
- Kapasitas produksi (m^2/jam):

$$Q_1 = \frac{60}{5} \times 1,00 \times F_a \dots\dots\dots (24)$$
$$= 12 \times 1,00 \times 0,83 = 9,96$$

(*Air Compressor* E05, dan *Jack Hammer* E26).

Keterangan:

- F_a : faktor efisiensi alat. Lihat Tabel A.5.
- 5 menit : asumsi kapasitas produksi pemecahan per 1 m^2 luas permukaan perkerasan *hot mix* satu lapis tanpa dibantu alat lain (*cutter*). Kapasitas ini akan meningkat apabila dibantu dengan alat lain.
- 60 : perkalian 1 jam ke menit.

- Kebutuhan produksi udara *Jack Hammer* (E26)(m³/jam):

$$= \frac{V \times 60}{F_a} \dots\dots\dots(25a)$$
$$= \frac{1,33 \times 60}{0,83} = 96,15$$

-

b) Apabila *Compressor* (E05) dipakai sebagai pembersih area proyek (permukaan jalan) yang akan dilabur aspal.
Diasumsikan tiap menit dapat membersihkan permukaan seluas V = 10 m²/menit

Kapasitas produksi (m² / jam) :

$$Q_2 = V \times F_a \times 60 \dots\dots\dots(25b) \qquad Q_2 = 10 \times 0,83 \times 60 = 498,00$$

Umumnya *idle time* terjadi pada penggunaan *compressor* ini, sehingga kapasitas produksi sering diambil sama dengan peralatan lain yang digunakan bersama-sama, misalnya *asphalt distributor* (bukan *hand sprayer*)

6) *Concrete Mixer* (E06)

Contoh alat: Golden Star SM-500.

Sesuai dengan informasi katalog alat, spesifikasi teknis alat yang dimaksud adalah sebagai berikut:

Kapasitas mencampur, v = Cp = 500 liter.

Kapasitas produksi (m³/jam):

$$Q = \frac{v \times F_a \times 60}{1000 \times T_s} \dots\dots\dots(26)$$

Keterangan:

Untuk membuat campuran beton semen atau campuran aspal dingin:

- Q : kapasitas produksi (m³ /jam).
- v atau Cp : kapasitas mencampur; diambil 0,5 m³
- F_a : faktor efisiensi alat. Lihat Tabel A.5.

T_s : waktu siklus, $T_s = \sum_{n=1}^n T_n$ menit.

T_1 : waktu mengisi; diambil 0,50 (menit);

T_2 : waktu mencampur; diambil 1,0 (menit);

T_3 : waktu menuang; diambil 0,30 (menit);

T_4 : waktu menunggu; diambil 0,20 (menit);

$T_s = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 = 2,00$ menit.

Jenis Concrete Mixer dengan kapasitas lainnya:

- E06a, *concrete mixer*, 350 Ltr, 20 HP, pindahan dari No. E47.
- E06b, *concrete mixing plant*, HZS90D, 90 M³/jam; 60 HP.
- E06c, *concrete pan mixer*, 600 Liter, 134 HP, pindahan dari No. E43.

7) *Crane* (10 – 15) Ton (E07)

Sesuai dengan informasi katalog alat, spesifikasi teknis alat yang dimaksud adalah sebagai berikut:

Contoh: *Crane* dengan kapasitas 10-15 Ton; PM 36524 S, *crane on truck*, 260 HP, mengangkat gorong-gorong di *base camp*.

- Kapasitas angkat crane, $v = n$ buah gorong-gorong.
- Faktor efisiensi alat, $F_a = 0,83$. Lihat Tabel A.5.
- Waktu siklus:
 - o Mengikat, menambatkan, menaikkan, membawa, menurunkan, $T_1 = 2,00$ menit;
 - o Menggeser, membongkar ikatan, kembali ke awal, $T_2 = 1,00$ menit;
 - o Total waktu siklus $T_s = 3,00$ menit.
- Kapasitas Produksi (buah/jam):

$$Q = \frac{V \times F_a \times 60}{T_s} \quad (26a)$$

- Koefisien Alat/buah, $E07 = (1:Q) = 0,0024$ jam.

Jenis crane dengan kapasitas lainnya:

- E07, *crane on track* (75-100) T, HZQH 400, 190 HP, (pindahan dari E51 dan E31);
- E07a, *crane on track* 30-35 Ton, Rough Terrain, 200 HP;

- E07b, crane 10-15 Ton; PM 36524 S, crane on truck; 260 HP;
- E07c, crane (crawler crane) XCMG XGC150; 150T; 315 HP;
- E07d, skyliftcrane truck, 16 m, 1 Ton.

8) *Dump truck* 4 Ton (E08)

Sesuai dengan informasi katalog alat, spesifikasi teknis alat yang dimaksud adalah sebagai berikut:

Dump truck Colt FE SHDX : v = Cp = 4 Ton.

Rumus-rumus lihat E35, (*Dump Truck* 10 Ton).

Jenis *dump truck* dengan kapasitas lainnya:

- E08a, *dump truck*, FM 517 HS, 7 Ton, 220 PS atau 217 HP .

9) *Dump Truck* (E35)

Contoh Alat: FN 527 ML, 10 Ton, 220 PS (217 HP)

Sesuai dengan informasi katalog alat, spesifikasi teknis alat yang dimaksud adalah sebagai berikut:

Dump truck, v = Cp 10 ton.

Kapasitas produksi (m³/ jam):

$$Q = \frac{v \times F_a \times 60}{BiL \times T_s} \text{ , gembur.....} \tag{27}$$

Keterangan:

- Q : kapasitas produksi *dump truck* (m³ /jam).
- v atau Cp : adalah kapasitas bak (ton).
- F_{adt} : faktor efisiensi alat *dump truck*, F_{adt} = 0,8 (kondisi sedang). Lihat Tabel A.8.
- BiL : berat isi material (lepas, gembur)
- V_F : kecepatan rata-rata bermuatan (km/jam).Lihat Tabel A.9.
- V_R : kecepatan rata-rata kosong (km/jam). Lihat Tabel A.9.
- T_S : waktu siklus, T_S = T₁ + T₂ + T₃ + T₄ menit, terdiri atas:

T₁ : waktu muat: $= \frac{V \times 60}{D \times Q_{Exc}}$; menit, Lihat *excavator*, E10;

Q_{Exc} : kapasitas produksi alat *excavator* yang mengisi material ke *Dump Truck*;

T_2 : waktu tempuh isi: $= (L / v_F) \times 60$ (menit);

T_3 : waktu tempuh kosong: $= (L / v_R) \times 60$ (menit);

T_4 : waktu lain-lain, menit (waktu penumpahan dan waktu pengambilan posisi dan siap untuk dimuat kembali) $= T_1 + T_2$ (Referensi Komatsu Ed 28-2007;p 4A-64, waktu pasti penumpahan dan ambil posisi siap dimuat kembali, 1,25 - 1,65 menit);

L : jarak antara lokasi bahan dengan *dump truck*.

60 : perkalian 1 jam ke menit,

Kecepatan rata-rata *Dump Truck* dipilih, Lihat Tabel A.9.

- Kecepatan bermuatan, $v_F = 20$ km/jam;
- Kecepatan kosong, $v_R = 40$ km/jam.

a) *Dump truck* diisi memakai *excavator backhoe* (kapasitas 0,93 m³ heaped).

Lihat contoh perhitungan untuk *Excavator Backhoe* (E10), $Q_{Exc} = 140,91$ m³/jam.

Kapasitas produksi (m³/jam):

$$Q_1 = \frac{V \times F_{aDT} \times 60}{D \times T_s} \quad (\text{kondisi gembur}).$$

Keterangan:

V : kapasitas bak *dump truck* = 10 ton.

F_{aDT} : faktor efisiensi alat *dump truck* = 0,83 (baik). Lihat Tabel A.8.

D : berat isi material galian = 1,60 ton/m³.

T_s : waktu siklus $= T_1 + T_2 + T_3 + T_4$.

Q_{exc} : kapasitas produksi alat *excavator* yang mengisi material ke *dump truck*

Contoh:

T_1 = waktu muat (dimuati memakai *Excavator*), menit

$$T_1 = \frac{V \times 60}{D \times Q_{\text{EXC}}} = \frac{10 \times 60}{1,60 \times 140,91} = 2,66 \text{ menit}$$

$$T_2 = \frac{L \times 60}{v_F} = \frac{8,7 \times 60}{20} = 26,1 \text{ menit}$$

$$T_3 = \frac{L \times 60}{v_R} = \frac{8,7 \times 60}{30} = 17,4 \text{ menit}$$

$$T_4 = t_1 + t_1 = 1,5 + 0,5 = 2,0 \text{ menit}$$

$$T_s = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 = 2,66 + 26,1 + 17,4 + 2,0 = 48,16 \text{ (menit)}$$

Kapasitas produksi (m^3/jam) = Q_1

$$Q_1 = \frac{V \times F_a \times 60}{D \times T_s} = \frac{10 \times 0,83 \times 60}{1,6 \times 48,16} = 6,46 \text{ (gembur)}$$

Koefisien alat per m^3 = $E_{09} = 1 : Q_1 = 1 : 6,46$

$$E_{09} = 0,1547 \text{ jam}$$

Tabel A.8 – Faktor Efisiensi Alat (F_{aDT}) *Dump Truck*

Kondisi kerja	Efisiensi kerja
Baik	0,83
Sedang	0,80
Kurang baik	0,75
Buruk	0,70
<i>Bibliografi:</i> ³⁾ Specifications and Application Hand book, Komatsu, Edition 28- Des 2007	

Dalam penyusunan HPP dan HPS, kondisi operasi peralatan dalam keadaan baik, sehingga faktor efisiensi yang dipakai 0,83 (Lihat Tabel A.8).

Tabel A.9 – Kecepatan Tempuh Rata-rata Maksimum *Dump Truck*

Kondisi lapangan	Kondisi beban	Kecepatan ^{*)} , v, km / h
Datar	Isi	40
	Kosong	60
Menanjak	Isi	20
	Kosong	40
Menurun	Isi	20
	Kosong	40
*) Kecepatan tersebut adalah perkiraan umum. Besar kecepatan bisa berubah sesuai dengan medan, kondisi jalan, kondisi cuaca setempat, serta kondisi kendaraan. Bibliografi: ³⁾ <i>Specifications and Application Hand book, Komatsu, Edition 28- Des 2007</i>		

b) *Dump truck* dimuati agregat atau batu pecah memakai *Wheel Loader* (jarak dekat) secara *V-loading*.

Material dibawa dan ditumpahkan di satu lokasi proyek yang jaraknya asumsi 8,7 km dari tempat pengisian. Pengisian memakai *wheel loader* lihat perhitungan untuk *Wheel Loader* (E15).

Kapasitas produksi (m³/jam) = Q₂

$$Q_2 = \frac{V \times F_a \times 60}{D \times T_s} \quad (\text{kondisi belum padat}).$$

Keterangan :

- V : kapasitas bak *dump truck* = 10 ton.
- F_{aDT} : faktor efisiensi alat *dump truck* = 0,83 (baik). Lihat Tabel A.8.
- D : berat isi material = 1,8 ton/m³.
- T_S : waktu siklus = T₁ + T₂ + T₃ + T₄.

Contoh:

$$T_1 : \text{waktu muat (memakai } Wheel Loader) = \frac{V \times 60}{D \times Q_{WL}} \quad (\text{menit}).$$

$$T_1 = \frac{10 \times 60}{1,80 \times 141,10} = 2,36 \quad \text{menit (lihat } Q_{Wheel Loader}: E15)$$

$$T_2 = \frac{L \times 60}{VF} = \frac{8,7 \times 60}{20} = 26,1 \quad \text{menit}$$

$$T_3 = \frac{L \times 60}{VR} = \frac{8,7 \times 60}{30} = 17,4 \text{ menit}$$

$T_4 = t_1 + t_2 = 1,5 + 0,5 = 2,0 \text{ menit}$ □ (Referensi KOMATSU Ed 28-2007; p 4A-64, waktu pasti (penumpahan dan ambil posisi siap dimuat kembali, 1,25 - 1,65 menit)

$$T_s = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 = 2,36 + 26,1 + 17,4 + 2,0 = 47,86 \text{ menit}$$

Kapasitas produksi (m^3/jam) = Q_2

$$Q_2 = \frac{V \times F_a \times 60}{D \times T_s} = \frac{10 \times 0,83 \times 60}{1,80 \times 47,86} = 5,77$$

Koefisien alat/ m_3 = E35 = 1 : Q_2 = 1 : 5,77

$$E35 = 0,1733 \text{ jam.}$$

c) *Dump Truck* melayani produksi AMP, mengangkut *Hotmix* ke lokasi proyek (lokasi *Asphalt Finisher*)

Kapasitas produksi (m^3/jam) = Q_3

$$Q_3 = \frac{V \times F_{aDT} \times 60}{D \times T_s}$$

Keterangan :

V : kapasitas bak *Dump Truck* = 10 ton.

pm : kapasitas pugmill = 1000 kg.

F_{aDT} : faktor efisiensi alat *dump truck* = 0,83 (baik). Lihat Tabel A.8.

D : berat isi campuran aspal panas = 2,25 ton/ m^3

T_s : waktu siklus $T_1 + T_2 + T_3 + T_4$

Contoh:

$$T_1 = \text{waktu mengisi} = \frac{V \times 1000}{pm} \times 1,0 \text{ menit} = 10,00 \text{ menit}$$

$$T_2 = \text{waktu angkut} = \frac{L}{v_F} \times 60 = 26,10 \text{ menit}$$

$$T_3 = \text{waktu menunggu, dumping, putar} = 20,00 \text{ menit}$$

$$T_4 = \text{waktu kembali} = \frac{L}{v_R} \times 60 = 17,40 \text{ menit}$$

$$T_s = 10,00 + 26,10 + 20,00 + 17,40 = 73,50 \text{ menit}$$

$$\text{Kapasitas produksi (m}^3/\text{jam)} = Q_3$$

$$Q_3 = \frac{V \times F_{aDT} \times 60}{D \times T_s} = \frac{10 \times 0,83 \times 60}{2,25 \times 73,50} = 3,00$$

$$\text{Koefisien alat/m}^3 = E_{35} = 1 : Q_3$$

$$= 1 : 3,00$$

$$= 0,333 \text{ jam}$$

Jenis *dump truck* dengan kapasitas lainnya:

- E35a, *dump truck*, LX 2528K; 10 Ton; 280 HP;
- E35b, *dump truck*; FM260; 10 Ton; 260 HP;
- E35c, *dump truck* FM320; 10 Ton; 320 HP;
- E35d, *dump truck* F4028Z, 6 Ban, 10 Ton; 280 PS.

10) *Excavator Backhoe* (E10)

Contoh Alat : Komatsu, PC 200-7.

Data spesifikasi teknis alat dan faktor-faktor yang dipakai dalam perhitungan produksi diambil berdasarkan data spesifikasi dan tabel-tabel faktor dari referensi *Specifications and Application Handbook, Komatsu*, Edition 28, Desember 2007 dan khususnya Tabel A.11 di bawah ini disesuaikan dengan *Estimation of Duration of Earthwork with Backhoe Excavator by Monte Carlo Simulation* – Juni 2018.

Sesuai dengan informasi katalog alat, spesifikasi teknis alat yang dimaksud adalah sebagai berikut:

- *Operating weight*: OW = 20.785 Kg;
- Tenaga mesin : Pw = 143 HP;
- Kapasitas *bucket*: v = 0,93 m³;
- Kapasitas maksimum kedalaman galian = 6,37 m.

Excavator backhoe bekerja menggali tanah pada kedalaman 2,0 meter. Hasil galian ditumpahkan ke atas *dump truck* yang ada di belakangnya (*Swing Excavator* = 180°).

Kapasitas produksi (m³/jam):

$$= \frac{\times \times 60}{T_s \times F_v}$$

(28)

Keterangan:

- V : kapasitas *bucket* (m³).
- F_{aEXC} : faktor efisiensi alat (ambil kondisi kerja baik, 0,83). Lihat Tabel A.13
- F_v : faktor konversi kedalaman galian alat *excavator* (rasio lengan terhadap kedalaman < 40 %).
- T_s : waktu siklus standar, 18,2 – 34,4 detik (0,30 - 0,57 menit). Lihat Tabel A., untuk kapasitas bucket v = 0,93 m³ dan sudut putar (*swing*) (90 – 180^o), diambil Ts = 26,3 detik (0,44 menit)
- 60 : perkalian 1 jam ke menit.

Tabel A.10 – Faktor *Bucket* (*bucket fill factor*) (F_b) untuk *Excavator Backhoe*

Kondisi Operasi	Kondisi Lapangan	Faktor Bucket (Fb)
Mudah	Tanah biasa, lempung, tanah lembut Pemuatan material/bahan dari <i>stockpile</i> atau material yang telah dikeruk oleh <i>Excavator</i> lain, yang tidak memerlukan lagi daya gali dan bahan dapat dimuat munjung ke dalam <i>bucket</i> . Contoh: Pasir, tanah berpasir, tanah <i>colloidal</i> dengan kadar air sedang, dan lain-lain.	1,1 – 1,2
Sedang	Tanah biasa berpasir, kering. Pemuatan dari <i>stockpile</i> tanah lepas yang lebih sukar dikeruk dan dimasukkan ke dalam <i>bucket</i> tetapi dapat dimuat hampir munjung (penuh). Contoh: Pasir kering, tanah yang berpasir, tanah campur tanah liat, tanah liat, gravel yang belum disaring, pasir padat, dan sebagainya atau menggali dan memuat gravel lunak langsung dan bukti asli.	1,0 – 1,1
Agak sulit	Tanah biasa berbatu. Pemuatan batu belah atau batu cadas belah, tanah liat yang keras, pasir campur gravel, tanah berpasir, tanah <i>colloidal</i> yang liat, tanah liat dengan kadar air yang tinggi, bahan-bahan tersebut telah ada pada <i>stockpile</i> /persediaan sulit untuk mengisi <i>bucket</i> dengan material-material tersebut.	1,0 – 0,9
Sulit	Batu pecah hasil. Batu bongkah besar-besar dengan bentuk tidak beraturan dengan banyak ruangan di antara tumpukannya, batu hasil ledakan, batu-batu bundar yang besar-besar, pasir campuran batu-batu bundar tersebut, tanah berpasir, tanah campur lempung, tanah liat yang dimuat – gusur ke dalam <i>bucket</i> .	0,9 – 0,8

Bibliografi: ²⁾ *Specifications and Application Handbook, Komatsu, Edition 28 - Des 2007*

Tabel A.11 – Waktu Siklus Standar (*Standard Cycle Time*) *Backhoe* (Detik)
– (Ts)

Kapasitas Bucket (m3/heaped)	Kondisi Tanah	Sudut Putar (Swing)			
		45° - 90°		90° - 180°	
0,10 - 0,60	Pasir, Kerikil, Tanah Lunak	10,8	14,6	14,6	18,4
	Tanah Umumnya, Lempung	13,0	17,5	17,5	22,1
	Lempung Keras, Tanah Keras	16,6	22,4	22,4	28,2
0,60 - 1,25	Pasir, Kerikil, Tanah Lunak	14,4	18,2	18,2	22,1
	Tanah Umumnya, Lempung	18,3	23,3	23,3	28,2
	Lempung Keras, Tanah Keras	22,3	28,3	28,3	34,4
1,25 - 2,20	Pasir, Kerikil, Tanah Lunak	16,6	20,4	20,4	24,3
	Tanah Umumnya, Lempung	21,2	26,1	26,1	31,0
	Lempung Keras, Tanah Keras	25,8	31,8	31,8	37,8
*) Referensi: <i>Modification of the Specifications and Application Handbook, Komatsu, 28th Edition - Dec 2007 with Estimation of Duration of Earthwork with Backhoe Excavator by Monte Carlo Simulation - Jun 2018</i>					

Tabel A.12 – Faktor Konversi-Galian (Fv) untuk Alat *Excavator*

Kondisi galian (kedalaman galian terhadap kedalaman maksimum)	Kondisi membuang, menumpahkan (<i>dumping</i>)			
	Mudah	Normal	Agak sulit	Sulit
< 40 %	0,7	0,9	1,1	1,4
(40 – 75) %	0,8	1	1,3	1,6
>75 %	0,9	1,1	1,5	1,8
Bibliografi: ²⁾ <i>Specifications and Application Hand book, Komatsu, Edition 28- Des2007</i>				

Tabel A.13 – Faktor Efisiensi Kerja (F_{aEXC}) *Excavator*

Kondisi operasi	Faktor efisiensi
Baik	0,83
Sedang	0,75
Agak kurang	0,67
Kurang	0,58
Bibliografi: ²⁾ <i>Specifications and Application Hand book, Komatsu, Edition 28- Des2007</i>	

a) *Excavator backhoe* menggali tanah pada kedalaman 2,0 meter. Hasil galian ditumpahkan ke atas *dump truck* di belakangnya (*swing excavator* = 180°).

Kapasitas produksi (galian) (m³/jam)

$$Q = \frac{V \times F_{aEXC} \times F_b \times 60}{T_s \times F_v} \tag{28}$$

Keterangan:

- V : kapasitas *bucket (heaped)* = 0,93 m³ .
- F_{aEXC} : faktor efisiensi alat *excavator* = 0,83 (kondisi baik). Lihat Tabel A.13.
- F_b : faktor *bucket* = 1,00 (kondisi baik). Lihat Tabel A.10
- Faktor Bucket (*bucket fill factor*) (F_b) untuk *Excavator Backhoe*.
- F_v : faktor konversi galian (kondisi *digging and dumping* normal, rasio lengan terhadap kedalaman galian 40% - 75% kapasitas maksimum), F_v = 1,0. Lihat Tabel A.12.
- T_s : waktu siklus standar, 18,2 – 34,4 detik (0,30 - 0,57 menit). Lihat Tabel A.11, untuk kapasitas bucket v = 0,93 m³ dan sudut putar (*swing*) (90 – 180°), diambil T_s = 26,3 detik (0,44 menit).
- 60 : perkalian 1 jam ke menit.

Contoh:

- Kapasitas produksi (m³/jam) :
- $$Q = \frac{v \times F_b \times F_a \times 60}{T_s \times F_v} = \frac{0,93 \times 0,90 \times 0,83 \times 60}{0,30 \times 1} = 138,9$$

- Koefisien alat / m³ : $E10 = \frac{1}{Q} = \frac{1}{138,9} = 0,0071 \text{ jam}$

Jenis excavator dengan kapasitas lainnya:

- E10, excavator; PC-200-8MO long arm; 0,45 M3; 148 HP;
- E10a, excavator 200 P; 0,80 M3; 1074mm; 170 HP;
- E10b, excavator amphibius 200 P; 0,50 M3; 170 HP;
- E10c, excavator 80-140 HP; 0,90 M3; 139 HP;
- E10d, excavator; PC-130F-7; 0,53 M3; Lbr bld 859mm; 88 HP;
- E10e, excavator; PC-195LC-8; 0,93 M3; 123 HP;
- E10g, excavator; PC-200-8MD; 1,00 M3; 150mm; 138 HP.

11) Flat Bed Truck (E11)

Contoh Alat : Nissan – PCK 211 MHRN, 190 HP

Sesuai dengan informasi katalog alat, spesifikasi teknis alat yang dimaksud adalah sebagai berikut:

- Kapasitas muat (v) : 10 Ton;
- Jarak tempuh truck dengan muatan ke lokasi pekerjaan (L) : asumsi 8,7 km;
- Pengisian dan pembongkaran dilakukan secara manual atau memakai derek.

Asumsi :

- Kecepatan rata-rata bermuatan, $v_F = 20 \text{ km/jam}$.
- Kecepatan rata-rata kembali kosong, $v_R = 30 \text{ km/jam}$.
- Faktor efisiensi kerja, $F_a = 0,83$ (baik sekali). Lihat Tabel A.5.
- Waktu siklus = $T_S = T_1 + T_2 + T_3 + T_4$.

Contoh:

- $T_1 = \text{waktu muat} = 15,00 \text{ menit (asumsi)}$.

- $T_2 = \text{waktu tempuh bermuatan} = \frac{L \times 60}{v_F} = \frac{8,7 \times 60}{20} = 26,1 \text{ menit}$.

- $T_3 = \text{waktu kembali kosong} = \frac{L \times 60}{v_R} = \frac{8,7 \times 60}{30} = 17,4 \text{ menit}$.

- $T_4 = \text{waktu bongkar} = 15,00 \text{ menit (asumsi)}$.

- $T_S = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 = 15 + 26,1 + 17,4 + 15 = 73,50 \text{ menit}$.

Kapasitas produksi (ton/jam):

$$Q = \frac{v \times Fa \times 60}{Ts} = \frac{v \times}{Fa} \dots\dots\dots$$

(29a)

$$Q = \frac{10 \times 0,83 \times 60}{73,50} = 6,77 \text{ ton/jam.}$$

Koefisien alat (jam/ton): $E11 = \frac{1}{Q} = \frac{1}{6,77} = 0,147$

Keterangan:

- Q : kapasitas produksi (m³/jam).
- V : kapasitas muat (ton).
- F_a : faktor efisiensi alat. Lihat Tabel A.5.
- V_F : kecepatan rata-rata bermuatan (20 km/jam).
- V_R : kecepatan rata-rata kosong (30 km/jam).
- T_S : waktu siklus, $T_s = \sum_{n=1}^n T_n$ menit.
- T₁ : waktu muat; asumsi 15 menit.
- T₂ : waktu tempuh isi: = (L / v_F) x 60 (menit).
- T₃ : waktu tempuh kosong:= (L / v_R) x 60 (menit).
- T₄ : waktu bongkar; asumsi 15 menit (menit).
- 60 : perkalian 1 jam ke menit.

Jenis flat bed truck dengan kapasitas lainnya:

- E11a. Flat Bed Truck FM320JV 10 Ton; 320 HP.

12) *Generating Set* (Genset) (E12)

Contoh Alat : Perkins, 1006 TAG

Sesuai dengan informasi katalog alat, spesifikasi teknis alat yang dimaksud adalah sebagai berikut:

- Kapasitas listrik: V= 135 KVA
- Faktor efisiensi alat: Fa = 0,83 (kondisi baik sekali). Lihat Tabel A.5.

Kapasitas produksi (kW/ jam):

$Q = V \times F_a \dots\dots\dots(29b)$

Contoh:

$Q = \frac{135 \times 0,83}{1} = 112,05$

• Kapasitas produksi (kW/jam) :

Koefisien alat (jam/kW) :

$E12 = \frac{1}{Q} = \frac{1}{112,05} = 0,0089$

Keterangan:

Q : kapasitas produksi (KW /jam).

V : kapasitas listrik (KW).

F_a : faktor efisiensi alat. Lihat Tabel A.5.

1 : satu jam.

Jenis *generating set* dengan kapasitas lainnya:

- E12a, *generator set* 32 HP;
- E12b, *generator set* 37 HP;
- E12c, *generator set* 91 HP;
- E12d, *generator set* 180 HP;
- E12e, *generator set* 332 HP.

13) *Motor Grader* (E13)

Contoh Alat : Komatsu, GD511 A-1

Sesuai dengan informasi katalog alat, spesifikasi teknis alat yang dimaksud adalah sebagai berikut:

- Kapasitas berat operasi (*operating weight*) :10.800,0 kg;
- Tenaga penggerak (P_w) = 135 HP;
- Panjang pisau (*blade*) (L) = 3,710 meter;
- Lebar *overlap* (b_o) = 0,30 meter;
- Panjang pisau efektif (b) = 2,60 meter:
 - Bila pisau membentuk sudut 30⁰, b₃₀, maka b dikalikan faktor 0,5

- o Bila pisau membentuk sudut 45^0 , b_{45} , maka b dikalikan faktor $0,5\sqrt{2}$ atau 0,71
- o Bila pisau membentuk sudut 60^0 , b_{60} , maka b dikalikan faktor $0,5\sqrt{3}$ atau 0,87

Kapasitas produksi (m^2/jam):

$$Q = \frac{L_h \times \{N \times (b - b_0) + b_0\} \times F_{aMG} \times 60}{N \times n \times T_s} \dots\dots\dots(30a)$$

Keterangan:

- L_h : panjang hamparan (m).
- B : panjang pisau efektif (m).
- b_0 : lebar *overlap* (m). Lihat Tabel A.15.
- w : lebar area pekerjaan (m).
- F_{aMG} : faktor efisiensi alat. Lihat Tabel A.16.
- n : jumlah lintasan (*passing*) n diambil antara 2 dan 4 lintasan.
- N : jumlah “lajur” lintasan pengupasan selebar $(b - b_0)$ di area pekerjaan. Nilai N dihitung sebagai berikut:

- Bila lebar area pengupasan $W > b$, maka $N = W / (b - b_0)$
- Bila lebar area pengupasan $W \leq b$, maka panjang pisau harus disesuaikan dengan lebar area pekerjaan (W), dan nilai N menjadi 1, sehingga Rumus kapasitas produksi menjadi:
Kapasitas produksi (m^2/jam):

$$Q = \frac{L_h \times b \times F_{aMG} \times 60}{n \times T_s} \dots\dots\dots(30b)$$

Keterangan:

- T_s : waktu siklus, $T_s = \sum_{n=1}^n T_n$ menit.
- T_1 : waktu 1 kali lintasan : $(L_h \times 60) / (v \times 1000)$ (menit).
- T_2 : waktu lain-lain (menit).

v : kecepatan rata-rata; (km/jam). Lihat Tabel A.14.

b: lebar pisau efektif (m). Lihat Tabel A.15.

60 : perkalian 1 jam ke menit.

Tabel A.14 – Pemilihan Kecepatan Operasi *Motor Grader* (v)

No.	Uraian Pekerjaan	Kecepatan, v (km/jam)	
1	Perbaikan jalan (<i>road repair</i>)	2	6
2	Penyelesaian tepi sungai/ saluran (<i>bank finishing</i>)	1,6	2,6
3	Membentuk permukaan (<i>Fieldgrading</i>)	1,6	4
4	Penggalian parit (<i>Trenching</i>)	1,6	4
5	Perataan permukaan (<i>Levelling</i>)	2	8
Data sesuai referensi <i>Specifications and Application Hand book, Komatsu, Edition 28-Des2007. Pg. 15A-20</i>			

Tabel A.15 – Lebar (Panjang) Pisau Efektif *Grader*, Lebar *Overlap*

Panjang Pisau (m)	Panjang / Lebar / Pisau Efektif (m)	
	Sudut Pisau 60°	Sudut Pisau 45°
2,2	1,9	1,6
2,5	2,2	1,8
2,8	2,4	2
3,05	2,6	2,2
3,1	2,7	2,2
3,4	2,9	2,4
3,7	3,2	2,6
4	3,5	2,8
4,3	3,7	3
4,9	4,2	3,5
Data sesuai referensi <i>Specifications and Application Hand book, Komatsu, Edition 28- Des2007. Pg. 15A-20</i>		

Tabel A.13 - Faktor Efisiensi Alat (F_{aMG}) Motor Grader

Kondisi operasi	Faktor efisiensi
Perbaikan jalan, perataan	0,8
Pemindahan	0,7
Penyebaran, grading	0,6
Penggalian (<i>trenching</i>)	0,5
<i>Data sesuai referensi Specifications and Application Hand book, Komatsu, Edition 28- Des2007. Pg. 15A-20</i>	

a) Contoh Motor Grader dipakai pada pekerjaan perataan hamparan (m^2).

Asumsi :

- Lebar hamparan ≥ 7 meter;
- Panjang 1 x lintasan (L_h)= 50 meter;
- Jumlah lintasan (n) = 4 (= 2 x pp) lintasan;
- Kecepatan rata-rata (v) = 4 km/jam;
- Jumlah pengupasan tiap lintasan:

$$(N) = \frac{w}{b - b_0} = \frac{7}{2,6 - 0,3} = 3,0$$

Contoh:

Waktu untuk 1 kali lintasan (T_s) = $T_1 + T_2$

$$T_1 = \frac{L_h \times 60}{v \times 1000} = \frac{50 \times 60}{4 \times 1000} = 0,75 \text{ menit};$$

T_2 = waktu lain - lain = 1,00 menit;

$$T_s = T_1 + T_2 = 0,75 + 1,00 = 1,75 \text{ menit.}$$

Kapasitas produksi (m^2 /jam):

$$= \frac{\times \{ \times (-) + \} \times \times 60}{\times \times}$$

$$Q_1 = \frac{50 \times \{ 3 \times (2,60 - 0,30) + 0,30 \} \times 0,80 \times 60}{2 \times 4 \times 0,75}$$

$$Q_I = 2880 \text{ m}^2$$

Koefisien alat (jam/m²) :

$$E_{13} = \frac{1}{Q} = \frac{1}{2880} = 0,0035$$

b) Motor grader dipakai untuk perataan tebal hamparan (padat)

Faktor pemampatan (*bulking factor*), F_k, dapat digunakan bila kondisi tanah sudah berubah, misal kondisi gembur akibat proses penggalian dengan alat *excavator*. *Buldozer* akan maju mundur meratakan. Rumus kapasitas produksi menjadi:

Kapasitas produksi (m³/ jam) (kuantitas padat):

$$Q_2 = \frac{L_h \times \{N \times (b - b_o) + b_o\} \times F_a \times 60 \times t}{N \times n \times T_s \times F_k} \dots\dots\dots (30c)$$

Keterangan:

F_k : faktor pemampatan (*bulking factor*).

Lihat dalam dokumen Tata Cara Penyusunan Perkiraan Biaya Pekerjaan Konstruksi Bidang PUPR Bagian Umum, F_k = 1,20

T : tebal hamparan padat; diambil 0,15 m.

Contoh:

$$Q_2 = \frac{50 \times \{3 \times (2,60 - 0,30) + 0,30\} \times 0,80 \times 60 \times 0,15}{2 \times 4 \times 1,75 \times 1,20} = 101,79 \text{ m}^3/\text{jam (padat)}$$

Koefisien alat (jam /m³):

$$E_{13} = \frac{1}{Q} = \frac{1}{101,79} = 0,0098$$

c) Motor grader untuk pekerjaan pengupasan dan penyebaran (*grading and spreading*)

Kapasitas produksi (m²/jam) :

$$Q_3 = \frac{L_h \times \{N \times (b - b_o) + b_o\} \times F_{aMG} \times 60}{N \times n \times T_s} \dots\dots\dots (30d)$$

Keterangan:

L_h : panjang hamparan (m).

b_o : lebar *overlap* (m).

F_{aMG} : faktor efisiensi alat. Lihat Tabel A.16.

n : jumlah lintasan.

N : jumlah pengupasan tiap lintasan.

v : kecepatan rata-rata (km/h).

b : lebar pisau efektif (m).

60 : perkalian 1 jam ke menit.

T_1 : waktu 1 kali lintasan : $(L_h \times 60) / (v \times 1000)$ (menit).

T_2 : lain-lain (menit).

T_s : waktu siklus, $T_s = \sum_{n=1}^n T_n$ menit.

Contoh:

Jumlah lintasan (n) = 4 lintasan (asumsi).

Jumlah pengupasan tiap lintasan :

$$(N) = \frac{w}{b - b_0} = \frac{7}{2,6 - 0,3} = 3,0$$

Kapasitas produksi (m^2 / jam) Q_3 :

$$Q_3 = \frac{L_h \times \{N \times (b - b_0) + b_0\} \times F_a \times 60}{N \times n \times T_s} \quad m^2$$

$$Q_3 = \frac{50 \times \{3 \times (2,60 - 0,30) + 0,30\} \times 0,60 \times 60}{2 \times 4 \times 1,75}$$

$$Q_3 = 925,71$$

Koefisien alat jam/ m^2 :

$$E13 = \frac{1}{Q} = \frac{1}{925,71} = 0,0011$$

Jenis motor grader dengan kapasitas lainnya:

- E13a, motor grader 6D120K; 143 HP;
- E13b, motor grader 6D535-5; 145 HP;
- E13c, motor grader, GD535-5; 154 HP;

- E13d, motor grader, GD705-5; 260 HP.

14) Track loader (Traxcavator) (E14)

Contoh alat: Komatsu, D31 S-17

Sesuai dengan informasi katalog alat, spesifikasi teknis alat yang dimaksud adalah sebagai berikut:

- Kapasitas bucket: $v = 0,80 \text{ m}^3$, munjung (*heaped*);
- Tenaga mesin: $P_w = 70 \text{ HP}$.

Perhitungan kapasitas produksi track loader ini sama dengan perhitungan kapasitas produksi wheel loader. Besaran faktor yang dipakai dalam perhitungan produksi dapat dilihat pada tabel dan faktor yang sama untuk wheel loader (E15).

- Faktor bucket (F_b). Lihat Tabel A.17.
- Waktu siklus standar (*V-loading*). Lihat Tabel A.19.
- Waktu siklus standar *cross loading*. Lihat Tabel A.21.
- Faktor efisiensi alat (F_a). Lihat Tabel A.24.

15) Wheel Loader (E15)

Sesuai dengan informasi katalog alat, spesifikasi teknis alat yang dimaksud adalah sebagai berikut:

- Kapasitas bucket, $v = 1,50 \text{ m}^3$;
- Tenaga mesin penggerak $P_w = 96 \text{ HP}$.

Data faktor-faktor yang dipakai dalam perhitungan produksi diambil dari referensi *Specifications and Application Hand book, Komatsu, Edition 28-Desember 2007*.

Tabel A.17 – Faktor Bucket (Bucket Fill Factor, F_b) untuk Wheel Loader dan Track Loader

Kondisi penumpahan	Wheel Loader		Track Loader	
Mudah	1	1,1	1	1,1
Sedang	0,85	0,95	0,95	0,95
Agak sulit	0,8	0,85	1	0,9
Sulit	0,75	0,8	0,9	0,8
Bibliografi: ²⁾ Specifications and Application Hand book, Komatsu, Edition 28- Des2007. Pg. 15A-6				

Faktor *bucket* dalam Tabel A.17 tersebut memberikan data isi *bucket* yang sebenarnya tetapi bisa berbeda-beda tergantung pada jenis material yang ditangani.

Tabel A.18 berikut ini menunjukkan kondisi penumpahan berdasarkan jenis materi.

Tabel A.18 - Kondisi Penumpahan Alat *Wheel Loader*

Kondisi lapangan		Keterangan
Mudah	Pengambilan dari <i>stock pile aggregate</i> , pasir, tanah berpasir, dengan kadar air yang baik, dimana <i>bucket</i> dapat terisi tanpa harus menambah tenaga penggali.	Pengambilan pasir atau batu pecah (agregat). Pengambilan tanah (gembur) hasil timbunan dari kupasan <i>Bulldozer</i> .
Sedang	Pengambilan tanah timbul yang lebih susah, namun masih mampu hampir memenuhi <i>bucket</i> . Pengambilan tanah berpasir, agregat bermacam-macam ukuran, tanah liat.	Penggalian dan penumpahan tanah asli berpasir.
Agak Sulit	Sulit mengisi penuh <i>bucket</i> , pengambilan timbunan <i>gravel</i> , campuran timbunan pasir dan <i>gravel</i> , tanah berpasir, tanah liat, dan sebagainya.	Pengambilan batu pecah sedang.
Sulit	Sulit mengisi <i>bucket</i> batu pecah tidak beraturan, batu hasil ledakan, <i>boulders</i> , <i>boulder</i> tercampur pasir, tanah berpasir, tanah liat dan sebagainya.	Pengambilan dan penumpahan batu pecah hasil ledakan.
Bibliografi: 2) Specifications and Application Hand book, Komatsu, Edition 28- Des2007. Pg. 15A-6		

Pada *wheel loader* maupun *track loader (dozer shovel)* dibedakan adanya 2 (dua) cara pengisian :

- *V-loading*
- *Cross loading*

Kedua cara pengisian tersebut membedakan lamanya waktu siklus standar baik untuk *wheel loader* maupun untuk *track loader*. Waktu siklus standar dapat dipakai untuk jarak pergerakan *loader* yang pendek. Sedangkan untuk jarak pergerakan *loader* yang jauh, maka waktu siklus *loader* harus dihitung berdasarkan jarak dan kecepatan *loader*. Untuk pemilihan kecepatan operasi *wheel loader* dapat dipakai tabel kecepatan dalam Tabel A.23.

Tabel A.19 - Waktu Siklus Standar (V-loading) Wheel Loader (Menit)

Kondisi Kerja	Kapasitas Bucket		
	s/d 3 m ³	3,1 m ³ s/d 5 m ³	≥ 5,1 m ³
Mudah	0,45	0,55	0,65
Sedang	0,55	0,65	0,7
Agak sulit	0,70	0,70	0,75
Sulit	0,75	0,75	0,8
Bibliografi: ²⁾ Specifications and Application Hand book, Komatsu, Edition 28- Des2007. Pg. 15A-7			

Tabel A.20 - Waktu Siklus Standar (V-Loading) Wheel Loader atau Traxcavator (Menit)

Kondisi Kerja	Kapasitas Bucket	
	s/d 3 m ³	3,1 m ³ s/d 5 m ³
Mudah	0,45	0,55
Sedang	0,55	0,65
Agak sulit	0,70	0,70
Sulit	0,75	0,75
Bibliografi: 2) Specifications and Application Hand book, Komatsu, Edition 28- Des2007. Pg. 15A-7		

Tabel A.21 – Waktu Siklus Standar (Cross Loading) Wheel Loader (Menit)

Kondisi Kerja	Kapasitas Bucket		
	s/d 3 m ³	3,1 m ³ s/d 5 m ³	≥ 5,1 m ³
Mudah	0,40	0,50	0,60
Sedang	0,50	0,60	0,65
Agak sulit	0,65	0,65	0,70
Sulit	0,70	0,75	0,75
Bibliografi: 2) Specifications and Application Hand book, Komatsu, Edition 28- Des2007. Pg. 15A-7			

Tabel A.22 – Waktu Siklus Standar (Cross Loading) Track Loader atau Traxcavator (menit)

Kondisi Kerja	Kapasitas Bucket	
	s/d 3 m ³	3,1 m ³ s/d 5 m ³
Mudah	0,55	0,6
Sedang	0,6	0,7
Agak sulit	0,75	0,75
Sulit	0,8	0,8
Bibliografi: 2) Specifications and Application Hand book, Komatsu, Edition 28- Des2007. Pg. 15A-7		

Untuk jarak yang jauh maka *cycle time* (C_m) *loader* harus dihitung tersendiri berdasarkan jarak serta kecepatan laju *loader* yang bersangkutan.

$$C_m = \frac{L}{v_F} + \frac{L}{v_R} + Z$$

Cycle Time

(menit)

(30e)

Keterangan:

- L : jarak pemindahan (travel) (meter).
- v_F : kecepatan waktu ada muatan (meter/menit).
- v_R : kecepatan waktu kembali setelah penumpahan (meter/menit).
- Z : waktu pasti atau Fixed time (0,60 – 0,75 menit), terdiri atas:

$$Z = t_1 + t_2 + t_3 + t_4$$

t_1 : mengisi (*Loading time*) (0,20 ~ 0,35 min.)

t_2 : berputar (*Turning time*) (0,15 min.)

t_3 : menumpuk (*Dumping time*) (0,10 min.)

t_4 : waktu tunggu

(Ref: *Specifications and Application Hand book*, Komatsu, Edition 28- Des 2007, pg.15A.8)

Tabel A.23 – Kecepatan Laju *Wheel Loader* (v_F , v_R)

Kondisi Kerja		Kecepatan Laju Km/Jam	
		Bermuatan	Kosong
Baik	Berjalan diatas permukaan keras, rata, tidak ada peralatan lainnya, tidak ada rintangan atau halangan	10 – 23	12 – 24
Sedang	Ada sedikit lonjakan diatas permukaan (sedikit tidak rata), jalan diatas permukaan datar. Ada 1 atau 2 alat lain bekerja	10 – 18	11 – 19
Agak sulit	Banyak tonjolan-tonjolan diatas permukaan (tidak rata), banyak rintangan	10 – 15	10 – 16
Sulit	Banyak tonjolan-tonjolan diatas permukaan, permukaan banyak gundukan (bergelombang), banyak alat lain bekerja	9 – 12	9 – 14
Bibliografi: 2) <i>Specifications and Application Hand book</i> , Komatsu, Edition 28- Des2007; pg.15A-8			

a) ***Wheel loader* digunakan untuk memuat agregat ke atas *dump truck***

Cara pengisian *V-loading* dengan jarak dekat (singkat), sehingga waktu siklus dapat diambil dari Tabel A.19, untuk kapasitas *bucket* s/d 3 m³.

Kapasitas produksi m³/ jam:

$$Q = \frac{v \times F_b \times F_a \times 60}{T_s} \text{ (gembur)} \tag{31a}$$

Keterangan:

- V : kapasitas *bucket*; (1,50 m³, munjung).
- F_b : faktor *bucket*, 0,85, kondisi penumpahan sedang, Lihat Tabel A.17.
- F_a : faktor efisiensi alat, 0,83, kondisi operasi baik. Lihat Tabel A.5.
- T_s : waktu siklus (memuat dll. 0,55 menit, kondisi penumpahan sedang, lihat Tabel A.19).

Tabel A.24 – Faktor Efisiensi Alat *Wheel Loader* (Fa)

Kondisi operasi	Faktor efisiensi
Baik	0,83
Sedang	0,8
Agak buruk	0,75
Buruk	0,7
Bibliografi: ²⁾ <i>Specifications and Application Hand book, Komatsu, Edition 28- Des2007; pg. 15A-7</i>	

Kapasitas produksi (m³/jam):

$$Q_1 = \frac{v \times F_b \times F_a \times 60}{T_s} = \frac{1,5 \times 0,85 \times 0,83 \times 60}{0,55} = 115,45$$

$Q_1 = 115,45$ (agregat gembur atau lepas)

Koefisien alat (jam/m³):

$$E15 = \frac{1}{Q} = \frac{1}{115,45} = 0,0087$$

b) *Wheel loader* digunakan untuk mengambil agregat dari *stock pile* ke dalam *cold bin AMP*.

Kapasitas produksi (m³/jam):

$$Q = \frac{V \times F_b \times F_a \times 60}{T_s} \text{ , gembur} \tag{31b}$$

Keterangan:

V : kapasitas *bucket*; (1,50 m³. *munjung/heaped*) (m³).

F_b : faktor *bucket*, mudah = 1,0 .Lihat Tabel A.17.

F_a : faktor efisiensi alat, 0,83. Lihat Tabel A.5.

L : jarak dari *stock pile* ke *cold bin* (m).

V_F : kecepatan rata-rata bermuatan, 20 km/jam.

V_R : kecepatan rata-rata kosong, 30 km/jam.

T₁ : waktu tempuh isi: = (L / v_F) x 60 (menit).

T₂ : waktu tempuh kosong:= (L / v_R) x 60 (menit).

Z : waktu pasti atau Fixed time (0,60 – 0,75 menit), terdiri atas:

$$Z = t_1 + t_2 + t_3 + t_4$$

t₁ : mengisi (*Loading time*) (0.20 ~ 0.35 min.)

t₂ : berputar (*Turning time*) (0.15 min.)

t₃ : menumpuk (*Dumping time*) (0.10 min.)

(Ref: *Specifications and Application Hand book*, Komatsu, Edition 28-Des2007, pg.15A.8)

60 : perkalian 1 jam ke menit.

T_S : waktu siklus, $T_s = \sum_{n=1}^n T_n + Z$; menit

Contoh:

Jarak dari *stock pile* ke *Cold Bin* D = 50 m

Z diambil 0,75 menit

Waktu siklus = $T_s = \frac{L}{v_F} + \frac{L}{v_R} + Z$

$$T_s = \frac{L \times 60}{15000} + \frac{L \times 60}{20000} + 0,75$$

$$= \frac{50 \times 60}{15000} + \frac{50 \times 60}{20000} + 0,75 = 0,2 + 0,15 + 0,75$$

$$T_s = 1,10 \text{ (menit)}$$

Kapasitas produksi (m³/jam):

$$Q_2 = \frac{V \times F_b \times F_a \times 60}{T_s} = \frac{1,5 \times 0,85 \times 0,83 \times 60}{1,1} = 57,72$$

$Q_2 = 57,72$ (kondisi lepas atau gembur).

Koefisien alat (jam/m³):

$$E15 = 1:Q_2 = 1 : 57,72 = 0,0173$$

$$E15 = 0,0173$$

c) Untuk mengisi batu ke dalam *stone crusher*

Sama dengan b) yaitu dari *stock pile* ke *cold bin* AMP, kecuali F_b diambil 0,75 (kondisi sulit, sesuai dengan A.24)

Kapasitas produksi (m³/jam):

$$Q_3 = \frac{v \times F_a \times F_b \times 60}{T_s} = \frac{1,5 \times 0,83 \times 0,75 \times 60}{1,10} = 50,93$$

Koefisien alat (jam/m³) :

$$E15 = \frac{1}{Q_1} = \frac{1}{50,93} = 0,0196$$

Jenis *Wheel Loader* dengan kapasitas lainnya:

- E15, *wheel loader* 1.5 M³; WA150-5; 96 HP;
- E15a, *wheel loader* 2,4 M³; WA200-5; 123 HP.

16) *Three Wheel Roller* (TWR/Macadam Roller) (E16)

Contoh alat : Barata, MG – 8

Pada umumnya digunakan untuk pemadatan tanah, fondasi agregat, makadam dan lapis penetrasi makadam (lapen).

Sesuai dengan informasi katalog alat, spesifikasi teknis alat yang dimaksud adalah sebagai berikut:

- Berat 8 ton;
- Lebar roda alat pemadat (b); 1,9 m.

Kapasitas produksi (m³/jam):

$$Q = \frac{\{ N(b - b_0) + b_0 \} v \times 1000 \times F_a \times t}{N \times n}$$

(32a)

Keterangan:

B : lebar roda alat pemadat (m).

be : lebar efektif pemadatan = (b-b₀) (m).

bo : lebar *overlap* (0,20 m) (m).

w : lebar area pemadatan (m).

v : kecepatan pemadatan (km/jam).

t : tebal lapisan (diambil 0,15 m).

1000 : perkalian dari km ke m.

F_a : faktor efisiensi alat (0,83, kondisi baik sekali). Lihat Tabel A.5.

n : jumlah lintasan (*passing*, maju atau mundur saja). Nilai n antara 6 dan 8 kali sampai padat, tergantung jenis bahan atau campuran yang akan dipadatkan.

N : jumlah “lajur” lintasan pemadatan selebar be = (b – b₀) di area pekerjaan. Nilai N dihitung sebagai berikut:

- Bila lebar area pemadatan $W > b$, maka N dapat dihitung sebagai berikut:

$$N = W / (b - b_0), .$$

Pada umumnya lebar satu lajur lalu lintas (W) antara 3,5 m dan 3,7 m, atau rata-rata 3,6 m, sehingga untuk memadatkan campuran beraspal panas dapat dihitung nilai $N = 3,6 / (1,9 - 0,3) = 2,25 \sim 3$.

Untuk memadatkan hamparan tanah asli atau timbunan dan fondasi agregat berbutir, lebar area pekerjaan mungkin lebih lebar sehingga nilai N dapat disesuaikan dengan metode kerja atau kondisi lapangan.

- Bila lebar area pengupasan $W \leq b$, maka alat pemadat harus disesuaikan dengan lebar area pekerjaan (W), dan nilai N diambil menjadi 1, sehingga Rumus kapasitas produksi menjadi:

Kapasitas produksi (m³/ jam) =

$$Q = \frac{b \times v \times 1000 \times F_a \times t}{n} \quad (32b)$$

a) **Contoh tanpa mempertimbangkan lebar lajur (W) yang dikerjakan.**

Kapasitas produksi (m³/jam):

$$Q = \frac{b \times v \times 1000 \times Fa \times t}{n}$$
$$Q = \frac{(1,90 - 0,2) \times 2,0 \times 1000 \times 0,83 \times 0,15}{8}$$

Q = 52,91 (m³/jam)

Koefisien alat (jam/m³) :

$$E16 = \frac{1}{Q_1} = \frac{1}{52,91} = 0,0189$$

Keterangan:

- b : lebar roda alat pemadat = 1,90 m.
- b_o : Lebar overlap = 0,20 m.
- b_e : b – b_o, lebar efektif pemadatan (m).
- v : kecepatan pemadatan = 2,0 km/jam. Lihat Tabel A.25.
- Fa : faktor efisiensi alat = 0,83 (kondisi baik sekali). Lihat Tabel A.5.
- n : jumlah lintasan = 8 lintasan.
- t : tebal lapisan = 0,15 m.

Tabel A.25 – Kecepatan, Lebar Pemadatan dan Jumlah Lintasan Alat Pemadat

Jenis pemadat	Kecepatan rata-rata (v) km/h	Lebar pemadatan efektif, (b – b0); m	Jumlah lintasan (n)
Road roller	± 2	Lebar roda total b - 0,2	3 - 5
Tire roller	Maks 10,0 *)	Lebar roda total b - 0,15*)	4 – 8
Vibrating roller besar	1,5 – 4,0	Lebar roda b - 0,2	4 – 12
Vibrating roller kecil	1,0 – 3,0	Lebar roda b - 0,1	4 - 12
Soil compactor	4 – 10	Lebar roda drive b - 0,2	4 – 12
Tamper	± 1,0		
Macadam roller (TWR)	± 2	Lebar roda total b - 0,2	6 - 8
Tandem roller	Maks 4,0 *)	Lebar roda total b - 0,15*)	2 awal + (4– 8) akhir
Bulldozer	3,0 - 4,0	(Lebar sepatu x 2) b – 0,3 m	-
Tebal lapisan pada kondisi lepas (loose) sekitar 0,15 - - 0,5 m.			
Bibliografi: 2) Specifications and Application Hand book, Komatsu, Edition 28- Des2007. Pg.15A-21			
*) Spesifikasi Umum Bina Marga 2018. 6.3.6.4).g)			

Tabel A.27 – Tebal Maksimum Hamparan (t) Setelah Dipadatkan serta Kapasitasnya (Q) untuk Alat Pemadat Kecil. Simbol t (dalam m) / Q (dalam m3/jam)

Jenis Pemadat Berat Statis	Rock Fill	Sand and Gravel	Silt	Clay
Vibrating Plate Compactor				
50 – 100 kg	-	0,15 / 15	-	-
100 – 200 kg	-	0,20 / 20	-	-
400 – 500 kg	-	0,35 / 35	0,25 / 25	-
600 – 800 kg	0,50 / 60	0,50 / 60	0,35 / 40	0,25 / 20
Vibrating Tamper (RAMMER)				
75 kg	-	0,35 / 10	0,25 / 8	0,20 / 6
Double Drum Roller				
600 – 800 kg	-	0,20 / 50	0,10 / 25	-
Vibrating Plate Compactor				
1200 – 1500 kg	-	0,20 / 80	0,15 / 50	0,10 / 30
Ref: Diambil dari Vibratory Soil and Rock Fill Compactor, Lars Forssblad, 1981.				

17) Tandem Roller (E17)

Contoh alat : Hamm, HD 75. 4

Sesuai dengan informasi katalog alat, spesifikasi teknis alat yang dimaksud adalah sebagai berikut:

- Berat 10 ton.
- Lebar roda pemadat (b), 1,680 m.

Kapasitas produksi (m³/jam):

$$Q = \frac{\{ N \times (b - b_0) + b_0 \} v \times 1000 \times F_a \times t}{N \times n}$$

.....(33a)

Keterangan:

- be : lebar efektif pemadatan = (b - b₀), (m).
- b : lebar roda alat pemadat (m).
- Bo : lebar *overlap* (0,20 m) (m)(Minimal 0,15 m), Lihat Tabel A.15.
- W : lebar area pemadatan (m).
- V : kecepatan pemadatan (km/jam)

1000 : perkalian dari km ke m.

F_a : faktor efisiensi alat (0,83, kondisi baik sekali). Lihat Tabel A.5.

n : jumlah lintasan (*passing*), biasanya 6 lintasan (2 awal, 4 akhir)

Nilai n antara 6 dan 8 kali sampai padat, tergantung jenis bahan atau campuran yang dipadatkan; Untuk campuran beraspal, 2 lintasan pertama adalah sebagai pemadatan awal (*break down rolling*), sisanya adalah pemadatan akhir.

N : jumlah “lajur” lintasan pemadatan selebar $b_e = (b - b_0)$ di area pekerjaan. Nilai N (jumlah trip) dihitung sebagai berikut:

- o Bila lebar area pemadatan $W > b$, maka N dihitung sebagai berikut:

$$N = \frac{w}{b - b_0}$$

Pada umumnya lebar lajur lalu lintas (W) antara 3,5 m dan 3,7 m, atau rata-rata 3,6 m, sehingga untuk memadatkan campuran beraspal panas dapat dihitung nilai $N = 3,6 / (1,9 - 0,3) = 2,25 \sim 3$.

Untuk memadatkan hamparan tanah asli atau timbunan dan fondasi agregat berbutir, lebar area pekerjaan mungkin lebih besar sehingga nilai N dapat disesuaikan dengan metode kerja atau kondisi lapangan.

- o Bila lebar area pengupasan $W \leq b$, maka alat pemadat harus disesuaikan dengan lebar area pekerjaan (W), dan nilai N diambil menjadi 1, sehingga rumus kapasitas produksi menjadi:

Kapasitas Produksi (m^3/Jam):

$$Q = \frac{b \times v \times 1000 \times F_a \times t}{n} \quad (33b)$$

a) Contoh tanpa mempertimbangkan lebar jalur (W) yang dikerjakan

Kapasitas produksi (m^3/jam):

$$Q = \frac{b \times v \times 1000 \times F_a \times t}{n}$$

Keterangan:

Be : lebar efektif pemadatan = $b - b_0$

$$= 1,68 - 0,2 = 1,48 \text{ m.}$$

V : kecepatan pemadatan = 1,5 km/jam (Maksimal 4 km/jam).

Lihat Tabel A.25.

F_a : faktor efisiensi alat = 0,83 (kondisi baik sekali).

Lihat Tabel A.5.

t : tebal pemadatan = 0,05 m (AC-WC).

n : jumlah lintasan = 6 lintasan (2 awal + 4 akhir).

Kapasitas produksi (m³/jam):

$$Q = \frac{b_e \times v \times 1000 \times F_a \times t}{n} = \frac{1,48 \times 1,50 \times 1000 \times 0,83 \times 0,05}{6}$$

$$Q = 15,36$$

Koefisiensi alat (jam/m³):

$$E19 = 1 : Q = 1 : 15,36$$

$$E19 = 0,0651$$

b) Contoh dengan mempertimbangkan lebar jalur (W) yang dikerjakan.

W = lebar lajur yang dikerjakan setengah lebar jalan = 3,7 m. $N =$

$$\frac{w}{b-b_0} = \frac{3,7}{1,68-0,2} = 2,5$$

Kapasitas produksi (m³/jam):

$$Q = \frac{\{N \times (b - b_0) + b_0\} \times v \times 1000 \times F_a \times t}{n \times N} = \frac{\{2,5 \times (1,68 - 0,2) + 0,2\} \times 1,50 \times 1000 \times 0,83 \times 0,05}{6 \times 2,5}$$

$$Q = 16,19$$

Jenis tandem roller dengan kapasitas lainnya:

- E17, tandem roller DD 100; 6-8 Ton; 130 HP;
- E17a, tandem roller BW141AD-50; 6,9 T, 1500mm; 74,3 HP;

- E17b, *tandem roller*, BW151AD-5; 7,9 T, 1680mm; 74,3 HP;
- E18c, *tandem* 10 T, BW161AD-4 (10 ton);1680mm; 100 HP.

18) *Pneumatic Tire Roller* (E18)

Contoh alat: YTO – YL 16 G

Sesuai dengan informasi katalog alat, spesifikasi teknis alat yang dimaksud adalah sebagai berikut:

- Berat 9,0 ton
- Lebar total roda pemadat (b): 2,290 m.

Kapasitas produksi (m³/jam):

$$Q = \frac{\{N(b - b_0) + b_0\} v \times 1000 \times F_a \times t}{N \times n} \quad (34a)$$

Keterangan:

b : lebar roda alat pemadat (m).

b_e : lebar efektif pemadatan = (b-b₀) (m).

b₀ : lebar *overlap* (0,30 m). Lihat Tabel A.15

W : lebar area pemadatan (m).

V : kecepatan pemadatan; 2,5 km/jam (Maks 10 km/jam).

Lihat Tabel A.25

1000 : perkalian dari km ke m.

F_a : faktor efisiensi alat (diambil 0,83, kondisi baik sekali).

Lihat Tabel A.5.

n : jumlah lintasan (passing, maju atau mundur saja), pada umumnya n = 8 lintasan.

Nilai n antara 6 dan 10 lintasan sampai padat (Lihat Tabel A.25), tergantung jenis bahan atau campuran yang akan dipadatkan. Untuk campuran beraspal, maka 2 lintasan pertama adalah sebagai pemadatan awal (*break down rolling*), sisanya adalah pemadatan akhir.

N : jumlah “lajur” lintasan pemadatan selebar b_e = (b – b₀) di area

pekerjaan. Nilai N dihitung sebagai berikut:

- Bila lebar area pemadatan $W > b$, maka N dapat dihitung:
 $N = W / (b - b_0)$,

Pada umumnya lebar lajur lalu lintas (W) antara 3,5 m dan 3,7 m, atau rata-rata 3,6 m, sehingga untuk memadatkan campuran beraspal panas dapat dihitung nilai $N = 3,6 / (1,9 - 0,3) = 2,25$

Untuk memadatkan hamparan tanah asli atau timbunan dan fondasi agregat berbutir, lebar area pekerjaan mungkin lebih besar sehingga nilai N dapat disesuaikan dengan metode kerja atau kondisi lapangan.

- Bila lebar area pengupasan $W \leq b$, maka alat pemadat harus disesuaikan dengan lebar area pekerjaan (W), dan nilai N diambil menjadi 1, sehingga rumus kapasitas produksi menjadi:

Kapasitas Produksi (m^3 / jam) :

$$Q = \frac{b \times v \times 1000 \times F_a \times t}{n} \quad (34b)$$

Jenis *tire roller* dengan kapasitas lainnya:

- E18, *tire roller* 6-8 T. PT 220; 135 HP;
- E18a, *tire roller*, BW24RH; 24 ton; 2042 mm; 74,9 HP.

19) *Vibratory Roller* (E19)

Contoh alat : HAMM - 3307

Sesuai dengan informasi katalog alat, spesifikasi teknis alat yang dimaksud adalah sebagai berikut:

- Berat 7,05 ton;
- Lebar total roda pemadat (b): 1,680 m.

Kapasitas produksi (m^3 / jam):

$$Q = \frac{\{ N(b - b_0) + b_0 \} v \times 1000 \times F_a \times t}{N \times n} \quad (35a)$$

Keterangan:

b : lebar roda alat pemadat (m).

be : lebar efektif pemadatan = (b - b₀) (m).

b₀ : lebar *overlap* (0,20 m). Lihat Tabel A.15.

W : lebar area pemadatan (m).

v : kecepatan pemadatan, 4,0km/jam. Lihat Tabel A.25.

1000 : perkalian dari km ke (m).

F_a : faktor efisiensi alat (0,83, kondisi baik sekali). Lihat Tabel A.5.

n : jumlah lintasan (*passing*, maju atau mundur saja), pada umumnya n = 8 lintasan. Nilai n antara 4 dan 12 kali sampai padat tergantung jenis bahan atau campuran yang akan dipadatkan. Lihat Tabel A.25.

N : jumlah “lajur” lintasan pemadatan selebar be = (b - b₀) di area pekerjaan. Nilai N dihitung sebagai berikut:

- o Bila lebar area pemadatan W > b, maka N dapat dihitung:

$$N = \frac{W}{b - b_0}$$

Pada umumnya lebar lajur lalu lintas (W) antara 3,5 m dan 3,7 m, atau rata-rata 3,6 m, sehingga untuk memadatkan campuran beraspal panas dapat dihitung nilai N = 3,6/(1,9 - 0,3) = 2,25

Untuk memadatkan hamparan tanah asli atau timbunan dan fondasi agregat berbutir, lebar area pekerjaan (W) mungkin lebih besar sehingga nilai N dapat disesuaikan dengan metode kerja atau kondisi lapangan.

- o Bila lebar area pengupasan W ≤ b, maka alat pemadat harus disesuaikan dengan lebar area pekerjaan (W), dan nilai N diambil menjadi 1, sehingga rumus kapasitas produksi menjadi: Kapasitas Produksi (m³/jam):

$$Q = \frac{b \times v \times 1000 \times F_a \times t}{n} \quad (35b)$$

Jenis *vibratory roller* dengan kapasitas lainnya:

- E19, *vibratory roller* 12 T. (CS 533E); 130 HP;
- E19a, *vibratory roller* 10 T. (BW211D); 132 HP;
- E19b, *vibratory roller*, BW211D-40, 11 ton; 40mm; 131,4 HP;
- E19c, *vibratory roller*, BW219D-4, 20 ton; 60mm; 201 HP;
- E19d, *vibrating rammer*, MS64A; 9,5 m/mnt; 6,42 HP.

20) *Concrete vibrator* (E20)

Contoh alat : *Wacker DAP 6 + H25S/SMZE*

Sesuai dengan informasi katalog alat, spesifikasi teknis alat yang dimaksud adalah sebagai berikut:

- Kapasitas batang penggetar dengan ukuran \varnothing head 2,5 cm
- Panjang *flexible shaft* 2,0 m
- Kapasitas pemadatan $v = 3 \text{ m}^3 / \text{jam}$

Faktor efisiensi alat $F_a = 0,83$ (kondisi baik sekali). Lihat Tabel A.5.

Kapasitas produksi (m^3/jam):

$$Q_1 = v \times F_a \quad (36)$$

$$Q_1 = 2,49$$

Koefisien Alat (jam/m^3):

$$E20 = \frac{1}{Q} = \frac{1}{2,49} = 0,33$$

21) *Stone crusher* (E21)

Stone crusher atau unit pemecah batu ada beberapa jenis. Ada 4 (empat) macam pemecah batu yang umum dipakai, yaitu:

- a) *Jaw crusher*;
- b) *Cone crusher*;
- c) *Impact crusher*; dan
- d) *Roll crusher*.

Besaran kapasitas produksi *stone crusher* tergantung pada jenis batu yang dipecah serta besar kecilnya bukaan pengeluaran agregatnya (*discharge setting*), kecuali pada *impact crusher*.

Untuk produksi yang kecil (sedikit), biasanya cukup dipasang satu unit crusher saja, namun untuk produksi yang cukup besar (banyak) misalnya 60 (enam puluh) ton per jam atau lebih, maka perlu dipasang 2 (dua) unit *crusher* bersamaan dengan ketika agregat yang masih besar hasil dari *crusher* pertama dialirkan ke *crusher* kedua untuk dipecah lagi untuk menjadi agregat yang lebih kecil.

a) Jaw Crusher

Contoh alat : *Shin Shaeng*, PE – 600.

Sesuai dengan informasi katalog alat, spesifikasi teknis alat yang dimaksud adalah sebagai berikut:

- Kapasitas = 75 ton/jam pada *setting* 65 mm;
Dihitung produksi agregat masing-masing ukuran.
- *Setting (Discharge Setting)* = 65 mm.

Agregat yang dihasilkan ukuran = (0 – 65) mm.

Saringan (*screen*) dipasang 3 (tiga) ukuran:

1. Ukuran 6 (mm), agregat keluar : (0 – 6) mm;
2. Ukuran 19 (mm), agregat keluar : (0 - 19) mm;
3. Ukuran 25 (mm), agregat keluar : (0 – 25) mm.

Agregat ukuran 25 – 65 mm tidak lolos saringan.

Jenis batu yang dipecah : *river gravel*.

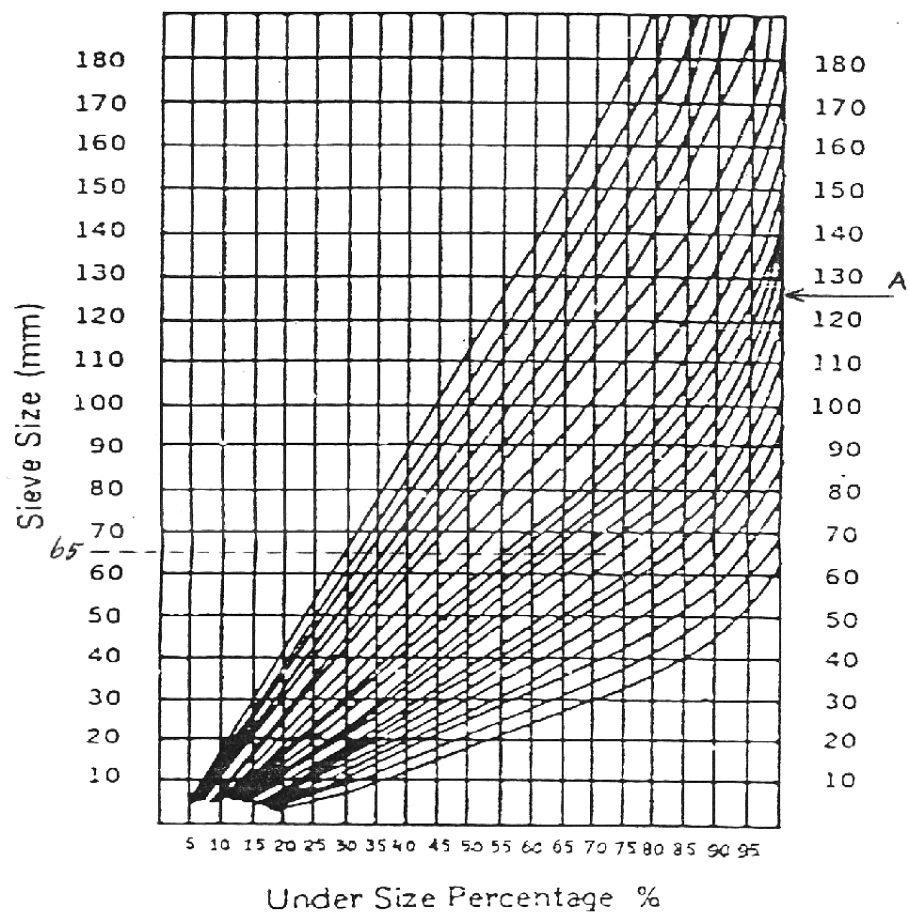
undersize percentage diambil 70 %.

Tabel A.28 – Undersize Percentage, Jaw Crusher

Jenis batu	Undersize Precentage		
<i>Lime Stone</i>	85%	-	90%
<i>River Gravel</i>	70%	-	75%
<i>Quarry Rock</i>	85%	-	90%
PT. Sumber Mesin Raya, MINYU – GOLDEN STAR			

Lihat dalam Gambar 5 . Analisis pada Produk *Jaw Crusher*, untuk *Undersize Percentage* 70% dan setting 65 mm akan ditemukan grafik garis lengkung (panah A) yang melewati titik potong garis datar 65 mm dan garis tegak 70%.

Dengan grafik garis lengkung A ini, dicari persentase analisis agregat ukuran (0 – 6) mm; (6 – 19) mm; (19 – 25) mm; (25 – 65) mm.



Gambar 5 - Jaw Crusher Screen Analysis

Agregat :

$$\begin{aligned} 25 - 65 \text{ mm} &= (35\% - 70\%) = 35\% &= \frac{35\%}{70\%} \times 75 = 37,5 \text{ ton/jam;} \\ 19 - 25 \text{ mm} &= (29\% - 35\%) = 6\% &= \frac{6\%}{70\%} \times 75 = 6,4 \text{ ton/jam;} \\ 6 - 19 \text{ mm} &= (15\% - 29\%) = 14\% &= \frac{14\%}{70\%} \times 75 = 15,0 \text{ ton/jam;} \\ 0 - 6 \text{ mm} &= (0\% - 15\%) = 15\% &= \frac{15\%}{70\%} \times 75 = 16,1 \text{ ton/jam.} \end{aligned}$$

Jadi produksi *jaw crusher* per jam adalah, sebagai berikut:

Agregat ukuran:

$$\begin{aligned} 25 - 65 \text{ (mm)} &= 37,5 \text{ ton/jam;} \\ 19 - 25 \text{ (mm)} &= 6,4 \text{ ton/jam;} \\ 6 - 19 \text{ (mm)} &= 15,0 \text{ ton/jam;} \end{aligned}$$

$0 - 6 \text{ (mm)} = 16,1 \text{ ton/jam.}$

b) Cone crusher

Contoh alat : Shin Shaeng, PYB – 6000.

Sesuai dengan informasi katalog alat, spesifikasi teknis alat yang dimaksud adalah sebagai berikut:

- Kapasitas produksi : 40 ton/jam pada setting 25 mm.
- Batu yang dipecah adalah *river gravel (hard stone)*, produk ukuran 25 – 65 (mm) dari *jaw crusher* contoh a).
- *Cone crusher* dengan kapasitas 40 ton/jam pada setting 25 (mm) masih dapat menampung agregat (25 – 65 mm) produksi *jaw crusher* (yaitu sejumlah 37,5 ton/jam). Produk *cone crusher* adalah agregat ukuran :
 - 1) 0 – 6 mm
 - 2) 6 – 19 mm
 - 3) 19 – 25 mm

dengan memakai saringan (*screen*) dari *jaw crusher*, *undersize percentage* diambil 55% (*coarse*).

Tabel A.29 – Undersize precentage, cone rusher

Type of cavity	Lime stone	Ore	Diabase	Andesite	Granite	Hand stone
Fine	75	70	70	70	65	65
Coarse	65	60	60	55	55	55
PT. Sumber Mesin Raya, MINYU - GOLDEN STAR						

Lihat pada dalam Gambar 6. Analisis produk *cone crusher*, untuk *undersize percentage* 55% dan *setting* 25 mm akan ditemukan grafik garis lengkung (panah B) yang paling mendekati titik potong garis datar 55% dan garis tegak 25 (mm). Dengan grafik garis lengkung B ini dicari percentase analisa agregat produksi *cone crusher* ukuran (0 – 6) mm, (6 – 19) mm dan (19 – 25) mm.

Agregat ukuran:

$19 - 25 \text{ mm} = (36\%-58\%) = 22 \% = \frac{22\%}{58\%} \times 37,5 = 14,2 \text{ ton/jam;}$

$$6 - 19 \text{ mm} = (9\% - 36\%) = 27 \% = \frac{27\%}{58\%} \times 37,5 = 17,5 \text{ ton/jam};$$

$$0 - 6 \text{ mm} = (0\% - 9\%) = 9 \% = \frac{9\%}{58\%} \times 37,5 = 5,8 \text{ ton/jam}.$$

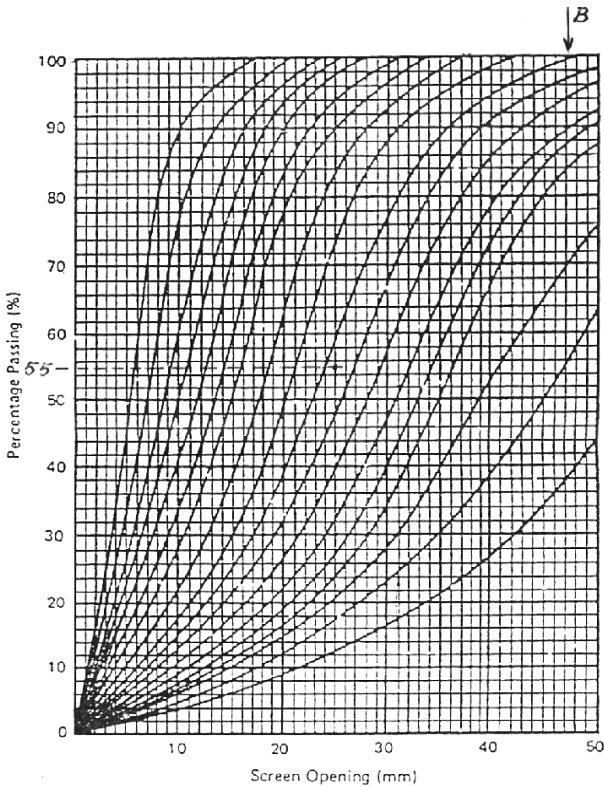
Jadi produksi *cone crusher* hasil pemecahan agregat (25 - 65) mm dari *jaw crusher* adalah :

Agregat ukuran:

$$19 - 25 \text{ (mm)} = 14,2 \text{ ton/jam};$$

$$6 - 19 \text{ (mm)} = 17,5 \text{ ton/jam};$$

$$0 - 6 \text{ (mm)} = 5,8 \text{ ton/jam}.$$



Gambar 6 - Cone Crusher Analysis (Product Gradation Curve)

c) Produksi gabungan *jaw crusher* (sebagai *primary*) dan *cone crusher* (sebagai *secondary*) adalah sebagai berikut:

Agregat ukuran:

$$19 - 25 \text{ (mm)} = 6,4 + 14,2 = 20,6 \text{ ton/jam}$$

$$6 - 19 \text{ (mm)} = 15 + 17,5 = 32,5 \text{ ton/jam}$$

$$0 - 6 \text{ (mm)} = 16,1 + 5,8 = 21,9 \text{ ton/jam}$$

$$\text{Jumlah: } 0 - 25 \text{ (mm)} = 75,0 \text{ ton/jam}$$

d) Wheel loader melayani stone crusher

Produksi *stone crusher* (m³/jam):

$$Q_b = (F_{a1} \times C_{p1}) / D \dots\dots\dots(37)$$

Kebutuhan batu/*gravel* (m³/jam):

$$Q_g = (F_{a1} \times C_{p1}) / D_1 \dots\dots\dots(38)$$

Kapasitas angkut (m³/rit):

$$K_a = (F_{a2} \times C_{p2})$$

Waktu kerja *wheel loader* memasok *gravel* (jam):

$$T_w = ((\frac{Q_g}{K_a}) \times T_s): 60$$

Keterangan:

- Q_b : Kapasitas produksi *stone crusher* (m³/jam).
- Q_g : Kebutuhan batu per jam.
- T_s : Waktu siklus (muat, tuang, tunggu, dll),2 menit.
- D₁ : Berat Isi bahan; Batu / *Gravel* (ton/m³).
- D₃ : Berat isi batu pecah (ton/m³).
- C_{p1} : Kapasitas alat pemecah batu (*stone crusher*) (50 ton/jam)
- C_{p2} : Kapasitas *bucket Wheel Loader* (1,5 m³)
- F_{a1} : Faktor efisiensi alat pemecah batu (*stone crusher*).
Lihat Tabel A.5.
- F_{a2} : Faktor efisiensi alat *Wheel Loader*. Lihat Tabel A.24

22) *Water pump* (E22)

Contoh alat : Kubota, SL – 75 (φ 3 inchi)

Sesuai dengan informasi katalog alat, spesifikasi teknis alat yang dimaksud adalah sebagai berikut:

- Kapasitas tenaga mesin, P_w: 6 HP

- Diameter pipa : 3 inchi
- Kapasitas produksi pompa maksimum: 4,5 m³

Kapasitas produksi /jam:

$$Q = 4,5 \text{ m}^3 \quad (39)$$

23) *Water tank truck* (E23)

Contoh alat : Isuzu, TLD – 56

Sesuai dengan informasi katalog alat, spesifikasi teknis alat yang dimaksud adalah sebagai berikut:

- Kapasitas tangki air, V : 4.000 liter
- Kapasitas pompa air (Pa) maksimum: 100 liter / menit

Kapasitas produksi (m³/jam) :

$$Q = \frac{p_a \times F_a \times 60}{W_c \times 1000} \quad (40)$$

Keterangan:

Q : Kapasitas produksi per jam.

V : Volume tangki air (m³).

W_c : Kebutuhan air /m³ material padat; W_c = 0,07 m³.

p_a : Kapasitas pompa air. Diambil 100 liter/menit.

F_a : Faktor efisiensi alat. Lihat Tabel A.5.

60 : Perkalian 1 jam ke menit.

1000 : Perkalian dari km ke m.

24) *Pedestrian roller* (E24)

Contoh alat : SAKAI, HV 80 ST

Sesuai dengan informasi katalog alat, spesifikasi teknis alat yang dimaksud adalah sebagai berikut:

- Berat: 830 kg;
- Lebar roda drum, b = 710 mm;
- Kapasitas mesin, Pw: 6,8 HP;
- Kecepatan, v : (0 – 3,5) km/jam.

Kapasitas produksi (m³/jam):

$$Q = \frac{be \times v \times 1000 \times F_a}{60 \times n} \quad (41)$$

Keterangan:

Be : Lebar efektif pemadatan = (b - b₀) (m).

b : Lebar roda alat pemadat (1,680 m) (m).

b₀ : Lebar overlap; (0,15 m) (m).

t : Tebal pemadatan (m).

v : Kecepatan rata-rata pemadatan, (diambil 1,5 km/jam). (m).

N : Jumlah lintasan, (diambil 6 lintasan). Lihat Tabel A.25.

F_a : Faktor efisiensi alat, diambil 0,83 (kondisi baik sekali).

Lihat Tabel A.5.

1000 : Perkalian dari km ke m.

Jenis *pedestrian roller* dengan kapasitas lainnya:

- E24, *pedestrian roller (baby roller)*; 1 Ton; 15 HP;
- E24a, *pedestrian roller* BW65; 65 cm; 0,75 T; 8,3 HP;
- E24b, *pedestrian roller* BW75; 75 cm; 1,04 T; 8,3 HP.

25) *Tamper* (E25)

1. Contoh alat : Wacker, VPF – 1750

Sesuai dengan informasi katalog alat, spesifikasi teknis alat yang dimaksud adalah sebagai berikut:

- Lebar telapak (lbr): 0,50 m’;
- Panjang telapak : 0,635 m’;
- Kecepatan : 1 Km/jam;
- Luas telapak Tamper, A = 635 mm x 500 mm = 0,3175.m²;
- Jumlah lapisan N : 1;
- Banyak tumbukan, n : 6 tumbukan;
- Berat : 121 kg;
- Tenaga mesin, Pw : 4,7 HP.

Kapasitas produksi (m³/jam):

$$Q = \frac{v \times 1000 \times F_a \times \text{lbr} \times t}{N \times n} \quad (42)$$

$$Q = 13,83 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Keterangan:

t : Tebal pemadatan; t = 0,20 m; Lihat Tabel A.26.

v : Kecepatan lintasan rata-rata pemadatan; (1,0 km/jam).

Lihat Tabel A.25.

F_a : Faktor efisiensi alat; diambil 0,83 (kondisi baik sekali).

Lihat Tabel A.5.

2. Contoh alat : Wacker, DS 72 Y

Sesuai dengan informasi katalog alat, spesifikasi teknis alat yang dimaksud adalah sebagai berikut:

- Ukuran sepatu alas: 320 mm x 280 mm;
- Berat: 80 kg;
- Tenaga mesin, P_w = 31 KW = 4,2 HP.

Kapasitas produksi (m³/jam):

$$Q = Q_1 \times F_a \quad (43)$$

Contoh:

Kapasitas produksi (m³/jam):

$$Q = Q_1 \times F_a = 10 \times 0,75 = 7,5$$

Koefisien alat (m³/jam):

$$E_{48} = \frac{1}{Q} = \frac{1}{7,5} = 0,1333$$

Keterangan:

Q₁ : kapasitas produksi rata-rata per jam berdasarkan referensi

Vibratory Soil and Rock Fill Compaction, Lars Forssbland,

hal 92.

Q₁ : 10 m³/jam, pada ketebalan t = 0,35 m untuk pemadatan pasir dan kerikil.

Fa : 0,75 untuk kondisi pekerjaan sedang agak sulit.

Lihat Tabel A.5.

3. Jenis *tamper* dengan kapasitas lainnya:

- E25, *tamper*; 1 Km/jam; W 40cm; 4,2 HP;
- E25a, *tamper*, BT60; 58 Kg; W 23cm;t-15cm;15m³/j; 3,8 HP;
- E25b, *tamping rammer dynmc*, 80 kg; w=(285x300) mm; t-15cm; 15M³/j;DTR25; 5,5 HP;
- E25c, *slope vibratory compactor*;
- E25d, *vibrating rammer*, MS64A; 9,5 m/menit; 6,42 HP.

26) *Jack hammer* (E05)

Dioperasikan dengan *air compressor* (E05).

(1) Contoh 1: *air compressor* (E05).

Lihat analisis pada persamaan 24.

(2) Contoh 2: *jack hammer* (E05)

(3) Contoh 3: *jack breaker hammer* HM 1810 *demolition concrete breaker*; 2,65 HP Alat ini tidak memerlukan *compressor*.

- Kapasitas bongkar (V) = 15,0 m³/jam.
- Faktor efisiensi alat (Fa) = 0,83. Lihat Tabel A.5.
- Kapasitas Produksi (m³/jam):
$$Q = V \times Fa$$
$$Q = 15 \times 0,83 = 12,5 \text{ m}^3.$$
- Koefisien alat (jam/m³) = 1 : D2 = 0,0803.

Jenis *jack breaker* dengan kapasitas lainnya:

- E26a, *jack hammer*, 60 HP;
- E26b, *jack breaker hammer* HM 1810 *demolition concrete breaker*; 2,65 HP;
- E26c, *jack breaker hammer* GSH27, *concrete breaker*, 3,98 HP.

27) *Pulvi Mixer* (soil stabilizer) (E27)

Contoh alat : Bomag, MPH – 100 S

Sesuai dengan informasi katalog alat, spesifikasi teknis alat yang dimaksud adalah sebagai berikut:

- Lebar pemotongan (*cutting width*), $b = 2,005 \text{ m}$;
- Kedalaman pemotongan, maksimum $t = 0,356 \text{ mm}$;
- Kecepatan bekerja, maksimum, $v = 55,5 \text{ m / menit}$.

Kapasitas produksi (m^3/jam) :

$$Q = v \times 1.000 \times b \times t \times F_a \quad (43)$$

Keterangan:

t : Tebal pemadatan, diambil $0,15 \text{ m}$.

v : Kecepatan rata-rata, (diambil $20 \text{ m/menit} = 1,2 \text{ km/jam}$).

b : Lebar pemotongan, diambil $2,005 \text{ m}$.

F_a : Faktor efisiensi alat; diambil $0,83$ (kondisi baik sekali).

Lihat Tabel A.5.

Catatan :

Peralatan sejenis dengan peralatan tersebut, maka untuk pekerjaan stabilisasi tanah (*soil stabilization*) baik memakai semen atau bahan lain, adalah peralatan *Wirtgen Tractor – Towed Stabilizer*, Model WS-2200 dan WS 2500.

28) *Concrete pump* (E28)

Data sesuai dengan spesifikasi teknis. Pada umumnya produksi pompa beton bervariasi antara 10 cuyd/ jam dan 100 cuyd/ jam , atau antara $7,6 \text{ m}^3/\text{jam}$ dan $76 \text{ m}^3/\text{jam}$, tergantung dari tipe pompa yang dipakai, ukuran pipa pengecor, dan faktor efisiensi alat. (Bibliografi:⁵⁾). $1 \text{ yd}^3 = 0.7645549 \text{ m}^3$. Banyak merek yang dipasarkan dengan kapasitas berbeda-beda.

29) *Truck Semi-Trailer 20 Ton* (E29)

Pindah ke E35

30) *Pile Driver - Hammer* (E30)

Alat ini digunakan untuk pekerjaan pemasangan tiang pancang, dinding beton atau baja (*sheet pile*) untuk penahan tanah. Peralatan kadang-kadang memerlukan alat lain seperti *Crane* untuk mengangkat Hammer.

kapasitas produksi m^3/jam :

$$Q = \frac{V \times p \times F_a \times 60}{T_s} \quad (44)$$

Keterangan:

V : kapasitas alat, titik.

F_a : faktor efisiensi alat. Lihat Tabel A.5.

T₁ : lama waktu menggeser dan menyetel tiang; (30 – 40) menit.

T₂ : lama waktu pemancangan sampai kalendering; (50 – 60) menit.

T₃ : lama waktu penyambungan tiang; (20 – 40) menit.

p : panjang tiang pancang tertanam dalam satu titik; m.

TS : waktu siklus pemancangan, $T_s = \sum_{n=1}^n T_n$; menit.

31) *Crane On Track (Crawler Crane) 75 Ton (E31)*

Lihat uraian di E07

Data sesuai dengan spesifikasi teknis.

32) *Welding set (E32)*

Data sesuai dengan spesifikasi teknis.

Jenis *welding set* dengan kapasitas lainnya:

- E32, *welding*; D 5400 Watt; 7,16 HP;
- E32a, *welding inverter/machine*; 16.98 HP;
- E32b, *welding set* 300 A; 5 HP;
- E32c, *welding set*; LASTON MINI 140; 41,78 HP.

33) *Bored Pile Drilling Machine, Max. Ø 2,00 m (E33)*

Data sesuai dengan spesifikasi teknis.

Contoh perhitungan *Cyle time Bore pile*

- Kedalaman pemboran p = 25,4 m
- Diameter bor = 0,8 m
- Kapasitas alat V = 1 titik
- Faktor Efisiensi alat, Fa = 0,83. Lihat Tabel A.5.
- Waktu siklus dengan asumsi:
 - o waktu *check* titik bore : 5 menit

o waktu persiapan alat	: 10 menit
o waktu check ketegakan alat	: 5 menit
o waktu untuk pasang casing	: 20 menit
o waktu untuk pengeboran	: 90 menit
o waktu untuk <i>cleaning</i>	: 15 menit
o waktu untuk instalasi besi	: 15 menit
o waktu untuk pengecoran	: 45 menit
o <u>waktu untuk tarik casing</u>	<u>: 20 menit</u>
Total Waktu, Ts	: 225 menit

Kapasitas Produksi (m' / jam):

$$Q1 = V \times p \times Fa \times 60 / Ts$$
$$= 5,621$$

Koefisien alat jam/m'

$$= \frac{1}{Q} = 0,1779$$

34) *Asphalt Liquid Mixer* (E34)

Data sesuai dengan spesifikasi teknis.

35) *Truck Semi Trailler*, 15 Ton (E29)

Contoh alat : Nissan cda 211 SHRR – 6 x 2

Sesuai dengan informasi katalog alat, spesifikasi teknis alat yang dimaksud adalah sebagai berikut:

- Kapasitas tenaga mesin, Pw = 220 PS;
- Kapasitas muatan bak, V = Cp = 15 ton.

Kapasitas produksi, lihat *dump truck* (E08 dan E09)

Contoh alat : Nissan

CWM 432 MHRA – 6 x 4; Pw = 290 PS, Cp = 20 Ton

Jenis *truck semi trailler* dengan kapasitas lainnya:

- E29, *semi trailler* 15 Ton; 150 HP;
- E29a, *semi trailer* 30 T; 1.1.22; 200 HP;
- E29b, *semi trailer* 34 T; 1.2.22; 220 HP;
- E29c, *semi trailer* 40 T; 1.22.22; 230 HP;
- E29d, *semi trailer* 43 T; 1.22.222; 240 HP;
- E29e, *semi trailer* 20 Ton; FM320Ti; 320 HP.

36) Cold milling machine (E36)

kegunaan cold milling machine:

- Mengupas perkerasan aspal (dengan tebal yang direncanakan);
- Mengupas perkerasan beton semen tanpa tulangan.

Contoh alat : Wirtgen, W – 1000 F

Sesuai dengan informasi katalog alat, spesifikasi teknis alat yang dimaksud adalah sebagai berikut:

- Kapasitas tenaga mesin (Pw): 248 HP (185 kW);
- Kedalaman (tebal) pengupasan: t = (0 – 315) mm;
- Lebar pengupasan: b = 1,00 m.

Kapasitas produksi (m³/jam):

$$Q = v \times b \times F_a \times t \times 60 \dots\dots\dots(45)$$

Keterangan:

b : Kapasitas lebar galian/pembongkaran (m).

t : Tebal galian/pembongkaran (m).

v : Kecepatan laju pembongkaran (m/menit).

F_a : Faktor efisiensi alat. Lihat Tabel A.5.

60 : Perkalian 1 jam ke menit.

Contoh:

Kapasitas produksi pengupasan (m³/jam):

$$Q = v \times b \times F_a \times 60 \times t = 6 \times 1 \times 0,70 \times 60 \times 0,15 = 37,8$$

Koefisien alat (jam/ m³):

$$E36 = 1 : Q = 1 : 37,8$$

$$E36 = 0,0265 \text{ jam}$$

Keterangan:

v : Kecepatan pengupasan rata-rata = 6,00 m/menit (untuk ketebalan kupasan t = 15 cm, lihat grafik *Theoretical performance value* untuk Wirtgen 1000 DC dalam Gambar 7).

b : Lebar pengupasan=1000 mm (= 1,00 m).

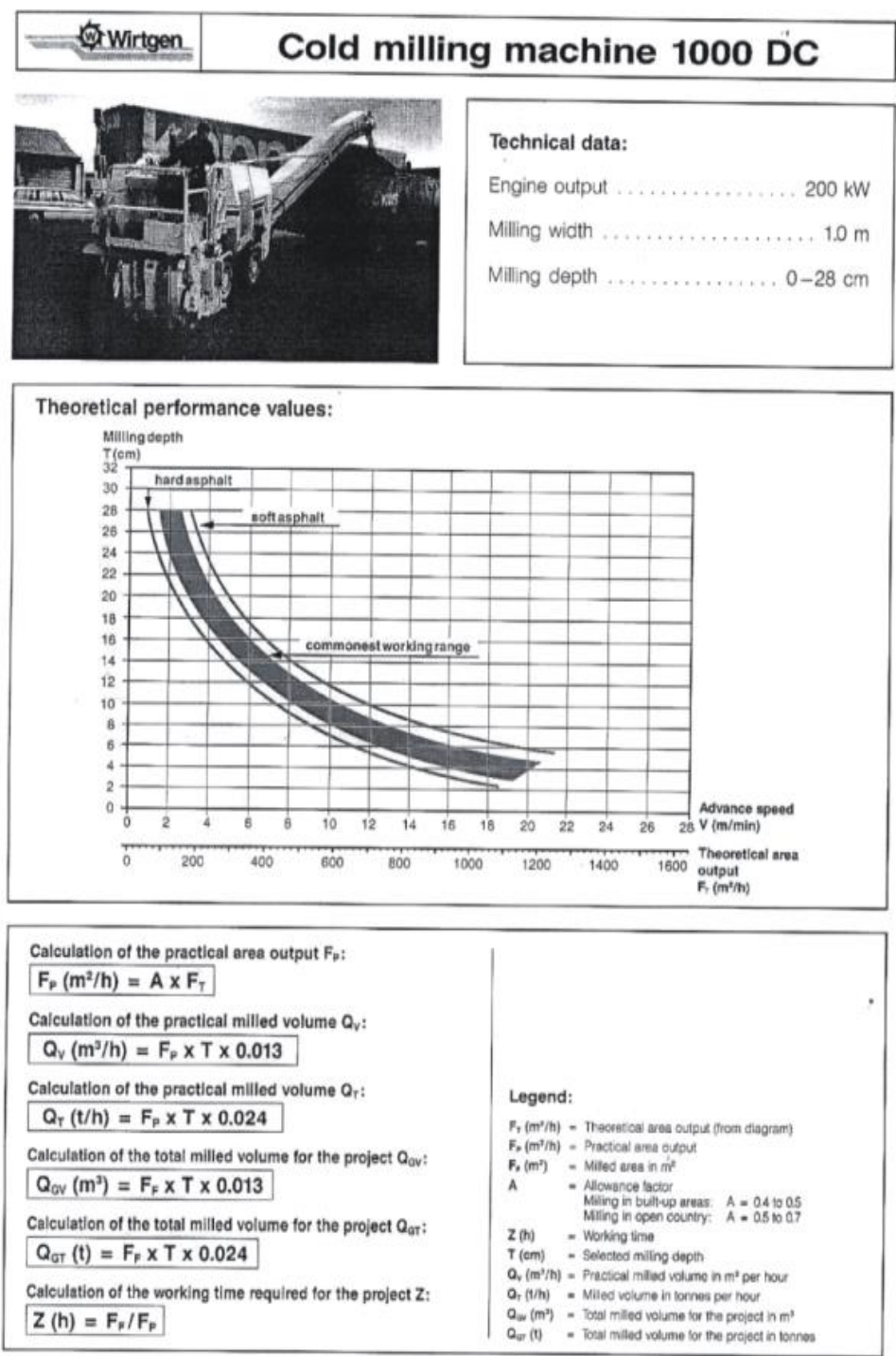
Fa : Faktor efisiensi alat = 0,70.

untuk Fa pengupasan → 0,7 (Referensi: Wirtgen).

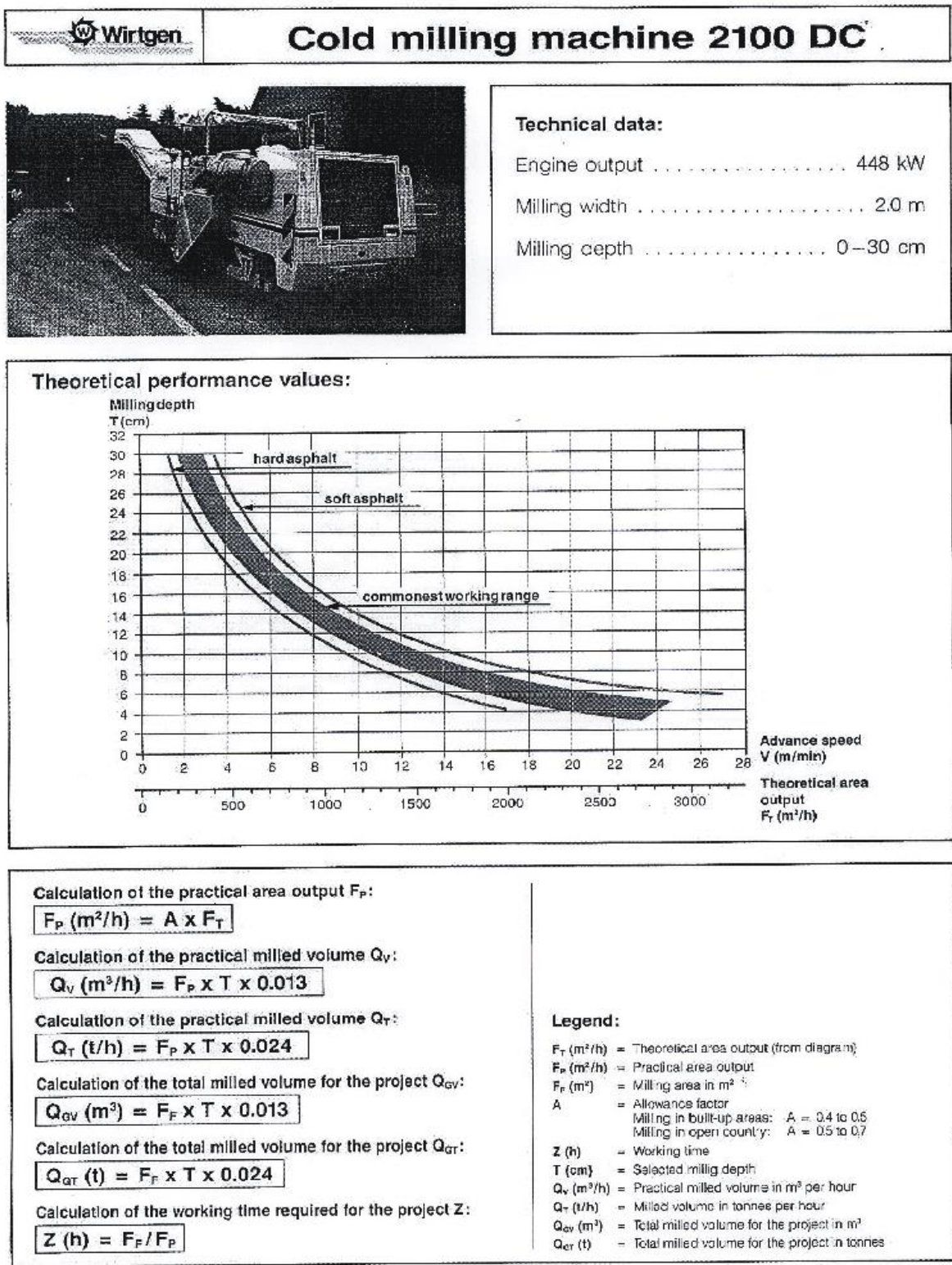
t : Tebal (kedalaman) pengupasan = 0,15 m.

Jenis cold milling machine dengan kapasitas lainnya:

- E36, cold milling machine, BM600/15; w600; d210; 32m/menit; 92 HP;
- E36a, cold milling machine, BM1000/35; 1000; d330; 32m/menit; 240 HP;
- E36b, cold milling machine, BM2000; d320; 32m/menit; 440 HP.



Gambar 7 – Gambar Cold Milling Machine dan Performance Value 1000 DC



Theoretical performance values:



Calculation of the practical area output F_P :

$$F_P \text{ (m}^2\text{/h)} = A \times F_T$$

Calculation of the practical milled volume Q_V :

$$Q_V \text{ (m}^3\text{/h)} = F_P \times T \times 0.013$$

Calculation of the practical milled volume Q_T :

$$Q_T \text{ (t/h)} = F_P \times T \times 0.024$$

Calculation of the total milled volume for the project Q_{GV} :

$$Q_{GV} \text{ (m}^3\text{)} = F_P \times T \times 0.013$$

Calculation of the total milled volume for the project Q_{GT} :

$$Q_{GT} \text{ (t)} = F_P \times T \times 0.024$$

Calculation of the working time required for the project Z :

$$Z \text{ (h)} = F_P / F_P$$

Legend:

$F_T \text{ (m}^2\text{/h)}$ = Theoretical area output (from diagram)

$F_P \text{ (m}^2\text{/h)}$ = Practical area output

$F_T \text{ (m}^2\text{)}$ = Milling area in m^2

A = Allowance factor

Milling in built-up areas: $A = 0.4$ to 0.5

Milling in open country: $A = 0.5$ to 0.7

$Z \text{ (h)}$ = Working time

$T \text{ (cm)}$ = Selected milling depth

$Q_V \text{ (m}^3\text{/h)}$ = Practical milled volume in m^3 per hour

$Q_T \text{ (t/h)}$ = Milled volume in tonnes per hour

$Q_{GV} \text{ (m}^3\text{)}$ = Total milled volume for the project in m^3

$Q_{GT} \text{ (t)}$ = Total milled volume for the project in tonnes

Gambar 8 – Gambar Cold Milling Machine dan Performance Value 2100 DC

37) Rock drill breaker (E37)

Contoh alat : CAT 320 C + Hammer Model 120

Sesuai dengan informasi katalog alat, spesifikasi teknis alat yang dimaksud adalah sebagai berikut:

- a) Excavator Cat 320 C :
- Kapasitas (bucket) = 0,45 – 1,5 m³;

- Tenaga penggerak (mesin) = $P_w = 138$ HP;
- Berat (*operating weight*) = 19.700 Kg.

b) *Hammer*, Model 120, H 120 Cs tipe HRC

- Berat (*working weight*) = 1.310 kg;
- Diameter palu (*chisel tool*) = 11,50 cm.

Kapasitas produksi :

Untuk *Reinforced concrete* = 122 – 229 m³ per 8 jam

(Ref. *Caterpillar Performance Handbook, Edition 34*, October 2003, hal. 17-10)

Kapasitas produksi m³/jam: Q

Q = 15,00 diambil sebagai asumsi sesuai referensi.

Koefisiensi alat (jam/m³):

$$E_{36} = \frac{1}{Q} = \frac{1}{15,00} = 0,0667$$

Jenis rock drill breaker dengan kapasitas lainnya:

- E37, *rock drill breaker*, 25 Kg; 2,7 HP;
- E37a, *rock drill breaker*, PC200-8M0 + JTHB 210-3 Breaker; 1,83 T; 148 HP;
- E37b, *rock drill breaker*, PC300SE-8M0; 2,7 Ton; 256 HP.

38) *Cold Recycler* (E38)

Contoh alat : *Wirtgen*, WR – 2200 CR

Sesuai dengan informasi katalog alat, spesifikasi teknis alat yang dimaksud adalah sebagai berikut:

- Lebar pengupasan, b = 2,200 m;
- *Milling depth/recycling depth*, t = (0 – 350) mm;
- Tenaga mesin, $P_w = 900$ HP;
- *Travel speed*, v = (0 – 84) m/menit.

Kapasitas produksi pengupasan (m³/jam):

$$Q = v \times b \times F_a \times 60 \times t \quad (46)$$

Kapasitas produksi pengupasan (m²/ jam):

$$Q = v \times b \times F_a \times 60$$

Keterangan:

b : lebar pengupasan; diambil 2,20 m,

t : tebal galian/pembongkaran; diambil 0,15 m.

v : kecepatan pengupasan; diambil 7 m/menit.

F_a : faktor efisiensi alat. Lihat Tabel A.5.

Alat tambahan untuk pelaksanaan yang diperlukan adalah truk tangki aspal, dan truk tangki semen.

Contoh:

Kapasitas produksi (pengupasan) (m³/jam):

$$Q = v \times b \times F_a \times 60 \times t ,$$

Keterangan:

v : kecepatan pengupasan = 7 m/menit.

(lihat grafik *Theoretical Performance value* untuk Wirtgen 2100 DC dalam Gambar 8), untuk tebal (kedalaman) =15 cm

b : lebar pengupasan = 2,20 m.

F_a : faktor efisiensi alat = 0,70.

(referensi buku manual alat).

t : tebal (kedalaman) pengupasan = 0,15 m

Kapasitas produksi (m³/jam):

$$Q_1 = v \times b \times F_a \times 60 \times t = 7 \times 2,20 \times 0,7 \times 60 \times 0,15$$

$$Q_1 = 97,02 \text{ m}^3$$

Kapasitas produksi (m²/jam) (luas permukaan) :

$$\begin{aligned} Q_2 &= v \times b \times F_a \times 60 \\ &= 7 \times 2,20 \times 0,7 \times 60 \end{aligned}$$

$$Q_2 = 646,80$$

39) *Hot recycler* (E39)

Contoh alat : *Wirtgen Remixer 4500 + Heating Machine HM 4500*

Fungsi : untuk memproduksi kembali campuran aspal dalam keadaan panas (*hot recycling*) dari material hasil pengupasan/ penggalian lapisan permukaan perkerasan jalan aspal lama. Permukaan perkerasan jalan yang lama dipanaskan terlebih dulu menggunakan panel pemanas, kemudian proses *recycling* dengan pengupasan lapisan permukaan perkerasan aspal tersebut.

Sesuai dengan informasi katalog alat, spesifikasi teknis alat yang dimaksud adalah sebagai berikut:

a) *Remixer 4500*:

- Lebar pengupasan / penggalian : b = (3,00 - 4,50) m;
- Tebal (kedalaman) pengupasan : t = (0 - 60) mm;
- Tenaga penggerak : P_w = 295 HP;
- Kecepatan (working speed) : v = 0 - 5 m/menit;
- Kapasitas hopper : = 3 m³ atau 6 ton;
- Konsumsi bahan bakar mesin: = 55,0 liter/jam.

b) Pemanas (*panel heating machine*) HM 4500 :

- Lebar pemanasan (maksimum) = 4,50 m.
- Tenaga penggerak, P_w = 107 HP.
- Konsumsi bahan bakar mesin = 19,7 liter/jam.
- Tangki aspal pada *Remixer 4500* = 1500 liter
- Bahan bakar elemen pemanas dipakai propane gas (disimpan dalam bentuk cair).
- Tangki gas untuk *Remixer 4500* = 5200 liter.
- Panel *Heating Machine* HM 4500 = 6000 liter.

Kapasitas produksi *recycle* (m³/jam)

$$Q = v \times b \times F_a \times 60 \times t. \quad (47)$$

Kapasitas produksi pengupasan (m²/ jam)

$$Q = v \times b \times F_a \times 60$$

Keterangan:

b : lebar pengupasan; diambil 3,50 m.

t : tebal kedalaman pengupasan; diambil 0,05 m, maksimum

0,06 mm.

V : kecepatan pengupasan; diambil 5 m/menit.

F_a : faktor efisiensi alat; diambil 0,70. (referensi Wirtgen).

*Catatan: Faktor efisiensi alat (F_a) tertinggi berdasarkan referensi pabrik Wirtgen

Kapasitas produksi ini baru dari material galian lama.kapasitas produksi yang sebenarnya harus ditambah dengan bahan baru dari penampung (*hopper*).

Contoh:

Kapasitas produksi (*recycle*) (m³/ jam):

$$Q = v \times b \times F_a \times 60 \times t$$

$$Q = v \times b \times F_a \times 60 \times t$$

$$= 5 \times 3,50 \times 0,70 \times 60 \times 0,50$$

$$= 36,75$$

Keterangan:

v : kecepatan rata-rata = 5 m/menit

b : lebar *recycle* = 3,50 meter

F_a : faktor efisiensi alat = 0,70 (referensi Wirtgen)

t : tebal (kedalaman pengupasan) = 0,05 (m)

(maksimum = 0,06 m).

Catatan:

Kapasitas produksi ini baru dari hasil berdasarkan jumlah material galian (kupasan) permukaan lama. Jadi kapasitas produksi yang sebenarnya harus ditambah dengan jumlah material baru yang ditambahkan (dari penampung *hopper*).

Koefisiensi alat (jam/m³):

$$E_{39} = \frac{1}{Q} = \frac{1}{36,75} = 0,0272$$

40) *Aggregate spreader* (E40)

Contoh alat : Hanta. Type MS-DB (*Disc Spread*)

Sesuai dengan informasi katalog alat, spesifikasi teknis alat yang dimaksud adalah sebagai berikut:

- Tenaga mesin, $Pw1 = 115$ HP.
- Kapasitas bak, $Cp = 4,00$ ton.
- Kapasitas lebar penghamparan, $b = (3 - 6)$ m
- Tebal hamparan, $t = 1,50$ cm.
- Ukuran agregat maksimum = 20,0 mm.
- Tenaga mesin bantu, $Pw2 = 3,5$ HP.

Kapasitas produksi (m^3/jam)

$$Q = v \times b \times Fa \times 1.000 \times t \quad (48)$$

Keterangan:

b : lebar penghamparan; diambil 3,50 m.

t : tebal kedalaman pengupasan; diambil 1,50 cm.

v : kecepatan rata-rata; diambil 2 km/jam.

F_a : faktor efisiensi alat; diambil 0,83. Lihat Tabel A.5.

Contoh:

a) Kapasitas produksi (m^3/jam):

$$\begin{aligned} Q &= v \times b \times F_a \times 1000 \times t \\ &= 2,00 \times 3,50 \times 0,83 \times 1000 \times 0,015 \\ &= 87,15. \end{aligned}$$

Koefisiensi alat (jam/m^3):

$$E40 = \frac{1}{Q} = \frac{1}{87,15} = 0,0115$$

Kapasitas produksi (hamparan) (m^2/ jam):

$$\begin{aligned} Q &= v \times b \times Fa \times 1000 \\ &= 2,00 \times 3,50 \times 0,83 \times 1000 \\ &= 5,810 \end{aligned}$$

Koefisiensi alat (jam/m²):

$$E40 = \frac{1}{Q} = \frac{1}{5,810} = 0,0001$$

Keterangan:

v : kecepatan rata-rata = 2,00 km/jam.

b : lebar hamparan = 3,50 meter (asumsi).

F_a : faktor efisiensi alat = 0,83 (asumsi). Lihat Tabel A.5.

t : tebal lapisan hamparan = 1,50 cm = 0,015 m.

41) *Asphalt distributor* (E41)

Contoh alat : Kasprindo, KAD – 4000

Sesuai dengan informasi katalog alat, spesifikasi teknis alat yang dimaksud adalah sebagai berikut:

- Tenaga mesin, Pw = 115 HP.
- Kapasitas tangki aspal, Cp = 4.000 liter.
- Kapasitas tenaga compressor pemasang, p = 8,5 HP.
- Kapasitas lebar penyemprotan, b = 3,00 m.
- Kapasitas penyemprotan pompa aspal, pa = 400 gallon/menit = 1.514 liter/menit
- Fa : faktor efisiensi alat = 0,83 (asumsi). Lihat Tabel A.5.

Kapasitas produksi penyemprotan (liter/jam):

$$Q = pa \times Fa \times 60 \tag{49}$$

Kapasitas produksi penyemprotan (m²/jam):

$$Q = pa \times Fa \times 60 \times 1000$$

Umumnya *idle time* terjadi pada penggunaan *asphalt distributor* ini karena harus menunggu selesainya penghamparan campuran aspal pada suatu segmen sehingga kapasitas produksi harus disesuaikan dengan faktor efektivitas yang besarnya antara 0,005 – 0,01 untuk pekerjaan lapis resap pengikat (*prime coat*) atau lapis perekat (*tack coat*).

42) *Concrete Paving Machine (Slipform Paver)* (E42)

Contoh alat : Wirtgen, SP 250

Sesuai dengan informasi katalog alat, spesifikasi teknis alat yang dimaksud adalah sebagai berikut:

- Kapasitas lebar penghamparan, $b = (1,00 - 2,50) \text{ m}$;
- Kecepatan penghamparan, $v = (0,00 - 7,00) \text{ m/menit}$;
- Tebal hamparan maksimum, $t_{\max} = 300 \text{ mm}$;
- Tenaga mesin, $P_w = 105 \text{ HP}$;
- Track Craler: 4;
- Konsumsi bahan bakar: 19,7 liter / jam.

Kapasitas produksi (m^2/jam) :

$$Q = b \times t \times F_a \times v \times 60 \quad (50)$$

Keterangan:

b : lebar hamparan; diambil 2,5 m.

t : tebal hamparan, m.

v : kecepatan menghampar; diambil 5 m/menit.

F_a : faktor efisiensi alat = 0,83 (asumsi). Lihat Tabel A.5.

Contoh:

Kapasitas hamparan per (m^2/jam):

$$Q = b \times v \times F_a \times 60 = 2,5 \times 5,00 \times 0,83 \times 60$$

$$Q = 622,50$$

Koefisien alat (jam/m^2):

$$E_{42} = \frac{1}{Q} = \frac{1}{622,50} = 0,0016$$

43) *Batching plant (concrete pan mixer)* (E43), dipindahkan ke No. E06

Contoh alat : BENNET, 600 atau BETOMIX

Sesuai dengan informasi katalog alat, spesifikasi teknis alat yang dimaksud adalah sebagai berikut:

- Kapasitas pencampuran, $V = C_p = 600 \text{ liter}$,
- Tenaga mesin, $P_w = 100 \text{ KW} = 134 \text{ HP}$.

Kapasitas produksi (m³/jam):

$$Q = \frac{V \times F_a \times 60}{1000 \times T_s} \tag{51}$$

Keterangan:

V : kapasitas produksi; (300 – 600) liter.

F_a : faktor efisiensi alat. Lihat Tabel A.5.

T₁ : lama waktu mengisi; (0,40 – 0,60) menit .

T₂ : lama waktu mengaduk (0,40 – 0,60) menit.

T₃ : lama waktu menuang; (0,20 – 0,30) menit.

T₄ : lama waktu menunggu dll. (0,20 – 0,30) menit.

T_s : waktu siklus pencampuran, $T_s = \sum_{n=1}^n T_n$; menit.

60 : perkalian 1 jam ke menit.

1000` : perkalian dari satuan km ke meter.

Kapasitas produksi (m³/jam):

$$Q = \frac{V \times F_a \times 60}{1000 \times T_s}$$

Keterangan:

V : kapasitas pencampuran = 600 liter

F_a : faktor efisiensi alat = 0,83 (Kondisi baik sekali). Lihat Tabel A.5.

T_s : waktu siklus T₁ + T₂ + T₃ + T₄

T₁ : waktu pengisian = 1,0 menit (asumsi)

T₂ : waktu pengadukan = 1,0 menit

T₃ : waktu penumpahan = 0,5 menit

T₄ : waktu menunggu = 0,5 menit

T_s = T₁ + T₂ + T₃ + T₄

= 1,0 + 1,0 + 0,5 + 0,5

= 3,0 menit

Kapasitas produksi (m^3/jam)

$$Q = \frac{V \times F_a \times 60}{1000 \times T_s} = \frac{600 \times 0,83 \times 60}{1000 \times 3,0} = 9,96$$

Koefisien alat (m^3/jam) :

$$E_{43} = \frac{1}{Q} = \frac{1}{9,96} = 0,1004$$

44) *Concrete breaker (drop hammer)* (E44)

Pindah ke E56

45) *Asphalt tank truck* (E45)

Contoh alat : Bukaka Bamk 6000

Sesuai dengan informasi katalog alat, spesifikasi teknis alat yang dimaksud adalah sebagai berikut:

- kapasitas tangki aspal, $C_p = V = 6.000$ liter;
- tenaga mesin, $P_w = 190$ HP;
- kapasitas pompa aspal, $p_a = 100$ liter/menit.

Kapasitas produksi penghancuran (m^2/jam)

$$Q = p_a \times F_a \times 60 \tag{52}$$

Keterangan:

F_a : faktor efisiensi alat; diambil 0,83 (untuk kondisi baik sekali).

Lihat Tabel A.5.

60 : perkalian 1 jam ke menit.

Contoh:

Kapasitas produksi (liter/ jam):

$$Q = p_a \times F_a \times 60$$

$$Q = 100 \times 0,83 \times 60$$

$$= 4980$$

Koefisien alat (jam/liter):

$$E_{45} = \frac{1}{Q} = \frac{1}{4980} = 0,0002$$

46) *Cement tank truck* (E46)

Data sesuai dengan spesifikasi teknis.

47) *Concrete mixer* (beton molen) 350 liter (E47)

Contoh alat : Golden Tiger 350 – GT

Sesuai dengan informasi katalog alat, spesifikasi teknis alat yang dimaksud adalah sebagai berikut:

- Kapasitas tangki pencampur, $C_p = V = 350$ liter;
- Tenaga mesin, $P_w = 20$ HP.

Kapasitas produksi beton (m^3 /jam):

$$Q = \frac{V \times F_a \times 60}{1000 \times T_s} \quad (53)$$

Keterangan:

v : kapasitas tangki pencampur. diambil 350 liter.

F_a : faktor efisiensi alat; diambil 0,83 (kondisi kerja baik sekali).

Lihat Tabel A.5.

v_F : kecepatan rata-rata isi. (15 – 25) (km/jam).

v_R : kecepatan rata-rata kosong. (25 – 35), (km/jam).

T_1 : lama waktu mengisi. diambil 0,50 menit (menit).

T_2 : lama waktu mencampur, diambil 1,00 menit (menit).

T_3 : lama waktu menumpahkan. diambil 0,30 menit (menit).

T_4 : lama waktu menunggu dll. diambil 0,2 menit (menit).

T_s : waktu siklus pencampuran, $T_s = \sum_{n=1}^n T_n$ (menit).

60 : perkalian 1 jam ke menit,

Contoh:

Kapasitas produksi (m^3 /jam):

$$Q = \frac{v \times F_a \times 60}{1000 \times T_s} = \frac{350 \times 0,83 \times 60}{1000 \times 2,0} = 8,715$$

Koefisien alat (jam/m³):

$$E47 = \frac{1}{Q} = \frac{1}{8,715} = 0,1148$$

48) *Vibrating rammer* (E48)

Analisis Lihat E25.

49) *Concrete truck mixer* (E49)

Contoh alat: . *Truck mixer agitator*; UD Quester, CWE28064

Sesuai dengan informasi katalog alat, spesifikasi teknis alat yang dimaksud adalah sebagai berikut:

- Kapasitas drum pencampur, $C_p = V = 5,0 \text{ m}^3$
- Tenaga mesin, $P_w = 280 \text{ HP}$

Kapasitas produksi (m³/jam):

$$Q = \frac{V \times F_a \times 60}{T_s} \tag{54}$$

Keterangan:

V : kapasitas drum, diambil 5 m³.

F_a : faktor efisiensi alat. Lihat Tabel A.5.

V_1 : kecepatan rata-rata isi, (15 – 25) km / jam.

V_2 : kecepatan rata-rata kosong, (25 – 35) km / jam.

T_1 : lama waktu mengisi = $(V : Q) \times 60$ menit.

T_2 : lama waktu mengangkut = $(L : v_1) \times 60$ menit.

T_3 : lama waktu kembali = $(L : v_2) \times 60$ menit.

T_4 : lama waktu menumpahkan dan lain-lain

T_s : waktu siklus pencampuran, $T_s = \sum_{n=1}^n T_n$; menit.

60 : perkalian 1 jam ke menit.

Contoh:

Kapasitas produksi (m³/jam):

$$Q = \frac{V \times F_a \times 60}{T_s}$$

T₁ : waktu pengisian (diisi Concrete *pan mixer*, E 43, dengan

$$Q_1 = 9,0 \text{ (m}^3\text{/jam)}$$

$$T_1 = \frac{v \times 60}{Q_1} = \frac{5 \times 60}{9,0} = 33,3 \text{ menit}$$

$$T_2 = \frac{L \times 60}{V_F},$$

$$T_2 = \frac{8,7 \times 60}{20} = 26,10 \text{ menit}$$

$$T_4 = \frac{L \times 60}{V_R},$$

$$T_4 = \frac{8,7 \times 60}{30} = 17,40 \text{ menit}$$

$$\begin{aligned} T_s &= T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5 \\ &= 33,3 + 26,10 + 4,00 + 17,40 + 5,00 \\ &= 85,8 \text{ menit} \end{aligned}$$

Kapasitas produksi (m³ /jam)

$$Q = \frac{V \times F_a \times 60}{T_s} = \frac{5 \times 0,83 \times 60}{85,8} = 2,902$$

Koefisien alat (jam/m³):

$$E_{47} = \frac{1}{Q} = \frac{1}{2,902} = 0,3446$$

Keterangan:

V : kapasitas drum pencampur.

F_a : faktor efisiensi alat= 0,83 (kondisi kerja baik sekali).

Lihat Tabel A.5.

T_s : waktu siklus = T₁ + T₂ + T₃ + T₄ + T₅ (menit).

- T_1 : waktu pengisian.
 T_2 : waktu tempuh.
 T_3 : waktu penumpahan.
 T_4 : waktu kembali.
 T_5 : waktu menunggu.
 L : jarak tempuh = asumsi 8,7 km.
 V_F : kecepatan tempuh = 20 km/jam.
 V_R : kecepatan kembali = 30 km/jam.
 T_3 : waktu penumpahan = 4 menit (asumsi).
 T_5 : waktu menunggu = 5 menit (asumsi).

50) *Bore pile machine* Ø 60 cm(E50)

Data sesuai dengan spesifikasi teknis.

Lihat E33.

51) *Crane on track* 75 – 100 ton (E51)

Lihat *Crane on track*, E31 dan E07.

52) *Blending Equipment* (E52)

Data sesuai dengan spesifikasi teknis.

53) *Asphalt Liquid Mixer* (E53) Lihat E34

Data sesuai dengan spesifikasi teknis.

54) *Alat Pemotong (Chainsaw)* (E54)

Lihat E69.

Kapasitas Produksi (buah/jam):

$$Q = \frac{H}{T_k} \quad (55)$$

Keterangan:

H : kemampuan dalam 1 hari dapat memotong; (6 – 8) buah pohon.

T_k : jumlah jam kerja per hari (7 jam).

55) *Aplikator cat marka jalan thermoplastic* (E55)

Lihat E98h.

Aplikator cat marka jalan, 35-45 kg/jam

Kapasitas produksi (m^2/jam):

$$Q = \frac{V}{B_c} \quad (56)$$

Keterangan:

B_c : berat cat per m^2

V : kapasitas pengecatan, (35 – 45) kg/jam.

56) *Concrete breaker (drop hammer)*; 30 m^3/jam ; 280 HP

Contoh alat : *Drop Hammer* (E56e)

Sesuai dengan informasi katalog alat, spesifikasi teknis alat yang dimaksud adalah sebagai berikut:

- Tenaga mesin, $P_w = 290 \text{ HP}$
- Lebar penghancuran beton: 2,00 m
- Kapasitas pencampuran: $C_p = 30,0 \text{ m}^3/\text{jam}$ (asumsi)

Kapasitas produksi penghancuran (m^3/jam):

$$Q = v \times b \times t \times F_a \times 60 \quad (57)$$

Keterangan:

b : lebar penghancuran; diambil 1,5 m/menit (m/menit).

t : tebal lapisan beton, diambil 0,25 m.

v : kecepatan rata-rata; diambil 1,5 m/menit.

F_a : faktor efisiensi alat; diambil 0,75 (kondisi baik sekali).

Lihat Tabel A.5.

60 : perkalian 1 jam ke menit,

Contoh:

Kapasitas produksi (penghancuran) (m^3/jam).

$$Q = v \times b \times F_a \times 60 \times t$$

$$Q = 1,5 \times 2,0 \times 0,83 \times 60 \times 0,25$$

$$Q = 37,35$$

Koefisien peralatan (jam/m³):

$$E56e = \frac{1}{Q} = \frac{1}{37,35}$$

$$E56e = 0,0296 \text{ jam}$$

Keterangan:

v : kecepatan rata-rata = 1,50 m/menit.

b : lebar penghancuran = 2,0 m.

F_a : faktor efisiensi alat = 0,83 (kondisi baik sekali). Lihat Tabel A.5.

t : tebal lapisan beton = 0,25 m.

Jenis concrete breaker dengan kapasitas lainnya:

- E56a *breaker JTHB350-3; 2,7 Ton; 246 HP;*
- E56b *excava breaker P200; 15m³/jam; 1,76 Ton; 170 HP;*
- E56c *Jack breaker hammer HM 1810 demolition concrete breaker;*
 2,65 HP;
- E56d *jack breaker hammer GSH27, concrete breaker, 3,98 HP.*

Contoh analisis untuk menentukan koefisien peralatan diperlihatkan seperti contoh dalam dokumen Tata Cara Penyusunan Perkiraan Biaya Pekerjaan Konstruksi Bidang PUPR Bagian Bina Marga.

57) Alat berat lainnya (E57 sampai dengan E98)

Perhitungan dan rumus kapasitas produksi alat lainnya bila diperlukan dapat disesuaikan dengan keterangan dalam spesifikasi alat dan/atau katalog yang ada.

Ditetapkan di Jakarta
pada tanggal 3 Oktober 2024

DIREKTUR JENDERAL BINA KONSTRUKSI,



ABDUL MUIS